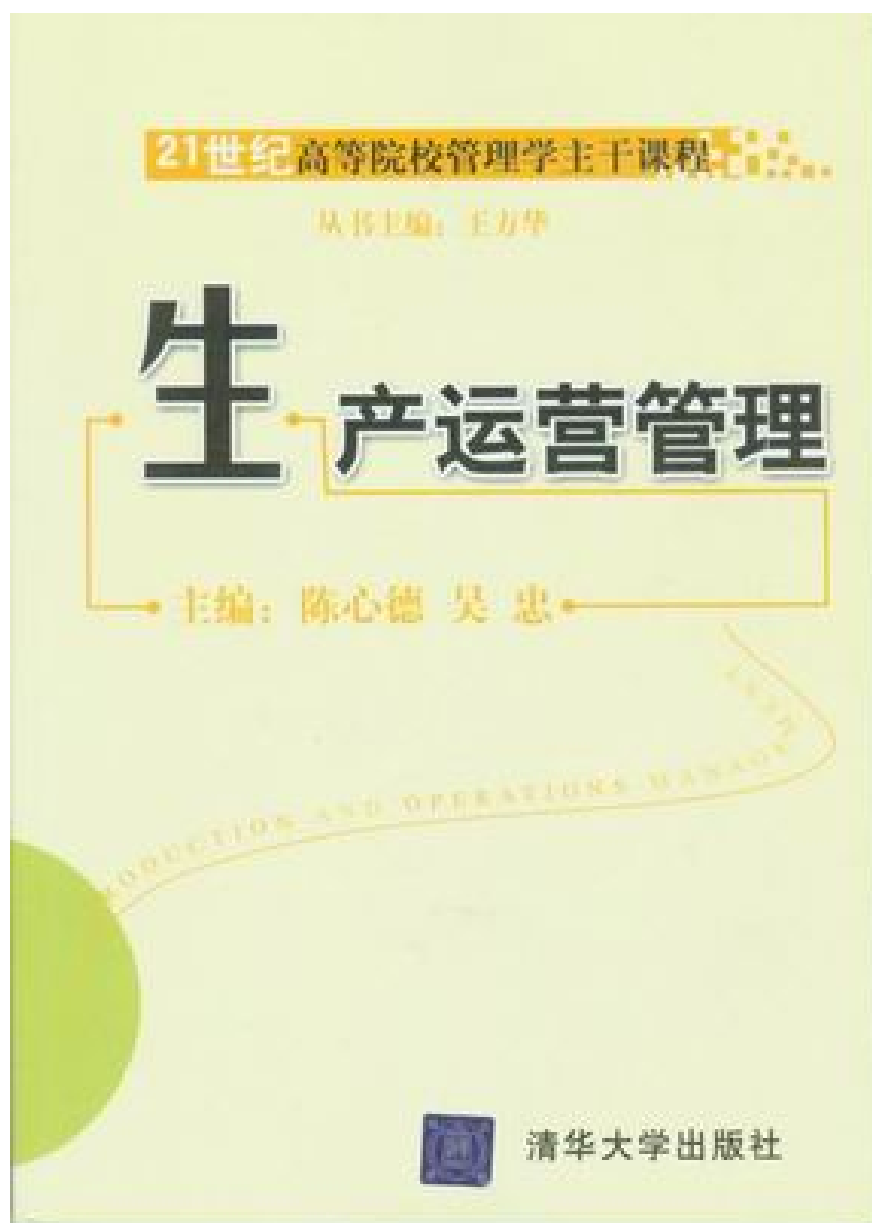


全国最顶级《生产管理》培训教材：36 万字国家精品教材

# 清华大学《生产管理》全书



职业经理 MBA 整套实战教程

千本好书 **免费** 下载网址 [www.mhjy.net](http://www.mhjy.net)

清华大学 36 万字国家精品教材 21 世纪管理学高等教育主干课程

中国经济管理大学生产经理选修教材

# 清华大学《生产管理》

生产管理是企业管理的一个重要组成部分，是一门实践性很强的管理学科。本课程主要讲授生产管理中计划、组织和控制三大职能的重点内容，以及现代生产管理的新方法、新发展。通过本课程的学习，可较为系统地掌握现代生产管理的理论，原则和方法，在企业的生产活动过程中达到资源优化配置和提高企业经济效益的目的。

## 第 1 章 生产运营管理导论

生产运营管理 (Production/Operation Management)

准时化生产 (Just In Time, JIT)

丰田生产方式 (Toyota Production System, TPS)

成本管理 (Cost Management)

全面质量管理 (Total Quality Management, TQM)

进度管理 (Delivery Management)

企业过程重组 (Business Process Reengineering, BPR)

供应链管理 (Supply Chain Management, SCM)

---

---

[http: //www.mhhe.com/pom](http://www.mhhe.com/pom)  
[http: // www.wbs.warwick.ac.uk/omindex](http://www.wbs.warwick.ac.uk/omindex)  
[http: // 202.120.24.209/yygl](http://202.120.24.209/yygl)

由于经济的发展、技术的进步以及信息化时代的到来，现代企业竞争面临着重大的挑战。这种挑战来自几个方面：一是随着全球范围大市场的形成与发展，加剧了企业之间在国内外市场的激烈竞争，迫使企业必须从时间、质量、成本和服务上不断增强自己的竞争力以求得生存与发展。这就要求企业在生产运营管理上必须做出新的努力，寻求新的理论和技术。另一方面，信息技术的广泛应用使其已成为改善生产率、提高产品质量和增加经济效益的主要力量。近年来出现的一些适应新竞争形势的新型生产方式都改变了传统的生产模式。为了迎接上述的挑战，生产运营管理不仅从传统的物质产品制造活动的管理，扩展到包括非制造性的服务活动在内的管理，更重要的是，生产运营管理的侧重点开始转向企业高、中决策层的管理活动，强调了生产战略、产品开发、新工艺技术与自动化的应用、生产能力发展规划等的长期决策问题。因此，学习现代经济环境下的生产运营管理，为提高企业的竞争力，保持竞争优势具有特殊的意义。

## 1.1 生产运营管理概述

### 1.1.1 生产运营管理的概念

生产是人类社会获得一切财富的源泉。不从事生产活动，人类就无法生存，社会也无法发展。所以，自从企业这个组织形态出现以来，生产职能一直就是企业经营安身立命之本。随着时代的进化，人类社会生产活动的内容、方式不断发生变化。生产活动的领域也不断扩大。因此，现在的生产管理（Production Management）被很多人改为运营管理（Operation Management）或生产运营管理（Production/Operation Management）。在英文里 Production 含有生产有形物质产品的意思，而 Operation 的含义较广泛，可以指既包含制造有形产品的制造活动，又包含提供无形产品的劳务活动。生产运营管理可定义为关于企业生产系统的设计、运行与改进的管理过程。

### 1.1.2 生产运营管理的研究内容

#### 1. 从市场竞争的角度看

当前，激烈的市场竞争对企业提出了越来越高的要求，这种环境要求包括四个方面：时间（T）、质量（Q）、成本（C）和服务（S）。T 是指满足顾客对产品和服务在时间方面的

要求，即交货期要短而准；Q 指满足顾客对产品和服务在质量方面的要求；C 指满足顾客对产品和服务在价格和使用成本方面的要求，即不仅产品在形成过程中的成本要低，而且在用户使用过程中的成本也要低；S 指提供产品之外为满足顾客需求而提供的相关服务，如产品售前服务及售后服务等。

因此，生产运营管理的根本任务，就是在用户需要的时间内提供所需数量的合格产品和满意服务。为实现生产运营管理的根本任务，由此引申出生产运营管理的三个基本问题。

#### （1）如何保证和提高产品质量

质量包括产品的使用功能（functional quality）、操作性能（quality of operability）、社会性能（quality of sociality，指产品的安全性能、环境性能以及空间性能）和保全性能（maintainability，包括可靠性、修复性以及日常保养性能）等内涵。生产运营管理要实现上述的产品质量特征，就要进行质量管理（quality management），包括产品的设计质量、制造质量和服务质量的综合管理。

#### （2）如何保证适时、适量地将产品投放市场

在这里，产品的时间价值转变为生产运营管理中的产品数量与交货期控制问题。在现代化大生产中，生产所涉及的人员、物料、设备、资金等资源成千上万，如何将全部资源要素在它们需要的时候组织起来，筹措到位，是一项十分复杂的系统工程。这也是生产运营管理所要解决的一个最主要问题——进度管理（delivery management）。

#### （3）如何才能使产品的价格既为顾客所接受，又为企业带来一定的利润

这涉及人、物料、设备、能源、土地等资源的合理配置和利用，涉及生产率的提高，还涉及企业资金的运用和管理。归根结底是努力降低产品的生产成本。这是生产运营管理所要解决的成本管理（cost management）问题。

这三个问题简称为 QDC 管理。保证 QDC 三个方面的要求，是生产运营管理的最主要任务。在实际管理工作中，这三个方面的要求是互相联系，互相制约的。提高质量可能引起成本增加；为了保证交货期而过分赶工，可能引起成本的增加和质量的降低。所以，为了取得良好的经济效益，生产运营管理应很好地完成计划、组织、控制职能，做到综合平衡。

QDC 管理是生产运营管理的基本问题，但并非生产运营管理的全部内容。生产运营管理的另一大基本内容是资源要素管理，包括设备管理、物料管理以及人力资源管理。事实上，生产运营管理中的 QDC 价值条件管理与资源要素管理这两大类管理是相互关联、相互作用的。质量保证离不开物料质量、设备性能以及人的劳动技能水平和工作态度，成本降低取决于人、物料、设备的合理利用；反过来，对设备与物料本身也有 QDC 的要求。因此，生产运营管理中的 QDC 管理与资源要素管理是一个有机整体，应当以系统的、集成的观点来看待和处理这些不同的分支管理之间的相互关系和相互作用。

### 2. 从企业生产运营活动过程的角度看

生产运营管理的研究内容可从企业生产运营活动过程的角度分析。就有形产品的生产来说，生产活动的中心是制造部分，即狭义的生产。所以，传统的生产管理学的中心内容，主要是关于生产的日程管理、在制品管理等。但是，为了进行生产，生产之前的一系列技术准备活动是必不可少的。例如工艺设计、工装夹具设计、工作设计等，这些活动可称之为生产技术活动。生产技术活动基于产品的设计图纸，所以在生产技术活动之前是产品的设计活动。“设计—生产技术准备—制造”这样的一系列活动，才构成一个相对较完整的生产活动的核心部分。

进一步而言，在当今技术进步日新月异、市场需求日趋多变的环境下，产品更新换代的速度正变得越来越快。这种趋势一方面使企业必须经常地投入更大精力和更多的资源进行新产品的研究与开发；另一方面，由于技术进步和新产品对生产系统功能的要求，使企业不断面临生产系统的选择、设计与调整。这两方面的课题从企业经营决策层的角度来看，其决策范围向产品的研究与开发，生产系统的选择、设计这样的“向下”方向延伸；而从生产管理职能的角度来看，为了更有效地控制生产系统的运行，生产出能够最大限度地实现生产管理目标的产品，生产管理从其特有的地位与立场出发，必然要参与产品开发与生产系统的选择、设计，以便使生产系统运行的前提——产品的工艺可行性、生产系统的经济性能得到保障。因此，生产管理的关注范围从历来的生产系统的内部运行管理“向宽”延伸。这种意义上的“向宽”延伸是向狭义生产过程的前一阶段延伸。“向宽”延伸还有另一层含义，即向制造过程的后一阶段延伸，更加关注产品的售后服务与市场。所有这些活动，构成了生产运营管理的研究内容，按照生命周期理论，可以将其归纳为生产运营系统的设计、运行、维护与改进三个部分。

### （1）生产运营系统的设计

生产运营系统的设计，包括产品或服务的选择和设计、设施的定点选择、设施布置、服务交付系统设计和工作设计。生产运营系统的设计一般在设施建造阶段进行。但是，在生产运营系统的生命周期内，不可避免地要对生产运营系统进行更新，包括扩建新设施，增加新设备，或者由于产品和服务的变化，需要对生产运营设施进行调整和重新布置。在这种情况下，会遇到生产运营系统设计问题。生产运营系统的设计对生产运营系统的运行有先天性

的影响。如果产品和服务选择不当，将导致方向性错误，造成人力、物力和财力无法弥补的浪费。厂址和服务设施选址不当，将直接决定产品和服务的成本，影响生产经营活动的效果，这一点对服务业尤其重要。

### （2）生产运营系统的运行

生产运营系统的运行，主要解决生产运营系统如何适应市场的变化，按用户的需求，输出合格产品和提供满意服务的问题。生产运营系统的运行，主要涉及生产计划、组织与控制三个方面的内容。

#### ① 生产计划

生产计划解决生产什么、生产多少和何时产出的问题。

这包括预测对本企业产品和服务的需求，确定产品和服务的品种与产量，设置产品交货期和服务提供方式，编制生产运营计划，做好人员班次安排，统计生产进展情况等。

#### ② 组织

制定了详细的生产计划以后，生产运营管理的组织功能要求对参与企业生产的原材料、机器、设备、劳动力、信息等各要素、生产过程中的各个工艺阶段，各个方面进行合理的组织和协调，进行生产工作，保证按计划完成生产任务。

#### ③ 控制

企业的生产管理实践中，为了保证计划能够顺利完成，最经济地按质、按量、按期完成生产任务，必须对分析工作得出的有关生产过程的信息及时反馈，与生产运营计划相

对比, 纠正偏差, 这就是生产运营控制工作。

这主要包括接受订货控制、投料控制、生产进度控制、库存控制和成本控制等。对订货生产型企业, 接受订货控制是很重要的。是否接受订货, 订多少货, 是一项重要决策, 它决定了企业生产经营活动的效果。投料控制主要是决定投什么, 投多少, 何时投, 它关系到产品的出产期和在制品数量。生产进度控制的目的是保证零件按期完工, 产品按期装配和出产。库存控制包括对原材料库存、在制品库存和成品库存的控制。如何以最低的库存保证供应, 是库存控制的主要目标。

总之, 计划、组织和控制是生产运营系统的运行管理中不可缺少的三个组成部分。计划工作着眼未来, 是对生产工作各个方面、各个阶段的总体安排; 组织工作围绕生产过程, 保证生产计划的完成; 控制工作立足现在, 参照过去, 根据分析得出的生产信息, 对未来的生产过程进行纠偏和监督, 使各生产环节相互之间紧密结合, 保证按品种、按质量、按交货期完成生产任务。

### (3) 生产运营系统的维护与改进

任何系统都有生命周期, 如果不加以维护和改进, 系统就会终止。生产运营系统的维护与改进包括对设施的维修与可靠性管理、质量的保证、整个生产系统的不断改进和各种先进的生产方式和管理模式的采用。

所以, 从企业生产运营活动过程的角度看, 本书的书名是《生产运营管理》, 这就意味着本书明确服务对象主要是广大制造业的读者。希望通过本书的介绍, 可以使读者可以基本掌握制造业的生产运营管理的主要内容。

当然, 这并不表示本书的内容只考虑生产制造, 不考虑服务。许多制造业的生产运营管理问题具有一定的普遍性, 对其他行业也具有一定的参考意义。

## 1.1.3 生产运营管理的研究方法

### 1. 理论和实践相结合的研究方法

生产运营管理是一门应用科学, 它和生产实践关系非常密切。计划、组织和控制生产活动的理论和方法, 都是在总结生产实践的基础上形成的, 而实践的经验一旦被总结成为理论和指导原则, 又反过来指导实践工作, 提高生产的管理水平。这种从实践上升到理论, 再由理论回到实践的循环是生产运营管理这门学科发展的途径, 也是研究生产运营管理所应采取的方法。

### 2. 定性分析和定量分析相结合的研究方法

定性分析和定量分析相结合, 是现代生产运营管理的特征之一。组织企业的生产活动, 传统的办法是依靠个人的经验, 进行定性的分析。定性分析对于处理企业生产中出现的不可控的、难以度量的、无法建立数学模型进行科学计划的问题, 具有很大的优势。如宏观经济的景气状况、国家的产业政策等, 往往只能依靠人们的经验、学识来分析和判断。但是, 定性分析也存在缺乏科学依据、主观性强、容易导致个人独断专权等缺点, 需要与定量分析相结合。生产管理中, 最初的定量分析是利用初等数学知识进行简单的计划, 与定性分析关系不紧密。随着线性代数、概率论、数理统计、运筹学等的产生和发展, 定量分析在生产管理中应用的深度和广度不断扩张, 而且定量分析也越来越细, 特别是计算机技术的发展, 为定量分析在生产运营管理中的应用开辟了广阔的前景。因此, 定性分析和定量分析的结合有利于取长补短, 能有效组织生产, 提高生产运营管理水平, 促进生产运营

管理的科学发展。

3. 系统分析的研究方法

系统分析，是指以系统的观点来考察和研究问题。所谓系统是由两个或两个以上相互区别又相互联系、相互作用的要素组成的，具有特定功能的有机整体。一般来说，系统具有整体性、相关性、目的性、层次性、环境适应性等特点。企业是一个系统，它包含若干个子系统，生产系统是其重要的子系统之一。对生产系统的管理要求实现系统的最优化，系统分析方法能使管理者全面地理解问题并提供解决问题的思路，实现对生产活动计划、组织、分析和控制的最优化选择。

生产运营管理是一门内容十分广泛的学科，以上所列三种研究方法只是生产运营管理中  
最常用、最典型的研究方法，而不是全部。

1.1.4 生产运营管理的作用

由于既然生产运营管理是对组织中负责制造产品或提供服务的职能部门的管理。所以，生产运营管理和财务管理，以及市场营销被誉为现代企业经营的三大基石。从企业经营的过程来看，企业经营过程是人们利用各种投入，例如资本、劳动和信息，通过一个或多个转换过程（例如，储存、运输、切割）创造出产品或服务。并且为确保获得满意的产出、需在转换过程的各个阶段进行检测（反馈），并与制定好的标准作比较，以决定是否需要采取纠正措施（控制）。图 1.1 说明了这一过程。从图 1.1 可以看出，生产运营管理实质上就是创造涉及投入到产出的产品或服务的转变或转换过程，并且在这个转换过程中实现价值增值。

从这个意义上理解，生产运营管理的作用可以归结为以下几点：

（1）生产运营管理就是要把这种处于理想状态的经营目标，通过组织产品制造过程转

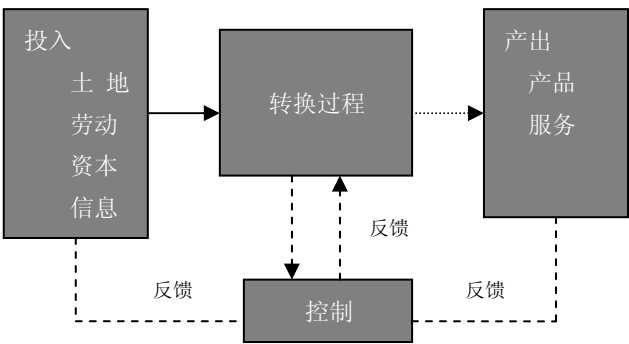


图 1.1 企业的经营过程

化为现实

生产运营管理属于企业管理系统中的基本部分。因为生产活动是制造业企业的基本活动。制造业企业经营的主要特征是商品生产，而不是商品销售，它销售的是自己生产的产品。因此，生产什么样的产品、生产多少产品、什么时候生产产品满足用户和市场需求，就成为制造业企业经营的重要指标。

（2）生产运营管理可以使企业更好地适应市场力量对比的变化

在卖方市场条件下，企业是生产型管理。因为产品在市场上处于供不应求的状态，因而，只要产品生产出来，就能够卖出去。生产运营管理关心的是提高生产效率，增加产量。但是，在市场经济条件下，市场变成了买方市场，竞争加剧，对商品的要求出现多元化趋势，不但要求品种多、质量高，而且要价格便宜、服务周到、交货准时，这种对产品需求

的变化，无疑对生产运营管理提出新的挑战。

### （3）生产运营管理的强化可以更好地适应企业领导角色的转化要求

在现代市场经济条件下，企业的上层经理人员应集中精力，做好和企业的长期发展密切相关的经营决策。这需要有一套健全有力的生产运营管理系统作为保证；否则，如果企业的高层经理人员纠缠于日常生产管理活动，则难以做好企业的宏观决策。从这个意义上讲，生产运营管理属于基础性管理，它为作好经营决策提供条件。

### （4）生产运营过程是实现价值增值的必要环节

从人类社会经济发展的角度来看，物质产品的生产制造是除了天然合成（如粮食生产）之外，人类能动地创造财富的最主要活动。工业生产制造决定着人们的衣食住行方式，也直接影响着农业、矿业等社会其他产业技术装备的能力。进一步说，在今天，随着生产规模的不断扩大、产品和生产技术的日益复杂、市场交换活动的日益活跃，一系列连接生产活动的中间媒介活动变得越来越重要。因此，与工业生产密切相关的金融业、保险业、对外贸易业、房地产业、仓储运输业、技术服务业、信息业等服务行业在现代社会生活中所占的比重越来越大。这些在人类创造财富的整个过程中起着越来越重要的作用，成为人类创造财富的必要环节。而作为构成社会基本单位的企业，其生产运营活动是人类最主要的生产活动，也是企业创造价值、服务社会和获取利润的主要环节。

### （5）生产运营管理是企业竞争力的源泉

现代企业面临着许多问题，如体制、资金、设备、技术、生产、销售、人员管理，以及企业和政府、银行、股东的关系等问题，任何一个方面出了问题，都有可能影响整个企业的正常生产和经营。但消费者和用户只关心企业所提供的产品或服务的效用，因此，企业之间的竞争实际上是企业产品之间的竞争，企业竞争的关键最终体现在企业提供的产品或服务的质量、价格和

适时性上。哪个企业的产品质量好、价格低、又能及时推出，这个企业在竞争中就能取胜。一个企业产品的竞争力，在很大程度上取决于企业生产运营管理的绩效。从这个意义上来说，生产运营管理是企业竞争力的真正源泉。在市场需求日益多样化、顾客要求越来越高的情况下，如何适时、适量地提供高质量、低价格的产品，是现代企业经营管理领域中最富有挑战性的内容之一。

### （6）生产运营管理是生产力发展的标志

生产是人类社会从事的最基本的活动，是一切社会财富的源泉。不从事生产活动，人类社会就无法生存，社会就不能发展。生产运营系统是社会生产要素的集合体，也是社会生产力发展的标志。生产运营管理在科学有效的管理方法、手段和管理艺术的指导下，充分利用现代先进技术，尤其是信息技术，对社会各种资源进行合理配置，使生产运营系统优质、高效、灵活、准确地运转，为人们提供了具有一定效用的产品或服务，满足了人们的物质与精神需求，改变了人们的生活方式，推动了社会的发展。

## 1.2 生产运营管理的发展历程

生产运营管理的历史可以追溯到古代埃及金字塔和中国万里长城的建设。然而，近代生产运营管理的历史是始于英国蒸汽机的发明，其发展的原动力是产业革命。大量生产开始后需要对工厂进行系统的管理，需要进行财务、人事等有关的生产经营活动。1835 年蒸汽机的诞生和 1839 年汽油发动机汽车的诞生，以及 1889 年路巴索落和帕拿尔在法国成立第一家汽车制造厂，标志着生产运营管理的发展进入了一个新的阶段。汽车的生产首先带动了钢铁制造业的发展，所以继汽车业之后，钢铁企业也较早地进入了生产运营管理的新时代。理论来自实践。最初的生产运营管理理论多半也来自汽车产业和钢铁制造业。



比如，近代生产管理的鼻祖泰勒的“科学管理法”，其基本框架的形成，就是基于其本人在美国米德比尔钢铁制造厂的管理实践和研究中积累的经验和知识。“福特的大量生产方式”是美国福特汽车公司的生产管理方式，而 JIT（just in time）则是由日本丰田汽车公司的生产管理负责人大野耐一开创的丰田生产方式（Toyota production system，TPS）的核心内容。下面让我们通过泰勒的科学管理法，福特的大量生产方式，大众汽车公司的多品种生产方式，丰田汽车公司的 JIT 生产方式以及现代的精益生产方式等，来了解生产运营管理的发展历史。本书借助介绍这些里程碑事件的概念、方法和作用的方式去论述生产运营管理的历史演进，见表 1.1。

表 1.1 生产运营管理发展大事年表

年份	概念和方法	发源国别
1911	科学管理原理;标准时间研究和工作研究	美国
1911	行为研究;工业心理学基本概念	美国
1913	移动流水装配线	美国
1914	作业计划图(甘特图)	美国
1917	库存控制中的经济批量模型	美国
1931	抽样检验和统计图技术在质量控制中用	美国
1927. 1933	霍桑试验	美国
1934	工作抽样	英国
1940	处理复杂系统问题的多种训练小组方法	英国
1947	线性规划的单纯形解法	美国
1950s. 1960s	运筹学快速发展，如模拟技术、排队论、决策论、美国和西欧数学 规划;计算机硬、软件技术；计划评审技术（PERT） 和敏捷制造（AM）	
1970s	处理车间计划、库存、工厂布置、预测和工程项目美国和西欧 等日常事务的软件包大量研制成功	
1980s	JIT、TQC 和工厂自动化(CIM、EMB、CAD、CAM 以及美国、日本和西欧 机器人)成为制造战略的主要竞争武器	
1990s	TQM 普及化；BPR 简化了生产过程;大规模定制;供日本、美国和西欧 供应链管理	

1.2.1 科学管理

虽然运营管理自从有了人类的生产活动就已经存在，但是泰勒的科学管理学说无疑是本学科发展史上的里程碑。泰勒管理哲学的基本观点是：

- （1）科学管理的中心问题是提高劳动生产率  
泰勒在《科学管理原理》一书中充分强调提高劳动生产率的重要性和可能性。他通过科学观察、记录和分析，进行工时和动作研究，在实现工时的合理有效利用的基础上，制定合理的日工作量，这就是所谓的工作定额原理。
- （2）为了提高劳动生产率必须挑选和培训“第一流的工人”  
所谓第一流的工人，是指那些在体力及智力上能够适应做将要承担的工作，并愿意尽其最大努力工作的工人。泰勒认为只要工作合适，每个人都能成为第一流的工人。而培训工人成为“第一流的工人”是企业管理当局的责任。

(3) 要使工人掌握标准化的操作方法，使用标准化的工具、机器和材料，并使作业环境标准化

泰勒认为通过标准化，可以消除各种不合理的因素，将各种最好的因素有效地结合起来，形成一种最好的方法，以便充分提高劳动生产率。这便是所谓的标准化原理。

(4) 实行有差别的计件工资制

为了鼓励工人达到或超额完成定额，在制定和执行有科学依据的定额（或标准）基础上，对达到定额者以正常工资率付酬，超过定额以高工资率付酬，未达到定额者以低工资率付酬。借此来调动工人的积极性，从而促使工人提高劳动生产率。

(5) 工人和雇主双方都必须来一次“精神革命”

泰勒试图在工人和雇主间谋求一种和谐的人际关系，使双方都把注意力从盈利的分配转到增加盈利数量上来。只要他们用友好合作和互相帮助代替对抗和斗争，就能够得到比过去更多的盈利。从而使工人的工资大幅度增加，使企业主的利润也大量增长。这样，双方没必要再为盈利的分配争吵。

(6) 把计划职能同执行职能分开，以科学工作法取代原来的经验工作法

泰勒主张应有意识地把原来由工人全部承担的工作，按其性质分成两部分，即分成计划职能和执行职能。由企业管理当局设立专门计划部门承担计划职能，现场工人只依据计划从事执行职能。值此，工人必须依据计划部门制定的操作方法和指令，使用规定的标准化工具进行工作，不得凭借经验或自行改变。

(7) 实行“职能工长制”

泰勒主张，为使工长能够有效地履行职责，必须将管理工作进行细分，使每一工长只承担一种职能。这样就形成了一个工人同时接受多个工长的领导，容易引起混乱。故“职能工长制”未能得到推广，但这种思想为后来的职能部门的的确立和管理的专业化提供了参考。

(8) 提出“例外原则”

泰勒认为，“例外原则”指组织的上层管理人员应把一般的日常管理问题授权给下级管理人员去处理，而自己只保留对例外事项的决策和监督权。

泰勒的管理哲学从根本上动摇了旧的管理机构与方法，所以，泰勒被称为“科学管理之父”。

## 1.2.2 福特流水生产线

1913 年，福特发明的流水生产线拉开了现代大工业生产的序幕。在福特的汽车厂采用流水生产以前(1913 年 8 月以前)，每一辆汽车底盘由一名工人装配，大约需要 12.5 小时。8 个月以后，在最后改进的装配线上，每个工人只须做很小一部分工作，每辆底盘的平均作业时间只需 93 分钟。这项管理技术上的重大突破，是在科学管理和劳动分工原理的指导下取得的，这些原理至今仍然是十分有效的。

### 1.2.3 霍桑试验

自泰勒时代开始，数学的和统计的方法在运营管理发展中居支配地位，只有一个例外，这就是霍桑试验。该试验始于1924年，完成于1930年。梅奥等人在西方电气设备公司的霍桑工厂研究工厂环境对工作效率的影响，研究结果出乎意外，他们发现人的因素要比以前理论工作者想象的重要得多。例如，尊重工人比只靠增加工资要重要得多。他们认为，工人的态度和行为取决于个人和社会作用的发挥，组织和社会对工人的尊重与关心是提高劳动生产率的重要条件。霍桑试验大大地推动了行为科学理论的发展，使管理的重点由物转向人。

### 1.2.4 管理科学

第二次世界大战期间，在研究战争物资的合理调配中，以定量的优化方法为主要内容的运筹学得到迅速发展。战后，二十世纪50年代至60年代，这些成果被广泛地应用于工厂等领域，运营管理发展到一个新的阶段。由于有些方法在某些方面取得了极大的成功，人们对优化方法给予很大的期望。这期间人们也发现，运营管理的对象是社会经济运动，是一种最复杂的运动形式，其行为主体是人，数学模型很难准确地描述生产系统。再由于数学模型本身的局限性，使模型的使用受到限制。

### 1.2.5 计算机技术与MRP

二十世纪70年代的主要进展是计算机技术在运营管理中得到了广泛应用。在制造业中，重大突破是MRP（物料需求计划）被用于生产计划与控制，这个技术可以把一个结构复杂的产品全部零部件统一管理起来。它也能使计划人员迅速地调整生产作业计划和库存采购计划以适应最终产品需求的变化。在MRP的基础上，进一步发展成MRPII。MRPII技术已不仅仅局限于运营管理，它的管理范围扩展到销售部门和财务管理，它的意义在于人们已经可以利用计算机技术把运营、营销、财务三大职能管理的信息集中管理。

### 1.2.6 JIT、TQC、工厂自动化

进入二十世纪80年代，管理哲学和技术上的成就当属JIT（准时化生产）。这一成果是由日本丰田汽车公司从1950年代开始，经过二十余年的努力后取得的。JIT包含有丰富的管理思想和方法，并且将它们有机地组成一个体系，它用最少的库存生产最多的产品，并且把TQC也融合在里面，实现了零缺陷生产。它经受住了1973年的石油危机的考验，被认为是一种具有新的管理哲学的生产方式并。在80年代得到发达国家的承认和普遍的重视。

在这时期，工厂自动化以各种方式也促进运营管理的发展，出现了多种生产方式，如CIMS（计算机集成制造系统）、FMS（柔性制造系统）等。

### 1.2.7 服务质量和生产率

服务业是一个非常广泛的行业，从航空公司到动物园。然而，研究在不同服务企业成功的管理方法，可以发现，其管理方法的核心部分就是关于质量和生产率的，即如何提

供高价值的标准化服务，这一管理思想是相通的，所以麦当劳的生产系统方式也可以成功地用在钢铁公司的高效微型轧机上，这是管理原理上的新发现。

### 1.2.8 TQM（全面质量管理）

二十世纪 80 年代在管理实践和理论上，另一项重要贡献是 TQM(全面质量管理)和质量保证体系。TQM 从 80 年代在许多公司得到实施，更广泛地使用于企业是在 90 年代。ISO 9000 是国际标准化组织提出的关于企业质量管理 and 质量保证体系标准，是每个企业在国际市场上共同遵守的关于质量方面的准则。

### 1.2.9 BPR( 企业过程重组 )

面对 90 年代的全球性经济衰退，企业需要精简以提高竞争力，推动企业去寻找新的管理理论和方法，它应该是新的变革而不是方法的改良，M·哈默提出了这一概念。它从管理的全过程出发，去掉多余的环节，简化过程，并采用计算机管理，以期达到预想的产出。

### 1.2.10 大规模定制

大规模定制是指以大规模生产的成本和速度，为单个客户或单件(或小批量)多品种的市场定制加工任意多数量的产品，是为了适应消费需求个性化，提升企业竞争力而发展成的一种全新的生产经营模式。

### 1.2.11 供应链管理

供应链是围绕核心企业，从采购原材料开始，经制造过程制成中间产品以及最终产品，最后由销售网络把产品送到消费者手中，将供应商、制造商、分销商、零售商、直到最终用户连成一个整体的功能网络结构模式。供应链管理则是通过对信息流、物流、资金流的控制，实现对供应链的系统管理。

## 1.3 现代生产运营管理的特征

生产运营管理的特征是随着时代的发展而变化的。传统生产运营管理的着眼点主要在生产系统内部，即着眼与在一个开发、设计好的生产系统内，对开发、设计好的产品的生产过程进行计划、组织、指挥、协调与控制等。但是，近二三十年来，随着世界经济以及技术的发展，制造业企业所处的环境发生了显著的变化，由此引发了生产运营管理的特征也发生深刻的变化。这些新变化和新发展归纳起来，主要表现在以下方面：

#### 1. 生产经营一体化

现代生产运营管理的范围与传统生产管理相比，变的更宽了。如上所述，当代企业所面临的诸多新课题，如果从企业经营决策的角度来看，为了使生产运营系统有效运行的前提（生产工艺的可行性，生产系统构造的合理性）得到保障，生产运营管理的决策范围必然要求深入到产品的研制开发与生产系统的选择、设计与改造的领域中去。所以生产运营管理不再是仅仅对现有生产系统进行计划、组织、协调与控制的运行管理，而且要参与到新产品研制开发和生产系统的选择、设计和改造中去。

由于生产运营管理的成果（产品的质量、成本、交货期等）直接影响产品的市场竞争力，在市场竞争日趋激烈的今天，人们将越来越多地从其产品的市场竞争力去考察生产运营管理的成果和贡献，并力图通过市场信息的反馈来不断改进生产运营管理工作。为了使生产系统的运行更有效，适时适量地生产出能够最大限度地满足市场需求的产品，避免盲目生产，减少库存积压，在管理上要求把供、产、销更紧密地衔接起来。生产的安排，需要更多更及时地获得市场和顾客需求变化的信息。因此，可以说生产运营管理的范围，从以往的生产系统的内部运行管理向“外”延伸了。

计算机技术和网络技术的发展，CAD、CAPP、CAM、MRPII/ERP、OA、SCM、CRM 及 CIMS 等在企业中的推广应用，为企业内部，供应链内部的信息继承和供、产、销、财务、人事等功能的集成提供了有力的支持。使生产管理与企业经营管理紧密地融合和相互渗透成为可能。

综上所述，企业的经营活动与生产活动，经营管理与生产管理的界限会越来越模糊，企业的生产与经营，也包括营销、财务等活动在内，相互之间的内在联系将更加紧密，并互相渗透，朝着一体化的方向发展，形成一个完整的生产与经营的有机整体。这样的生产经营系统能够更有效地配置和调度资源，灵活地去适应环境的变化，这是现代生产运营管理重要的发展趋势之一。

## 2. 多品种生产、快速响应与灵活应变

多品种、中小批量生产将成为社会生产的主流方式，从而带来生产管理上的一系列变化，本世纪初，以福特制为代表的大量生产方式揭开了现代化社会大生产的序幕，该生产方式创立的生产标准化原理（standardization）、作业单纯化原理（simplification）以及分工专业化原理（specialization）等奠定了现代化社会大生产的基础。但是发展到今天，一方面，在市场需求多样化面前，这种生产方式显露出缺乏柔性、不能灵活适应市场需求变化的弱点；另一方面，飞速发展的电子技术、自动化技术以及计算机技术等，以生产工艺技术以及生产管理方法两方面，对大量生产方式向多品种、中小批量生产方式的转换提供有力的支持。因此，多品种、中小批量生产方式已成为现代生产方式的主流。生产方式的这种转变，使得生产管理面临着如何解决多品种、中小批量生产与降低成本之间的矛盾。从而要求生产运营管理从管理组织结构、管理制度到管理方法要采取新的措施。日本丰田汽车公司在这方面做了有益的尝试，丰田生产方式给大家提供了成功的经验。

由于市场复杂多变，快速响应和灵活应变的能力已成为了当代企业生存和发展的关键。密切与市场、与顾客的联系，改革臃肿的管理机构，管理机构扁平化，以提高对市场变化的反应速度和决策速度；提高生产系统的柔性和可重构性，在发展壮大自己核心能力的同时，广泛开展社会协作和组织动态联盟，以提高企业的应变能力；这是现代生产运营管理面临的必然选择。

## 3. 人本管理与不断创新

随着知识经济时代的到来，信息和知识将成为最重要的财富和资源。在知识经济社会创新是经济增长的主要动力。一个企业的竞争力的强弱，取决于该企业的创新能力的强弱。对于生产系统也是一样，一个生产系统能否有效地进行，能否根据需求的变化、环境的变化而呈现灵活的应变能力，关键在与不断地创新。而创新能力主要依赖于人的智力。所以要想使企业的生产系统保持充沛的活力，企业要想取得和保持竞争优势，必须重视智力资源的充分开发和有效利用。现代企业强调人才的作用，重视对员工的教育和培训。

## 1.4 生产运营管理面临的挑战

当今企业所处的市场环境可以用两句话来概括：技术进步突飞猛进，市场需要多样而且变化迅速。进入 20 世纪 70 年代以后，以石油危机为转折点，一方面，由于能源价格飞涨，原来的市场格局发生深刻变化。另一方面，随着社会经济的发展，卖方市场逐渐转变为买方市场，消费者的行动变得更具有选择性。因此，市场需求开始朝着多样化方向发展。与此同时，近二十多年来，自动化技术、微电子技术、计算机技术等新技术的发展日新月异，产品的生命周期日益缩短，生产工艺和技术装备的更新速度大大加快，新的时代环境使当代企业面临严峻挑战和一系列新的课题。

(1) 由于是买方市场，顾客对产品质量、性能的要求变得更高、更苛刻。不仅要求产品、价廉物美，还要求能满足顾客的个性化需求。除此，还由于技术进步快，时常需求变化大，产品的生命周期越来越短，这就要求企业不断的更新换代。这种趋势使得企业必须投入更大的力量和更多的注意力不断地进行新产品的研究与开发。

(2) 市场需求的多样性使得以往那种单一品种大批量生产，靠扩大产量降低成本的生

产方式逐渐无法适应今天的要求，因此要求企业转向多品种、中小批量生产。而生产方式的这种转变，要求企业的生产管理体制和管理方法必须面向多品种、中小批量生产进行相应的变革。

(3) 技术的飞跃发展为管理工具和手段的不断改进，为生产系统增强其功能和提高运作效率提供了可能。在激烈的市场竞争中，随着产品的不断更新换代和管理工具、手段的不断发展，企业的生产系统也面临不断的重新选择、重新设计与改造。

(4) 以供应链管理 (supply chain management, SCM) 为代表的新理念 (供应链内企业之间加强协调与合作)，以及电子商务 B to B、B to C 的出现，加速了网络经济时代的到来，使生产管理的领域不能再局限在一个企业的范围之内，而需向企业外部的供应系统和分销系统伸展。

## 本章小结

本章主要讲述了生产运营管理概念和作用、历史演进和特征等有关内容。首先论述了生产运营管理的含义，而后比较详细地讨论了生产运营管理的研究内容、生产运营管理的研究方法、生产运营管理的职能、生产运营管理的任务，并阐述了生产运营管理的作用。接着，借助于生产运营管理发展的里程碑事件介绍了生产运营管理整个发展过程，以及供应链管理、准时化生产、丰田生产方式、全面质量管理、企业管理过程重组、供应链管理等思想。最后，本章还讲述了现代生产运营管理的主要特征、生产运营管理面临的挑战。

---

## 复习与思考

---

1. 何谓生产运营管理？生产运营管理具有哪些基本职能？
2. 回顾生产运营管理发展的历史，有哪些认识和体会？
3. 生产运营管理的研究内容包括哪些？
4. 如何理解现代生产运营管理面临的新课题及其特征？

## 第 2 章 生产运营战略




---

战略体系(Strategic System)  
产品战略(Product Strategy)  
运营战略(Operation Strategy)  
核心能力(Core Capability)

服务传递(Service Delivery)  
制造柔性(Manufacturing Flexility)  
竞争能力(Competition Capability)  
定制服务(Customer.built Service)

---



---

<http://cranfield.au.uk>

<http://www.beidabiz.com/> <http://www.dell.com>

在当今市场竞争激烈的环境中，产品价格、产品质量、快速交货能力、服务以及顾客的满意度已成为企业赢得市场竞争和用户的主要竞争优势。正是因为如此，从 20 世纪 70 年代中期开始，西方发达国家（主要是美国）中的大中型企业越来越多地把生产运营管理从职能管理的层次提升到战略性的运营管理层次，并在企业组织机构中建立起了有效的生产运营战略管理系统，以帮助最高层管理者制定生产运营战略。另外，也有许多小企业亦开始制定生产运营战略，并取得了很好的效果。

## 2.1 运营战略概述

### 2.1.1 运营战略定义

战略一词原是军事术语，最早源于希腊语 “Strategos”，其含义是 “将军” 指挥军队的艺术和科学。在我国古代的 《左传》 和 《史记》 中已现，“战略” 一词也有描述。从管理的角度看，美国经济学家切斯特·巴纳德（Chester·I·Barnard）把战略观念引入企业管理中，他在 1938 年出版的 《经理的职能》 一书中首次运用战略概念。目前，在企业管理中已经被十

分广泛地应用，如经营战略、营销战略、产品战略、价格战略、投资战略、组织结构战略、持续发展战略、联合战略等等。

对于战略问题，可谓是 “仁者见仁，智者见智”。《辞海》 中，战略的定义是：“军事名词，指对战争全局的筹划和指挥。它依据敌对双方的军事、经济、地理等因素，兼顾战争全局的各方面，规定军事力量的准备和运” 美国经济学家阿尔弗雷德·钱德勒（Alfred·D·Chandler）在 1962 年出 《战略结构：工业企业的考证》 一书中将战略定义为：战略是决定企业基本目标与目的，选择企业达到这些目标所遵循的途径，并为实现目标与途径而对企业重要资源进行分配。日本学者伊敬丹之则将战略定义为：决定公司活动的框架，并对协调活动提供指导，以使公司能应付并影响不断变化的环境。美国达梯斯学院管理学教授奎因（J.B.Quinn）认为战略是一种模式或计划，它是将一个组织的主要目的、政策与活动，按照一定的顺序结合成的一个紧密的整体。综上所述，战略是对全局发展的筹划和谋略，它实际上反映的是对重大问题的决策结果，以及组织将采取的重要行动方案。企业战略则是对企业重大问题的决策结果以及企业将采取的重要行动方案，是一种定位，是一种



观念，是企业在竞争的环境中获得优势的韬略。

而运营战略就是：企业为了实现组织愿景，对销售、设计、加工、交货等各个环节设计一套调配和运用各种内外部资源的政策和计划，以便实现企业的长期竞争战略。它的着眼点是企业所选定的目标市场；它的工作内容是在既定目标导向下制定企业建立生产系统时所遵循的指导思想，以及在这指导思想下的决策规划、决策程序和内容；它的目的是使生产系统成为企业立足于市场、并获得长期竞争优势的坚实基础。运营战略一般包括如下内容：

（1）产品选择。目标市场确定以后，需要考虑选择什么产品，怎样的产品才能占领市场。

（2）生产能力需求计划。是在战略计划期内，对生产能力数量上的需求，时间上的需求，以及种类的计划。

（3）工厂设施。包括确定工厂规模，选厂址，确定专业化水平。

（4）技术水平。技术装备对竞争力的作用是第一位，选择技术合适的设备，确定自动化程度是一项十分重要的工作。

（5）协作化水平。确定自制与外购的比例，以及协作厂的数量。

（6）劳动力计划。确定所需劳动力的技能水平，工资政策，稳定劳动力的措施。

（7）质量管理。不良品的预防，质量监督与控制。

（8）生产计划与物料控制。资源利用政策，计划集中程度，计划方法。

（9）生产组织。确定生产系统结构，职务设计，职位职责。

### 2.1.2 运营战略与企业总体战略的关系

为了切实有效地实现企业的战略目标，企业的战略必须有不同层次、不同方面的战略构成。一般地，企业战略与企业组织层次相适应，它既有企业一级的总体战略，也有企业下属经营单位一级的总体战略；既有各级的总体战略，也有与各级组织的各种职能相适应的职能战略。由于企业各级的总体战略类型有所不同，因此，各级的职能战略也有许多种，形成类似于矩阵式结构的战略矩阵。但是，企业上下层的总体战略之间，每个层次的各种职能战略之间，以及各层总体战略与职能战略之间，存在着上下继承、相互配合和制约的关系，

从而形成一个不可分割的整体体系，如图 2.1 所示。

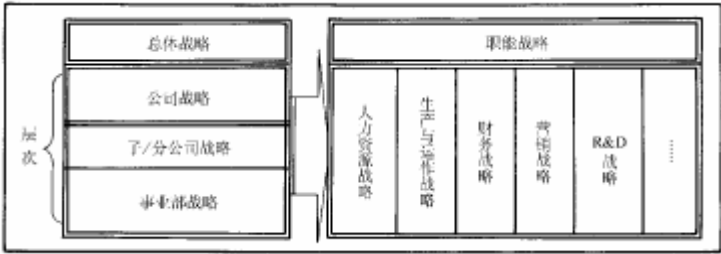


图 2.1 企业战略体系图

企业级战略是企业的最高管理层决策者制定的、关系全局的、长期的战略行为，起统帅全局的作用，其任务是决定企业组织的使命。企业必须注视动态变化的外部环境，并据此调整自己的长期计划（规划）。因此，企业级战略将从根本上影响一个企业的生存和未来的发展道路。事业部级战略是某一个独立核算的单位或具有相对独立的经济利益的经营单位对自

己的生存和发展作出的谋划,是把公司经营战略中规定的方向和意图具体化,比公司级战略更清楚和更细致地表达了战略目标、任务和措施,成为更加明确地针对各项经营事业的目标和战略。生产运营战略是企业战略体系中的职能战略,是整体战略在生产运营职能范围内的具体化和落实,受到总体战略的制约,为支持和完成总体战略服务。不同企业或同一个企业的不同单位的生产运营战略可能存在很大差异。如一家大型家电企业,其彩电和手机分厂可能采取技术创新战略,以引导市场和消费潮流;而冰箱和空调分厂可能为实施价格战略而首先采用降低成本策略。这是由于经营单位需要根据不断变化的外部环境,思考如何更有效地控制资源的分配和利用,占领市场,达到赢利的目的。

从以上分析可以看出,企业的生产运营战略属于职能级战略,是企业战略的重要组成部分,是企业为了实现总体战略而对生产运营系统的建立、运行以及如何通过生产运营系统来实现组织整体目标而规定的行动纲领。生产运营战略在企业生产经营中起着承上启下的作用,所谓承上,表现在它是企业总体战略、经营层战略在生产运营领域的具体化;所谓启下,表现在它是指导生产运营系统的运行方向,它把生产运营活动与企业总体战略、经营层战略紧密连结起来,以保证总体战略的顺利实施和实现。

### 2.1.3 生产运营战略体系与逻辑结构

生产运营战略是生产运营系统的战略,为了切实有效地实现系统的战略目标,该战略必须由若干个不同方面的战略组合构成,它不仅有一些明确而具体的子战略或策略 (如产品战略、流程战略、工艺战略、选址战略、布局战略、人力资源战略、采购与准备生产战略、库存策略、生产进度策略、维护与可靠性保证策略等),而且需要充分考虑四个战略要素:成本、质量、时间、柔性。子战略是生产运营战略体系的基本构成,四个战略要素是贯穿于子战略的基本要素,它们之间的相互配合,构成一个不可分割的战略体系。每个企业都可以根据自己所面对的客观的内部环境要素和不可回避的外部环境要素选择适宜的战略和战略组合。以上各个子战略是每一个企业在不同历史时期所面对的或必须解决的现实问题,这些战略的具体内容将在以后有关章节详细介绍。生产运营战略是一个由若干个子战略和战略要素构成的体系,战略要素和子战略、子战略和子战略以及子战略和设计、子战略和运行、子战略

和控制之间的逻辑关系可以如图 2.2 所示。

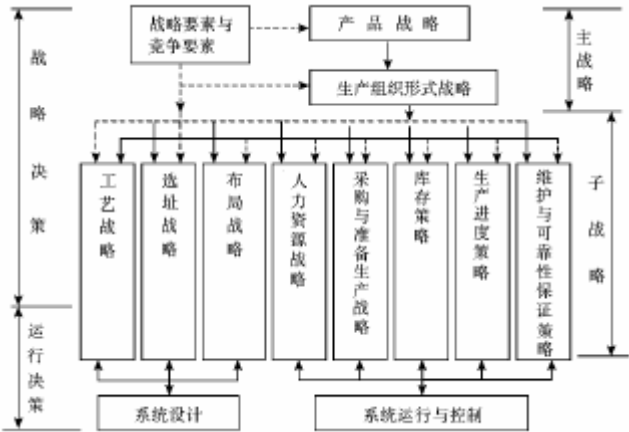


图 2.2 生产运营战略体系逻辑结构图

一般来说，企业的产品战略和生产组织形式战略处于主导地位，称为生产运营战略的主战略，其他子战略或策略处于服从地位。但是，任何主战略的实施都需要有相应的子战略（策略）或子战略群的密切配合，形成战略组合，才能达到目的。当然，与主战略配套的子战略或策略也有主次之分，以形成区别于其他时期而仅适合当前的战略体系，突出当前的战略中心。

## 2.1.4 运营战略对于提高企业竞争力的作用

在市场需求旺盛时，人们不注意运营战略问题，这时只关心大量制造产品供应市场。企业面临的问题主要是如何筹措大量资金扩大生产，想方设法扩大市场。公司的战略往往与市场、财务管理有关，还没有意识到生产对企业整体的作用。运营管理的任务仅仅是低价采购，使用简单劳动力操作自动化程度高的机器，全部的目的是成本尽可能小。

1970 年代末期，美国学者斯凯纳(W. Sinner)意识到美国制造业的这个弱点，提出要考虑运营战略，与企业已有的市场战略和财务战略相配套。在以后的研究中，学者们不断强调将运营战略作为竞争手段的重要性，指出企业如果不加以重视，会失去长期的竞争能力。这个观点到了 1980 年代，当美国的加工业被日本全面赶上并超过时，证明是正确的。

### 案例

在 20 世纪 60 年代晚期和 70 年代早期，日本一家小型的汽车制造商正面临着一个萧条的并伴随着通货膨胀的经济形势，因为没有一家公司能够仅仅依靠生产单一的产品在萎缩萧条的经济形势下生存，所以增加产品品种是非常有必要的。Taiichi Ohno 和他的合作者开发了丰田生产系统（TPS）。建立 TPS 所依据的关键想法是在你正需要的时候生产你恰恰需要的产品。同样，其潜在的问题也很简单：不允许出现差错。供应商和设备必须足够可靠，生产必须足够灵活，质量必须足

够高，每个方面都必须保证足够的一致性。这个系统成功的关键之处在于其完美地协调了和供应商之间的关系，其必须在和制造商一样保持灵活性的同时，满足准确的时间安排和精确的绩效规格。事实上，TPS 是对亨利·福特组装线或流程概念的重新发现，并加以重大改进：TPS 不是致力于低成本和零灵活性，而是利用灵活流程生产更多种类的产品。同时，TPS 还实现了多品种、高质量、低成本和短配送反应时间。结果它也因此对世界范围的竞争者所努力赶上的运营效力边界线进行了完全重新的定义。在使 TPS 成为离散生产的世界级流程后，丰田仍旧是利用生产过程作为从行业中的低级到高级上升的一种竞争武器的一个最好的例子。

（资料来源：企业生产与运作国际化管理案例，方正，中国财政经济出版社，2002 年版，第 129-132 页）。

运营领域的战略目标必须始于顾客和竞争者。制定运营战略必须明确回答：现在和未来，

我们的生产运营将以什么方式为顾客增加价值,同时使我们相对于竞争对手具有持久的竞争优势?为了回答上述问题,可以从成本、质量、交货速度、制造柔性四个方面来考虑运营战略对于提高企业竞争力的作用。

通常认为企业这四个方面都要同时投入相当的资源和努力。因此需要判断哪个因素对提高竞争力是重要的,就集中企业的主要资源重点突破。此外,在四个目标之间存在冲突,如要提高供货速度,则难以提高制造柔性,而低成本战略也往往与高柔性、快速交货相矛盾。这样就产生了多目标平衡问题。

近年来,速度有成为竞争策略第一要素的趋势。特别在高新技术产业,谁能最先推出新产品,就能制定高价格,赢得第一桶金,当跟随者进入市场时,他会惊愕地发现价格已大幅下跌。数码相机、电脑、手机、彩电元无呈现这种现象。海尔集团首席执行官张瑞敏说:“我们与跨国公司比,论技术不如人家,论资金不如人家,我们惟一能比的就是速度。”海尔能够在17小时内把一项设想变为现实,以速度赢得市场。

值得注意的是,与传统的运营管理哲学相比,在新的生产条件下,运营战略对于企业竞争力的提高提出了以下几个重要观点。

(1) 强调了对企业竞争力的保障,通过对四个目标优先级的决策,实现生产系统的竞争优势,或成本优势、或质量优势、或交货优势、或性能优势,也可能是综合优势。而传统方法一般以成本和效率为中心,强调系统的高产出和规模经济。

(2) 运营战略强调系统要素在系统结构框架下的协调性,而传统方法由于过分强调效率和新技术的运用,往往使系统要素组合失调,不能得到系统的最高效率。

(3) 现代的生产运营系统比以前有了新的变化。生产运营系统是生产产品的制造企业的一种组织体,它具有销售、设计、加工、交货等综合能力,并有对其提供服务的研究开发功能,而且还可以把供应厂商、用户都作为生产系统的组成部分。

(4) 组织必须实现战略、设计和运营的一体化。不了解作业系统的设计目的和能力不可能选择好适当地运营管理的方法。作业系统的设计必须依据组织的战略。一方面,作业系统的设计必须依据组织的战略。另一方面,战略的制定必须考虑作业系统的能力以及领先于竞争对手的具体的作业方法。战略必须指导设计和运营,反之,战略又必须依据在运营方面的优势。

(5) 战略、设计和运营不仅应当在总体上有效衔接,而且在细节上也应当处理优化得很好。只注意战略,或是只注意作业细节,或是忽略作业系统的设计及其对战略的影响,是导致

致公司失败的三种常犯的错误。有效地管理作业的细节将会带来公司的成功,只要这些细节是坚实的战略的一部分。如果作业系统的设计决定着公司能否达到它的战略目标,那它就具有战略意义。

## 2.1.5 生产运营战略的制定

### 1. 生产运营战略分析

生产运营战略的制定是建立在科学的战略分析基础上的。战略分析主要包括以下几个方面:

#### (1) 企业的总体战略

识别、分析企业总体战略对生产运营的具体要求,弄清生产运营部门为实现总体战略必须达到的目标与战略取向。

#### ① 环境因素分析

环境因素指企业外部环境对生产运营系统可能带来机会或威胁的事件或趋势，一般包括政治、经济、技术、社会因素及市场需求与竞争对手的状况。在企业总体战略制定过程中已对环境因素作过分析，但那些分析是着眼于影响企业总体发展的重大因素。在制定生产运营战略时必须从生产运营的角度作更具体、细致的分析。以技术因素为例，技术变迁会直接影响到生产运营系统中的产品（如高清晰度的电视、数码相机等）、服务（如缩短交货期）、生产过程（如柔性制造）等各个方面，必须具体分析用户技术发展方向和潜在需求、产品创新趋势及其对本企业产品的影响、供应商技术动向及其所提供的原材料、半成品等物资质量和供应方式的变化、制造工艺技术发展态势、方向及对企业现有设备、工艺的冲击、高新技术发展对现有生产运营系统带来的机遇与挑战等。

### ② 生产运营系统能力

包括生产运营系统现有人力资源及其潜力、装备和能力平衡、产品和服务、物资供应与产品经销链接、工艺和技术、研究开发与设计能力、能源与动力供应、物流与运输、消耗与成本、资金来源与运营、组织与管理水平等等。企业应与行业标杆或同类企业进行比较，认清自身优势与弱点所在。

### ③ 其他部门的职能战略

主要指生产运营战略与其他职能战略间的衔接。虽然各职能战略都是根据企业总体战略制定的，但各自考虑的重点不同，可能引发冲突。例如，生产部门为提高效率、降低成本希望加大生产批量。这可能就与营销部门多品种、小批量供货有矛盾。再例如，财务部门则要求压缩库存、加速资金周转，生产运营部门希望保留一定库存作为生产组织的缓冲。各职能战略应以整体优化为原则，相互协调。

## 2. 生产运营战略的制定

在战略分析的基础上进行战略选择与战略决策，具体过程如下：

（1）在战略分析的基础上，确定生产运营战略的目标与取向，如扩大现有产品生产规模还是增加高附加值产品的比重，重点开发新产品还是稳定与改进现有产品等；

（2）根据战略目标进一步制定为实现该目标相应的产品战略、组织战略、能力目标及其他战略要点；

（3）根据市场、关键产品与生产运营特征划分与确定各战略业务单位的分工及其相应

的目标与任务，必要时可对现有分工进行调整；

（4）测算战略期生产运营系统可能达到的主要绩效指标，如产品与服务的数量与质量、生产运营成本与获利能力等，并与目标值和标杆企业进行比较，找出差距，提出改进措施；

（5）形成战略方案，对各方案进行可行性论证与分析，并就各方案对企业长期竞争优势的影响作出评估。

（6）通过方案比较，选出最优或次优方案，进行战略决策

一个有效的生产运营战略应能根据市场需求，针对竞争对手的行为，充分发挥自身的能力，并与其他职能战略相配合，不断提高企业的竞争能力。具体战略选择可以多种多样，但必须有利于持续提高企业的竞争优势。

## 2.2 制造业运营战略框架

### 2.2.1 制造业运营战略框架概述

制造业运营战略作为制造业企业战略的一部分，并非独立存在，要把它置于制造业企业大系统中进行考察。在垂直方向上，从产品设计、物料采购、加工制造，直到销往市场；在水平方向，扩展到企业其他部门，作全面的系统分析。制造业运营战略框架如图 2.3 所示。

从图 2.3 中可以看出制造业运营战略是怎样把企业资源与市场需求联系起来的。在图的最上面是企业经营战略，它规定了企业的目标市场和产品系列，限定了企业的经营

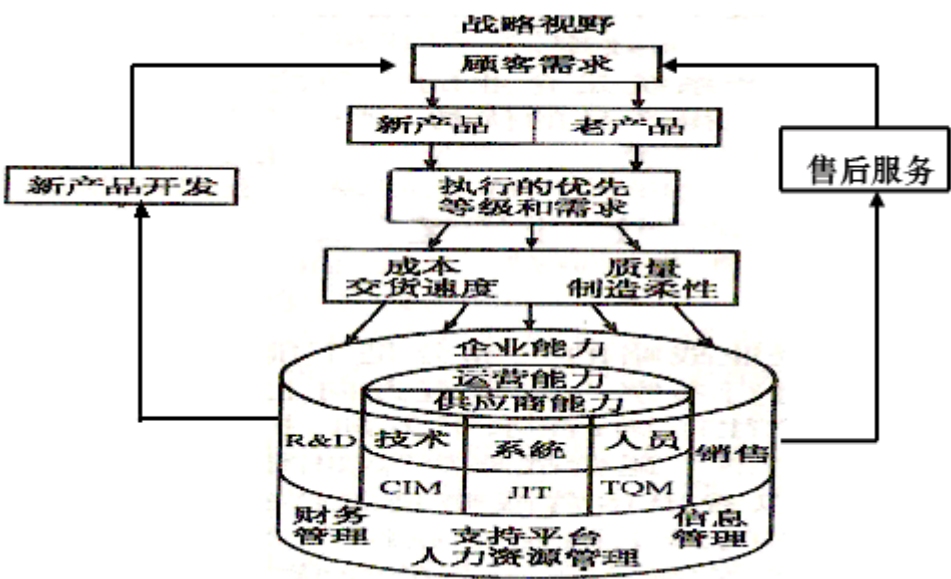


图 2.3 制造业运营战略框架图

方向。向下的程序分别是：首先，需要确定用户对新产品和现有产品有哪些需求，包括产品的性能、质量、价格、数量和交货期等，并确定它们的优先级别；然后，明确运营管理的重点，管理重点要与产品需求的优先级别相一致；最后就是运营管理部门动用全部的生产能力(包括供应商)，努力实现这些需求，以赢得订货。所谓全部的生产能力是指技术的、系统的和人力

的能力。图中标出的 CIM(计算机集成制造)、JIT(准时化生产方式)、TQM(全面质量管理)仅表示它们在技术、系统、人力三方面各自所需要用到的概念和工具。图中底部的内圈表示生产能力“桶”，其中也包括了供应商，当然他们必须是在技术、系统、人力三方面都通过资格认可的协作者。

图 2.3 把产品的需求特性与企业的能力“桶”联系起来，这是因为产品需求特性不仅仅与运营管理有关，它与其他部门也有一定的关系。可以想象，如果离开了研究与发展工作，失去营销部门的市场信息，缺少了财务、人力、信息等资源的支持，仅仅凭借运营管理是无法实现目标的。

## 2.2.2 制造业运营战略的三大职能

制造业运营战略的三大职能就是对生产运营过程的决策、规划和控制三大职能。尽管各个制造业企业在生产工艺、客户需求和产品价值转换过程上具有不同的特性,但总来的来说,其运营战略还是有责任执行以下任务:①保证有效地生产高质量的产品和服务;②按适当的数量和适当的时间提供产品和服务,以满足市或顾客的需求;③指导和激励员工;④与企业内其他部门取得良好的沟通。

### 1. 决策

生产运营活动的决策通过以下几个阶段进行:①探查环境,收集情报②创造、制定和分析可能采取的方案——设计活动③在多个备选方案中选择一个进行行动的抉择活动④对过去的决策进行评价——审查活动而且这四个阶段并不是线性的、一次顺序完成的,经常需要回到以前的阶段。

做决策必须要有科学的理论和方法(预测方法、定性定量分析法等),还要以长期稳定的经济增长为目标,以经济效益为尺度的价值标准,再加上社会的、心理的、美学的等非经济的或不可计量的因素,从而对综合目标选取行动方案。但是,由于决策者在认识能力和时间、成本、情报来源等方面的限制,要求最理想的结果往往非常困难,常常只能满足于“令人满意的”或“足够好的”决策,因此,在现实的决策中,并不考虑一切可能的情况,而只考虑与问题有关的特定情况,使多重目标都能到令人满意的,足够好的水平,依次作为行动方案。

### 2. 规划

规划是指预先决定的做什么,何时做,怎样做和谁去做。规划是未来生产运营活动的依据和基础。它包括目标的制定、为实现目标所采取的措施方案的拟订,以及实施目标和措施的有关活动的计划安排。企业的目标可分为:①近期目标,如每年要实现的利润,降低成本等②远期目标,如市场竞争地位,产品发展方向等,它关系到企业的长远发展。

### 3. 控制

控制和规划有着密切的联系,规划是控制的重要依据,控制是执行计划的手段,它们组成了企业的管理循环。控制职能是对规划执行情况所进行的检查、监督、分析和调查等工作。

## 2.2.3 制造业运营战略的决策层次

制造业运营战略的决策层次可以分为:

(1) 生产运营战略决策:决定产出什么,如何组成不同的产品产出品种,为此需要投入什么,如何优化配置所需要投入的资源要素,如何设计生产组织方式,如何确立竞争优势等等。

(2) 生产运营系统设计决策:为了实现战略决策,首先需要有一个得力的实施手段或工具,即生产运营系统,来进行系统设计,它包括生产能力的规划、系统设施规划、设施布置、工艺设计和工作设计等。

(3) 生产运营系统运行决策:即日常运行的决策问题。包括不同层次的计划、作业调度、质量控制、后勤管理等。除此之外,也包括 QDC 价值条件管理、人、设备物料等资源要素管理。

## 2.3 服务业的运营战略

服务企业的运营战略与制造企业的运营战略一样也是企业经营战略的不可分割的一部分。对大多数的服务企业，服务过程也是由一系列的生产作业(多数为手工作业)构成的转换过程，因此，作战略决策时也必须考虑运营方面的问题。

### 2.3.1 服务业运营管理的特殊性

与传统的制造业生产作业管理相比，服务业运营 管理有自己的一些特殊性。就目前研究而言，主要表现为以下几个方面。

#### 1. 服务业的产品是无形的

服务业与制造业的生产过程都是一个“输入—转换—输出”的过程，但是两种输出的性质是不同的。制造业企业所提供的产品是有形的、可触摸的、耐久的。如机器设备、冰箱、空调等。而服务业所提供的产品是无形的、不可触摸的，寿命较短。例如，技术培训、一个主意、一种方案或某种信息。

#### 2. 产品不可储备

制造业所提供的产品是一种可以库存的产品，它们可以被储藏、运输，用于满足未来的或其他地区的需求。在有形产品的生产中，企业可以利用库存和改变生产量来调节与适应需求的波动。而服务是不能预先“生产”出来的，也无法用库存来调节顾客的随机性需求。为了达到满意的服务水平，服务人员、服务设施以及各种物质性准备都要在需求到达之前完成，而当实际需求高于这种能力储备时，服务质量立刻下降（如排队等待时间加长、拥挤、甚至取消服务等）。因此，服务业运作过程受时间的约束更大，对运作能力的管理比制造业更难。

#### 3. 与顾客的接触频繁

制造业企业的顾客基本上不接触或极少接触产品的生产系统，主要接触流通业者和零售业者。但对于服务业企业来说，它的生产与消费是同时进行的，顾客既是投入的一部分，又在运作过程中接受服务的主体。例如，在医院、教育机构、百货商店、娱乐中心等，顾客在提供服务的大多数过程中都是介入的，这就对运作过程的设计提出了不同要求。也有一些服务业企业，在其组织内的某些层次与顾客接触较多，而在其他层次较少，有明显的“前台”与“后台”之分。例如，邮局、银行、保险公司、航空公司等。在这种情况下，还需要分别考虑

对前台和后台采取不同的运作管理方式。

#### 4. 响应顾客需求的难度大

制造业企业所提供的产品可以有数天、数周甚至数月的交货周期，而对于许多服务业企业来说，必须在顾客到达的几分钟内做出响应。机床设备购买者可能同意 16 周以后交货，但在一个超级市场，如果顾客在收款处等 5 分钟，可能会变得不耐烦。由于顾客是随机到达的，因此服务业企业要想保持需求和能力的一致，难度是很大的。而且，顾客到达的随机性在不同的日期、每日不同的时间段内，可能都会不同，这就使得短时间内的需求也有很大的不确定性。从这个意义上讲，制造业企业和服务业企业在编制其运作能力计划、进行人员和设施安排时，必须采用不同的方法。



5. 设施靠近顾客目的地

市场容量和流通、运输设施的可利用性也极大地影响运作场所的集中性和规模。制造业企业的生产设施可远离顾客，其产品可销往某一地区、全国甚至国际市场，这意味着它们有比服务业组织更集中、规模更大的设施，更高的自动化程度和更多的资本投资，对流通、运输设施的依赖性也更强。而对于非制造业企业来说，服务不可能被运输到远地，其服务质量的提高有赖于对最终市场的接近与分散程度，设施必须靠近其顾客群，从而一个设施只能服务于有限的区域范围。这导致了服务业的运作系统在选址、布局等方面有不同的要求。

6. 产品质量不易度量

由于制造业企业所提供的产品是有形的，其产出的质量易于度量。而对于非制造业企业来说，大多数产出是不可触摸的，顾客的个人偏好也影响对质量的评价，因此，对质量的客观度量有较大难度。例如，在百货商店，一个顾客可能以购物时营业员的和蔼态度为主要评价标准，而另一个顾客可能以处理付款的准确性和速度来评价。

7. 生产率难以测定

制造业企业的设备和人员都要求有很强的技术性，并严格按照事先制定的工艺标准和工艺规程工作，生产率容易测定。而服务业可以说每一个人都是服务方面的专家，每个人都有过提供服务的经历，也知道一定的提供服务的方法，而且这些方法在大多数情况下，因服务对象的不同会有较大的区别。所以，服务业企业的生产率难以测定。制造业与服务业的上述区别如表 2.1 所示。

表 2.1 制造业与服务业的区别

制造业	服务业
产品是有形的、可触摸的、耐久的	产品是无形的、不可触摸的
产出可储存	产出不可储存
顾客与生产系统极少接触	顾客与服务系统接触频繁
响应顾客需求周期较长	响应顾客需求周期很短
可服务于本地区、全国乃至国际市场	主要服务于有限区域内
设施规模较大	设施规模较小
质量易于度量	质量不易度量
生产率容易测定	生产率不易测定

这里需要指出的是，制造业和服务业还有一些其他差别，表 1.2 中只给出了两种极端情况。事实上，很多企业的特点介于这两个极端之间，也有很多差别仅只是程度上的差别。例如，越来越多的制造业企业都在同时提供与其产品有关的服务。它们所创造的附加价值中，物料转换部分的比例正逐渐减小。同样，许多服务业企业经常成套地提供产品和服务。例如，餐厅在提供服务的同时也出售食物，电影院在提供服务的同时也出售糖果和饮料等小食品。尽管如此，制造业中的生产管理基本原理和方法同样适合于服务业，如资源的有效利用原理、质量保证体系、成本控制、工作抽样、过程重组等。这就为从事服务业运作管理的研究与实践奠定了良好的基础。

### 2.3.2 服务业企业竞争能力等级

我们在讨论制造业的运营战略时所提出的许多概念，对服务业也同样适用。事实上，在这两种不同行业中，可以发现许多在运营管理方面的相似之处。例如，当一家工厂的规模不断扩大时，内部组织结构会发生变化，可以从工艺专业化改组成产品专业化。再进一步可以将某种产量特别大的产品从原来的工厂中分离出来，另建一个工厂。甚至可以组织成产品事业部，使每个事业部只负责自己所面对的消费群体，1920 年代的美国通用汽车公司就是如此。这些举措具有战略意义，对提高企业竞争力影响巨大。同样的道理，当一家百货公司的规模不断扩大时，在组织结构上也会有类似的变化。服装部可以细分成女装部、男装部、童装部等等。其本质都是采取相应的运营管理措施以支持营销的市场细分化战略。甚至于一家医院也是如此，可以由内科改组成心血管科、消化道科、呼吸道科、泌尿科等，其结果当然是提高了医疗水平，增强了竞争能力。至于制造业中通过采用先进的设计手段，如 CAD(计算机辅助设计)，先进的加工手段，如 NC(数控技术)等，来取得对竞争对手优势的措施，在现今的信息时代，在服务业中也得到广泛地采纳。如最早采用计算机售票网络的航空公司具有明显的竞争优势。拥有计算机服务网络的银行同样如此。在服务业，企业的竞争能力可以分成四个等级，在四个不同等级上，相应的运营管理方面的状况列在表 2.2 中。表中第一列为四个等级，第一行仅列出几个表征竞争能力的主要因素。运营经理在制定运营战略时必须考虑这些因素。

表 2.2 服务业企业竞争能力等级

等级	基本特征	服务质量	新技术	员工素质	现场管理
便利服务	顾客光顾的原因不是服务水平,而是看中便利和服务快	附加费用;质量波动大	当难以生存时被迫采用新技术	流动性大	直接管理工人
熟练服务	顾客能接受公司的服务;服务水准中等,缺乏新潮	能满足一些顾客要求:一贯坚持几项关键的服务标准	当需要降低成本时采用新技术	有效利用人力资源;训练有素;满足要求	控制服务过程
优势服务	顾客认定公司的声誉;十分强调满足顾客要求	超出顾客的满意程度;坚持全面的质量标准	当需要改善服务是采用新技术	按照岗位要求挑选员工	注意倾听客户意见;训练和帮助员工
世界级服务	公司名称就是优质服务的象征;服务不仅是满足顾客要求,还给顾客以竞争对手无法达到的意外满足感;公司善于学习,勤于创新,使服务内容与方式保持着对竞争对手的明显优势	提高顾客的期望;寻求挑战;不断改进	认为新技术是公司保持领先地位的源泉	具有创造精神	高层管理者把员工的意见看成新思想由老师傅帮助训练员工

关于表 2.2 有以下几点说明：

(1) 对于任何一个现实中的公司要达到某个竞争能力等级，这是多因素综合作用的结果。在某个特定的阶段，决定竞争能力的每一个主要因素的状态都是确定的，这些确定的因素的集合，决定企业的竞争能力等级。对于不同的因素集合可以有不同的等级。

(2) 公司的整体竞争力可能正好与几个突出因素有关。这就意味着，一个并不是每个主要因素都很强的公司可能会有很强的竞争力(处于第三等级，甚至第四等级)。

(3) 竞争能力等级只能逐级提高。在拥有竞争优势等级之前，必须先达到和竞争对手对峙阶段。在达到世界级以前，它又必须先达到竞争优势等级。当然，一个公司可以从某一等级迅速地发展到更高等级。

(4) 从某个等级倒退到低一层等级是十分容易的，而提高一个级别却并不容易。

### 2.3.3 战略性服务运营要素

服务业在快速发展的同时也带来了激烈的竞争。企业要吸引顾客依赖于许多变量，如价格、便利、声誉和安全等。有竞争力的服务运营主要依靠 8 个要素。这 8 个要素分为两类：结构要素与管理要素。

#### 1. 结构要素

(1) 传递系统，它由前台、后台、顾客参与或自动服务构成。例如快餐店让顾客自己取餐具、选食物、拿饮料，然后顺序结账付款，使之得到随意、简便、省时、低价的服务。

(2) 设施设计，包括服务设施的规模、布局、美学等。例如，宾馆的客房布置要舒适，附设商务会谈设施、电信服务以及休闲娱乐设施以满足商务旅客与度假旅客的需求。

(3) 地点，即服务地址与场所特征。例如，家电维修点要设在有足够的顾客与服务需求的地方，甚至考虑到提供上门服务。

(4) 能力规划，这关系到顾客等候服务的排队、接待量与需求的平衡、服务人员的配置等。例如，医院为了最大限度地利用其服务能力通过“预约登记平衡供求量”减少病人等候排队的时间。除医疗服务外还可提供一些辅助性服务，如护理病人和餐饮服务。

#### 2. 管理要素

(1) 服务接触，包括服务文化、员工培训与授权等。例如，零售企业要员工热情地接待顾客，为顾客介绍商品性能，提供咨询，使用文明语言，在授权范围内为顾客退换商品等，并

培育“浓郁的家庭氛围”的服务文化。

(2) 质量，包括标准、测评、监督、期望和感知、服务担保等。熟练而优质的服务让顾客的感知符合或超过期望值，享受超值服务。

(3) 能力与需求管理，这取决于员工队伍管理以及调节需求与控制供给的能力。例如，电影院分时段收取不同的票价，航空公司机票候补等。

(4) 信息要素，如计算机软件公司登记用户资料，成立用户协会或联谊会，免费提供咨询及更新版本。

以上几个要素比较系统地说明了企业将向顾客提供什么样的服务，以及如何实现企业的战略使命。它们是服务运营战略决策的要点。

### 2.3.4 服务运营方式

服务运营方式首先取决于所属服务行业的性质。例如，客运、健身、美容、医疗必须直接与顾客接触提供面对面的服务。而维修、保卫、会计则不需顾客亲临现场即可提供服务。但在不少场合下，即使同一服务行业提供同一服务项目，服务运营的方式也有选择的余地。这就需要创造性的思维来确定更受顾客欢迎或兼顾各类顾客偏好的服务方式，从而赢得竞争优势。

服务运营方式的决策主要考虑以下因素：

#### 1. 服务传递方式

即在服务过程中顾客是否亲临现场？如果必须在场，是接受服务全过程还是只参与服务的开始与终结，企业等候顾客去服务场所还是提供上门服务。例如：看电影、医疗、股票交易等项目。一般等候顾客去服务场所，而出租车、整修草坪等项目则上门服务。有时为方便用户，一些等候服务的项目也可提供上门服务，如医疗出诊与建立家庭护理病床、出租电影碟片、股票远程交易、自动提款机取款等。

#### 2. 定制服务程度

有些行业向顾客提供通用性服务，如电影院、快餐店。另一些行业则根据不同顾客的不同需求提供定制服务，如外科医疗、美容。为了满足顾客的个性化需求，通用服务也可向定制服务发展。例如，在电影院设置多个放映厅，同时放映几部不同的电影供观众选择。快餐店提供不同品种的套餐由顾客自选，使之具有一定程度的定制特性。如汉堡王广告语那样“用你自己的方式享用”。

#### 3. 供给与需求的调节方式

有些服务业的需求波动较大，如电力、客运、餐馆等。由于服务的不可储存，需求波动会引起供需失衡。因此，在制定运营战略时要考虑需求波动有无规律性（如快餐店一天内各时段的用餐需求是有规律的），是什么原因导致需求的波动。如果出于顾客的习惯或偏好，则是否可以改变（如非正餐时间给予折扣）。能否调节供给以适应需求的波动（如就餐高峰时段雇用临时工）。在此基础上可以确定最佳的供给能力与服务运营规模。

#### 4. 连锁服务运营

服务企业可根据服务对象分布的情况设立多个服务场所，进行连锁服务运营。这样既方便顾客，又可保证服务质量的稳定，享受规模效益。例如，连锁快餐店分散场地，就地向顾

客提供快餐服务，而快餐用的食物则集中在一地统一制作。

### 2.3.5 不同类型服务业的运营战略

服务业的类型不同，运营战略的重点也不同。

对于通用型服务如邮电、交通、银行等，由于运营过程具有共性且比较规范，顾客只介入前台服务过程，其运营战略的重点是考虑规模效益；而定制型服务，如医院、律师、建筑设计等应根据顾客的特殊需要提供服务，没有统一的标准，很难区分前后台，其运营重点主要考虑服务的灵活性、质量与时间效应。

对于技术密集型服务。如航空业、通信业需要大量的资金投入。其运营战略重点是考虑设施能力与需求的匹配、资金投入的进度与风险。对于劳动密集型服务，如零售业、餐饮业则重点考虑服务场所的选址与布局、员工的培训与工作方式。

## 本章小结

本章主要讲述了与生产运营战略相关的内容。首先介绍了运营战略的含义，尔后讨论了运营战略与企业总体战略的关系，分别阐述了生产运营战略体系与逻辑结构、运营战略对于提高企业竞争力的作用、生产运营战略的制定的内容。接着，本章介绍了制造业运营战略的框架，讲解了制造业运营战略的决策层次、制造业运营战略的职能和三大重点的主要内容。最后探讨了服务业运营战略的框架，包括服务业运营管理的特殊性、服务业企业竞争能力等级、战略性服务运营要素、服务运营方式和不同类型服务业的运营战略等内容。

---

## 复习与思考

1. 生产运营战略的体系架构包括哪些？
2. 生产运营战略的制定过程包含哪些步骤？
3. 生产运营战略对于提高企业竞争力的作用在哪里？
4. 制造业运营战略的主要职能是什么？
5. 服务业运营管理的特点是什么？
6. 服务业战略性服务运作包含哪些要素？
7. 服务业服务运营有方式的考虑因素有哪些？

---

## 案例分析

BHC (Bridgeport Hydraulic Company) 公司是美国最大的 10 个水设施投资者之一，是新英格兰地方最大的经营者。自从 1995 年以来，公司在 Connecticut 州荣获了 17 项使公司或

顾客都受益的创新服务或革新产品奖项。这家公司是怎么做的？

BHC 的一个服务宗旨是：“把清澈的水送给顾客。”公司的使命是：做服务的提供者、雇主和进行投资选择。在其宗旨和使命的指引下，公司的战略是促进经营与业务发展，使产品和流程的质量不断创新，提高个性化服务的质量。

BHC 列出了公司的让雇员做出服务质量承诺的 14 项步骤。这些步骤显示了“服务—利润”链中，需要满足高级顾客服务和取得利润的雇员承诺。

BHC 公司让雇员做出服务质量承诺的 14 个步骤

1. 赢得雇员的新意识和。你不可以命令人去完成某项高级配送服务。
2. 去理解雇员思考什么，了解对雇员来说最重要的事情。

- 3. 使工作调节到适合雇员的价值取向。
- 4. 保证雇员遵守行为准则，要求他们自己定义可接受的工作。
- 5. 为组织中的每一个人提供顾客服务训练，在上下个级经理的支持下进行。
- 6. 通过技能更新和持续培训来加强利润强度。
- 7. 通过积极的活动和工作，保持员工的技能与活力。
- 8. 训练雇员成为教练，提供客户服务训练。
- 9. 实施一对一的指导教练，包括跟个别雇员一起工作，提升他们自己的行动计划和职业目标。
- 10. 使客户服务成为一个标准的议程。
- 11. 给雇员权利以满足客户的个别需求，鼓励他们自行解决问题，并解释结果。
- 12. 提供一个恢复战略，道歉、修理和进行额外的步骤，根据这些步骤，雇员可能会习惯于去满足客户的需要。
- 13. 涉及建立有意义的回报和判别系统的雇员。
- 14. 派一名有经验的领导来主持做出改变，分享成功的消息。

(资料来源: Lisa Oswald and Alexandra, “It takes More than Sparkling Water,” Quality Progress, March 1998, p.61.

转引:运营管理新概念与案例 Roger G Schroeder 清华大学出版社 2003.6 第 75.76 页)

思考题:

- 1. BHC 公司的战略目标是什么?
- 2. BHC 公司是如何实施其战略计划的?

### 第 3 章 生产过程与生产类型



生产过程(Production Process)	工艺专业化(Process Focus)
生产类型(Production Type)	对象专业化(Production Focus)
单件生产(Simplex Production)	均衡率(Equality Rate)
大量生产(Mass Production)	均衡能力指数(Equality Capability Index)
成批生产(Batch Production)	并行作业(Parallel Task)

---

<http://www.boeing.com/tour/>  
<http://www.haier.com>  
<http://manage.123trading.com/>

---

不久前，海尔电脑提出了独具特色“CIY”营销理念，受到经销商和用户的一致认可和欢迎，在业界引起强烈的反响。“CIY”理念的直接意思是，创造适合您自己的电脑，或者说，少到一台，多到上千台，只要用户提出创意或要求，海尔电脑都能满足，都能及时推出满足用户个性化需求的海尔电脑。那么，面对那么多不同配置、不同款式的产品，海尔电脑是如何保质保量地生产出来的呢？海尔电脑从接到定单到出厂，这中间的每一道工序都是在电脑系统的集成管理和严格监控之下完成的。在海尔电脑的柔性生产线上，工作人员每完成一道工序都会在上面贴上一个条形码。其实这是海尔电脑为了确保每道工序都能符合要求所采用的条形码数据采集系统，这套系统能够自动对每一道工序进行检查和监测，杜绝任何一道工序和任何一个环节的质量误检和漏检。每一台出厂的海尔电脑都有一个惟一的条形码。这样，对于出现质量问题的电脑部件，就可以根据条形码的记录很快找到直接责任人。并及时加以处理。海尔电脑为了使生产线的生产模式更加灵活，对生产线的制造系统进行了改造，有针对性地开发了 EOS（商务系统）、ERP（企业资源计划系统）、DM（磁盘管理系统）、PTM（产品跟踪管理系统）、TM（自动测试系统）、JIT（准时生产系统）等六大辅助系统。

（资料来源：《运营管理 1001 法》 主编 包雅茹 中国国际广播出版社 2004 年 2 月版）

## 3.1 生产过程的概念和划分

### 3.1.1 生产过程的概念

生产过程是指从准备生产一种产品开始一直到这种产品生产出来为止的全部过程，它是工业企业的生产活动的最基本过程。现代生产的复杂性使生产中产生了不同过程的阶段，而生产过程则是这制造产品中所必需的不同阶段的总合。无论是制造行业，还是服务行业，其生产系统都存在着利用运营资源把投入转换成产出的生产过程。而生产运营资源由生产运营管理中的 5P 组成：人力（People）；工厂（Plant）；部件（Part）；工艺（Process）；以及计划控制体系（Planning and control system）。

对生产过程的含义可以从不同的方面来理解。

生产过程是一个动态过程。生产过程所处的外部环境和内部环境都处于不断运动过程之中，如图 3.1 所示。

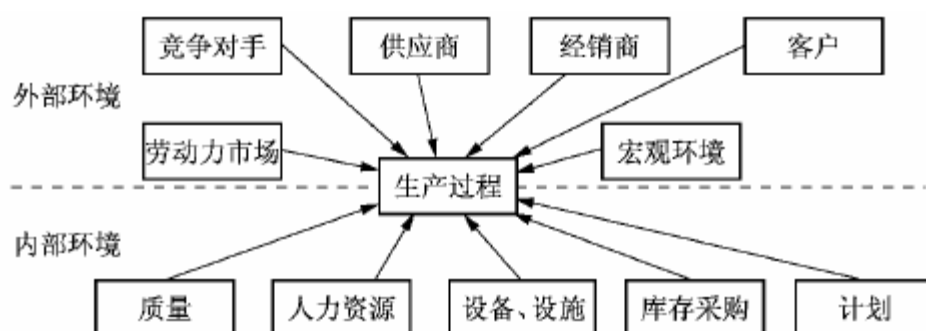


图 3.1 生产过程所处的内部与外部环境

企业的生产过程根据市场需求来进行生产，而生产过程投入的原材料由外部的供应商按合同供给，产出的产品由承运商运给客户或经销商。尽管上述活动都制定了合理的计划，但其中任何一项都可能由于这样那样的原因而变化。市场需求常常是变化无常的，以合同形式签订下来的定单也经常变化，而生产过程内部每时每刻生产的状态都在变化，如生产的品种、数量、完成的程度等。这样的一种动态过程，就要求运营管理必须用动态而不是静态的方法进行管理。

### 3.1.2 生产过程的划分

现代产品制造需要经过设计、工艺制订、工艺装备制造、材料准备等等一连串的过程。按生产过程的作用来分，企业生产过程一般可以分成下列的四个过程：

#### 1. 基本生产过程

所谓基本生产过程，是指企业生产基本产品的过程。企业所生产的产品，按其专业特点及使用对象，可分为基本产品、辅助产品和附属产品。基本产品是指代表企业专业方向并满足市场需求的产品，如机床厂生产的机床、航空公司提供的航班服务、医院为病人治疗等。辅助产品是指企业生产的某些产品是为了保证基本生产的需要，而不是用来满足社会需求，如机床厂生产的为保证机床制造所需要的工装、蒸汽、压缩空气。这些工装、蒸汽、压缩空气

是机床厂自己使用的，而不是为社会提供的。附属产品是指企业有时生产一些不代表企业专业方向而满足市场需要的产品，如飞机制造厂生产的铝制品、锅炉厂生产的液化气罐。

按照生产这三类产品的分类，分别把生产这三类产品的生产过程定义为基本生产过程、辅助生产过程和附属生产过程。

#### 2. 辅助生产过程

辅助生产过程是指为保证基本生产过程的正常进行所必需的各种辅助性生产活动，包括设备维修、劳力供应、工艺装备（工装模具）制造等。

#### 3. 生产技术准备过程

产品在正式投产以前，在生产技术方面所做的工作都属于生产技术准备过程，具体包括市场调研、产品开发、产品设计、工艺设计、工时定额制定、工装设计、新产品试制和鉴定等内容。

#### 4. 生产服务过程

生产服务是为保证企业生产活动正常进行所做的服务性工作，如物料的保管和供应、物料运输、理化试验、计量工作等。

### 3.1.3 基本生产过程的细分

基本生产过程是工业生产的核心部分。它受行业生产性质的影响，具有行业的特点。



例如机械制造行业的生产性质是属于先加工零件后装配型生产，这就使机械制造的基本生产过程根据这一特点，组成了不同的工艺阶段。这些不同的工艺阶段是先用原材料制造铸件、锻件、冲压件和其他毛坯，或直接用钢材下料的毛坯工艺阶段；再经由金属切削机床进行切削加工的加工工艺阶段；然后有热处理、化学加工及其他处理加工的热处理工艺阶段；最后由零件组成部件以及总装成产品的装配工艺阶段。基本生产过程由图 3.2 所示。

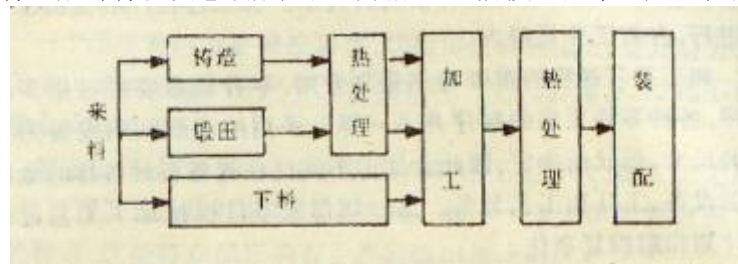


图 3.2 基本生产过程构成图

每一种工艺阶段的最基本组成部分是工序。在一个工作地上连续进行的加工全过程便成为一道工序。工序是制订生产计划的基本单元。指定该道工序所需的加工时间，便是该道工序的劳动定额。工作地是指工人利用生产手段对生产对象进行加工的场所。

一个零件不可能在一次加工中即能获得必要的几何形状、尺寸、精度、光洁度、物理性能等，往往要经过多次不同工序的加工及通过多种不同的设备和不同工种工人的操作。相同的工艺便合成一种同工艺阶段，不同工艺阶段的总合便成为基本生产过程。

一个工作地有时固定地只加工一道工序，有时却要不断地掉换加工对象或工序。这种工序的稳定程度标志着一个工作地的专业化程度，而这种专业化程度便成为生产过程组织中决定生产类型的主要因素。

一个工序有时需要掉换刀具、切削用量或加工面，便分解为若干工步。工步因属于同一

个工作地和同一个人的操作，因此不算作基本计算的单位。

基本生产过程的不同工艺阶段有毛坯工艺阶段、加工工艺阶段、热处理工艺阶段和装配工艺阶段。每一个工艺阶段都有其自身的特点，这些特点都影响着生产的组织与计划。

### 1. 毛坯工艺阶段

毛坯是由材料铸造、锻造、冲压成形的坯件。毛坯工艺过程阶段是近代机械制造基本生产过程的必要准备阶段。准备好复杂形状的毛坯可以减少下一阶段加工时的切削余量，或达到一定的物理性质要求。

毛坯工艺过程最为典型的是铸造过程，这一过程可以铸造出大量的各种形状复杂的毛坯铸件。在铸造中不论毛坯形状和重量如何，总是重复同一类的工艺过程，同时工艺过程的顺序也相同。铸造设备的通用化程度一般是相当高的，设备的结构与铸件的规格尺寸二者关系不大，因此使生产组织得以简化，企业可根据铸造成立铸造车间和铸造工段。但是铸造是按铸件所用金属实现专业化，因此根据材料又可划分为铸铁、铸钢、有色金属或按铸件的尺寸、形状、重量划分。

另一种金属毛坯准备是锻造过程。一般在锻造或锻压车间进行。锻造工艺过程的特点是工序不多，不同锻坯的工序相同，设备具有通用性。由于这种工艺过程的工序数量不大和性质相同，使锻造生产的组织和计划的制订比较容易。

### 2. 加工工艺过程阶段

在机械制造工业基本生产过程中，最重要的是加工工艺阶段。加工工艺过程要完成零件的成形工作。各个零件、部件和整个产品的质量与加工工艺过程有很大的关系。加工过程一般在加工车间进行，占有工作量最大。

加工工艺过程的重要特点是划分细，零件同产要经过很多道工序，各种零件工序的顺序并不一样。采用的金属切削设备为零件的尺寸、形状所决定，因此金加工车间往往置备各种各样的金属切削设备、工具和工艺装备。这一切都使零件机械加工工艺过程的计划和组织复杂化。

### 3. 热处理工艺阶段

金属加工时广泛采用的热处理过程是：淬火、退火、渗碳以及电镀等。热处理就是在高温中加热处理，改变钢的性质（硬度、抗拉强度、弹性等），表面处理主要是电镀、发蓝等防锈处理。热处理过程既在加工工艺过程阶段进行，或可在毛坯和金加工车间的热处理工段进行，或附设在生产线上。热处理过程的特点是工序不多，加工形式和工序都相同，设备不受零件的影响，因此在生产组织工作和计划上比较简单。

### 4. 装配工艺阶段

装配过程是产品的完成阶段，借助紧固体、材料焊接等把零件组装成部件的过程，以及最后的修整、试车，均属装配工艺过程。装配工艺过程在分装车间或总装车间或装配工段进行。装配工艺过程尽管在完成各道工序上的方法简单，但却是各式各样的，难于实现机械化和自动化，使装配的工作量很大，因而生产的计划与组织也较为复杂。

加工对象的原材料一经进入基本生产过程即成为在制品，要通过不同的工艺阶段加工成为半成品或零件，直至总装结束后方才改变在制品为成品。在生产过程中，通过生产服务过程的作用，把加工对象不断地搬动，便构成了生产转换中的物料流，方向是从材料采购直

至成品发运。

## 3.1.4 生产过程合理性的原则

生产管理的对象是生产过程，组织好生产过程能使企业有效地利用生产资源，根据市场需求快速反应，以合理的消耗水平为社会提供优质产品，并取得最佳经济效益。

如何衡量一个企业的生产过程组织得合理与否？根据生产系统的目标会有不同的判断标准。一般来说，主要有以下五个原则：

### 1. 连续性

所谓生产过程的连续性，是指加工对象一旦投入生产过程，就能连续地经过各道工序和各加工阶段，或者是在被加工或者是在被检验，或者是在被运输，很少出现不必要的等待加工或处理的现象。提高和实现生产过程中的连续性对企业来说意义是显而易见的。当生产过程实现了连续性时，减少和消除了生产过程中不必要的停顿和间断，从而加快物流速度，缩短物流时间。加快物流速度就使得生产过程中的在制品库存减少，流动资金周转速度加快，资金利用率提高。要做到生产过程的连续性，需要方方面面的工作给予配合。例如，要求对生产过程的各个生产单位布置合理，使这些生产单位在平面布置和空间布置上符合工艺流向，并且相互之间保持尽可能短的距离，以使生产过程的运输路线缩短而且减少或消除迂回和往返交叉运输，要采用合理的生产组织形式，避免由于组织结构设置不合理而使物流不畅通。其次，要求合理安排生产计划，使上下工序紧密衔接，减少各种停留时间，并要对生产现场控制得力，发现问题及时调整，要有科学的设备管理和质量管理体系，使生产过程不会由于设备故障和质量问题而中断。另外，还要做好生产技术准备和生产服务工作，减少停工待料、待工具、待图纸的时间损失。

### 2. 平行性

生产过程的平行性是指生产过程的各个阶段，各个工序实行平行作业。以机械制造为例，这种生产过程的平行性可以体现在以下几方面：

#### （1）各种零部件生产的平行性

由于产品是由许多零件和部件所组成的，每一种零件的生产或者每一种部件的装配，都可以单独进行。因此可以在不同的工作地上平行地进行各种零件、部件的生产。

#### （2）一批当中的产品或零部件在各工序平行生产。各产品是成批生产的时候这批当中的

各个产品可以在各工序上平行地进行生产，如图 3.3 所示。图中产品加工的批量 4，这些产品在各工序很多时间段是同时加工的，如③的 1 工序、②的 2 工序和①的 3 工序是同时进行的。

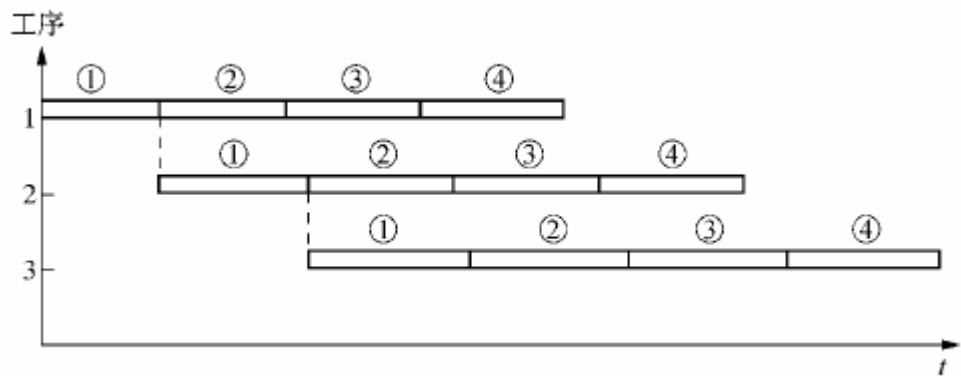
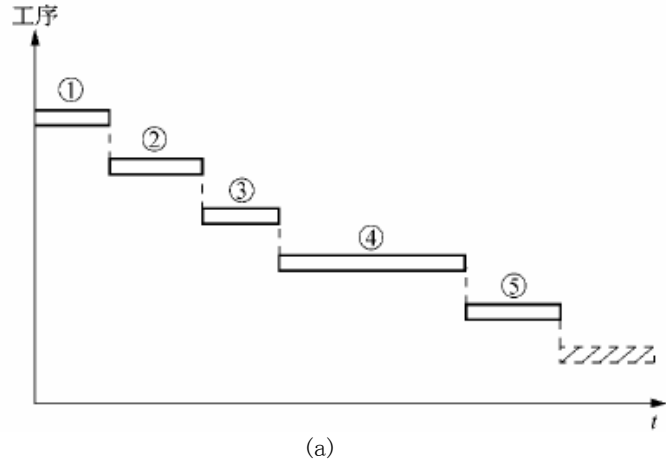


图 3.3 一批产品在各工序平行加工

### （3）不同产品的平行生产

从一工作地，一道工序来看，它只能一个一个零部件，一种一种产品地进行生产。但从整个企业来看，就可以平行地同时生产不同类型的产品。当企业生产产品种较多时，平行地进行各种产品的生产可以满足市场或用户对多种产品的需求。反之，如采用各种产品轮番生产的方式，当市场对它们同时有需求时，就会要么产生缺货现象，要么就会有库存积累。提高生产过程的平行性，可以大大缩短产品的生产周期，同时也是保证连续生产的必要条件。例如一台机器由五个零件组成，顺序加工，周期为全部零件的加工时间与机器装配时间之和，而如果平行加工，则周期为劳动量最大的那个零件的加工时间和机器装配时间之和，如图 3.4（a）、（b）所示。



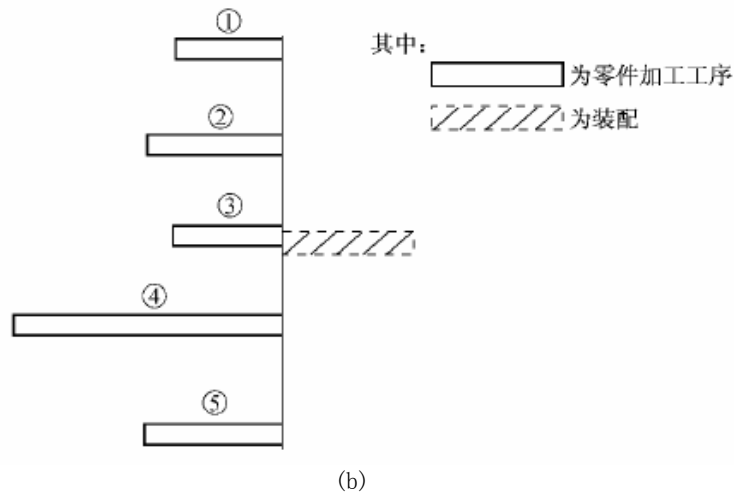


图 3.4 零件加工

### 3. 比例性

生产过程的比例性主要是指生产过程的各工艺阶段之间、各工序之间，在生产能力的配置上要与产品制造的要求成比例，要求各个生产环节之间的生产能力保持合理的比例关系，以保证生产过程协调进行。这样，既可保证设备、生产面积和劳动力资金的充分利用，又是保证连续性的必要条件。要做到生产过程的比例性，在生产系统建立的时候，就应根据市场的需求，确定企业的产品方向，从而根据产品的制造要求确定生产系统内各阶段、各工序之间能力的比例性。因此，在生产系统建立初期，生产过程的比例性还是容易实现的。但是，在生产系统运行一段时间之后，市场所需要的产品可能有了变化，或者随着科学技术的发展，制造产品的工艺方法改变了，或者由于劳动组织的改善，这些都会使得生产过程中原

来成比例的能力配置现在不成比例了。因此，要经常对生产过程的能力比例性进行调整，调整的方法除了在数量上对某些环节的能力进行调整之外，还可以针对瓶颈采取若干措施，以实现生产过程的比例性。

### 4. 节奏性（均衡性）

生产过程的节奏性是指产品的生产，从材料的投入到最后完工能够按计划有节奏地进行保持在相等的间隔时间，如每月、每周、每日所生产的产品数量大致相等或稳定上升，使工作地和工作人员能够经常达到均匀负荷，保证均衡地完成生产任务。有节奏地进行生产，能够充分地利用人力和设备，可以防止经常性的突击赶工，有利于保证和提高产品质量，缩短生产周期，降低产品成本，有利于安全生产。生产过程的节奏性表现在产品的投入、生产和出产等三个方面。其中产品出产的节奏性是主要的一环。企业各个生产环节的活动都应保证产品出产的节奏性。生产过程的节奏性不仅贯彻在基本生产的各个环节上，而且还体现在辅助生产过程、生产技术准备过程等环节。生产过程的各部分都要按照基本生产过程的节奏性来组织自己的工作，这样整个生产过程的节奏性才能有保证。

### 5. 适应性

生产过程的适应性又称柔性，是指企业的生产过程对市场的变动应具有较强的应变能力。随着生活水平的提高和科学技术的发展，企业所面临的市场与经济环境，已与 19 世纪初大不相同，由生产决定消费的时代已经一去不复返了。市场需求的多样化和市场需求的快速变化使企业的生产系统必须面对和适应这样一个多变的环境。若不具备这种适应能力，那么就很可能由于不能适应市场变化而被淘汰。为了提高生产系统的适应性，许多学者、生产管理人员为此做了大量工作，围绕着提高生产系统适应性研究了许多新理论、新方法。如成组技术、柔性生产系统、准时生产制、精益生产、物料需求计划、制造资源计划、企业资源计划以及敏捷制造等。本书将会在以后的章节分别予以介绍。

生产过程的适应性，是在新的市场环境下检验企业竞争力的一个重要指标。提高生产过程的适应性，可以增强生产系统参与市场竞争的能力，可以使得企业及时抓住转瞬即逝的市场机遇，以使企业在残酷的竞争中立于不败之地。

以上生产过程合理性的原则都是相互联系的，若是只抓其中一条规则，其他的规则就

会显得很不平衡。因此，只有各个方面都抓住了，才是真正组织好了生产过程。

3.1.5 均衡生产的评价指标

保持生产过程的均衡性，对于保证产品质量、保障工人身体健康和安全生产、减少各种损失、降低加工成本有着极其重要的意义。生产均衡率是评价企业管理水平高低的一个重要的综合指标，因此作业计划工作应当最大限度地实现生产过程的均衡性。

1. 生产均衡性指标

衡量企业生产是否均衡以及均衡的程度，需要有一定的指标，即生产均衡性指标。常用的生产均衡性指标有均衡率和进度分段均衡率。

(1) 均衡率

均衡率是以实际完成情况与计划要求之比来说明实现均衡生产的程度。这项指标计算简便，能密切联系计划的完成来反映实际生产的均衡。这种方法的特点是实际超计划时以

计划产量为限，对促进企业按计划实现均衡生产有积极的作用。均衡率指标按计算的时间有日均衡和小时均衡之分，适用大量、大批生产的企业。它的计算分为单一产品和多种产品两种方法：

① 单一产品的均衡率

$$\text{均衡率} = \frac{\sum \text{每日完成该日计划产量的\% (超过100\%时按100\%计算)}}{\text{生产日数}}$$

举例如下：某一产品的生产均衡量计算表（见表 3.1）

表 3.1 某一产品的生产均衡量计算表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
计划产量(件)	140	140	140	160	160	160	180	180	180	180
实际产量(件)	134	140	148	165	164	165	170	174	180	185
计划完成%	95	100	105	103	103	103	106	97	100	102

$$\text{均衡率} = \frac{95 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 97 + 100 + 100}{10} = 99.2\%$$

② 多种产品的均衡率

$$\text{均衡率} = \frac{\sum \text{各种产品每日完成计划产量的\% (超过100\%按照100\%计算)}}{\sum \text{各种产品生产日数}}$$

举例如下：多种产品的生产均衡量计算表（见表 3.2）

表 3.2 产品进度分段均衡表

产 品	日期	1	2	3	4	5	...31
	项目						
甲	计划产量(件)	60	60	60	70	70	
	实际产量(件)	57	60	64	70	72	
	完成%	95	100	107	100	103	
乙	计划产量(件)	60	60	62	60	60	
	实际产量(件)	60	57	64	70	72	
	完成%	100	95	103	117	120	
丙	计划产量(件)	20		20		20	
	实际产量(件)	24		20		16	
	完成%	120		100		80	

$$\text{均衡率} = \frac{(95+100+100+100+100) + (100+95+100+100+100) + (100+100+80)}{5+5+3} = 97.7\%$$

## (2) 进度分段均衡率

进度分段均衡率是将计划任务分段，规定应完成的进度要求，然后查实际达到的情况，用来评定企业在计划期内生产的均衡程度。例如规定一个月中上旬应完成月进度的30%，中旬30%，下旬40%，而实际完成情况是上、中、下三旬各为20%、20%、60%，没有达到规定的进度要求，全月任务的一半是集中在本月最后十天突击完成的，说明企业生产的均衡性差。在大量、大批类型的企业中计划进度分段均衡率上中下旬各订为30%、30%和40%（即3-3-4）在单件小批类型企业中计划均衡率上中下旬各订为20%、30%和50%即（2-3-5）。这种指标在企业管理水平较低时适用，这种分段对比必须在完成整个计划任务的前提下才有意义。

## 2. 均衡能力指数

均衡能力指数是对工程能否稳定的创造出合乎标准质量的产品给予判断和评价。

从生产过程来看，企业各生产环节在等量时间内应生产出等量的产品，这就是生产过程的均衡性。但实际上，由于种种原因（如设备故障、待料、质量原因等等）每天生产的产量不可能是完全一样的，它是由工程系统各要素（人、机、料、法、环）的变动而造成的，是不可避免的，这就是产量的必然性。但是它们的离散分布是有规律的，对于计量值而言，这个规律就是正态分布，其密度函数为：

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad -\infty < x < +\infty$$

由上试可知，当月产量  $x_i$  在  $\mu \pm \sigma$ ， $\mu \pm 2\sigma$ ， $\mu \pm 3\sigma$  时的概率（如表3.8所示），它代表  $\mu \pm K\sigma$  之内曲线下包围的面积与曲线总面积之比，其分布曲线如上式所示。从管理的要求来看，某生产线的日产量的离差应是愈小愈好，如果这条生产线是处在稳定的生产状态下，则标准偏差  $\sigma$ ，应无限接近于一个常数。标准偏差  $\sigma$  可按式计算。

表 3.3  $K\sigma$  及  $K\sigma$  外的概率

K	P	1-P	$K\sigma$ 外的概率
1	0.6827	0.3173	31.73%
2	0.9545	0.0455	4.55%
3	0.9973	0.0027	0.27%

$$\text{式中: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2}{n}}$$

$x_i$ ——实际日产量

$\bar{X}$ ——日产量平均数

$n$ ——天数

由上式可知,标准差能真实反映日产量间的离散程度。

对于大量或大批生产的企业、均衡能力指数可按下式计算。

$$CP_i = (\bar{X} - S_e) / 3\sigma_n$$

公式中:  $S_e$ ——日计划产量

$\sigma_n$ —— $n$ 个日产量的标准差

对于单件或者小批生产的企业,可用生产周期的波动,或者单件产品所需要的期数或者工时数,来衡量产品的均衡情况,均衡能力指标可按下式计算。

$$CP_i = (S_u - \bar{X}) / 3\sigma_n$$

公式中:  $\bar{X}$ ——单件产品实际所用的工期数或者工时数的平均值

$S_u$ ——单位产品计划工期日或者工时

根据均衡能力指数计算可参照下列数值判断和分析产品的生产均衡值

当  $CP_i < 0$  表示没有完成月生产计划;

当  $0 < CP_i < 0.67$  表示完成了月生产计划,但是不够均衡;

当  $0.67 < CP_i < 1$  表示完成了月生产计划,并且较为均衡;

当  $1 < CP_i < 1.33$  表示较为均衡完成了月生产计划,并且有超额;

当  $1.33 < CP_i < 1.67$  表示较为均衡完成了月生产计划,并且超额较多;

当  $1.67 < CP_i$  表示较为均衡完成了月生产计划,并且超额很多,可考虑适当提高计划指标。

## 3.2 生产类型的概念和划分

### 3.2.1 生产类型的概念

生产类型就是指以生产专业化程度为标志划分的生产类别。

划分生产类型的意义是要从品种繁多的工业企业中找出其生产组织上的共同特点。

不同行业自有其不同的特点,从生产过程组织的角度来看,有时同行业之间存在着生产过程组织的差别,反而大于不同行业之间的差别,而不同行业之间的生产过程组织倒存在着共同的特点。

这些特点表现在设备与工艺、生产规模、专业化程度、产品的结构等等的组织上。生产运营管理的一项重要任务,便是要从种类繁多的不同行业中,分析研究其生产过程组织的特点,探索它们的规律性,把所有行业按照其生产的特点与共同点归纳为几种生产的类型,以便根据不同的生产类型采取相应的生产组织形式,这样便有利于合理组织生产和提高生产管理的效率。



### 3.2.2 基本生产类型

按照不同的分类标志，生产类型可以有許多不同的分类方法。

#### 1. 按产品的通用性分类

按产品的通用性分类，可以把生产类型分为生产通用产品的生产类型和生产专用产品的生产类型两大类型。

##### （1）生产通用产品的生产类型

由于生产的是通用产品，产品的适用面广，所以这类生产类型是根据预测进行生产的。由于预测与实际需求之间不可避免存在一些差异，因此就需要设立库存作为缓冲。当生产量大于实际需求时，多余的部分作为库存暂时储存起来，而当生产量小于实际需求时，则用库存来弥补需求的不足部分。因此，生产通用产品的生产类型又称作备货生产的生产类型。对这类生产类型来说，如何确定恰当的库存水平，建立合理的库存控制模型，是这一类生产类型管理的重点。

##### （2）生产专用产品的生产类型

生产专用产品的生产类型，是根据用户的订单来进行生产的。因此，这类生产类型又称作订货生产的生产类型。

在企业接到用户定单后，就根据用户的需求进行产品设计、工艺设计、工时定额制定、采购、生产直至发货。其中，要经历产品开发到生产的全过程，因此，产品的生产周期很长。但是，现在的用户往往要求快速交货，若企业不能满足很可能流失用户。所以，对于生产专用产品的生产类型，如何缩短产品生产周期，尤其是缩短生产技术准备的时间，则是这一类生产类型研究的一个大课题。生产专用产品的生产类型由于根据订单要求的品种和时间进行生产，因此生产的品种多，生产过程的稳定性和重复性差，生产系统的负荷变动大，生产过程的比例性很难实现，生产过程经常出现瓶颈，况且瓶颈的部位又是经常变化的。

#### 2. 按工艺特性分类

按照产品加工工艺特性分类可以把生产类型分成加工—装配型的生产类型和流程式的连续加工的生产类型。

##### （1）加工—装配型的生产类型

所谓加工—装配型的生产类型是指产品在结构上是可拆分的，产品是由零部件或元件组成的。因此，产品在加工时零部件先分别加工，然后再总装成产品。由于产品加工工艺的这一特性，产生了零部件加工时的平行性特征以及组织生产过程的连续性问题（时间衔接）。又由于一个产品对其组成的零部件有不同的数量要求，这就对生产过程提出了数量配套的要求。因此，加工—装配型的生产类型，其生产过程的组织比较复杂，既要求数量配套，又要求时间衔接。而当企业生产的品种增多而且经常变化时，这一难度就更加提高。

##### （2）流程式的连续加工的生产类型

所谓流程式的连续加工的生产类型是指这种企业的工艺流程具有这样的特点。原材料从一端投入就顺序地经过各个工作地，直至产品产出。其工艺过程是不可停顿的，产品在物理结构上也是不可分的，如冶炼、造纸、化工行业均属于这种类型。由于流程式的工艺流程是不可停顿的，因此不存在像加工—装配型生产类型的平行加工问题、数量配套、时间衔接等问题。这类生产类型管理的主要问题是原材料的连续不断地投入以及设备管理等问题。只有原材料能连续不断投入，设备不出故障，并保持良好的运行状态，整个流水线才能正常运转。

#### 3. 按照生产的稳定性与重复性分类

生产类型的另外一种分类标志是生产的稳定性与重复性。根据生产的稳定性与重复性分类，生产类型与生产管理的方法之间对应关系研究得比较多。本书将采用这种分类体系。

根据企业生产产品的品种多少、重复和稳定程度、产量大小和专业化水平来分成三种基本生产类型。这就是大量生产、成批生产和单件小批生产。

##### （1）大量生产

大量生产的特点是：产品固定，品种少，产量多，生产条件稳定，生产的重复性高，



如流水生产，生产线等。在通常情况下，每个工作地都固定加工一道或少数几道工序；工作地专业化水平很高，所有产品加工都有相同的工序，对工人操作技术水平要求较低。生产过程可采用高效率的专用设备、自动化与半自动化设备以及专用工艺装备。计划的编制比较精细，执行情况也易于检查，属于本类型的生产工厂有汽车制造厂、滚珠轴承厂等。

(2) 成批生产

成批生产的特点是：产品相对稳定，品种较多，工作地是成批地，定期或不定期地轮番地进行生产，因而工作地的专业化程度较大量生产为低。当轮番生产时，工作地设备和工夹具要进行适当调整。

在成批生产条件下，由于生产品种较多，对工人技术水平要求也较高，当然不可能全部或大量采用自动化、半自动化、专用设备与专用工艺装备，而要根据产量的大小，工序的难易程度而定。

成批生产还可细分为大批生产、中批生产和小批生产。

(3) 单件小批生产

单件小批生产企业的特点是：产品品种多，而每一种产品仅是少量的，品种不稳定，工作地的专业化程度很低。

在单件小批生产条件下，设备和工夹具多采用通用的，只有在某些特殊的工艺、技术要求下，才采用专用设备、工夹具。设备的不止通常是按同类型的设备成组排列的，因此产品在生产过程中的移动路线复杂，常有迂回或倒流路线。

在单件小批生产条件下，一个工作地上要执行各种不同的工序作业，再有辅助性的作业较多，对工人的技术水平要求比较高，以适应多品种生产的要求。属于本类型的生产工厂有电站设备厂、造船厂、矿山设备厂。此外大者如航天的项目，小者如工厂的扩建，新产品的开发一次性的项目管理也可列入此种类型。

3.2.3 生产类型划分的方法

1. 按工作地专业化程度划分
- 以工作地专业化程度来划分生产类型时，要分二个步骤：第一是划分工作地的生产类型，第二步是划分工段、车间与企业的生产类型。
- (1) 工作地生产类型的划分
- 按工作地专业化程度划分工作地生产类型用二个标志：
- ① 工序数目——工序是工艺过程最基本的组成单位，根据工作地所担负的工序数目来确定工作地的生产类型，具体的划分参数标准值如表 3.4。

表 3.4 工序数目的划分参数标准表

工作地的生产类型	固定于工作上的工序数目
大量生产	1-2
大批生产	2-10
中批生产	10-20
小批生产	20-40
单件生产	40 以上

- ② 工序大量系数——根据工序大量系数值来确定工作地的生产类型，设：
- K——按工序计算的大量系数值
- T——工序单件时间

$r$ ——产品生产节拍  
 则： $K=T/r$

注： $r=F/N$   
 $F$ ——计划期有效工作时间  
 $N$ ——计划期产量

则该式即可参考表 3.5 给出的数值确定工作地生产类型：

表 3.5 工序大量系数表

工作地的生产类型	工序大量系数值
大量生产	0.5 以上
大批生产	0.1-0.5
中批生产	0.05-0.1
小批生产	0.025-0.05
单件生产	0.025 以下

大量系数表示，在保证达到节拍的条件下，为完成每一个工序所需的工作地（或设备）数。它的倒数就是工作地上加上的工序数目。因此，上述二个标志是一致的。

#### （2）工段、车间与企业生产类型的划分

在一个工段、一个车间、一个企业中，工作地的生产类型不可能完全相同，方法是根据比重最大的工作地生产类型决定工段的生产类型，比重最大的工段生产类型决定车间的生产类型，比重最大的车间生产类型决定企业的生产类型。

因此，之所以把某个工厂称为大量生产的工厂或单件生产的工厂，只是因为这种生产类型在这个工厂中占很大的比重，而绝不是唯一的生产形式。例如在单件小批生产的工厂中，也有成批生产类型，有时也有大量生产类型，例如标准件和通用件的生产；而大量生产的工厂中，它的工艺装备也多半是以单件小批类型生产的。

#### 2. 按绝对产量划分生产类型

在实际工作中往往利用绝对数量来划分生产类型。以下是通用的标准：

##### （1）按产品的绝对产量划分

〔例〕同型号的车床（按年产量）见表 3.6

表 3.6 按产品绝对产量划分表

单件生产	小批生产	中批生产	大批生产
10 台以下	100 台以下	100 台—500 台	500 台以上

##### （2）按零件的绝对产量划分

先按零件的重量分成重、中、轻三种零件，再见（表 3.7）所示。

表 3.7 按零件重量划分表

种类	重量	单件生产	小批生产	中批生产	大批生产	大量生产
重型	2000 公斤以上	5 以下	5-100	100-300	300-1000	1000 以上
中型	100-2000 公斤	10 以下	10-200	200-500	500-5000	5000-50000
轻型	100 公斤以下	100 以下	100-500	500-5000	500-50000	50000 以上

无论用专业化的程度来划分也好，或用绝对产量来划分也好，二者都反映了生产的连续性、重复性和间歇性的程度。所谓生产的连续性也就是指工做地的专业化程度高，绝对的连续性也就是指一年 365 天，每天同一设备生产同一品种的同时工序，这就需要大批量的生产任务作为基础。相反，绝对的间歇性生产，也就是指多品种的单件小批生产，决不重复。

从图 3.5 可见生产的专业化程度、品种、产量和生产的连续性或重复性等对划分生产类型的相互关系。

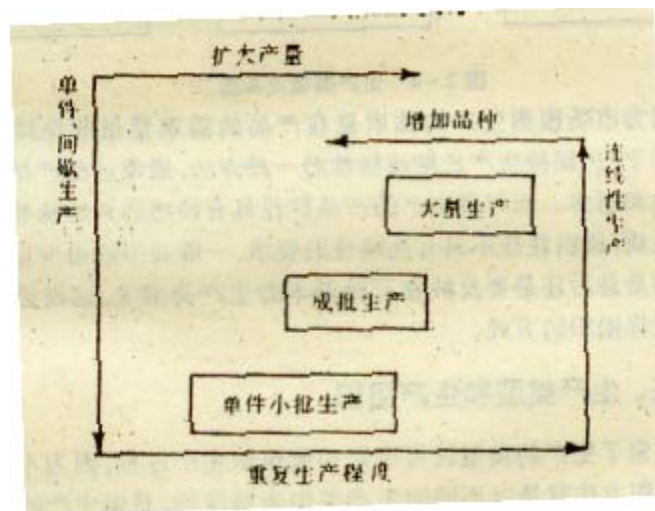


图 3.5 生产类型关系图

### 3. 按预定货或预测划分生产类型

另一种方法可以根据任务的落实，也就是按照订货的数量或预测的数量来划分。前者是根据合同实际订货的数量生产；后者与实际订货无关，它是事先预测市场的需要数量，即先安排计划进行生产，产品留有库存。预订货生产因在成品生产后即可交货，故无库存。这种划分生产类型的方法与企业的着重面向市场有关，故资本主义国家的工业企业大都依此来划分。但是，尽管这样，这种划分的方法仍旧与前所诉的三种基本生产类型有联系，可见图 3.6。

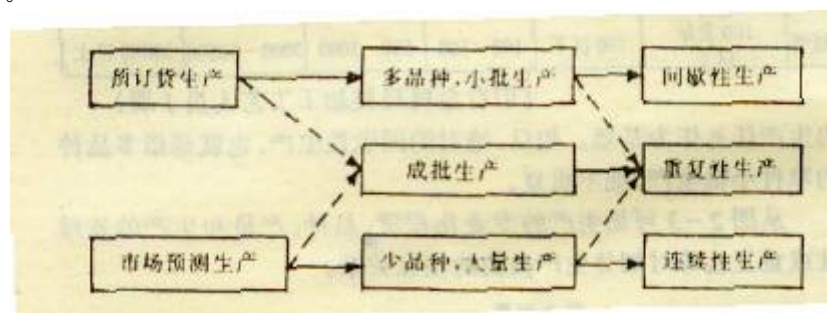


图 3.6 按预定货或预测划分生产类型

因为市场预测生产的性质是在产品的需求量非保持稳定的条件下，仍保持生产长期连续性的一种方法，通常这些产品属于消费品类居多。而订货生产的产品往往具有按照客户特殊要求规格的性质，所以往往不具有连续性的要求，一般并不或很少重复生产。但是最后还是要反映在三种基本的生产类型上，这就影响到生产过程组织的方式。

### 3.3 生产类型和生产组织的关系

决定了生产的类型就可决定如何组织生产过程，因为不同过程的组织方法就是以不同的生产类型来确定的，只要生产的类型相同，就可采用同一的组织方式，见表 3.8。

表 3.8 生产类型和生产组织关系表

生产类型 比较项目和 技术经济指标	大量大批生产	中批生产	单件小批生产
产品特点	品种单一	品种较多	品种很多,型号规格很杂
工作地担负的 工序数目	很少,一般为 1~2 道工序	较多,一般为 11~ 20 道工序	很多,一般为 21~ 40 道以上工序
生产设备	多用高效专用设备	部分专用设备及 通用设备	大多采用通用设 备
生产设备的布置	按对象原则排列, 组成不变流水线 或自动线	既按对象原则又 按工艺原则排列, 组成可变流水线 或生产线	按工艺原则排列, 一般不能组织流 水生产线
技术工作的 精确程序	产品“三化”程度 高,零件互换性 强,工艺规程可按 工序细分制定	产品“三化”程度 较低,零件在一 定范围内互换,工 艺规程较粗	产品“三化”程度 低,零件互换性 差,工艺规程简略
工艺装备	采用高效专用的 工艺装备	专用和通用的工 艺装备并存	主要采用通用工 艺装备
工艺装备参数	大	较大	小
工人的技术水平	高级的调整工 低级的操作工	较高	高
劳动生产率	高	较高	低
产品生产周期	短	较长	最长
计划管理工作	比较简单	比较复杂	复杂多变
设备利用率	高	较高	低
产品成本	低	中	高
管理重点	日常管理	计划协调	准备阶段与计划 衔接
设备投资	大	较大	小
产品库存	多	较多	少
适应性	差	较强	强
风险性	一般大	较小	一般小
经济效果	最好	较好	最差

在大量生产条件下，可以广泛地采用高效率的自动化和半自动化设备，专用设备和专用工艺装备；可以广泛地组织流水线和自动线；可以大大地缩短生产流程和生产周期。从而可以提高生产效率，从而降低产品的成本。

在成批生产条件下，产品品种尚少，生产尚较稳定，只能部分采用自动化设备或专用设备

备，不能广泛组织生产线，轮番生产时需要调整准备时间，因此其生产效率不及大量生产，经济效益也是如此。

在单件小批生产条件下，只能采用通用设备和标准工艺设备；生产的机械化、自动化水平低，手工操作比重大，加工的劳动量最大；设备按工艺机群排列，无专设的生产线，因此生产流程迂回过长；产品的品种多、批量小，调换品种频繁，调整准备时间和中断时间较多。因此生产效率低，经济效益也最差。

大量生产的经济效益固然最高，但这并不意味着在任何条件下都适宜采用的。大量生产的投资高，因为需要配备大量的专用设备、专用设施和专用的工艺设备等。专用生产线的适应性差，产品的品种一有变动，原有的生产线由于一切的设施都属于专用的性质，无法再能适用。因此只有在生产稳定的条件下，大量生产的优点方能充分发挥出来。

因此生产运营管理上的一个重要目标便是在加大产品的数量上采取措施，以便能采用效益较高的生产类型来组织生产。随着科学技术的进步和市场需求的发展，总的趋势来说却又是多品种、小批量、变化多、生命期短，所以克服这两者的矛盾已成为生产过程组织工作的一项重要任务。研究生产类型的一个积极意义，便是如何通过一切可能的措施和方法，来对单件小批生产的产品提高到按成批生产的方式来生产，对成批生产的产品提高到按大量生产的方式来生产。

### 3.4 生产过程组织的特点

生产过程组织就是要使整个过程的各个阶段都能相互衔接、协调配合，保证人力、物力、空间能得到最充分合理的利用，从生产中取得最优的效果。

生产过程组织与企业的结构组织不同。企业的结构组织具有纵向的组织系统，能使任务从上至下，由厂长通过车间、工段、小组、直至个人，指挥方便，路线明确。而生产过程组织是要把不同的职能部分和车间分别负责的不同生产阶段组织起来，具有科室与科室，车间与车间之间的横向关系。而这种横向组织的好坏对生产管理的效率起着十分重要的作用。图 3.7 是这种横向关系中不同部门的分工图。

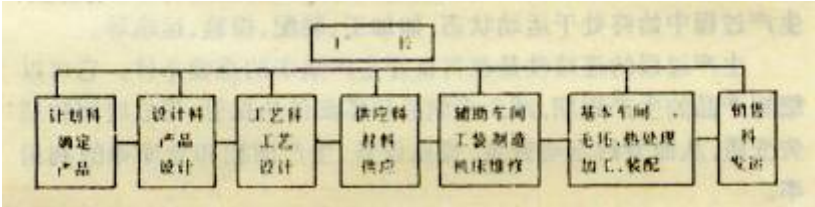


图 3.7 横向关系中不同部门的分工图

### 3.5 生产过程组织专业化分工的基本原则

生产过程的组织按什么原则进行专业化分工将会影响到生产过程的连续性和柔性，从而影响到产品的生产周期、加工过程的在制品库存以及适应市场变化的能力等指标。因此，生产过程的组织必须选择合适的专业化原则。

#### 1. 工艺专业化

所谓工艺专业化原则是指按相同工艺特征建立生产单位的原则。在按工艺专业化原则建立的生产单位中，集中了相同类型的设备和相同工种的工人，对不同种类的工件进行相同工艺方式的加工。

以机械制造类企业为例，按工艺专业化原则建立的生产单位，其具体形式如下：



工厂：铸造厂、锻造厂、电镀厂等。

车间：机械加工车间、锻压车间、焊接车间等。

工段：以机械加工车间为例，分别有车工工段、铣刨工段、磨工工段等。

在服务业，同样存在以什么专业化原则来建立生产单位的问题。例如学校教学单位，是按学科专业特性划分，如中小学的语文、数学、外语教研室，大学的各种系和教研室等。

## 2. 对象专业化

按相同加工对象建立生产单位的原则称为对象专业化（Product Focus）原则。在以对象专业化原则建立的生产单位中集中了为加工某种产品工件所需的全套设备、工艺装备和有关工种的工人。对相似的产品工件进行该产品工件的全部或大部分工艺加工。按对象专业化原则建立的生产单位，其具体形式如下：

工厂：汽车制造厂、齿轮制造厂、飞机制造厂等。

车间：发动机车间、底盘车间、齿轮车间等。

工段：齿轮工段、曲轴工段、箱体工段等。

在服务业，也有以对象专业化原则来建立生产单位的。如医院系统的专科医院、胸科医院、五官科医院、肿瘤医院等。到这类医院来的病人要治疗都是同种疾病，加工对象相同或相似。

## 3. 两种专业化原则的比较

按以上两种专业化原则分别建立的生产单位各有优缺点及其适用的领域。当以工艺专业化原则建立生产单位时，由于一个生产单位只能完成同类工艺加工，意味着加工对象在加工过程中要经过很多部门。这就不可避免使得生产过程的连续性程度降低，从而使得生产周期延长、生产过程在制品增多、流动资金占用量上升，而流动资金的周转率下降。除此之外，这种方式建立的生产单位有利于工人技术水平的提高和设备的充分利用。但由于以工艺专业化的原则建立的生产单位可以对各种不同对象进行相同工艺的加工，因此当市场需求变化，生产产品变化，这种生产单位的结构并不会因此而受影响，所以有较强的适应性。当市场需求多变时，采用工艺专业化原则是合适的。

与工艺专业化原则相反，用对象专业化原则建立的生产单位，由于可以完成加工对象的全部或大部分加工，因此连续性强、生产周期短，从而使得在制品库存减少、流动资金占用量下降，同时还加快了流动资金的周转。但是，由于对象专业化是以加工对象相同或相似为原则来建立生产单位，因此，当市场需求变化，就有可能使得这些生产单位加工的对象发生变化，从而使得这些单位没有存在的必要。也就是说，这样的生产单位，其柔性是较差的。另外，这样的组织形式不利于工人技术水平的提高和设备的充分利用。在市场需求量大且较稳定时，用这样的原则来组织生产单位是合适的。

# 本章小结

本章主要讲述了生产过程和生产类型等有关内容。首先，介绍了生产过程的含义，比较详细地讨论了生产过程的划分，分别阐述了生产过程合理性的原则、均衡生产的评价指标。尔后，介绍了生产类型的概念，讲解了基本生产类型和生产类型划分方法，并阐述了生产类型和生产组织的关系。最后，讲述了生产过程的组织专业化分工的基本原则。

---

## 复习与思考

---

1. 何谓企业的生产过程？一般可划分为哪几个过程？基本生产过程是什么？
2. 何谓生产类型？如何划分生产类型？
3. 合理组织企业的生产过程有哪些基本原则？

4. 加工－装配型和流程式连续加工对生产运营管理有何不同的要求？
5. 分别指出生产通用型产品的生产类型与生产专用型产品的生产类型其生产管理重点各是什么？
6. 工艺专业化和对象专业化各有什么优缺点，它们各自适合哪种情况？
7. 如何计算生产均衡率和生产进度分段均衡率？

---

## 计算题

---

1. 某生产流水线年计划有效工作时间 124848 分钟，年计划生产合格品 14000 件，估计废品率为 2%，生产过程中的某工序单件加工时间为 6 分钟，试判断该工序的生产类型。
2. 某企业四月份计划生产某产品 12066 件，全月计划有效工时为 220000 小时，其中 A 工序单件作业时间为 28 分钟，求 A 工序的大量系数值。
3. 某产品计划日产量为 240 件，月初 10 天的实际产量为 245，244，235，236，242，252，227，238，250，232，试评估其生产均衡能力。
4. 某厂 A、B、C 三种产品的计划日产量分别为 150、120、200 件。各种产品月初十天的实际日产量分别为

\日期 产入	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	8 日	9 日	10 日
A	142	148	152	167	128	136	159	151	170	155
B	126	125	120	119	123	118	105	122	123	117
C	196	202	210	197	195	189	200	201	198	208

要求：计算各种产品的生产均衡率。

---

## 案例分析

---

### 丰田生产方式的关键

日本丰田汽车公司是世界第三大汽车公司，其之所以能够成为世界知名的汽车公司，在全球建立竞争优势，是与丰田生产方式分不开的。的

到底丰田生产方式的关键原则是什么？现归纳如下：

一、建立看板体系 (Kanban system)

就是重新改造流程，改变传统由前端经营者主导生产数量，重视后端顾客需求，后面的工程人员通过看板告诉前一项工程人员需求，比方零件需要多少，何时补货，亦即是“逆向”去控制生产数量的供应链模式，这种方式不仅能节省库存成本(达到零库存)，更重要是将流程效率化。

## 二、强调实时存货(Just In Time)

依据顾客需求，生产必要的东西，而在必要的时候，生产必要的量。

## 三、标准作业彻底化

他们对生产每个活动、内容、顺序、时间控制和结果等所有工作细节都制定了严格的规范，例如装个轮胎、引擎需要几分几秒钟。但这并不是说标准是一成不变的，只要工作人员发现更好更有效率的方法，就可以变更标准作业，目的在于促进生产效率。

## 四、排除浪费

排除浪费任何一丝材料、人力、时间、能量、空间、程序、运搬或其他资源。即排除生产现场的各种不正常与不必要的工作或动作时间人力的浪费。这是丰田生产方式最基本的概念。

## 五、重复问五次为什么

要求每个员工在每一项任何的作业环节里，都要重复的问为什么(Why)，然后想如何做(How)，以严谨的态度打造完美的制造任务。

## 六、生产平衡化

丰田所谓平衡化指的是“取量均值性”。假如后工程生产作业取量变化大，则前作业工程必须准备最高量因而产生高库存的浪费。所以丰田要求各生产工程取量尽可能达到平均值，也就是前后一致，为的是将需求与供应达成平衡，降低库存与生产浪费。

## 七、充分运用“活人和活空间”

在不断的改善流程下，丰田发现生产量不变，生产空间却可精简许多，而这些剩余的空间，反而可以做灵活的运用；相同人员也是一样，例如一个生产线原来六个人在组装抽掉一个人，则那个人的工作空间自动缩小，空间空出来而工作由六个人变成五个人，原来那个人的工作被其他五人取代。这样灵活的工作体系，丰田称呼为“活人、活空间”即鼓励员工都成为“多能工”以创造最高价值。

## 八、养成自动化习惯

这里的自动化不仅是指机器系统的高品质，还包括人的自动化，也就是养成好的工作习惯，不断学习创新，这是企业的责任。这点完全如松下幸之助所说：“做东西和做人一样”，通过生产现场教育训练的不断改进与激励，成立学苑让人员的素质越来越高，反应越快越精确。

## 九、弹性改变生产方式

以前是生产线上(line)作业方式，一个步骤接着一个步骤组装，但现在有时会视情况调整成几个员工在一作业平台(Cell)上同时作业生产。

(资料来源：生产管理案例集，上海工程技术大学，第30-32页)

### 思考题：

1. 丰田公司的生产过程属于哪种生产类型？
2. 丰田生产方式的精髓是什么？



## 第 4 章 产品的开发设计和工艺管理

---

### 本章关键词

---

新产品 (New Products)

产品开发 (Development of Products)

工艺设计 (Craft Design)

工艺管理 (Craft Management)

<http://www.eworks.net>

<http://www.cim.co.uk>

客户需求 个性化、市场竞争 白热化、国内市场国际化，对制造企业的研发能力提出了新的挑战。

新产品开发设计和生产工艺技术的研究，对缩短新产品的商品化周期，迅速占领市场，提高企业在竞争中的地位具有极为重要的意义。

新产品的开发和设计能使企业保持长期的竞争优势而不断地创造出能够带来高额利润的产品。随着市场变化的日益频繁，产品寿命周期的日益缩短，企业的产品战略应从“制造产品”向“创造产品”发展，产品的开发设计将决定企业经营的基本特征，成为企业一切经营计划的出发点。产品开发设计的重要地位同时也决定了工艺开发和管理的重要性。因为新产品的竞争力除了产品本身的机能、性能特征外，还需要有优异的质量和低廉的价格来保证，而后者与生产技术有很密切的关系。因此，对于企业来说，产品的开发设计和工艺的开发管理二者是相辅相成，缺一不可的。

## 4.1 新产品的开发

### 4.1.1 新产品的概念和发展方向

#### 1. 新产品的概念

何谓新产品？从不同的角度出发，可以对新产品的概念作出不同的描述。一般来说，新产品应在产品性能、材料、和技术性能等方面（或仅一方面）具有先进

性和独创性，或优于老产品。所谓先进性，指由新技术、新材料产生的先进性，

或由已有技术、经验技术和改进技术综合产生的先进性。所谓独创性，一般是指产品由于采用新技术、新材料或引进技术所产生的全新产品或在某一市场范围内属于全新产品。从企业经营的角度来说，新产品必须是：① 能满足市场需求；② 能够给企业带来利润。后者也正是企业进行新产品开发的动机。新产品可分为以下几种：

（1）全新产品。即具有新原理、新技术、新结构、新工艺、新材料等特征，与现有任何产品毫无共同之处的产品。全新产品是科学技术上的新发明，在生产上的新应用。

（2）改进新产品。对现有产品改进性能，提高质量，或求得规格型号的扩展，款式花色的变化而产生出的新品种。

（3）换代新产品。主要是指适合新用途、满足新需要、在原有的产品的基础上，部分地采用新技术、新材料、新元件而制造出来的产品。如从电熨斗到自动调温的电熨斗，又到无线电熨斗等。

（4）本企业新产品。即指对本企业是新的、但对市场并不新的产品。但通常企业不会完全仿照市场上的已有产品，而是在造型、外观、零部件等方面作部分改动或改进后推向市场。

以上四种新产品中，换代新产品和改进新产品在市场上最为居多，也是企业进行新产品开发的重点。特别是在研制全新产品时，必须预先考察新产品能否满足以下条件：①具有设计的可能性；②具有制造的可能性；③具有经济性；④具有市场性，等等。

## 2. 新产品的发展方向

新产品发展的方向可以有以下几个方面：

（1）多能化。扩大同一产品的功能和使用范围。例如，mp3 和 U 盘组合存储设备，多功能计算器等。在扩大产品功能时还应注意提高产品的效率和精度。

（2）复合化。把功能上相互有关联的不同单体产品发展为复合产品。例如，洗衣机和干燥机的一体化，集打字、计算、储存、印刷为一体的便携式文字处理机等。

（3）微型化。缩小产品的体积，减轻其重量使之便于操作、携带、运输以及安装。这样还可以节省材料，降低成本。

（4）简化。改革产品的结构，减少产品的零部件，使产品的操作性能更好，更容易操作，同时也能带来成本的降低。使用新技术、新材料是使结构简化的一个方法，例如用晶体管代替电子管，用集成电路代替晶体管等等。使产品的零部件标准化、系列化、通用化也是简化的一个重要途径。

## 4.1.2 新产品开发的动力模式

新产品开发有两种动力模式：技术推动型和市场导向型。所谓技术推动型，

是指按照被称为原始理论（seed theory）的方式进行新产品开发，也就是说从最初的科学探索出发开发新产品。例如，盘尼西林就是首先在进行结核菌的培养过程中发现，进而开发成产品的。与此相对应，市场导向型是按照所谓需求理论（need theory）方式，从市场需求出发进行新产品开发。即首先通过市场调查来了解需要具有什么样的技术内容的新产品，然后对其作为商品来说在生产技术、价格、性能等方面的特性进行研究，进而再通过该新产品商品化后的销售预测来决定开发。

技术推动型的产品也被称为产品导向型（production oriented）产品，是以技术→生产→

市场的模式出现，即“将研究成果推向市场”。市场导向型的产品则被称为市场导向型（sales oriented）产品，以市场→研究与开发→生产→市场的模式出现，即“把市场需求带入研究”。本世纪 20 年代出现的福特汽车公司的 T 型车可以说是典型的 production oriented 产品，而当今发展迅速的等离子彩电等家用电器产品，可以说是典型的 sales oriented 产品。

现代经济和产业的发展趋势使新产品开发的主流已经和正在从技术推动型转变为市场导向型。新产品开发不能再任其在研究过程中自然发展，而必须有目标、有计划地进行。特别是作为企业经营战略中利润计划支柱的主要新产品，更需如此。对于企业来说，密切注视市场动向，不断预测平均需要，制定切合企业发展战略的新产品开发策略已成为企业经营决策中的重要内容之一。

### 4.1.3 新产品开发策略

采取正确的新产品开发策略是使新产品开发获得成功的前提条件之一。在制定新产品开发策略时，应借鉴科技发展史以及产品发展史上的宝贵经验，分析、预测技术发展和市场要求的变化，还应做到“知己知彼”，即不仅知道本企业的技术力量、生产能力、销售能力、资金能力以及本企业的经营目标和战略，还应知道竞争对手的相应情况。

制定新产品开发策略时可以从以下几种不同的侧重点出发：

#### 1. 从消费者需求出发

满足消费者需求是新产品的基本功能。消费者需求可分为两种，一种是眼前的现实的需求，即对市场上已有产品的需求，另一种是潜在的需求，即消费者对市场还没有出现的产品的需求。制定新产品开发策略，既要重视市场的现实需求，也要洞察市场的潜在需求。只看到现实需求，争夺开发热门产品，使有些短线产品很快变成长线产品，形成生产能力过剩，造成人力、物力和财力的极大浪费，甚至影响到企业的整个生存和竞争能力。所以，企业开发新产品，应该注重挖掘

市场的潜在需求，以生产促消费，主动地为自己创造新的市场。

### 2. 从挖掘产品功能出发

所谓挖掘产品功能，就是赋予老产品以新的功能，新的用途。例如，调光台灯的出现就是一个很好的例子。台灯本来的功能是照明，但调光台灯不仅能照明，还可以起到保护视力和节电的作用，因此在市场上一出现就大受欢迎。近年来还又出现了一种既可调光又可测光的台灯，使光线能调到视力保护最佳的范围，这可以说是对调光台灯功能的进一步挖掘。

### 3. 从提高新产品竞争力出发

新产品在市场上的竞争力除了取决于产品的质量、功能以及市场的客观需求外，也可采取一些其他策略来提高新产品的竞争力。例如，抢先策略，在其他企业还未开发成功，或未投入市场之前，抢先把新产品投入市场。采用这种策略要求企业有相当的开发能力以及生产能力，并达到相应的新产品开发管理水平和生产管理水平；紧跟策略，即企业发现市场上出现有竞争能力的产品时，就不失时机地进行仿制，并迅速投入市场。一些中小企业常采用这种策略，这种策略要求企业有较强的应变能力和高效率的开发组织；最低成本策略，即采取降低产品成本的方法来扩大产品的销售市场，“以廉取胜”。采取这种策略要求企业具有较高的生产技术开发能力和较高的劳动生产率。

## 4.1.4 新产品开发方式和开发步骤

### 1. 新产品开发方式

从前述的新产品分类来看，新产品开发方式可以分为以下几类：

- (1) 完全采用新技术、新材料。
- (2) 新技术与现有技术的综合。
- (3) 改进技术或改进技术与现有技术的综合。
- (4) 现有技术或现有技术的综合（包括引进技术）。

在以上几种方式中，第一种方式由于开发周期长，费用多，除需要有较强的研究与开发实力外，还需要有足够的资金来支持。因此，这种方式不可能被企业大量采用。采用更多的是其他几种方式，即根据市场需求的变化，对现有技术进行改进，或综合，或向不同技术领域转移。其中技术综合化尤其关键，如机械、电子技术的综合，计算机和通讯技术的综合等。各种不同技术结合所产生的效果远远大于每种技术所产生的效果之和，能够大大扩大产品品种的数目，加速技术革新的步伐。同时，技术综合在形成新的产业、开拓新的市场、推动产业结构变化上也有不可忽视的作用。

### 2. 新产品开发步骤

无论是全新产品的开发，还是改良产品、换代产品的开发，都需要经过一定的阶段和程序。一般来说，新产品的开发步骤可以分为以下几个阶段：

(1) 构思、计划阶段。在这一阶段首先提出新产品的构思方案，它应该包括对新产品的原理、构造、材料、工艺过程以及新产品的性能指标、功能、用途等多方面的设想。然后对构思方案进行分析、评价、筛选，最后确定方案，制定开发计划。

(2) 先行开发阶段。在这一阶段，对有关关键技术进行研究和试制，进一步确认和修改技术构思。

(3) 设计开发阶段。在这一阶段对前一阶段确定的技术构思进行评价，然后开始进行产品的设计、试制或试验，并掌握性能和成本数据。如果是机械产品在该阶段应该进行产品试制。

(4) 生产准备阶段。在这一阶段对第三阶段的结果进行评价，如果决定投产，则开始进行生产准备，进行工艺设计、工夹具设计和技术文件准备等等。必要时还应该进行批量试生产以及市场试销。

(5) 生产阶段。进入这一阶段实际上就意味着开发的结束。

还有一种观点是指导新产品投放市场、对初期市场进行跟踪调查、将调查结果反馈到有关部门，并包括在新产品的开发程序内。从新产品开发管理的角度来说，这也是很有意义的。

## 4.2 新产品的的设计

### 4.2.1 新产品设计的重要性

设计的重要性体现在三个方面：第一，当新产品交到消费者手中时，能否在预定的使用环境中发挥预定的机能，即产品的可靠性主要取决于设计阶段。在新产品开发的设计阶段，设计

人员应该实现预先决定的有关该产品的性能、机能、结构等目标值，这些目标值的实现将产生所期望的可靠度。第二，设计出的产品即使在性能、机能等方面充分实现了预定构思，如果在使用材料、制造方法上考虑不周，产品的制造成本就会很高，即制造成本的主要责任在于设计阶段。已有研究表明，产品成本责任的 80% 取决于设计开发部门和生产技术部门。第三，消灭不良产品是质量管理的最主要目标之一，如果设计阶段稍有不慎或错误，其结果在其后的工序中累积下去，到产品完成时，产品质量可能严重不良。因此，设计阶段对控制产品质量也有着重要的意义，必须从设计阶段起就树立产品质量观念，尽力不使任何会带来产品不良的因素掺杂进设计中去。

在历来的产品设计中，有主要侧重于产品的纯技术方面，而不太注重与市场 and 消费者有关的经济性方面的倾向。此外，设计活动作为一种需要高度知识的活动，设计部门往往设置在与现场部门分离的环境中，其结果是容易招致对现场条件考虑不周的设计。因此，在产品设计管理中，上述问题也引起足够的重视。

## 4.2.2 新产品设计的程序和内容

产品的设计工作必须按先后顺序，分阶段地进行。设计的程序一般分为三个阶段，即编制设计任务书、技术设计和工作图设计，称为“三段设计”。它是从总布置、零部件结构，到工作图纸完成，逐步加以具体化，前一阶段是后一阶段的基础。三段设计是产品设计应遵守的程序，它对提高产品设计质量，顺利发展新产品将起到很好作用。

新产品设计的内容包括：

### 1. 设计任务书

设计任务书又称技术任务书，是指导产品设计的基础文件。编制设计任务书的主要任务是对新产品进行选型，确定最佳设计方案，合理选择新产品的类型、结构和决定设计原则，确定产品用途、技术要求及基本结构，作为后阶段设计的依据。其主要内容包括：

- (1) 产品的用途与使用范围；
- (2) 设计、试制新产品的理由及根据；
- (3) 产品的技术性能、基本结构、特点和技术参数；
- (4) 国内外同类型产品的结构、质量、成本价格等技术经济指标的比较与分析资料；
- (5) 可行性分析，包括人员及设备能力，关键技术及解决办法。

如果是系列产品，还应编制系列型谱表。

通用产品的设计任务书一般由设计部门编制。非标准产品的设计任务书应由用户提供，然后由制造单位根据设计任务书的要求，编制技术建议书来回复落实设计任务书中所提出的各项要求。其主要内容包括：产品的基本结构、设计特征、主要技术参数、技术经济指标，交货期限和设计草图等。

编制设计任务书前必须做好科技情报工作，广泛收集国内外有关的先进技术情报资料，并进行市场调查、用户访问。

### 2. 技术设计

技术设计是设计、工艺和供应工作的结合点。其技术设计的任务是根据批准的设计任务书，确定新产品的具体结构、技术条件、技术经济指标和零部件结构、尺寸等，以及确定总

体和部件的结构、尺寸配合关系和技术条件。其主要内容包括：

- (1) 确定总体和部件的结构、尺寸、配合关系和技术条件；
- (2) 绘制产品总图、部件装配图、传动系统图、电气系统图、液压系统图、冷却系统图等；
- (3) 提出设计计算说明书，包括结构强度、刚度计算和经济分析；
- (4) 确定详细的技术经济指标、制造、验收条件和产品试制程序；
- (5) 提出特殊外购件、协作件及特殊材料明细表；
- (6) 采用新结构、新技术、新材料试验鉴定报告。

进行部件设计时应由工艺人员参加，审查确定有关结构工艺性问题，以免以后返工。主要的配套外购件、关键材料应及早提出技术要求，以便有充足的准备时间。

### 3. 工作图设计

工作图设计是产品的设计最后阶段，其任务是设计和绘制施工所需要的全套文件和使用技术文件。其具体内容包括：

- (1) 绘制图纸：零件图、部件图、总图、包装图以及安装图。
- (2) 编制明细表：零件、通用件、标准件、外购件、材料、备品等明细表。
- (3) 编制技术文件：产品制造、验收和交货技术条件、产品使用维护说明书及产品证明书。

工作图的设计要经过标准化的审查，以贯彻“三化”的原则，来达到设计工作的经济性，还要有经过技术标准的审查，审查其是否符合有关的规定。

自行设计的新产品一般都需要按上述三个阶段进行，对特别复杂的产品或重要产品，还要初步设计；特别简单的新产品和具有充分可靠资料的一般新产品，其技术设计和工作图设计可合并进行；对于重大的改进设计，设计程序和自行设计相同；重复投产的产品，检查图纸是否齐备，不足的要补齐；测绘和采用外来较成熟的产品图纸，可不经过技术设计阶段，但应经过必要的核算，在未弄清楚原设计意图之前，不要随便修改设计。

## 4.2.3 设计工作与标准化、系列化、通用化

产品系列化和零部件标准化、通用化是国家一项重要技术经济政策，对节约设计力量，提高劳动生产率，便于使用和维修等方面起着重要的作用。所以在产品设计的各个阶段中，必须认真贯彻“三化”，严格执行国家标准和部门标准。

### 1. 标准化

标准化的范围很广，在我国根据标准适应领域和有效范围，把标准分成三组：国家标准（代号“GB”）、专业标准（代号“ZB”）、和企业标准（代号以“Q”为



分子，分母表示企业或地区)。国际上一般通用的如国际标准化组织 (ISO)、国际电工委员会 (IEO) 标准也包括在国家标准内。

标准化对设计工作来说，主要是指产品标准和零部件标准。产品标准是为某一类产品或某一种产品的型式、尺寸、主要性能参数、质量指标、检验方法以至包装、贮存、运输、使用、维修等方面所制订的标准。零部件标准是对通用程度高，或需要量大的零部件规定的标准。

零部件标准化又可分为两种情况：一种是使用面非常广泛，通用程度很高的如紧固

件、轴承等，由国家或部门组织制订标准，这就是标准件；另一种情况是对在一个企业或公司内通用程度高、需要量大的零部件，规定出标准，这就是企业标准件或称“厂标件”。

工厂零部件标准一般是参照国家标准，结合工厂的具体情况，归并简化而成。办法是以基本型号产品为主，参考其他产品零部件，整理现有的零部件分类，根据零部件的使用频率，从工厂的实际需要和远景出发，选取国家和部颁标准中所需的尺寸和范围，使用数量少的零部件尺寸可归并简化。

零部件实现了标准化，规格尺寸统一了，性能有了共同的标准，就能扩大同类产品和零件的批量，提高工艺的同类性，实行专业化和采用先进的自动技术、流水线和自动生产线。这一切的技术基础和必要条件就是标准化。

产品的设计标准化程度可用标准化系数来衡量。

## 2. 系列化

系列化是标准化的高级形式。它通过对同一类产品发展规律的分析研究，经过全面的技术经济比较，将产品的主要参数、型式、尺寸、基本结构等作出合理的安排与计划，以协调同类产品和配套产品之间的关系。系列化产品的基础件通用性好，它能根据市场的动向和消费者的特殊要求，采用发展变型产品的经济合理办法，机动灵活地发展新品种，既能及时满足市场的需要，又可保持企业生产组织的稳定，又能最大限度地节约设计力量，因此产品系列化是搞好产品设计的一项重要原则。企业必须按照产品系列化的要求进行设计，对没有系列型谱的要逐步形成系列型谱，对已有系列型谱的应严格按照系列型谱进行设计，保证新产品按系列发展。

系列化工作的内容一般可分为以下三个方面。

### (1) 制订产品基本参数系列

产品的基本参数是基本性能或基本技术特性的标志，是选择或确定产品功能范围、规格、尺寸的基本依据。产品基本参数系列化是产品系列化的首先环节，也是编制系列型谱，进行系列设计的基础。

制订基本参数系列的步骤是：

### ① 选择主参数的基本参数

主参数是各项参数中起主要作用的参数。主参数的数目一般只选一个，最多也只能选两个。选择的原则是：

应能反映产品的基本特性（如电动机的功率）

应是产品中稳定的参数（如车床床身上工件回转直径）；

应从？使用出发，优先选性能参数，其次选结构参数。

### ② 确定主参数和基本参数的上下限。

即确定系列的最大、最小值。这个数值范围的确定，一般要经过近期和长远的需要情况、生产情况、质量水平、国内外同类产品的生产情况的分析、并尽量符合优先数系列。

### ③ 确定参数系列

主要是确定在上下限之间的参数如何分类、分级，整个系列安排多少档，档与档之间选用怎样的公比等。常见的数值系列分级有一般数值和优先数系列。

一般数值系列主要有以下几种数列：

#### a. 等差数列

等差数列是算术级数，而数列中任意相邻两项之差是一常数，即：

$$N_n - N_{n-1} = d$$

式中  $N_n$  为数列中第  $n$  项的值

$d$  为级数公差

等差数列是最简单的一种数值分级方法，适用于轴承、紧固件等，优点是构成简单，便于分级，但主要缺点是相邻两项的相对差不均匀。

$$\text{相对差} = \frac{N_n - N_{n-1}}{N_{n-1}} \times 100\%$$

造成数值小的参数之间相对差反而大，数值大的参数之间相对差反而小的结果。因此对许多产品来说不符合客观实际对产品参数分布规律的要求。

#### b. 阶梯式等差数列

为了克服上述的缺点，有时可把等差数列中各段的公差分成不同，例如：

螺纹直径系列：1~1.4~2.6~3~6~12~24~48~80~300

各数值段公差 0.2 0.3 0.4 0.5 1 2 3 4 5

阶梯式等差数列可使数值大的参数之间差值增大，从而使整个系列保持适当的密度，但是阶梯式等差数列项差的变化是不连续的，分级之间出现跳跃式的剧增

或剧减,不易把整个数列的变化规律控制在最佳状况。

c. 几何级数（等比级数）

几何级数的特点是任意相邻二项之比为一常数，即：

$$N_n = N_1 \cdot r^{n-1}$$

或

$$r = \sqrt[n-1]{\frac{N_n}{N_1}}$$

式中  $r$  为公比， $N_1$  为首项， $N_n$  为第  $n$  项

除了一般数值系列之外，另一类是优先数列。由于各种产品的特点不同，不可能都按一个公比形成系列，客观上需要一种数列能按照十进的规律向两端延伸，这便是十进几何级数优先数列。以  $\sqrt[5]{10}$  为公比形成的等比数列：

R5 数系：以  $\sqrt[5]{10} \approx 1.60$  为公比形成的数系，

R10 数系：以  $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$  为公比形成的数系，

R20 数系：以  $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$  为公比形成的数系，

R40 数系：以  $\sqrt[40]{10} \approx 1.06$  为公比形成的数系，

以上称为基本系列。

R80 数系：以  $\sqrt[80]{10} \approx 1.06$

它称为补充系列，仅在参数分级很细、基本系列不能适应实际情况时，才可考虑采用。根据规定，确定产品的参数系列时，必须最大限度地采用，这就是“优先”的意义。

（2）编制产品系列型谱

因为社会对产品的需要是多方面的，只是对参数分档分级：有时还不能满足需要，还要求同一规格的产品有不同的型式，以满足不同的特殊要求。解决这个问题便是系列型谱的任务。系列型谱是对基本参数系列限定的产品进行型式规划，把基型产品的与变型产品的关

系以及品种发展的总趋势用图表反映出来，形成一个简明的品种系统表。

编制型谱是一件很复杂、很细致、又需要很慎重的工作，要以大量的调查资料和科学的分析预测为基础，一经确定，轻易不宜改变。

（3）产品的系列设计

① 首先在系列内选择基型，基型应该是系列内最有代表性，规格适中，用量较大，生产较普遍，结构较先进，经过长期生产和使用考验，结构和性能都比较可靠，又有发展前途的型号。

② 在充分考虑系列内产品之间以及变型产品之间的通用化的基础上，对基型

产品进行技术设计或施工设计。

③ 向横的方向扩展，设计全系列的各种规格，这时要充分利用结构典型化和零部件通用化等方法，扩大通用化程序或者对系列内产品的主要零部件确定几种结构型式（叫做基础件），在具体设计时，从这些基础件中选择合适的。

④ 向纵的方向扩展，设计变型系列或变型产品，变型与基础要最大限度地通用，尽量做到只增加少数专用件，即可发展一个变型或变型系列。

### 3. 通用化

#### （1）通用化的含义

所谓通用化是指同一类型不同规格或不同类型的产品和装备中，用途相同、结构相近似的零部件，经过统一以后，可以彼此互换的标准化形式。

显然，通用化要以互换性为前提，互换性有两层含义，即尺寸互换性和功能互换性。功能互换性问题在设计中非常重要。例如所设计的柴油机，既可用于拖拉机，又可用于汽车、装运机、推土机和挖掘机等。通用性越强，产品的销路就越广，生产的机动性越大，对市场的适应性就越强。

#### （2）通用化的目的

就是尽量使同类产品不同规格，或者不同类产品的部分零部件的尺寸、功能相同，可以互换代替，使通用零部件的设计以及工艺设计、工装设计与制造的工作量都得到节约，还能简化管理、缩短设计试制周期。

#### （3）通用化的一般方法

在对产品系列设计时，要全面分析产品的基本系列及派生系列中零部件的个性与共性，从中找出具有共性的零部件，先把这些零部件作为通用件，以后根据情况有的还可以发展成为标准件。如果对整个系列的产品中的零部件都经过认真的研究和选择，能够通用的都使之通用，这就叫全系列通用化。

在单独设计某一种产品时，也应尽量采用已有的通用件。新设计的零部件应充分考虑到使其能为以后的新产品所采用，逐步发展成为通用件。

产品设计的通用化程度在某种意义上可用通用化系数来衡量：

$$\text{通用化系数} = \frac{\text{通用件件数 (或品种数)}}{\text{零件总件数 (或品种总数)}}$$

## 4.2.4 新产品设计方法及其选用

### 1. 常用的设计方法及其选用

#### (1) 常用的设计方法

进行新产品设计时，常用的设计方法有以下几种：

##### ① 模块化设计

这种方法是以企业的标准件、通用件和过去生产过的零部件为基础，用组合方式或称为堆积木方式来设计新产品。或者是在试验研究的基础上，设计出一系列可互换的模块，然后根据需要选用不同的模块与其他部件组合成不同的新产品。在机电产品设计中，这种方法应用很普遍。

采用这种方法的前提是必须使零部件标准化、通用化，并加强对这些零部件的管理工作。应事先规定每个标准件和通用件的特征及其使用范围，在进行新产品设计时，设计人员可运用优选法，选择适当的标准化以及通用化零部件。设计时通常可以拟定几个产品组合方案，通过技术经济效果分析或采用价值工程分析方法，选择最优组合方案。因此，这种设计方法最容易实现产品设计自动化，容易实现利用计算机进行辅助设计。

##### ② 内插式设计

内插式设计主要用于新产品规格处于两种既有产品规格之间的产品设计上。采用内插式设计时，对新产品不必进行大量的科研和技术开发工作，只需选用相邻产品的原理、结构以至计算公式等进行产品设计，根据需要进行小量的研究试验。

这实际上是一种生产经验与试验研究相结合的半经验性的设计方法。采用这种设计方法的关键是选择适当的相邻产品。只要相邻产品选择适当，就可充分利用相邻产品的结果以及长处，取得事半功倍的效果，在短期内设计出成功的产品。

##### ③ 外推式设计

外推式设计是利用现有产品的设计、生产经验，将实践和技术知识外推，设计比它规格大的类似产品。

从表面上看，外推式设计与上述的内插设计相似，但实际上这二者之间有本质的不同。内插式设计可以说是在已知领域内设计新产品，而外推式是在未知领域内设计新产品。在现有设计基础上作外推时，需运用基础理论和技术知识，对过去的实践经验进行分析。对有关质量、可靠性等的重要环节，应进行试验，把经验总结与试验研究成果结合起来进行新产品设计。设计外推量越大，技术开发性的工作量也越大。

#### (2) 设计方法的选用

根据产品结构的特点和产品设计性质，应采用不同的设计方法，以加速新产品设计速度，提高设计质量。

### 2. 先进设计方法——CAX

近年来，随着计算机技术的显著发展、技术革新的进展和市场需求的日益多样化以及产品寿命周期的普遍日益缩短，给产品设计和产品制造也带来了很大的变化。历来需依靠人力所进行的许多作业都通过计算机的应用而实现了自动化。

—随着对新产品开发周期的缩短、生产制造系统的柔性也提出了越来越高的要求。CAD（Computer Aided Design，计算机辅助设计）、CAM（Computer Aided Manufacturing，计算

机辅助制造）以及 CAE（Computer Aided Engineering，计算机辅助工程），正是在这样的背景下出现的一种通过计算机的应用而进行高效率、高精度产品设计以及产品制造的方法。CAD 以及 CAM 的概念比较明确，而 CAE 有两种不同的概念：从广义上来说，指对开发、设计、制造等全部生产过程的辅助；狭义的概念是指在计算机上应用有限元等方法进行强度解析、流体力学解析、振动解析、热解析等力学或机械工程学的数值计算或模拟计算。CAD/CAM/CAE 的过程随产品的种类不同可能略有差异，对于一般的机械产品，可表示为如图 4.1 所示。

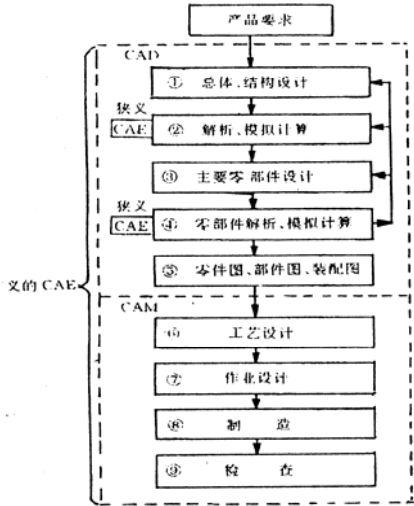


图 4.1 CAD/CAM/CAE 的全过程

CAD/CAM/CAE 从首次用于产品设计及制造至今已有二十多年的历史，近十年来才取得了相当的进展和普及。随着计算机机能、性能的不断提高以及价格的降低，CAD/CAM/CAE 的软件开发已取得了很大的进展。从自动制图开始的，现在已发展到解析、模拟、三维曲面设计、轮廓设计、曲面 NC 数据生成、焊接机器人的最佳配置等高度复杂工作。CAD/CAM/CAE 目前已广泛应用于建筑、机械、成型、电机、电子、汽车、船舶、飞机、车辆、机床、造纸等各种行业。

其中，CAD 的主要机能是设计计算和制图。作为其附带机能，还可以用来制

作管理零件一览表，进行成本估算等等。

设计计算主要是指用计算机来进行机械设计等基于工程和科学规律的计算，以及在设计产品的内部结构时，为使某些性能参数或目标达到最优而应用优化技术所进行的计算。这些计算通常很复杂，要求的精确度也很高，在以往用人工进行的设计中。往往需要花大量的时间，计算完后还需要进行反复的检查、验算。而利用计算机，可用很少的人力和时间就可完成这些计算，并且计算精确度较高，不易出错。

计算机制图是通过计算机的人机对话图形处理系统来实现。在这种系统中带有图形处理程序，操作人员只须把所需图形的形状（例如圆、矩形等）和尺寸（例如圆的半径、矩形的长和宽）以及图形位置等参数输入计算机，计算机就可自动在指定的该位置上绘出该图形。通用件、标准件的图纸以及一些常用图形的形状、尺寸以及规格等可预先存储在计算机内，以便随时调用。人机对话图形处理系统使设计人员能够在计算机屏幕上随意放大或缩小图形，可以使图形向上、下、左、右任一方向移动以及转动，可以任意削除，也可以对预先存储在计算机内的不同标准图形随意进行组合，还可以将绘好的三视图在计算机上自动转换成立体图，等等。因此，极大地提高了制图速度，把设计人员从日常繁重的制图劳动中解放了出来。制图方式的这种改变对新产品开发周期的缩短起了很大的作用。由 CAD 产生的图形形状数据还可直接用来生产 NC 数据以及用来编制控制机器人的程序。

## 4.3 生产工艺管理

### 4.3.1 生产工艺管理的内容及意义

#### 1. 内容

产品的设计解决了生产什么样的产品（做什么？）的问题，至于采用什么样的设备和工艺装备，按照怎样的加工顺序和方法来生产这种产品（怎样做？），还有待于生产工艺管理工作来解决。生产工艺管理涉及的因素众多，包括的范围也很广，其包括的具体工作内容与生产类型、产品的产量及质量以及企业的具体生产条件等因素有关。一般来说，生产工艺管理的内容主要有：

- （1）产品设计的工艺性分析与审查；
- （2）工艺方案的制订；
- （3）工艺规程的编制；
- （4）质量控制计划的制订；
- （5）工艺装备的设计与制造；
- （6）产品的材料消耗定额和工时定额的审订；

- (7) 旧工艺的改进和新工艺的推广；
- (8) 工艺管理制度的制度和工艺管理方法的完善；
- (9) 新产品试制的管理。

## 2. 意义

企业的生产工艺管理是企业生产管理中的重要内容，它与产品的设计有着紧密的联系，同时又对产品的生产起着指导作用，因此有人形象地把生产工艺管理比作设计和制造之间的一座桥梁。同时，生产工艺管理工作在企业生产管理中占的工作量和时间也是很大的。因此，搞好企业生产工艺管理工作对提高生产效率及产品质量、缩短生产周期、降低生产成本和顺利组织生产有着十分重要的意义。良好的生产工艺管理工作能给企业带来以下诸多的效益：

(1) 缩短产品生产周期，提高产品竞争力。工艺准备工作往往要占到生产技术准备工作所需时间的  $1/4 \sim 1/2$ ，甚至达到  $2/3$ ，完善的工艺管理不仅能缩短工艺准备工作本身所用时间，而且还能通过采用先进合理的工艺方法和手段缩短工艺流程，从而缩短整个产品的生产周期，提高产品的市场竞争力。

(2) 提高产品质量。完善的工艺方案和合理的操作规程将使产品的制造质量得到良好保证，而且，许多情况下产品质量的提高正是通过产品制造工艺的不断改善获得的。

(3) 降低物耗和能耗，节约生产费用，从而降低产品成本。大量的资料表明，通过采用先进的加工方法、选用代用材料、精确核定定额等工艺管理手段和方法能大幅度地降低产品的材料消耗和能源消耗、人工费用及其它生产费用，从而使生产成本下降。

(4) 提高劳动生产率。制订完善、合理的工艺规程及详细合理的工艺管理制度可以使生产得以顺利进行，而且通过采用新的工艺、新的制造方法可以使劳动生产率成倍提高，如冷镦工艺就可使螺栓的加工效率提高几十倍。

(5) 提高工艺设计工作质量，减轻劳动强度。工艺准备工作是企业技术准备工作中最复杂、最繁琐同时又最难以管理的工作，完善的工艺管理可通过加强工艺文件的管理、制订相应的工作规范等来提高工作的质量，并减轻工艺设计人员的劳动强度。

## 4.3.2 实施生产工艺管理的原则和程序

### 1. 实施生产工艺管理的原则

做好生产工艺管理工作，应注意遵循下列原则：



(1) 重视搞好工艺情报资料工作，应尽一切可能收集和整理国内外有关的技术发展和先进工艺方法的情报资料并加以充分利用；

(2) 重视对现有工艺方法和手段改进的研究，尽可能采用先进工艺和新工艺，要摒弃那种把工艺人员完全埋在日常工艺设计工作中的做法，应组织力量进行工艺方法的研究和改进工作；

(3) 重视工艺典型化和标准化工作，减少工艺准备工作量，缩短工艺准备时间，实践证明，典型工艺和成组工艺在这方面可发挥重要作用。

(4) 加强对工艺文件的管理，完整和统一的工艺文件对改进工艺准备工作的质量，提高工艺准备工作的质量，提高工艺准备工作的标准化都是大有益处的，而且工艺文件的完整和统一对指导生产、顺利组织生产的意义也十分重大，应对此予以重视；

(5) 采用先进合理的工艺设计方法和管理手段，如采用计算机辅助工艺过程设计，这有利于提高工艺管理工作的水平；

(6) 建立合理的工艺管理制度和技术责任制，以确保工艺管理工作的顺利进行。

## 2. 实施生产工艺管理的程序

### (1) 产品图纸的工艺分析和审查

在产品设计中除了要达到前节所述的要求外，也要考虑工艺上的经济性和可能性，因此产品的图纸要经过工艺分析和审查。其内容有：

① 审查零部件的标准化和通用化程度以外，还应审查产品结构的继承性程序，其指标是：

$$\text{断承性系数} = \frac{\text{旧零件数量}}{\text{全部零件数量}}$$

② 审查零件的部装装配程度，也就是产品结构的部件装配，其指标是：

$$\text{部件装配系数} = \frac{\text{部组件数}}{\text{全部零件数量}}$$

③ 审查产品结构在企业现有设计与技术条件下制造的可能性。

④ 审查选用的材料的经济合理性。

⑤ 审查零件的结构、几何形状、尺寸、精度、公差等级的合理性。

### (2) 工艺方案的制订

工艺方案是工艺准备工作的总纲，其内容包括产品试制中的技术关键和解决方法，以及装配中的特殊要求，工艺方案制订的依据是产品的设计性能、产品的方向性、以及生产类型和批量大小等等。工艺方案的内容有以下几种：

① 确定产品试制中的技术关键及其解决办法，确定关键件和关键工序及加工

方法;

- ② 确定产品的工艺路线和零部件的加工车间;
- ③ 确定工艺装备的配备原则和系数;
- ④ 进行工艺的经济效果分析比较。

对于自行设计、基型、通用产品的工艺方案的编制应尽可能详尽,对于仿制、变型、专用产品工艺方案的编制可适当简单;对于长期生产应尽可能详尽些,短期生产可适当简单,对于大量连续生产应尽可能详尽,成批轮番生产可适当简单。

### (3) 工艺规程的编制

工艺规程的编制是工艺准备中的一个主要内容,是指导生产的重要工具,也是安排计划、进行调度、确定劳动组织、进行技术检查和材料供应等各项工作的主要技术依据。

工艺编制以后,应将有关内容分别填入各种不同的卡片以便执行,并作为生产前的技术准备工作的依据。各种卡片总称为工艺规程文件。

企业所用工艺规程的具体格式虽不统一,但内容大同小异。一般来说,工艺规程的形式按其内容详细程度,可分为以下几种;

① 工艺过程卡。这是一种最简单和最基本的工艺规程形式,它对零件制造全过程作出粗略的描述。卡片按零件编写,标明零件加工路线、各工序采用的设备和主要工装以及工时定额。

② 工艺卡。它一般是按零件的工艺阶段分车间、分零件编写,包括工艺过程卡的全部内容,只是更详细地说明了零件的加工步骤。卡片上对毛坯性质、加工顺序、各工序所需设备、工艺装备的要求、切削用量、检验工具及方法、工时定额都作出具体规定,有时还需附有零件草图。

③ 工序卡。这是一种最详细的工艺规程,它是以指导工人操作为目的进行编制的,一般按零件分工序编号。卡片上包括本工序的工序草图、装夹方式、切削用量、检验工具、工艺装备以及工时定额的详细说明。

实际生产中应用什么样的工艺规程要视产品的生产类型和所加工的零部件具体情况而定。一般而言,单件小批生产的一般零件只编制工艺过程卡,内容比较简单,个别关键零件可编制工艺卡;成批生产的一般零件多采用工艺卡片,对关键零件则需编制工序卡片;在大批大量生产中的绝大多数零件,则要求有完整详细的工艺规程文件,往往需要为每一道工序编制工序卡片。

### (4) 工艺装备的设计和制造

#### ① 工艺装备的概念

工艺装备是指为实现工艺规程所需的各种刀具、夹具、量具、模具、辅具、工位器具等的总称。使用工艺装备的目的;有的是为了制造产品所必不可少的,有的是为了保证加工的质量,有的是为了提高劳动生产率,有的则是为了改善劳动条件。

工艺装备按它的使用范围,有专用的和通用的两种。专用的由企业自己设计和制造,而通用的则由专业厂制造。

工艺装备的准备，对通用工装只需开列明细表，交采购部门外购即可。所以，工装的大量准备工作主要是在专用工装的设计和制造上。因为专用工装的准备工作，类似企业产品的生

产技术准备工作，它也需要一整套设计、制图、工艺规程、二类工装准备、材料、毛坯的准备加工与检验等一系列的过程。

② 工装数量的决定

一般而言，专用工装的数量与企业的生产类型、产品结构以及产品在使用过程中要求的可靠性等因素有关，在大批大量生产中要求多用专用工装，而单件小批生产则不宜多采用；产品结构越复杂、技术要求越高，出于加工质量的考虑，也应多采用；产品和工装的系列化、标准化和通用化程度较高的工厂，专用工装的数量就可以适当减少。此外，在不同的生产阶段对工装数量的要求也不同，既使是在大批大量生产中，样品试制阶段也只对较复杂的零件设计和制造关键工装；而到了正式生产阶段则应设计和制造工艺要求的全部工装，包括保证质量、提高效率、安全生产以及减轻劳动强度等需用的工装。

具体的专用工装的数量可在工艺方案制订时，根据各行业生产和产品的特点、企业的实际情况，参考经验数据，采用专用工装系数来计算确定，即：

专用工装套数=专用工装系数×专用零件种数

专用工装系数随着生产类型的不同和产品的不同差别是极大的，读者可参考表 4.1 和表 4.2。

表 4.1 不同产品专用工装系数的比较

产品	专用工装系数	生产类型
航空喷气发动机	22.05	成批生产
航空活塞式发动机	19.00	成批生产
轻型汽车	5.05	大批量生产
载重汽车	10.00	大批量生产
普通车床	2.20	大批量生产

表 4.2 不同生产类型专用工装系数(机床制造业)

专用 工装	专用工装系数			
	单件生产	小批生产	中批生产	大批大量生产

名称	年产 1~10 台	年产 11~150 台	年产 151~400 台	年产 401~1200 台	年产 1201~3600 台	年产 3600 台 以上
夹具	0.08	0.20~0.30	0.4~0.8	4.0~1.4	1.3~2.0	1.6~2.2
刀具	0.04~0.08	0.15~0.25	0.25	0.3~0.5	0.5~0.7	≥0.9
量具	0.08~0.20	0.20~0.35	0.40	0.4~0.8	1.0~1.2	≥1.5
辅助 工具	0.02	0.05~0.10	0.15	0.2~0.4	0.5~0.6	≥0.8
模具	—	—	0.10	0.20	0.3~0.4	≥0.5
总工 装系 数	0.20~0.38	0.60~1.0	1.3~1.7	2.1~3.3	3.6~4.9	≥5.3

### 4.3.3 计算机辅助生产工艺管理

#### 1. 传统工艺管理存在的问题

如前所述，生产工艺管理是生产技术准备管理乃至生产管理中涉及因素较多、内容比较繁琐、复杂程度较高、需要大量时间和经验的工作。然而，在传统工艺管理中，绝大部分工作

需依靠工艺人员手工或半手工完成，其工作的质量亦多依赖于工艺管理人员和有关技术人员的经验和努力程度。综合来看，这样的传统工艺管理存在下列主要问题：

(1) 生产工艺准备周期过长。由于工艺准备工作和工艺管理工作绝大部分依靠手工完成，而生产工艺准备工作又较为复杂和繁琐，所以往往造成生产工艺准备工作周期过长，有时甚至占到整个生产技术准备周期的 60%~80%以上，导致企业产品生产周期过长，市场竞争能力减弱。

(2) 工艺准备管理工作质量低。这里所说的质量包括两主面的内容：一是工艺准备工作本身的质量，由于工艺准备管理所采用的方法和手段较为落后，所以其工作质量亦难以保证；二是工艺准备工作的成果——最主要的就是工艺规程的质量，由于工艺准备工作本身的质量较底，工艺管理水平较低，因而工艺规程的质量也较差，主要表现在工艺设计的稳定性、一致性差，标准化程度低，很难做到工艺设计的优化。

(3) 由于工艺设计人员日常忙于简单、重复、繁杂的日常工艺设计工作中，无法集中力量去解决诸如新产品开发、工艺方法和技术的改进等重大问题，因而影响了生产工艺技术水平和管理水平的提高。

(4) 由于采用常规手工管理工艺文件，因而使得工艺文件的保管和查阅工作十分麻烦和费时，工艺文件的规范化和标准化工作也十分困难，从而造成作为企

业重要技术和管理依据的工艺文件资料无法有效利用，影响了工艺设计工作和其它工作的进行。

(5) 传统的工艺设计一般均以单个具体零件的单独工艺为主，有多少零件就设计多少工艺规程和相应数量的工艺装备，每一工艺文件及有关工艺装备都为该零件工序所专用，因而缺乏系统性，容易造成人力、物力和财力的浪费。

(6) 传统的工艺设计往往过分依赖工艺设计人员的个人经验，随意性大，所以造成工艺设计的多样性，设计出来的工艺规程往往因人、因时、因地而很不一致，这与现代化生产的基本要求很不协调。

## 2. 典型的工艺和成组工艺

正是由于传统工艺管理存在着诸多问题，因而人们研究了许多方法和手段来加以改进。典型工艺和成组工艺就是其中卓有成效的方法。

### (1) 典型工艺

典型工艺是指把某些形状和工艺路线相似的零件归为一类并为它们编制通用的工艺规程。

典型工艺一般又分为标准件典型工艺和专用件典型工艺。标准件典型工艺是指为那些已标准化和系列化的零件编制的典型工艺，通常是把某一系列的零件按尺寸大小分成工序相同的若干区段，然后把每一区段的零件归一组并为它们编制一个没有具体尺寸的典型工艺规程。当具体的零件需要加工时，只需把其相对应的典型工艺规程标注上具体的尺寸和公差要求，稍许调整即可投入生产中使用。专用件典型工艺是指为某些规格化程度较高、工艺比较成熟的企业专用零件编制的典型工艺，其可用典型工序法编制，也就是把若干形状和工艺路线相似的零件归为一组，挑选一个能代表该组大部分零件工作特征的零件（或设计一个包括该组零件特征的假想零件），以它为基础编制一个典型工艺规程，当需要为具体零件编制工艺规程时，只需参照该零件的具体情况，对其所对应的组别的典型工艺规程加以适当修改和补充即可。

在那些产品及其零部件系列化、标准化程度较高，生产批量较大的企业，典型工艺是一种提高工艺准备工作质量、减少工艺、准备工作量、缩短工艺准备周期的有效方法，而且典型工艺还可促进整个工艺准备管理工作适当的标准化和有序化。

### (2) 成组工艺

成组技术就是利用事物客观存在的相似性对事物进行系统化、科学化的聚类处理。成组工艺就是采用成组技术的基本原理，利用零件的相似性对产品工艺进

行设计和管理的方法。

成组工艺与典型工艺不同，它是以产品零件的工艺相似性为基础，把全部或部分工序相似的零件归类成族（组），为每一相似零件族（组）编制一份成组工艺规程。当需要为具体零件编制具体的工艺规程时，只需参照该零件对应的成组工艺规程作适当的调整和补充即可。

成组工艺的编制可采用综合零件法和流程分析法。综合零件法是指以综合零件为基础编制成组工艺规程，所谓的综合零件是指能代表某一相似零件族（组）所有零件的结构和工艺特征的零件，它可以是该零件族（组）内的实际零件，也可以是靠人工综合而成的某一假想零件，以综合零件为基础编制的成组工艺规程基本反映了该族（组）所有零件的主要加工工艺过程。流程分析法是指对构成某一零件族（组）的所有零件的工艺流程进行分析，找出适合于族（组）内所有零件的工艺流程，并据此编制成组工艺。流程分析法是生产实际中非常常用的方法。

编制成组工艺的一个关键问题是依据相似性的原理对零件进行聚类成族（组）。分组可以采用多种方法，编制零件编码是一种主要而实用的方法，企业可自行创制零件编码系统，也可选用目前已开发成功的合适的编码系统。现在许多国家（包括我国）已研制开发成功了许多用于各种目的的零件编码系统，如Opitz、KK-3 等等，在编制成组工艺时应注意选用那些反映工艺信息较全面的零件编码系统。

成组工艺对于多品种、小批量生产企业来说不仅有利于解脱工艺人员烦琐、重复的工作，使它们能致力于改进和提高工艺水平，而且能加大成组批量，使工艺准备时间和零件加工辅助时间大为缩短，从而减少产品的生产周期。成组工艺是提高企业工艺准备管理工作水平的一个卓有成效的手段。当然，不仅在工艺规程的编制上，在工艺管理的其它方面，诸如工艺过程的劳动组织、工艺装备的设计、制造和使用、工艺文件资料和管理等诸方面成组技术都是大有用武之地的。

### 3. 计算机辅助工艺过程设计

详细见 4.4 节。随着计算机在生产管理领域应用的日益广泛，其在生产工艺管理方面的应用也越来越受到重视。工艺管理人员和工艺设计人员在利用计算机来帮助提高工艺管理工作的效率和质量方面倾注了极大的努力，目前已取得了许多成果，计算机辅助工艺过程设计（Computer Aided Process Planning, 缩写 CAPP）就是其中的一个重要方面。

#### （1）CAPP 的基本原理

简单地说，计算机辅助工艺过程设计就是“在工艺过程设计中使用计算机”，它是在工艺过程设计中应用计算机以帮助提高其标准化和自动化的一种技术，目的是将产品的设计信息和企业的生产数据归并到一个计算机系统中，使该系统能产生可用的工艺规程。

CAPP 的研究开发相对于计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）和计算机辅助生产管理（CAPM）这些领域内的计算机应用来说，起步较晚。直至 1960 年，世界上第一

个 CAPP 系统 AUTOPROS 才在挪威问世，但由于 CAPP 的重要性和所能带来的巨大效益，因而在其起步后的短短的时间内，许多国家已投入了大量的人力、物力和财力进行了研究和开发，取得了很大的成果。我国的 CAPP 研究和开发在 60 年代末即已起步，但由于种种原因，直至 80 年代以后，才相继取得了一定成果。

由于工艺准备工作的复杂性，因而在应用自动化的工艺准备管理技术方面还存在许多人为的和技术上的困难，CAPP 的发展仍然存在着许多人为的和技术上的困难，CAPP 的发展仍然存在着许多急待解决的问题。然后，可以预见，高水平的 CAPP 必然是未来工艺过程设计自动化的一个发展方向，其在生产管理自动化中占有重要地位。

## （2）CAPP 的主要构成形式

CAPP 系统各种各样，使用目的、服务对象、采用的技术都不尽相同。从结构上看，现有的 CAPP 系统大致可分为三种基本形式：

① 检索式 (Retrial Method System) 或派生式 (Variant System)。它是应用成组技术的原理，对现有零件进行编码、分类、按照工艺相似性组成不同的零件族 (组)，然后为每一族 (组) 编制一份族 (组) 内所有零件通用的标准工艺规程，将标准工艺规程存入计算机中。在编制新零件的加工工艺时，首先将新零件编码，依据编码找到其所属的零件族 (组) 并检索出该零件 (组) 对应的标准工艺规程，然后由工艺设计人员根据该零件的设计要求对标准工艺规程进行修改和调整，即得该零件的工艺规程。

检索式或派生式的 CAPP 系统的开发较为容易，比较实用，但开发工作量大且系统一般没有决策功能，基本上还依赖于系统操作人员的工艺知识和经验，计算机所起的作用仅仅是帮助人提高工作效率。早期的 CAPP 系统大部分属于这种结构形式，其代表性的系统有国际计算机辅助生产协会 (CAM-I) 1976 年研制成功的 CAPP 系统和工业研究组织的 (OIR) 同年开发的 MIPLAN 系统等。

② 生式 (Generative System)。这种形式的 CAPP 系统，既不检索已有的单个零件的工艺，也不检索零件族 (组) 的标准工艺，而是根据零件的几何、物理特性以及现有的工艺手段，综合技术性与经济性等因素，根据一系列的加工制造决策逻辑，自动地从有关数据库中得到信息，在没有人工干预的条件下创造出一个新零件的优化的工艺规程。

生成式系统比较先进，它能较快地生成一致性好的工艺规程，计算机在这里完全替代了一个熟练的工艺设计人员的工作，从而使工艺过程设计工作对于非熟

练工艺设计人员来说也是容易而且可保证质量的。然而由于工艺信息的识别和工艺决策信息的获取以及其它若干技术上难点的存在,这种系统的开发也是十分困难的,严格地说,号称完全生成式的 CAPP 系统还没有一个真正达到在生产中实用的程度。也正由于这个原因,人们放宽了对生成式系统条件的限制,而把一些具有一定决策逻辑功能但仍需人工干预的系统也归入了创成式系统中。

③ 混合式或半创成式 (Semi-Generative System)。它是采取一种折衷的办法,综合了检索式的创成式 CAPP 系统的特点。它不存贮也不检索任何单件零件的工艺或零件族(组)的复合工艺,但是,它要考虑工艺上的一系列必然的、基本的、公认的原则。计算机根据零件的形状及加工要素等一系列原始设计信息进行逻辑判断,依据由已有零件分类归组之后总结出来的典型的优化的工艺路线及典型的优化的工艺手段编辑成一个新零件的工艺规程。这种形式的系统的开发工作量不如检索式大,难度也没有创成式高,还有一定的决策能力,是一种较易推广和人们比较乐于接受的 CAPP 形式。目前,国内外大部分的 CAPP 系统均属于这种半创成式的。

### (3) CAPP 的效益及发展

研究和开发 CAPP 将给工艺准备管理工作带来诸多好处:

① 可以降低对工艺设计人员技巧和经验的要求,相应地可使部分熟练的工艺设计人员解脱出来,以进行改进和优化现行工艺设计性能的研究,从而提高工艺设计的技术水平和工艺管理水平;

② 可以减少工艺过程设计的时间。由于计算机处理的速度和减少了工艺设计的重复性工作,从而使得工艺过程设计所需的时间大为减少(据统计,利用 CAPP 系统编制工艺规程甚至可比用手工编制少花 95% 以上的时间),相应地缩短了生产技术准备周期。这对于工艺准备工作占整个生产技术准备工作很大部分工作量的多品种小批量制造企业来说意义十分重大。

③ 可以减少工艺过程设计的费用和零件制造的费用,从而降低了产品的成本,提高了产品的竞争力。

④ 可以设计出比手工设计更准确、质量更高、标准化更好的工艺规程,大大提高了工艺设计工作本身的质量并因此而使产品的制造质量得到了更充分的保证。

⑤ 可以使 CAD、CAPP、CAM 有效地结合起来,从而使计算机集成制造 (CIM) 得以实现。有研究表明, CIM 是未来制造业中占主导地位的生产方式,作为其中间环节的 CAPP 如能得到高水平的实现并与 CAD、CAM 有机集成,必然使 CIM 的发展更为顺利。

可以预见,未来 CAPP 的发展将向着自动化程度更高、人工决策和准备数据的工作更少、集成化程度更高的方向发展。具体来看,未来的 CAPP 系统将在技术方面朝着这几方面发展。

① 开发一种适用于 CAD 和 CAPP 的统一的数据库,实现 CAD 和 CAPP 之间的自动信息识别和数据运输,从而使 CAD 和 CAPP 的集成得以实现;



② 研究加工、机床以及刀具的性能，建立在工艺过程设计系统中使用的、更好的数学（或描述性）模型，从而使工艺设计工作更趋自动化和优化；

③ 在工艺过程设计中使用人工智能（AI）技术，使未来的工艺设计乃至工艺管理工作可更充分地利用计算机的逻辑决策能力，从而使计算机更大程度地甚至完全替代人的工作。

总之，无论是在工艺过程设计还是在工艺管理工作的其它方面，计算机技术必将会越来越多地介入其中，从而使原来繁锁、复杂、耗费时日的工艺管理工作变得更加简单、迅捷和优化。

#### 4.3.4 新产品试制

一种产品的设计和工艺准备完成后，并不等于生产条件已经成熟，可以立即进行正式生产，尚须经过试制和鉴定。因为新产品的设计和工艺准备，只是预想的产品结构式样和加工方法，毕竟尚在纸上，必须接受实践的考验，才能判断产品设计和工艺准备是否可行。新产品试制和鉴定的目的，是检验产品设计工作和工艺工作的质量，发现存在的问题及时反馈加以解决，避免造成人力物力和财力的浪费。实践证明，新产品不经过试制和鉴定贸然

投产，将给国家和企业带来很大损失。新产品试制的程序一般包括如下四个阶段：

##### 1. 产品设计（包括老产品改进设计）

设计是试制产品的第一步工作，要根据用户要求来设计，提供工作图纸，满足工艺制造条件的要求，制订质量上的标准。

##### 2. 样品试制和鉴定

样品试制的目的在于通过一件或少数几件样品试制，来验证产品结构、性能及主要工艺等，检验产品设计的可靠性和合理性，并找出设计工作中的错误和缺点，以便对图纸进行修改，积累有关工艺准备方面的资料，找出关键工序，采取措施，为以后的工艺修改工作做好准备。

样品试制为缩短试制周期，可采取单件方式生产，工艺准备力求简便，只编写简单的工艺文件，设计和制造必要的工装，要尽量采用标准工具和现有的工艺装备。

样品装配完毕，应进行全面检查、试验与调整。对发现的问题应及时更正图纸，直至样品的性能、精度等均符合设计要求，即可进行样品鉴定。

样品鉴定，要根据设计任务书、技术设计和工作图设计等图纸和技术文件，检查产品的结构、工艺性能和质量，并作出是否可以进行小批试制的结论。

##### 3. 小批试制的鉴定

小批试制的目的，主要在于验证工艺和掌握生产，考验用正规的工艺规程和工艺装备制造时，产品的性能和质量的变动程度。

小批试制前，应根据正式生产的要求编制所需的全部工艺规程，设计和制造全套工艺装备，对于关键工艺，要提前进行工艺试验，积累经验和技术数据，掌握正式生产的工艺方法。在试制过程中，还应从成批大量生产的观点出发，验证和改进工艺规程的合理性，发现工艺装备在设计和制造上的缺点，对工艺规程和工艺装备进行修改补充，进一步修改图纸，并将成批大量生产工艺规程确定下来。

由于小批试制大多要解决的是生产中具体问题，所以应在正式的成批或大量生产条件下进行，而不能在试制车间进行。

#### 4. 生产前的准备工作

对成批大量生产新产品，在小批试制之后，成批大量生产之前还须有生产前的调整阶段。除了根据小批试制的结果，对产品结构和工艺作必要的修改和补充外，还需对产品正式生产中需用的专用设备、专用工装进行调整，改进生产组织形式，以适应成批大量生产的要求。

从老产品生产过渡到新产品生产，要做到速度快、费用小、质量高。生产前调整工作量的大小，取决于企业原有的生产组织与新产品的工艺和结构适应程度。按工艺布局的，一般就不需要进行调整；按产品布局的，就需要进行调整；面对流水线就需要按新产品的工艺路线重新组织。

新产品的试制程序往往取决于生产的类型。成批或大量生产的新产品，生产技术准备工作都要包括上述四个阶段，而且在正式投产之前，还必须对生产组织作调整准备。有时为了慎重起见，第一台试制以后，有必要再试制几台样品，进行充分试验鉴定，以验证设计所采用结构、材料的合理性，然后投入小批试制。

在单件小批生产条件下，特别是单个生产的新产品，样品就是产品，应该按样品试制程序进行。

## 4.4 最新（先进）产品设计和管理工作

### 4.4.1 概述

随着科学技术的发展，新的产品设计和产品管理方法不断涌现，大大提高了产品的开发设计和工艺管理水平。

#### 1. 总体技术

（1）系统总体模式：包括柔性制造、集成制造、并行工程、敏捷制造、智能制造、绿色制造、全能制造等模式；

（2）系统集成方法论：包括信息集成、过程集成、企业间集成及知识集成等方法论；

(3) 系统集成技术: 包括设计、生产、管理及后勤等子系统间的集成技术, 企业三要素(人/组织、经营管理和技术)及三流(信息流、物流和价值流)的集成技术等;

(4) 标准化技术: 包括产品信息标准、过程信息标准, 数据交换与格式标准, 图形标准及零件库标准等技术;

(5) 企业建模和仿真技术: 包括企业功能、信息、 workflow、资源及组织模型等建立、确认及其仿真技术;

(6) CIMS 系统开发与实施技术: 企业诊断、需求分析、系统设计、组织实施、质量保证及效益评价等技术。

#### 2. 支撑平台技术

包括网络、数据库、集成平台/框架、计算机辅助软件工程、产品数据管理(PDM)、 计算机支持协同工作(CSCW)及人/机接口等技术。

#### 3. 设计自动化技术

包括 CAD, CAPP, CAM, CAE, 基于仿真的设计(SBD), 面向下游工作的设计(DFX)及虚拟样机(VP)等。

#### 4. 加工生产自动化技术

包括 DNC, CNC, FMC, FMS, 虚拟加工及快速成形制造(RPM)技术等。

#### 5. 经营管理与决策系统技术

包括 MIS, OA, 制造资源规划(MRP II), 准时生产(JIT), CAQ, 业务流程重组(BPR), 企业资源规划(ERP), 动态企业建模(DEM), 供应链及电子商务等技术。

#### 6. 流程制造业 CIMS 中生产过程控制技术

包括过程检测、先进控制、故障诊断和面向生产目标的建模技术等

## 4.4.2 部分先进产品设计和管理工作方法介绍

### 1. CAD、CAM、CAPP、CAE 的比较

目前, 我国大多数国有企业正在进行由粗放型管理到精细管理、由经验管理为主到科学管理为主的两个根本性转变。大多数国有企业面临的主要问题有: 如何解决多品种小批量

问题; 如何缩短产品的生产周期、降低成本、提高产品质量, 以满足市场需求的问题; 如何提高企业的综合管理水平和计划实现率的问题; 如何建立标准工时管理体制

系、新的管理程序,实现管理规范化、标准化、专业化的问题等。工业工程研究就是为解决这些问题而进行的,主要包括流程再造、企业的管理模式、各种管理标准及程序的制定,以及企业的管理信息模式等课题。其目的是运用工业工程的思想来提高企业的整体经济效益。

在国外,许多先进的企业用工业工程的思想来管理企业,并应用 CAD、PDM(PRODUCT DATA MANAGEMENT)、ERP(ENTERPRISE RESOURCES PLANNING)集成系统作为实施工业工程的支持系统。

### (1) CAD

因为传统手工绘图设计模式,很难用二维图纸去描绘三维空间机构运动和进行产品装配干涉检查等工作,因此其工作流程是按顺序进行的。很多时候是等模具做出来了,对产品进行试装配时才发现干涉或设计不合理等现象。在设计早期不能全面考虑下游过程的要求,从而使产品设计存在很多缺陷,造成设计修改工作量大,开发周期长,成本高。因此。传统的产品开发方式已不再适应企业对产品的时间、质量、成本的要求。

CAD 系统主要用于产品的几何设计和几何分析,主要功能有线架、曲面、实体造型、运动机构、特征造型、数控、有限元分析、库管理等。

至于二维 CAD 系统,它可以帮助设计人员把图纸画得规范、漂亮,提高绘图效率的同时也便于图纸以后的修改及管理,在“甩掉图板”的初级阶段功不可抹。但二维 CAD 系统与传统的手工绘图一样,对减少产品设计错误、设计更改和返工现象并无重大影响,对企业最需要的设计质量并没有多大的提高。

当今的三维 CAD 系统,用它可方便地设计出所见即所得的三维实体产品模型。有了三维实体模型,可以进行装配和干涉检查;可以对重要零部件进行有限元分析与优化设计(CAE);可以进行工艺规程生成(CAPP);可以进行数控加工(CAM);可以进行快速成型,在做模具之前就可以拿到实物零件进行装配及测试;可以启动三维、二维关联功能,由三维直接自动生成二维工程图纸;可以进行产品数据共享与集成等等。这是二维绘图无法比拟的。

要提高制造业水平,必需要有先进的设计工具。随着计算机硬件性能的不不断提高,加上三维软件造型功能的不断完善,CAD 已完成从二维绘图转向三维设计,产生了质的飞跃,到了三维 CAD 的实用阶段。用三维 CAD/CAM 系统进行产品开发,从根本上改变了过去手工绘图,凭图纸组织整个生产过程的技术管理方式。设计构思的表达由二维图纸演变成能在计算机模拟显示零件三维实体模型的虚拟产品(虚拟样机),这是一种新的设计和生产技术管理体制,是提高企业竞争能力主要手段之一。

其中,特征技术是 CAD/CAM 技术发展中的一个新里程碑,它是在 CAD/CAM 技术的发展和应用达到一定水平,要求进一步提高生产组织的集成化、自动化程度的历史进程中孕育成长起来的。

现代设计制造系统的发展趋势是集成化、智能化,目的是达到高度的自动化。实现上述目标的基础是给系统的各个环节提供能够共享的产品定义。现有的

CAD/CAM 系统，因不能用一个完整的产品模型来支持各工程应用活动，在设计、制造及检验的各个环节中，使

用户需要重复地输入和识别一些信息，定义一些新模型，以满足各工程应用子系统的需要，各子系统的概念信息也必须依靠人工来识别和综合处理，从而导致产品自动设计和制造中信息处理的中断，人为干预量大，数据大量重复。其主要原因是作为当代 CAD 系统的核心实体造型存在产品定义信息不完备、数据的抽象层次低、支持产品设计的环境较差等不足。

因此，必须开发取代现有实体造型的支撑系统，为 CAD/CAM 系统提供完备的和多层次的产品信息。这些信息能在无人干预的条件下，为设计、分析、制造所接受，且能在各应用子系统间自动变换，使 CAD/CAM 集成，以至 CIMS 的实现走向现实，由此产生了特征技术。特征技术是人工智能应用于实体模型的结果，它表达的产品信息完备且含有丰富的语义信息，为 CAD/CAM 集成提供了有力基础。

客观事物都是由事物本身的特性体及其相互关系构成。一般地讲，特征是客观事物特点的征象或标志。目前人们对于 CAD 中特征的定义尚没有达到完全统一。在研究特征技术的过程中，国内外学者从不同的侧面、不同的角度，根据需要给特征赋予了不同的含义。

在机械行业中，特征源于使用在各种设计、分析和加工活动的推理过程，并且经常紧密地联系到特定的应用领域，因而产生了不同的特征定义。当我们提到特征时，通常是指形状特征。形状特征的一种定义是面向规划的，例如，工件特征定义为：在工件的表面、边或角上形成的特定的几何构型。另一种涉及工艺规划的形状特征定义为：工件上一个有一定特性的几何形状，其对于一种机械加工过程是特定的，或者用于装夹和/或测量目的。

随着特征技术由工艺规划向设计、检验和工程分析方面的拓展，特征定义趋向于更一般化，下面是一些特征定义的例子：(1) 用于描述零件和装配体的语义组，它将功能、设计和制造信息组合在一起；(2) 一个几何形状或形体要素，它至少具有一种 CIM 功能；(3) 产品信息的载体，它可以在设计和制造或者其他工程任务之间辅助设计或进行通讯；(4) 任何用于设计、工程分析和制造的推理的客观对象；(5) 设计人员感兴趣的区域。

研究人员提出了许多不同的特征，例如，功能性的特征有：装配特征，配合特征，结构特征和抽象特征。抽象特征可用于设计过程，抽象特征的定义为：直到所有的变量被确定才能被具体化或实现的客观对象。这是由于许多特征的细节在设计完成前并不清楚。不论特征的定义如何，但有一点似乎是共同的，即

特征最终要联系到某个几何形状。 SHAH 明确了一个特征至少满足的要求：零件的一个结构组元；可影射到某个形状类；有工程意义；有可预测的性质。

总之,特征是产品信息的集合,它不仅具有按一定拓扑关系组成的特定形状,且反映特定的工程语义,我们应该将特征理解为一个专业术语,它兼有形状和功能两种属性,适宜在设计、分析和制造中使用。

## (2) CAM

常见 CAM 系统的体系结构基本上有下列三种模式:

① CAM 子系统与 CAD 和 CAE 等子系统在系统底层一级集成式开发: CAD 子系统提供强大的复杂产品造型与设计功能,生成的产品数字化定义模型为 CAM 子系统提供完备的数据服务。CAM 子系统直接在产品数字化模型上进行 NC 轨迹计算,利用强大的后置处理模块生成 NC 指令。这种系统很多,像 UGS 公司的 UNIGRAPHICS, PTC 公司的 PRO/ENGINEER, IBM 公司的 CATIA 等,其基本特点是功能完备,系统庞大,模块组合发售,价格昂贵。

② 以现有侧重产品造型的系统为平台的插件式 CAM 系统:此类 CAM 软件大多基于

WINDOWS 环境,利用 WINDOWS 体系提供的各种软件技术,以第三方的形式为产品造型系统提供插件模块或子系统(PLUG-IN)。如 AUTODESK MDT 内嵌 HYPERMILL 和 EDGE CAM; SOLIDWORKS 内嵌 CAMWORKS;负责 SDRC 系统 CAM 模块开发的伙伴公司 CAMAX 提供了 CAMAND MODELER (支持 3D 曲面造型)并配以 SMARTCAM (支持多曲面加工)。此类插件系统在文件一级操作插件平台系统的 CAD 产品模型,利用特征识别(FEATURE RECOGNITION)技术,直接在产品模型上获取一定复杂程度的切削区域几何表示及其加工工艺规范(当然,也支持用户的交互指点操作),进而生成 NC 加工刀位轨迹。此类 CAM 系统的大多捆绑平台软件,规模紧凑,集成度高,价格便宜。

③ 支持简单曲面造型的专用 NC 计算系统:如 CAMAX 的 CAMAND 和 SMARTCAM, NREC 的 5 坐标叶轮加工系统 MAX-AB(着重点位加工)和 MAX-5 (着重端铣和侧铣加工), CNC 的 MASTERCAM, 以及 CIMATRON 等。这类系统提供主要面向复杂曲面形体的曲面(或曲面实体)造型和编辑,和更为强大的 NC 刀位轨迹计算、编辑、验证和后置处理功能。专用 NC 系统对数控机床的适应能力较强,提供更多的加工工艺定制方法。适用于中小企业或专用设备制造企业。

对于上述三类 CAM 系统而言,第一类系统基本都建立在实体模型表示上,采用交互式指点、定制形成切削方案和工艺规划;第二类则在第一类系统的基础上增添了加工特征自动识别技术;第三类系统依靠较为完备的曲面建模,仍采用交互方式在面模型上快速生成多种加工形式的刀位轨迹,但相对薄弱的造型功能制约了 CAM 系统的应用。

### (3) CAPP

如前所述, CAPP 系统的研究和应用经历了较为漫长曲折的过程。自从 1965 年 NIEBEL 首次提出 CAPP 思想, 迄今 30 多年, CAPP 领域的研究得到了极大的发展, 期间经历了检索式、派生式、创成式、混合式、专家系统、工具系统等不同的发展阶段, 并涌现了一大批 CAPP 原型系统和商品化的 CAPP 系统。

在 CAPP 工具系统出现以前, CAPP 的目标一直是开发代替工艺人员的自动化系统, 而不是辅助系统, 即强调工艺设计的自动化和智能化。但由于工艺设计领域的个性化、复杂性, 工艺设计理论多是一些指导性原则、经验和技巧, 因此让计算机完全替代工艺人员进行工艺设计的愿望是良好的, 但研究和实践证明非常困难, 能够部分得到应用的至多是一些针对特定行业、特定企业甚至是特定零件的专用 CAPP 系统, 还没有能够真正大规模推广应用的实用的 CAPP 系统。

在总结以往经验教训的基础上, CAPP 工具化的思想应运而生。CAPP 与 CAD/PDM/ERP 系统的信息集成、具有良好的开放性与集成性, 是工具化 CAPP 系统研究和推广应用的主要目标。

工具化 CAPP 的思想在商业上获得了极大的成功, 使得 CAPP 真正从实验室走向了市场和企业。借助于工具化的 CAPP 系统, 上千家的企业实现了工艺设计效率的提升, 促进了工艺标准化建设, 实现了与企业其它应用系统 CAD/PDM/ERP 等的集成, 有力地促进了企业信息化建设。

### (4) CAE

CAE 是一种迅速发展的信息技术, 是实现重大工程和工业产品的计算分析、模拟仿真与优化设计的工程软件, 是支持工程科学家进行创新研究和工程师进行创新设计的、最重要的工具和手段。

计算机辅助工程 (CAE), 从字面上讲它包括工程和制造业信息化的所有方面, 但是传统的 CAE 主要指用计算机对工程和功能、性能与安全可靠性进行计算、优化设计, 对未来的工作状态和运行行为进行模拟仿真, 及早发现设计缺陷, 改进和优化设计方案, 证实未来工程/产品的可用性与可靠性。

## 2. PDM 系统

PDM 系统将所有与产品有关的信息和过程集成在一起进行管理。它研究的对象是产品, 主要功能有:

### (1) 文档 (DOCUMENT) 和文件夹 (FOLDER) 的管理和控制

文档管理的功能包括: 文档的增加、删除、修改; 文档的版本管理及控制; 文档之间相互关系的管理; 查询文档在哪里被使用; 文档的工作流处理。文件夹的管理

功能有:文件夹的建立、删除、更改;文件夹的审批、发放等。这些功能主要用来收集、储存和交付各种 CAD 图纸文件、光栅文件、字符文件及相应的工作过程。

#### (2) 产品结构和构型管理

主要管理产品的结构和构型,主要功能有:生成产品结构树;生成特定产品的构型;浏览产品结构信息及各种关联信息;打印各种 BOM 表;BOM 表的更改及版本控制。其中,BOM (BILL OF MATERIAL, 物料清单) 表中的每个成员包含 16 类属性数据,如设计属性、加工工序、相关文件、发放历史、有效性控制等。

#### (3) 工程更改的管理

工程更改的过程及管理相当复杂,一个简单的设计更改可能会涉及到许多其它部门的工作。其主要功能有:建立工程更改单;查找一个工程更改影响哪些设计和制造部门;提出工程更改的原因;确定工程更改的有效性(时间、批/架次号);收集与工程更改有关的资料,并进行审批、发放;对工程更改的版本进行管理。

#### (4) 工作流程设计及管理

主要定义设计步骤,以及在处理过程中定义相关步骤的规则,批准每一步骤的规定。支持技术人员的工作分配,包括发放步骤的开发和管理、行政跟踪和批准管理、更改过程和消息的发放等。

#### (5) 与 CAD 系统的集成

每个 PDM 系统都可以以 IGES、VDA、STEP 等标准格式与 CAD 系统进行集成。

### 3. PLM (产品全生命周期管理)

是近年来发展起来的新兴技术,同时也是与产品创新有关的一系列技术的总称。

关于 PLM,实际上目前并没有一个业界统一的定义,各个厂商以及专业咨询公司给出的定义和内涵并不完全一致。根据业界权威的 CIMDATA([WWW.CIMDATA.COM](http://WWW.CIMDATA.COM))的定义,PLM 是一种应用于在单一地点的企业内部、分散在多个地点的企业内部,以及在产品研发领域具有协作关系的企业之间的,支持产品全生命周期的信息的创建、管理、分发和应用的一系列应用解决方案,它能够集成与产品相关的人力资源、流程、应用系统和信息。PLM 包含以下方面的内容:基础技术和标准(例如 XML、可视化、协同和企业应用集成);信息创建和分析的工具(如机械 CAD、电气 CAD、CAM、CAE、计算机辅助软件工程 CASE、信息发布工具等);核心功能(例如数据仓库、文档和内容管理、工作流和任务管理等);应用功能(如配置管理);面向业务/行业的解决方案和咨询服务(如汽车和高科技行业)。

按照 CIMDATA 的定义,PLM 主要包含三部分,即 CAX 软件(产品创新的工具类软件)、CPDM 软件(产品创新的管理类软件,包括 PDM 和在网上共享产品模型信息的协同软件等)和相关的咨询服务。实质上,PLM 与我国提出的 C4P (CAD/CAPP/CAM/CAE/PDM),基本上指的是同样的领域,都是与产品创



新有关的信息技术的总称。

从另一个角度而言，PLM 是一种理念，即对产品从创建到使用，到最终报废等全生命周期的产品数据信息进行管理的理念。在 PLM 理念产生之前，PDM 主要是针对产品研发过程的数据和过程的管理。而在 PLM 理念之下，PDM 的概念得到延伸，成为 CPDM，即基于协同的 PDM，可以实现研发部门、企业各相关部门，甚至企业间对产品数据的协同应用。

软件厂商推出的 PLM 软件是 PLM 第三个层次的概念。这些软件部分地覆盖了 CIMDATA 定义中 CPDM 应包含的功能，即不仅针对研发过程中的产品数据进行管理，同时也包括产品数据在生产、营销、采购、服务、维修等部门的应用。

因此，实质上 PLM 有三个层面的概念，即 PLM 领域、PLM 理念和 PLM 软件产品。而 PLM 软件的功能是 PDM 软件的扩展和延伸，PLM 软件的核心是 PDM 软件。

客户需求的个性化、市场竞争的白热化、国内市场国际化，对制造企业的研发能力提出了新的挑战。因此，缩短产品上市周期、提高产品质量和服务质量、降低产品成本成为制造企业生存和发展必须考虑的关键问题；同时，PLM 为 ERP 提供产品数据源，没有准确的 BOM 信息，ERP 就成为无源之水；而企业已经应用 OFFICE 软件和 CAX 软件生成的大量电子图文档也需要进行有效的管理，保证企业知识产权的安全。这些因素推进了 PLM 软件在企业中的应用。产品的总体成本 70% 取决于设计阶段，设计方案的优劣直接影响企业的盈利，因此，PLM 软件的应用对于企业提升竞争力具有重要意义。

目前，PLM 软件主要还是在大型和中型企业应用，那些产品结构复杂，设计周期长，设计工作量大的企业更倾向于应用 PLM 软件，尤其是那些需要按订单设计的企业，则 PLM 有更大的用武之地，而对于以生产制造为主的企业，则 PLM 用处不大。在中国，PLM 软件的用户也主要分布在交通运输、航空航天、电子、机械等行业。而在中小企业则主要需要应用 PLM 软件中的图文档管理功能。总体上，我国企业应用 PLM 软件已经取得了初步效果，对于企业提高研发效率，实现研发过程的协同工作，缩短产品上市周期，降低产品成本起到了一定的作用。

# 本章小结

对于企业来说，产品的开发设计和工艺的开发管理二者是相辅相成，缺一不可的。本章围绕这个主题，首先介绍了新产品的概念和发展方向、动力模式和开发策略以及生产工艺管理的内容、意义、实施生产工艺管理的原则和程序开发方式和开发步骤；而后论述了新产品试制的重要性；最后，对最新（先进）产品设计和管理工作做了简要介绍。

## 复习与思考

- 1. 什么是新产品？新产品可分为哪几种？
- 2. 新产品开发的动力模式分几种？对于新产品，可以采用哪些开发策略？
- 3. 简述生产工艺管理的内容、意义。
- 4. 新产品试制是必须的吗？为什么？
- 5. 谈谈你对先进产品设计和管理工作方法的认识。

# 第 5 章    生产能力和生产计划

### 本章关键字

生产能力（Productive capacity）	不变价格（Constant price）	工
生产计划（production program）	业净产值(clean production value in industry)	
机会成本（Opportunity cost）	现行价格（current price）	
工业总产值（industry total production value）	商品产值（Merchandise production value）	

<http://www.51oa.net/sort.asp>

<http://www.wbs.warwick.ac.uk/omindex>

<http://202.120.24.209/yygl>

企业的生产能力与生产计划有密切关系。生产能力反映了企业生产的可能性，是制订生产计划的重要依据。只有符合企业生产能力水平的生产计划，才能使计划的实现有可靠和扎实的基础。如果生产计划订得低于生产能力水平，则会造成“能力”的浪费；相反，如果计划超过生产能力的水平，也会造成计划指导的“信誉”减退和损失。

## 5.1 生产能力的概念和计算

### 5.1.1 生产能力的概念

工业企业在制定生产计划时，必须掌握企业的生产能力。所谓生产能力是指企业全部生产性固定资产(包括主要生产设备、辅助生产设备、起重运输设备、动力设备及有关厂房和生产建筑物等)，在一定的时期内，在一定的技术和组织条件下，所能生产一定种类产品的最大产量。

这里所说的生产能力，是根据直接参与生产的固定资产来计算的。当然，这并不是说，劳动力和原材料的供应数量，与生产能力的利用没有关系。事实上，劳动力和原材料同机器设备等固定资产一样，也是企业进行生产不可缺少的条件。企业在具有一定数量和一定性能的生产性固定资产的条件下，是否有足够的劳动者来使用这些固定资产、原料、材料等物资供应的数量，能不能满足生产的需要，对固定资产能力的发挥，其作用是极大的。但是为了正确地计算固定资产的生产能力，应当把劳动力人数和原材料的供应数量等影响生产力的要素抽掉，也就是说，在假定劳动力人数合理配备和原材料供应充分，都能符合生产需要的条件下，来确定固定资产的生产能力。因为劳动力配备和原材料供应条件的变化不影响设备的生产能力，只能影响生产能力的利用程度。

企业具有的固定资产是多种多样的。这些固定资产，分别配置在企业内部的各个生产环节上，在性能、工作能力和设备数量上，都有一定的组合和配合，存在着一定的比例关系。企业产品的生产过程，就是由劳动者运用这些相互联系的全部固定资产来完成。因此，企业的生产能力，是指各个生产环节、各种固定资产在保持生产要求的一定比例关系的条件下，所具有的综合生产能力。例如，一个机械厂的生产能力，是指这个厂的金工、装配、模具制造、设备维修等各个生产环节的能力综合平衡以后的结果，而不是孤立地以其中一个环节来确定企业的生产能力，不能孤立、片面地只根据企业内部的某一个生产环节、某一种固定资产来确定的。否则就会破坏生产发展所要求的比例关系，因为这样会造成生产过程比例不协调，给生产带来不良的影响。在计划年度中企业的固定资产数量总会有增加或减少的变动，因此企业常用的生产能力指标有：年初生产能力、年末生产能力和全年平均生产能力。

(1) 年初生产能力是指企业在报告年年初，全部设备的最大年产量，即上年年末生产能力。

(2) 年末生产能力，是指下年初生产能力。

年末生产能力=年初生产能力+本年新增的生产能力-本年减少的生产能力。

本年新增的能力，包括由于基建而增加的生产能力，对原有设备经过技术革新而增加的生产能力和由其它单位调入设备而增加的生产能力。本年减少的能力，包括因调出设备、报废设备而减少的生产能力。

(3) 全年平均生产能力是研究生产能力利用程度的重要指标。由于新增加或减少设备的时间有先有后，因而参加本年内生产的时间就有多有少。在计算年生产能力利用程度时，不能用年初或年末的生产能力，需要用年平均生产能力。

$$\begin{aligned} \text{年平均生产能力} &= \text{年初生产能力} + \frac{\text{新增的年平均生产能力} - \text{减少的年平均生产能力}}{2} \\ \text{新增的年平均生产能力} &= \frac{\text{新增设备的年平均生产能力} \times \text{自投入生产日到年底的日历日数}}{365} \\ \text{或 新增的年平均生产能力} &= \frac{\text{新增设备的年平均生产能力} \times \text{自投入生产到年底的月数}}{12} \\ \text{减少的年平均生产能力} &= \frac{\text{减少设备的年平均生产能力} \times \text{自投入生产日到年底的日历日数}}{365} \\ \text{或 减少的年平均生产能力} &= \frac{\text{减少设备的年平均生产能力} \times \text{自投入生产到年底的月数}}{12} \end{aligned}$$

### 新观察

#### 从“井喷”到“温冷”——假日旅游受冷落引发的思考

这是一位游客在十一“黄金周”到来之前写给旅行社的一封信：从五一“黄金周”后，报上看到的、电台里听到的、电视上目睹的都是节日旅游遭罪的事例——景点人挤人，看上去黑压压的一片人头；住不上宾馆的游人，几十个人挤一间会议室甚至露宿街头。十一“黄金周”以及以后一个又一个“黄金周”让我如何放心去旅游……？

十一“黄金周”已过去大半，关于假日旅游出人意料的冷的话题让不少旅行社老总心头一片寒，计算着这个“黄金周”的损失。不少旅行社大多不到五一节的3成。出于一片好心 and 初次尝试的假日旅游预报，由于一些旅行社、景点、饭店给出的含水分的数字形成了节前虚假的繁荣，比如节前不少景区传出的信息是客房紧张已被预订一空，而实际情况却是宾馆想趁节日涨价而让客房高价待售，旅行社为确保拿到房间，同时在10来家宾馆签下了要房意向，于是旅游预报上就出现了某景区很满的虚假繁荣。

有关人士认为，五一出现的井喷式旅游热潮并不代表以后每个黄金周都会如此，毕竟每年三次长假，旅游还不是生活必需品，十一“黄金周”旅游出现相对五一的温冷现象本属正常。一些旅行社、宾馆趁着节日将价格上涨50%甚至几倍，也让市民心有不甘，难道“黄金周”就是这些企业的“淘金周”？一位游客称节日花3000多元游海南还可能遭罪，而在平时这个价格可以带着女朋友在海南尝尝做“上帝”的滋味。

资料来源：新民晚报. 2000年10月7日第10版

## 5.1.2 生产能力的类别

企业的生产能力，根据用途不同，可以分为设计能力、查定能力和现有能力三种：

### 1. 设计的生产能力

设计的生产能力是指企业开始建厂时，工厂设计任务书中所规定的工业企业的产品方案和各种设计数据来确定的。在企业投入生产以后，需要有一个熟悉和掌握技术的过程，所以设计能力，一般都需要经过一定时期以后，才能达到。

### 2. 查定的生产能力

查定的生产能力是指在没有设计能力或虽有设计能力，但由于企业的产品方案和技术组织条件已发生很大变化，原有的设计能力已不适用，需要重新核定的生产能力，这种生产能力是根据企业现有条件，并且考虑到企业在查定期内所采取的各种措施的效果来计算的。

### 3. 现有的生产能力

现有的生产能力是指企业在计划年度内所达到的生产能力。它是根据企业现有的条件，

并考虑企业在查定时期内所能够实现的各种措施的效果来计算的。

上述三种生产能力，各有不同的用途。当确定企业的生产规模，编制企业的长期计划，安排企业的基本建设计划和采取重大的技术组织措施的时候，应当以企业查定能力为依据。而企业在编制年度的生产计划，确定生产指标的时候，则应当以企业的现有能力作为依据。因此现有能力定得是否准确，对于生产计划的制订、有直接影响。本章后续内容所说的生产能力，就是指现有能力。

生产能力是编制生产计划的一个重要依据，但并不是全部依据。企业在按照市场需要编制生产计划的时候，不但要根据企业固定资产的生产能力，而且要考虑到原材料的供应情况，考虑到其它有关条件的因素。不考虑这些，就不能编制一个好的生产计划。如果把工业企业的生产能力和生产计划混同起来，用生产能力去代替生产计划，或者，用生产计划代替生产能力，那末，在前一种情况下，就会忽视机器设备等固定资产和劳动力、原材料等其它生产要素之间的比例关系，给生产带来不良的影响；在后一种情况下，就会把由于考虑到劳动人数和原材料供应等因素的影响而计算出的生产水平，当作企业固定资产的生产能力，这样做，也不利于促使企业挖掘生产潜力。

### 5.1.3 组成生产能力的基本因素

企业的生产能力是编制生产计划的一个重要依据。因此，正确地核定企业的生产能力，对于做好生产计划工作有极其重要的作用。固定资产的生产能力，基本上由三个要素决定：第一，在使用中的固定资产的数量；第二，固定资产的有效工作时间；第三，固定资产的生产效率。

#### 1. 在使用中固定资产的数量

在计算生产能力的时候，企业固定资产的数量，应当包括能够用于生产的全部机器设备的数量，其中包括正在运转的、正在修理、装配或正在准备修理的机器设备，以及因生产任务变化而暂时停止使用的机器设备。正在修理或者准备修理的机器设备，虽然暂时不能运转，但是经过修复以后，它们仍然是具有生产能力的。至于因生产任务变化而暂时停用的机器设备，它们也没有丧失生产能力。所以，在计算企业的生产能力时，这两部分机器设备都应当记入，否则就不能如实地反映企业的生产能力和这种生产能力的利用程度。在计算生产能力的时候，损坏很严重，已经丧失了原有的生产能力，而在计划期内又不能修复使用的机器设备，是不应当记入的。另外，企业留作备用的机器设备，以及封存待处理的机器设备，也不应当列入企业的生产能力。

在计算生产能力的时候，固定资产还包括企业的厂房和其它生产用建筑物的面积数量。

#### 2. 固定资产的有效工作时间

在工业企业中，由于生产条件和工作制度的不同，固定资产的工作时间也是不同的。在连续生产的企业中，机器设备的有效工作时间，一般等于日历时间减去修理所需的停工时间。在间断生产的企业中，机器设备的有效工作时间，是在日历时间中扣除节日、假日停工的时间以后，按企业规定的工作班次来计算的，其中也要扣除机器设备修理的停工时间。机器设备的修理停工时间，应当根据设备修理计划来确定，为了尽可能地增加机器设备的有效工作时间，应当做好设备维修工作，在保证机器设备经常处于良好状态的前提下，设法减少修理

停工时间。除了修理停工时间以外，由于其它原因造成的设备停工时间，如停工待料时间、动力供应中断的停工时间等等，在计算生产能力时，一般是不予考虑的。

生产面积的利用时间，同机器设备的工作时间不同，在一般情况下，没有停工修理的时间，因而也不需要扣除工作时间的损失，这是生产面积同机器设备的性质不同所决定的。

### 3. 固定资产的生产效率

单台设备在单位时间内的生产数量或在单台设备上制造单位产品的时间消耗，前者为产量定额，后者为台时定额即时间定额，两者成反比关系，

$$\text{即 } t = \frac{1}{p}$$

式中：t —— 台时定额（小时/件）

p —— 产量定额（件/小时）

在确定企业生产能力时，必须采用在现有的技术组织条件下比较先进的设备生产率。但是确定机器设备的生产率，是一件比较复杂的细致工作。这是因为，影响机器设备生产率的因素很多，除了有机设备本身的技术条件、工作效率外，还有产品品种、产品质量、原材料的质量、企业的生产组织、劳动组织和工艺方法，以及工人的文化技术水平和熟练程度等因素。只有对这些因素进行分析，在已经达到的设备生产率的基础上，充分考虑到企业在计划年度内由于实现各种技术组织措施所取得的成效，并且参照相同条件的先进企业所达到的水平，再经过分析、调整，才能确定出一个先进的、合理的设备生产率定额。

## 5.1.4 生产能力的计算

### 1. 确定生产能力的计算单位

核算和平衡生产能力时，要根据工业企业的生产特点和产品特点进行，如化工行业，用同一台设备，可以交替生产甲、乙两种产品时，可分别计算两种产品生产能力和全部设备全年生产甲产品的生产能力和全部设备全年生产乙产品的生产能力。

造纸、纺织、医药等行业的产品品种和规格较多，在按年产量表示产品生产能力时，可按混合产品计算。

某些化工产品(如硫酸、烧碱等)纯度不同，在以年产量表示生产能力时，均按折纯(折纯浓度 100%)计算。

某些轻工业产品(如皮革、制鞋、地毯、缝纫等)生产能力中，如主要工序是手工操作，则在其它环节的平衡生产能力时，应从主要工序(手工操作)出发进行平衡，按主要工序生产人数计算生产能力。

工业企业特别是机械工业企业的产品品种、规格繁多，在计算生产能力时，不可能按所有品种一一计算，一般有以下五种单位。

- (1) 以具体产品为计量单位；
- (2) 以代表产品为计量单位；
- (3) 以假定产品为计量单位；
- (4) 以产品的主要参数为计量单位；
- (5) 以产品重量为计量单位。

由于企业生产类型、产品特点不同，所以采用实物单位的形式也有所不同。大量、大批

的生产类型，品种较少，可以具体产品作为计量单位，如具体产品的台数，零部件的件数等。

成批生产的类型，品种繁多，难以用具体的产品品种来表示生产能力，因此，可把所有产品按结构、工艺及劳动量构成的相似性进行分组，找出各组的代表产品，用代表产品作计量单位，而其它产品的数量则通过换算系数换成代表产品的数量，然后进行相加，以求得用代表产品表示企业的生产能力。换算系数等于组内其它产品的台时定额与该组代表产品台时定额的比值，即：

$$K_i = \frac{t_i}{t_o}$$

其中：K<sub>i</sub>—— 换算系数

t<sub>i</sub>—— 产品的台时定额

t<sub>o</sub>—— 代表产品的台时定额

当产品品种很多而各种产品的结构、工艺方法和劳动量构成相差很大时，其中很难找出代表性产品，这时可用假定产品作为计量单位，所谓假定产品就是以各种产品产量与总产量之比分别乘以单位产品台时消耗之和，作为单位产品劳动量定额的虚构产品。

在单件小批生产的类型中，由于产品品种繁多，而批量较少，所以常用具体产品的重量或假定产品的重量作为计量单位。

## 2. 生产能力的计算方法

企业生产能力的计算，应从基层开始自下而上进行。先计算各生产班组或工段的生产能力，然后，以各车间生产起决定性作用的主要生产班组或工段的生产能力为基础，经过综合平衡，确定车间的生产能力，最后以主要车间为基础，同其他生产车间、辅助车间之间进行综合平衡，确定全厂的生产能力。因此班组或工段生产能力的计算，是确定车间及全厂生产能力的基础。

在单件小批和成批生产条件下，班组或工段生产能力的计算是按设备组进行的。所谓设备组，是指分配给该班组或工段生产任务方面具有通用特性的一组设备。

### (1) 单一品种生产能力计算的方法

#### ① 设备组生产能力可按下式计算

$$M_o = \frac{F \cdot S}{t}$$

式中：M<sub>o</sub>—— 某设备组生产能力(台或件)

S—— 设备组内设备数量

F—— 单台设备有效工作时间

t—— 单台产品计划台时

#### ② 生产面积生产能力计算可按下式计算

$$M_o = \frac{F \cdot B}{b \cdot t}$$

式中：M<sub>o</sub>—— 某生产面积生产能力

B—— 生产面积(M<sup>2</sup>)

F—— 生产面积的利用时间(小时)

b—— 单位产品占用的生产面积(M<sup>2</sup>)

t—— 单位产品占用时间(小时)。

③ 单一品种生产能力的利用指标，即负荷系数，均可用下式计算：

$$L = \frac{N}{M_o}$$

式中：L——负荷系数

N——计划期的计划产量

(2) 多品种生产能力的计算

① 以代表产品为单位计划设备组生产能力

当以代表产品作为计算设备生产能力计算单位时，上面公式中的  $t_o$  表示代表产品的台时消耗。现举例说明如下：

设某企业 A、B、C、D 四种产品，计划年产量各为 180、150、20、50 台，在车床上加工的工时分别为 180、120、200、250 台时，假设选定 A 产品为代表产品，车床组共有 20 台车床，两班制生产，设备计划停工率为 10%，则：

$$\text{车床有效工作时间 } F = (365 - 104 - 10) \times 8 \times 2 \times (1 - 10\%) = 3614.4 \text{ (小时)}$$

(104 天为双休日，10 天在为法定节假日)

$$M_o = \frac{F \cdot S}{t_o} = \frac{3614.4 \times 20}{180} = \frac{72288}{180} = 401.6 \text{ (台)} \approx 402 \text{ (台)}$$

本例中各产品折合为代表产品产量的换算如表 5.1 所示。

多品种以代表产品为单位计算的负荷系数可用下式计算：

$$L = \frac{\sum N_i k_i}{M_o} = \frac{372}{402} = 92.54 \%$$

表 5.1 代表产品产量的换算表

序号	产品名称	计划产量 $N_i$	单位产品定额小时 $t_i$	换算系数 $k_i = \frac{t_i}{t_o}$	折合成代表产品的计划产量 $N_i k_i$	各种产品在全部产品中所占比重 % $\frac{N_i k_i}{\sum N_i k_i}$	以代表产品为单位的生产能力 $M_o$ $\frac{N_i k_i}{\sum N_i k_i}$	换算为具体产品单位的生产能力 $M_i = M_o \cdot \frac{N_i k_i}{\sum N_i k_i} \cdot \frac{1}{K_i}$
1	A	180	180	1	180	48.39	194	196
2	B	150	120	0.67	100	26.88	108	163
3	C	20	200	1.11	22	5.91	24	22
4	D	50	250	1.39	70	18.82	76	55
	Σ	400	-	-	372	100.00	402	436

② 以假定产品为单位计算设备组生产能力

$$FS$$

当以假定产品计算设备组生产能力时，公式  $M_o = \frac{FS}{t}$  中的  $t$  表示单位产品的台时消耗。如以  $t_o$  表示假定产品的单位台时消耗，则它等于各单位产品台时消耗与该产品在全部产品产量中所中比重的乘积之和，即



$$\begin{aligned}
 t_0 &= \frac{N_1}{N_1 + N_2 + \dots + N_m} t_1 \\
 &+ \frac{N_2}{N_1 + N_2 + \dots + N_m} t_2 + \dots \\
 &+ \frac{N_m}{N_1 + N_2 + \dots + N_m} t_m \\
 &= \frac{\sum_{i=1}^m N_i t_i}{\sum_{i=1}^m N_i}
 \end{aligned}$$

式中：t<sub>0</sub>——假定产品的单位台时消耗  
N<sub>i</sub>——第 i 种产品的计划产量  
t<sub>i</sub>——第 i 种单位产品的台时消耗

〔例〕 某企业刨床组有 6 台刨床，每台平均年有效工作时间为 3750 小时，加工 A、B、C、D 四种产品，年计划产量分别为 100 台、200 台、250 台和 50 台，单位产品的设备台时分别为 20、30、40 和 80 小时，求该刨床组以假定产品为单位的生产能力。

假定产品的单位台时消耗为：

$$\begin{aligned}
 t_0 &= \frac{100}{600} \times 20 + \frac{200}{600} \times 30 + \frac{250}{600} \times 40 + \frac{50}{600} \times 80 \\
 &= 36.66(\text{小时})
 \end{aligned}$$

6 台刨床以假定产品为单位的生产能力为：

$$M_O = \frac{F \cdot S}{t_0} = \frac{3750 \times 6}{36.66} = \frac{22500}{36.66} = 614(\text{台})$$

本例中各产品折合为假定产品产量的换算如表 5.2 所示。

表 5.2 假定产品产量的换算表

产 品 名 称	计划产 量(台) N <sub>i</sub>	各种产品产 量在全部产 品产量所占 比重 $\frac{N_i}{\sum N_i}$	各种产品在刨床上的台时消耗定额(台时/台) t <sub>i</sub>	单位假定产品在刨床组上的台时消耗(台时/台) $t_0 = \frac{\sum N_i t_i}{\sum N_i}$	以假定产品为单位的刨床组生产能力(台) $M_O = \frac{F \cdot S}{t_0}$	换算为具体产品表示的生产能力(台) $M_i = M_O \cdot \frac{N_i}{\sum N_i}$
A	100	16.7	20	3.34	}614	103
B	200	33.3	30	10		204
C	250	41.7	40	16.68		256
D	50	8.3	80	6.64		51
Σ	600	100.00	—	36.66		614

多品种以假定产品为单位计算的负荷系数可用下式计算：

$$L = \frac{\sum N_i}{M_O} = \frac{600}{614} = 97.72\%$$

另外，可以证明：不论以代表产品或以假定产品为单位计算的多品种设备组负荷系数，均可用下式计算：

$$L = \frac{\sum N_i t_i}{FS}$$

③ 当用产品的重量作为计算生产能力的计量单位时，公式为

$$M_0 = \frac{FS}{t'}$$

式中  $t'$  表示产品单位重量的台时消耗, 如以  $t^0$  表示假定产品单位重量台时消耗, 则它等于各单位重量台时消耗  $t_j$  与相应产品的产量和产品单重乘积之和与全部产品总重量之和的比,

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^m N_i w_i t_i}{\sum_{i=1}^m N_i w_i}$$

即

式中:  $N_i$ ——第  $i$  种产品的产量

$t_i$ ——第  $i$  种产品的重量台时消耗

$w_i$ ——第  $i$  种产品的单重

举例: 设某车间有 70 台设备, 两班制, 每班工作 8 小时, 设备平均停工率为 0.12, 生产普通吊车、冶金吊车和龙门吊等三种产品, 各种产品吨定额工时分别为 20.9 小时, 24.88 小时和 18.81 小时, 车间产品重量构成比例为: 普通吊车为 20%, 冶金吊车为 60% 和龙门吊为 20%。求以假定产品重量表示的车间生产能力。 车间假定产品吨定额台时为:

$$t' = 20.9 \times 20\% + 24.88 \times 60\% + 18.81 \times 20\% = 22.87 \text{ 小时/吨}$$

故以重量单位表示的该车间生产能力为:

$$M_o = \frac{251 \times 2 \times 8 \times (1 - 12\%) \times 70}{22.87} = 10817.03 \text{ 吨}$$

### (3) 铸造车间的生产能力

上述生产能力的计算办法, 主要适用于金加工车间。至于铸造、锻造等热加工车间生产能力的计算有它不同的特点, 简介如下:

铸造车间, 主要是计算熔炼设备、造型设备和造型面积的生产能力。

熔炼设备组生产能力的计算公式为:

$$M_0 = S \cdot P \cdot F (1 - r)$$

式中:  $M_0$ ——熔炼设备组生产能力(吨/年)

$S$ ——熔炼设备数量

$P$ ——熔炼设备小时的产量(吨/时)

$F$ ——熔炼设备有效工作时间(小时)

$r$ ——铸造损耗率(包括自然损耗、浇冒口、废品等)。

造型设备生产能力的计算同机械加工设备相似, 造型面积的生产能力计算公式为:

$$M_0 = B \cdot P$$

式中:  $M_0$ ——造型面积的生产能力(吨)

$B$ ——造型面积( $m^2$ )

$P$ ——单位造型面积年产量(吨/ $m^2$ )

在确定铸造车间生产能力时, 除上述三部分外, 还应综合考虑配砂、型芯、烘干、吊车等各个环节的能力。

### (4) 锻造车间的生产能力

除考虑吊车、加热炉等环节的能力外, 主要按锻锤、水压机锻造设备的生产能力来确定。锻造设备组生产能力的计算公式为:

$$M_0 = P \cdot S \cdot F$$

式中：M<sub>0</sub>——锻造设备组生产能力(吨)  
P——锻造设备台时产量(吨/时)  
S——设备组设备数量  
F——设备有效工作时间

各车间生产能力计算出来后，就可以在此基础上进行综合平衡，从而确定全厂的生产能力。全厂生产能力的综合平衡主要包括：第一，各基本生产车间生产能力的平衡，首先要确定主要车间，然后把主要车间生产能力与其它车间生产能力进行平衡。在机械工业企业中主要车间一般是指金加工车间或装配车间；如果出现基本车间能力不平衡的情况，这就需要经过综合平衡，使企业生产能力达到一个较高的水平。第二，基本车间与辅助车间生产能力的平衡，一般以基本生产车间能力为准，了解辅助车间生产能力配合协调情况，在能力不平衡时，就应采取措施使之达到平衡。

## 5.2 生产能力的合理利用

在生产任务安排时，经常碰到这样的问题：有 n 项任务要分派 m 部机器或 m 个人去完成，由于每部机器完成各项任务的生产效率不同，或生产费用不相同，生产任务应如何分配，使分配方案总费用最小，或完工时间最短，这就是分配问题。分配模型的数学形式如下：

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij}X_{ij}$$

约束条件：

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1 \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad j=1, 2, \dots, m$$

$$X_{ij}=0 \text{ 或 } 1$$

式中：C<sub>ij</sub>——第 i 项工作分配于第 j 部机器上加工的费用或作业时间。

x<sub>ij</sub>——第 i 项工作分配于第 j 部机器上作业；

x<sub>ij</sub>=1，表示第 i 项工作分配于第 j 部机器上；

x<sub>ij</sub>=0，表示第 i 项工作不分配到第 j 部机器上。

一般常用于分配问题的方法有匈牙利法和分支界限法。

例：有三项工作分配给三部机器加工，各项工作在各机器加工因生产效率关系，其成本不等，如表 5.3 所示。

表 5.3 成本表

工作 \ 机器	I	II	III
A	25	31	35
B	15	20	24
C	22	19	17

用匈牙利法求解如下：

### 1. 确定工作机会成本

工作机会成本的计算方法是：将成本矩阵各列数值减去其各列数值中的最小值，(该数不能为 0)如图 5.1(a)，(b)。

## 2. 确定总机会成本

	I	II	III
A	25	31	35
B	15	20	24
C	22	19	17

(a) 成本矩阵

→

	I	II	III
A	10	12	18
B	0	1	7
C	7	0	0

(b) 工作机会成本矩阵

图 5.1 工作机会成本示意图

总机会成本的计算方法是：将图 5.1 (b) 各行的数值减去其各行中最小值 (此数不能为 0，如该行已存在一个 0，则不再计算)，如图 5.2 所示。

	I	II	III
A	0	2	8
B	0	1	7
C	7	0	0

图 5.2 总机会成本矩阵图

## 3. 判定是否求得最佳分配方案

判定是否求得最佳分配方案的方法是：对总机会成本矩阵画出能包含所有 0 的线，并使画出的线最少 (如图 5.2 所示)。如果画出的线数与行数或列数相等，则表明已获得最佳分配方案，否则进入 4。本例需要三根线，但现在只需要两根线就包含所有 0，则尚未获得最佳方案。

## 4. 重新计算总机会成本

(1) 对图 5.2 中所有未被画线包含的数值各减去其中最小的未被画线包含的数值。 (2) 被画线所包含的数值，除各线相交处需加上此一最小值外，其余数不变，如图 5.3 (b) 所示。

## 5. 重复 3

如图 5.3 (b) 所示，如果所画的经与行数或列相等，则获得最优方案，进行 6；否则，再重得 4。不断重复 3 与 4，直到获得最佳方案为止。从图 5.3 (b) 知，本例已获得最佳分配方案，故进入 6。

	I	II	III
A	0	2	8
B	0	1	7
C	7	0	0

(a)

→

	I	II	III
A	0	1	7
B	0	0	6
C	8	0	5

(b)

图 5.3 工作机会成本示意图

## 6. 作出实际分配方案

最佳分配的原则是分配具有零值的机会成本去完成生产任务。具体作法是从某行或某列中唯一的 0 开始，如无这种 0 则可以从任何一个 0 开始。本例中第一行只有一个 0，故应从 A I 开始，其分配方案为：

A I，B II，C III。 总成本=25+20+17=62。

## 5.3 生产计划的编制

### 5.3.1 生产计划系统的组成和作用

生产计划系统是一个包括需求预测、中期生产计划、生产作业计划、材料计划、能力计划、设备计划、新产品开发计划等相关计划职能，并以生产控制信息的迅速反馈连接构成的复杂系统。

在现代企业中，企业内部分工精细，协作严密，任何一部分活动都不可能离开其他部分而独立进行。尤其是生产活动，它需要调配多种资源，按时、按量地提供所需的产品和服务，因此必须要有周密的计划来指挥企业各部分的生产活动。生产计划的作用就是要充分利用企业的生产能力和其他资源，保证按质、按量、按品种、按期限地完成订货合同，满足市场需求，尽可能地提高企业的经济效益，增加利润。

### 5.3.2 生产计划的层次

企业中的各种计划，一般可分为战略层计划、战术层计划和作业层计划三个层次，如表 5.4 所示。

表 5.4 不同层次计划的特点

项目	层次	战略层计划	战术层计划	作业层计划
计划期		长(>=5 年)	中(1 年)	短(月、旬、周)
计划的时间单位		粗(年)	中(月、季)	细(工作日、班次、小时、分)
空间范围		企业、公司	工厂	车间、工段、班组
详细程度		高度综合	综合	详细
不确定性		高	中	低
管理层次		企业高层领导	中层、部门领导	低层、车间领导
特点		涉及资源获取	资源利用	日常活动处理

由表中可以看出，三个层次的计划有不同的特点，从战略层到作业层，分别对应从高到低的管理层次，计划期由长到短，计划的时间单位越来越细，覆盖的空间范围越来越小，计划的内容越来越详细，计划的不确定性越来越小。生产计划也与其他计划一样，具有以下三个层次。

#### 1. 长期生产计划

长期生产计划属于战略计划范围。它的主要任务是进行产品决策、生产能力决策以及确立何种竞争优势的决策。涉及产品发展方向、生产发展规模、技术发展水平、新生产设施的建造等。

#### 2. 中期生产计划

中期生产计划属战术性计划。在我国企业中通常称之为生产计划或生产计划大纲；其计划期一般为一年，故许多企业又称之为年度生产计划。它的主要任务是在正确预测市场需求的基础上，对企业在计划年度内的生产任务作出统筹安排，规定企业的品种、质量、数量和进度等指标。充分利用现有资源和生产能力，尽可能均衡地组织生产活动和合理地控制库存水平，尽可能满足市场需求和获取利润。

中期生产计划是根据市场需求预测制定的，它的决策变量主要是生产率、人力规模和库存水平。其目标是如何充分利用生产能力，满足预测的用户需求，同时使生产率尽量均衡稳定，控制库存水平并使总生产成本尽可能低。对于处理流程型企业，中期计划的作用是非常

关键的，这是由于这类企业具有设备或生产设施价格昂贵、生产连续进行、生产能力可以明确核定以及属于备货生产方式等性质。而对于制造装配型企业，由于生产能力的定义随产品结构的变化而改变，难以在制定中期计划时准确的核定；加上其主要属订货生产方式的性质，在制定中期生产计划时往往缺乏准确的订货合同信息，故中期生产计划只能起到一种指导作用。这类企业生产计划的重点是短期生产作业计划。但是，为了那些实现了流水生产和接近流水生产性质的加工装配企业来说，中期计划同样起着重要的作用。

### 3. 短期生产作业计划

短期生产作业计划，或称生产作业计划。它的任务主要是直接依据用户的定单，合理地安排生产活动的每一个细节，使之紧密衔接，以确保按用户要求的质量、数量和交货期交货。

生产作业计划是生产计划的具体实施计划。它是把生产计划规定的任务，一项一项地具体分配到每个生产单位、每个工作中心和每个操作工人，规定他们在月、周、日以至每一个轮班的具体任务。因此生产作业计划是一项十分细致和复杂的工作。对于制造装配型企业，生产作业计划的地位和作用很关键。对于这类企业，如何安排和协调材料、零部件和完工产品的加工进度和加工批量，确保交货并使库存尽可能少，是这类企业作业计划面临的主要挑战。

## 5.3.3 年生产计划的主要指标

年生产计划是对计划年度的生产任务作出的统筹安排，规定企业在计划期内生产的品种、质量、数量和进度等指标。企业的生产计划是根据企业的经营计划和生产能力编制的，同时，它又是企业其他计划如物资供应计划、劳动工资计划等的依据。编制生产计划的任务，就是要充分利用企业的生产能力和其他资源，保证按质、按量、按品种、按期限地完成订货合同，满足市场需求，尽可能地提高企业的经济效益。

生产计划的主要指标有品种、产量、质量、产值和出产期等。

### 1. 品种指标

它是企业在计划期内出产的产品品名、型号、规格和种类数。它涉及“生产什么”的决策。确定品种指标是编制生产计划的首要问题，关系到企业的生存和发展。

### 2. 产量指标

它是企业在计划期内出产的合格产品的数量。它涉及“生产多少”的决策，关系到企业能获得多少利润。产量可以台、件、吨表示。对于品种、规格很多的系列产品，也可用主要技术参数计量，如拖拉机用马力、电动机用千瓦等。产量指标是企业进行供产销平衡和编制生产计划，组织日常生产的重要依据。

### 3. 质量指标

它是企业在计划期内产品质量应达到的水平，常采用统计指标来衡量，如一等品率、合格品率、废品率、返修率等。

### 4. 产值指标

它是用货币表示的产量指标，能综合反映企业生产经营活动成果，以便于不同行业比较。根据具体内容与作用不同，有工业总产值、商品产值、工业净产值、工业增加值和工业销售产值等指标。

#### (1) 工业总产值

工业总产值是以货币表现的工业企业生产的产品总量，它反映一定时期内工业生产的总规模和总水平，是研究工业企业的发展生产速度、国民经济各部门的比例关系、以及计算劳动生产率、固定资产利用率等的重要依据。

工业总产值的计算原则是按“工厂法”，即按每一个企业的工业生产活动中最终成果计

算，企业内部是不许重复计算的，也就是工厂与工厂之间是有重复计算的。工业总产值指标反映了一个企业的总规模、总水平和发展速度。但主要的缺点是计算重复太多，受转移价值的影响，不能反映节约物耗等的效果。

工业总产值的计算公式是：

工业总产值=成品价值+工业性作业价值+自制半成品、在制品期末期初结存量差额的价值。

计算产值的价格有不变价格和现行价格两种：

### ① 不变价格

把某一时期的产品出厂价格固定下来，作为相当长的时期内的全国统一的计算价格，是为不变价格。不变价格定期要作修改，采用不变价格的主要原因是可以消除统计数字上的价格变动因素。

### ② 现行价格

各个时期实际执行的价格，是对不变价格相对而言，如产品的实际出厂价格，包括成本、税金和利润，不包括与工业生产活动无直接关系的各项费用。

至于没有规定不变价格的工业性作业，可按加工收入费用计算总产值，因此它的不变价格和现行价格是相同的。

由于企业的生产是连续进行的，必须有一个在制品的结存量，同样的需要计算产值。计算的方法有：

### ① 工时进度法

工时进度法是根据在制品实际完成的定额工时数来计算的，就是根据制造某产品时所需要的定额工时总数和产品单价，求出每一定额工时的单价乘以在制品实际完成的定额，即得在制品的产值，其基本计算方法是：

$$\text{在制品价值} = \frac{\text{单位产品不变价格}}{\text{单位产品定额工时}} \times \text{在制品实际完成定额工时数}$$

$$\text{或} \quad = \text{工时单价} \times \text{在制品实际完成定额工时数}$$

这种方法适用于单件小批或品种规格复杂的产品。

### ② 零件工序进度法

用这种方法计算比较准确，但要先编好产品各种零件、各道工序的不变价格表。计算时对在制品逐一乘上相应的不变价格，得出全部在制品的价值总额。其基本计算方法是：

$$\text{零件不变价格} = \text{产品不变价格} \times \frac{\text{零件计划成本}}{\text{产品计划成本}}$$

也可用

$$\text{零件不变价格} = \text{产品不变价格} \times \frac{\text{单位零件定额工时}}{\text{单位产品定额工时}}$$

计算每道工序的不变价格可与上法相同。本法虽然比较准确，但计算工作量大，因此只适用于生产方向固定，产品品种简单，成批或大量生产的企业。

### ③ 零部件进度法

这种计算方法与零件工序进度法基本相同，即要先编好各种零部件的不变价格表，再根据中间仓库已检验合格入库的零部件数，方能计算其价值。这种方法计算工作量也比较大，因此，同样只适用于生产方向固定，产品品种简单、成批或大量的生产。

## (2) 商品产值

商品产值是工业企业在一定时期内生产的,可供销售的合格产品和完成的工业性作业的价值,也是衡量企业生产成果的重要指标之一。根据要求分别用不变价格和现行价格计算,包括计划期内出产的可供销售的产品、来料加工以及工业性作业等。计算公式是:

商品产值=全部合格产品×不变价格单价(或现行价格单价)+工业性作业加工费

### (3) 工业净产值

工业净产值是工业活动新创造的价值,也就是从工业总产值中扣除了物质消耗以后的净值。所谓物质消耗是指生产过程中所消耗的原材料、辅助材料、燃料、动力、低值易耗品、管理、办公所用物质的消耗总和。

工业总产值原由三部分组成:

- ① 生产过程中物质消耗的价值  $c$ , 也即转移的价值。
- ② 劳动者创造的作为劳动报酬的价值  $v$ , 在工业企业中即为工资和福利基金。
- ③ 劳动者为社会提供的公共积累  $m$ , 在工业企业中即为税金和利润。

后二部分的价值即构成净产值,亦即净产值= $v+m$ 。因此,工业净产值不受转移价值大小的影响,与企业所消耗的劳动工作量基本相适应。净产值的计算方法有两种:

#### ① 生产法

从工业总产值中扣除物质消耗价值的算法,所有物质消耗的价值须按照工业总产值的计算口径加以调整,算法比较繁琐。

工业净产值=工业总产值(现行价格)-物质消耗的价值

#### ② 收入法

净产值=固定资产折旧+劳动者报酬+生产净税额+企业盈利

式中固定资产折旧是固定资产在使用过程中,通过逐渐损耗而转移到产品成本中的那部分价值,即为补偿生产中所耗用的资产而提取的价值。固定生产折旧由两部分组成,一是按规定比率提取的基本折旧;一是恢复固定资产在使用过程中已损耗部分的价值而发生的大修理费用。

生产税净额,指企业向政府缴纳的生产税与政府向企业支付的生产补贴相抵后的差额。

### (4) 工业增加值

工业增加值是工业企业在工业生产活动中创造的价值,或称“增加了的价值”。工业增加值包括净产值和固定资产折旧,是国民生产总值的重要组成部分。它能更科学、更全面地反映工业生产经营活动的最终成果。

工业增加值与工业净产值的主要区别有:工业增加值包括折旧费,而工业净产值不包括折旧费;工业增加值不包括对非物质生产部门的劳务支出,而工业净产值则包括非物质生产部门的劳务支出;增加值不包括利息支出,而净产值则包括利息支出”

工业增加值一般用现行价格计算。

### (5) 工业销售产值

工业销售产值是工业企业的计划期内销售的产品价值。它反映工业企业产品销售的规模和速度。工业销售产值的计算基础是工业产品销售总量,不论是否本期生产,只要是在本期销售的都应计算工业销售产值。而工业总产值的计算基础是工业产品生产总量,只要是本期



生产的不论是否销售都要计算工业总产值。

工业销售产值根据需要可采用现行价格计算，也可采用不变价格计算。当计算工业产品销售率时(现行工业销售产值与现行工业总产值之比)用现行价格，当计算工业生产发展速度时用不变价格。

5. 出产期

它是为了保证按期交货确定的产品出产期限。正确地决定出产期很重要。因为出产期太紧，保证不了按期交货，会给用户带来损失，也给企业的信誉带来损失；出产期太松，不利于争取顾客，还会造成生产能力浪费。

5.3.4 生产计划的编制方法

1. 生产计划的编制原则

- (1) 编制计划必须有全局观点，即必须服从国民经济计划的目标与方针。
- (2) 编制计划必须积极平衡，也就是要充分运用企业的现有资源，发挥现有生产能力，挖掘生产潜力，扬长避短，然后进行协调和发展。
- (3) 编制计划必须留有余地，防止订得过紧，以便能应付新的情况。
- (4) 编制计划必须切合实际，要深入市场和企业实际，进行调查研究。
- (5) 编制计划必须有可靠的核算基础，即指生产能力、定额与利用系数等。

2. 生产计划的编制依据

编制生产计划必须有可靠的依据，因此在编制时必须搜集和掌握大量的资料。表 5.5 是编制生产计划所必需的资料。

表 5.5 生产计划编制资料表

序号	资料内容	用途
1	上级下达的国家计划指标	确定指标
2	销售计划与协议、合同	确定产品与进度
3	市场预测	确定产品、产量与进度
4	企业的长期计划	确定产品产量
5	库存储备量	确定产品产量
6	生产技术准备情况	落实准备工作
7	材料、外购件、配套件、外协件供应情况	落实准备工作
8	计划生产能力	平衡生产
9	劳动定额	核算依据
10	期量标准	确定批量与进度
11	外协情况	落实进度
12	统计资料(产量单位，不变价格，现行价格)	计算指标

3. 生产计划与生产类型

生产计划的编制因为生产类型的不同，重点也有所不同。

(1) 大量生产的生产计划重点

大量生产的生产管理要求是生产品种稳定，并反复连续进行，才可为固定的产品设计专用工序和设备。生产计划的编制要注意下列各点：

- ① 生产能力包括各工序的能力已定，因此编制生产计划要经常保持一定的生产水平；
- ② 通过预测等手段使设计的生产能力与需求量相适应；
- ③ 也可通过调节库存产品来调整销售量和产量之间的差额；

④ 产品品种难以急剧改变，因此，新产品的生产和产品型号的改变必须长期地有计划地进行。

(2) 成批生产的生产计划重点

成批生产的管理方式，是在一次程序安排中，集中一定数量的同一品种连续地进行生产，通过一次一次程序的安排，在同一作业工序中，依次进行不同品种的轮番生产。编制成批生产的生产计划要注意下列各点：

- ① 确定最佳的投入顺序和批量，以减少工序的空闲时间和调整准备时间；
- ② 通过零件的通用化和同类产品的安排，以减少各工序需要更换的产品品种数；
- ③ 从设备上、技术上和经济上来确定批量的标准。

(3) 单件小批生产的生产计划重点

单件小批生产的管理方式是指在设备、工艺上能生产较大范围的产品品种，可灵活地接受订货任务，并根据订货的交货期进行生产的方式。编制这种生产计划要注意下列各点：

- ① 必须正确估计从订货到产品出厂所需的时间(交货期)以免影响交货；
- ② 必须重视工序的平衡问题，保持生产过程的连续性，使各道工序能力有效地发挥出来；
- ③ 必须随时掌握工序的剩余能力，以便能灵活地满足订货的要求和作出合理的安排。

4. 品种确定——收入利润顺序法

对于多品种批量生产，有品种选择问题，确定生产什么品种是十分重要的决策。确定品种可以采取收入利润顺序法。

收入利润顺序法是将生产的多种产品按销售收入和利润排序，并将其绘在收入利润图上，表 5.6 所示的某企业八种产品的收入和利润次序，可绘在图 5.4 上。 表 5.6 销售收入和

利润次序表								
产品代号	A	B	C	D	E	F	G	H
销售收入	1	2	3	4	5	6	7	8
利润大小	2	3	1	6	5	8	7	4

从图 5.4 可以看出：一部分产品处在对角线上，一部分产品处在对角上方，还有一部分产品处在对角线下方。

对于销售收入高，利润大的产品，即处于图 5.4 左下角区的产品是应该生产的。相反，对于销售收入低，利润小的产品(甚至是亏损产品)，即处于图 5.4 右上角区的产品，需要作进一步分析采取相应对策。其中很重要的因素是产品生命周期。

如果是新产品，处于导入期，因顾客不了解，销售额低；同时，由于设计和工艺未定型，生产效率低，成本高，利润少，甚至亏损，就应该继续生产，并作广告宣传，改进设计和工艺，努力降低成本。

如果是老产品，处于衰退期，就不应该继续生产。除了考虑产品生命周期因素以外，还可能其他因素，如质量不好，则需提高产品质量等。

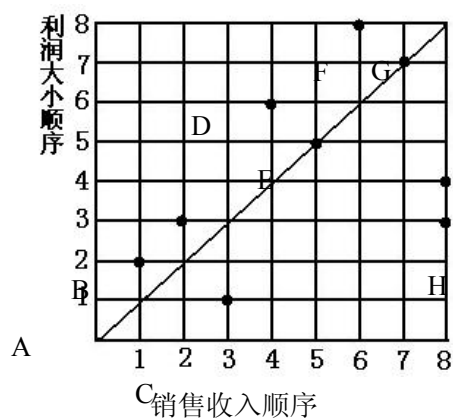


图 5.4 收入利润次序图

### 5. 生产计划的优化方法——最小费用法

设某工厂对某产品的市场需求预测得表 5.7 数字：

表 5.7 市场需求预测表

1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	共计
100	180	220	190	160	350	1200

该厂的交货不允许脱期，其余的生产条件如下：

工厂的正常月产能力	180 套
每月加班能力为 20%	36 套
每月外包能力	50 套
正常生产单位成本	100 元
加班生产单位成本	107 元
外包单位成本	113 元
每月单位保管费	2 元

若以  $i$ ——生产方式， $j$ ——生产月， $k$ ——需求月，

则  $y_{ijk}$ ——用  $i$  方式在  $j$  月为  $k$  月需要而生产的产量( $k > j$ )，

$r_{ijk}$ ——用  $i$  方式在  $j$  月生产存至  $k$  月的单位成本，

即  $r_{ijk} = c_{ij} + h_j + h^{j+1} + \dots + h_k - 1$ ，

$c_{ij}$ ——用  $i$  方式在  $j$  月生产的单位成本，

$h_j$ —— $j$  月的保管成本， $p_{ij}$ ——用  $i$  方式的  $j$  月生产能力。

则可作成有最小费用的表 5.8。

表 5.8 最小费用表

需求月(K) 方式 生产月(j)		1 月	2 月	...	T 月	P=生产能力
1 月	1	$r_{111}$ $y_{111}$	$r_{112}$ $y_{112}$		$r_{11t}$ $y_{11t}$	$\sum y_{11k} \leq p_{11}$
	2	$r_{211}$ $y_{211}$	$r_{212}$ $y_{212}$		$r_{21t}$ $y_{21t}$	$\sum y_{21k} \geq p_{12}$
	...	...	...	...	...	...
	$m$	$r_{m11}$ $y_{m11}$	$r_{m12}$ $y_{m12}$		$r_{m1t}$ $y_{m1t}$	$\sum y_{m1k} \leq p_{m1}$

2 月	1		$r_{122}$		$r_{12t}$	$\sum y_{12k} \geq p_{12}$ $\sum y_{22k} \geq p_{22}$ $\dots$ $\sum y_{m2k} \leq p_{m2}$
	2		$y_{122}$		$y_{12t}$	
			$r_{222}$		$r_{22t}$	
	...		$y_{222}$		$y_{22t}$	
	m		$r_{m22}$		$r_{m2t}$	
			$y_{m22}$		$y_{m2t}$	

需求月(K) 方式 生产月(j)		1 月	2 月	...	T 月	P=生产能力
...	1	...	...		...	...
...	2	...	...		...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	m	...	...		...	...
T 月	1				$r_{1tt}$	$\sum y_{1tt} \leq p_{1t}$ $\sum y_{2tt} \geq p_{2t}$ $\dots$ $\sum y_{mtt} \leq p_{mt}$
	2				$y_{1tt}$	
				...	$r_{2tt}$	
	...				$y_{2tt}$	
	m				$r_{mtt}$	
					$y_{mtt}$	
D=需求数		$\sum y_{ij1}=D^1$	$\sum y_{ij2}=D^2$	...	$\sum y_{ijk}=D^k$	$=\sum D_k$

该表的作法是，每一行是该月按各种方式为各交货月的生产数；每一列是各月为该月交货的生产数；每一格填上该期该生产方式的生产费用。根据不准脱期交货的原则和最小费用的方法，便可求出各期各种生产方式的生产数。

例如以 3 月交货为例，最小的生产费用首先是同月的正常生产  $r^{133}=100$  元，按照生产能力(见表 5—12 末列同行)只有  $p^{13}=180$ ，不能满足需求数  $D^3=220$ ，求其次的最小费用是 2 月份为当月交货的正常生产，即  $r^{133}=100+2=102$  元，不过该行早在 2 月份已全部满足生产能力  $p^{12}$ ；再次是 1 月份为 3 月交货的正常生产  $r^{133}=100+2+2=104$  元，生产能力除去 1 月份已为当月交货生产的 100 以外，可以安排 3 月份需交货的余数 40 等等。这样的求法从 1 月份开始依次求去，便可求出整个生产数的最小费用生产方法，详见表 5.9。

表 5.9 生产数的最小费用生产方法表

方 式 i j		K						能力 剩余	生产 能力 P
		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月		
1 月	正常	100 100	102	104 40	106 10	108	110 30	0	180
	加班	107	109	111	113	115	117	36	36
	外包	113	115	117	119	121	123	50	50
2 月	正常		100 180	102	104	106	108	0	180
	加班		107	109	111	113	115	36	36
	外包		113	115	117	119	121	50	50
3 月	正常			100 180	102	104	106	0	180
	加班			107	109	111	113	36	36
	外包			113	115	117	119	50	50

4 月	正常				100 180	102	104	0	180
	加班				107	109	111 36	0	36
	外包				113	115	117	50	50
5 月	正常					100 160	102 20	0	180
	加班					107	109 36	0	36
	外包					113	115	50	50
6 月	正常						100 180	0	180
	加班						107 36	0	36
	外包						113 12	38	50
需求数 (D)		100	180	220	190	160	350		1200

可从表 5.9 计算出生产总费用表如 5.10 所示。

表 5.10 生产总费用表

生产月	生产量			需求量	各月 期末存量
	正常	加班	外包		
1	180			100	80
2	180			180	80
3	180			220	40
4	180	36		190	66
5	180	36		160	122
6	180	36	12	350	0
合计	1080	108	12	120	388
费用	10800	11556	1356		776

共计生产费用：121688 元。

## 6. 滚动式计划编制方法

滚动式计划法也是一种编制计划的新方法。这种方法适用于编制灵活、有弹性的各种计划，可以使企业在适应市场需求的同时，保持生产的稳定和均衡。

按编制滚动计划的方法，整个计划期被分为几个时间段，其中第一个时间段为执行计划，后几个时间段的计划为预计计划。执行计划较具体，要求按计划实施。预计计划比较粗略。每经过一个时间段，根据执行计划的实施情况以及企业内、外条件的变化，对原来的预计计划作出调整与修改，原预计计划中的第一个时间段的计划变成了执行计划。比如，2004 年编制五年计划。计划期从 2005 年至 2009 年，共五年。若将五年分成五个时间段，则 2005 年的计划实施之后，又根据当时的条件编制 2006—2010 年的五年计划，其中 2006 年的计划为执行计划，2007—2010 年的计划为预计计划。依次类推。修订计划的间隔时间称为滚动期，它通常等于执行计划的计划期。滚动计划的时段可为年、季、月或更短的时间间隔。

滚动式计划方法有以下优点：

(1) 计划是动态型的，计划的应变性和严肃性均得到保证。原来编制的三年或五年长期计划和年、季、月计划，一经编制完成后，计划量不再变动，计划也不再修订。如果第一期实施结果出现偏差，以后各期计划如不作出调整，计划就会流于形式。而滚动式计划，无论是长期和短期的计划，在一个滚动期内，计划量要按社会需要不断地进行调整变动，要按滚动期延续不断地编制计划。预计计划允许修改，所以滚动式计划有适应市场需要，具有应变性的特点；同时，因执行计划与编制计划的时间接近，内、外条件不会发生很大变化，可以基本保证完成，又体现了计划的严肃性。

(2) 提高了计划的连续性。企业生产滚动式计划模式如图 5.5 所示。

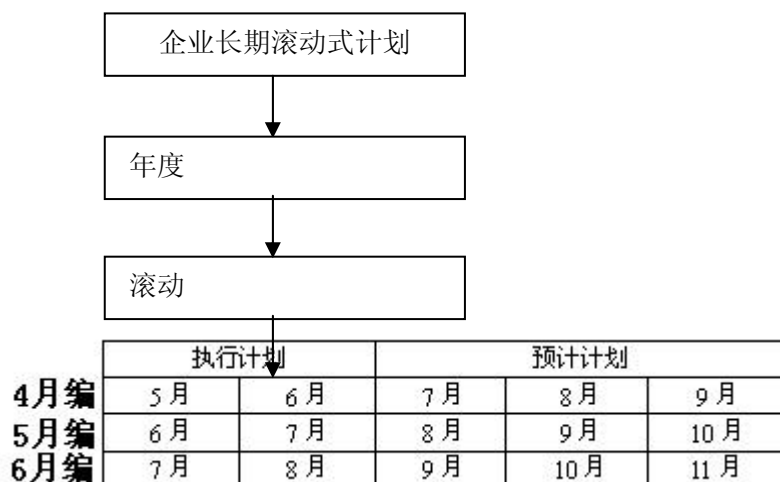


图 5.5 企业生产滚动式计划

图 5.5 中滚动期为五个月，时间段为一个月，即 4 月编 5、6、7、8、9 月的计划，5 月编 6、7、8、9、10 月的计划，4 月编的 7、8、9 月计划和 5 月编的 8、9、10 月计划是预订计划。在一个滚动期内，实行计划和预订计划应为多长时间，要根据企业具体情况确定。

## 本章小结

生产能力是企业全部生产性固定资产，在一定的时期内，在一定的生产技术和组织条件下，所能生产一定种类产品的最大产量。

企业的生产能力依据其用途的不同，可分为设计能力、查定能力和现有能力。

影响企业的生产能力的因素有：在使用中固定资产的数量、固定资产的有效工作时间和固定资产的生产效率。

生产能力的计算方法可分为单一品种和多品种，而多品种中又可分为以代表产品、假定产品和产品重量作为生产能力的计量单位。

生产能力的合理利用直接影响企业的生产成本和市场竞争能力，方法有介乘数法和匈牙利法和分支界限法。

生产计划是企业执行生产任务的行动大纲，它是一个系统，有长期生产计划、中期生产计划和短期生产计划等多项计划组成的计划体系。

生产计划的主要指标有品种、产量、质量、产值和出产期。编制的方法有收入利润顺序法、最小费用法和滚动式计划法。

---

### 复习与思考

1. 什么是生产能力？生产能力的类型有哪些？影响企业生产能力的主要因素是什么？
  2. 一般可用哪几种计量单位来计算工业企业的生产能力？
  3. 企业生产计划中的主要指标有哪些？如何计算？
  4. 企业生产计划可分为哪几种，如可编制企业的生产计划？
  5. 不同生产类型的企业生产计划的编制重点是什么？
- 

## 案例分析

## “政策地震”引发手机降价潮

手机真的要当成“白菜”卖?上周,苏宁电器宣布,诺基亚、摩托罗拉、TCL等8个国内外手机品牌已经瓜分了全年500万部直供订单里的80%,这意味着苏宁已拿到这八大品牌个别机型的最低进价,今后将成堆特卖。而上周末在国美100多家门店展开的促销活动中,品牌手机的平均降幅为20%。由于一周前“政策地震”的因素,手机降价如一场巨大的“海啸”扑面而来。

### 手机进入“围城”时代

自1999年以来,我国一直实行手机生产许可证制度,把不少想进入手机行业的企业挡在门外。迄今信息产业部共向37家企业颁发了49张牌照。一直到去年,手机行业持续多年的高增长、高利润变奏曲戛然而止。上月20日,国家发改委公布《移动通信系统及终端投资项目核准的若干规定》,规定提出,手机生产商“注册资本不低于2亿元”。一夜之间,这项新政策引发了“地震波”,国内40家拟投资手机生产的企业欢掀鼓舞跃跃欲试,持牌企业忧心忡忡。业界戏称手机进入“围城”时代,而分析家则认为手机行业成了高危投资领域。

这一新政策出台将带来行业的重新洗牌。初步预计,现有产能加上拟新上手机项目的企业,国内手机产能将超过5亿部,约为全球需求量的80%以上。虽然尚处于向发改委申请核准的阶段,奥克斯手机却已提前一步现身京城手机市场,宣传口号就是“手机当成白菜卖,上市不过1000块”。在行业新锐如此猛烈的进攻下,原有品牌手机价格底线自然难以坚持。

### 去年库存4000万部

去年,国产手机生产6600万部,销售3500万部,库存积压高达40%以上。加上国外品牌产品的库存积压,全年手机库存超过4000万部。这4000万部积压货以每部1000元成本计算,相当于400亿元的资金。以市面上40个品牌平摊的话,每个工厂要承担10亿元的资金沉淀。随着手机产品的市场生命周期越来越短,4000万部库存的价值正在呈现出一种加速贬值的态势,这无异于一把高悬在手机生产商头上的“达摩克利斯之剑”。

资料来源:新民晚报.2005年3月1日

### 思考题:

1. 为什么“奥克斯”手机在北京手机市场促销“口号”是“手机当成白菜卖,上市不过1000块”?
2. 为什么2005年新春过后,国内手机市场上各品牌纷纷降价?并从生产能力的角度分析导致手机降价潮的主要原因?

## 练习题

1. 某化工车间有10台反应釜,每台平均年有效工作时间为2500小时,加工A、B、C三种化工产品,年计划产量分别为100吨,200吨和250吨。每吨产品所需反应釜台时分别为20小时,30小时和40小时。

求: (1) 该车间以A产品为代表产品的生产能力和负荷系数。

(2) 该车间以假定产品为计量单位的年生产能力和负荷系数。

2. 装配车间的装配面积为1200m<sup>2</sup>,其中通道面积为200m<sup>2</sup>,按二班制,每班8小时,每月22天计算。已知装配车间月度计划产品品种、数量、单产装配面积、装配周期如表:

品种	计划产量(台)	单产装配面积(m <sup>2</sup> )	单产装配周时(小时)
----	---------	-------------------------	------------

A	1080	5	20
B	1800	4	15
C	1200	5	24

要求：(1) 计算该车间以 A 为代表产品的月度装配面积生产能力。

(2) 计算装配车间的装配面积负荷率。

3. 某设备组全年总有效工时为 62500 台时，生产 A、B、C 三种产品，全年计划产量分别为 100 台、250 台和 150 台，单位产品加工时间分别为 90 台时、80 台时和 140 台时。

要求：(1) 以假定产品为计量单位计算设备组的生产能力。

(2) 计算该设备组的负荷率。

(3) 若将完成计划产量后剩余的加工能力用来生产 B 产品，则能够多生产多少台 B 产品。

4. 有 4 项工作分配给四部机器加工，各项工作在各机器加工成本不等，求使总成本最小的分配方案及总成本。

机器/成本/工作	I	II	III	IV
A	2	10	5	7
B	15	4	14	8
C	13	14	12	11
D	4	15	13	9

5. 某车间年末计算在产品价值，某种产品由 X、Y、Z 三种零件组成，按 X+Y+Y+Z 的顺序装配。三种零件的加工工序、加工工时定额(单位：小时)，各道工序的在制品数量(单位：件)都列于下表中，产品的不变价格为 1200 元，现行价格为 1100 元。

零件	工序	工时定额	在制品数
X	1	4	12
	2	8	6
	3	6	8
	4	12	4
零件	工序	工时定额	在制品数
Z	1	12	20
	2	18	12

零件	工序	工时定额	在制品数
Y	1	10	16
	2	5	30
	3	15	12
装配	工序	工时定额	在制品数
	X+Y	10	10
	(X+Y)+Y	10	10
	(X+Y+Y)+Z	10	/

要求：(1) 按工时进度法计算该产品的年末在制品价值(按不变价计算)

(2) 若该产品全年生产的产量为 500 台，年初在制品价值为 30000 元(不变价)，计算该产品以现行价格与不变价计算的商品产值和工业总产值。

6. 某车床组有 12 台车床，每月工作 22 天，二班制生产，停台率 10%，全月加工 A 产品，台时定额为 5.2 小时/台，月计划产量为 700 件。求该车床组的月生产能力和负荷系数。

7. 某工厂制订生产计划，其中有关 A 产品的资料如下：请作出最优的生产安排并计算相应的总费用。

工厂正常生产能力 80 件，正常生产单位成本 90 元，

每月加班生产能力 20 件，加班生产单位成本 100 元，

每月外包生产能力 20 件，外包生产单位成本 120 元，

每月单位管理费用 2 元

第一季度每月的 A 产品需求量(不允许缺货)：1 月份 80 件，



2 月份 90 件，3 月份 130 件。(提示：可将生产安排直接表示在下表中)

使用月份生产月份		1 月	2 月	3 月	生产能力	剩余能力
1 月						
2 月						
3 月						
月需求数量						

8. 某收录机生产厂家，生产 XL 牌收录机的需求预测，有关成本和生产能力数据如下表 1，表 2，表 3 所示。期初库存为 500 台，所期望的期末库存为 400 台。请用图表法来制定生产计划。按照该厂的经营方针，不允许任务拖期和库存缺货。

表 1	需 求 预 测				(单位：台)
	季度	1	2	3	4
	需求	2000	2500	1500	2500

表 2	成 本 数 据	
	单位产品的正常生产成本	70 元
	单位产品的加班生产成本	110 元
	单位产品外协成本	120 元
	单位产品库存成本	4 元/1 季度

表 3	生产能力数据				(单位：台)
	季度	1	2	3	4
	正常生产	1500	1600	750	1600
	加班生产	400	400	200	400
	外协	600	600	600	600

## 第 6 章 运营系统的选址和布局

本章关键词	
选址( Location)	对象专业化原则布局 (Product Layout)
工艺专业化原则布局 (Process Layout)	平面布置(Ichnography Layout)
布局(Layout)	机群式布局(Machine-Group Layout)

相关图(Correlative Map)

生产线布局(Production-Line Layout)

十字形象限法(Cross-Quadrant Method)

固定布局 (Fixed Layout)

成组技术 (Group Technology)

<http://www.mot.com>  
<http://re.icxo.com/>  
<http://manage.china-aaa.net>

一个企业的运营系统选址和布局？对企业来说是一个重要的决策，因为运营系统的选址和布局会影响到企业生产能力的布局、战略规划、基建投资、环境保护等问题，并且，运营系统的选址和布局一旦确定，设备一旦购入并安装好，想要改建和迁移是比较困难的事情，所以，生产运营系统选址和布局对于企业生产经营全局有重大的影响。

## 6.1 厂址选择

企业的厂址选择是企业运营系统实际投入进入实施阶段所面临的第一个问题。厂址选择正确，可能会使企业节约生产成本、加快产品运输速度、快速响应客户要求、市场信息传递速度加快，同时也能够使得企业各个层次的员工安

居乐业。如果厂址选择不正确，即选择在一个交通闭塞、信息传递不通畅、各种生产原材料不易获得、产品运输困难的地方，无疑会给企业带来极大的生产问题，降低了企业的竞争力。

所以，在考虑企业的厂址选择问题时，必须要注意厂址选择的选择程序、影响因素和方法等问题。

### 6.1.1 厂址选择的程序

工厂厂址的选择通常分两个层次进行。首先是选区，即选定若干个区域（地区），对这些区域进行分析评价。当大区选定以后，其次进行的是定址，就是在已定大区内具体选定工厂的地理位置。厂址选择是一项比较复杂的系统工程，需要有关部门和各种专业人员协同进行。具体来说，厂址选择的工作程序一般可分为以下三个阶段：

#### （1）准备阶段

本阶段的任务是：首先确定选址总体目标，并制定建厂规划；再根据企业的产品方案及生产规模，以及企业的职工人数、生产部门和车间构成等因素，来确定厂区的建筑面积和总面积；根据生产工艺和对外协作方案，计算进货和出货运输量，以此为根据设计出厂区的运输线路；提出对厂区地质和水文条件的具体要求；分析“三废”的性质，确定排放标准，并制定处理的方案等。

#### （2）现场勘察阶段

由设计单位和企业单位组成选址勘察小组，对所选厂址进行现场勘察和调查，收集所需的各种资料，并将调查结果整理成初步方案，报当地城建和环保部门审查，并听取他们的意见。最后将所有勘察的厂址方案整理成厂址方案汇总比较表，以便进行评选。

#### （3）评选和确定方案阶段

对候选的厂址方案，从企业经济效益和社会效益、近期效益和长远利益出发，进行全面的综合评价，从中选出一个最佳方案。

### 6.1.2 影响选址的因素

#### 1. 影响厂址选择的主要因素

影响厂址选择的因素很多，需考虑的主要因素有以下几方面：

##### （1）劳动力资源的供应条件

不同地区劳动力的工资水平和受教育的程度是不相同的，是否容易获得企业所需的合格劳动力，是选址时要考虑的重要问题。在某些地区由于受传统技术的影响，在这些地区能够比较容易的找到富有本地区技术特色的，符合某些特定要求的熟练工人。当前发展全球化生产的动力之一就是，企业试图在全球范围内找到劳动力成本更低的地区来设置工厂。

##### （2）原材料、燃料、动力的供应条件

出于供应时间和采购成本方面的考虑，对原材料、燃料消耗量大，依赖性强的企业必须认真考虑此项，如火电站希望靠近煤炭基地，建立坑口电站；大型钢铁厂希望靠近铁矿山，电解铝厂用电量大，宜建在电力供应充足，电费便宜的水电站附近等。

### （3）产品销售条件

工厂应尽可能接近产品的目标市场，以便产品就近迅速投放市场和节省运输费用，还便于及时掌握时常动态，从而能更好地适应顾客的需求。例如，新疆联合收割机厂把它的成品总装厂由新疆迁到山东、江苏等地以后，避免了庞大的联合收割机从新疆到华东、华中的长途运输过程，节约了大量的人力和运费，其中仅轮胎和发动机往返运费一项就使每台收割机节约 8000 元。

### （4）自然资源条件

这里自然资源条件包括土地资源的价格、水资源的供应潜力及水质情况、当地的气候条件等。对于某些用水量大的如造纸、制糖、化工等企业必须优先考虑该地区的水资源供应的可能性。水质不好对于酿酒的质量有重大影响，所以酿酒厂必然关心工厂所在地的水质情况。气候条件如温度、湿度、气压、风向等气候因素与产品的制造、库存和工人的工作条件直接相关。许多产品不适合在非常潮湿或寒冷的气候中生产，所以气候条件也是选址时必须考虑的重要因素之一。

### （5）交通运输条件

对于运输量大的企业，应根据原材料和产成品的体积、质量、形态等特点，选择运输方式，确定应靠近铁路、河流，还是安排在主干公路上。

### （6）当地社会的生产协作条件

在工业比较发达的地区建厂，企业容易获得良好的生产协作条件。对于加工装配型的机械制造企业和电子产品制造企业，需要由其他企业提供大量的零配件和元器件，因此，对工厂所在地的社会生产协作条件有很高的要求。

### （7）法律、法规和政策条件

不同的国家和地区有不同的法律、法规和政策，这是当今跨国公司在全球范围内选址时考虑的重要因素。特别是一些国家吸引外资，对国外企业来本国设厂给予许多优惠待遇，如在我国的经济特区、工业园区和高科技园区内设厂就有很多优惠。

### （8）科技依托条件

对于一些技术密集型企业，尤其是高薪技术企业，应选择在科技文化发达的地区建立企业基地。例如，许多跨国软件公司都把中国总部建立在北京。这其中一个决定性因素就是，北京有较多的知名的大学和科研机构，具有最佳的软件技术依托条件，有利于企业利用充分的科技人力资源，并且跨国公司还可以与这些大学和科研机构合作研发新产品。

## 2. 影响厂址选择的具体因素

当工厂设置在哪个区域选定以后，在确定工厂的具体地理位置时，应考虑以下一些因素：

### （1）厂区的地形、地貌和地址、水文条件

这些将直接影响建厂施工的土方工作量和地基的工作量及费用。

### （2）周围环境

所选厂区的位置，能否方便地利用城市原有的各种公用设施，为职工提供良好的生活环境也十分重要，如住房条件、生活必需品供应、子女上学、娱乐设备、交通条件、医院等等。否则一个企业要独立承担去建设企业的职工生活区，不仅投资大，而且建设周期长，必然事倍功半。对于一些高科技企业来说还希望选择在靠近科技力量雄厚的大学、科研机构集中的地

区建厂，以便获得良好的科技依托。

### （3）厂区的可扩展性

在市场需求多变，科学技术迅猛发展的今天，企业未来的发展存在许多不确定性。因此，在建厂时，不考虑企业今后的发展，不在厂区空间内适当留有余地是不明智的。另外，有些企业由于受资金的限制，不能一次建成到位，需要分期建设，因此在选定厂区时，也要做好总体规划，以便有计划地分步实施。

如上所述，在进行“选区”和“定址”工作时，要考虑的因素很多，而且这些影响因素有时是相互矛盾的，往往会顾此失彼。因此，必须综合建厂的具体要求和地区的实际情况，在上述诸多影响因素中分清主次，根据建厂中的主要矛盾，选其中最重要的几项因素，对候选方案进行评价，然后决策。一项全球范围内对许多制造业企业的调查表明，一般认为以下五组因素是进行工厂选址时必须认真考虑的：

- ① 与目标市场的接近程度；
- ② 劳动力资源供应条件；
- ③ 厂区周围的社会环境，职工的工作环境；
- ④ 与供应商和主要生产资源的接近程度；
- ⑤ 与本企业有关的其他部门和相关设备协作联系的方便性。

除此之外，在我国，能源供应与信息通讯等基础设备的完备情况，也是必须考虑的重要因素之一。

### 3. 厂址选择因素的具体应用

下面结合不同的企业类型，讨论厂址选择因素的具体应用。

#### （1）产品型工厂

这种类型的工厂通常是大批量地集中于生产一种或一个系列的产品。它可以是单厂企业，也可以是总厂（公司）或集团企业的一个分厂，它所面对的是整个市场对这种产品的需求。在这种企业中，由于工艺、设备和组织的水平平均较高，所以生产效率也很高，规模效益可得到很好的发挥。这类工厂在选址时，首先关注的就是要接近原材料产地或供应商。此外，应尽可能地争取使产品的外运成本达到较低水平。

#### （2）市场地区型工厂

这种类型的工厂一般生产所属公司所出产的所有产品，但其产品只供应某一特定的地区市场。它往往是某一大公司下设的一个分厂，当公司的业务规模较大，且运输成本所占比重较高时，为了减少运输成本，总公司往往需要设立这种分工厂，以适应某一地区市场发展的需要。它的选址首先考虑的是靠近目标市场及所需服务的用户周围。

#### （3）生产过程型工厂

这类工厂是流程型企业，在汽车厂、石化厂等企业中最常见。往往公司（或总厂）下属的几个分厂分别负责制造流程中的某几个阶段，再把各自的成品供应给一个或几个厂进行总组装。对制造产品的工厂来说，每一个阶段都可能具有不同的工艺、不同的材料来源、不

同的经营管理制度，但这些工厂在生产过程或工艺流程上有着十分紧密的关系。因此在选址时，应把公司下属的这几个分厂之间的联系作为重要的因素予以考虑。

#### （4）通用型工厂

这种类型的工厂灵活性较大，它并不固定生产某种产品，也不固定供应某一市场，经常根据市场情况调整自己的生产，因此它的生产条件和工艺技术柔性很强。这种类型的工厂在大企业中是不多见的，往往都是小企业。对它的选址要综合考虑多方面的因素，对于劳动力的素质尤其要特别给予关注。

上面对若干不同类型企业的选址因素进行了讨论，但在选址中情况往往十分复杂，因为上述因素往往是互相冲突、相互矛盾的，因此选址时需要根据具体情况进行多方案的对比分析。

### 6.1.3 厂址选择的评价方法

影响厂址选择的因素很多，其中有些因素可以定量计算，如物流系统的运输量和运输成本等，有些因素则只能做定性分析。因此厂址选择的评价方法需采用定性与定量相结合的方法。通常对于定性分析的因素，可以采用主观打分的方法把定量化后，转为采用定量分析方法进行处理。

采用分级加权法评价的步骤如下：

- （1）把有关的影响因素列出一个清单，并对各因素确定其权重；
- （2）对每一因素规定一个评价尺（许多情况下用分数作为标尺），然后对每个候选厂址按规定的评价尺打分；
- （3）把打分与权重相乘，选择候选厂址。

由于具体的操作方法不同，分级加权法又可细分为下述四种方法：

方法一：对所有因素给以同样的权重，然后按各因素的评价标尺给每一候选厂址按规定的评价标尺打分。例如，假定有 20 个因素，有 5 个候选厂址，规定评价标尺用 0 到 10 分表示，我们就可以对每个厂址的每一影响因素打分。于是，每个候选厂址的总分将为各因素的分数之和。然后，对这 5 个厂址各自所得恩德总分进行比较，选总分最高者。

方法二：对每一因素规定不同的权重，然后对每一候选厂址按评价标尺打分，计算并比较各候选方案得分与权重的乘积数，选取得分最高的候选方案。

方法三：对每一因素规定不同的权重，各个因素都用共同的评价标尺来进行每一候选方案的定级，将每一因素评定的等级乘以规定的权重，即得各候选厂址的每一因素的得分，将所有因素的得分加起来就是该厂址的方案的分总数。

方法四：建立一个所有因素共用的主观评价标尺，例如，可建立一个很差、尚可、中、良、优的 5 分制标尺，按此标尺对每一因素规定一个分数，然后对各因素打分，每一候选厂址各因素的得分总和，就表示有该厂址的优劣等级。  
对于一些非定量的因素，分级加权评分法是一种很有效的方法，对于一些可量化因素，也是可以采用本法，但最好结合定量分析方法进行评选。

下面用实例来说明分级加权评分法的运用

例 6.1 采用方法三来分级加权和打分

如表 6.1 所示,假定某厂有 4 个候选厂址 (A、B、C、D), 影响因素有 10 个。

表 6.1 影响因素表

影响因素	权数	候 选 厂 址			
		A	B	C	D
劳动力条件	7	14 2	21 3	28 4	7 1
地理条件	5	20 4	10 2	10 2	5 1
气候条件	6	18 3	24 4	18 3	12 2
资源供应条件	4	16 4	16 4	8 2	16 4
基础设施条件	3	3 1	3 1	9 3	12 4
产品销售条件	2	8 4	4 2	6 3	8 4
生活条件	6	6 1	6 1	12 2	24 4
环境保护条件	5	10 2	15 3	20 4	5 1
政治文化条件	3	9 3	9 3	9 3	9 3
扩展的余地	1	4 4	4 4	2 2	1 1
总计		108	112	122	99

① 规定权重

可选择影响最小的因素定其权数为 1(本例为“扩展的余地”)，其他因素的权数可通过与因素进行比较而确定。权数的确定可以由有经验的专业人员共同研究后决定。

② 规定评价标尺，并为各因素定级



权衡各种因素对候选厂址的影响，按其影响程度划分几个等级（本例分为 4 级），并相应地规定各等级的系数为 4，3，2，1。例如对“劳动力条件”这一因素，C 厂址最佳，其系数为 4；次之为 B，其系数为 3；再次之为 A。其系数为 2；最差为 D，系数为 1。

③ 计算得分

确定了权数和等级系数后，将两者相乘就可以计算出某一因素下各候选厂址的得分（本例的计算列与表 6.1 内，如在“劳动力条件”因素下，厂址 C 的得分为：7\*4=28，其余类推）。

④ 汇总得分，确定厂址

将每一个厂址在各因素下的所有得分加起来，其中总分最高者就是所要选择的最佳厂址（本例厂址 C 得分为 122，最高，故选定厂址 C）。

例 6.2 用方法四评选各候选方案

首先针对于候选的厂址方案，确定出需要考虑那些因素，再对每个因素规定评价的等级。然后由专家组对诶个候选方案进行打分，最后，按每个方案汇总所有因素的得分，以总分分值的大小决定方案的优劣。

兹将评价厂址方案需考虑的因素和各等级的分值列于表 6.2。

表 6.2 厂址方案等级分值表

考虑的因素	等级与分值			
	1 级<优秀>	2 级<良好>	3 级<中等>	4 级<较差>
投资费用	40	30	20	10
交通运输	40	30	20	10
能源供应	40	30	20	10
劳动力供应	30	22	15	8
水资源供应	30	22	15	8
生产协作	20	15	10	5
可扩展性	20	15	10	5
三废处理	20	15	10	5
汇总分值	240	179	120	61

今有甲、乙、丙三个候选方案，经专家组打分后各方案的得分情况列于表 6.3。

表 6.3 候选厂址方案得分表

考虑因素	甲方案		乙方案		丙方案	
	等级	得分	等级	得分	等级	得分
投资费用	1	40	2	30	3	20
交通运输	3	20	1	40	2	30
能源供应	1	40	3	20	2	30
劳动力供应	2	22	4	8	3	15
水资源供应	2	22	3	15	1	30
生产协作	3	10	2	15	1	20
可扩展性	1	20	3	10	4	8
可扩展性	2	15	3	10	1	20
三废处理		189		144		173
得分合评						

从表 6.3 各方案的得分情况来看，甲方得分最高，可以确定为中选方案。

除了用上述方法对候选的厂址方案进行评选外，还可采用线性规划法、层次分析法、费用/效率分析法等方法进行评选。由于这些方法在运筹学、技术经济学和工程经济学等书中均有介绍，此处不再赘述。

## 6.2 总平面布置

总平面布置是指企业根据自身实际生产状况、客户类型、产品特点、库存周期、物流配送等特点，按照科学合理的原则，把工厂的生产厂房的各种建筑物，如基本生产车间、辅助生产车间、行政办公大楼、科技大楼、公用设备、仓库、车库、油库等进行规划和布置，使之构成一个符合企业生产经营要求的有机整体，使其各项生产资源达到合理的配置和最大效益和最大效率的利用。通常来说，总平面布置主要指厂区平面布局。

厂区平面布局是在厂址选定，生产单位确定之后进行的一项重要的生产过程的空间组织工作。它是根据已选定的厂址的地貌，对组成企业的各个部分确定其平面或空间的位置，

并相应地根据物料流程，确定运输方式和运输路线。

厂区平面布局是一项复杂而庞大的系统工程。厂区布局进行的合理与否对企业的生产经营活动有着十分重要的影响，它影响企业的生产经营成本、职工的工作环境、物资运输流程以及企业的应变能力等。有关统计资料表明，在制造业中，总经营费用的 20%~50%是物资的搬运费用，而优良的厂区平面布置可使这一费用至少减少 10%~30%。因此，有的专家认为，厂区布局是生产运营管理领域最重要的工作之一，也是影响生产率高低的决定性因素之一。

## 6.2.1 厂区平面布局的原则

### 1. 以本生产单位为中心，保持厂区内各要素之间的协调配合

厂区的平面布局方案应以生产流程为中心，使厂房、建筑物和各种设备的配置满足企业生产过程的要求。例如，为基本生产车间服务的辅助生产车间和服务部门应围绕其服务对象进行布置；一个车间的出口应与工序上与其有着密切联系的另一车间的入口为邻等。

### 2. 合理划分厂区

厂房、建筑物的布置，必须符合安全、防火和环境保护的要求。为此应把功能相近或对防火等条件要求相同或相近的单位集中不止再同一区域内，这样既便于管理，也便于对不同的区域采取不同的安全防火措施。因此，一个企业的厂区内往往分为多个不同的功能区，如生产加工区（又分为冷加工区和热加工区）、动力区、行政办公区、生活区等。

### 3. 在全厂范围内规划合理的物流路线

围绕生产过程合理组织各种物资的厂区运输。尽量缩短运输距离，避免交叉运输和相向往复运输。出于安全的考虑，应避免物流运输的主干道与员工上下班的出入通道交叉。

#### （1）厂区的平面布局应尽量紧凑

在符合安全、卫生、防火要求的条件下，尽量把厂房建筑物和各种设备布置得紧凑一些。这样不仅可以节约用地，而且也缩短了厂区各种管理和线路的长度，既节省了投资费用，同时也可节省日后的运行费用。

#### （2）厂区的绿化和美化

厂区的布局要符合环保的要求，并要搞好绿化和美化，为职工创造一个良好的工作环境和生活环境。职工有良好的心情和旺盛的士气是企业具有活力和取得成功的基础。这里可能需要艺术造型、园林设计等专业知识。

#### （3）厂区布局要考虑企业的远景发展

在厂区布局时要根据企业的长远发展规划，在现有的厂区面积上为企业今后可能有的发展预先留出必要的空间。

#### （4）充分利用外部环境提供的便利条件

在进行厂区布局时应充分考虑环境因素给予的各种便利条件，并尽可能予以利用，特别是厂外的公用设备、公路、河道以及城市的居民区、商业区等。生产过程的流向和运输系统的配置，应于厂外提供的运输条件协调、衔接，以保证物资输入和产品输出的顺畅与方便。

#### （5）厂区布局要与周围环境相协调

企业应牢固树立自己是社会的一员、积极造福于社会的思想。在进行厂区布置时，应使厂

区的环境、建筑群的布置和式样与周围的社区环境相协调,尤其是在历史名城或风景区附近。

### 6.2.2 厂区平面布置的程序

厂区平面布置工作一般可按下述程序进行:

#### 1. 明确目标

通过合理的厂区布局,应使厂区的各个组成部分井然有序,整齐美观,以便为企业员工创造一个良好的工作环境,同时也能够使来访者留下深刻的印象。同时还要有效利用厂区面积,节约投资,合理组织物流,既提高工作效率,又降低生产运营费用。

#### 2. 收集资料

为进行厂区的总平面布置收集所需的各种资料。这里涉及:

(1) 基础资料。包括厂区的地形地貌、水文地质、厂区面积、自然条件、交通运输条件、当地的政策法规、经济情况以及有关建厂的各种协议文件等。

(2) 工厂生产单位的组成及其专业化形式。

(3) 生产系统图。所谓“生产系统图”即使企业生产系统各组成部分之间的生产联系和物资流向的简图。该图简要第说明了企业的产品生产过程和各生产部门之间的联系,反映出从原材料、半成品到成品的物流过程。

#### 3. 计算和确定各生产单位和业务部门所需的面积

各生产车间和仓库的面积要根据生产流程和生产规模的大小,由各专业车间设计决定的。技术部门和行政管理部門的科技大楼和行政办公大楼是根据科室的设置和人员编制的情况,先确定大致需求的面积,再由专业人员来设计。关于餐厅、医疗室等服务部門所需的面积,通常根据职工的就餐认输和就医人数按规定的指标计算。

#### 4.设计初步方案

设计和布置各生产单位和工作部門在厂区内的位置,制定几个平面布置的初步方案。

#### 5. 方案评价

方案评价通常可从定性和定量两方面进行。定性评价可组织有关专家对各方案满足厂区布局目标的程度和遵循布局原则的程度进行评价和打分。定量评价则通过对有关的技术经济指标的计算来评定。

#### 6. 方案实施

方案选定之后就进入实施阶段。通常要建立专门的项目组来贯彻设计的意图,对方案的实施进行全过程管理。

### 6.2.3 工厂总平面布置的方法

工厂总平面布置要经过反复试验、比较、验证,是一个布置,修改,再布置的过程。开始可以在纸面上利用模型进行设计。模型有平面的、立体的、带颜色的、按比例等多种形式,可根据实际需要具体决定。布置时一般先安排主要生产车间和某些由特殊需要决定其位置的作业。如禁止吸烟的作业场所,应另设吸烟室;仓库区域内应设置消防车通道;储存石油、化学易燃物品的仓库可布置在地下室或其他比较安全的地方。其次确定主要过道的

位置。厂区内的人行道、车行道应平坦、畅通、有足够的宽度和照明设备；主要过道的两端可能与厂外公路相连接，中间与各车间的大门相连接；道路与轨道交叉处应有信号装置、落杆和明显标志。最后，根据各组成部分的相关程度，确定其他辅助部门和次要过道的位置。利用模型在纸上进行布置，便于修改比较，也便于形成几个不同的布置方案。

工厂总平面布置经过模型试验，方案比较，确定最优方案后，就可以到现场进行实地布置了。现场布置可根据具体条件对原设计方案进行必要的修正。由此可见，工厂布置过程实质上是一个实践、认识、再实践的过程。在这个过程中，工程技术人员、生产操作人员的经验和集体智慧起着主导作用，某些定量分析方法也为合理地进行工厂布置提供科学依据。下面介绍两种定量分析方法。

1. 生产活动相关图布置法

这种方法首先要绘制生产活动相关图，以表明工厂（或系统）各组成部分之间的关系，然后以此为根据，按其相关程度进行不布置，以求得最优的总体布置方案。此方法通常用六个等级来区分各组成单位相关关系的密切程度，并用一组数字来表示关系密切的原因。如下面表 6.4 和表 6.5 所示：

表 6.4 关系密切程度分类表

代号	关系密切程度	评定分值
A	非常密切	6
E	很密切	5
I	密切	4
O	一般	3
E	不密切	2
X	无关紧要，不必考虑	1

表 6.5 关系密切程度的原因分类表

代号	关系密切程度的原因
1	便于物质的运输
2	便于沟通和信息传递
3	便于工作联系
4	便于管理
5	有利于环境
6	便于人员流动

例 6.3 有一个小型企业由八个部门组成，各部门在生产经营活动中的相关关系，如 图 6.1 所示。

该图左边部分列出了该厂的八个组成部门，图的右边有许多棱形小方块，每一个小方块都表示两个部门之间的联系关系。虚线上面的英文字母按表 6.4 给出的含义，表示两个部门联系的紧密程度。虚线下面的数字按表 6.5 给出的含义，表示联系紧密程度的原因。根据图 6.1 编制关系密切程度及积分统计表（表 6.6）。由表 6.6 可知，机械加工车间的得分最高，布局时应首先确定它的位置。毛坯车间、装配车间、中间零件库与机械加工车间都是 A 级关系，

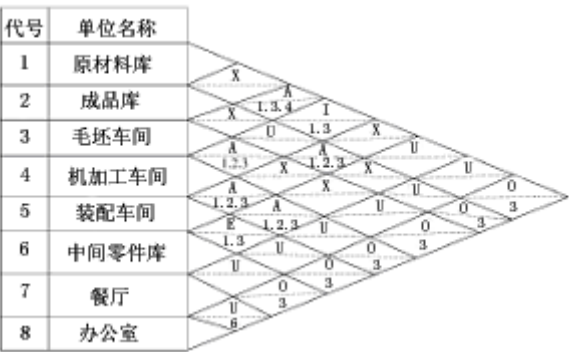


图 6.1 某小型企业各单位生产活动相关图

所以应围绕机械加工车间进行布置，并尽量靠近。成品库和中间零件库与装配车间是 A 级和 E 级关系，应把它们布置在一起。原材料库与毛坯车间是 A 级关系，两者应相邻。办公室和餐厅可稍远离车间，不放在生产区。根据以上要求可大体确定各单位的相对位置，如图 6.2 所示。根据图 6.2 各单位的相对位置，再按各单位的面积和厂区出入口对运输路线的要求，按一定的比例，可画出工厂的平面布置草图，如图 6.3。

表 6.6 关系密切程度及积分统计表

1. 原材料库		2. 成品库		3. 毛坯车间		4. 机加工车间		5. 装配车间		6. 中间零件库		7. 餐厅		8. 办公室	
关系	积分	关系	积分	关系	积分	关系	积分	关系	积分	关系	积分	关系	积分	关系	积分
A.3	6	A.5	6	A.1.4	12	A.3.5.6	18	A.3.4	12	A.4	6	U.1.2.3.4.5.6.8	14	O.1.2.3.4.5.6	18
1.4	4	0.8	3	0.8	3	1.4	4	1.6	5	E.5	5				
0.8	3	U.4.7	4	U.7	2	0.8	3	0.8	3	0.8	3				
U.6.7	4	X.1.3.6	3	X.2.5.6	3	U.2.7	4	U.7	2	U.1.7	4			U.7	2
X.2.5	2							X.1.2	2	X.2.3	2				
合计	19	合计	16	合计	20	合计	29	合计	24	合计	20	合计	14	合计	20

毛坯车间	机械加工车间	装配车间	成品库
原材	中间	餐厅	办公室

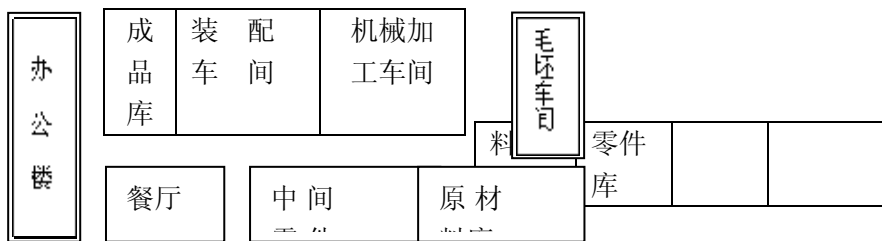


图 6.2 某工厂平面布置图初始方案图

图 6.3 某工厂平面布置草图

## 2. 物料流向图布置法

这种方法主要是按照原材料、在制品、成品等物资在生产过程中总的流动方向和搬运量来进行工厂布置，特别适用于物料运量很大的工厂。应用这种方法首先要有一个初步的工厂布置方案。根据初步方案和生产工艺的顺序，绘制物料流向图；并计算各组成部分的搬

运量。各组成部分之间的运输距离可通过实地测量或计算确定。搬运次数和搬运量要根据生产计划、比较，确定一个最优方案，并根据它方过来修正原先的工厂布置方案，使工厂总平面布置更趋合理。最优化的运输方案就是要使全厂的搬运总量最小，特别是非相邻单位之间的搬运量要最小。例如某生产系统有 11 个单位组成，各单位之间每月的搬运量如图 6.4 所示。

从图中可以看出：在单位 2—4、4—6、6—8 之间各有 100、200、200 的非相邻的搬运量，为使非相邻的搬运量最小，可以改变单位所在的位置，如果把单位 4 的位置移到单位 2 和单位 6 之间，则 2—4 之间的 100、4—6 之间的 200 搬运量就不再是非相邻的了，而成为相邻的了。如果把单位 8 的位置移到单位 9 的位置上，而将单位 9 的位置上，而将单位 9 的位置往下，则 6—8 之间的 200 非相邻搬运量也就成了乡邻的了。这样非相邻的搬运量就从 200 减少到 100 了。作了上述这些变动以后，这个运输方案就比较理想了，可以作为工厂从平面布置的依据。修改后的示意图见图 6.5。

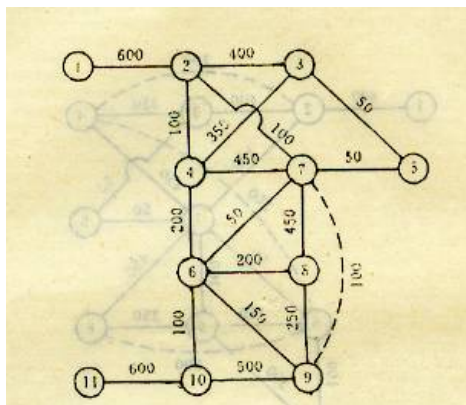
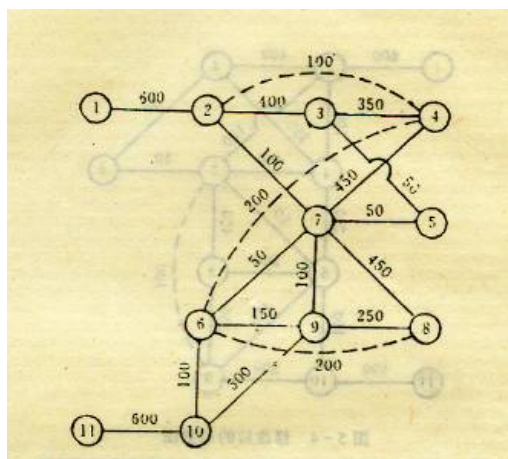


图 6.4 某生产系统每月搬运量示意图图

### 6.5 修改后的示意图

图 6.5 是工厂总平面布置的雏形,它使各单位之间处于最经济的地位;但并不等于工厂从平面布置。工厂总平面布置还要在此基础上计算各单位所需要的面积,布置通道,设计生产服务和生产服务部门,选择运输设备等。每个单位所需要的面积,布置通道,设计生产服务和生产部门,选择运输设备等。每个单位所需要的面积,可根据设备数目和每台设备所需面积,以及操作者、物料储存、通道、更衣室等所需面积估算确定。有了各单位所需要的面积,就可以按厂址地形作平面布置,如图 6.6 所示。

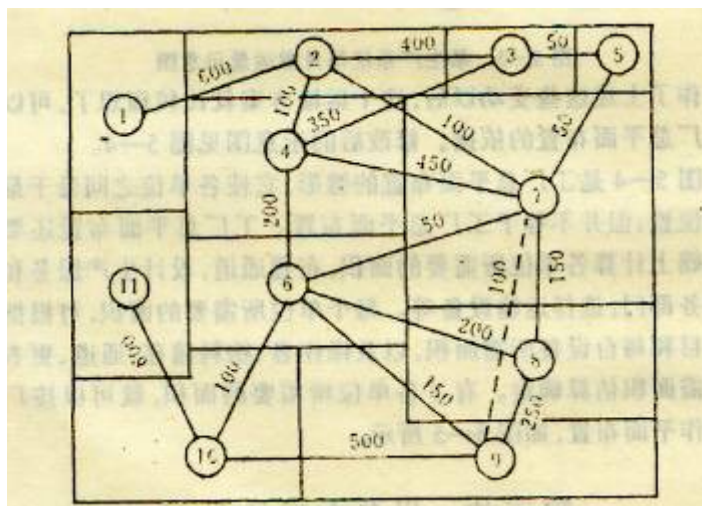


图 6.6 某生产系统平面布置图

### 6.3 设备布局的类型和基本方法

工厂总平面布置只是对工厂的各个组成部分进行了总体安排，确定了相互位置，至于各个组成部分内部如何布置，这就是车间布局的问题了，在车间的各个组成部分中，设备布局是否合理，将影响产品的生产周期和生产成本，影响劳动生产率的提高。因此，在选定工厂平面布局后，必须探讨车间里设备布局的类型和选择方法。

### 6.3.1 设备布局的原则

### 1. 为生产经营服务原则

在组织中,生产经营协作密切的组成部分应相互就近,使辅助生产和生产服务工作及时满足生产经营需要。

## 2. 最短距离原则

在符合生产工艺过程要求的前提下,使原材料、半成品和成品的运输路线尽可能短,使布局达到时间短、费用低、便于管理的目的。



### 3. 单一流向原则

布局应使生产流程尽量不存在迂回曲折和平面反复交叉现象,即尽量按生产流程的顺序布局,减少运输费用与时间。工艺流程布局中比较好的布局形式有:直线形(I形)、直角形(L形)、环形(O形)、马蹄形(U形)、蛇形(S形)等。

### 4. 立体原则

在技术、资金允许的前提下,应尽量采用多层的立体布局,这样可以充分利用空间、场地,节约面积,缩短运输距离。

### 5. 安全原则

设备布局应符合有关安全生产的法令和制度,符合劳动保护、环境保护的法令和制度,满足文明生产的要求等,确保生产经营的安全进行。

### 6. 弹性原则

设备布局还应考虑长远发展,留有一定发展余地,便于适应今后发展需要,利于进行调整。

在实际工作中,设备布局应根据组织实际情况以及发展需要,有所侧重地应用上述原则。

## 6.3.2 设备布局的类型

设备布局的类型主要有以下 4 种。

### 1. 工艺专业化原则布局 (Process Layout)

工艺专业化原则布局是按生产工艺特征安排生产单位或设备的布局方式。在这种布局方式下,相似的生产单位或设备被放在一起。例如,机械制造厂将车床、铣床、磨床等设备分别放置,形成车工车间(或工段)、铣工车间(或工段)、磨工车间(或工段);医院按提供特定服务功能进行布局,形成内科、外科等部门。这种布局方法对产品品种变换的适应性较强,设

备的利用率也较高;但在这种设备布局方式下,产品的物流比较复杂,生产过程连续性差,在制品库存量也较高,整个生产周期较长。因此,它适合于小批量、多品种生产。在这种布局下,主要考虑采用何种方法布局各个不同生产单位或设备,使物流合理,达到预期的目标要求。有关方法问题将在第四节中介绍。

### 2. 对象专业化原则布局 (Product Layout)

对象专业化原则布局是按产品(或服务)制造(或提供)的工艺流程安排生产单位或设备的布局方式。在这种布局下,生产单位或设备是按照某一种或某几种(但这几种产品的加工路线基本类似)产品的加工路线或加工顺序顺次排列的。典型的这种设备布局是流水线或生产线。例如,汽车厂的装配线的布局。这种布局方法使产品(或服务)过程在空间上紧密衔接,缩短运输距离,减少了在制品,节约生产面积,易于管理;但对品种变换的适应能力差。它适合于大批量、连续生产。在对象专业化原则布局下,主要考虑如何使每一单元的操作时间都大致相等,即考虑装配线或生产线平衡问题,以提高输出效率。

### 3 其他布局类型

工艺专业化原则布局 and 对象专业化原则布局是设备布局的两种基本类型。从这两种基本的布局类型基础上衍生出了其他的布局类型

(1) 综合布局

在实际工作中往往布局较为灵活，即在产品专业化的基础上采用工艺原则的布局，例如铸钢、铸铁件车间，模锻、自由锻车间，表面处理、高频淬火与热处理车间等。

更常见的是封闭的车间（按产品布局）内部，仍按各机种小组排列，例如车床组、铣床组等等，这是大都出于产品品种不多，数量也不足以单独成立一条生产线的缘故。安排的原则最好是机种小组与工艺路线成垂直形式。见图 6.7。

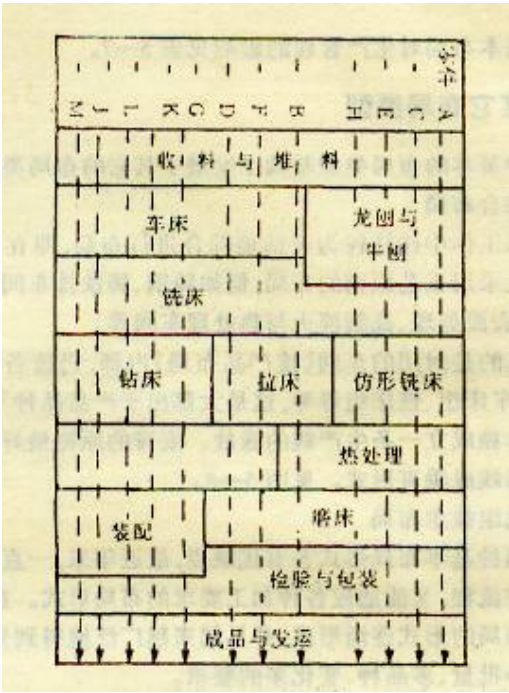


图 6.7 综合布局的部分划分示例

(2) 成组技术布局

由于以上基本布局形式各有优缺点，故近年来，一直在探索一种既能节省流程，又能适应各种加工要求的布局形式。在这方面，成组技术布局的形式逐渐形成，并且越来越广泛地得到采用，以适应日趋于小批量、多品种、变化多的要求。

成组技术理论，来自这样的一个基础，即尽管产品会变动，但总有相当的一大部分零件的工艺是类似或大致类似的。因此当零件数量较少时，应设法把工艺类似的零件汇总在一起“人为地”提高数量。这样，即使小的批量也可以有效地利用“重复”的优点，如费用递减，技术集中使用等等。利用这一概念来组成加工单元，不同的成组加工单位便成为成组技术布局。

6.3.3 设备布局的基本方法

大多数布局都以物资的搬运为主要目标，所以在设备相对位置的安排上，应该尽可能使零部件的搬运距离成为最小。但不能就因此得出结论，认为按生产流程安排设备是唯一的类型。正如上面所说一样，它还受到其他许多方面的制约，例如产品，产量等等。不同的条件构成不同类型的布局，但基本的类型终究还是根据作业流程和设备安排的相互关系而分的。设备布局的基本方法有如下几种：

### 1. 机群式布局

车间各基本生产单位的设备布局，通常根据该生产单位的组织形式，采用不同的布局方法。如该车间的基本生产单位是按生产工艺专业化组织的，通常设备按机群式布局，即把同种工艺类型的设备集中在一起，每类设备分区布局，如图 6.8 所示。

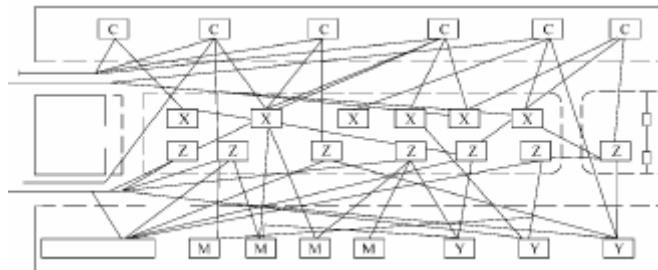


图 6.8 机群式车间布局图

此种布局的缺点是物流路线复杂，运输距离长，运输成本高，管理上也不方便。但是在产品品种非常多，生产批量较小的情况下，每种产品不可能有自己稳定的生产线，此时设备无法按产品生产线布局。

机群式布局的主要条件是：同类或类似的设备较多；所使用设备的通用性较强；生产的产品需要量小，品种变化较多，间歇性较大；工人的技术水平要求较高。

机群式布局的优点是：有较强的适应性，可不随产品品种的变换而重新布局和调整设备；由于同类设备集中在一起，便于充分利用生产设备和生产面积；减少重复添置设备，设备费用和维护费用较低；同一种工艺集中在一起，便于工艺管理，有利于工人技术水平的提高。遇设备故障，生产不致中断，局部停工不致影响全局，可用其他设备代替；安排较简便，可少受工序的限制和场地的影响。

机群式布局的缺点是：半成品在车间之间辗转交接频繁，流程交叉重复，运输堆放增多，运输费用增加；半成品运送时间长，停放时间多，生产周期延长，在制品增加，流动资金占用量增大；产品经常更换，因此工人技术水平要求较高，培训期较长；车间之间的联系与协作关系频繁，计划管理、在制品管理、质量管理等工作复杂化。

### 2. 生产线布局

车间的基本生产部门如果是按照产品对象专业化来组织的，则设备应按产品生产线方式布局。所谓按生产线布局是指设备按产品生产工艺过程的工艺顺序进行排列，形成一条条生产线。每一条生产线上固定地生产某一种或几种产品。生产线的形状可采用直线形、U 形

或其他形状。U 形布局有它的优点：①有利于组织工人进行多机床看管。②当生产线上几种产品的工艺顺序不相同，U 形布局比直线布局能够缩短运输路线，避免加工对象在生产线上相向运输和往返运输，见图 6.9。

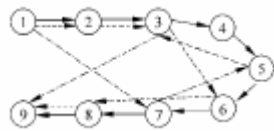


图 6.9 U 形生产线布局图

当被加工对象在生产工艺上具有相似性时，则可应用成组技术，按成组生产单元布局。成组生产单元可以适应多品种中小批量生产的生产类型。成组生产单元的单元布局，见图 6.10。

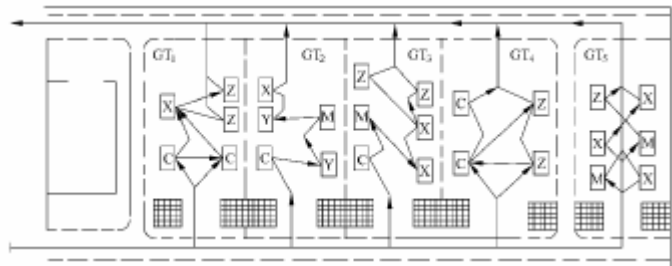


图 6.10 采用成组生产单元的车间布局图

图 6.9 中有 5 个成组生产单元，每一成组生产单元配备了一定种类的机床设备，负责加工某一类具有相似工艺的零件。图中：C 代表车床，X 代表铣床，Z 代表钻床，Y 代表齿形加工机床，M 代表磨床。

### 3. “从至表法”布局

“从至表法”是设备单行布局的常用方法。通过“从至表法”可算出不同布局方案的物流运输量，再根据运量的大小来选择较优的布局方案。应用“从至表法”并不能一次求得最佳的布局方案，需要通过多次试验比较，才能找到较优的方案。下面通过一个例子来介绍应用“从至表法”的生产线布局方法。

例 6.4 某生产线加工 4 种零件。零件的生产工艺流程路线见图 6.11。

序号	毛坯库 A	铣床 B	车床 C	钻床 D	铣床 E	磨床 F	压床 G	检验台 H
01	①		②	④			③	⑤
02	①		③		④	⑤		⑥
03	①		②		①			④
04	①			④		⑤	②	⑥

图 6.11 生产线加工零件的工艺路线图

根据零件的工艺路线图，可以绘制初始方案的“从至表”，见表 6.7。

表 6.7 初始方案从至表

代号	A	B	C	D	E	F	G	H	合计
A			2				2		4
B				1					1
C					2		1		3
D						1		1	2
E						1		1	2
F								2	2
G		1	1	1					3
H									0
合计	0	1	3	2	2	2	3	4	17

所谓“从至表”是指零件从一个设备到另一个设备的搬运次数的统计表。表上“列”中的设备为零件出发的工作地，“行”中的设备为零件到达的工作地。今假设生产线上相邻两工作地之间的距离均相等，均为一个长度单位，表内每一格中的数字表示从一设备到另一设备之间的运输次数。格子离开对角线的距离越近，表示搬运的距离越近，反之，离对角线越远，表示两设备的距离也越远。在对角线上方的格子中的运输次数，表示其运输的方向是顺生产线的物流方向。在对角线下面的，则表示其运输方向与生产线的物流方向相反。因而调换设备的位置，使运输次数大的格子靠近对角线，并使对角线下面有数字的格子置换到对角线上面去，以使生产线上的运输量下降和减少逆向运输。本例表 6.7 的初始方案经过多次调整，得到表 6.8 的方案。

表 6.8 最终方案从至表

代号	A	C	E	F	H	G	D	B	合计
A		2				2			4
C			2			1			3
E				1	1				2
F					2				2
H									0
G		1					1	1	3
D				1	1				2
B							1		1
合计	0	3	2	2	4	3	2	1	17

设备位置调整后形成如表 6.8 的方案，与初始方案相比，在加工对象和生产工艺不变的条件下，零件的运输距离减少了 16 个长度单位。计算方法见表 6.9。

表 6.9 零件运输距离计算表

方案	零件顺向运输距离 (对角线上部的运输距离)	零件逆向运输距离 (对角线下部的运输距离)
初始方案	$1 \times 1=1$	$3 \times 1=3$
	$2 \times (2+1+2+1+2)=16$	$4 \times 1=4$
	$3 \times 1=3$	$5 \times 1=5$
	$4 \times (1+1)=8$	
	$6 \times 2=12$	
	小计                    40	小计                    12
	零件运输的总距离 $40+12=52$	
改进后的方案	$1 \times (2+2+1+2+1)=8$	$1 \times 1=1$
	$2 \times (1+1)=4$	$2 \times 1=2$
	$4 \times 1=4$	$3 \times 1=3$
	$5 \times 2=10$	$4 \times 1=4$
	小计                    26	小计                    10
	零件运输的总距离 $26+10=36$	
改进后方案比初始方案减少运输距离 $52-36=16$		

通过“从至表”，调整设备在生产线中的位置，以求减少零件的运输距离。每次设备调整，运输距离是否得到改进，需画出新的“从至表”进行计算后才能得知。由于每次调整都是探索性的，不能保证每次调整都一定能得到改进，因此制表和计算的工作量很大。

#### 4. 十字形四象限法

该方法可帮助大家判断和计算每次调整可取得何种结果。相邻两台设备交换位置的十字形象限法的计算步骤如下：

- (1) 取两台准备互换位置的相邻设备，如表 6.8 中的 G 和 H；
- (2) 在从至表 6.8 中取出 G 和 H 的行与列中的数据，建立十字形的四象限图（见

图 6.12);



图 6.12 十字形四象限图

(3) 根据十字形四象限图的计算规则:

① 将第一象限内所有格子中的数字相加, 再乘以负 1

$$(1+1+1) \times (-1) = -3$$

表示 G 和 H 交换位置后, 可以减少 3 个单位运输量

② 将第二象限内所有格子中的数字相加, 再乘以正 1

$$(2+1+1) \times 1 = 4$$

表示 G 和 H 交换位置后将要增加的运输量

③ 将第三象限内所有格子中的数字相加, 再乘以负 1, 表示 G 和 H 交换位置后可以减少的运输量。在本例中为 0。

$$0 \times (-1) = 0$$

④ 将第四象限内所有格子中的数字相加, 再乘以正 1, 表示 G 和 H 交换位置后将要增加的运输量。

$$(1+2) \times 1 = 3$$

⑤ 将上述四组数据相加, 得到总的将增加或减少的运输量

$$-3+4-0+3=4$$

表示 G 和 H 交换位置后将增加 4 个单位的运输量, 因此说明 G 和 H 交换位置的调整方案, 效果不好应不予采纳。

⑥ 这里须补充说明一点, 在四个象限内提取数据时, 十字中心的四个方格中的数字不必提取, 因为 G 和 H 交换后, 它们正好使得第一与第三象限的数字及第二与第四象限的数字交换, 对运输量的增减没有影响。(在本例中这四个数字均为 0。)

### 5. 十字形分析法

十字形四象限法是一种适用于相邻设备互换位置的布局方案, 但应用上有一定的局限性。而十字形分析法, 适用范围较广, 可以将生产线上某一设备调到任意位置。

现仍以“从至表 6.7”的例子为对象, 试图通过调整某个设备的位置, 以减少生产线上的运输工作量。如果将生产线的设备排列顺序由从至表 6.7 的 A-C-E-F-H-G -D -B 改为 A-C-E-G -F-H-D -B, 即把 G 设备调到 E 和 F 之间。本法的计算步骤如下: 取原方案的从至表, 针对拟调整位置的设备 G 在表上做一个十字形, 如图 6.12 (a)。G 由生产线的第六号位置 (按生产线顺流方向计) 调到第四号位置, 把原“从至表”分为四个区域, 即①G 所在的行与列, 形成一个十字形; ②G 所在位置 (调动前) 后面的设备, 在本例中是 D 与

B, 形成 D.B 方块; ③G 调动后所在位置前面的设备, 在本例中是 A.C.E 区, 形成 A.C.E 方块; ④G 调动前后它所跨越的设备区, 在本例中指 F 与 H 的行与列, 形成另一个宽带十字形, 见图 6.13 (a)。

代号	A	C	E	F	H	G	D	B	合计
A		2				2			4
C			2			1			3
E				1	1				2
F					2				2
H									0
G		1						1	3
D				1	1				2
B							1		1
合计	0	3	2	2	4	3	2	1	17

图 6.13 (a) G 设备的十字形图

调整 G 设备的位置, 引起运输量变化的有以下几种情况:

(1) G 十字形区由于将 G 的位置调整到 E 与 F 之间, G 与生产线上其他设备之间的距离都发生改变。因此 G 十字形框中的数据所反映的运输量均须重新计算。

- ① G 至 A.C.E 和 A.C.E 至 G 之间的距离均缩短了 2 个单位;
- ② G 与至 F 和 F 至 G 之间的距离均缩短了 1 个单位;
- ③ G 至 H 和 H 至 G 之间的距离均增加了一个单位;
- ④ G 至 D.B 和 D.B 至 G 之间的距离均增加了 2 个单位。

因此可计算如下:  $A \rightarrow G$  为 2,  $C \rightarrow G$  为 1,  $E \rightarrow G$  为 0  $(2+1+0) \times (-2) = -6$   
 $G \rightarrow A$  为 0,  $G \rightarrow C$  为 1,  $G \rightarrow E$  为 0  $(0+1+0) \times (-2) = -2$   
 $G \rightarrow F$  为 0,  $F \rightarrow G$  为 0  $(0+0) \times (-1) = 0$   
 $G \rightarrow H$  为 0,  $H \rightarrow G$  为 0  $(0+0) \times 1 = 0$   
 $G \rightarrow B$  为 1,  $G \rightarrow D$  为 1  $(1+1) \times 2 = 4$   
 $D \rightarrow G$  为 0,  $B \rightarrow G$  为 0  $(0+0) \times 2 = 0$  合计可减少运输量  $|4-6-2|=4$  个单位。

(2) A.C.E 方块和 D.B 方块区

对照 G 改变位置后的从至表, 见图 6.13 (b), 可以见到 A.C.E 方块内部的运输距离没有改变; D.B 方块内部的运输距离没有改变。A.C.E 方块和 B.D 方块之间的运输距离也



没有改变。所以 A.C.E 方块和 B.D 方块设备之间的运输量，不必重新计算。

	A	C	E	G	F	H	D	B
A		2	0	2	0	0	0	0
C	0		2	1	0	0	0	0
E	0	0		0	1	1	0	0
G	0	1	0		0	0	1	1
F	0	0	0	0		2	0	0
H	0	0	0	0	0		0	0
D	0	0	0	0	1	1		0
B	0	0	0	0	0	0	1	

图 6.13 (b) G 设备调整后的从至表图

### (3) F.H 十字形区

A.C.E 到 F.H 之间的距离增加了 1 个单位；D.B 到 F.H 之间的距离减少了 1 个单位。因此其间的运输量需重新计算如下：

A→F 为 0；A→H 为 0；C→F 为 0；C→H 为 0；E→F 为 1；E→H 为 1

$$(0+0+0+0+1+1) \times 1 = 2$$

F 到 A.C.E、H 到 A.C.E 之间的运输量均为 0。

F 到 D.B、H 到 D.B 的运输量均为 0。

F→D 为 0；F→B 为 0；H→D 为 0；H→B 为 0

$$(0+0+0+0) \times (-1) = 0$$

D→F 为 1；D→H 为 1；B→F 为 0；B→H 为 0

$$(1+1+0+0) \times (-1) = -2$$

所以 F.H 十字形区与其他区运输量的增减，总的合计： $2 + (-2) = 0$ 。因此 G 的位置调换到 E 与 F 之间后，总的运输量将减少  $4 + 0 + 0 = 4$  个单位。

根据图 6.13 (b) G 设备调整后的从至表进行运输量计算，得到总运输量为 32。与调整前 A→C→E→F→H→G→D→B 设备排列方案的运输量 36 相比，正好减少了 4 个单位。由此验证了十字形分析法的计算是正确的。

通过十字形分析法的计算，说明把 G 的位置调整到 E 和 F 之间的方案是可取的。同时也说明已经改进的 A→C→E→F→H→G→D→B 的设备排列方案，尚可进一步改进。通过一次次调整试探，一步步改进，可以得到一个较优的方案，如本例中的 A→C→E→G→F→H→D→B 方案。但该方案是否是最优方案，则不作全排列，是无法证明的。而要作全排

列，如本例有 8 台设备，将有  $8! = 40320$  个方案，因此靠手工计算求最优解是困难的。采用“从至表”法，再应用十字形象限法或十字形分析法是生产线设备布局获得近优解的有效方法。

#### 6. 图解位置法

多品种生产机床安排成多行时，相互交接的最好位置，除了前后以外，还有对角及或左或右的相邻位置。如图 6.14 (a) 所示。

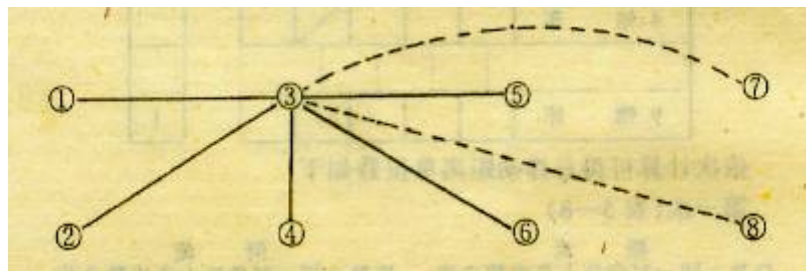


图 6.14 (a) 图解位置法 (一)

图 6.14 (a) 中，从机床 3 的位置来考虑，与机床 1, 2, 4, 5, 6 的交接，都是合乎相邻的要求的，而与机床 7 和 8 的交接却是超邻的。双行机床的安排，应该最大限度地使机床的相交接都处在前后、左右、或对角相邻的位置上。

今若仍以表 6.8 的交接为例，并按原来的机床编号顺序安排双行，可作成图 6.14 (b) (其中……表示超邻交接线。1 表示车间料库放在最左面)。

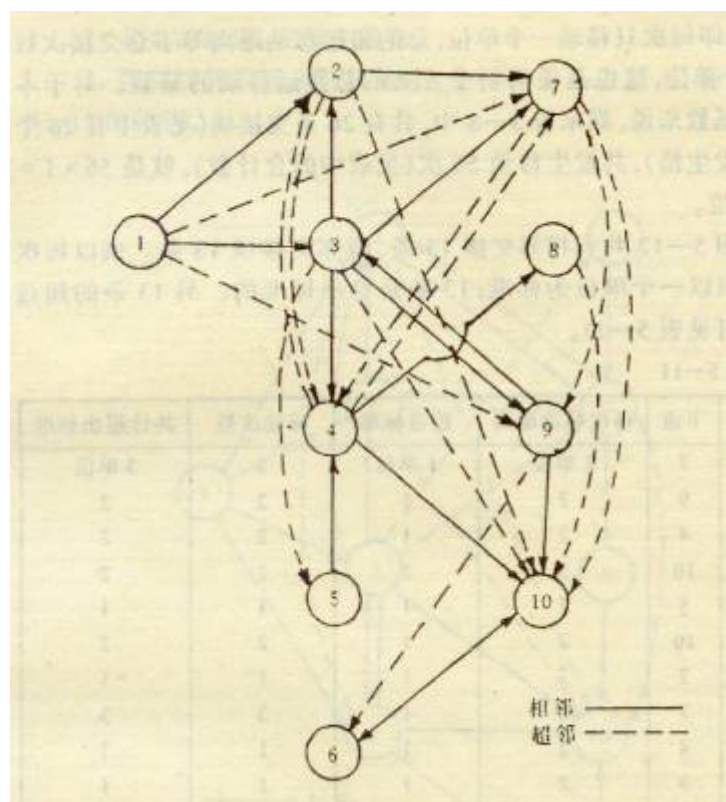


图 6.14 (b) 图解位置法 (二)

一个较简单的计算移动距离办法是把：

- (1) 相邻的工作地算一个单位，如 2—》7；
- (2) 相邻对角线的工作地，简单作一个单位，如 3—》7；
- (3) 二个对角线的距离合计，简单作三个单位，如 1—》4—》10（假设）；
- (4) 二个相邻工作地，合计算为二个单位，如 2—》4，4—》7。

以下均照此简易办法计算。

一个最优的方案，就是所有的交接移动全部处于相邻的位置上，也即每次只移动一个单位，总的搬运移动距离等于总交接次数\*1 个单位，这也是任何一个方案的总搬运移动的基数。对于本例的基数来说，原来表 6—8 中，共有 26 条接线（见表中有 26 个数字发生格），共发生移动 56 次（见表中的合计数），就是  $56*1=56$  个单位。

图 6.14 (b) 共有相邻交接 13 条，超邻交接线 13 条。倘以每次移动只以一个单位为标准，13 条是合乎标准的。另 13 条的超过部分可见表 6.10。

表 6.10 计算表

上道	下道	每次移动距离	超过标准	移动次数	共计超出标准
1	7	2 单位	1 单位	3	3 单位
1	9	2	1	2	2
2	4	2	1	2	2
2	10	3	2	1	2
3	5	2	1	1	1
3	10	2	1	2	2
4	2	2	1	1	1
4	7	2	1	3	3
7	4	2	1	1	1
7	9	2	1	1	1
7	10	3	2	6	12
8	10	2	1	1	1
9	6	2	1	1	1
合计				25	32 单位

共计超过标准 32 个单位，加上原由的标准基数 56 个单位，故一共移动了  $32+56=88$  个单位。

今若照下列的原则重新安排：

- (1) 把发生第一道工序的机床 2，3，7，9 都排列在靠近料库 1 的一面。
- (2) 其余的机床，安排在后面。
- (3) 把交接关系最多的机床 4、安排在中心位置上，便成如图 6.15 的排列。

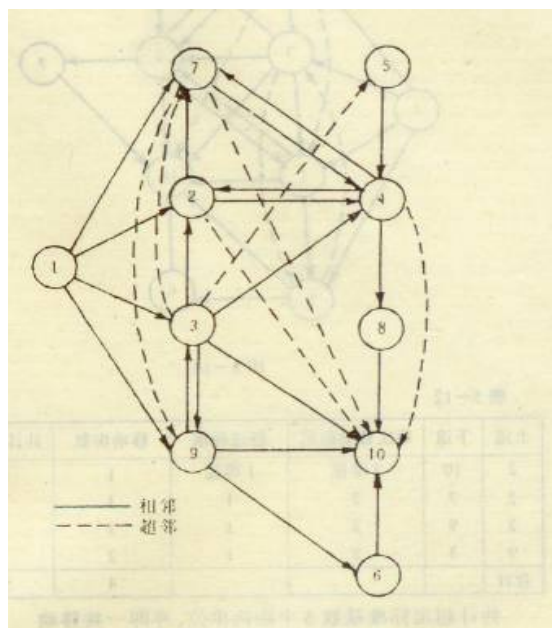


图 6.15 对图 6.14 (b) 重新排列图

这样便把超邻的交接线，从 13 条减至 6 条。

若再把机床 2, 3 和 7 的位置相互对调，机床 8 的位置加以改动，便可把超邻交接线减少至 4 条，如图 6.16。

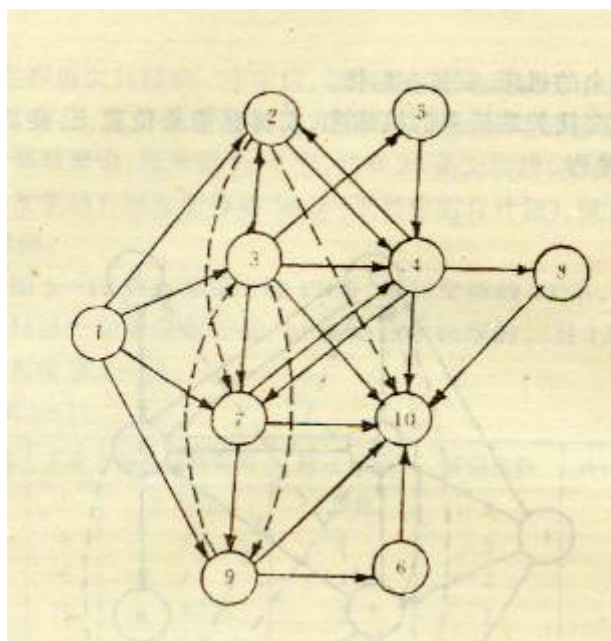


图 6.16 对图 6.15 重新排列图

超过标准部门的距离可见表 6.11。

表 6.11 计算表

上道	下道	每次移动距离	超过标准	移动次数	共计超出标准
2	10	2 单位	1 单位	1	1 单位
2	7	2	1	1	1
3	9	2	1	1	1
9	3	2	1	2	2
合计				4	5 单位

共计超出标准基数 5 个距离单位，亦即一共移动

$$5+56=61 \text{ 单位}$$

比原来减小了

$$88.61=27 \text{ 单位}$$

以上方法用法灵活简便，具有一定的实用价值。但主要缺点是求解主要依靠工作者的目察。

# 本章小结

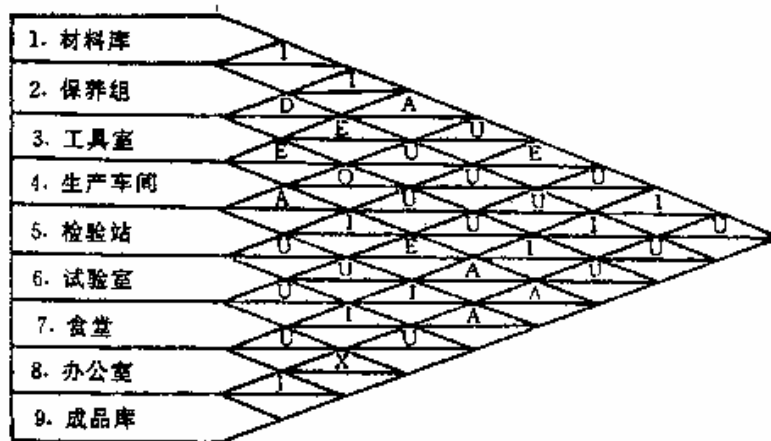
本章主要讲述了运营系统的选址和布局等内容。首先介绍了厂址选择的程序，影响选址的因素，并把影响因素划分为影响厂址选择的主因素和具体厂址选择的影响因素。尔后讨论厂址选择的评价方法，主要介绍了分级加权评分法的应用。接着，本章探讨了总平面布置，分别阐述了厂区平面布局的原则、厂区平面布置的程序和工厂总平面布置的方法。最后，本章着重讲述了设备布局的类型和基本方法，主要包括设备布局的原则、设备布局的基本类型和设备布局的基本方法。重点介绍了常用的设备布局的方法，即机群式布局、生产线布局、“从至表”法布局、十字形象限法、十字形分析法、图解位置法。

# 复习与思考

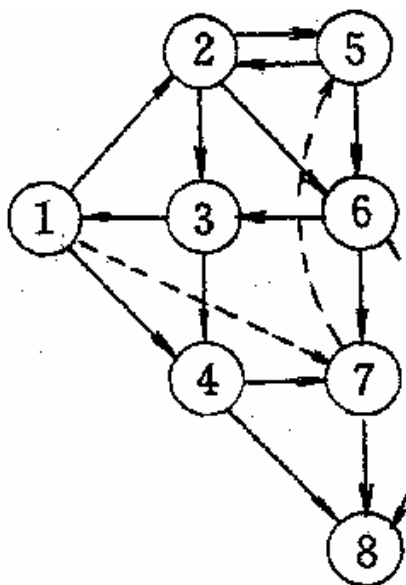
1. 厂址选择时需要考虑的主要因素有哪些方面？
2. 厂址选择的影响因素有哪些方面？
3. 简述厂址选择的工作程序。
4. 简述厂址选择的分级加权法。
5. 厂区布置的影响因素有哪些方面？
6. 厂区布置的基本原则是什么？
7. 简述厂区平面布置的工作程序。
8. 什么叫“从至表”？其用途是什么？
9. 简述十字形四象限图法及其优缺点。

# 练习题

1. 下面是某厂的生产活动相关图，问：
  - (1) 计算图上共有多少个相互关系
  - (2) 哪个部分在生产活动中最为重要？



2. 下表中 A 为料库，B、C、D、E、F 为机床设备，G 为仓库（注：机床设备为单行排列）



从至	A	B	C	D	E	F	G	合计
A		1	6	2		1		
B						1	4	
C				4			2	
D		5					1	
E						2		
F					1		3	
G								
合计								

要求：

(1) 计算交接表（亦称从至表）中各机床设备的收到合计数与送出合计数，这时会发现它们之中会出现某种错误。

(2) 若已知上述交接表的某个交接关系格于中“遗漏”了 1 次，请添上这关键的 1 次。

(3) 改正后回答，表中：共有多少条交接路线？共传送了几次？总搬运量为多少？

(4) 将机床、料库、仓库的排列次序调整为：A、

C、D、B、G、F、E。仍请回答（3）中的问题，并说明是否优化。

3. 有若干种零件在 M1—M8 的八种设备间沿一定的工艺过程运输传递和加工，交接关系和交接次数（见下表）。

要求：

(1) 设备按表的顺序作单行排列，任何两台设备间的距离均为 1 个单位，求零件在设备间的移动总距离，并填写表的“合计”数。

(2) 设备如按图示的顺序作多行排列，根据表提供的有关信息资料，求零件在设备间的移动总距离。

（图示的实线表示相邻关系+距离均为 1 个单位，虚线表示相邻关系，距离均为 2 个单位。）

上道 \ 下道	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	合计
M1		2	2	1			2		
M2			1		1	1			
M3				4					
M4							2	3	
M5		1				2			
M6			1				1	1	
M7					2			3	
M8									
合计									

第 7 章 生产过程的流程分析

产品—流程矩阵（Product-Process Matrix）	流程改进(Process Improvement )
流程(Process)	工时研究(Man-hour Study)
物流(Logistics)	业务流程重组(Business Process
流程设计(Process Design)	Reengineering)

---

[http: //www.haier.com](http://www.haier.com)  
[http: //www.handlers.cn](http://www.handlers.cn)  
[http: //www.huawei.com/](http://www.huawei.com/)  
[http: // www.prosci.com](http://www.prosci.com)

在家电行业无序竞争加剧的情况下，海尔集团能取得优异的成绩，是和海尔率先实施企业信息化流程重组分不开的。海尔集团根据国际化发展思路，对原来的事业部制的组织机构进行战略性调整，形成以订单信息流为中心的业务流程。

具体做法是把原来各事业部的财务、采购；销售业务全部分离出来，整合成商流推进本部、物流推进本部，资金流推进本部，实行全集团统一营销，采购、结算，这是海尔市场链的主流程；把集团原来的职能管理资源进行整合，形成创新订单支持流程 3R (R&D-研发、HR-人力资源开发、CR-客户管理) 和保证订单实施完成的基础支持流程 3T (TCM-全面预算、TPM-全面设备管理、TQM-全面质量管理)，3R 和 3T 支持流程是以集团的职能中心为主体；注册成立独立经营的服务公司，这是海尔市场链的支持流程；海尔的市场链有两个非常重要的基础，就是“海尔文化”和“OEC”的管理法。

整合后集团同步的业务流程中，全球的商流（商流本部、海外推进本部）搭建全球的营销网络，从全球的用户资源中获取订单；产品本部在 3R 开发支持流程的支持下通过新品的研发、市场研发及提高服务竞争力不断地创造用户新的需求；创造新的订单；

产品事业部在基础支持流程支持下将商流获取的订单和产品本部创造的订单执行实施，在海尔流程重组下的制造从过去的大批量生产变为大批量定制，采用 CIMS (计算机集成制造系统) 辅助，实现柔性化生产；物流本部利用全球供应链资源搭建全球采购配送网络；实现 JIT 订单加速流；

资金流搭建全面预算系统；这样形成直接面对市场的、完整的物流、商流等核心流程体系和 3R、3T 等支持流程体系，商流本部、海外推进事业本部从全球营销网络获得的订单形成订单信息流，传递产品本部、事业部和物流本部，物流本部按照订单安排采购配送，产品事业部组织安排生产；生产的产品通过物流的配送系统送到用户手中，而用户的贷款也通过资金流依次传递至商流、产品本部、物流和供货方手中，这样就形成横向网络化的同步的业务流程。这种结构实现了企业内部和外部网络相连，使企业形成一个开放的而不是封闭的系统。

资料来源：<http://www.china-zf.cn/page/case/haier.asp> 经改造整理。



## 7.1 生产流程的构成

流程是指生产过程中必须要经过的环节。一般来说，流程不是固定不变的，因为生产过程中所采用的设备、工艺、生产组织形式以及路线，都可由各种不同的方式来组成。如何提高生产效率，关键在于对现有的流程加以分析及检查，找出不合理的地方，采取改进措施，通过反复的分析、比较，加以改进。即使最简单的流程，其相关因素也很多，而且很复杂。因此，生产的流程的改进，必须首先把它分解成为各个组成成分或要素，分开来加以单独考虑。这样，流程分析就可以简单化。

虽然，流程随着生产的条件、产品的性质的不同而各异，但任何生产流程都是由四种不同的部分所构成，即：作业(加工)、检验、搬运和停滞。生产对象在整个流程中，反复经过这四种活动，在形态上、空间上、时间上，从原材料转换成了目标的产品。

### 7.1.1 作业(加工)

作业或加工是指有目的地改变一个物体的任何物理或者化学性或指与另一个物体相互装配或分拆开来，或指为另一个作业(加工)、搬运、检验或库存做安排或做准备。有时也指接发信息、计划或作核算工作等。就机械制造的加工而言则有：

#### 1. 变形

形态的变化，不作量的变化，包括：锻造、铸造、压延、拔料以及高能成形加工，如爆炸成形等；

#### 2. 切削

量的减少。包括：切削加工，研磨加工，断料，如剪断、压断、气割、电焊割，以及各种精密加工如电解磨、超声波加工、激光加工等；

#### 3. 焊接

相互的接合。包括用各种机械的，化学的、热能的方法进行焊接，如气焊、电焊、锻接等；

#### 4. 处理

包括材料的淬火、退火、表面处理等；

#### 5. 涂料

指表面的涂层，如镀铬、镀铜、油漆等；

#### 6. 装配

指材料、零件、部件的相互配合和拆卸；

#### 7. 辅助作业

包括不起形状变化的操作，如包装等。

### 7.1.2 检验

即在流程中对加工零件或成品，利用一定的手段，对比已订的标准，以达到对外保证产品的质量，对内减少废品损失的目的。检验的实施方式，根据技术和管理上的要求，可以根据以下几个方面加以区别；

#### 1. 检验项目

为确定检验的工序和检验的内容，可分为：

##### （1）质的检验，也是内在的检验

包括机械的（各种公差，尺寸）、物理的(硬度等)、化学的各种检验；

##### （2）量的检验，也是外观的检验

包括损伤、脏污、锈烂等。

#### 2. 检验人员

检验人员可分为：

##### （1）自觉检验

在现场由操作工人本身自觉进行检验，适用于工序检验

##### （2）被动检验

由第三者(检验员)担任。

#### 3. 检验时间

检验时间可分为：

##### （1）首件检验

在工序作业开始时进行产品质量检验，避免出大批废品。

##### （2）中途检验

为大量生产时所必须，以确定产 在生产过程的中间阶段进行，

##### （3）成品检验

在成品完成后再进行检验。

#### 4. 检验数量

检验数量可分为：

##### （1）普遍检验

适用于少量产品的生产；

##### （2）抽样检验

适用于大量生产，在连续生产过程中间隔一定的数量进行检验。

#### 5. 检验地点

检验地点可分为：集中检验与巡回检验，也可分为现场检验与送站检验。

### 7.1.3 搬运

搬运在流程中对生产对象(也包括大量的辅助材料在内)作空间的转换,是将指定的对象在必要的时间内,以经济而安全的方式,运至需要的地方。搬运必须满足安全、及时、经济、保质保量四个方面的要求。

搬运的方式很多,选择有效的搬运方式,需要考虑以下多方面的因素:

#### 1. 对象

- (1) 对象的体态, 如气体、液体、固体等;
- (2) 对象的包装, 如散装、容器、装箱等;
- (3) 对象的特性, 如高温、低温、酸性、碱性、毒性等;
- (4) 对象的单位, 如一次搬运的件数、单重等。

#### 2. 流程

- (1) 流程的立体面, 如水平、垂直、斜面等;
- (2) 流程的距离和宽度;
- (3) 流程的往返次数。

#### 3. 设备

- (1) 使用人力, 如人力搬运和人力车辆, 适用于轻便及要求细致的搬运工作。
  - (2) 利用重力斜面, 如滑板、滑槽、滚珠平台等, 常用于次数较多、距离较短的两工作地之间。
  - (3) 传送带, 适用于起点位置固定, 路线固定不变, 对象固定、均匀而又连续的场合。
  - (4) 起重机, 适用于上下左右移动、体积重量可不一致的场合。
  - (5) 专用车辆, 如叉车等, 适用于重量较大、件数固定、便于堆放整齐的场合。
  - (6) 一般车辆, 如卡车等, 适用于数量较多, 体积较大, 距离较远的场合。
- 上述因素相互影响, 因此需要综合考虑。

### 7.1.4 停滞

即在流程中生产对象的形态或位置并不改变, 仅有时间的改变。停滞的发生往往是由于加工与搬运能力的不平衡, 工序与工序之间的能力不平衡, 材料供应与计划的加工不协调、零件供应与总装要求的不协调, 以及设备的调整, 生产的事故, 计划的变更等等。

#### 1. 停滞的作用

停滞一方面起到稳定生产、调整时间差异的缓冲作用, 例如:

- ① 可以调整前后工序因能力不平衡造成的时间差异;
- ② 可以有利于调整设备负荷的不平衡;
- ③ 可以减少计划变更所造成的影响;
- ④ 可以使生产的管理较为方便。

但另一方面, 也有损失时间的负作用, 例如,

① 会使生产时间延长

停滞一般要占到生产时间中很大的比例，但是这一点往往受到忽视，而没有引起应有的注意。

② 会使在制品且增加，相应的增加了占用空间的面积，增加了生产资金的占用，保管的费用等。

在生产上，应当将停滞的副作用减少至最少的限度。

2. 停滞的分类

按性质不同，停滞可分为二类：

（1）正式的储存

具有一定的手续，进入仓库作正式储存的，如零件的入半成品库。

（2）临时的堆放(等待)

如因等待检验或下一道工序的临时性堆放、机床旁的搁置都属于此。

7.2 流程图

现代的生产过程是一个复杂的程序，任何个人的直觉都不可能反映出全部生产活动的进行及从内中相互之间的关系，故使很多的低效率所以会隐蔽存在着。这种低效率一旦发现，往往是比较容易消除掉的。所以主要的问题就在于找出其所在，这一点有了流程图的帮助便比较容易的办到。

流程图是以有限的空间，为一个流程提供信息的一种手段。它可以用来表示工序之间、工艺阶段之间的关系，以及其他类似的因素如移动距离、操作工序、工作与间断时间、成本、生产数据和时间际准。它把问题迅速的形象化，而使改进的工作得以有系统地，按照逻辑的顺序进行。


7.2.1 流程图设计中常用的概念

在流程图中，一般用以下五种用符号来表示流程中不同的事件或活动号，见表 7.1。

表 7.1 程序图的五个通用符号

活动类别	符号	含 义
操作	○	在工作过程中使物体发生变形、变质、组合或分解
运输	◇	移动物体使改变位置的活动
检验	□	检查或化验物体在数量上或质量上是否合乎标准
停留	D	下一活动不能连续进行所发生的停留与等待
储存	▽	有计划有目的的储存。
联合活动		两种活动同时发生

○，代表操作。它是唯一可以使物体增加价值的活动。如化学搅拌机的搅拌。在钻床上钻孔，打字员打字等。

 代表运输。运输的现象随处可见：手工搬运、机械搬运，可以是完全自动化的传输，又可以是携公文呈请签阅等。

□，代表数量检验；◇，代表质量检验，当同时对这两个方面检验时，使用联合符号，主要

的活动记在外层；如□◇，是以数量检验为主，质量检验为辅。两种检验同时进行的

的活动。  
D，英文字母 D 正体的大写，表示 Delay，（迟延），一般发生在工作地，由于下一行动未能即刻发生而产生的不必要也不可控制的停留或等待时间。例如，制品等待电梯，公文放桌上等待存档，半成品等待搬运等。

▽，代表储存。储存物品必须有一定的存放地，存储行为的取消，要经制度的认可。如物料存入仓库，领料时必须获得有关负责人签署文字，公文归档亦然。

若两种活动同时发生在同一工作地，可以视做同一活动，采用联合符号。如□○，表示操作与检验同时发生(并以检验为主)或是二者不可以分开，而视做一项活动。

## 7.2.2 作业流程图

作业流程图是以产品为对象，运用加工、检验两种符号来对产品生产过程进行的总体分析。目的是了解产品从原料开始到成品形成的整个生产过程。通过作业流程图了解生产系统由那些生产环节、多少主要工序组成的，经过一个什么样的加工顺序，以便从全局出发来分析问题。

作业流程图是对生产过程进行分析的特定方法。形如机械制图的外形图和装配图一样，只有一个大概的轮廓，常常被人喻为鸟瞰图。作业流程图是对产品生产过程的简要记录，在图上只用两个符号：操作和检验，来标示全部作业的时序安排，同时也记录了从原材料到制造成品的全部生产过程，指出了外购件、自制件的相互关系和装配顺序，并在作业流程图符号旁标明所需时间、地点与距离等内容（如图 7.1）。

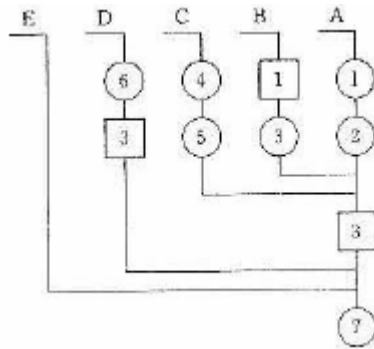


图 7.1 工序图框架

● 零部件按进入装配线的先后，由右向左顺序排列，如图 7.1，是先 A，次 B，再 C，依次进入主装线。

● 每个自制部件的生产过程用○与□两个符号由上至下按工艺顺序用短垂线连接。

● 外购件用水平线进入主装线，同时在水平线上标注名称、规格数量以及供应来源。

作业流程图绘好之后，再附一个简单的总结表，以便归纳、总结。总结表构造如表 7.2 所示：

表 7.2 总结表

项目	次 数	时 间
○		
□		

### 7.2.3 工艺流程图

工艺流程图是一个详尽的记录方法。描述产品或单项零部件在生产过程中各个工序的流动状况，所采用的符号多而全，由○、□、D 和▽等五种符号来表示工序活动。五种符号所代表的五种事项中，除○和□外，其余三种都是非生产性活动，又是研究与分析的重点，必须有详细而又翔实的一手资料，以便于分析、改进。

工艺流程图绘制方法：

- (1) 标题栏；
- (2) 按时间先后顺序，填写工序内容；
- (3) 在图表的符号栏内，预先画好固定的五种符号，只需按顺序接符号即可；
- (4) 填写时间及距离。；
- (5) 填总结表：活动名称、次数、时间和距离。

图 7.2 是一个物料型的工艺流程图，描述了公共汽车发动机在拆卸、除油以及清洗后送检查过程中所发生的一系列活动。在改进的思考中，着重考查运输、停留和贮存等非产性活动，尽量取消或减少这些活动，旨在节约人力和资源。

工艺流程图和作业流程图有相似的地方，但提供信息量更大，因为它可用来表示一个流程中所发生的全部加工、搬运、检验、等待和库存，以及包括认为与分析有用的信息，如所需的时间和移动距离。遇到复杂的产品时，则用作业流程图比较简明。

工艺流程图有两种不同的类型，材料型和人工型。前者用材料上所发生的各种事件，作为主体来代表流程，后者用人的活动来表示流程。

工艺流程图主要可用于减少移动距离，缩短库存时间，消灭不必要的作业和搬运，以及改进工厂布局等。

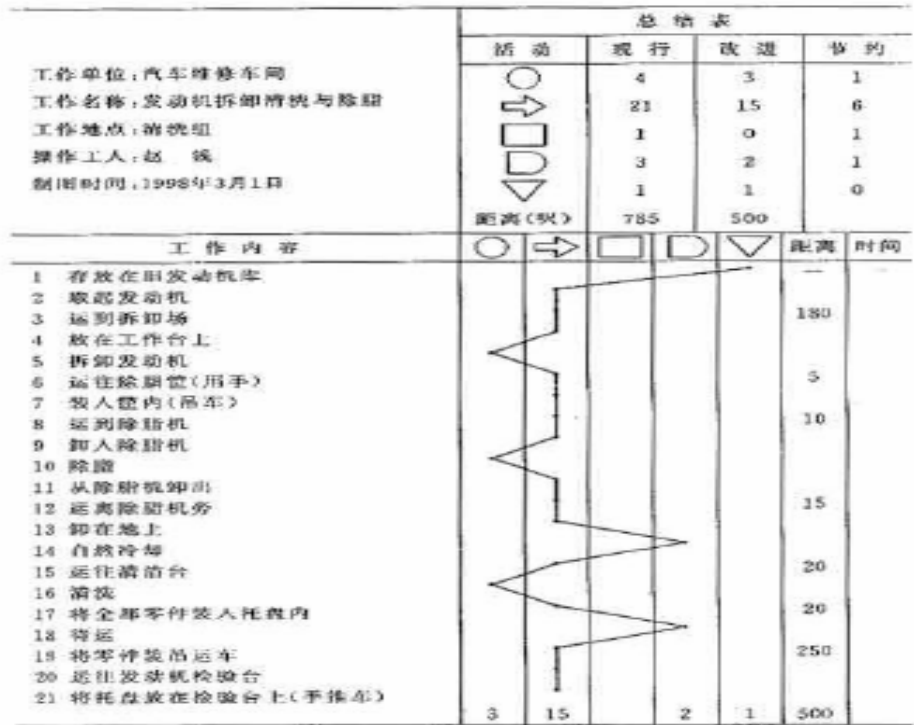


图 7.2 工艺流程图

7.2.4 物流线图

以上所介绍的作业和工艺流程图，有两大缺陷：其一，看不出各种设备的平面布局 and 物料的停放地点；其二，看不出操作工人和原材料在工作场所内的移动路线。而这两点对于改进车间布置和工作地的平面布局以及缩短运输路线都是十分必要的。在生产过程中，材料进厂或成品出厂的运输实际上是一种物料流通的过程。生产系统的物流分析，就是对这一流通过程做出生产组织设计，使其最少绕弯路，不发生阻塞、倒流等现象。通过对现有生产布局、工艺流程的分析，按合理搬运的规则，重新组织物流程序，在不增加投资的条件下，挖掘生产潜力。

所谓物料流程，即为物料流通的过程，简称物流。在生产活动中，指物料按生

产过程的时序安排，顺序流过各个工作地，直至产品完成的流动过程。描绘这一过程的记录图称做物流线图。这种程序图是将工作区域的布置及物流的方向、路径一并绘在一张图上的记录方法，即在车间平面图上，再布列工件的加工顺序图。使物料流通的过程在流程程序图中，从而有效克服了作业流程图和工艺流程图的两大缺陷。

物流线图的绘制步骤：

(1) 将流程程序图上的符号及其序号画在相应的平面图位置上。

(2) 依序作连结线，线上画双箭号(运输)表示。

(3) 多品种或一个产品的几个零部件同时生产，则用不同颜色分别画流动路线。若只是两种，可以分别用实线和虚线表示，只要藉以区别开即可。

(4) 在各个事物的活动点，钉上大头针，用不同色线从起点开始，依序绕过针直至终点，形成完整的活动路线。取下线段，量其总长，按比例计算实际长度。分析时，若设备要重新布列，只要拔下大头针，在新的活动点再钉上，就可以同样方法获得新方案的活动路线长度。

(5) 在设计车间平面布局时，可以剪制设备的图样，与平面图的比例相同，置于平面图上反复摆设，遴选较满意的方案，设计出新的流程图和线图。

(6) 利用坐标纸绘图。将流程的距离和搬运物体的高度描绘在坐标图里，也就是将物体的三维空间位移描绘在二维坐标系里，横坐标表示距离，纵坐标表示高度。

(7) 当厂房是多层建筑时，可以绘制，多层流程图，或制作立体模型，如图 7.3 所示。

例如，某一军工厂生产飞机部件，由交货处运到储存架的路线原为图 7.4 所示，搬运路线用粗实线表示，运用流程图进行分析就会发现物品在送往储存架的过程中，迂回绕道，行程亦长。

怎样改进迂回的贮存路线？通过观察发现零件被送往用隔板或铁丝网围住的零件架上时，绕弯的原因是：其一，是门设置的方位不妥，使运送没有捷径可走；其二，是检验台、点数台和接收台相距太远，大可不必这样三台独立，是不是可以靠上去？于是根据 ECRS 的思想方法，首先将隔板堵住下面的门，然后在右侧设置一个门，取代原来在下方的门。另外，将点数与接收两项工作合二为一，并建议检验台与接收台就近排列。这样，行程比原来缩短，同时亦减少了等待时间。



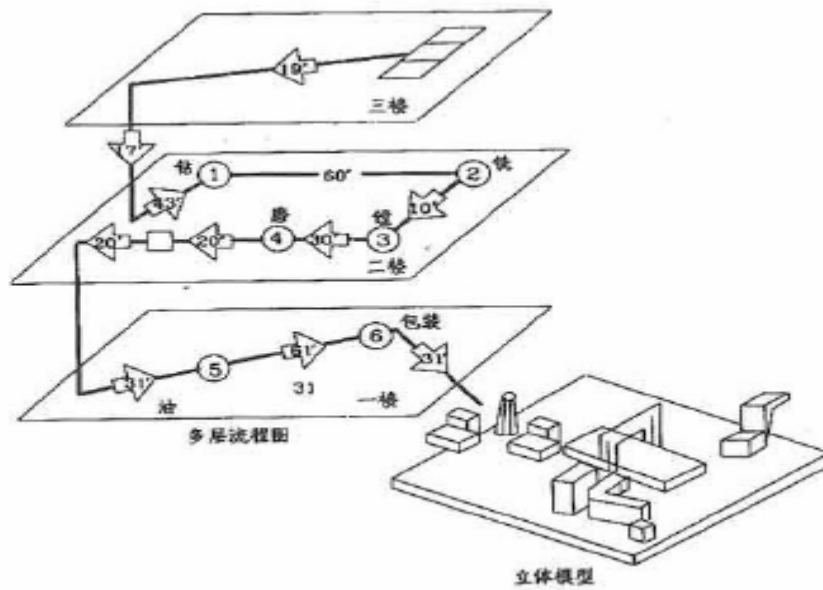


图 7.3 物流线图的构架

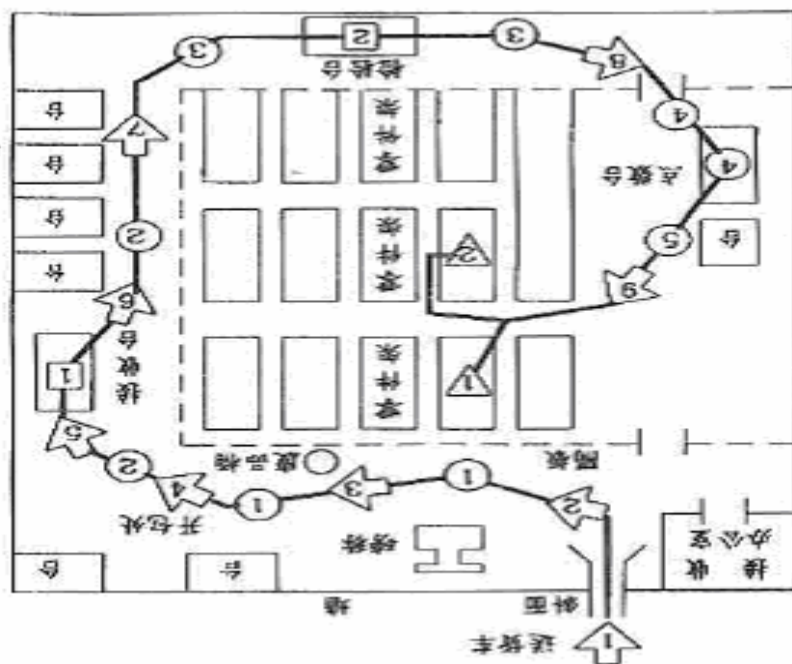


图 7.4 迂回的贮存路线

通过这一实例，可以发现，只要将标识的流程图和线图全面观察一番，就可以知道原来认为是合理的，实际上是不合理的，运用程序分析，不难找出现有流程的不尽合理之处，将设备按实际需要加以分析、重新布局，就会经济合理。在生产组

织过程中，这种做法叫做重新布置工作地。

### 7.3 生产流程分析和改进

流程分析是研究某一零件或产品所用的流程，目的是在于制定出费用最低、效率最高，可以生产出合乎质量标准的生产流程。

#### 7.3.1 生产流程设计

1. 产品—流程矩阵（Product- process matrix）

生产流程设计的一个重要内容就是要使生产系统的组织与市场需求相适应。生产过程的成功与失败与生产过程组织有直接关系。需求特征匹配生产过程，由此构成产品—流程矩阵，如图 7.5 所示。

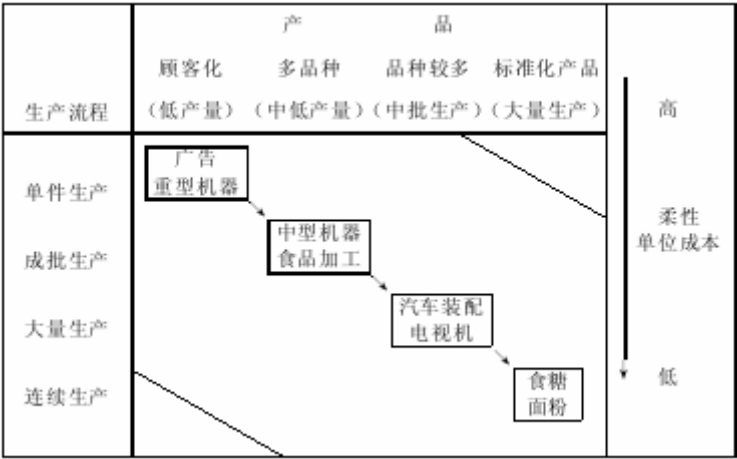


图 7.5 产品—流程矩阵

产品—流程矩阵最初由 Hayes 和 Wheelwright 提出，后来得到了广泛应用，具体优点体现在，其一，根据产品结构性质，沿对角线选择和配置生产流程，可以达到最好的技术经济性，换言之，偏离对角线的产品结构—生产流程匹配战略，不能获得最佳的效益；其二，传统的根据市场需求变化仅仅调整产品结构的战略，往往不能达到预期目标，因为它忽视了同步调整生产流程的重要性。因此，产品—流程矩阵可以帮助管理人员选择生产流程，辅助企业制定生产战略。

2. 影响生产流程设计的主要因素

影响生产流程设计的因素很多，其中最主要的是产品/服务的构成特征，因为生产流程就是为生产产品或提供服务而存在的，离开了用户对产品的需求，生产流程也就失去了存在的意义。

(1) 产品/服务需求性质

生产系统要有足够的能力满足用户需求，首先要了解产品 /服务需求的特点，从需求的数量、品种、季节波动性等方面考虑对生产系统能力的影响，从而决定选择哪种类型的生产流程。有的生产流程具有生产批量大、成本低的特点，而有的生产流程具有适应品种变化快的特点，因此，生产流程设计首先要考虑产品/服务特征。

#### （2）自制—外购决策

从产品成本、质量生产周期、生产能力和生产技术等几个方面综合考虑，企业通常要考虑构成产品所有零件的自制—外购问题。如果本企业的生产流程主要受自制件的影响，企业自己加工的零件种类越多，批量越大，对生产系统的能力和规模要求越高。不仅企业的投资额高，而且生产准备周期长。因此，现代企业为了提高生产系统的响应能力，只抓住关键零件的生产和整机产品的装配，而将大部分零件的生产扩散出去，充分利用其它企业的力量。这样一来既可降低本企业的生产投资，又可缩短产品设计、开发与生产周期。所以说，自制、外购决策影响着企业的生产流程设计。

#### （3）生产柔性生产

柔性是指生产系统对用户需求变化的响应速度，是对生产系统适应市场变化能力的一种度量，通常从品种柔性和产量柔性两个方面来衡量。所谓品种柔性，是指生成系统从生产一种产品快速地转换为生产另一种产品的能力。在多品种中小批量生产的情况下，品种柔性具有十分重要的实际意义。为了提高生产系统的品种柔性，生产设备应该具有较大的适应产品品种变化的加工范围。产量柔性是指生产系统快速增加或减少所生产产品产量的能力。在产品需求数量波动较大，或者产品不能依靠库存调节供需矛盾时，产量柔性具有特别重要的意义。在这种情况下，生产流程的设计必须考虑到具有快速且低廉地增加或减少产量的能力。

#### （4）产品/服务质量水平

产品质量过去是、现在是、而且将来还是市场竞争的武器。生产流程设计与产品质量水平有着密切关系。生产流程中的每一加工环节的设计都受到质量水平的约束，不同的质量水平决定了采用生产设备的形式。

#### （5）接触顾客的程度

绝大多数的服务业企业和某些制造业企业，顾客是生产流程的一个组成部分，因此，顾客对生产的参与程度也影响着生产流程设计。例如，理发店、卫生所、裁缝铺的运营，顾客是生产流程的一部分，企业提供的服务就发生在顾客身上。在这种情况下，顾客就成了生产流程设计的中心，营业场所和设备布置都要把方便顾客放在第一位。而另外一些服务企业，如银行、快餐店等，顾客参与程度很低，企业的服务是标准化的，生产流程的设计则应追求标准、简洁、高效。

### 7.3.2 生产流程分析方法

根据流程图便可对每一个作业进行检查与分析。每一个作业分析都带有若干个共同的因素，例如本作业的目的，与其他作业的关系，本作业的检验要求，搬运的方式，作业所处的地点，工艺装备以及方法，工作条件等等。因此，对流程每一个

环节都可以提出下列的六个问题，即六问分析法。

- 1 为什么 (Why?)
- 2 做什么 (What?)
- 3 怎样做 (How?)
- 4 谁来做 (Who?)
- 5 在哪里做 (Where)
- 6 什么时候做 (When?)

其中 Why 是最重要的，一般认为要解决某个问题必须连续问五个，为什么，方能由现象触及本质。Why 的问题自然触及到其他五个问题，他们的顺序一般是 What——How——Who——Where——When

“六问分析法”，在国外称做 6W，或 5W1H，其具体内容如表 7.3 所示：

表 7.3 5W1H 法的内容

5W	现行方法	Why	分析	改进
What	做什么?	为什么做?	是否必须做?	取消或合并
Where	在哪做?	为什么在这做?	另一地做是否更好?	
When	何时做?	为什么那时做?	别的时间做是否更好?	重排
Who	谁做?	为什么他做?	谁做更合适?	
How	怎样做?	为什么这样做?	怎样做更好?	简化

六问表，是提问技术的基本工具。进行作业研究的关键是要有一种创新的积极态度、批判的、效率意识，时时抱着为什么要这样做的态度，时时以时间、人力、物料的节约为宗旨。

在对上述六个方面问题的逐个考虑后，可以通过，取消一合并一重排一简化，四项技术形成对现有方法的改进，即 ECRS 技术。这里用这八个字的英文单词打头字母表示，即 ECRS。通常对于目的性的问题如，做什么，可以采用取消与合并；对于时间、地点及操作者的人选问题，可以进行重新安排、优化组合；而对于操作手段不合理方面要简化。经过 ECRS 处理后的工作方法可能会有很多，于是就有从中挑选更佳方案的任务，评价新方法的优劣主要需要从经济价值、安全程度和管理方便程度几个方面来考虑。

通过这样的分析与改进，便可以总结出缩减移动距离多少，节约时间多少，节约操作次数多少等。

7.3.3 生产流程分类

根据生产类型的不同，生产流程有三种基本类型：按产品进行的生产流程、按加工路线进行的生产流程和按项目组织的生产流程。

1. 按产品进行的生产流程
- 就是以产品或提供的服务为对象，按照生产产品或提供服务的生产要求，组织相应的生产设备或设施，形成流水般的连续生产，有时又称为流水线（Flow line）生产。例如离散型制造企业的汽车装配线、电视机装配线等就是典型的流水式生产。连续型企业的生产一般都是按产品组织的生产流程。由于是以产品为对象组织的生产流程，国内又叫对象专业化形式。这种形式适用于大批量生产类型。
2. 按加工路线进行的生产流程

对于多品种生产或服务情况，每一种产品的工艺路线都可能不同，因而不能像流水作业那样以产品为对象组织生产流程，只能以所要完成的加工工艺内容为依据来构成生产流程，而不管是何种产品或服务对象。设备与人力按工艺内容组织成一个生产单位，每一个生产单位只完成相同或相似工艺内容的加工任务。不同的产品有不同的加工路线，它们流经的生产单位取决于产品本身的工艺过程，因而国内又叫工艺专业化形式。这种形式适用于多品种中小批量或单件生产类型。

3. 按项目进行的生产流程

对有些任务，如拍一部电影、组织一场音乐会、生产一件产品、盖一座大楼等，每一项任

务都没有重复，所有的工序或作业环节都按一定秩序依次进行，有些工序可以并行作业，有些工序又必须顺序作业。

三种生产流程的特征比较列于表 7.4 中。

表 7.4 生产流程特征比较表

特征标记	对象专业化	工艺专业化	项目型
产品 订货类型 产品流程 产品变化程度 市场类型 产量	批量较大 流水型 低 大批量 高	成批生产 跳跃型 高 顾客化生产 中等	单件、单项定制 无 很高 单一化生产 单件生产
劳动者 技能要求 任务类型 工资	低 重复性 低	高 没有固定形式 高	高 没有固定形式 高
资本 投资 库存 设备	高 低 专用设备	中等 高 通用设备	低 中等 通用设备
目标 柔性 成本 质量 按期交货程度	低 低 均匀一致 高	中等 中等 变化更多 中等	高 高 变化更多 低
计划与控制 生产控制 质量控制 库存控制	容易 容易 容易	困难 困难 困难	困难 困难 困难

### 7.3.4 流程时间分析

流程时间是指某一产品或零件，从流程开始到结束时所需的时间。流程时间的分析主要是分析流程时间中的不同构成成分，各种构成成分所占时间的比例大小，并与其重要程度的大小作对比，分析比例过大的原因；同时，计算各种成分所需的时间，掌握产品生产周期的长短，研究进一步缩短的幅度，制订先进生产时间标准等等。

#### 1. 流程时间的构成

生产的流程由加工、检验、搬运、停滞四大部分所组成，同样地，流程时间亦是由加工时间、检验时间、搬运时间以及停滞所需的时间所组成。不过很多工业企业习惯上只把生产时间分为直接生产时间和辅助生产时间两部分。两种不同分法的相互关系，可见图 7.6。

鉴于加工部分在生产过程中所发挥的重要作用，容易使生产管理人员集中注意这一部分，也由于这种影响，在考虑生产时间时也往往只重视直接生产时间，以至忽视了辅助生产时间的真正作用，实际上，在生产时间中占最大比例的并不是加工时间(直接生产时间)，而

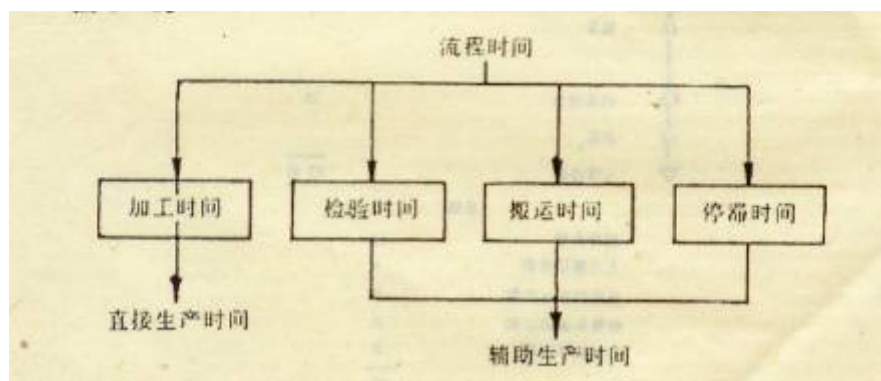


图 7.6 两种不同流程时间的相互关系

是辅助生产时间，其中尤其是停滞时间所占的比例很大。

这一点从 60 年代起日益受到注意。这一发现对生产运营管理的发展开辟了一个新的领域。

#### (1) 美国的调查研究

60 年代初期，有两位美国人曾对机械工业进行了多次调查，发现从材料进厂开始，一直到制成产品出厂的整个生产时间中，直接加工所需的工时仅占 2—5%，其余的 95% 时间则全部消耗在装卸、运输、工序之间的等待以及仓库的储存中。而进一步的调查，又弄清在这 5% 的有效生产时间中，比如在机械加工车间，平均只有 20—30% 的时间才是工件真正处于实际的加工过程中。

通过上述的调查研究后，经过技术上和管理上的改进，劳动生产率有所提高，生产周期有所缩短，据近年来资料，搬运和停滞的时间为整个生产周期的 80%。据认为占用整个生产周期的 80% 的这个数字，还是工厂生产效率低、生产成本高的重

要原因，还须 对这方面的技术和管理加以改进。

(2) 日本的调查研究

这个问题在日本也引起起生产管理有关方面的广泛注意。在日本一般的机械制  
造企业中，公认的生产时间结构是：停滞时间占 60-80%，加工、验检、搬运时间  
只占 20-40%。对 9 个典型的机械厂作过调查研究。其结果如下：

加工时间	25.4%
搬运时间	2.3%
检验时间	2.1%
停滞时间	70.2%
	100%

另一次的调查结果如下：

加工时间	35.3%
搬运时间	1.9%
检验时间	1.5%
停滞时间	61.3%
	100%

(3) 德国的调查结果

德国威斯特法伦州中小型机械工业企业，经过调查，结果得到直接生产时间与  
辅助生产时间的比例如下：

直接生产时间部分：

加工时间（包括调整时间）	10%
辅助生产时间	90%
其中： 运输时间	2%
检验时间	3%
流程中的停滞时间	75%
库存时间	5%
其他干扰时间	5%
	100%

(4) 我国的调查研究

我国的机械制造企业一直缺乏这方面的有关数据。为此，上海工程技术大学的  
学者特地进行实际调查，实际测量结果（大量生产）如下：

加工时间	3.34%
搬运时间	0.36%
检验时间	1.91%
停滞时间	95.39%
	100%

同时又对集中不同类型的机床开动情况，进行抽样实测，得到的数据如表 7.5。

表 7.5 我国机械制造企业抽样实测表

操作内容	车床	铣床	钻床	磨床
------	----	----	----	----

装拆	6.53	13	14.12	2.60
切削	25.25	33.94	28.75	44.34
测量	1.35	-	3.59	6.13
调整	8.55	11.25	7.64	14.50
机器闲置	58.32	41.81	45.90	32.43
合计	100%	100%	100%	100%

按照此表数据，可以计算，在整个的生产周期内，纯加工切削时间仅仅占到 3.34%\*（25-40%）大约 0.84-1.34%而已！

同样地，英国机床工业研究会也曾在 1966 年，对四个选定的车间内机床的开动情况，进行抽样实测，得到的数据如表 76。

表 7.6 英国机床工业研究会抽样实测表

操作内容	普通车床	立式六角车床	卧式六角车床
装拆	7.4	7.3	7.7
切削	40.9	42.4	37.5
测量	6.0	4.2	3.6
调整	25.4	27.8	32.0
机器闲置	20.0	17.2	18.0
其他	0.3	1.1	1.2
合计	100%	100%	100%

由此可见，大部分的生产时间并非加工的时间，而是搬运、等待和库存的时间。生产的速度，主要是由停滞时间的长短来决定的。这就说明生产管理不能单着眼于加工工艺效率的提高、改进。因为加工工序即使采用先进的工艺可提高工效数倍，但这些仅仅局限于最多不超过整个生产周期的 5% 范围内，从整个经济效果来说，可能是很小的。更重要的是应该提高工件的装卸效率，以充分发挥加工设备的生产率，以及考虑如何缩短工序之间的工件等待时间和改进存储的效率，缩短零部件的库存天数等等。而且提高物资搬运管理的效率，往往并不就是需要很多投资，添置搬运设备或全盘机械化等，只要科学合理地组织搬运，减少重复劳动，避免工件损伤，就可以显著提高经济效果，若用改进布局的办法，从辅助生产着手，增加生产效率，缩短生产周期，要远比压缩直接生产工时，见效更快。从技术革新、改进操作着手，谋求压缩几分钟定额，仅是一个方面；更应该的是注意占 80% 以上的辅助时间。从这方面下手，无疑更容易压缩生产周期。

辅助生产时间过长的原因，大都是由于生产提前期无控制，使投料过早，或者配套的不齐形成等料或积压，以及工序间的作业安排不当以致等待过多等造成的。

当前先进工业国家，早已把工厂物资搬运从一般的搬运简单涵义，提升至以物资搬运来组织生产、调节生产的地位。广义的物资搬运管理已和质量管理、生产管理、技术管理在整个企业管理中列为同样重要的地位来考虑。

## 2. 流程时间的计算和制订



辅助生产时间的过长，一方面固然是管理上的忽视，另一方面也是变动的因素过多，造成管理上的困难，以至失去控制。要压缩生产时间就一定要控制住辅助生产时间，要控制住辅助生产时间就必须制订合理的时间标准。由于生产的条件、管理的水平、产品的性质、生产的类型各不相同，往往统一标准发制定是非常困难的。可靠的办法是根据本企业的生产条件和过去的统计资料，制定出一个既符合本企业的条件又切实可行的比较先进的标准。

(1) 工序平均生产时间的计算

① 单件小批生产

因为仅仅为一批，数量较小，可根据车间的台帐的进出即可以查出每道工序的生产时间。

② 成批生产

由于投入和产出的次数较多，应求其平均生产时间，计算的公式如下：

$I$  工序平均生产时间（日数） $T_i = N_i / P_i$

$N_i$ ——计划期内（如一个月） $I$  工序加工停滞的总件日数

$P_i$ ——计划期内（如一个月） $I$  工序向下道工序送出的总件数

具体例子见表 7-7

表 7.7 × 月份 × 工序送出结存表

日期	由上道工序 送入数	向下道工序 送出数	在 制 品 结存数	一个月内存工件 停滞总件日数	停滞日数
1			200	$200 \times 4 = 800$	1-4 4 天
5	300		500	$500 \times 5 = 2500$	5-9 5 天
10		300	200	$200 \times 4 = 800$	10-13 4 天
14	200		400	$400 \times 4 = 1600$	14-17 4 天
18		300	100	$100 \times 5 = 500$	18-22 5 天
23	400		500	$500 \times 4 = 2000$	23-26 4 天
27		300	200	$200 \times 4 = 800$	27-30 4 天
		900		9000	

应用公式可计算出该工序的平均生产时间如下：

$$T_i = 9000 / 900 = 10 \text{ 天}$$

③ 大量生产

大量生产是连续生产，逐日的都有送入和送出，可用以下公式计算工序的平均生产时间。

$$T_i = N_i / P_i$$

$N_i$  —— I 工序在计划期内收入与送出逐日结存数的合计总数

$P_i$  —— I 工序在计划期内送出逐月累计的合计总数

表 7.8 × 月份 × 工序送入送出结存表

日期		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
上道工序送入数		2	0	2	2	1	1	0	2	0	1	3	2	
送入累计数		8	8	10	12	13	14	14	16	16	17	20	22	
向下道工序送出数		0	0	1	3	1	1	2	1	0	2	4	2	
送出累计数		0	0	1	4	5	6	8	9	9	11	15	17	17
结存数	6	8	8	9	8	8	8	6	7	7	6	5	5	85

可用以下公式计算工序的平均生产时间如下：

$$T_i = 85 / 17 = 5 \text{ 天}$$

从上面的计算可知，压缩工序的生产时间的关键在于压缩在制品数，压缩了在制品也就减少了加工在工序上的停滞时间，加快了向下道工序流转的速度

#### (2) 制订生产时间标准的方法

资料的统计、计算，可为制定生产时间标准提供可靠的依据。因为：

生产时间 = 直接生产时间(加工时间) + 辅助生产时间

直接生产时间可直接来自劳动定额，而辅助生产时间主要依靠经验数据的统计。

以下是制订生产时间标准的几种方法：

##### ① 制定统一的辅助生产时间标准

对上下道工序之间的交接，都给予统一的间断时间，例如以 1/4 班、1/2 班、1 班为单位等。一批零件加工的标准生产周期（生产时间的总和），便可用以下公式求得

$$T = \frac{\frac{n}{60} \sum_{i=1}^m t_i + dm}{8}$$

T —— 标准生产周期

$t_i$  —— I 道工序定额

m——工序数

n——批量件数

d——工序之间的统一辅助生产时间标准

例如有零件一批共计 10 件，共有四道工序，单件定额合计 180 分，工序间的统一辅助生产时间为 1/2 班。按照上面的公式可知该批加工零件的标准生产周期为

$$T = \frac{(10/60) \times 180 + 4 \times 4}{8} \approx 6 \text{ (班)}$$

不过本方法只适用于设备调整时间比较一致，批量采用顺序移动方式，机床加工的品种少等的生产条件。

## ② 制定不同的辅助生产时间宽放系数

辅助生产时间宽放系数=辅助生产时间/直接生产时间

制定辅助生产时间宽放系数可根据加工零件不同管理上的要求，包括设备调整时间的长短，批量的移动方式、机床安排加工任务的品种多少等，预先把零件分成 A、B、C 等类，同时按照加工时间的长短分项，结合本企业的生产条件和经验的统计，指定出不同的宽放系数，示例如表 7.9。

表 7.9 辅助生产时间宽放系数（经验数据）

A		B		C		D		管理要求分类 生产周(日)或 (班)
宽放 系数	加 工 时间	宽 放 系数	加 工 时间	宽 放 系数	加 工 时间	宽 放 系数	加 工 时间	
1	4 小时 以下	1.5	3 小时 以下	2.33	2 小时 以下	4	2 小时 以下	1
0.67	5-10	1	4-8	1.5	3-6	2.33	3-5	2
	11-14		9-12		7-10		6-7	3
	15-19		13-16		11-13		8-10	4
0.54	20-26	0.82	17-22	1	14-20	1.5	11-16	5
	27-31		23-26		21-24		17-19	6
	32-36		27-31		25-28		20-22	7
	37-42		32-35		29-32		23-26	8
0.43	43-50	0.67	36-43	0.82	33-40	1	27-36	9
	51-56		44-48		41-44		37-40	10

注：(1) 超过上表范围的，仍然可以按照上表进行推算；

(2) 制定生产周期的单位也可 1/4 班，1/2 班

例如有一批产品零件的加工任务，根据管理的要求定为 C 类，加工的总时间为 26 小时，查表知宽放系数为 1，故该生产周期标准应该定为 7 天。

实施本方法的要点在于调查实际情况，积累数据，先制定比较落实的宽放系数，

然后通过生产的实践，逐步地加以改进，得出比较切实可行的先进系数。

### 7.3.5 业务流程重组

#### 1. 业务流程重组的基本原理

所谓流程是指以确定的方式发生，导致特定结果的一个或一系列连续的操作。传统的组织以职能部门为中心开展工作。它有很多好处，如集中专家力量劳动分工、专业化发展、引进各领域的最新思想，从而提高效率。但也存在一些不足，如组织、关注的中心可能导向老板而不是客户、缺少横向的控制与协调、部门隔裂会导致一些无效工作等。为了克服这些弊病，组织可以流程为中心开展业务工作，这就是业务流程重组的思路。实际上，业务流程重组是一种改进的哲理。它的目标是通过重新设计组织经营的流程，使流程中增值部分增加、不增值部分减少，从而获得绩效的改进。

诺兰·诺顿公司对业务流程重组的需求与准备程度提出了一个分析框架见图 7.7。

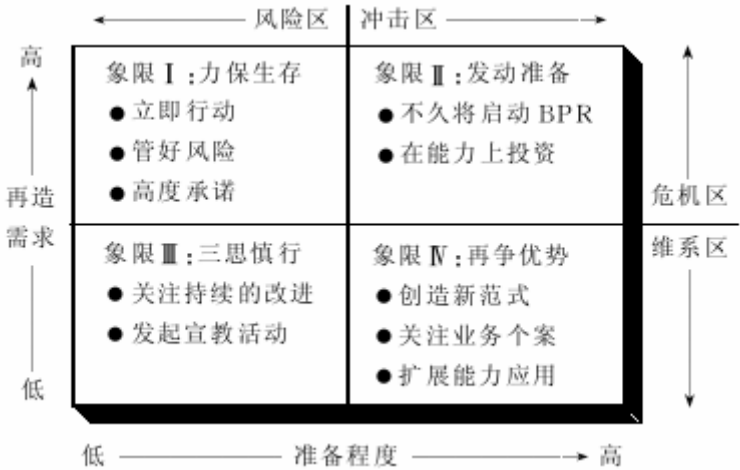


图 7.7 BPR 的企业需求与准备程度分析框架

图中分成 4 个象限，对第 I 象限的企业，能否改善经营业绩已成为生死攸关的问题，业务流程重组的需求迫切，但风险也高；第 II 象限的企业也迫切需要改善经营绩效，且有相当的准备，业务流程重组的风险不大；第 III 象限的企业运转正常，无需巨大改变，也没有业务流程重组的准备，应三思而行；第 IV 象限的企业也无需巨大改变，但通过业务流程重组可能获得新的战略优势。总之，处于第 I、II 象限的企业要尽快进行业务流程重组，第 III、IV 象限的企业要慎重考虑。处于第 I、II 象限的企业进行业务流程重组风险较大，要有足够的准备。

从事业务流程重组要围绕以下三个中心考虑：

① 以市场为中心，制订明确的目标和策略，那就是从顾客的需求出发，列出提供这些产品或服务所必要的各项活动，尤其是顾客与前台、前台到后台、后台到供

应商之间界面的联接，认真地评价和选择各环节的交货时滞管理、生产能力管理、库存管理、质量管理等方面的不同方案，得到最佳的流程安排。

② 以人为中心，因为人是流程生存与重组的基础，在流程中要充分利用人力资源，通过人员完成既定任务，又通过人不断改进工作，而改进工作的基础是学习。所以要把学习作为组织运作的一部分，关键是营造与组织战略相一致的价值观和企业文化。

③ 以效率和效益为中心，这里特别要提出信息技术的运用对业务流程重组的重要作用，人工智能、通信技术、计算机与网络技术、电子商务、多媒体、工作流

自动化等，将大大提高业务流程的效率，是业务流程重组的技术基础。

围绕以上三个中心进行业务流程重组，可以极大地提升企业竞争力，实现企业价值，包括用户、股东、职工、社会价值的最大化。这正是业务流程重组的目标。例如，通用汽车与供应商连网后，供应商不必等待通用汽车的订货通知，可以扫描后者的数据库判断什么时候要送什么样的零件，便可按时送货。而通用汽车公司则对送来的零件扫描条形码，计算机自动提示该零件送到什么地方，同时进行支付。双方管理费用和库存费用都大大降低了。

## 2. 业务流程重组的设计与变革

业务流程重组首先遇到的一个问题是：以现有流程作为新流程的基础，还是应当重新设计一个全新的流程。一般地说，忽视现有流程有很大的风险，因为现有流程中凝结了组织长期积累起来的知识和经验，忽视现有流程可能重犯过去的错误。但如果对现有流程分析过细过深，易受老框框的约束，不利于新流程的设计，因此要在二者之间寻求合理的平衡点。根据对待现有流程的不同态度，业务流程重组有两大类：

① 系统化改造法，即在剖析现有流程的基础上，系统地重新设计新流程。其优点是可以继承原有流程的长处，逐步改造，风险较低，对正常生产运作的冲击小(缺点是创新程度会受到影响，通常用于短期绩效的改进。

② 全新设计法，即以零为起点，从根本上重新设计新的流程。其优点是通过创新可能获得绩效的成倍改进，而且可能带来全新的产品或服务，例如电话银行扩展出新的金融服务甚至非金融服务；缺点是变革太大可能引起职工的不适应，对正常的生产运作带来较大的干扰，风险较高。

业务流程重组的重点是那些重要但绩效低的流程，通过用户或供应商的反馈，或从员工、咨询顾问、标杆企业那里找到业务流程重组的目标。通过系统化改造重新设计流程的目标是消除流程中非增值活动和调整核心增值活动，主要手段有：

- 清除，如消除过量生产、等待时间、不必要的加工运输与库存、重复工作、工作失误等；

- 简化，如简化报表、程序、流程、问题、技术、沟通等；

- 整合，如整合工作、团队、顾客、供应商等；

- 自动化，如数据的采集、传输与分析的自动化，脏活、难活、险活的自动化等。

- 采用全新设计法设计新的业务流程，则有以下步骤：

- 从高层次理解现有流程，分析每个流程的关键步骤和结果；

- 比照标杆，集思广益，从顾客出发寻找流程设计的新思路；

- 设计流程；
- 检验，通过模拟它在现实中的运行对设计进行检验。

业务流程重组的关键在于实施，大多数重组项目的失败的原因都是因为新的设计在实施阶段没能落实。顺利实施业务流程的重组有 5 个关键阶段，见下图 7.8。

- 营造环境，在员工中形成业务流程重组迫切性的共识，找出核心流程；
- 分析、诊断和重新设计流程；
- 组织结构的重新设计；
- 新流程的试点与切换，在试点期间新旧流程并行运转，然后在整个组织范围内分阶段实施；

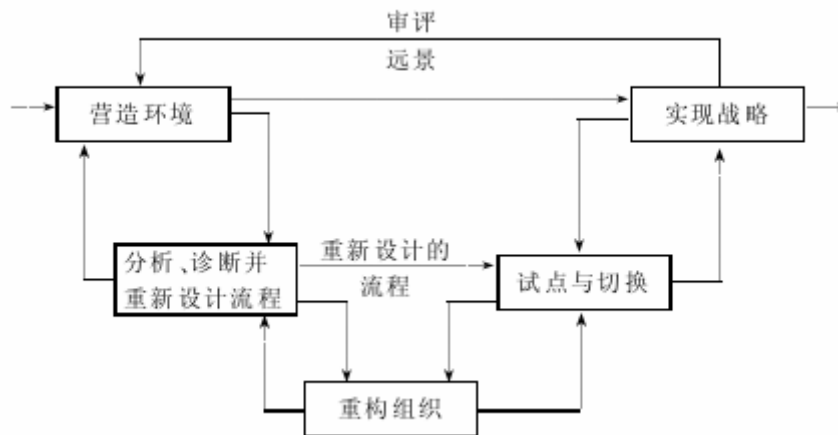


图 7.8 业务流程重组的实施过程

- 实现远景目标，即评价流程重组的收效，获得应有的效益，再不断改进。

## 本章小结

本章主要讲述了运营系统的流程分析的相关内容。首先，介绍了流程的构成，包括作业(加工)、检验，搬运和停滞。接着，讲解了流程图的有关内容，包括作业流程图、工艺流程图、物流线图的基本概念、特点以及画法。此外，还着重介绍了流程分析和改进的有关内容，重点介绍了流程设计、流程分析的方法、生产流程的分类、流程时间分析等内容。最后，对于当前颇受关注的业务流程重组作了简要介绍，包括业务流程重组的基本原理、业务流程重组的设计与变革等。

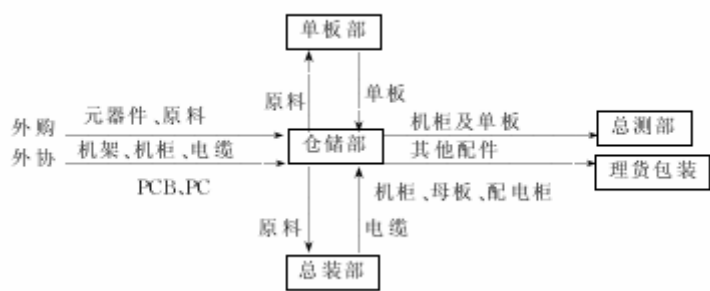
## 复习与思考

1. 说明构成流程的四要素和流程分析的目的。
2. 说明作业流程图、工艺流程图和物流线图的特点和用途。
3. 影响流程设计的因素有哪些？
4. 说明流程时间的构成和计算、制订流程时间的方法。
5. 什么是业务流程重组？在业务流程重组中应掌握哪些要点？

# 案例分析

## 豪信公司的生产流程重组

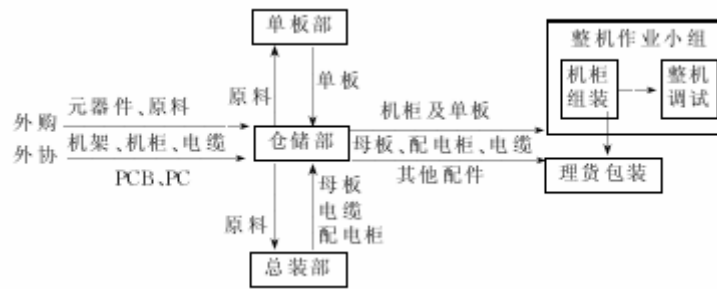
豪信公司是一家生产程控交换机的大型企业，年产值约 6 亿元。公司生产部原来由 3 个部门组成，单板部、总装部和总测部。单板部主要生产交换机上的各种电路板。总装部生产交换机机柜。总测部负责总机的生产和调试。所有物料的领取、



补退、故障板

处理都经过仓储部。具体的生产流程见上图。出于传统的规模经济效益的考虑。单板和机柜 都采用批量生产，备货供应的模式，使公司半成品的库存量居高不下，且有增长的趋势。即使这样，总测部按订单生产时往往因缺少特定单板或合适的机柜而影响生产进度，有时不得不突击组织某些规格半成品生产，引起生产流程的波动和振荡。而一切物料与半成品的发领都通过仓储部，导致手续繁琐。出入库和清点工作占用了大量的人力、物力和时间。批量作业方式与过长的生产周期大大降低了公司对市场的适应能力。于是，一项生产流程的重组方案出台了。这个方案的主要内容有：

- 1、通过厂房重新布置、生产流程的优化，缩短单板生产周期。以 400PCS CC07 ASL 加工过程为例。生产周期由原先的 8.4 天减少到 4.9 天。缩短了 41.7%。但为了组织批量生产，由于厂房布置有缺陷、工序能力不平衡、生产准备时间太长等原因，尚难实现准时化生产。
- 2、 改变机柜的备货式生产方式，组织准时制生产。取消机柜质量的在线检验和出入库程序。
- 3、将原属总装部的机柜生产划入总测部。组成 4 个并行作业的小组。由这些作业小组按订单要求连续完成从机柜组装到整机调试的所有工序。总装部将机柜装划出后，只生产母板、电缆等附件。生产周期只有 12.2 小时。组织准时制生产重组后的生产流程见下图

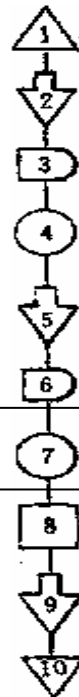


生产流程调整方案图

### 思考题：

豪信公司推出的生产流程重组方案有哪些吗？能不能提出更好的生产流程方案，请阐明

好处，哪些不足？你赞成理由。



### 练习题

1. 以下是加工小轴的流程图：2、3、4、5、时间分别是5、5、4、3、5、2、10、3分

6、7、8、9、10的流程钟。请计算辅助生产时间所占的比例。

5 分钟

5 分钟

4 分钟

3 分钟



5 分钟

2 分钟

10 分钟

3 分钟

2. 某车间 4 月份的生产数如下表，试计算平均生产周期。

日期	投入数	出产数	在制品结存数
1	500	0	500
11	400	400	500
21	600	500	600
29	100	300	400

3. 某工序的时间定额为 0.5 量为 60 件，辅助生产宽放系数为 2.33。试求：该批零件的生产周期和辅助生产时间各为多少小时？

## 第 8 章 大量流水生产的组织和控制

本章关键词

大规模生产方式(Large-Scale Mode of Production)  
装配线 (Assembly Line)

流水线 (Production Line)  
节拍 (Rhythm)

在制品 (Works in Process)  
流水线工作指示图表 (Standard  
Operation Process Indication)  
在制品定额法 (WIP Ration)

<http://re.icxo.com/>

<http://manage.china-aaa.net/act.aspx>

<http://www.ce.cn/>

亨利·福特创立的流水生产线，揭开了现代化流水生产的序幕，引起了制造业的根本变革。

应用流水生产能使产品的生产过程较好地符合连续性、平行性、比例性以及均衡性的要求；可以提高劳动生产率，缩短生产周期，减少在制品占用量和运输工作量，加速资金周转，降低生产线本；还可以简化生产管理工作，促进企业加强生产技术准备工作和生产服务工作。

## 8.1 流水生产的特征和分类

在大量生产的情况下，流水生产线由于能将高度的对象专业化的生产组织和劳动对象的平行移动方式有机地结合起来，是一种较好的被广泛采用的生产组织形式。

现代流水生产方式起源于福特制。亨利·福特(Henry Ford)是美国福特汽车公司的创始人，他于 20 世纪 20 年代创立了汽车工业的流水生产线，由此揭开了现代化流水生产的序幕，引起了制造业的一个根本变革。

### 8.1.1 流水生产的基本特征

流水生产是指劳动对象按照一定的工艺路线，顺序地通过各个工作地，并按照一定的生产速度(节拍)完成工艺作业的连续重复生产的一种生产组织形式。流水生产的基本特征如下：

(1) 工作地专业化程度高，在流水线上固定地生产一种或几种制品，而在每个工作地上固定完成一道或几道工序。

(2) 生产具有明显的节奏性，即按照节拍进行生产。所谓节拍，是指流水线上

出产相邻两件制品的时间间隔。

(3) 各道工序的工作地(设备)数量与各该工序单件工时的比值相一致。即, 如设流水线上各道工序的工作地(设备)数分别为  $s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_m$ ; 各工序的工时定额为  $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_m$ ; 流水线生产节拍为  $r$ , 则:

$$\frac{t_1}{s_1} = \frac{t_2}{s_2} = \dots = \frac{t_m}{s_m} = r$$

上述公式所表明关系, 是保证生产过程的比例性和平行性的要求所决定的。

(4) 工艺过程是封闭的, 并且工作地(设备)按工艺顺序排列成链索形式, 劳动对象在工序间作单向移动。

(5) 劳动对象如同流水般地从一工序转到下一工序, 消除或最大限度地减少了劳动对象的耽搁时间和机床设备加工的间断时间, 生产过程具有高度的连续性。

将一定的设备、工具、传送装置和人员按照上述特征组织起来的生产线称为流水线。如果工作地(设备)是按工艺过程顺序排列, 但未满足或未完全满足上述特征要求的, 就只能称之为作业线或生产线, 而不能称为流水线。利用和发挥流水线的优点仍然是改善生产线的努力方向。

在流水生产条件下, 生产过程的连续性、平行性、比例性、节奏性都很高, 所以它具有可以提高工作地专业化水平、提高劳动生产率、增加产量、降低产品成本、提高生产的自动化水平等一系列优越性。但是反过来也有一些不利的地方。例如: 由于设备高度专用化, 对产品的变化缺乏适应力; 一旦在某处发生设备故障, 就有可能导致全线停车, 带来较大的损失; 生产率的调整幅度不可能很大, 等等。

## 8.1.2 流水线的分类

### 1. 按生产对象的移动方式

按生产对象的移动方式, 可分为产品固定不动的流水线和产品移动的流水线。前者, 劳动对象是固定不动的, 由不同工种的工人(组或队)携带工具按规定的节拍轮流到各个产品上去完成自己所担任的工序。这种生产组织形式适用于装配特别笨重、巨大的产品, 以及在造船、建筑、工程施工等部门中采用。后者, 劳动对象是移动的, 而工人、设备和工具的位置是固定的, 劳动对象顺序地经过各个工作地(设备)的加工后, 便成为成品或半成品。这种生产组织形式在机械制造、服装等工业部门广泛采用。

### 2. 按流水线上生产对象的数目

按流水线上生产对象的数目，可分为单一品种流水线和多品种流水线。单一品种流水线只生产一种产品(或零件)，品种是单一的，固定不变的，属于大量生产类型。多品种流水线要轮换地生产几种产品，这些产品虽然品种不同，但在结构上、工艺上是近似的。

### 3. 按对象的轮换方式

按对象的轮换方式，可分为不变流水线、可变流水线和混合流水线。不变流水线是固定地只生产一种产品(零件)，工作地是完全专业化的。这种流水线适用于大量生产某种产品的条件下，所以称大量流水线。可变流水线是固定成批地轮番生产几种产品。当一种产品的一批制造任务完成后，就要相应地调整设备和工艺装备，然后开始另一种产品的生产，依次把所有的产品品种都完成一遍以后，又开始下一轮的重复生产。这种流水线适用于多品种的成批生产，又称成批流水线。混合流水线(又称混流生产)不是成批地轮番生产，而是在一定时间内同时生产几种产品，变换品种时，基本上不需要重新调整设备和工艺装备。因为，在这种流水线上，各种产品的生产是按照成组加工(装配)工艺规程，使用专门的成组加工设备和工艺装备来完成的。所以又称之为成组流水线。

### 4. 按生产过程的连续程度

按生产过程的连续程度，可分为连续流水线和间断流水线。在连续流水线上，加工对象从投入到出产连续地从一道工序转入下一道工序不断地进行加工，中间没有停放等待时间，生产过程是完全连续的。它一般适用于大量生产，是一种完善的流水线形式。在间断流水线上，由于各道工序的劳动量不等或不成倍比关系，生产能力不平衡，加工对象在各工序之间会出现停放等待等中断时间，生产过程是不完全连续的。

### 5. 按流水线节拍的方法

按流水线节拍的方法，可分为强制节拍流水线和自由节拍流水线。前者是利用专门的装置来强制实现规定的节拍，工人必须在规定的时间内完成自己的工作。如有延误或违反技术规程，即会影响下道工序的生产。后者是由操作者自行保持节拍，要求各工序必须按节拍进行生产，但每件制品的加工时间，则由工人自己掌握，一般在各工作地上都设有保险在制品以调节生产的节奏。

### 6. 按产品的运输方式

按产品的运输方式，可分为无专用运输设备的流水线和有专用运输设备的流水线。前者由流水线上的操作工人直接用手将自己加工完毕的制品传送给下道工序，或者由辅助工利用普通的运输器具将制品传送给下道工序。后者采用专门的运输设备，如重力滑道、专用小车、悬挂装置等，比较先进的是采用传送带。传送带又可

分为分配式和工作式两种。分配式传送带是将需要加工的制品运送到设在传送带一侧或两侧的各个工作地上，工人从传送带上取下制品，在工作地上进行加工，加工完毕后又把制品放到传送带上，由传送带将制品运送到下一个工作地去继续加工。工作式传送带并不把制品从传送带上取下来，而是工人按规定的地段站在传送带的旁边，当制品运来时，工人就在传送带上进行加工。这样传送带既是运输装置，又是很多个连续的工作地。

7. 按流水线的机械化程度

按流水线的机械化程度,可分为手工流水线、机械化流水线和自动化流水线。

流水线的分类如图 8.1 所示。

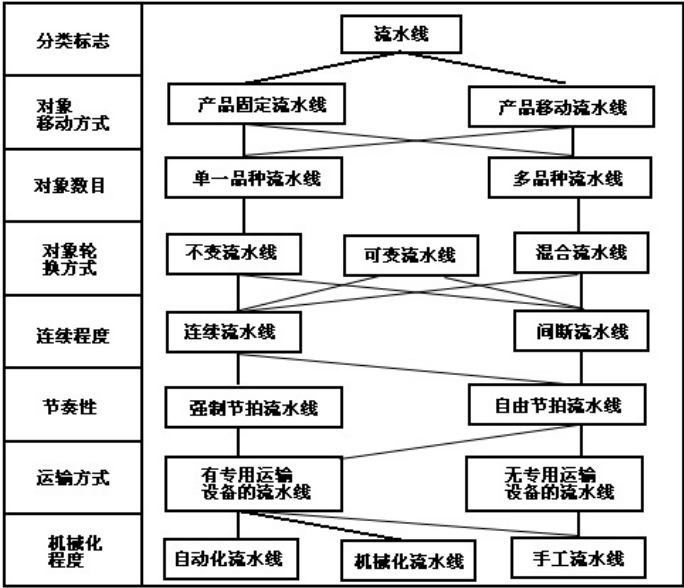


图 8.1 流水线的分类

### 8.1.3 流水生产方式的优缺点

1. 流水生产方式的主要优点

流水生产方式的主要优点是能使产品的生产过程较好地符合连续性、平行性、比例性以及均衡性的要求。它的生产率高，能及时地提供市场大量需求的产品。由于是专业化生产、流水线上采用专用的设备和工艺装备，以及机械化的运输装置，所以可以提高劳动生产率，缩短生产周期，减少在制品占用量和运输工作量，加速资金周转，降低生产线本，还可以简化生产管理工作，促进企业加强生产技术准备工作和生产服务工作。

## 2. 流水生产方式的主要缺点

流水生产方式的主要缺点是不够灵活，不能及时地适应市场对产品产量和品种变化的要求，以及技术革新和技术进步的要求。对流水线进行调整和改组需要较多的投资和花费较多的时间。工人在流水线上工作比较单调、紧张、容易疲劳，不利于提高生产技术水平

## 3. 组织流水生产必须具备以下条件

(1) 产品品种稳定，而且是市场上长期大量需要的产品。

(2) 产品结构比较先进，设计基本定型，产品是标准化的；并具有良好的结构工艺性。所谓结构工艺性是指产品的结构便于工艺制造，有利于采用经济、有效的工艺加工方法。

(3) 原材料、协作件必须是标准的、规格化的，并能按时供应。

(4) 机器设备必须经常处于完好状态，严格执行计划预修制度。

(5) 工作必须符合质量标准，产品检验能随生产在流水线上进行。

具备了上述条件，并通过技术经济的论证或可行性研究，作出决策，决定采用流水生产方式后，就可以进行流水线的具体组织设计。

### 新观点

20 世纪 80 年代早期，全球最大的快餐连锁店麦当劳就开始与中国大陆官方谈判，希望金色拱门可以进入这个世界最大的消费市场。1990 年，麦当劳在深圳开了其在中国的第一家餐厅，之后，麦当劳在中国一直保持稳定和高速的发展，截至 2001 年 6 月底，已在中国建立了 368 家连锁店，2002 年 11 月中国的麦当劳餐厅已达 500 多家，比 2001 年同期增加近百家。在亚太地区，麦当劳在中国的连锁店数量仅次于日本和澳大利亚。在中国饭店协会 2002 年 8 月公布的快餐百强中，麦当劳分布于中国各地的 21 家餐厅入选百强，营业额达到 34.08 亿元，北京麦当劳更是坐上了中国快餐业的头把交椅。

麦当劳成功的秘诀之一在于：不断推进生产速度，同时又不牺牲产品的一致性，使“吃”的味觉成为可以预测的体验。为此，麦当劳建立了完整的生产和服务体系，把一切过程标准化，从而保证无论何时、何地、何人，只要进入金色拱门，就知道可以期待的具体而确切的色、香、味以至笑容是什么。

从三明治装配线到汉堡大学先进的管理培训，麦当劳通过把一切过程标准化，并由此建立了一个体系。一本研究美国标准化工作的书《快餐，快谈》对麦当劳的经营程序做了很好的概括。作者罗宾·雷德纳(Robin Leidner)用“绝对标准化的典范”来形容麦当劳的特征。事实上，麦当劳一直有一本 600 页的《操作和训练手册》指导生产(在中国只有店堂经理才有资格阅读它，并且在离开店面前按规定将其锁入指定地点)。没有例外发生：照片布局说明汤汁应该放在小面包的什么地方，每片泡菜的厚度有特别规定。麦当劳店里的所有设备都必须从

许可商那里购买，从里到外的建筑设计都有严格的管理。

正如麦当劳的新加坡总经理罗伯特·夸恩(Robert Kwan)提出的那样：“麦当劳出售的是体系，而不是产品。”它的目的是创立一套标准化的内容，使在新加坡、西班牙、南非尝到的味道一样。麦当劳体系的核心特点是，把工作转移到一系列任务中去，这些任务可以由经最少训练的普通工人来完成。麦当劳店里没有厨师，遵照亨利·福特推广的运营模式，汉堡和薯条在流水线上生产。

资料来源：季建华. 运营管理. 上海交通大学出版社，2004 年 1 月

## 8.2 单一品种流水线的设计

### 8.2.1 流水线设计的内容

流水线的设计包括技术设计和组织设计。技术设计是流水线“硬件”方面的设计，包括工艺路线、工艺规程的制定；专用设备的设计；设备改装设计；运输传送装置的设计；专用工卡具的设计等等。组织设计是流水线“软件”方面的设计，包括流水线的节拍和生产速度的确定；设备需要量及负荷的计算；工序同期化设计；工人配备；生产对象运输传送方式设计；流水线平面布置等等。本节主要研究单一品种流水线的组织设计。

### 8.2.2 组织设计的步骤及方法

单一品种流水线的组织设计，一般可以分七个步骤：

#### 1. 计算流水线的节拍

流水线的节拍就是顺序生产两件相同制品之间的时间间隔。它表明了流水线生产率的高低，是流水线最重要的工作参数。其计算公式如下：

$$r = \frac{F}{N}$$

式中：  $r$ ——流水线的节拍(分/件)；

$F$ ——计划期内有效工作时间(分)；

$N$ ——计划期的产品产量(件)。



计划期的产品产量  $N$ ，除应根据生产大纲规定的出产量计算外，还应考虑生产中不可避免的废品和备品的数量。

[例 1] 某厂生产计划中规定变速齿轮的日产量为 56 件，每日工作 8 小时，时间利用系数为 0.95，废品率为 2%，试求该齿轮的平均节拍。

解： 
$$r = \frac{F}{N} = \frac{8 \times 60 \times 0.95}{56 / (1 - 2\%)} = \frac{456}{57.1} = 7.99 \text{ (分/件)}$$
  

$$= 8 \text{ (分/件)}$$

当流水线上加工的零件小，节拍只有几秒或几十秒时，零件就要采用成批运输，此时顺序生产两批同样制品之间的时间间隔称为节奏，它等于节拍与运输批量的乘积。

$$r_g = Q_N \cdot r$$

式中：  $r_g$ ——流水线的节奏；

$Q_N$ ——运输批量。

流水线采取按批运输制品时，如果批量较大，虽然可以简化运输工作，但流水线的在制品占用量却要随之增大。所以对劳动量大、制作重量大、价格高的产品应采用较小的运输批量；反之，则应扩大运输的批量。表 8.1 所列举的运输批量可供计算参考。

表 8.1 流水线运输批量的参考值

制品在一道工序 上平均加工劳动量 (分)	单 件 重 量 (kg)						
	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	5.0	≥10
	运 输 批 量 值						
<1.0	100	50	20	10	5	2	1
1.0~2.0	50	20	20	10	5	2	1
2.0~5.0	20	20	10	5	2	2	1
5.0~10	10	10	5	2	2	1	1

2. 确定各工序所需的各工作地(设备)数，计算设备负荷系数

为了使制品在流水线各工序间平行移动，每道工序的工作地数目应当是工序时间和流水线节拍之比，即：

$$S_i = \frac{t_i}{r}$$

式中：  $S_i$ ——流水线第  $i$  道工序所需工作地(设备)数(台)；

$t_i$ ——流水线第  $i$  道工序的单件时间定额(分/件)。

工序单件时间定额内应包括工人把加工对象从传送带上取走和放上的时间。

计算出来的设备数若为整数，就可以确定它是该工序的设备数。若不是整数，则采用的设备数  $S_{ci}$  应取接近于计算数的整数，一般  $S_{ci} \geq S_i$ 。在这种情况下，该工序在加工每件制品之后发生间断，其数值为：

$$t_{ci} = r - \frac{t_i}{S_{ci}}$$

式中：  $t_{ci}$ ——第  $i$  道工序加工每件制品之后的间断时间。

由于计算出的设备数往往不是整数，而采用的设备数只能是整数，所以设备负荷必然出现不足的情况。反映此情况的指标称为设备负荷系数( $K_i$ )，其计算公式如下：

$$K_i = \frac{S_i}{S_{ci}}$$

工序数为  $m$  的流水线的总设备负荷系数( $K_a$ )等于：

$$K_a = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{\sum_{i=1}^m S_{ci}}$$

式中  $m$ ——流水线上工序数。

设备负荷系数决定了流水线作业的连续程度。一般根据它来决定流水线是连续的还是间断的。当  $K_a$  值小于 0.75 时，宜组织间断流水线。假如大多数工序的时间定额超过流水线的出产节拍，可考虑采用两条或三条加工同一对象的流水线，这样比只采用一条流水线而每道工序的工作地数目很多，便于组织管理。在这种情况下，对每条流水线来讲，出产节拍相应地增大。

### 3. 组织工序同期化，流水线的平衡问题

所谓工序同期化，就是根据流水线节拍的要求，采取各种技术的、组织的措施来调整各工作地的单件作业时间，使它们等于节拍或节拍的倍数。工序同期化是组织连续流水线的必要条件，也是提高劳动生产率，使设备充分负荷和缩短产品生产周期的重要方法。组织工序同期化的基本方法是将整个作业任务细分为许多小工序(或称作业元素)，然后将有关的小工序组合成为大工序，并使这些大工序的单件作业时间接近于节拍或节拍的倍数。劳动分工越细，工人操作的内容越简单，小工序的数量就越多。工序的分解与合并，这在以手工操作为主的装配流水线上比较容易实现，而在以机器工作为主的流水线上则较难实现，因为后者受机器设备的限制，不能随意分解或合并。通过对工序的分解与合并，可达到初步的同期化。在此基础上，为进一步提高工序同期化的水平，在关键工序上还可采取以下措施：

(1) 提高设备的机械化、自动化水平，采用高效率的工艺装备，减少工序的作业时间。

(2) 改进操作方法和工作地的布置，减少辅助作业时间。

(3) 提高工人的操作熟练程度和工作效率，改进劳动组织，如调熟练工人到高负荷工序工作，组织相邻工序协作，或选拔一名或几名工人沿流水线巡回，协助高负荷工序完成任务等。

(4) 建立在制品储备。

(5) 对作业时间很长而又不能分解的工序，增设工作地数，组织平行作业。

[例 2] 下面以单一品种的装配流水线为例，说明组织工序同期化的具体方法。假设该流水线的节拍为 8 分钟，由 13 道小工序组成，单位产品的总装配时间为 44 分钟，各工序之间的装配顺序和每道工序的单件作业时间如图 8.2 所示。为合理地利用人力，组织工序同期化，求得流水线平衡。

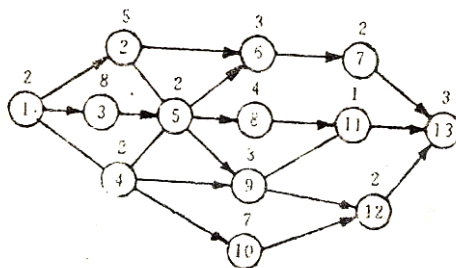


图 8.2 装配顺序图

注意：圆圈中的数字表示工序号；圆圈上方的数字表示该工序的单件作业时间；箭头的连续表示装配的先后关系。

解：（1）计算流水线上需要的最少工作地数。该流水线上有 13 道装配工序，如果设 13 个工作地，每个工作地只完成一道工序，即第 3 道工序装配一台产品需用 8 分钟，而第 11 道工序仅需 1 分钟，忙闲不均，组织不起连续的流水生产。究竟应该设多少个工作地呢？从理论上说，装配一台产品总的作业时间是 44 分钟，每个工作地最多只能完成 8 分钟的装配作业任务，因节拍规定是 8 分钟。所以，流水线上需要的最少工作地数为：

$$S_{\min} = \left[ \frac{T}{r} \right]$$

式中： $S_{\min}$ ——最少工作地数；  
 $T$ ——单位产品总装配时间；  
 $r$ ——流水线节拍；

$\lceil \frac{T}{r} \rceil$  ——表示大于或等于  $\frac{T}{r}$  的最小整数。

将例中数字代入

$$S_{\min} = \left\lceil \frac{44}{8} \right\rceil = \lceil 5.5 \rceil = 6$$

该流水线上最少需设置 6 个工作地。

（2） 组织工作地。按同期化的要求，将各工序分配到工作地。所谓同期化的要求，是指向每一个工作地分配工序时必须满足下列条件：

- ① 保证各工序之间的先后顺序关系。
- ② 每个工作地分配到的工序作业时间之和不能大于节拍。
- ③ 各工作地的单件作业时间应尽量相等和接近节拍。
- ④ 应使工作地的数目最少。

（3）流水线的平衡方法。通常采用列举—消去法。这种方法的特点是，从第一道工序开始，根据工序先后顺序的要求，将能和第一道工序组合在一起的、作业时间之和等于或接近于节拍的工序编为一组，分配给一个工作地。在列举各种编组方案时，消去明显不合理的编组，如各工序作业时间之和超过节拍或远小于节拍，违反工序之间的先后顺序等。如发现有作业时间相同的多个编组时，则可保留一个，消去其余的。在列出第一个工作地的编组方案基础，按上述列举—消去法的步骤进行第二个工作地的编组。如此反复进行直至把所有的工序都分配完为止。

应用列举—消去法，该装配流水线平衡的结果见表 8.2。

表 8.2 装配流水线的平衡表

工作地顺序号	工序号	工序单件作业时间	工作地单件作业时	工作地空闲时间
1	1	2	7	8-7=1
	2	5		
2	3	8	8	8-8=0
3	4	2	8	8-8=0
	5	2		
	8	4		
4	10	7	7	8-7=1
5	6	3	8	8-8=0
	7	2		
	9	3		
6	11	1	6	8-6=2
	12	2		
	13	3		

流水线的平衡方法从理论上讲可以求得最优解，但由于工序数目的稍稍增加会使编组数量急剧增加，因此一般能求得近似最优解也就可以了。

#### 4. 计算流水线的负荷系数

流水线的负荷系数越大，表明流水线的生产效率越高。一般机器工作流水线的负荷系数不应低于 0.75，以手工为主的装配流水线的负荷系数应在 0.85-0.9 以上。

流水线负荷系数可按下列公式计算：

$$K_a = \frac{T}{S \cdot r}$$

式中：K<sub>a</sub>——流水线负荷系数；

T——单位产品总装配时间；

r——流水线节拍；

S——流水线平衡后实际采用的工作地数。

将例中数字代入

$$K_a = \frac{44}{6 \times 8} = 0.9167$$

分配到工作地的各工序单件作业时间之和，即工作地的单件作业时间与流水节拍之差，就是工作地的空闲时间。如 1 号工作地完成一台产品的装配任务需 7 分钟，而节拍规定为 8 分钟，所以，该工作地每装配一台产品就有 1 分钟的空闲时间。各工作地的空闲时间总和就是整个流水线由于工序不平衡而造成的损失时间。流水线的时间损失和时间损失系数可按下列公式计算：

$$B = S \cdot r - T$$

$$D = \frac{B}{S \cdot r} = \frac{S \cdot r - T}{S \cdot r} = 1 - \frac{T}{S \cdot r} = 1 - K_a$$

式中：B——流水线的空闲时间；

D——流水线时间损失系数；

K<sub>a</sub>——流水线负荷系数。

将例中数字代入

$$B = 6 \times 8 - 44 = 4 \text{ 分}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{4}{6 \times 8} = 0.0833 \\ &= 1 - 0.9167 \\ &= 0.0833 \end{aligned}$$

#### 5. 配备工人

在以手工操作为主的流水线上，需要配备的工人总数等于流水线上所有各个工作地的工人人数之和。每个工作地需要的工人人数可按下式计算：

每个工作地需要的工人人数 = 工作地上同时工作的工人人数 × 工作班次

在以机器工作为主的流水线上，配备工人时要考虑工人实行多设备看管和兼作的可能性，以及配备后备工人的必要性。因此，配备工人这项工作常常是同编制流水线工作指示图表结合起来进行的。

### 6. 设计运输工具

流水线上采用的运输工具种类很多，主要取决于加工对象的重量与外形尺寸、流水线的类型和实现节拍的方法。通常的连续流水线上，工序间的传送大多采用传送带，这是一种比较先进的运输装置，它可以在同一时间里把流水线上各工作地完工的制品运送到下一个工作地去加工；可以节省运输人力，缩短运输时间，控制流水线按规定的节拍进行生产。传送带有多种形式，典型的是带式运输装置。此外，还有吊运式运输装置、旋转工作台、重力滑道、专用小车等不同方式。传送带的长度一般可按下列公式计算：

$$\text{传送带长度} = 2 \times \text{流水线上各工作地长度之和} + \text{技术上需要的长度}$$

工作地长度包括工作地本身的长度和相邻两个工作地之间的距离。传送带的速度与移动方式有关，当传送带采用连续移动方式时，

$$\text{传送带的速度} = \frac{\text{流水线上两件产品间的中心距离(米)}}{\text{节拍(分)}}$$

当传送带采用脉动移动方式时，即每隔一个节拍(或节奏)往前移动一次，每次移动的距离等于传送带上两件制品间的中心距离。

### 7. 进行流水线的平面布置

流水线的平面布置应使机器设备、工具、运输装置和工人操作有机地结合起来，合理安排各个工作地，使产品的运输路线最短，便于工人操作和生产服务部门进行工作，充分利用车间的生产面积。流水线平面布置的形状，一般有直线形图(8.3a)，直角形(图 8.3b)，开口形(图 8.3c)，山字形(图 8.3d)，环形(图 8.3e)，蛇形(图 8.3f)等。排列工作地时，又有单列式与双列式之分。单列式是将工作地布置在传送带的一侧，双列式是将工作地布置在传送带的两侧。

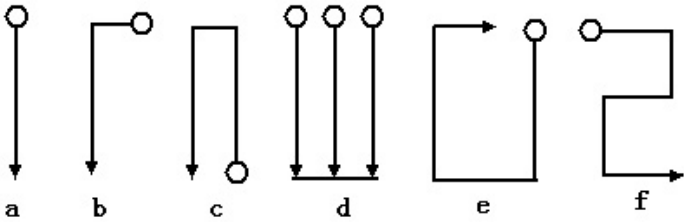


图 8.3 流水线布置形状示意图

## 8.3 多品种流水线的设计

根据各种产品的结构与工艺相似程度、以及流水生产组织的具体方法的不同，多品种流水线可以分为可变流水线和混合流水线。

### 8.3.1 可变流水线的组织设计

#### 1. 可变流水线的特征

- (1)流水线上加工的产品对象有若干种,各加工对象在结构和工艺上是相似的。
- (2) 每种加工对象是成批轮番地在流水线上进行生产。
- (3) 流水线上每更换一次品种,全线要重新调整一次设备。在加工具体某一批产品时,流水线的状况与单一对象流水线相同。
- (4) 每种加工对象在流水线所有工序上的负荷比大致相等。

#### 2. 可变流水线组织设计步骤

##### (1) 确定流水线的节拍

在可变流水线上,每种制品都按自己的节拍进行生产,在同一条流水线上出产各种制品的节拍是可以不相等的,这使得确定可变流水线的节拍变得复杂一些。一般有两种方法:

① 代表制品法。它是将各种制品的产量按劳动量的比例关系折合成某一种代表制品的产量,然后以此来确定节拍。

首先应选定代表产品,假定为 A,然后将其它产品的产量按劳动量的比例关系换算成代表产品的产量,则计划期流水线加工代表产品的总产量 N 的计算公式为:

$$N=N_A+N_B\cdot\epsilon_1+N_C\cdot\epsilon_2$$

式中: 
$$\epsilon_1 = \frac{T_B}{T_A}$$

$$\epsilon_2 = \frac{T_C}{T_A}$$

各产品的节拍  $r_A$ 、 $r_B$ 、 $r_C$  的计算公式则为:

$$r_A = \frac{F}{N} = \frac{F}{N_A + N_B \cdot \epsilon_1 + N_C \cdot \epsilon_2}$$

$$r_B = r_A \cdot \epsilon_1$$

$$r_C = r_A \cdot \epsilon_2$$

式中:  $N_j$  为  $j$  产品的计划期产量;

$T_j$  为  $j$  产品的单件时间定额;

$F$  为流水线在计划期的有效工作时间。

举例说明如下:

[例 3] 设可变流水线上生产 A、B、C 三种产品, 其计划月产量分别为 2000、1875、1857 件, 每种产品在流水线上各工序单件作业时间之和分别为 40、32、28 分, 流水线按两班制工作, 每月有效工作时间为 24000 分, 现选择 A 为代表产品, 则

$$\begin{aligned} N(\text{计划期代表产品的产量}) &= \frac{2000 + 1875 \times \frac{32}{40} + 1857 \times \frac{28}{40}}{1} \\ &= 2000 + 1500 + 1300 = 4800 (\text{件}) \end{aligned}$$

$$r_A(\text{代表产品 A 的节拍}) = 24000 / 4800 = 5 (\text{分/件})$$

$$r_B(\text{产品 B 的节拍}) = 5 \times \frac{32}{40} = 5 \times 0.8 = 4 (\text{分/件})$$

$$r_C(\text{产品 C 的节拍}) = 5 \times \frac{28}{40} = 5 \times 0.7 = 3.5 (\text{分/件})$$

② 加工劳动量比重法。按各种产品在流水线上加工总劳动量中所占的比重分配有效工作时间, 然后据以计算各种产品的节拍。

设 A、B、C 三种产品的加工劳动量在总劳动量中所占比重分别为  $\alpha_A$ 、 $\alpha_B$ 、 $\alpha_C$  则:

$$\begin{aligned} \alpha_A &= \frac{N_A T_A}{N_A T_A + N_B T_B + N_C T_C} = \frac{N_A T_A}{\sum N_j T_j} \\ \alpha_B &= \frac{N_B T_B}{\sum N_j T_j} \\ \alpha_C &= \frac{N_C T_C}{\sum N_j T_j} \end{aligned}$$

三种产品的节拍计算公式为:



$$r_A = \frac{\alpha_A \cdot F}{N_A}$$

$$r_B = \frac{\alpha_B \cdot F}{N_B}$$

$$r_C = \frac{\alpha_C \cdot F}{N_C}$$

如上例中 A、B、C 三种产品的加工劳动量在总劳动量中所占的比重分别为：

$$\begin{aligned} \alpha_A & (\text{A 产品劳动量占总劳动量的}\%) \\ &= \frac{2000 \times 40}{2000 \times 40 + 1875 \times 32 + 1857 \times 28} \times 100\% \\ &= 41.67\% \\ \alpha_B & (\text{B 产品劳动量占总劳动量的}\%) \\ &= \frac{1875 \times 32}{2000 \times 40 + 1875 \times 32 + 1857 \times 28} \times 100\% \\ &= 31.25\% \\ \alpha_C & (\text{C 产品劳动量占总劳动量的}\%) \\ &= \frac{1857 \times 28}{2000 \times 40 + 1875 \times 32 + 1857 \times 28} \times 100\% \\ &= 27.08\% \end{aligned}$$

根据各种产品的劳动量比例，分配计划期的有效工作时间，并计算节拍。

$$r_A (\text{产品 A 的节拍}) = \frac{24000 \times 41.67\%}{2000} = 5 \text{分 / 件}$$

$$r_B (\text{产品 B 的节拍}) = \frac{24000 \times 31.25\%}{1875} = 4 \text{分 / 件}$$

$$r_C (\text{产品 C 的节拍}) = \frac{24000 \times 27.08\%}{1857} = 3.5 \text{分 / 件}$$

## (2) 各工序设备数量及设备负荷系数的确定

先分别按不同的加工对象计算各工序的设备需要量。计算时利用公式  $S_i = t_i / r$ ，则 A 产品在流水线第 i 道工序上的设备需要量  $S_{Ai}$  为：

$$S_{Ai} = \frac{t_{Ai}}{r_A}$$

依此类推，可计算出其它产品在流水线各道工序的设备需要量，然后将各种产

品在各道工序上的设备需要量列成表进行对比分析。一般要求各种产品在某一道工序上的计算设备需要数相等或近于相等，即：

$$S_{A1}=S_{B1}=S_{C1}$$

$$S_{A2}=S_{B2}=S_{C2}$$

...

...

$$S_{Am}=S_{Bm}=S_{Cm}$$

只有这样，才能使流水线的设备和工人满负荷工作，便于组织管理。

各工序的设备数量确定以后，就可以计算各工序和整个流水线的设备负荷系数。

各工序的设备负荷系数计算公式如下：

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^q N_j \cdot t_{ji}}{S_{ci} \cdot F}$$

式中： $K_i$ ——第  $i$  道工序的设备负荷系数；

$t_{ji}$ ——第  $j$  种产品在第  $i$  道工序的单件工时定额(分/件)；

$S_{ci}$ ——第  $i$  道工序的设备数；

$q$ ——零件种数。

整个流水线的设备负荷系数计算公式为

$$K_a = \frac{\sum_{j=1}^q N_j \cdot T_j}{S_c \cdot F}$$

式中： $K_a$ ——流水线的设备负荷系数；

$S_c$ ——流水线采用的设备总数。

(3) 设备数量确定后，就可以计算和配备工人，确定流水线节拍的性质，选择运输工具和运输方式，进行流水线平面布置。此外，对于可变流水线来说，为了使每批产品在各工序上加工时间成比例，不影响其连续性，还应对各种产品在工序上的设备负荷比进行检查。所谓产品在各工序上的设备负荷比，是指每种产品在各工序的设备总负荷中所占的比重。如用式子来表示，则在可变流水线上加工的第  $j$  种产品在第  $i$  道工序的设备负荷比  $K_{ji}$  为：

$$K_{ji} = \frac{N_j T_{ji}}{S_{ci} \cdot F}$$

只有产品在所有工序上设备负荷比都相等或近似相等，才能保证各种产品的加工在流水线的各道工序上在大致相同的时间间隔内进行。因为每种产品是按此负荷

比分配计划期的工作时间，如果这个比值在各个工序上不同，就意味着不同工序在计划期内所分配的工作时间不一样，势必造成各种产品在工序生产时间上出现矛盾，给生产管理工作带来一定困难。在这种情况下，就采取措施，使工序同期化。

(4) 应根据以上的设计计算结果编制可变流水线的标准计划图表。这里与单一对象流水线不同的是，由于各种加工对象在计划期内是成批轮番生产的，所以有一个划分批次，确定批量的问题。在划分批次或确定批量时，要注意既要使设备重新调整时间不致太多和便于组织生产，又要有利于减少在制品储备量和节约流动资金。

### 8.3.2 混合流水线的组织设计

混合流水线的特点是生产的品种要均匀混合流送，组织相间性的投产，从而减少了流水线上生产能力的浪费和在制品的占用量。在这种流水线上，产品的品种虽然不同，但它们在结构上必须是相似的，工艺、尺寸也必须是相近的，区别很大的产品是无法组织混流生产的。

多品种混合流水线设计组织步骤如下：

#### 1. 确定混合流水线的节拍

$$r = \frac{F}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

式中：F——计划期有效工作时间；

$N_i$ ——第 i 种产品计划期产量；

n——品种数。

[例 4] 某混合流水线上有 A、B、C 三种产品，平均日产量分别为 40 台、10 台、30 台，一个工作日一班，不考虑停工时间，求该混合流水线的节拍？

$$r = \frac{F}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{1 \times 8 \times 60}{40 + 10 + 30} = 6$$

解：(分/台)

#### 2. 编制混合流水线上每种制品作业顺序图

在对各种产品的结构和工艺分析的基础上，把每一个产品的工艺过程分解成若干个小作业元素(或工步)，并制订出每一作业元素的标准作业时间。然后用作业元素按产品工艺过程的先后顺序，编制出每个产品的作业顺序图(图 8.4)。

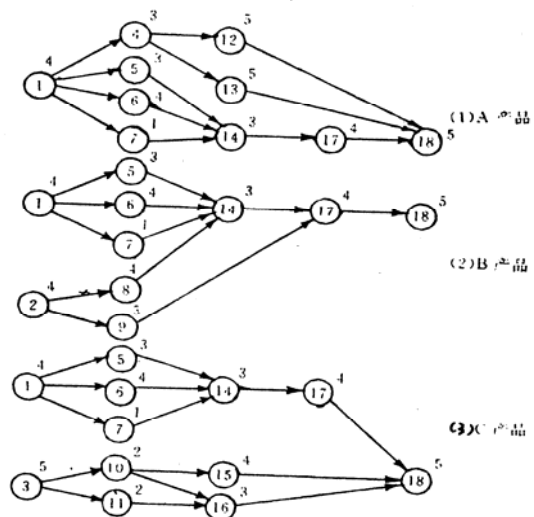


图 8.4 产品作业顺序图

如果将工艺过程分解成  $K$  个作业元素，则该制品的总作业时间为：

$$T_i = \sum_{j=1}^k t_{作j}$$

式中：i——混合流水线上的品种序号；

$t_{作}$ ——作业元素的作业时间。

[例 5] 某混合流水线上生产 A、B、C 三种产品，其作业顺序图如图 8—4，试求混合流水线上各产品的总作业时间？

解：根据公式 3—1 得：

$$T_A = \sum_{j=1}^k t_{作j} = 4+3+3+4+1+5+5+3+4+5=37(\text{分})$$

$$T_B = \sum_{j=1}^k t_{作j} = 4+4+3+4+1+4+3+3+4+5=35(\text{分})$$

$$T_C = \sum_{j=1}^k t_{作j} = 4+5+3+4+1+2+2+3+4+3+4+5=40(\text{分})$$

### 3. 计算混合流水线最小工作地数(工序数)

混合流水线的最小工作地(工序数)是指在计划期内为了完成各个品种的产品产量所需要的总作业量，所必须占用混合流水线内的最低限度的工作地数。

现假设计划期内混合流水线完成  $n$  个品种全部产品产量所需要的总作业量为  $L$ ，

则：

$$L = \sum_{i=1}^n N_i T_i$$

为完成总作业量  $L$  所需要的最小工作地数：

$$S_{\min} = \left[ \frac{L}{F} \right] = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n N_i T_i}{r \cdot \sum_{i=1}^n N_i} \right]$$

上式是假定一个工作地完成一道工序的情况下得出的。仍根据例 4 和例 5 中的数据，其混合流水线的最小工作地数为：

$$S_{\min} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n N_i T_i}{r \cdot \sum_{i=1}^n N_i} \right] = \left[ \frac{40 \times 37 + 10 \times 35 + 30 \times 40}{6(40 + 10 + 30)} \right] = 7$$

#### 4. 编制混合流水线上各种产品的综合作业顺序图

混合流水线与可变流水线的运动状态不同。在混合流水线上各种产品是交织在一起共同运动的，在每一时刻的各个工作地上，既有装配 A 产品的工作地，又有装配 B 产品的工作地，也有装配 C 产品的工作地。为了能明确地反映这种状态，需要将流水线上各个品种的作业顺序图加以汇总，成为一个综合作业顺序图，并根据它来组织混合流水线各工作地的作业。

图 8.5 就是将例 5 中 A、B、C 三种产品的顺序图合成的综合作业顺序图。

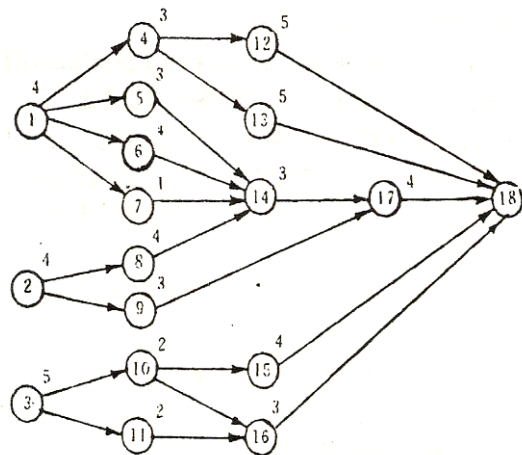


图 8.5 产品 A、B、C 的综合作业图

#### 5. 计算综合作业顺序图中各作业元素在计划期内所分担的作业量

有了各种产品的综合作业顺序图，就可以进行工序同期化的工作。对于混合流水线来说，工序同期化就是把各作业元素合并成工序。它的特点是以计划期为时间

单位平衡各道工序所应完成的作业量，而不是以流水线的节拍为单位来平衡。工序同期化实际上是在流水线各道工序生产能力平衡基础上进行的，通过生产能力的平衡，既要达到线内各道工序时间与节拍保持一致，又要使各工序的负荷尽量高，以至达到最少的工作地数。在单一品种或可变流水线中，由于在每个节拍内，各道工序都完成相同数量的制品，所以按节拍来平衡各道工序的能力就可以实现工序同期化。而在混合流水线中，由于节拍是各种产品的平均节拍，各产品在各道工序上实际的工作节拍不等，这就导致每个节拍内各道工序所完成的品种和产量是不同的。所以，就不能用混合流水线的节拍来平衡流水线各道工序的生产能力。实践表明，在一个计划期内(一个工作日或更长时间)，流水线各道工序所完成的品种产量是能达到一致的，可以按一个计划期来平衡工序能力。

在进行混合流水线工序同期化工作之前，要将综合作业顺序图中各作业元素标准作业时间换算成各作业元素为完成计划期内各产品产量所需的作业量，并用作业元素计划期的作业量来平衡线内各工序的能力。

对于品种  $i$  的作业元素  $k$ ，在计划期内应完成的作业量为  $\tau_i$ ，  
则：

$$\tau_i = N_i \cdot \delta_i \cdot t_{\text{作}}$$

式中：

$N_i$ ——品种  $i$  的计划期产量；  
 $\delta_i$ ——品种选择记号，作业元素  $k$  为品种  $i$  的元素时取  $\delta_i=1$ ，否则取  $\delta_i=0$ 。

### 6. 编排产品投入顺序

工序同期化以后，就可以编排产品的投入顺序。由于此时混合流水线各道工序的生产能力已基本处于平衡，这就为投产顺序的编排做好了准备。表 8.3 是例 5 经过工序同期化以后，计算的每一个工作日各工序所完成的劳动量。

表 8.3 各工序每个工作日完成的劳动量

工序	工位	劳动量计算过程	完成劳动量（分）
1	1	$7 \times 40 + 8 \times 10 + 4 \times 30$	480
2	2	$3 \times 40 + 3 \times 10 + 10 \times 30$	450
3	3	$5 \times 40 + 5 \times 10 + 7 \times 30$	460
	3	$5 \times 40 + 7 \times 10 + 4 \times 30$	390
4	4	$8 \times 40 + 3 \times 10 + 3 \times 30$	440
5	5	$4 \times 40 + 4 \times 10 + 7 \times 30$	410
6	6	$5 \times 40 + 5 \times 10 + 5 \times 30$	400

从表 8.3 可知，这条混合流水线上每一个工作日出产都是 A 产品 40 台，B 产品 10 台，C 产品 30 台，共 80 台；每日各工序的劳动量都小于或等于每日有效工作时

间 480 分钟，这为均衡生产、编排产品投入顺序创造了条件。

投产顺序的编排方法通常有三种，即生产比倒数法、逻辑顺序法和启发式编排顺序法。现介绍前两种方法如下：

(1) 生产比倒数法

产品在混合流水线上的流送顺序是有规律的，通常几种产品的产量是由几个循环来完成。每一循环中的产品投入顺序称为一个连锁，而投入顺序就是指一个连锁中产品投入生产的先后顺序。生产比倒数法是以考虑产量大小为出发点来进行的，其步骤如下：

① 计算各种产品的生产比例。例 6 中 A、B、C 三种产品的生产比例为： $X_A : X_B : X_C = 4 : 1 : 3$

则连锁产量之和为  $\sum_{i=1}^n X_i = X_A + X_B + X_C = 4 + 1 + 3 = 8$ 。说明一个循环产量为 8 台，其中包括 4 台 A 产品，1 台 B 产品，3 台 C 产品。

② 计算生产比倒数。设各种产品生产比倒数为  $m_i$ ，则：

$$m_A = \frac{1}{X_A} = \frac{1}{4}; m_B = \frac{1}{X_B} = 1$$
$$m_C = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{3}$$

③ 品种的选定。在所有投入品种中选出生产比倒数最小的，作为第一投入品种；如果有几个产品生产比倒数都等于最小值，则选最后出现最小值的产品，以防某一种产品的连续投入。（在表 8.4 数字右上角的星号表示该数字是此行中所有的数值的最小值）

④ 更新  $m_i$  值。在已经选定产品的生产比倒数上，再加上一个该产品的生产比倒数。

⑤ 选定产品。在更新值的基础上，按上述方法选择出第二次投入的产品。如此继续下去，直到将一个连锁的产品全部安排完毕。整个计算过程如表 8.4。

表 8.4 生产比倒数法计算过程

计算 过程	产 品 品 种			投入 程序
	A	B	C	
1	1/4*	1	1/3	A
2	1/4 + 1/4 = 1/2	1	1/3*	C
3	1/2*	1	1/3 + 1/3 = 2/3	A
4	1/4 + 1/2 = 3/4	1	2/3*	C

5	3/4*	1	1/3+2/3=1	A
6	1/4+3/4=1*	1	1	A
7		1	1*	C
8		1*		B

一个连锁的生产周期可用下式计算：

$$t_{周} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{m} \cdot r$$

式中：N<sub>i</sub>——各种产品计划产量；  
r——混合流水线节拍；  
m——最大公约数。

如前例：
$$t_{周} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{m} \cdot r = \frac{40+10+30}{10} \times 6 = 48 \quad (\text{分钟})$$

每日可进行 480/48=10(次)循环就可完成全部任务(40 台 A，10 台 B，30 台 C)。

（2）逻辑顺序法

其步骤如下：

- ① 进行基本逻辑分析。由例 6 条件可知,A、B、C 三种产品的生产比例为 X<sub>A</sub>：X<sub>B</sub>：X<sub>C</sub>=4：1：3  
则一个循环流程总产量是：4+1+3=8
- ② 编制逻辑顺序安排表。如表 8.5 所示。

表 8.5 逻辑顺序表

顺序	A 产品				B 产品				C 产品				选定者
1	4	0	0	4	1	0	0	1	3	0	0	3	A <sub>1</sub>
2	8	1	8	0	2	0	0	2	6	0	0	6	C <sub>2</sub>
3	12	1	8	4	3	0	0	3	9	1	8	1	A <sub>3</sub>
4	16	2	16	0	4	0	0	4	12	1	8	4	B <sub>4</sub>
5	20	2	16	4	5	1	8	-3	15	1	8	7	C <sub>5</sub>
6	24	2	16	8	6	1	8	-2	18	2	16	2	A <sub>6</sub>
7	28	3	24	4	7	1	8	-1	21	2	16	5	C <sub>7</sub>
8	32	3	24	8	8	1	8	0	24	3	24	0	A <sub>8</sub>



上表第二栏、第三栏和第四栏各有四个数字，第一个数为原比值乘以选取次数；第二个数为该产品已被选取的次数；第三个数为循环流程总产量乘以被选取的次数；第四个数为第一个数与第三个数之差，根据第四个数的大小来决定投产对象。

本例表中数字计算如下：

第一个投产对象应选比值大的产品 A，并写在选定者栏内。在选择第二个投产对象时，将各比值均乘以 2，则生产比为

$$N_{A1} : N_{B1} : N_{C1} = (4 \times 2) : (1 \times 2) : (3 \times 2) = 8 : 2 : 6$$

因为第一个投产对象已选取 A<sub>1</sub>，所以在第二次选取中，产品 A 被选取的可能性要减少，减少的方法是从新比值中减去其选取的次数乘以总产量，从而确定新的比例，则

$$N_{A2} : N_{B2} : N_{C2} = 8 - 1 \times 8 : 2 : 6 = 0 : 2 : 6$$

这时 C 的比值大，因此第二个投产对象应选定产品 C，用 C<sub>2</sub> 表示。

在选取第三个投产对象时，将各原比值乘以 3，即：

$$N_{A3} : N_{B3} : N_{C3} = (4 \times 3) : (1 \times 3) : (3 \times 3) = 12 : 3 : 9$$

因为第二个投产对象已选取 C<sub>2</sub>，所以应将 A 与 C 的比值更新为：

$$N_{A3} : N_{B3} : N_{C3} = (12 - 1 \times 8) : 3 : (9 - 1 \times 8) = 4 : 3 : 1$$

此时，应选取比值大的产品 A，用 A<sup>3</sup> 表示。依次类推，进行第四、第五等投产对象的选取。在选取投产对象时，如果出现比值相同的情况，要以避免连续投入同一产品为原则。

③绘制逻辑顺序投产图。

$$\underbrace{A_1 \rightarrow C_2 \rightarrow A_3 \rightarrow B_4 \rightarrow C_5 \rightarrow A_6 \rightarrow C_7 \rightarrow A_8}_{\text{第一循环流程}}$$

本例 80 台产品要经过十个循环流程。

## 8.4 大量生产期量标准的制订

### 8.4.1 生产作业计划与期量标准

生产作业计划是生产计划的继续，是生产计划的具体执行计划。它所要解决的任务是把生产计划进一步具体化，把生产计划中安排的生产任务，按照旬、周、轮班以至小时，具体地、合理地分配到车间、工段、班组以至工作地，从而保证生产计划按品种、按质量、按数量和按期限全面完成。生产作业计划对组织企业的日常生产活动，指导企业生产的进行，具有非常重要意义。

生产作业计划，一般来说，有以下四个方面的任务：

#### 1. 组织职工完成生产计划

通过生产作业计划把生产计划落实到各个生产环节，并规定较短时期内的生产任务，使全体职工在日常生产活动中有明确的工作内容和工作目标。这样有利于调动职工群众的积极性和创造性，主动地完成生产任务，以满足国家计划和市场需要。

生产作业计划还推动企业的日常生产准备、原材料供应、劳动力调配、设备维修以及工具管理等工作，更密切、更有效地为生产服务，保证生产的顺序进行。

## 2. 组织企业均衡生产

生产作业计划给各个生产环节规定了较短时期内的生产任务，它不但为企业完全生产任务创造了条件，而且也为企业各个车间、工段和班组都完成生产任务创造了前提；它不仅保证完成企业的年、季度的生产任务，而且保证按月、按旬、按轮班以至按小时来完成生产任务。通过生产作业计划，指导生产有节奏地、均衡地进行。

## 3. 提高企业管理水平

通过生产作业计划，可以使各级人员经常了解生产情况，及时解决问题；可以使管理人员对生产进度和生产成果，及时进行统计、核算和分析；可以使企业对各个生产环节的活动经常进行详细的平衡计算，充分挖掘生产潜力。所有这些，都有助于企业管理水平的提高。

## 4. 充分地利用人力、物力、财力、提高企业经济效益

编制生产作业计划时，一定要注意合理地利用人力和设备，节约物资消耗，节约资金，提高企业的经济效益。例如，在编制生产作业计划时，应当把各种产品(或零件)合理地搭配起来生产，以免由于前后两个时期产品品种变化太大，使机器设备的负荷和工人的工作量忽高忽低，造成损失。应当在满足生产需要的条件下，减少在制品的储备，以免积压资金等等。

生产作业计划是要规定各个生产单位在较短时期内的生产任务。编制生产作业时，在数量上和期限上都要依据一些标准，这些标准称为“期量标准”，它是反映企业有计划、按比例组织生产的客观尺度。

生产作业计划中规定的生产数量和生产期限，都是根据标准来计算。期量标准是否先进合理，切合实际，对于编制出来的生产作业计划的质量好坏关系极大。企业应当根据生产类型的特点和企业的实际，科学地拟订作业计划期量标准，以保证生产作业的先进性和现实性。

大量生产是指企业(车间、工段、小组、工作地)在较长时期固定制造大量同类产品的一种生产类型。在大多数的工作地上加工着一些相同的产品。大量生产作业计划所要解决的主要问题，就是保证整个生产过程及其各个环节能严格按照规定的节拍生产。大量生产的期量标准主要有：节拍、在制品占用量定额等。节拍的计算和制订在前二节中已作了说明，本节着重介绍在制品占用量定额。

# 8.4.2 大量生产在制品占用量的计算

在制品是指从原材料开始加工到成品合格入库为止，处于生产过程中尚未完工的所有毛坯、零件、部件和产品的总称。在制品占用是指在一定时间、地点和具体的生产技术组条件下，为保证生产有节奏地进行和产品均衡生产所必要的在制品数量。

生产过程中应有合理的在制品定额，以保证生产环节的正常运转和生产的连续进行，保证有计划，均衡地完成产品计划。在制品要占用资金，如果占用量过大，并不能促进生产的正常进行，反而会使生产中的经济效益降低，不能更好地利用流动资金。在大量流水生产条件下，在制品占用可按存放点、性质和用途进行分类。按存放地点可分为车间(生产线)之间或车间(生产线)内部的储备量；按性质、用途又可分为工艺占用量，运输占用量，工序间流动占用量，保险储备量、库存流占用量、车间之间运输占用量和库存保险储备量七种。

## 1. 车间(生产线)内部在制品占用量( $Z_{\text{内}}$ )

### (1) 工艺占用量 $Z_1$

工艺占用量是指正在流水线各道工序每个工作地上加工、装配或检验的制品，其数量决定于流水线工序数  $m$ 、每道工序的工作地数  $S$  和每个工作地同时加工的零件数  $g$ ，如下式所示：

$$Z_1 = \sum_{i=1}^m S_i g_i$$

上式计算的工艺占用量在连续流水线中是不变的，在间断流水线中是可变的。

### (2) 运输占用量 $Z_2$

运输占用量是指正在各生产线之间运输中的制品。在机械加工流水线中，它是指在第一道工序前尚未加工的毛坯和零件；在装配车间中，它是指尚未投入装配的零件和部件。运输占用量是当发

出车间在两次发送毛坯(零部件)的间隔时间中能保证下一加工车间第一道工序正常工作的储备量。运输占用量的大小取决于运输方式、运输批量，运输间隔期、零件体积及存放地等情况。

连续运输时，运输占用量计算公式为

$$Z_2 = \frac{L}{I} \times P$$

式中：L——运输装置长度(米)；  
I——两批制品在运输线上相隔距离(米)；  
P——运输批量。

当用运输工具间断运输时，运输占用量的大小根据昼夜产量 N 和零件发送间隔期(天)M 决定，公式为  $Z2=N \times M$

(3) 工序间流动占用量 Z3

工序间占用量是指在规定的间隔期内，为保证上下工序或生产线正常工作而放置的储备量。它是在间断流水中由于上下工序或生产线之间不同的工时定额和不同的工作制度(如开动班次，起止时间)所决定的。上下工序或生产线之间的工作越协调，工序间占用量也就越少。在连续流水线内部是没有工序间占用量的。

工序间占用量可用分析计算法和图表法结合起来加以确定。  
$$Z_{max} = \frac{S_u \times T_s}{t_u} - \frac{S_L \times T_s}{t_L} = T_s \left( \frac{S_u}{t_u} - \frac{S_L}{t_L} \right)$$

式中：Z<sup>max</sup>——工序间最大流动占用量；  
TS——上下工序同时工作时间；  
Su——上工序工作地数目；  
SL——下工序工作地数目；  
tu——上工序单件时间；  
tL——下工序单件时间；

利用图 8.6 中的有关数字，根据上例计算式求工序间占用量：

流水线名称			班次	日产量		节拍	运输组量		节奏	看管周期
轴			2	160 件		6 分	1		6 分	4 小时
工 序 号	班 任 务 (件)	工 序 时 间 (分)	工 作 地 号	工 作 地 负 荷 %	工 人 号	工 人 去 几 号	储 备 量 位 数	最 大 周 转 储 备 量	周转储备量形成与消耗示意图	
									0 60 10 180 200	轮班开始 周转储备 量
1	30	12	01	100	1	平行				14
			02	100	1					
2	80	4	03	67	2		1~2	14		
3	80	5	04	73	3	03	2~3	8		0
			05	33	2		3~4	12		
4	80	8	06	100	4		1~5	7		
5	80	6	07	100	5	平行	5~6	20		20
			08	50	5		6~7	40		
7	80	3	09	50	5		7~6	20		
8	80	6	10	100	6	与兼 职				20
合计										61

图 8.6 流水线在制品周转储备量形成与消耗示意图

$$Z_{\max}(1-2) = 160 \times \left( \frac{2}{12} - \frac{1}{4} \right) = -14 \quad \text{或} \quad 80 \times \left( \frac{2}{12} - \frac{0}{4} \right) = 14$$

$$Z_{\max}(2-3) = 160 \times \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{5} \right) = 8 \quad \text{或} \quad 40 \times \left( \frac{0}{4} - \frac{1}{8} \right) = -8$$

$$Z_{\max}(3-4) = 160 \times \left( \frac{1}{5} - \frac{1}{8} \right) = 12 \quad \text{或} \quad \begin{cases} 40 \times \left( \frac{1}{5} - \frac{2}{8} \right) = -2 \\ 40 \times \left( \frac{0}{5} - \frac{2}{8} \right) = -10 \end{cases}$$

$$Z_{\max}(4-5) = 160 \times \left( \frac{1}{8} - \frac{1}{6} \right) = -7 \quad \text{或} \quad 80 \times \left( \frac{2}{8} - \frac{1}{6} \right) = 7$$

$$Z_{\max}(5-6) = 120 \times \left( \frac{1}{6} - \frac{1}{3} \right) = -20 \quad \text{或} \quad 120 \times \left( \frac{1}{6} - \frac{0}{3} \right) = 20$$

$$Z_{\max}(6-7) = 120 \times \left( \frac{1}{3} - \frac{0}{3} \right) = 40 \quad \text{或} \quad 120 \times \left( \frac{0}{3} - \frac{1}{3} \right) = -40$$

$$Z_{\max}(7-8) = 120 \times \left( \frac{0}{3} - \frac{1}{6} \right) = -20 \quad \text{或} \quad 120 \times \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{6} \right) = 20$$

从图 8.7 中可以看出第一道工序到 240 分钟时出产 40 只，而第二道工序 160 分钟时就出产 40 只，第一道工序在 160 分钟时只出产 26 只，所以在第二道工序加工前要有 14 只储备量才能保证第二道工序生产连续进行。第二道工序的工人在 160 分钟后要到第四道工序工作，所以第一道工序后 80 分钟又为第二道工序准备了 14 只，这就是第一、二道工序间储备量，第二道工序 160 分钟生产 40 只，而第三道工序 160 分钟只用了 32 只，此时在制品最大占用量 8 只，直到 200 分钟时，第三道工序才将第二道工序为它准备的 8 只用完，所以到轮班结束时储备量等于零，就是表示第二、三道工序间没有在制品储备量。第三道工序 160 分钟出产 32 只，而第四道工序出产 20 只，此时在制品最大占用量为 12 只，但在 160 分钟以后到轮班结束，有两个人工作，其时间为  $80 \times 2 = 160$ ，正好完成 20 只，到轮班结束时储备量等于零，就是表示第三、四道工序间没有在制品储备。第四道工序以后的工序间最大制品占用量和轮班结束时的储备量，比照上述方法进行计算。

#### (4) 保险储备量 $Z_4$

当生产中设备发生故障，产生废品或生产组织失调时，上工序一时不能供应，会引起节奏破坏。为了使生产正常进行，设置了保险储备量。为整个流水线设置的储备量常集中在生产线的末端，其目的是为了预防产生废品和工作地发生故障而造成零件供应中断。为各工作地专用而设置的储备量，是弥补某一工序实际工作效率与规定的平均节拍发生失调、产生废品或设备临时故障时使用的。

保险储备量取决于零件生产周期长短、价值大小、工艺复杂性和稳定性，以及设备调整时间损失等因素。

车间（或生产线）内部在制品用量， 公式表示如下：

$$Z_{内}=Z_1+Z_2+Z_3+Z_4$$

2. 车间(或生产线)之间在制品占用量  $Z_{库}$ ，一般包括库存流动占用量  $Z_5$ ，车间之间运输占用量  $Z_6$  和库存保险储量  $Z_7$  三种

(1) 库存流动占用量  $Z_5$

库存流动占用量是保证车间或生产线之间协调生产而设立的毛坯、零部件数量。这种占用量是由于前后相邻生产线之间的生产效率不同和车间的不同工作制度(工作班次或起止时间)而形成的在制品。当前后车间或生产线之间工作越是协调，这种占用量就越少。因此应尽量使前后车间同步化，形成连续流水生产，这样就可以避免这种占用量，其计算方法如下：

① 前后车间或生产线的班次和生产数率都不同

$$Z_5=B_L(S_1-S_2)$$

$B_L$ ：生产率低的生产线每班产量

$S_1$ ：生产率低的生产线开动班次

$S_2$ ：生产率高的生产线开动班次

[例] 加工车间生产线开动两班，每班产量 100 台份，装配生产线开动一班，每班产量 200 台份。求库存流动占用量。

$$Z_5=100\times (2-1) =100 \text{ 台份}$$

库存流动占用量如图 8.7 所示

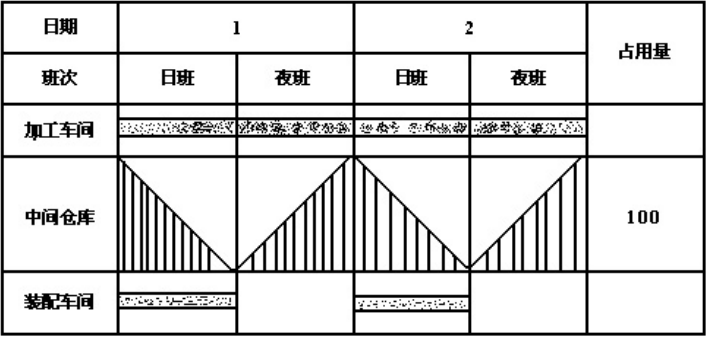


图 8.7 库存流动占用量

② 前后车间工作班次相同，但生产效率和起止时间不同。在这种情况下可采用工序间流动占用最大的公式来计算。

例如，前后车间工作班次开始工作时间相同，而生产效率和结束时间不同，如图 8.8

$$Z_{\max} = \frac{400 \times 1}{4} - \frac{400 \times 1}{4.8} = 100 - 83.3 \approx 17 \text{ (台)}$$

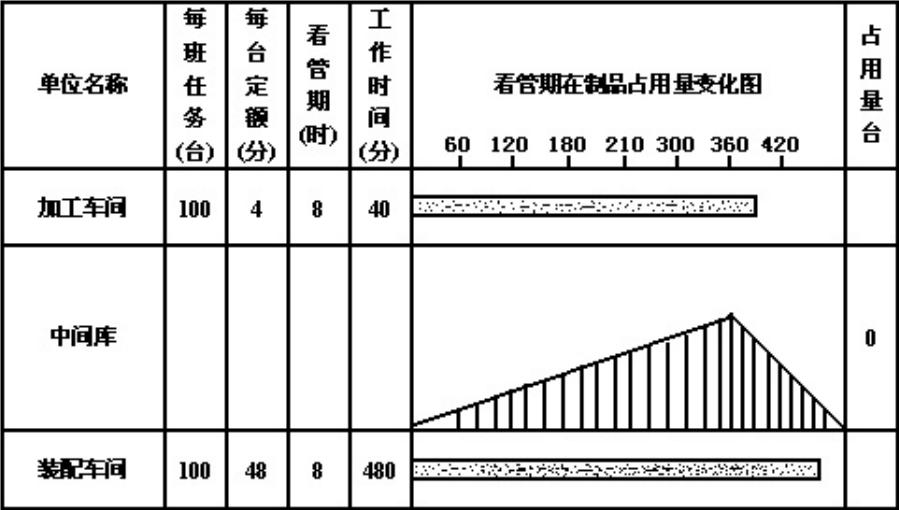


图 8.8 在制品消耗示意图（图 8.8 中加工车间行的工作时间似乎应该为 400，装配车间的每台定额应为 4.8）

从图 8.8 中可见，加工车间工作结束到看管期末尚有 80 分钟，应明确规定加工车间在这段时间进行设备维护和作好下一工作日的准备工作，这对保证设备精度和延长设备寿命以及保证以后的生产顺利进行时是有利的。如果加工车间后 80 分钟继续加工，则零件越来越多，造成积压，因此必须要停下来。除非因质量和设备事故，可用这段时间进行生产，以保证装配车间完成每班任务。或者提高装配车间工作效率，使两个车间实现同步化，生产更多的产品。

（2）车间之间运输占用量  $Z_6$ 。其作用与计算方法与前述生产线内部运输占用量  $Z_2$  相同。

（3）库存保险储备量  $Z_7$ 。库存储备量是因车间(或生产线)生产速度增加，不能按时提供，为保证车间(或生产线)正常进行工作而设置的在制品数。计算公式为

式中： $U_c$ ——供应车间(生产线)在前后间隔期中零件入库可能迟延的时间；  
 $r$ ——该流水线的节拍。

车间或生产线之间的在制品占用量为： $Z_{\text{库}}=Z_5+Z_6+Z_7$

3. 在具体制订在制品占用量时，还要须注意以下几点

（1）对不同车间(生产线)应明确哪种占用量在生产中是起主导作用的。如毛坯车间有工艺、工序间流动和保险占用量三种，其中工序间流动占用量是主要的。机加工车间(生产线)有工艺占用量、工序间流动占用量、运输占用量和保险储备量四种。其中工艺占用量是主要的，运输占用量只有在连续生产线上才有。工序间流动占用量含有工序运输的因素，只有在间断流水线上才有。车间或生产线之间(库存)占用量中库存流动占用量、车间间运输占用是主要的，库存流动占用量只有在间断流水线之间才有，车间间运输占用量只有在连续流水线之间才有。

（2）各种占用量定额是按每种零件分别计算的，然后按存放地点汇总成零件占用量定额表。它由企业计划部门编制，各生产车间协助，财务科核算在制品占用的流动资金。

（3）制定在制品占用定额后，经批准即作为全厂计划工作的定额文件，是编制生产作业计划的根据，对稳定生产作业计划和协调生产有重要作用。

### 8.4.3 在制品定额法

在大量生产条件下，各个车间的分工及联系稳定，同一时期内分工协作地生产同一种或少数几种产品，彼此之间的联系主要表现在提供一种或少数几种产品或半成品上。只要前一车间的半成品能够保证后一车间加工的需要和车间之间库存半成品变化的需要，就可使生产均衡协调地进行。

由此可见，作业计划的编制主要着眼于解决各车间生产数量上协调，运用预先制定的在制品定额，按照反工艺顺序的连锁计算方法来调节各车间的生产任务，调整各车间的投入量和出产量，使车间之间协调配合。这种编制作业计划的方法就叫在制品定额法。

采用在制品定额法，安排车间任务的原理如下：

某车间出产量=后车间投入量+该车间半成品外售量+(车间之间仓库半成品定额-期初预计半成品结存量)。

某车间投入量=本车间出产量+本车间可能发生的废品及损耗数+(本车间在制品定额-本车间期初在制品预计结存量)。

表 8.6 是用在制品定额法确定各车间投入量和出产量任务的示例。

车间任务安排好后，就可编制月度生产进度计划，再把计划任务按日分配，具体安排每日的生产量。

表 8.6 用在制品定额法编制车间生产作业计划示意表

产 品 名 称			时 间 继 电 器			
产品产量（件）			1000			
零件名称			触头	吸铁	弹簧	...
零件编号			A-001	A-002	B-010	...
单位产品用量（只）			4	1	2	
装 配 车 间	1	出产量	4000	1000	2000	
	2	废品及损耗	—	—		
	3	在制品定额	500	100	200	
	4	期初预计在制品结存量	350	60	50	
	5	投入量（1+2+3-4）	4150	1040	2150	
零 件 库	6	半成品外售量	200	—	100	
	7	半成品定额	600	80	100	
	8	期初预计结存量	710	100	100	
加 工 车 间	9	出产量（5+6+7-8）	4240	1020	2250	
	10	废品及损耗	140	10	20	
	11	在制品定额	450	180	100	
	12	期初预计在制品结存量	340	60	150	
	13	投入量（9+10+11-12）	4490	1150	2220	
毛 坯 库	14	半成品外售量	610	50	30	
	15	半成品定额	1000	200	50	
	16	期初预计结存量	1000	300	30	
毛 坯 车 间	17	出产量（13+14+15-16）	5100	1100	2270	
	18	库存及损耗	—	80	30	
	19	在制品定额	250	40	100	
	20	期初预计在制品结存量	150	30	100	
	21	投入量（17+18+19-20）	5200	1190	2300	

## 本章小结

流水生产又称流水线，是指劳动对象按照一定的工艺路线，顺序通过各个工序，并按照一定的节拍(节奏)完成工艺作业的连续重复生产的一种生产组织形式。它具有工作地的专业化程度高、生产过程具有明显的节奏性和高度的连续性等特征。流水线经历一个世纪的发展有多种形式，可以按照不同的标准进行分类。组织流水生产必须具备产品品种稳定、结构性比较先进、设计基本定型、所需的原材料零配件是标准的、设备完好率高且专用设备等条件。

流水线的设计包括技术设计和组织设计。本章主要讨论流水线的组织设计，内容有单一品种的流水线设计和多品种的流水线设计，多品种的流水线设计又分别介绍了可变流水线和混合流水线等。

生产作业计划是生产计划的具体执行计划，它对组织企业的日常生产活动，指导企业有着十分重要的意义。要编制出生产作业计划，就必须在编制前，确立出一系列期量标准，大量生产方式下的期量标准主要有节拍、流水线工作指示图表和在制品定额。大量生产方式下编制生产作业计划的方法称之为在制品定额法。

---

## 复习与思考

1. 什么是流水生产?流水生产的基本特征是什么?流水线可分为哪几类?主要优缺点是什么?
2. 什么是流水线的技术设计和组织设计?
3. 单一品种流水线组织设计的主要内容?
4. 可变流水线、混合流水线的特点和组织设计的主要内容。
5. 什么是生产作业计划?它与生产计划的关系如何?什么是期量标准?
6. 大量生产方式下的期量标准有哪些?
7. 大量生产方式下编制生产作业计划的方法是什么?

---

## 案例分析

---

### 隐形流水线

在进入 2000 年之际，亨利·福特的奇迹对你和你的公司仍有巨大意义，为什么呢?透过那些在高地园创造了历史的那些系统和生产流程，就会发现任何行业，不论是生产咖啡杯、还是起草辩护状、财务报告，都是一条流水线，尽管它可能是隐形的。员工、原料、成品以及时间表之间的联系未必那么明显。只要学会辨别知识工作(主要是由大脑而不是双手来做的)的各种成分和相互联系，你就可以再现福特用以大幅度提高生产率、竞争力和利润率水平的增效作用。

当今的市场环境变化迅速、竞争激烈，知识工人的生产率成了竞争优势的一个来源。因此，务必找出并了解组成自己单位隐形流水线的关键组成部分，再搞清楚如何才能把这些要素整合起来，以获得真正的增效。要想有效地提高知识工人的生产率和成效，我们首先必须懂得，所有的工作都有三个方面：决策、执行、完成工作的转交。



决策——对知识工人而言，工作始于大量的输入，如电话、传真、报告等。他们必须有效地理解这些输入，否则不可能做出有效决策。

执行——知识工人所做的是给工作转型，而不仅仅使之增值。比如，一个主意要转型成备忘录；一份日程表也许就是根据刚收到的传真拟订的。

完成工作的转交——对知识工人而言，仅仅把报告和项目做完再往上一交已经远远不够了。他们必须起执行作用，确保自己完成的工作真正转给应该转的顾客了，既可能是外部顾客，也可能是内部顾客。

很明显，决不能把知识工作看成一个孤立的环节，而要看到它的一系列组成部分。亨利·福特并没有发明汽车，但是他把一系列科学的原则引入了工作流程，从而极大提高了工业生产率。同样，找出并改造您所在单位的隐形流水线，你也能在知识工作环境中带来类似的结果。

资料来源：季建华. 运营管理. 上海交通大学出版社，2004 年 1 月

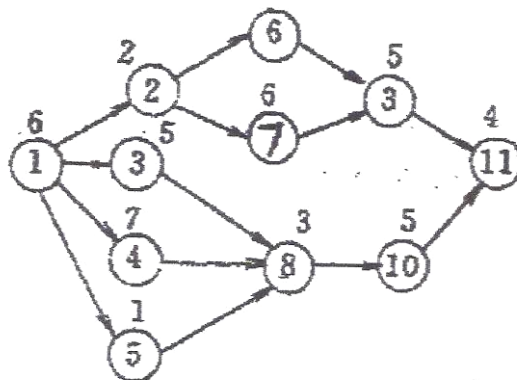
#### 思考题：

1. 流水生产方式是否可以在所有的行业任意推广？
2. 服务业在使用流水生产方式与一般的行业有什么区别？

---

## 练习题

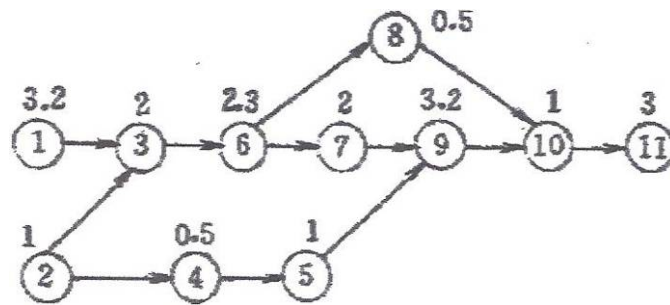
1. 已知某产品的装配线由 11 道工序组成，工序的先后顺序和工时定额均已表明如下图：



该流水线生产 A 产品，每月工作 25 天，每天 8 小时，二班制工作。每天的有效工作时间为 85%，每月的计划产量为 2040 件。

- 要求：
- (1) 试确定该流水线的最小工作地数。
  - (2) 分配以上工序到各工作地。
  - (3) 计算装配线平衡损失率和负荷系数。

2. 某产品流水线共有 11 道工序，节拍  $r=5.5$  分，加工顺序和工时定额如下图所示。



求：（1）最小工作地数目；

（2）列表写出每个工作地的工序号和负荷率；

（3）流水线的时间损失  $B$  和负荷率  $K$ ；

（4）流水线的时间损失率  $D$ 。

3. 某厂计划设计一条年产某种零件 54000 件的流水线，该零件顺次经过五道工序，各工单件作业时间分别为 15 分、14 分、9 分、16 分、5 分。该厂生产实行三班制，每班 8 小时，流水线全年有效工作日数为 300 天。

试计算：（1）流水线节拍；

（2）各道工序工作地数目；

（3）各道工序工作地负荷率；

（4）整条流水线的总负荷率；

（5）流水线的时间损失率。

4. 某汽车总装厂的生产线月产汽车 4800 辆，其中 A 型车 2100 辆，B 型车 1500 辆，C 型车 900 辆。每月工作日为 30 天，每个工作日一班，不考虑停工时间。A、B、C 三种车型的装配作业时间各为 25 分、35 分、40 分。

求：（1）该混合流水线的节拍。

（2）该混合流水线的最少工作地数。

（3）该混合流水线的负荷率。

（4）该混合流水线的总的时间损失和损失率。

（5）试用生产比倒数法编排其三种车型的投产顺序。

5. 某混合流水线生产 A、B、C、D 四种产品，它们的产量比为 3000：4000：

1000：2000，要求确定投产顺序（用生产比倒数法）。

6. 用图表法和分析计算法确定下列看管周期工序间在制品储备量。

流水线名称			班次	日产量		节拍	运输批量	节奏	看管周期			
A			2	160 件		6	1	6	240 分			
工 序 号	班 任 务 (件)	工 序 时 间 (分)	工 作 地 负 荷 %	储 备 量 位 置	最 大 周 转 储 备 量							轮班开 始周 转 储 备 量
						0	40	80	120	160	200	
1	80	12			1-2							
2	80	4			2-3							
3	80	8			3-4							
4	80	6										

7. 用在制品定额规定各车间的任务。A 产品下月出产量 500 台，每台需要编号为 01 的零件 15 只。

要求：编制各车间的投入量、产出量的任务表

装配车间	01 零件在制品定额	150 只
	损耗	0
	期初预计在制品	124 只
中间仓库	01 零件库存定额	200 只
	期初预计半成品	153 只
加工车间	01 零件废品损耗	12 只
	在制品定额	250 只
	期初预计在制品	362 只
	外销合同	800 只

8. 间断流水线标准计划工作指示图表如下图所示，试计算该间断流水线各工序间的流动在制品占用量。

间断流水线名称				工作班数		每日产量		节拍		运输批量		生产节奏		看管周期	
轴加工线				2 班/天		160 件/天		6 分/件		1 件		6 分/件		2 小时	
工 序 号	每 工 作 班	工 序 时 间	工 作 地 号	工 作 地 负	工 人 号	该 工 序 完	一个看管期内的工作指示图表							看 管 期 的	

	的 产 量	定 额	码	荷 率		毕 后 工 人 转 向 何 工 作 地	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	产 量
1	80	4	01	67%	1	04													20
2	80	5	02	83%	2														20
3	80	8	03	100%	3														15
			04	33%	1	01													5
4	80	3	05	50%	4	06													20
5	80	3	06	50%	4	05													20
6	80	5.5	07	92%	5														20

## 第 9 章 成批生产方式的组织和控制

本章关键词

- 成批生产（Batch Production）  
批量（Quantity）  
经济批量（Economic Quantity）  
柔性制造系统（Flexible Manufacturing System）
- 生产周期（Produce Cycle Time）  
提前期（Advanced Period）  
成组技术（Group Technique）  
工艺流程分析（Craft Proceure Analysis ）

[http: //www.mhhe.com/pom](http://www.mhhe.com/pom)

[http: // www.wbs.warwick.ac.uk/omindex](http://www.wbs.warwick.ac.uk/omindex)

[http: // 202.120.24.209/yygl](http://202.120.24.209/yygl)

成批生产是指工业企业(车间、工段、班组、工作地)在一定时期重复轮换制造多种产品的一种生产类型。

成组技术是成组加工和成组工艺的进一步发展,对多品种小批量的生产企业组织生产的一种有效方法。既可以提高企业的生产效率,缩短生产周期,又能进一步按照市场上用户、消费者的需求不同进行生产。

## 9.1 成批生产的期量标准

### 9.1.1 批量和生产间隔期

成批生产是指工业企业(车间、工段、班组、工作地)在一定时期重复轮换制造多种产品的一种生产类型。根据其批量的大小、每个工作地完成零件工序数目以及各种零件重复生产的程度,成批生产可分为大批、中批和小批生产;凡产品品种不多,每批数量较多,出产相当稳定,接近于大量生产的为大批生产;如产品品种很多,每批数量很少,虽有重复但不稳定,接近于单件生产的为小批生产,介于两者之间的为中批生产。

批量是花费一次准备结束时间投入生产的同种产品(工件)的数量,准备结束时间是指生产开始前熟悉图纸,领取工卡量具,调整设备工装,试切,安装调整冲模、锻模,准备砂箱型板等所花的时间。

生产间隔期是相邻两批同种工件投入(或产出)的时间间隔。在周期性重复生产的条件下批量与生产间隔期有如下的关系:

$$n=R \cdot d$$

$n$ ——生产批量;

$R$ ——生产间隔期;

$d$ ——工件的平均日需求量。

$$d=N/T_{\text{年}}$$

$N$ ——年产量;  $T_{\text{年}}$ ——年工作日数

在生产任务一定时,平均每天产出量不变时,批量与生产间隔期成正比。

确定批量和生产间隔期的方法,大致可分为以下二类。

#### 1. 以量定期法

这种方法就是先确定批量,然后使生产间隔期与之相适应。具体方法根据提高技术经济效益的要求来确定一个最初批量,然后据以计算生产间隔期,并修正最初批量,最后使两者相互配合,求得一个最佳数值。

##### (1) 最小批量法

就是从充分利用设备这一因素来考虑，计算出最小批量。如果批量再小就会因设备调整次数过多而影响设备的合理利用。最小批量的计算公式如下：

$$n = \frac{t_{\text{调}}}{t_{\text{序}} \times k_{\text{调}}}$$

式中：K<sub>调</sub>——设备调整时间损失系数；

t<sub>调</sub>——设备调整时间；

t<sub>序</sub>——工序单件时间。

式中的 K<sub>调</sub>由企业根据实际情况确定，如设备负荷的紧张程度、工件的价值、工件的生产类型等。表 9.1 是一般情况下 K<sub>调</sub>的参考值。

表 9.1 K<sub>调</sub>的参考数值

生产类型 工件价值	大批	中批	小批
低	0.02	0.03	0.05
中	0.03	0.05	0.08
高	0.05	0.08	0.1~0.15

公式是按单工序计算的。一个零件有多道工序，则按使用关键设备的那道工序计算，最小批量法适用于对关键设备和贵重设备的批量决策。

## （2）经济批量法

经济批量是批量控制的重要内容，应从生产准备成本与保管成本构成的总成本最低额，或设备调整费用构成的总成本最低额求取经济批量。经济批量可以表现为最佳生产批量法。

最佳每批生产量

Q——最佳每批生产量(件)；

A——全年生产数量(10000 件)；

P——每次生产准备成本(25 元/次)；

C——单位产品年保管成本率% (12.5%)；

R——单位产品生产成本(1 元/件)。

全年生产准备成本=全年生产准备次数×每次生产准备成本

$$= \frac{A}{Q} \cdot P = \frac{AP}{Q}$$

全年保管成本=平均存货成本×单位产品年保管成本率%

$$= \left( \frac{AR}{A/Q} \times \frac{1}{2} \right) \times C = \frac{ARC}{2A/Q} = \frac{RCQ}{2}$$

其总成本

$$TC = \frac{AP}{Q} + \frac{RCQ}{2}$$

$$\text{就 } Q \text{ 微分之 } \frac{dTC}{dQ} = \frac{d}{dQ} \left( \frac{AP}{Q} \right) + \frac{d}{dQ} \left( \frac{RCQ}{2} \right) = -\frac{AP}{Q^2} + \frac{RC}{2}$$

$$\text{设 } \frac{dTC}{dQ} = 0, \text{ 即 } -\frac{AP}{Q^2} + \frac{RC}{2} = 0$$

$$\text{移项整理得 } \frac{AP}{Q^2} = \frac{RC}{2}$$

$$Q^2 = \frac{2AP}{RC} \qquad Q = \sqrt{\frac{2AP}{RC}}$$

以上述资料代入上式

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 10000 \times 25}{1 \times 0.125}} = 2000 \text{件/批}$$

根据最佳每批生产量还可求得每次生产供用天数为 73 天/批和每批生产金额 2000 元/批。

### 2. 以期定量法

就是先确定生产间隔期，然而再确定与之相适应的批量。各类零件的生产间隔期是根据零件的复杂程度，工艺特点，价值大小等因素分类确定，再根据生产间隔期和生产任务确定各类零件的批量。在生产任务有变化时，生产间隔期不变，只调整批量即可。

为了管理上的方便，标准生产间隔期通常取周或旬工作天数的倍比数。如 1 天、2 天、4 天、8 天(旬)、24 天(月)、二月、季、半年或 1 天、3 天、6 天(周)、12 天(半月)、24 天(月)、二月、季、半年。采用标准生产间隔期后，相应的生产批量就与月需求量成倍比关系，给管理工作带来方便。例如，某工件的年需求量 N=7200 件（见表 9.2）。

表 9.2 标准生产间隔期

标准生产间隔期	1 天	2 天	4 天	8 天	24 天	2 月	1 季	半年	全年
生产批量（件）	25	50	100	200	600	1200	1800	3600	7200
标准生产间隔期	1 天	3	6 天	12 天	24 天	2 月	1 季	半年	全年
生产批量（件）	25	75	150	300	600	1200	1800	3600	7200

为了便于生产，一种产品的各种零件生产间隔期种数不宜太多。在实际运用时，可根据零件种类多少、复杂程度和划分零件组的多少来确定。一般来说，在管理水平较差的企业可以分为三种，管理水平较高的企业也以控制在六种以内为宜。

零件的生产间隔期是建立在零件分组的基础上的，对零件具体分组时应掌握以下三点：

- （1）按零件外形尺寸和重量大小分组；
- （2）按零件的结构形式和工艺过程分组，即将零件结构形式和工艺过程相同的划分一组；
- （3）按零件工序多少和劳动量大小分组。

根据上述标志进行分组时，重点应放在按劳动量大小，即按生产周期长短来划分，同一零件组内应尽量选择周期大体相同的零件。零件分组还要考虑到零件的生产类型和生产的组织形式，一般应将大量大批和中批、小批的零件分开。此外，还应考虑车间设备的负荷情况，因为同一零件组内零件种数过多，总劳动量过大，会影响其它零件组在当月完成任务；如同

一零件组内零件种数过少，劳动量过小，也会给管理工作带来困难。总之，零件分组以劳动量大小为重点，对大型零件可分得细一些，对小型零件可分得粗一些，以便合理地利用生产资金和提高经济效益。

在上述“以期定量”法的基本内容中可以看出，这种方法具有以下优点：首先是计算方法简便，能适应生产任务的变动，当任务量变动较大时，只需调整批量即可；其次，用这种方法制订的生产间隔期和批量，更有利于组织均衡生产。因为产品的每个零件和零件组的生产间隔期与月工作日数之间都互成倍数或约数，而批量是根据生产间隔期确定的，因此，也就保持了每种零件必要的比例关系，易于保持零件生产的成套性，保证各个基本生产环节之间以及基本生产与辅助生产之间的协调衔接，从而有利于组织均衡生产。

### 9.1.2 生产周期

生产周期是指从原材料投入生产的时候起到制成成品最后完工的时候为止期间经历的全部日历时间。机械产品的生产周期通常包含产品中零件的毛坯制造、机械加工及部件装配、总装配等各工艺阶段经历的时间以及各工艺阶段之间经历的时间之和。产品生产过程所经历的上述时间常用毛坯制造周期、机械加工周期、部件装配周期、总装配周期和各工艺阶段之间的保险期来表示。而零件生产周期则是其毛坯制造周期、机加工周期以及各工艺阶段之间保险期之和。

生产周期是编制生产作业计划，确定产品及其零件在各工艺阶段投入和产出日期的主要依据，是成批生产作业计划的一项重要期量标准。

#### 1. 一批零件生产周期的确定

在成批生产中，一批零件的生产周期，在很大程度上取决于零件在工序间的移动方式。一般有顺序移动，平行移动和平行顺序移动三种方式。现分述如下。

(1) 顺序移动方式。它的特点是每批零件只有在前道工序全部完工后，才整批地转到后道工序加工。

设某零件的批量  $n=4$ ，共有 4 道加工工序。其单件工序加工时间分别为  $t_1=15$ ， $t_2=5$ ， $t_3=10$ ， $t_4=20$  分，则其顺序移动方式如图 9.1。

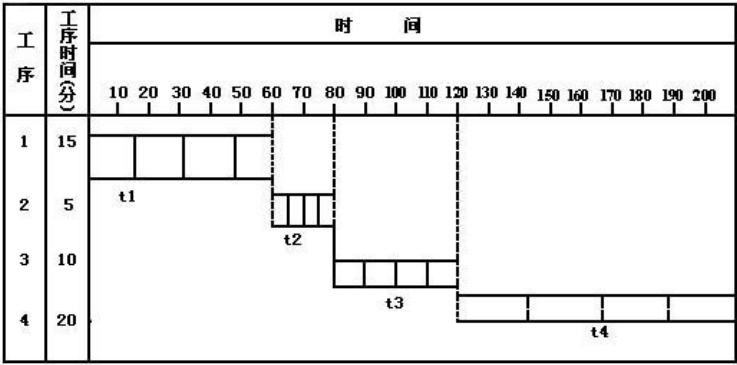


图 9.1 顺序移动方式

从上图可见，如果把工序间的运输，检验以及零件等待加工与停歇的时间略而不计，则加工该批零件的周期  $T_{顺}$  等于该批零件全部工序加工时间的总和，即

$$T_{顺}=nt_1+nt_2+nt_3+nt_4=n(t_1+t_2+t_3+t_4)$$



$$=n\sum_{i=1}^m t_i$$

式中  $m$  是工序道数。

把上述时间代入，则生产周期为

$$T_{顺}=4\times 50=200 \text{ 分}$$

可以看出，在上述顺序移动方式中，工序周期与零件批量和工序加工时间成正比，因而这种移动方式在批量较小和工序加工时间较短的情况下采用。

(2) 平行移动方式。它的特点是每个零件在前道工序加工完成之后，立即转到后道工序去继续加工，形成各个零件在各道工序上平行地进行加工。现根据上例条件，作平行移动方式的示意图 9.2。

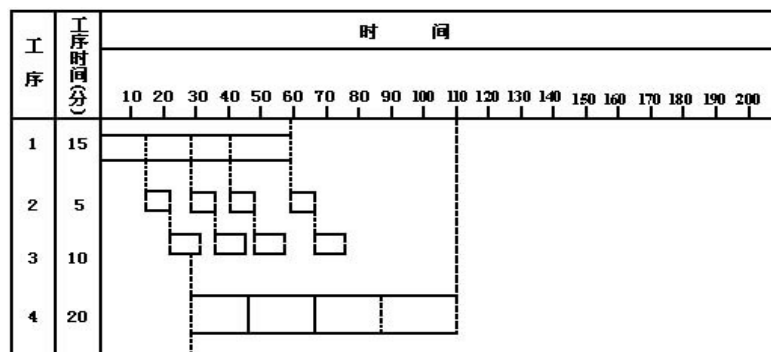


图 9.2 平行移动方式

$t_1$  为零件加工工序中最长的工序加工时间，则从上图可知，在平行移动方式中，一批零件的加工周期  $T_{平}$  为：

$$\begin{aligned} T_{平} &= t_1 + t_2 + t_3 + \cdots + nt_1 + \cdots + t_m \\ &= t_1 + t_2 + t_3 + \cdots + t_m + (n-1)t_1 \\ &= \sum_{i=1}^m t_i + (n-1)t_1 \end{aligned}$$

把上述时间代入，则得

$$T_{平}=50+(4-1)\times 20=110 \text{ 分}$$

(3) 平行顺序移动方式。平行顺序移动方式既考虑了相邻工序上加工时间的重合，又保持了该批零件在工序上连续加工。现根据前例条件，作平行顺序移动方式图 9.3

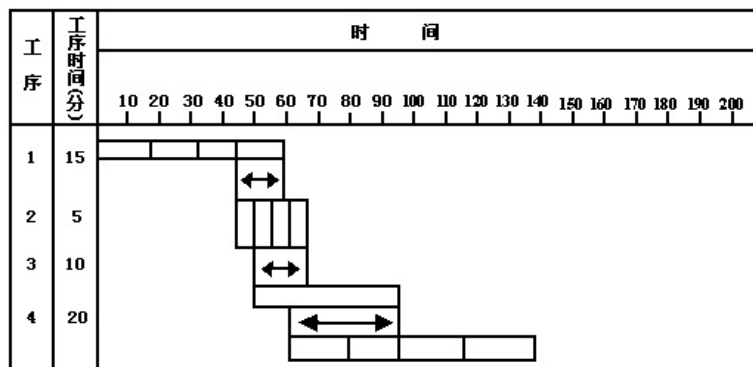


图 9.3 平行顺序移动方式

从上图 9.3 可知，在平行顺序移动方式中，因长短工序的次序不同，有两种安排方法：

① 当前道工序的单件加工时间小于或等于后道工序的单件加工时间时，加工完毕的零件应及时转到后工序去加工，即按平行移动方式逐件转移，如图中第二、第三道工序间的情况就是如此。

② 当前道工序的单件加工时间大于后道工序单件加工时间时，则前道工序上完工的零件，并不立即转移到后道工序，而是积存到一定数量，足以保证后道工序的设备连续加工时，才将完工的零件由前道工序转入到后道工序。使后道工序的结束时期较前道工序的结束时期差一个单件定额时间，据此可推出后道工序的开始期。这样既可以防止后道工序有时工作脱节，又可把分散的停止时间集中起来加以利用。图中的第一和第二工序间的情况就是如此。

从图 9.3 也可以看出，平行顺序方式的加工周期，可用顺序移动方式的加工周期减去重合部分的时间求得。

在前道工序的加工时间小于后道工序的加工时间时，该批零件在两道工序上加工时间的重合分为  $(n-1)t_{前}$ ，如前道工序加工时间大于后道，则加工时间重合部分为  $(n-1)t_{后}$ 。

因为  $t_{前}$  与  $t_{后}$  在上述的情况下，都是短工序，所以都可以用  $(n-1)t_s$  表示。所以平行顺序移动方式的工序周期可用下式表示：

$$T_{\text{平顺}} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n-1) \sum_{i=1}^{m-1} t_s$$

式中  $t_s$  是以前后工序单件加工时间比较后，取短工序的单件加工时间，以图 9.3 的具体数字代入，则得

$$\begin{aligned} T_{\text{平顺}} &= 4(15+5+10+20) - (4-1)(5+5+10) \\ &= 140 \text{ (分)} \end{aligned}$$

具体确定零件的生产周期时还应该考虑到制度工作时间、定额完成系数、工作地数等因素。

如令  $\varphi_p$  为平行性系数，可用它衡量生产过程的平行性程度。

$$\varphi_p = 1 - \frac{\text{一批工件的生产周期}}{n \times \sum_{i=1}^m t_i}$$

上例中按顺序移动方式的平行性系数为零。

平行移动方式的平行性系数为 0.45，

平行顺序移动方式的平行性系数为 0.30。

当批量增大时，例如  $n=400$ ，则

$T_{\text{顺序}}=20000$  分， $T_{\text{平行}}=8030$  分， $T_{\text{平顺}}=12020$  分，

此时，顺序移动方式的  $\varphi_p$  仍为零，平行移动方式的  $\varphi_p = 1 - \frac{8030}{20000} = 0.60$

平行顺序移动方式  $\varphi_p = 1 - \frac{12020}{20000} = 0.40$

由上可知，顺序移动方式的零件等待时间最多，生产周期也最长。平行移动方式的生产周期最短。平行顺序移动方式的生产周期居两者之间。当批量增大时，它们之间的差异也增大。平行移动和平行顺序移动方式的  $\varphi_p$  也相应提高。

在实际生产中这三种移动方式都在应用。它们各有自己的适用条件。选用时一般要考虑

以下因素：

① 工件的大小。体积大、重量重、在工序间不可能成批传送的零件，如机床的床身、机座等总是单件传送的。而细小的工件不值得单件传送，一般放在容器中按容器容量大小成批传送。

② 相邻工序工作地之间的空间距离及采用的运输装置。相邻工序工作地在空间位置上紧密衔接或有机械化传送装置就有利于在工序间单件传送，实现平行移动。

③ 尽可能使生产过程的各工序生产率相等，亦称工序同期化。此时按平行移动方式组织生产不仅生产周期最短，而且整批工件在各工序上连续加工，不出现设备短暫停歇现象。

## 2. 产品生产周期的确定

产品生产周期就是每个工艺阶段生产周期与各工艺阶段之间的保险期之和。工艺阶段的生产周期是指直接改变劳动对象的形状，大小，成份和性能的时间，但也包括一部分自然过程时间(如干燥、冷却等)。单台产品生产周期  $T$  可用下式计算

$$T = T_{\text{坯}} + T'_{\text{坯}} + T_{\text{加}} + T'_{\text{加}} + T_{\text{装}} + T_{\text{包}}$$

式中： $T_{\text{坯}}$ —— 毛坯生产周期；

$T'_{\text{坯}}$ ——毛坯保险期；

$T_{\text{加}}$ —— 加工生产周期；

$T'_{\text{加}}$ ——加工保险期；

$T_{\text{装}}$ —— 装配生产期；

$T_{\text{包}}$ —— 产品装配后所做的各项工作，如油漆、试验、包装等的时间。

确定成批生产产品的生产周期比较复杂，不但要考虑每批产品零部件在各个工艺阶段的移动方式。各种零件在多个车间的成套周期，而且还要考虑与其它产品平行交叉作业等因素。生产日期用公式计算比较复杂，而且又常常和实际脱节。因此，可用图表法表示，即应用反工艺顺序的方法，绘出各个工艺阶段的衔接关系及各个工艺阶段生产周期表。

## 9.1.3 提前期

提前期是指产品在各车间投入或出产的日期较成品产出日期所应提前的天数。提前期的计算，对生产过程各阶段的及时投入并适时出产，以保证装配的需要，是非常重要的。

产品装配出产日期是计算提前期的起点，而生产周期和生产间隔期是计算提前期的依据。正确规定提前期可以保证各个工艺阶段有秩序的进行。所以在作业计划工作中，要制订提前期的标准数据。

提前期的确定方法有两种：一种是直接根据产品的生产周期图来确定，另一种是根据公式计算，情况如下：

### 1. 若各工艺阶段的生产间隔期相等，则

某车间产出提前期=后车间投入提前期+保险期；

某车间投入提前期=本车间产出提前期+本车间生产周期；

各工艺阶段毛坯零件、产品投入、产出提前期如图 9.4 所示：

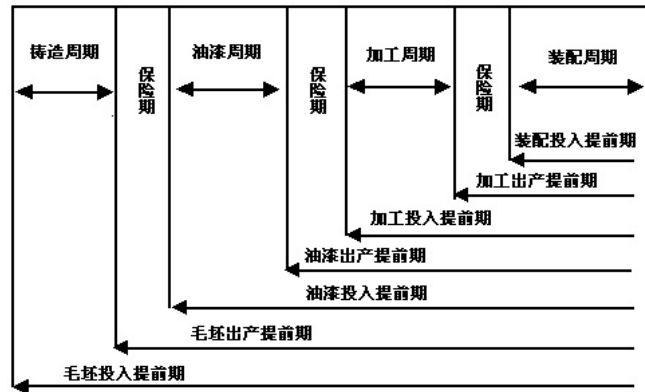


图 9.4 各工艺阶段投入和出产提前期

2. 若各工艺阶段的生产间隔期不相等，但成倍数关系，则：

某车间产出提前期=后车间投入提前期+保险期+（本车间生产间隔期  
—后车间生产间隔期）

某车间投入提前期的计算公式同前。

各工艺阶段生产间隔期不相等时，其毛坯、零件、产品投入、产出期如图 9.所示：

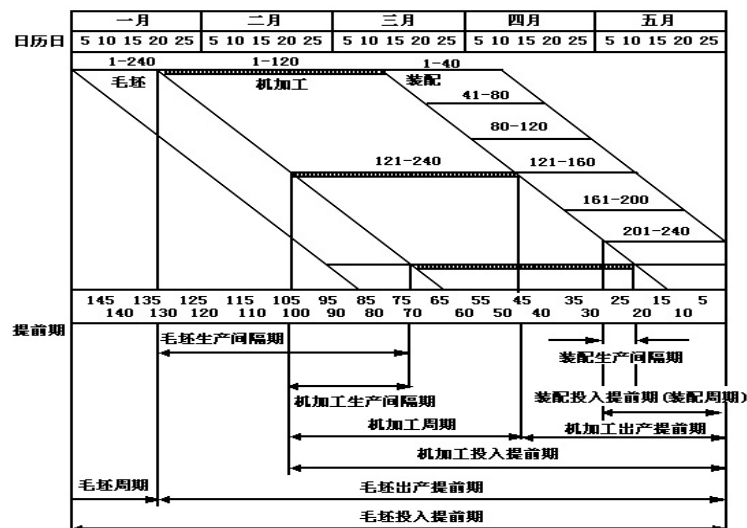


图 9.5 期量标准关系示意图

根据图 9.5 装配生产间隔期为 10 天，生产周期为 30 天，机加工生产间隔期为 30 天，生产周期为 50 天，毛坯生产间隔期为 60 天，生产周期为 20 天，保险期均为零，则按照上述公式：

$$\begin{aligned}
 \text{机加工车间产出提前期} &= \text{装配车间投入前期} + (\text{机加工生产间隔期} - \text{装配生产间隔期}) \\
 &= 30 \text{ 天} + (30 \text{ 天} - 10 \text{ 天}) \\
 &= 50 \text{ 天}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{毛坯车间产出提前期} &= \text{机加工车间投入提前期} + (\text{毛坯生产间隔期} - \text{机加工生产间隔期}) \\
 &= 100 \text{ 天} + (60 \text{ 天} - 30 \text{ 天}) \\
 &= 130 \text{ 天}
 \end{aligned}$$

提前期是用日历天数来表示对一批零件在投入和产出的时间上规定。有了提前期就可以

确定一批零件投入和出产的标准天数，是车间编制短期计划的依据。在实际工作中要计算每一零件的提前期是有困难的，只能计算劳动量最大的零件的提前期，对劳动量较小的零件，可按加工时间划分组别，然后按组别来确定提前期。在划分零件的组别时应当特别注意零件送交装配车间要保证各个零件或部件能成套地供应。

### 9.1.4 在制品定额

成批生产方式中作业计划期量标准的要求是非常严格的，生产提前期是体现各个车间在生产期限配合方面的关系，而在制品定额则体现各个车间在生产数量配合方面的关系。

车间在制品的占用是由于成批投入，但未完工产出而形成的，它们是整批整批地停留在车间内，因此则要计算批数和总量。

车间在制品占用量= 一批零件生产周期×平均每日需要量

其中，  $\text{平均每日需要量} = \frac{\text{批量}}{\text{生产间隔期}}$

由公式可知，车间在制品占用量与生产间隔期及生产周期长短有直接关系。

### 9.1.5 累计编号法

在多品种成批轮番生产条件下，各个月份生产的品种数量不稳定，以致在制品数量也不稳定。没有一个稳定的在制品数量，就无法采用大量生产所用的在制品定额法。这时，就要采用适合成批生产特点和要求的累计编号法。

所谓累计编号法，就是将事先制定的提前期转化为提前量，来确定各车间在计划月份应该达到的投入和出产累计数，来计划各车间当月应完成的投入数和出产数。

这里的累计数是指从年初(或从开始)生产这种产品时起开始计算的连续数字。

按照预先制定的提前期标准，确定各车间在计划月份出产和投入应该达到的累计数。计算公式如下：

车间出产（或投入）累计号数=装配车间出产累计号数+装配车间平均每日出产量×本车间出产（或投入）提前期。

各车间在计划期应完成的当月产量和投入量按下式计算。

计划期车间出产（或投入）量=计划期末计划出产（或投入）的累计号数—报告期已出产（或投入）的累计号数。

按上式计算车间出产（或投入）量以后，还应按各种零件的批量进行修正，使车间出产（或投入）的数量能凑满相当一个或几个批量。

用累计编号法确定生产任务有以下几个特点：

（1）在装配车间平均日产量不变的情况下，各车间的产量依本车间提前期而定。提前期越长，出产(或投入)的累计号数越大。由于累计号数是根据前期计算的，因此各车间可以同时进行计算，这样可以大大加速计划的编制过程。

（2）由于生产任务用累计号数表示，所以不必预计期初在制品数量，也不必到计划期初根据报告期的实际完成情况修正计划。当报告期计划执行不好时，未完成的部份就自然地转

入计划期的任务中，因为计划期应出产的号数是固定的。这样就可以大大简化计划的编制工作，并可保证生产任务的完成。

(3) 由于同一台产品所有零件都属于一个累计号数，所以只要每个环节都生产到规定的号数，就能可靠地保证零件的成套性。特别可以防止产品结束时零件不成套和投料过多的现象。

使用累计编号法，使车间在生产的期限和数量上衔接，不用在制品的储备定额，因此适用成批生产。有些条件较好的小批量生产以及不稳定的大量生产，也可以参考作用。

累计编号法的基础是成批生产的期量标准，现将累计编号法的具体应用示例如表 9.3、9.4 所示。

表 9.3 生产期量标准表

车间	批量	间隔期	生产周期	保险期	提前期	
					投入	出产
装配	20	10	10	-	10	-
加工	40	20	30	10	60	30
毛坯	80	40	20	10	110	90

表 9.4 各车间投入和出产任务量累计号数计划表(任务量/累计号数)

产品名称	生产 车间		一月			二月			三月			四月		
			上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
甲产品	装 配	出产	20/20	20/40	20/60	20/80	20/100	20/120	20/140	20/160	20/180	20/200	20/220	20/240
		投入	20/40	20/60	20/80	20/100	20/120	20/140	20/160	20/180	20/200	20/220	20/240	20/260
	机械 加工	出产	40/80		40/120		40/160		40/200		40/240		40/280	
		投入		40/160		40/200		40/240		40/280		40/320		40/360
	铸造	出产			80/240				80/320				80/400	
		投入	80/240				80/320				80/400			

## 9.2 成组技术

成组技术(Group Technology)简称 GT，是成组加工和成组工艺的进一步发展，它是一种有效地组织多品种中小批生产的方法。这种方法根据零件的结构形状、尺寸大小和工艺特征进行系统的分类，将分散在不同产品中的相似零件组成零件组，对一组零件找出集中加工的科学形式，以扩大加工批量，减少调整、装夹时间，降低制造成本，使多品种小批生产企业能取得同大量生产相似的经济效果。

实质上，成组技术是以零件组为内容的，按对象原则组织生产的一种科学方法，即以零件的相似性为基础，以零件成组化为手段，扩大零件加工批量，运用成批大量生产的组织方式，来组织中小批产品的生产。

### 9.2.1 成组技术产生的背景

任何新技术之所以能产生、发展和不断扩大应用范围，必然是客观上有需要，成组技术也是如此。

近年来，由于社会需要多样化的产品和用户要按自己的要求订制各种产品，随着科学技术的发展，产品要不断加以改进和革新，更由于市场上的激烈竞争，必须生产出竞争力强的适销对路的多种多样的产品。因而，由于产品的多样化而形成的多品种中小批生产，不论在国外或国内，已成为一种必然发展的趋势。

多品种中小批生产虽然是客观上的要求，但其不论从设计、加工还是从生产组织来看，都要比少品种大批生产复杂，经济效果差，多品种中小批生产一般存在以下一些问题：

#### 1. 生产技术准备工作方面

由于产品、零件品种的多样化，设计人员在设计、计算和绘图上要化费大量的劳动，工艺人员要编制许多不同的工艺规程和设计多种工艺装备，而这些往往都依照个人的经验进行，这就大大影响了零件的标准化和通用化工作。单独工艺的数量繁多，严重妨碍了先进工艺和高效设备的采用，设计和工艺准备工作的复杂

化, 不仅大大增加了生产技术准备的工作量, 而且也延长了产品的生产技术准备周期。

#### 2. 生产过程组织方面

由于设计和工艺的多样化, 给生产过程(特别是加工阶段)带来很多问题。在品种繁多, 批量很小的情况下, 一般按工艺专业化原则组织车间, 设备布置采取落后的机群式。零件按批投料, 按批在工序之间转移, 工艺路线复杂, 运输距离长, 增加了很多不必要的流转运输时间。同时由于零件种类多, 机床经常改变加工对象, 设备和工艺装备调整频繁, 减少了机床实际加工时间, 既浪费了设备和人力, 又使零件形成大量积压, 并且难以提高机床的自动化程度。

#### 3. 生产管理方法方面

由于零件的种类繁多, 工艺复杂, 更由于产品的批量不等、交货期的不同, 对材料和外购件的要求不同, 大大增加了生产管理的复杂性和编制作业计划的困难性。这都严重影响企业发展品种、提高质量、提高劳动生产率和降低成本。

传统的生产组织和管理方法不适应, 而且严重阻碍了多品种中小批生产的发展, 这就促使各国机械工程界去寻求先进的合理的组织方式。成组技术正是在这种情况下日益发展起来。

## 9.2.2 成组技术的发展概况

成组技术起源于前苏联及东欧各国, 二十世纪五十年代前就有类似的思想, 五十年代以后, 成组技术逐渐地发展起来。它发展过程大体上是“成组加工→成组工艺→成组技术”三个阶段。

五十年代初, 苏联的米特洛范诺夫, 提出了按零件加工类型(如车削加工, 铣削加工等), 将加工特点相同或相似的零件集中在一起组织成组加工, 这是早期的成组加工形成。到六十年代初, 引起了许多欧洲国家的重视。前苏联、捷克、前东德等国都采用了成组加工, 并且以改变生产组织为主, 按零件的分类编号对生产进行改组建立成组生产单元和成组车间, 也就是从“成组加工”发展到了“成组工艺”阶段。七十年代以来, 由于数控机床和计算机技术应用范围的扩大, 给成组工艺充实了更多新内容, 进一步发展了成组工艺, 把成组工艺应用到生产的全过程, 这就是进入了成组技术阶段。

目前, 国外更多的企业接受了成组技术, 认为成组技术是多品种中小批生产企业的改造方向, 并且有利于生产手段数控化和生产管理计算机化。国外在成组生产单元的基础上发展了成组流水线, 开创了成组加工, 数控机床和计算机相结合的集成制造系统或柔性制造系统(FMS), 并向着无人化工厂的方向发展。

成组技术随着在产品设计、加工工艺中应用和发展, 已经逐渐深入到企业的整个生产活动和管理工作的各个领域, 如设计图的检索, 技术信息处理等等。

近年来, “中国制造”的话题已经成为世界性热点, 由于我国强大的制造能力和低成本的劳动力相得益彰, 得以在全球市场中摧城拔寨, 赢得了“世界工厂”的美誉。但是, 正如许多有识之士所提出的, 中国制造业的普遍水平不高, 尤其在成组技术、信息化水平等方面已成为继续发展的瓶颈, 中国制造业正在面临着新一轮的挑战。国家《“十五”工业结构调整规划纲要》中所述, 在我国制造业进一步推广和应用成组技术, 特别是以装备制造业为代表的高端制造业, 只有在更高的技术水平、管理水平和信息化水平基础上, 才能实现“做大做强”的目标。

9.2.3 成组技术形成的客观基础

每个机械制造企业生产的产品品种很多，零件成千上万。但根据大量的统计资料表明，各种零件的出现是有一定的规律性，这种规律性就是成组技术形成的客观基础。它表现在：

1. 尽管各种机械产品极不相同，但构成不同产品的零件，都有极大的相似性

构成任何机械产品的零件都可以分为标准件、相似件和复杂件三大类，其中相似件往往占相当的比例。以车床为例：构成标准件的，如螺钉、螺栓、螺母、销子、键等，占全部零件的 21.1%。构成相似件的，如轴、齿轮、轴套、手柄等，占 72.5%。构成复杂件的如床身、溜板等，占 6.4%。

2. 各类相似零件在同类产品系列中，有一定的出现率

捷克曾对机床行业进行过大量调查统计，其结果表明各种机床的差别虽很大，但各类零件的出现率却相当接近(如表 9.5 所示)。

表 9.5 各类零件的出现率

零件种类	平均出现率%	出现率的分散程度%
轴	22.9	21.4~24.5
轴承盖	9.1	8.4~10.5
轴套、螺栓	25.2	22.6~29.6
齿轮	11.8	4.3~17.0
其他旋转体零件	2.5	1.1~4.0
平面形零件	9.5	7.9~12.2
杠杆形零件	3.5	2.3~5.3
不规则形零件	2.5	0.9~3.4
箱体形零件	2.2	1.3~2.9
其它（多数为不加工）	11.0	6.0~15.6

3. 在同类机器产品中，零件的结构及尺寸分布具有相对的稳定性。

前西德阿亨工业大学在不同时期，对同一机床厂的回转类零件的直径尺寸变化，作了统计观察，得出的结果表明，尽管不同时期工厂生产的产品有变化，但回转类零件直径的变化却十分微小。这也进一步说明不仅各类零件出现的概率比较高，而且零件的结构形状和尺寸分布相当稳定。

上述零件数量统计资料反映出的零件的相似性、出现的规律性和尺寸分布的稳定性，是成组技术形成的广泛的客观基础。因此即使是单件小批生产类型的企业，只要做好零件分类成组和建立成组加工单元的工作，就能取得同大量生产相似的经济效果。

9.2.4 零件成组的方法

相似零件存在于同一产品和不同产品中，一般地只有打破产品界限，才能有效地扩大批量。

相似零件如何归类成组，是实施成组技术的重要工作。零件成组是否合理，直接影响成组化的效果。

零件成组方法很多，归纳起来可分三类。

1. 目测法(或称经验法)

这是最简单的成组方法，主要凭经验和目测，把形状、尺寸、工艺方法等相似的零件归



在一起。一般步骤为：先按需要加工的机床种类，分成几大类；再按工序相似分成若干组。有些外形不同但加工相似的零件也可归属同一组，有些外形相似但加工不同的也可归属同一组。

这种划分的方法是简明易行，但零件品种一多便有困难。

2. 工艺流程分析法

例如有 20 种不同的零件，分别经过车、铣、钻、磨等不同工序，如表 9.6 所示（“√”表示某零件需用某种机床加工）。

表 9.6 零件工艺流程

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
车床	√	√		√	√		√	√	√		√	√		√	√		√	√	√	√
卧铣床	√	√	√		√	√	√		√		√		√	√		√		√		√
立铣床			√	√				√		√		√	√		√		√	√	√	
钻床	√	√	√	√		√	√	√		√	√	√	√	√		√	√	√		√
磨床	√	√	√	√		√			√			√	√		√		√	√		√

这种方法要求每个零件都有工艺过程卡，而且要准确。

分析各零件加工工序的先后次序和零件在机床的流转路线，将工序和加工路线同类的零件归为一组。上述零件按相同或近似的加工工序归并后，大致可归为三组，如表 9.7 所示。

表 9.7 同类零件的归类

	1	2	20	7	11	14	9	5	4	18	12	8	17	15	19	3	13	6	16	10
车床	√	√	√	√	√	√	√	√												
卧铣床	√	√	√	√	√	√	√	√												
钻床	√	√	√	√	√	√														
磨床	√	√	√				√													
车床									√	√	√	√	√	√	√					
立铣床									√	√	√	√	√	√	√					
钻床									√	√	√	√	√							
磨床									√	√	√			√						
卧铣床																√	√	√	√	
立式铣床																√	√			√
钻床																√	√	√	√	√
磨床																√	√	√		

3. 编码分类法

这是零件成组的基本方法，即“以数代形，按数归组”。零件的形状、尺寸等特征，通常用图纸表示。若改用对应的数字(编码)表示，零件特征便转换成数字信息。然后根据编码的相同或相近将零件分类归组。这为利用计算机分类创造了条件。

(1) 零件的分类编号

怎样用数字表示零件的特征，是编码系统要解决的问题。零件的特征很多。从设计角度，要考虑零件的几何形状、结构要素、尺寸、材料等，从工艺角度，要考虑装夹方法、加工精度、表面光洁度、毛坯类型、热处理要求以及生产类型等；从生产管理角度，还要考虑设备负荷、交货期限等。编码系统要有利于生产管理，使用方便。

企业根据具体情况，可以选择通用的分类编号系统，也可以制定适合本企业的专用分类编号系统。

目前，世界上已有几十种编码系统，按分类依据的主要特征来看不外乎有三种类型，即零件结构分类系统，零件工艺分类系统，零件结构和工艺结合的分类系统。其零件结构分类系统有广泛地用于英、法、德国的布里奇(Brisch)分类系统、捷克斯洛伐克的托斯分类系统等等；零件工艺分类系统有米特洛范诺夫分类系统、鲍尔瓦托夫(Бор в то в)分类系统等等；零件结构和工艺结合分类系统有前苏联工艺设计院提出的 В и т и 分类系统、前西德的奥匹兹(Opitz)分类系统等等。

上述各种类型的分类系统中，前西德的奥匹兹分类系统具有很好的适用性，为全世界所公认，是世界许多国家作为分类编码法则的基础。这种分类系统中，每个零件用九位数字表示，每位都有 0~9 的数字来分别表示不同的要求或特征。

第一位数字表示零件分类别；(其中 0~5 表示回转体零件；6~9 表示非回转体零件)，

第二位数字表示主要形状，(例如 0 表示光滑无形状要素，1~2 表示一端带台或光滑等)，

其基本组成如图 9.6。

形状代码(主码)						辅助码(辅码)						
第一位数字		第二位数字	第三位数字	第四位数字	第五位数字	第一位	第二位	第三位	第四位			
零件类别		主要形状	回转面加工	平面加工	辅助孔及齿形加工							
0	回转体	$L/D \leq 0.5$	外形要素	回形加工	平面加工	辅助孔和齿	尺寸	材料	毛坯形状	精度		
1		$0.5 \leq L/D < 3$										
2		$L/D \geq 3$										
3		$L/D < 2$ 带偏移										
4		$L/D : 2$ 带偏移										
5	特殊件	主要形状	回 转 加 工	平 面 加 工	辅助孔 传波 形							
6	$A/B \leq 3, A/C \geq 4$ 板形件	主要形状				主要孔					平 面 加 工	辅助孔, 制造 和成形加工
7	$A/B : 3$ 长形件											
8	$A/B \leq 3, A/C < 4$ 方形件											
9	特殊件											

表 9.8 0、1、2 类零件的编码表

第3位

内表面形状要素 外部形状	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	光滑或一端台阶				两端台阶			功能锥面	传动螺纹	其它 ( $\sqrt{10}$ 功能直径)
	无孔、盲孔	无形状要素	有螺纹	有功能槽	无形状要素	有螺纹	有功能槽			

第 4 位

平面加工	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	无平面加工	在一个方向弯曲 外平面或和外表面	互成等分关系 外平面绕一圆周相	外部键槽和 或槽	外部花键和或 多边形	沟槽、和或花键平 面和或槽或	内平面和或沟槽	内花键和或 多边形	内外花键和或 沟槽和或槽	其它

第 5 位

辅助孔及齿形加工	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	无 齿						有 齿			
	无辅助孔	用钻模加工 辅助孔，不	轴向孔用钻模加工	径向孔不用钻模加工	或其它方向孔用钻模 轴向和或径向和	其它方向孔不用钻模 轴向和或径向和	直齿齿形	锥齿齿形	其它齿形	其它

表 9.9

奥匹兹分类系统辅助编码表

第 6 位			第 7 位		第 8 位		第 9 位	
直径 D 或边长 A			材料		毛坯种类		精度 (按编码位数)	
0	毫米	时	0	灰铸铁	0	园棒	0	无高精度要求
	≤20	≤0.8						
1	>20≤50	>0.8≤2.0	1	球墨铸铁, 可锻铸铁	1	园棒光拉或去皮	1	2
2	>50≤100	>2.0≤4.0	2	钢 $\sigma_b \leq 42 \text{kg/mm}^2$	2	棒材—三角、四角、六角	2	3
3	>100≤160	>4.0≤6.5	3	炭素结构钢 $\sigma_b \leq 42 \text{kg/mm}^2$	3	管材	3	4
4	>160≤250	>6.5≤10.5	4	钢 2+3 热处理	4	角钢、U 形钢、工形钢等	4	5
5	>250≤400	>10.5≤16.0	5	合金钢 (不热处理)	5	薄板	5	2+3
6	>400≤600	>16.0≤25.5	6	合金钢、热处理	6	中板或厚板	6	2+4
7	>600≤1000	>25.5≤40.0	7	有色金属	7	铸锻件	7	2+5
8	>1000≤2000	>40≤80.0	8	轻合金	8	焊接组合件	8	3+4
9	>2000	>80.0	9	其它材料	9	粗加工零件	9	2+3+4+5

利用奥匹兹编码系统的一系列图表, 就可对各种零件进行编码。

例: 有一零件如图 9.7 所示。利用奥匹兹编码系统对此零件进行编码。

0—回转体零件,  $L/D \leq 0.5$ ;

01—一端台阶, 无形状要素;

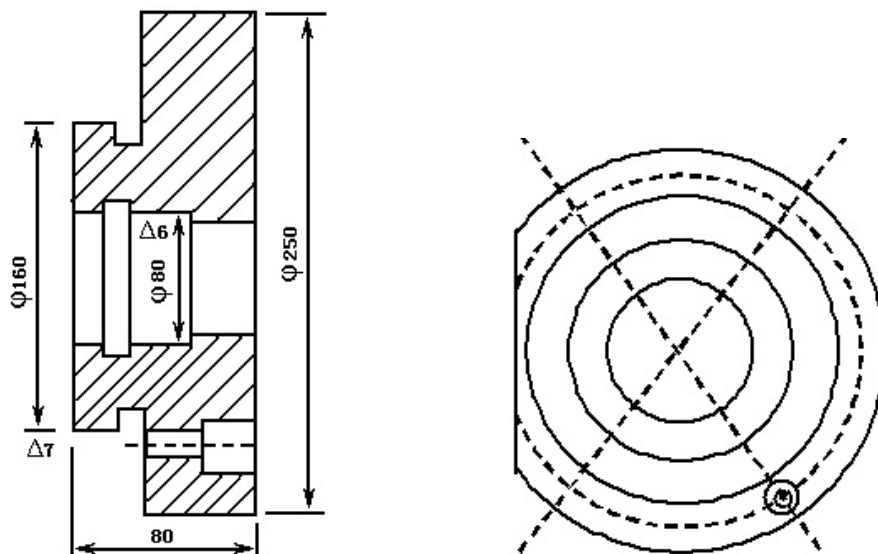


图 9.7 回转体零件

013—光滑或一台阶，有功能槽；

0131—外平面；

01312—轴向孔，用钻模，不带齿；

013124—直径在 160~250 之间；

0131240—材料为铸铁；

0132407—毛坯为铸铁；

013124075—第二、三位有高精度要求。

该零件编码：013124075

我国已制定了 JCBM 系统。该系统以机床行业为实施对象。也适用于其他行业的机械制造业；适用于中等和中等以上规模的多品种中小批生产企业。

JCBM 与奥匹兹系统大同小异，十分相似，是以奥匹兹系统为基础，使用九位码。

JCBM 保留了奥匹兹系统的优点。例如，通用性强、排列规律码位适当和兼顾设计、加工和管理等。并且 JCBM 还根据我国机械加工业的特点，对奥匹兹系统作了修改。例如，码位的内容作了变动、零件类别作了调整、为使用企业增补内容留有了余地等。

有关其它各种编码系统的具体内容可以在有关的手册上查得。

## (2) 零件组的划分

划分零件组，就是按零件的特征和对生产能力的平衡，将各种编号的零件进行适当的组合。划分零件组，根据成组加工单元建立和未建立两种情况，有两种不同的方法。

当成组加工单元尚未建立时，划分零件组可采用特征数据法。即直接根据零件本身的编码进行成组。这种方法首先在编码系统中选出几个最基本的码位(称之特征码位)，作为初分零件组的标准，然后归集这些特征码位上数字相同的零件为若干初分的零件组，最后再按初分的组进行工时和能力平衡，得到合适的零件组。各个企业都可以制订符合自己情况的基本特征码数。一般可把零件类别、外形要素、尺寸和材料种类作为特征码数。从奥匹兹系统看，可先按第一、二、六、七位，四个码位作为分组的特征码数，然后再进行平衡。若零件组内数量大、工时太多时，可再按工艺特征将零件组细分。

若成组加工单元已建立，可采用特征矩阵法。这种方法则需作出各加工单元的特征数据矩阵和零件的特征矩阵，凡零件编码符合某个加工单元特征矩阵的零件，便归为一组。

表 9.10 是依据奥匹兹分类系统对图 97 编号为 013124075 的零件所对应的零件特征矩阵表。

表 9.10 的每一列依次表示零件编号中对应的位数，每一行则表示零件编号中每位数上可能出现的分类特征号数。表上每一行每一列的相交点，代表了一个零件某个工艺特征。如果矩阵表上行与列的交点所表示的特征确为零件所具有，则用“1”表示，反之，便用“0”表示。

表 9.10 零件特征矩阵表

编码位数 代号数	形状编码					辅助编码			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 9.11 是某加工单元特征矩阵表。它是把加工单元所具有的工艺能力，对照编码系统(此为奥匹兹系统)的码位，用矩阵表示出来。矩阵中出现“1”的表示该加工单元有能力完成该码位上相应特征项目的工艺能力，划“0”的表示不具备该项能力。我们可以把这些矩阵表输入到计算机中存贮起来。如果要判断一个新零件属于哪个组，就将与该零件的编号对应的零件特征矩阵表输入计算机，由计算机进行逻辑判断，很快就能找出该零件属于何零件组。

表 9.11 加工单元特征矩阵表

编码位数 代号数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
2	0	1	1	1	1	0	1	1	1
3	0	1	1	1	1	0	1	1	1
4	0	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1	1	1	0	1
6	0	1	1	0	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

显然，表 9.10 所代表的零件能进入该成组加工单元。

若一个零件的编码与几个加工单元的特征矩阵相符合，则将这几个矩阵号都登记在零件图纸上和产品零件明细表上，作为安排作业计划的“负荷平衡零件”。

### 9.2.5 成组技术的技术经济效益

实施成组技术，意味着企业生产技术和生产组织上的重大改革，对多品种中小批生产企业的生产发展不但起着巨大的作用，也必然产生明显的技术经济效益。

#### 1. 减少技术准备工作量

成组技术大大改变了企业生产技术准备的内容，减少了准备的工作量。其主要表现为：一方面是在产品设计上，从为新产品逐个设计零件，转变为大量直接选用已有零件的设计图纸，只对少量零件进行局部修改和重新设计。另一方面是在产品工艺准备上，从为新产品逐个编制工艺规程，转变为按零件组选用成组工艺卡片。把设计制造工艺装备转变为对已有的成组工艺装备重新调整，或补充个别装置。

这样，实施成组技术，使新产品投入的生产技术准备时间、劳动力、生产费用可减少一半以上。而且可使设计、工艺人员从大量重复性工作中解脱出来，从事创造性的技术工作。

## 2. 增加生产批量

实施成组技术导致工序的生产批量增加，有利于采用先进的加工方法，提高劳动生产率。其表现为：一方面据统计，成组加工能用于车间加工零件总数的 90%。这样每道工序的零件数量增多了，并且有利于采用专用设备和先进的工艺装备；同时也减少了设备调整时间，提高设备生产率。另一方面采用成组技术可缩短生产周期，提高按时交货率。如美国兰斯顿制造厂，成组单元加工使零件加工周期比原来缩短 80%。据统计，英国的 28 家公司，采用成组技术后，按时交货率平均提高 30%。

另外实施成组技术可提高工人操作熟练程度，有利于提高产品质量，减少废品损失。

## 3. 促进标准化

成组技术能促进产品结构及其零部件的标准化。通过零件分类和成组，就有可能对同组零件的结构、尺寸进行分析统计，便于实现零部件的标准化和通用化。老产品上的零件，按一定的分类系统建立起来零件的分类表，就象厂内标准一样，设计新产品时就可参考此表中已有的零件结构及尺寸规格，减少尺寸多样化。除了统一尺寸参数外，还可以统一材料使用标准，统一加工要求和技术条件。

## 4. 简化生产管理

实施成组技术可简化生产管理工作，提高集体责任感。成组技术的工艺方法、设备、工艺装备和生产作业计划，都是按零件组统一的加工要求确定的，有可能实现标准化。同时零件加工全部在成组加工单元内完成，所以不需制定很多复杂的零件加工进度表和搬运交接零件，使生产管理工作大大简化。实施成组技术，还有利于工人群众参加管理。传统的生产组，工人只对生产某道工序负责，无法估计整体。而成组加工单元是负责整组零件生产的全过程，加工单元中的成员易了解零件制造过程中各工序之间的关系和出现的问题，这样有利于加强整体观念，培养协作互助精神和提高集体责任感。

## 5. 扩大计算机的应用

成组技术扩大了电子计算机在生产管理中的应用范围，为整个企业实现计算机控制奠定了基础。采用成组技术后，可用计算机进行零件分类编码、进行零件设计自动检索图纸、自动编制工艺规程、制定生产作业计划、选择机床工具、平衡设备负荷等等，这对提高工作质量、减少人力物力有很大意义。

同时，成组技术和数控机床的采用以及计算机对生产全过程的控制，为提高企业生产效率，实现生产控制和生产管理的计算机化和无人化工厂开辟了广阔天地。

# 9.3 柔性制造系统

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System 简称 FMS)是由计算机控制的以数控机床(NC)和加工中心(MC)为基础适应多品种中小批量生产的自动化制造系统。FMS 是 20 世纪 60 年代后期诞生和发展起来的，它综合应用现代数控技术、计算机技术、自动化物料输送技术，

由计算机控制和管理使多品种中小批量生产实现了自动化。FMS 一般由多台 MC 和 NC 机床组成，它可以同时加工多种不同的工件，一台机床在加工完一种零件后可以在不停机调整的条件下，按计算机指令自动转换加工另一种零件。各机床之间的联系是灵活的，工件在机床间的传输没有固定的流向和节拍。80 年代以来，FMS 技术已进入实用阶段，许多发达国家已能成套提供作为商品出售的 FMS。目前多数 FMS 是用于机械加工的，在焊接、钣金、成形加工和装配等领域也都在发展 FMS。

任何一个 FMS 按其功能要求应由以上几部分组成，即加工系统、物料储运系统和计算机管理与控制系统。兹分述如下：

### 1. 加工系统

加工系统设备的种类和数量取决于加工对象的要求。进行机械加工的 FMS 其加工对象一般分为回转体和非回转体两大类。回转体进一步可分为轴类、盘套类、非回转体则可分为箱体类和板类等。根据不同的加工对象，FMS 常配备镗铣加工中心、车削加工中心、各类 NC 机床和经过数控化改装的机床。

FMS 的柔性化程度通常以能同时加工的工件类型的多少作为评价指标。能加工的工件类型越多，则柔性程度越高。但加工的工件类型越多，对设备的要求也越高，设备的投资就越大，所以不同盲目追求 FMS 的柔性化程度。采用成组技术组织成组生产，可以使每一个 FMS 加工工件的类型趋于简单，节省设备投资，从而达到高效与经济的目的。目前生产中运行的 FMS，加工非回转件的占多数，非回转体中又以箱体类零件为主。有一个统计资料对 116 个 FMS 的加工对象进行了统计分析，其结果如表 9.12 所示。

表 9.12 FMS 加工对象的统计分析

工件类型		FMS 数	占百分比
回转体	轴类	19	29.3%
	盘套类	15	
非回转体	箱体类	74	67.3%
	板类	4	
特殊形状件		4	3.4%
总数		116	100.0%

### 2. 物料储运系统

物料储运系统是 FMS 的重要组成部分。它的功能包含物料的存取、运输和装卸。储运的物料有工件毛坯、半成品、成品、工夹具、刀具、切屑等。物料的存取一般采用带堆垛机的立体仓库。物料的装卸对于立式或卧式加工中心通常采用托盘交换台，对于车削加工中心则采用装卸料机器人或机械手。从立体仓库到各工作站之间的运输可以有多种方案。常见的方案是采用辊道传送带或架空单轨悬挂式输送装置作为运输工具。采用这类运输工具运输线路是固定的，形成直线型或封闭回路型线路。机床布置在运输线的内侧或外侧。为了使线路具有一定的存储功能和能变换工件的运输方向，常在运输线上设置一些支线或缓冲站。这种运输方案投资较少，工作可靠，是目前被广泛采用的一种。另一种方案采用自动导引运料小车作为运输工具，小车以蓄电池为动力，能自动导向，自动认址，可以在一定区域内按任意指定的路线行驶。小车应用电磁或光学原理进行导引，不需铺设导轨。因此它不占用车间的面积和空间，使整个系统的布局有更大的灵活性，也使机床的敞开性好，便于监视和维修。这种运输方案的柔性最好，是 FMS 物流系统的发展方向。但是投资大、技术复杂、可靠性较差。因此目前应用上受到一定限制。工业机器人作为运输工具，适用于短距离运输，运送小工件和回转体零件。它是加工回转体的 FMS 的重要运输工具。

### 3. 计算机管理与控制系统

计算机管理与控制系统是 FMS 的“大脑”，由它指挥整个 FMS 的一切活动。计算机管



理与控制系统的基本结构见图 9.8.

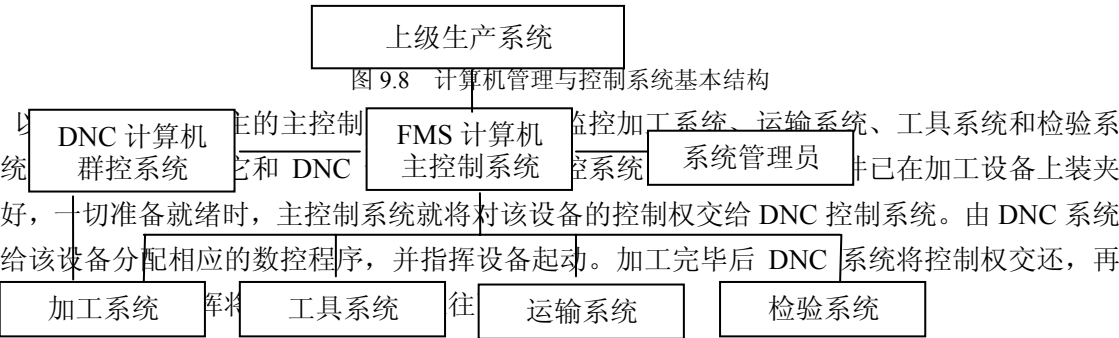


图 9.8 计算机管理与控制系统基本结构

系统的主控制。FMS 计算机主控制系统监控系统、运输系统、工具系统和检验系统。系统管理员已在加工设备上装夹好，一切准备就绪时，主控制系统就将对该设备的控制权交给 DNC 控制系统。由 DNC 系统给该设备分配相应的数控程序，并指挥设备启动。加工完毕后 DNC 系统将控制权交还，再加工系统、工具系统、运输系统、检验系统。

一个计算机管理与控制系统在正常情况下可以自动完成 FMS 的控制任务，包括制订生产日程计划，模拟系统运行状态，协调各子系统的工作，甚至还能处理一般性的故障问题。但是计算机只能按事先确定的原则和逻辑去处理问题，对意外情况非结构化问题就无能为力了。而且计算机本身也会出故障。所以一般采用人机结合的管理与控制方式，由计算机负责正常情况的管理与控制，非正常情况则由系统管理员来处理。平时根据需要管理员也可以随时对运行情况进行干预。

计算机主控制系统的核心是系统控制软件和数据库。

(1) 数据库

系统数据库中存放三大类数据：

- ① 生产数据。这里包含来自上级生产系统的生产计划和生产工艺数据。如计划期的加工任务，工件的工艺路线，各道工序所用的设备和工具，以及工件的装卡方法等。
- ② 资源数据。主要是 FMS 的设备资源和工具资源数据。
- ③ 运行数据。这类数据随着生产的进行随时更新，它动态地反映 FMS 的运行状态，包括当前工作所在位置，设备和工具的使用状况和生产进度等数据。

(2) 系统控制软件

系统控制软件包含系统管理、系统监视和质量监控等。

- ① 系统管理软件。负责组织与指挥 FMS 的日常运行。它由以下模块组成：
  - 信息输入与输出 FMS 与外界的信息交换均通过本模块。
  - 物料进出口管理 包括毛坯、成品和工具的进出口管理，确定进出的优先级。
  - 制定生产日程计划 根据上级下达的生产计划，制订 FMS 的生产日程计划，并对计划进行优化。通过计划指挥与协调加工、运输、工具、检验等子系统的运行。
  - 工具管理 主要有以下三方面：工具需求计划、工具使用管理和工具寿命管理。FMS 中使用的工具种类很多，包括刀具、夹具和检测工具等。一个有 10 台加工设备的 FMS 使用的工具多达 3000~4000 种。由于工具的种类多，数量大，使用寿命短，流动性大，所以工具管理是很复杂的。
  - 运行控制 运行控制软件是直接指挥和协调加工系统和运输系统的运行。其控制的流程图如图 9.9 所示。

② 系统监视软件

系统运行状况的监视一般分两级进行：系统级和设备级。设备级的监视由每台设备的控制器来实现。通过控

制器对设备的若干个工作参数定期或连续地进行测量，检查设备的工作状况。检测的对象通常包括：电子装置、电器装置和机械部件的受力、变形、振动、运动等状况的检测装置。有的还要检查温度、湿度等。

系统级的监视由 FMS 主控制系统执行。它主要监视各种设备的控制器工作是否正常和小车的运行。发现故障后，迅速进行故障诊断。诊断的准确性取决于诊断软件的质量和检测装置的质量，也决定于设置的检测项目的合理性。

在切削过程中对刀具的监视是系统监视的重要内容。由于刀具材质、工件材质和毛坯裕量的波动，常使刀具发生异常磨损，甚至出现断裂。为了预防事故发生，对切削过程必须严密监视。

通过系统级监视把系统运行情况，通过工况报告随时反映给上级系统和系统管理员，以便及时采取措施进行处理。

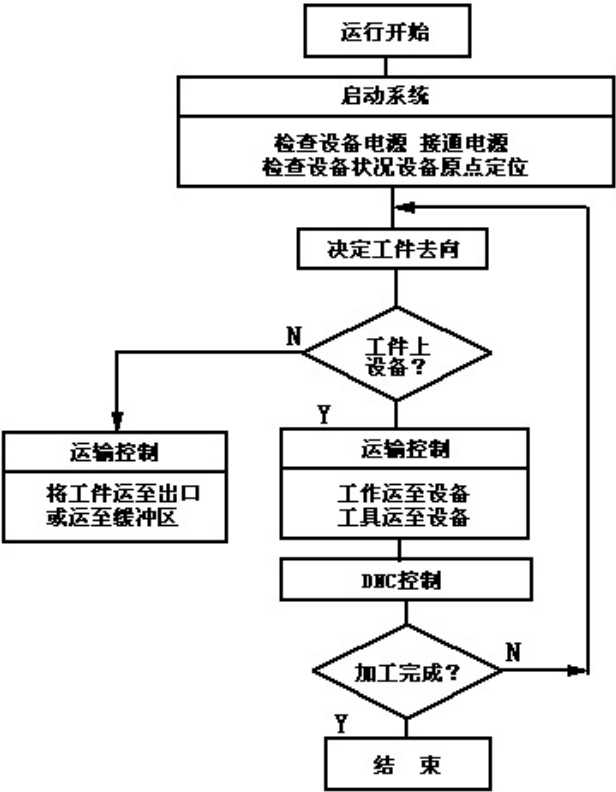


图 9.10 运行控制流程图 （“工作运至设备”应改为“工件运至设备”）

## 本章小结

成批生产是指企业在一定时期重复轮换生产多种产品的一种生产类型。根据其批量的大小，又可分为大批、中批和小批生产。

成批生产类型的企业在编制生产作业计划时，首先要确定一系列期量标准，它们是：批量、生产间隔期、生产周期、提前期和在制品定额。

成批生产类型的企业编制生产作业计划的方法称之为累计编号法，也称提前期法，就是将事先制定的提前期转化为提前量，确定各个车间在计划月份应该达到的投入、出产累计数，

进而计划各个车间当月应当完成的投入数量和出产数量。

成组技术是成组加工和成组工艺的进一步发展，对多品种小批量的生产企业组织生产的一种有效方法。既可以提高企业的生产效率，缩短生产周期，又能进一步按照市场上用户、消费者的需求不同，予以生产和满足。特别是可以提高我国制造业的技术水平、管理水平和信息化水平，以提高它们在市场竞争中的能力。

柔性制造系统是一种运用系统工程、成组技术和机电一体化技术，使多品种中小批量生产达到整体优化的自动化加工手段。这是一种采用数控加工机床、自动化输出装置、自动更换和贮存刀具、夹具及工件的装置以及计算机控制系统构成的可变换多种加工对象的综合自动化加工系统；是没有固定加工顺序和节拍的，在加工某种工件时能在不停机调整的条件下自动向另一种工件转换的制造系统。

---

## 复习与思考

---

1. 什么是成批生产？成批生产依据批量的大小可划分为哪几类？
2. 了解成批生产类型企业中的期量标准，并掌握它们的计算。
3. 什么是累计编号法？累计编号法的计算和编制。
4. 什么是成组技术，成组技术产生的背景和发展概况，零件成组的方法有哪几种？
5. 什么是柔性制造系统？柔性制造系统的组成，采用柔性制造系统后的经济效益在哪几个方面？

---

## 案例分析

---

### “天才”可以成批制造？

2005年年初，一培训机构在京推出了“日出计划”，号称只要孩子从小接受他们的培训，10岁时就能赶超一个大学生。目前所收学员最小的只有9个月，最大的也不超过10岁。称不需要任何的筛选，只要交钱，所有的孩子都能成为“神童”。

在二十世纪五十年代后期，中国曾有过“大跃进”的狂热，“人有多大胆，地有多大产”这句话就典型地反映了“大跃进”的来龙与去脉。如今早已不是“大跃进”的年代了，谁也不会再相信胆量与产量可以划上等号。然而你如果以为“多大产”不敢乱喊了，也就意味着不再有“多大胆”，那就错了。所不同的是今天的“多大胆”，已不再对一亩地打多少粮感兴趣，而转向于制造“天才”了。

这个“天才制造公司”的负责人称，只要给孩子创造综合科学环境，完全有可能制造少年天才。他还说，自己敢如此承诺的依据就是三本书：《卡尔·威特》、《早期教育与天才》和《哈佛天才》。三本书就能成为“天才制造公司”的“生意经”，这在充斥泡沫的“营销策划”中自然也不奇怪，现在北京又有了凭三本书开张的“天才制造公司”，人们自然要问，这种将孩子当成试验品的生意也能做吗？

“天才制造公司”称只要交钱，所有的孩子都能成为“神童”。要交多少钱呢？据介绍，该培训项目分为四个级别，每个级别的收费也不相同。最高级的“宇宙级”只接收1至6岁的孩子，一年的培训费为14万元；另外还有“银河级”、“太阳级”、“地球级”等等。看了这个价钱，我们终于明白，“天才”原来是钞票堆出来的。而对于许许多多家长来说，他们的孩子注定了成不了“天才”，因为他们拿不出堆出“天才”的钞票。不过这未尚不是幸事，至少不会有赔了银子又赔了孩子的风险。令人担心的倒是那些兜里有钱又一门心思要想让孩子成为“天才”的家长，他们不愁钱，也敢花，有实力成为“天才制造公司”的客户。

只是让几个月大的孩子站在“起跑线”，恐怕不但未能“起跑”，反而弄出了一身“起跑线后遗症”，那麻烦就大了。

资料来源: www.zjol.com.cn 2005 年 04 月 13 日 浙江在线新闻网站

思考题:

- 1. “天才”可以成批制造?
- 2. 产品生产与人才的培养在哪些方面可以相互借鉴, 哪些方面存在明显区别?

练习题

1. 零件 A 属于中型尺寸, 采用大批生产类型进行加工, 生产过程包括五道工序, 它们的工时定额及设备调整时间分别为:

工序	1	2	3	4	5
工时定额(分)	4	6	2	10	5
设备调整时间(分)	30	120	40	100	120

单位零件工序调整时间占工时定额的比例(即设备调整时间损失系数)为 0.04, 试确定最小批量。

2. 某零件的加工需经过四道工序。它们的准备、结束时间与单位工时定额之比分别为 1 : 1.5, 1 : 1.2, 1 : 1.25, 1 : 0.80。若设备调整时间损失系数为 0.05, 全年产量 120 件, 原来采取双月批, 每批 20 件, 请问是否合理。

3. 某厂全年生产 W 产品 4000 件, 每批产品一次生产调整费用为 500 元, 该产品每件每年保管费用为 4 元, 该产品不允许缺货, 求经济批量。

4. 某零件全年需要量为 12000 只, 生产准备费用为每次 200 元, 生产成本为每只 40 元, 单只零件年保管费用为单位生产成本的 12%, 求经济批量以及相应的全年生产准备与保管费用总成本。

5. 计算下列零件的三种移动方式下的生产周期, 并作出相应横道图(甘特图): n=4, t1=10 分, t2=15 分, t3=4 分, t4=6 分。

6. 经计算后填制下表的空格, 然后绘制成批生产的期量标准关系图。

	批量	生产周期	生产间隔期	投入提前期	产出提前期	车间在制品量
毛坯车间	120	40				
机加工车间		30	30			
装配车间	30	20	15			

7. 已知某零件在加工车间加工, 需经过三道不同的工序, 该产品属批量生产, 其余有关数据如下表, 假定每道车间的日产量都相等(取 K 调=0.05)

工序名称	单件加工时间（分）	设备调整时间（分）
A	10	10
B	4.5	9
C	24	19.2

要求：（1）、试按上述条件，将合适的数据填入下面表中的空格。

（2）、按上述结果用“累计编号法”编制该产品在各道车间的生产任务表(编制四个月，以旬为单位，且第一个月上旬，装配车间的产出累计数即为该车间的批量数)

车间	批量	生产周期	生产间隔期	投入提前期	产出提前期
装配	80	20 天	10 天		
加工		30 天	20 天		
毛坯		20 天			

## 第 10 章 项目管理和优化



- 项目（Project）

项目管理（Project Management）

计划评审技术 PERT

最早开始时间（Early Start Time ）

最早结束时间（Early Finishtime ）

最迟开始时间（Last Start Time ）

最迟结束时间（Last Finishtime ）
- 时差(Time Difference)

关键工序(Critical Procedure)

关键路线(Critical Path)

总工期(Total Time Limit for A Project)

工期—资源优化(Time—Resource Optimization)

时间成本优化(Time Cost Optimization)

---

[http:// cranfield.au.uk/public](http://cranfield.au.uk/public)

[http: // www.ipom.cn](http://www.ipom.cn)

<http://manage.china-aaa.net>

---

项目管理是一项十分复杂的系统工程，不论是项目的立项、论证、咨询、设计，还是项目的批准、施工、投产、运营，以及以后的改造、更新、报废，都是一个不断发展、变化的系统，需要多学科、多部门、多地区、多技术相互协调。

一个项目管理得好，可以带来显著的经济效益和社会效益；反之管理得不好，就会带来社会财富的巨大浪费，甚至带来灾难性后果。

## 10.1 项目管理概述

项目管理普遍存在于社会经济生活中，2010 年上海将要举办的世界博览会就是一项宏伟的项目，为了保证此次世博会的成功举办，就要在场馆、交通设施、通讯等一系列方面进行周密的规划和建设。从企业开发一个新产品、一个管理信息系统的实施，到我国发射的载人宇宙飞船、长江三峡工程的建造，所以项目管理涉及社会的方方面面。

### 10.1.1 项目

#### 1. 项目的概念

项目可定义为一种一次性工作，在规定时间内，在明确的工作目标和有限资源下，由专门组织起来的人员共同完成的。从上述定义中，项目至少包含以下四个基本要素：

- (1) 项目是由一系列具体工作所组成；
- (2) 项目是一种一次性或临时性的工作；
- (3) 项目都有一个明确的目标；
- (4) 项目受各种有限资源的限制。

项目可以是一项建设工程，例如航天载人工程、北京电子对撞机工程、上海中环线工程。也可是科研课题，例如研制禽流感疫苗、开发一项系统软件。这些项目都有一个明确、清晰的目标，要求在预定的时间内完成，在有限各种资源的约束条件下，将参与项目的有关人员组织、协调起来，以完成这些项目。

#### 2. 项目的类型

在社会经济生活中，项目普遍存在，依据不同的标准，可将项目划分为以下几种类型。

(1) 按项目所涉及的行业，可将项目分为科研项目、教育项目、农业项目、工业项目、社会福利项目等。科研项目包括基础研究、应用研究和开发研究项目。教育项目可以人才培养、教育基地的建设、教材的编写等等。农业项目包括良种的改良和培育、农业机械化的实施、水利设施的建造等等。工业项目可以是工厂的改扩建、设备的生产或改造、新产品的开

发。社会福利项目可以是建造一所医院，开办一所福利院等。

(2) 按项目涉及的各种资源的规模，又可将项目划分为大型项目、中型项目和小型项目。大型项目一般涉及的人、财、物巨大，所需投入的资源多，花费的时间长，有时甚至要动员整个社会的资源，项目才能完成，例如二弹一星、南水北调等等。小型项目所需的人、财、物相对要少很多，完成的时间短，在一个企业内部就可完成的。

(3) 按项目的复杂程度，可将项目划分为复杂项目和简单项目。简单项目涉及的部门少、所需的各种资源有限、技术简单、水平低，在项目的组织和管理较为容易。而复杂项目中涉及的部门多、所需的资源巨大、技术复杂水平高、项目的管理和组织较为复杂。

## 10.1.1 项目管理的涵义和目标

### 1. 项目管理的涵义

项目管理就是对项目进行计划、组织、指挥、协调和控制，以完成项目预定目标。由于项目是一种一次性工作，所以项目管理是一项十分复杂的工作，不论是项目的立项、论证、咨询、设计，还是项目的批准、施工、投产、运营，以及以后的改造、更新、报废，都是一个不断发展、变化的系统，需要多学科、多部门、多地区、多技术相互协调。一个项目管理得好，可以带来显著的经济效益和社会效益；反之管理得不好，就会带来社会财富的浪费。

### 2. 项目的目标

项目管理一般涉及三个主要目标：质量、费用和进度，以较低的费用、较短的时间完成高质量的项目。

(1) 质量。“百年大计，质量第一”，质量是项目的生命。如果一项大型工程项目的质量好，就可以福泽子孙，功在千秋；如果质量差，不仅会造成经济上的重大损失，而且会贻误子孙，祸及后世。项目的质量管理必须贯穿于全方位、全过程和全体人员中。全方位是指工程的每一部分，每个子项目、子活动，每一件具体工作，都保证质量，才能确保整个工程的质量。全过程是指从提出项目任务、可行性研究、决策、设计、订货、施工、调试，到试运转、投产、达产整个寿命周期，都要保证质量。全员指的是参加项目建设的每一个人，从最高领导者到普通员工，都要对本岗位的工作质量负责。

(2) 费用。项目的费用包括直接费用和间接费用的总和。项目经理的一项重要工作是通过合理组织项目的实施，控制各项费用支出，使整个项目的各项费用支出之和不超过项目的预算。大型项目需要的资金巨大，在进行项目费用预算时应尽量全面。没有进行很好的预算或在项目实施过程中没有进行很好的费用控制所导致的资金缺位问题，通常会影响整个项目的按期完成，造成巨大损失。

(3) 进度。项目的进度控制是项目的核心内容。项目的完工期限一旦确定下来，项目经理的任务就是要以此为目标，通过控制各项活动的进度，确保整个项目按期完成。在进行项目的进度控制时，项目经理需要采用网络计划技术，进行科学管理。

不同的项目具有具体的各种目标，但质量、费用和进度对所有项目都是很重要，但在不同的情况下，在不同的项目阶段和子系统中，目标会有所侧重，项目的质量、进度和费用常常会发生冲突，在处理这三者的关系时，要以质量为中心，通过科学的计划统筹，实现三大目标之间的优化组合。

# 10.2 网络计划技术的概述

## 10.2.1 网络计划技术及其基本原理

网络计划技术是指许多相互联系与相互制约的活动(作业或工序)所需资源与时间及其顺序安排的一种网络状计划方法。它的基本原理是：利用网络图表示一项计划任务的进度安排和各项活动之间的相互关系；在此基础上进行网络分析，计算网络时间，确定关键路线；利用时差，不断改进网络计划，求得工期、资源和成本的优化方案。网络计划技术主要适用于单件小批生产、新产品试制、设备维修、建筑工程等。其优点能缩短工期、降低成本、提高效益。

## 10.2.2 网络图的构成要素

网络图是由活动、事项和路线三部分组成。

1. 活动 (作业、工序)。是指一项作业或一道工序。活动通常是用一条箭线“→”表示，箭杆上方标明活动名称，下方标明该项活所需时间，箭尾表示该项活动的开始，箭头表示该项活动的结束，从箭尾到箭头则表示该项活动的作业时间。

2. 事项 (结点、网点、时点)。是指一项活动的开始或结束那一瞬间，它不消耗资源和时间，一般用圆圈表示。在网络图中有始点事项，中间事项和终点事项之分。如图 10.1。

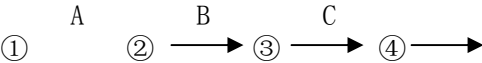


图 10.1 网络图

事项②，即表示 A 项活动的结束，又表示 B 项活动的开始。对中间事项②来说，A 为其紧前工序，B 为其紧后工序。

3. 路线。是指从网络图的始点事项开始，顺着箭线方向连续不断地到达网络图的终点事项为止的一条通道。在一个网络图中均有多条路线，其中作业时间之和最长的那一条路线称为关键路线，关键路线可能有多条以上，但至少有一条。关键路线可用粗实线或双线表示。



## 10.2.3 网络图绘制的规则

绘制网络图一般应遵循以下规则：

1. 有向性。各项活动顺序排列，从左到右，不能反向；
2. 无回路。箭线不能从一个事项出发，又回到原来的事项上；
3. 箭线首尾都必须有结点。不允许从一条箭线中间引出另一条箭线；
4. 二点一线。指两个结点之间只允许出现一条箭线，若出现几项活动平行或交叉作业时，应引进虚箭线“ $\cdots\rightarrow$ ”表示；
5. 事项编号。从小到大，从左到右，不能重复；
6. 源汇合一。每个网络图中，只能有一个始点事项和一个终点事项。如果出现几道工序同时开始或结束，可用虚箭线同网络图的始点事项或终点事项连结起来。

## 10.2.4 网络时间的计算

### 1. 作业时间

这是指完成某一项工作或一道工序所需要的时间。作业时间有确定时间和不确定时间之分。不确定时间可用下式计算：

$$\text{作业时间 (} t_{ij} \text{)} = \frac{\text{最乐观完工时间} + 4 \times \text{最可能完工时间} + \text{最悲观完工时间}}{6}$$

### 2. 结点时间的计算

结点本身不占用时间。它只表示某项活动应在某一时刻开始或结束。因此，结点时间有最早开始时间和最迟结束时间。

(1) 结点最早开始时间。是指从始点事项到该结点的最长路程的时间。用  $ES_j$  表示，其数值记入“□”内，并标在网络图上。网络始点事项的最早开始时间为零，终点事项因无后续作业，它的最早开始时间也是它的结束时间。网络中间事项的最早开始时间的计算可归纳为：

前进法、加法、挑最大法。

计算公式为：  $ES_j = \max \{ ES_i + t_{ij} \}$

$$\text{即：} \boxed{j} = \max \{ \boxed{i} + t_{ij} \}$$

(2) 结点最迟结时间。是指以本结点为结束的各项活动最迟必须完成的时间。用  $LE_j$  表示，其数值记入“△”内，并标在网络图上。网络终点事项的最迟结束时间等于它的最早开始时间。其它事项的最迟结束时间的计算可归纳为：后退法、减法、挑最小法。

计算公式为：  $LE_j = \min \{ LE_j - t_{ij} \}$

$$\text{即：} \triangle j = \min \{ \triangle i - t_{ij} \}$$

### 3. 工序时间的计算

工序时间包括：工序最早开始时间 ( $ES_{ij}$ )、工序最早结束时间 ( $EF_{ij}$ )、工序最迟开始时间 ( $LS_{ij}$ )、工序最迟结束时间 ( $LF_{ij}$ )。有了结点的时间参数，工序时间参数的计算就很简单了。工序时间的计算步骤如下：

(1) 工序最早开始时间等于代表该工序的箭尾所触结点的最早开始时间：即：

$$\boxed{\phantom{0}}$$

$$ES_{ij} = ES_i = t_i$$

(2) 工序最早结束时间等于该工序最早开始时间加上该工序的作业时间之和。即：

$$EF_{ij} = ES_{ij} + t_{ij} = t_i + t_{ij}$$

(3) 工序最迟结束时间等于该工序箭头结点最迟结束时间。

$$\text{即： } LF_{ij} = LF_j = t_j$$

(4) 工序最迟开始时间等于该工序最迟结束时间减该工序的作业时间之差。

$$\text{即： } LS_{ij} = LF_{ij} - t_{ij} = t_j - t_{ij}$$

#### 4. 时差的计算

(1) 总时差。指在不影响整个项目总工期的条件下，某工序的最迟开工时间与最早开工时间的差。它表明该工序开工时间允许推迟的最大限度。也称“宽裕时间”。

$$\text{计算公式为： } TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = t_j - t_i - t_{ij}$$

(2) 单时差。指在不影响下一某工序最早开工时间的前提下，该工序的完工期可能的机动时间，又称“自由时差”。

$$\text{计算公式为： } FF_{ij} = ES_j - EF_{ij} = t_j - (t_i + t_{ij})$$

(3) 干预时差。指某一工序拖延后，可以占用其后继工序的自由时差多少而不影响总工期完成，又称“干涉时差”。

$$\text{计算公式为： } IF_{ij} = LF_{ij} - ES_j = t_j - t_j$$

总时差等于单时差加上干预时差，即  $TF_{ij} = FF_{ij} + IF_{ij}$

#### 5. 确定关键路线

在一个网络图中，总时差为零的工序称为关键工序；由关键工序组成的路线，称为关键路线，它是从网络图始点事项到达网络图终点事项时间最长的路线；关键路线上的关键工序时间之和称为总工期(T)，它是完成该项目所必需的最少时间，它等于网络图终点事项的  $ES_j$  或  $LF_j$ 。

## 10.2.5 网络计划技术的工作步骤

网络计划技术实际工作步骤，可以归纳如下：

1. 确定目标，进行计划的准备工作。在确定计划对象(如某项工程或任务)后，应提出具体目标，如工期，费用以及其它资源。并考虑结合其它管理制度，如组织流水生产、全面质量管理、设备管理、岗位责任制、奖励制度等。

2. 分解计划任务、列出全部工作或工序明细表。计划任务的分解应随对象而异。对厂部领导来说，重要的是纵观全局，掌握关键、分析矛盾、作出决策、因而可以分解得粗一些。对于业务部门和基层生产单位来说，需据以组织和指挥生产，解决具体问题，因此应该分得细一些。

3. 确定各项作业的定额时间、先后顺序和相互关系。对每一项作业应作必要的分析，主要是：(1) 该项作业开始前，有哪些作业必须先期完成；(2) 该项作业或哪些作业可以平行交叉；(3) 该项作业完成，有哪些后继作业，应接着开始。

4. 绘制网络图。绘制方法有两种：(1) 顺推法，即从网络图的始点事项开始为每一项作业确定其直接的后续作业，直到网络图终点事项为止；(2) 逆推法，即从网络图的终点事项开始，直到网络图的始点事项为止。

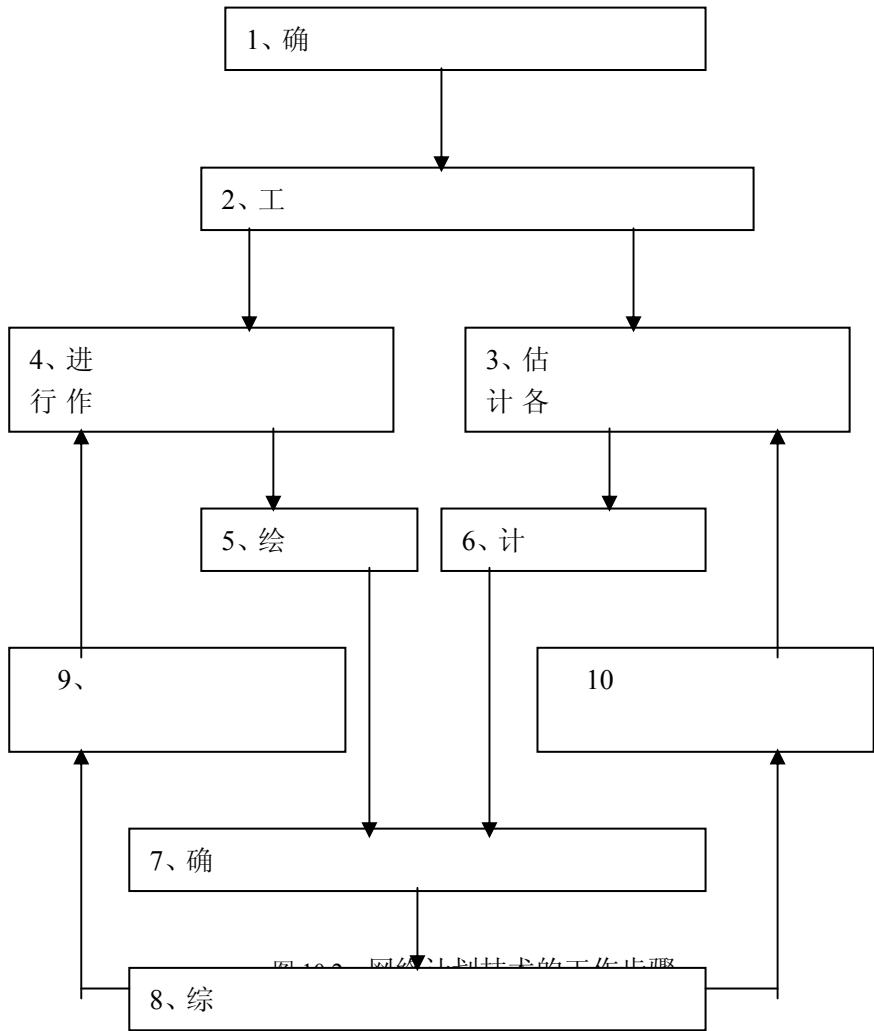
5. 计算网络时间。一般先计算事项时间，有了事项时间，也就易于计算作业时间了。

6. 确定关键路线。计算完成任务的最早期限，即总工期。

7. 进行综合平衡，选择最优方案，编制计划文件。在进行综合平衡时，(1) 要保证在规定期限内完成任务；(2) 保证生产的连续性，协调性与均衡性，尽快形成新的生产能力，迅速发挥投资效果，坚持质量第一，确保安全生产；(3) 讲究经济效益，降低生产成本。综合平衡后，即可绘制正式网络图、编制工程计划和工程预算等。

8. 网络计划的贯彻执行。总结评比，调整、改进和提高。

网络计划技术的工作步骤可列成图解(见图 10.2)。



### 10.3 网络计划技术的工期—资源优化

制订一项计划，总希望资源的耗用能够尽量保持均衡，使计划期内每天的资源消费量，不出现过大的高峰或低谷。例如，一项计划的人力资源消费量，若能每天基本保持均衡，则不可避免工人的大量窝工或忙闲不均等现象，这在经济上是有利的。又如，对于某些非库存性材料，例如建筑使用的混凝土及砂浆等，只能随拌随用，不能库存，若每天的消费量大致均衡，则搅拌设备及运输设备等的利用率就会提高，否则，各种设备的能力将会不必要扩大，导致利用率降低，造成浪费。

评价一项计划的均衡性，常使用方差( $\sigma^2$ )和标准差( $\sigma$ )指标，方差(标准差)越大说明计划的均衡性越差，方差(标准差)越小表示均衡性越好。

方差和标准差可按式计算：

$$\begin{aligned}
 \sigma^2 &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_t - \bar{R})^2 \\
 &= \frac{1}{T} [(R_1 - \bar{R})^2 + (R_1 - \bar{R})^2 + \dots + (R_T - \bar{R})^2] \\
 &= \frac{1}{T} [(R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_T^2) + T\bar{R}^2 - 2\bar{R}(R_1 + R_2 + \dots + R_T)] \\
 &= \frac{1}{T} \left[ \sum_{t=1}^T R_t^2 + T\bar{R}^2 - 2\bar{R} \sum_{t=1}^T R_t \right] \\
 \therefore \bar{R} &= \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_T}{T} = \sum_{t=1}^T R_t / T \\
 \therefore \sigma^2 &= \frac{1}{T} \left[ \sum_{t=1}^T R_t^2 + T\bar{R}^2 - 2\bar{R} \cdot \bar{R} \right] \\
 &= \frac{1}{T} \left[ \sum_{t=1}^T R_t^2 - T\bar{R}^2 \right] \\
 &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t^2 - \bar{R}^2 \\
 \text{或 } \sigma &= \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t^2 - \bar{R}^2}
 \end{aligned}$$

式中：  $\sigma^2$  ——资源消耗的方差；

$\sigma$  ——资源消耗的标准差；

$T$  ——计划工期；

$R_t$  ——某种资源在  $t$  天的消费量；

$\bar{R}$  —— 某种资源每日平均消费量。

由  $\sigma^2$  及  $\sigma$  可以看出， $T$  与  $\bar{R}$  均为常数，要  $\sigma^2$  及  $\sigma$  为最小时，必须设法使  $\sum_{t=1}^T R_t^2$  为最小值，即使

$$W = \sum_{t=1}^T R_t^2 = \min$$

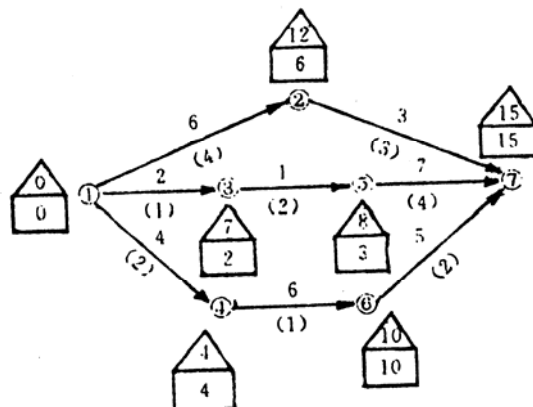


图 10.3 资源优化图

由于计划期是固定的(工期固定)，所以求解  $\sigma^2$  或  $\sigma$  为最小值问题，只能在各工序的总时差范围内，调整其开工或完工时间，从中找出一个  $\sigma^2$  或  $\sigma$  为最小的计划方案，即为最优方案。

设某项任务的计划网络图如图 10.3 所示，图中箭杆上数字为作业时间，箭杆下数字为某种资源的每日需要量。

此项计划网络属于固定工期，求资源最优利用问题，可按下述步骤进行：

1. 计算各项作业的时间参数见表 10.1。

表 10.1 各项作业时间参数表

工序		作业 时间 $t_{ij}$	基本时间参数				机动时间参数			关键 工序
i	j		$ES_{ij}$	$EF_{ij}$	$LS_{ij}$	$LF_{ij}$	$TF_{ij}$	$FF_{ij}$	$IF_{ij}$	
①	②	6	0	6	6	12	6	0	6	√
①	③	2	0	2	5	7	5	0	5	
①	④	4	0	4	0	4	0	0	0	
②	⑦	3	6	9	12	15	6	6	0	
③	⑤	1	2	3	7	8	5	0	5	√
④	⑥	6	4	10	4	10	0	0	0	
⑤	⑦	7	3	10	8	15	5	5	0	
⑥	⑦	5	10	15	10	15	0	0	0	√

2. 按作业最早开工与最早完工时间，将网络图画在时间坐标上，(图 10.4)，计算资源逐日消费量，并绘出相应的资源消费曲线。

3. 由终端开始，逆箭杆方向，顺序逐个调整非关键作业的开工与完工时间。

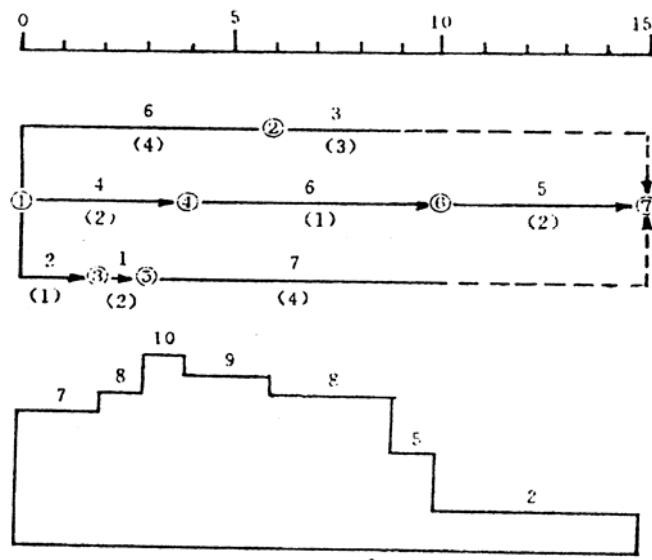
调整的方法是，令作业的最早开工和最早完工时间逐日向后移动。每移动一天，检查一次  $\sigma^2$  (或  $\sigma$ ，一般均用  $\sigma^2$ ) 的变化。例如，某工序  $i-j$ ，在第  $t_{ES}$  天开始，第  $t_{EF}$  结束，该工序的某项资源的每日消费量为  $S_{ij}$ ，如果将该工序向后移动一天，则第  $t_{ES+1}$  天的资源消费量  $R_{ES+1}$  将减少  $S_{ij}$ ，而第  $t_{EF+1}$  天的资源消费量  $R_{EF+1}$  将增加  $S_{ij}$ 。根据  $W = \sum_{t=1}^T R_t^2 = \min$  原理任一工序每后移一天， $W$  值的变化量  $\Delta W$  为：

$$\Delta W = (R_{ES+1} - S_{ij})^2 + (R_{EF+1} + S_{ij})^2 - (R_{ES+1}^2 + R_{EF+1}^2)$$

$$\therefore \Delta W = 2 S_{ij} (R_{EF+1} - R_{ES+1} + S_{ij})$$

显然， $\Delta W < 0$  时，表示  $\sigma^2$  减小，工序  $i-j$  可以向后移动：如果  $\Delta W > 0$  即  $\sigma^2$  增加，不

宜移动，据此可以定出该工序最优的开始和结果时间。



由于计划工期  $T$  是固定的，故每一工序的时间、调整范围要受该工序的工序总时差的限制。

如果移动至第  $K$  天，出现  $\Delta W > 0$ ，此时，还要计算该天至以后各天的  $\Delta W$  的累计值：

$$\sum \Delta W = \Delta W_K + \Delta W_{K+1} + \dots$$

如发现该天至某一天的  $\sum \Delta W \leq 0$ ，说明该工序还可以后移到该天。以上计算可列表 10.2 进行。

表 10.2 中列出所有非关键工序的优化计算过程。首先计算工序⑤-⑦，开始和结束时间取最早时间，即 3 与 10。

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t^2 = \frac{1}{15} [2 \times 7^2 + 8^2 + 10^2 + 2 \times 9^2 + 3 \times 8^2 + 5^2 + 5 \times 2^2]$$

$$= 44.06$$

$$\bar{R}^2 = \left( \frac{2 \times 7 + 8 + 10 + 2 \times 9 + 3 \times 8 + 5 + 5 \times 2}{15} \right)^2$$

$$= \left( \frac{89}{15} \right)^2 = 35.20$$

$$\therefore \sigma^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t^2 - \bar{R}^2 = 44.06 - 35.20 = 8.86$$

$$\Delta W = 2S_{ij}(R_{EF+1} - R_{ES+1} + S_{ij}) = 2 \times 4 \times (2 - 10 + 4) = -32$$

由于  $\Delta W < 0$ ，故工序⑤-⑦可以向后移动 1 天。此时据此再求  $\sigma^2$  和  $\Delta W$  值。结果  $\sigma^2 = 6.73$ ，比原来减少，且  $\Delta W = -24$ ，故工序还要后移；如此继续下去，直至工序的开始时间变为 8。结束时间变为 15，即变成了  $LS$  和  $LF$  值，经时  $TF=0$ ，无法再移动。

$$R^{3+1} = 10 - 4 = 6$$

$$R^{10+1} = 2 + 4 = 6$$

再计算工序②-⑦，同样先使开始和结束时间为最早时间，即 6 与 9，计算结果  $\sigma^2=1.43$ ， $\Delta W=24>0$ ，再使工序后移 1 天，计算发现  $\sigma=2.99$ ，比原来增加，且  $\sigma W=30>0$ ，核算  $\Sigma \Delta W$  值， $\Sigma \Delta W=24+30=64<0$ ；因此时还不能停止，继续后移，再核算  $\Sigma \Delta W$ ，直至算完，未发现有  $\Sigma \Delta W<0$  的情况。因此该工序应保持最早开始和结束时间不变；然后继续计算其他工序。

4. 按步骤 3 将所有非关键工序全部调整(优化)一遍后，还需进行第二次、第三次，……调整(优化)，直至  $\sigma^2$  不再减少为止。此时，才算得到最优计划方案。

图 10.5 为本例经优化后得到的最优方案网络图，下面为相应资源消费曲线。

表 10.2 资源消费曲线表

工序 $i=j$	作业时间 $t_{ij}$	开始时间	结束时间	总时差 $TF_{ij}$	$\sigma^2$	$\Delta W$	$\Sigma \Delta W$
⑤-⑦	7	3 (ES)	10 (EF)	5	8.86	-32	
		4	11	4	6.73	-24	
		5	12	3	5.13	-24	
		6	13	2	3.53	-16	
		7	14	1	2.46	-16	
		8 (LS)	15 (LF)	0	1.43		
②-⑦	3	6 (ES)	9 (EF)	6	1.43	+24	+54
		4	10	5	2.99	+30	
		8	11	4	4.99	+6	
		9	12	3	5.39	+6	
		10	13	2	5.79	0	
		11	14	1	5.79	0	
		12 (LS)	15 (LF)	0	5.79		+66
③-⑤	1	2 (ES)	3 (EF)	5	1.43	0	
		3	4	4	1.43	-4	
		4	5	3	1.12	0	
		5	6	2	1.12	-4	
		6	7	1	0.9	0	
		7 (LS)	8 (LF)	0	0.9		
①-③	2	0 (ES)	2 (EF)	5	0.9	0	
		1	3	4	0.9	0	
		2	4	3	0.9	-2	
		3	5	2	0.73	-2	
		4	6	1	0.59	-2	
		5 (LS)	7 (LS)	0	0.46		

由上可知，资源优化计算工作量十分庞大，对于大中型网络，用手工计算是难以实现的，只能依靠电子计算机进行计算。

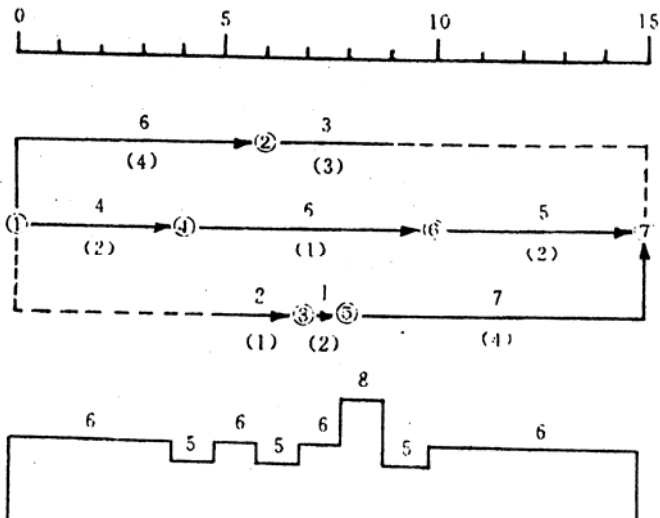


图 10.5 时间坐标

由上图所示：资源消费曲线呈阶梯状。任何一个梯段的开始或结束，均意味着有某些工序开始或结束。检查资源消费量可按梯段进行。例如，某梯段在  $t_A$  开始， $t_B$  结束，某单位时间资源消费量  $R_{AB} > R_{\max}$ 。

则应对该梯段（ $t_A$ - $t_B$  时间区段）内某些工序的开始结束时间进行调整。由于各工序都是采用的最早时间，故只能将某些工序的开始时间后移，移至  $t_B$  开始，以使该梯段满足  $R_{AB} < R_{\max}$  的要求。

在这些工序中，究竟应该调整哪些工序，根据使总工期最短这一要求，应首先选取移动后不影响总工期，或者使总工期延长时间最少的工序。为此，可按以下公式计算各工序的优先系数  $K_{ij}$ ：

$$K_{ij} = (t_B - ES_{ij}) - TF_{ij}$$

$K_{ij}$  最小的工序应当最优先后移，其他依次进行，直至  $R_{AB} < R_{\max}$  为止。

## 10.4 网络计划技术的时间——成本优化

时间——成本优化，就是根据计划规定的期限，规划最低成本；或根据最低成本的要求，寻求最佳工期。制定网络计划不仅要考虑工期和资源情况，还必须考虑成本，讲究经济效益。

产品(或工程项目)的成本是由直接费用与间接费用两部分组成的。这两种费用与工期的关系，一般说来如图 10.6 所示。缩短工期会引起直接费用的增加和间接费用的减少；延长工期会引起直接费用的减少和间接费用的增加。时间——成本优化，就是要使总费用支出最小，而工期最短。

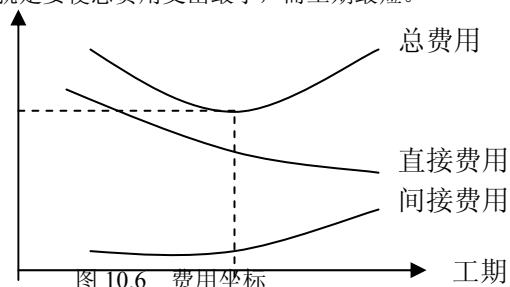
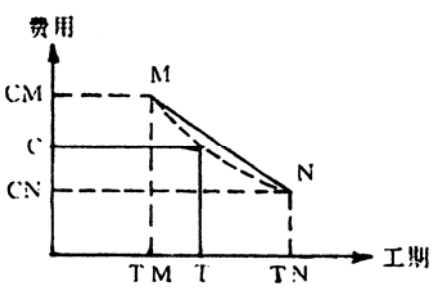


图 10.6 费用坐标

间接费用是指不能或不宣直接计入而必须按一定标准分配于成本计算对象的费用，如企业管理费。工期越长，间接费用总额就越大，从而按一定标准分摊到单位产品中的间接费用也相应地增加。直接费用是指能够并宜于直接计入成本计算对象的费用，如直接生产工人工资、原材料费用以及机具费用等。一般说，缩短工期，就要增加直接费用的投入量，反之，减少直接费用的投入量，则工期就要延长。但直接费用减少到一定程度，工期即使再延长，直接费用也不能再减少，这时的直接费用称作正常费用，以  $C_N$  表示；对应于正



常费用的工期，称作正常工期，以  $T_N$  表示。反之，当完成计划任务的工期缩短到一定程度，直接费用即使再增加，工期也不能再缩短，这时的工期称作极限工期，以  $T_M$  表示；对应于极限工期的费用称作极限费用，以  $CM$  表示。图 10.7 表明了工期与直接费用的关系。假定  $M$  与  $N$  两点间为一直线，即直接费用与工期为线性关系，可得到单位时间直接费用变动率  $K$  的计算公式如下。



C: 完成任务所需的直接费用

图 10.7 直接费用变动图

$$K = \frac{CM - CN}{TN - TM}$$

某项活动所需要的直接费用  $C$  的计算公式为：

$$C = CN + K(TN - T) \text{——用于工期缩短时}$$

$$C = CM - K(T - TM) \text{——用于工期延长时}$$

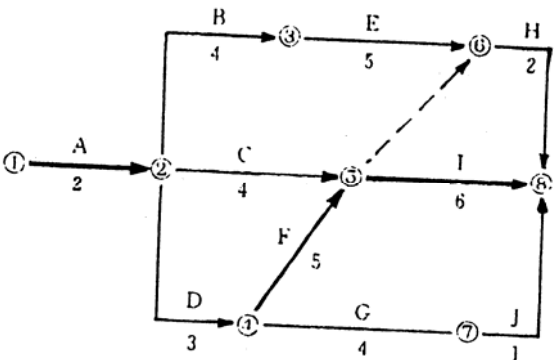
式中： $T$ ——完成该项活动所需要的工期。

单位时间直接费用变动率就是缩短每一单位时间所需增加或减少的费用。例如，某工序的极限工期  $T_M$  为 3 天，极限费用  $CM$  为 2200 元，正常工期  $T_N$  为 5 天，正常费用  $CN$  为 2000 元。其直接费用变动率为：

$$K = \frac{2200 - 2000}{5 - 3} = 100 \text{元/天}$$

工序的单位时间直接费用变动率大，说明为缩短工期而增加的直接费用多。因此在进行时间——成本优化时，首先要缩短关键线路上  $K$  值最小工序的作业时间。下面结合示例说明时间——成本优化的步骤和方法。

某计划任务的网络图及各工序的有关资源分别如图 10.8 和表 10.3 所示。该项任务的间接费用为每天 110 元。现通过时间——成本优化，确定该任务的最低成本和最佳工期。



首先，计算正常工期的网络计划方案，该任务所需的总工期为 16 天，关键线路为①→②→④→⑤→⑧，这一方案反映在时间——成本曲线上即为  $N$  点。根据表 10-4 可算出该方案的直接费用总额为 11450 元。间接费用为  $110 \times 16 = 1760$  (元)。总费用为  $11450 + 1760 = 13210$  元。

然后，以正常工期计划方案为基础，逐次压缩关键工序的延续

表 10.3 某计划任务的有关资料

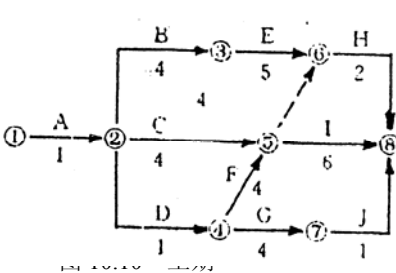
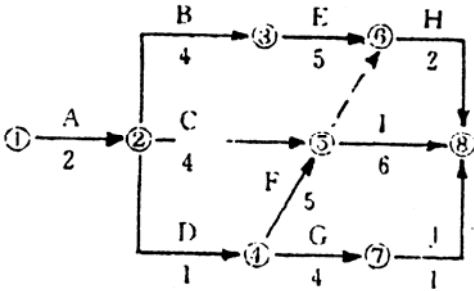
工 序	结点编号		正常时间		极限时间		相 差		工序直接 费用变动 率(元/天)
	i	j	时天 (天)	直接费用 (元)	时天 (天)	直接费用 (元)	时间 (天)	直接费用 (元)	

A	1	2	2	2000	1	2100	1	100	100
B	2	3	4	1400	3	1500	1	100	100
C	2	5	4	800	3	950	1	150	150
D	2	4	3	700	1	860	2	160	80
E	3	6	5	1200	4	1400	1	200	200
F	4	5	5	2000	3	2200	2	200	100
G	4	7	4	800	2	900	2	100	50
H	6	8	2	700	1	850	1	150	150
I	5	8	6	900	3	1350	3	450	150
J	7	8	1	950	0.5	1150	0.5	200	400

时间(以不超过极限工期为限)，每次压缩时均应选择直接费用变动率最小者，以使工期缩短引起的直接费用增加额为最小。在本例中，以正常工期计划方案为方案 I，压缩工期时从关键工序中选择直接费用变动率最小的 D 工序压缩两天，得到方案 II。相应的网络图如图 10.9 所示。依此法继续下示，直到关键线路上各工序均达到极限时间为止。于是得到七个不同方案，如表 10.4 所示。

在表 10.4 的各个方案中，方案IV的总费用最低，相应的工期为最佳工期。由此求得该计划任务的最佳工期为 12 天，最低成本为 13130 元。其网络图如图 10.10 所示。

以上是以正常工期方案为基础进行压缩，求得方案优化。还可以采取另一方法，即先制定极限工期方案，再以此为基础逐次延长非关键工序的延续时间，最后延长关键工序的延续时间(以不超过正常工期为限)，并使直接费用的降低额为最大(为此应选择较大的 K 值)。



用这两种方法求得的结果是一样的。

表 10.4 各个方案表

计划方案	较前方案变动点	总工期(天)	直接费用(元)	间接费用(元)	总费用(元)	关键线路
I	—	16	11450	1760	13210	①→②→④→⑤→⑧
II	工序 D 压缩两天	14	11450+160 =11610	14×110 =1540	13150	同上
III	A 工序压缩一天	13	11610+100 =11710	13×110 =1430	13140	同上
IV	工序 F 压缩一天	12	11710+100 =11810	12×110 =1320	13130	①→②→④→⑤→⑧ ①→②→③→⑥→⑧

V	工序 B 压缩一天 工序 F 压缩一天	11	$11810+200$ =12010	$11 \times 110$ =1210	13220	$\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \rightarrow \textcircled{4}$ $\rightarrow \textcircled{5} \rightarrow \textcircled{8}$ $\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \rightarrow \textcircled{3}$ $\rightarrow \textcircled{6} \rightarrow \textcircled{8}$ $\textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \rightarrow \textcircled{5} \rightarrow \textcircled{8}$
VI	工序 H 压缩一天 I 压缩一天	10	$12010+300$ =12310	$10 \times 110$ =1100	13410	同上
VII	工序 E 和 I 各 压缩一天	9	$12310+350$ =12660	$9 \times 110$ =990	13650	同上

# 本章小结

项目就是一种一次性工作，在规定时间内，在明确的工作目标和有限资源下，由专门组织起来的人员共同完成的，它包括四个基本要素。

项目可按涉及的行业分为科研项目、教育项目、农业项目和社会福利项目等，按涉及的资源的多少分为大型项目、中型项目和小型项目，又可按项目的复杂程度分为复杂项目和简单项目。

项目管理就是对项目进行计划、组织、指挥、协调和控制。项目管理的三个主要目标是质量、费用和进度。

网络计划技术就是指许多相互联系和相互制约的活动所需资源与时间及其顺序安排的一种网络状计划方法。网络图是由活动、事项和路线三个构成要素组成。绘制网络图应该遵循一系列规则。网络时间参数的计算有：结点最早开始时间、结点最迟结束时间、工序最早开始时间、工序最早结束时间、工序最迟开始时间、工序最迟结束时间、时差等。确定关键路线和总工期。

网络计划技术的优化有：工期—资源优化和时间—成本优化。

# 复习与思考

1. 什么是项目?项目的主要类型有哪些?
2. 什么是项目管理?项目管理的目标和主要内容是什么?项目成功的关键因素有哪些?
3. 网络图的构成要素有哪些?绘制网络图的基本规则是什么?
4. 说明网络图中，结点最早开始、最迟结束时间，工序最早开始时间、工序最早结束时间，工序最迟开始时间、工序最迟结束时间，时差，关键工序，关键路线和总工期的概念和计算方法。
5. 何谓直接费用?何谓间接费用?如何进行工期—资源优化?

# 练习题

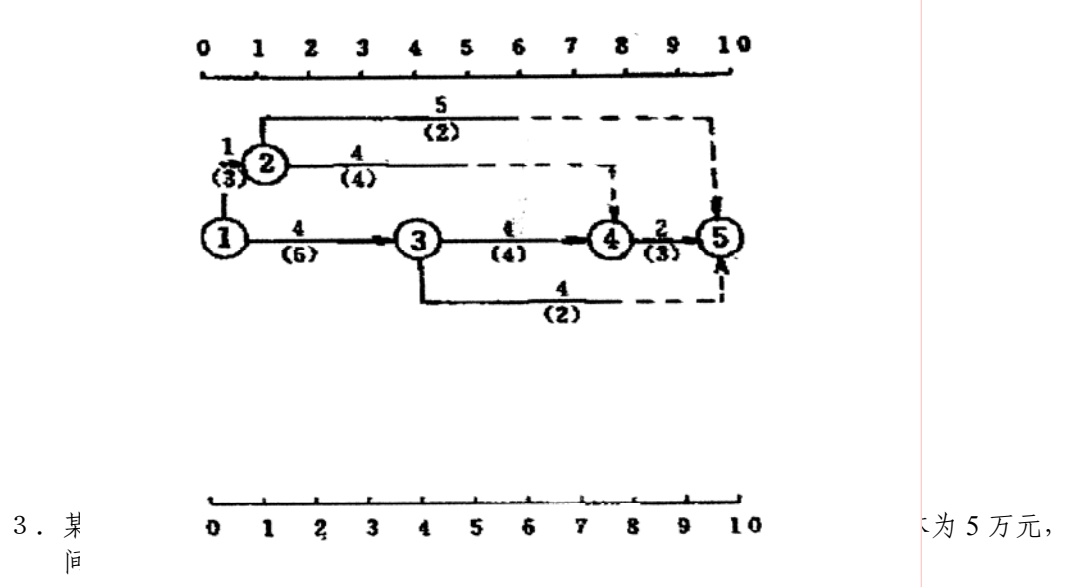
1. 某大型装璜工程由 7 项作业组成，已知数据见表，试绘出该网络图，并求出该工程各项作业的最早开始、最早结束、最迟开始、最迟结束时间和总时差。并用时差法确定该网络图的关键路线。

作业	先行作业	作业时间					
A	/	3					
B	/	2					
C	A	2					
D	A	4					
E	C	1					
F	B	3					
G	D、E	2					

2. 根据下表所示逻辑关系绘制网络图，求总工期，寻找关键路线？

作 业	A	B	C	D	E	F	G	H	I
紧前作业	—	—	A	A	A,D	C,E	A,D	D	B,F,G,H
作业时间	2	10	4	2	1	2	1	2	2

3. 某网络计划如下图所示，箭杆上方为各作业的作业时间(单位：天)，箭杆下方括号内为各作业每天的人力消耗数(单位： 人)。
- 要求：(1) 在网络图下方的时间轴上画出人力资源消费曲线。
- (2) 如人力资源最大可供数为 12 人；通过优先系数  $K_{ij}$  的计算，回答应优先移动的作  
业。(在  $t_1 \sim t_4$  时间段内)
- (3) 如将工序②-⑤后移 1 天，计算  $\Delta W$  和  $\Delta \sigma^2$



均每天为 2500 元，求该项工程的最佳工期是多少天？

作业	紧前作业	时间(天)			成本(千元)		
		正常	临界	差额	正常	临界	差额
A	—	6	3	3	10	19	9
B	A	14	8	6	15	21	6
C	A	8	4	4	12	20	8
D	C	10	4	6	13	19	6

# 第 11 章 现场管理和作业排序

本章关键词

生产现场 (Producing Spot)  
现场管理 ( Bottom-Round  
Management)

定 置 管 理 ( Fixed Location  
Management)  
5S 管理( 5S Management)

[http://manage.123trading.com/top\\_bigclass.html?bigclassid=176](http://manage.123trading.com/top_bigclass.html?bigclassid=176)

<http://www.wbs.warwick.ac.uk/omindex>

<http://202.120.24.209/yygl>

现场管理，就是运用科学的管理制度、标准、方法和手段，对现场的各种生产要素进行合理地、有效地计划、组织、协调、控制，使它们处于良好的结合状态，以达到优质、低耗、高效、均衡、安全、文明生产的目的。

生产作业管理中，要对加工对象的顺序作出合理安排，这对缩短生产周期、减少在制品、及时交货具有重要意义。

## 11.1 现场管理概述

### 11.1.1 现场管理的含义

现场，是直接从事生产、经营、工作、试验的作业场所。企业现场是指企业进行生产经营作业活动的特定场所，包括生产现场、经营现场、办公现场、生活现场等。企业现场按照与生产活动的关系又可分为生产现场和非生产现场。其中生产现场按分工关系又可分为基本生产现场和辅助生产现场。如机械加工、纺织等从事产品生产活动的作业场所为基本生产现场；维修、动力等从事辅助生产活动的作业场所为辅助生产现场。

生产现场是企业各种生产要素有机组合的活动场所，包括劳动者、劳动手段、劳动对象、生产方法、生产环境、生产信息等生产要素，简称“人、机、料、法、环、信”。在产品制造的运动过程中，形成的人流、物流、信息流都要在生产现场有序、均衡、协调地按照预定的目标进行流动。其中人流作为现场的指挥和核心，操纵着另外两类现场活动：一类是物质的转换过程，从输入原材料和燃料动力，到加工输出半成品或成品，形成物流。二类是伴随着物流产生的信息流，它规划和调节着物流的方向、数量、速度、目标，使物流有序、均衡运动，这两类运动在生产现场的有机结合形成企业产品的制造过程。产品的质量、物质消耗、经济效益和安全生产的好坏都取决于生产现场。生产现场是企业的执行层，从原材料投入前的准备到产品产出的全过程，每时每刻都要按照企业的经营决策和计划来运行，对人员、设备、材料、工艺规程、场地、信息等组成的生产系统进行操作和控制，使人与物、技术与管理之间有机结合，以最低的成本生产出具有特定质量水平的产品。

现场管理，就是运用科学的管理制度、标准、方法和手段，对现场的各种生产要素进行合理地、有效地计划、组织、协调、控制，使它们处于良好的结合状态，以达到优质、低耗、高效、均衡、安全、文明生产的目的。

现场管理可分为广义现场管理和狭义现场管理。广义现场管理是指企业所有现场作业活动的管理，包

括生产现场管理、经营现场管理、办公现场管理、生活现场管理等。狭义现场管理是指企业生产现场管理，包括基本生产现场管理和辅助生产现场管理。我们研究的主要对象是狭义的现场管理，即以生产现场为主要内容，它可分为四层意思。

- 1. 现场管理是运用管理制度、标准、方法和手段来管理。管理制度是指现场的设备、工具、在制品、产成品等的管理制度，交接班制度，设备维修制度，现场质量事故的处理制度等。管理标准是指现场岗位管理标准、设备管理标准、操作管理标准、工艺管理标准等。管理方法包括现场的定置管理法、模特法、5S 活动法、规范化管理法等。管理手段是指管理者采用计算机信息管理系统、文件图纸、信息传递等手段，提高现场管理效能。
- 2. 现场管理的对象是各种生产要素。包括现场的人员、机器设备、工具、原材料、在制品、燃料动力、场地环境、信息等。
- 3. 现场管理的职能是计划、组织、协调、控制和激励。这与企业管理的职能是一致的。但是，这里的计划主要是现场生产作业计划；组织主要是现场合理组织作业班组等；协调主要是班组之间、操作者之间生产进度的相互协调；控制主要通过信息流反馈对生产过程的控制。
- 4. 现场管理达到的目的是优质、低耗、高效、均衡、安全、文明生产。

11.1.2 现场管理的任务

现场管理的任务，由它在整个企业管理中的地位和目标决定。现场管理是整个企业管理的重要组成部分，是属于最基础性的管理。现场管理的目标是实现现场活动的科学化、标准化、系统化和高效化，以达到优质、高效、文明、安全的目的。

- 1. 要实现这一目标，需完成如下现场管理任务。
  - (1) 制定切实可行的现场管理标准、指标体系、评估内容和考核办法，提高现场管理水平。
  - (2) 推行一些行之有效的国内外现场管理方法和手段，为提高产品质量和增加经济效益服务。
  - (3) 研究和探索现场管理的科学化、标准化、系统化和高效化的内容，创建新的有效管理方法。
- 2. 要实现上述现场管理任务和搞好现场管理的具体工作，应采取以下措施。
  - (1) 提高各级领导特别是企业领导对现场管理的认识，牢固树立搞好企业管理，特别是要搞好现场管理的思想。
  - (2) 制定现场管理目标。企业在制定中、长期计划时，要同时制定现场管理的目标。经过几年的努力，在原有的基础上，使现场管理普遍上一个新水平。
  - (3) 制定行业现场管理要求和细则。各行业应根据本行业特点，制定适合本行业需要和便于实施的行业现场管理要求和细则。如机械行业可根据机械加工类型的特点，以工艺管理、定置管理为重点提出要求；化工行业可根据容器、管道连续化生产的特点，以岗位规范化、标准化为重点提出指导性的要求。
  - (4) 制定现场管理达标规划。各企业应根据现场管理标准和要求，制定相应的达标规划，加强督促、指导交流工作。

新观点

面向 21 世纪的组织

坐落在瑞典斯德哥尔摩的卡罗琳斯卡医院(The Karolinska Hospital)经历了一次重大的组织重组，在重组过程中围绕患者重新设计了传统结构，把医院里的患者看做一个过程，在这

个过程中包括挂号、手术等单独的步骤。

在重组前，医院有 47 个独立部门而且高度分散，其客户服务水平是难以接受的。例如，一些患者从他第一次与医院接触到接受治疗要相隔 255 天，而治疗过程仅占全部过程的 2%。

医院缩减了部门的数量并且将保留的部门进行了重新设计，共形成了 11 个部门，设立了 2 个新的岗位：协调护士和首席医生。协调护士的责任是确保所有部门内和部门间的作业平稳进行。首席医生负责保持每个部门内高层次的医疗水平。

组织重组取得了显著的成果，“等待手术的时间已经从 6 或 8 个月削减到三个星期。关闭了 15 个手术室中的 3 个，然而，每年仍能够多进行 3000 例手术，比过去增加了 25%。”

资料来源：摘自 Rahul Jacob. “The Struggle to Create an Organization for the 21st Century,” Fortune 131. no. 6 (April 3, 1995), pp. 90-99. 1995 Time, Inc. Reprinted by permission.

## 11.2 定置管理、5S 活动和目视管理

### 11.2.1 定置管理

#### 1. 定置管理的含义

“定置”是研究物品进行整理和整顿方式的专业用语。从字面上理解。它是指物品在空间的特定位置，它不同于一般的“放置”。一般的放置寓意有很大的随意性，而定置则具有主观意识的目的性。

因此，定置管理，就是以生产现场物品的定置进行设计、组织实施、调整、协调与控制的全部过程的管理。它的核心是以生产现场为研究对象，研究生产要素中人、物、场所的状况，以及三者在生产活动中的相互关系，力求消除工作中不合理的因素、浪费因素和浪费现象，通过整理和整顿，把与生产现场无关的物件清除，把生产现场所需要的物件放在规定的位置，使人、物、场所处于最佳结合状态。通过建立、健全物流的信息管理系统，合理的工艺流程，充实和完善必要的工位器具与运送装置，使物流的运行处于受控状态，实现人、物、场所在时间和空间上的优化组合，以达到文明操作，减少工件的磕碰划伤与锈蚀，提高劳动效率，实现安全生产、文明生产的目的。

所以，定置管理的实质就是，从改善工作质量来保证产品质量和提高生产效率的着手，力求本溯源达到一个能够保证工作质量的现场环境。

#### 2. 定置管理的基本原理

##### (1) 人与物的四种结合状态

在生产活动中，构成生产工序的要素，有材料、半成品、机械设备、工夹模具、操作人员、工艺方法、生产环境等。归纳起来就是人、物、场所、信息等因素。其中最基本的是人与物的因素。只有人与物的合理结合，才能使生产有效的进行。

人与物的结合可归纳为四种基本状态：

① A 状态：即人与物处于能够立即结合并发挥效能的状态。例如，操作工人使用的各种工具，由于摆放地点合理而且固定，当操作者需要时能立即拿到或者做到得心应手。

② B 状态：即人与物处于寻找状态或尚不能很好发挥效能的状态。例如，一个操作者想加工一个零件，需使用某种工具，但由于现场杂乱或忘记了该工具放在何处，结果因寻找而浪费了时间；或者由于半



成品堆放不合理，散放在地上，当加工时每次都需弯腰一个一个地拣起来，既浪费了工时，又增加了劳动强度。

③ C 状态：人与物处于关系松散状态，已不需要结合的状态。如本加工工序已完成需要转入下工序再加工或转入检验工序的物品。

④ D 状态：人与物失去联系的状态。这种物品与生产无关系，不需要人去同该物结合。例如，生产现场中存在的已经报废的设备、工具、模具，生产中产生的垃圾、废品、切屑，以及同生产现场无关的工人生活用品等。这些物品放在生产现场，必将占用作业面积，而且影响操作者的工作效率及安全。

定置管理就是要根据生产活动的目的要求，通过相应的设计、改进和控制、整理、整顿，改善 B 状态，使之达到 A 状态，减少 C 状态，消除 D 状态，把有价值的物品移到需要的地方，把不需要的无价值的物品从现场消除掉。因此，定置管理在某种意义上讲，也是“5S”活动的深入发展。

## (2) 人与物的结合成本

为了能用定量化的概念来理解各类状态物品之间的关系与生产的关联程度，明确定置管理的研究内容，我们在这里引入一种概念，即对象物的存在价值，它是物的特有状态在价值上的表现，是人与物能否有效结合的决定性因素。企业购买的各类物资都是有目的、有价值的。从价值观念来讲，所有物品都有两种价值形态，即物的原来价值和存在价值。

物的原来价值。即为人与物结合发挥效用状态时的价值，也就是物品的购进价格及物品的合理储备期间发生的保管费用的总和，在实际工作中，这相当于物品的厂内计划价格，物的原来价值用符号  $V_0$  表示。物的存在价值，即当人与物未结合时，物品只呈存在状态时的价值，它的符号用  $V$  表示。当我们要把只呈存在状态的物品改变成人与物结合并发挥效用的状态，还需要进一步支付结合成本。所以，这三者的关系是：

物的原来价值( $V_0$ )=物的存在价值( $V$ )+人与物的结合成本( $g$ )

或： $V=V_0-g$

或： $g=V_0-V$

当人与物关系处于 A 状态时，即人与物立即结合进行有效的生产活动时，物的存在价值几乎等于物的原来价值。结合成本  $g$  近似于 0，可以忽略不计，这时，我们可以认为  $V=V_0$ 。定置管理经济原则，就是要尽可能地降低  $g$  值，提高物品的存在价值。

例如，某企业冲压车间加工某零件，需要到模具库取用模具，假设该模具原来价值  $V_0=1000$  元，取用定额工时为 24 分钟，该车间工时费用为 10 元，据此可计算该模具存在价值。

$$V = 1000 - \left( 10 \times \frac{24}{60} \right) = 996 \quad (\text{元})$$

即人与物的结合成本为 4 元。

如果通过定置管理，而把取用模具的时间减少到 12 分钟，这样该模具的存在价值  $V$  就提高了。  
 $V = 1000 - \left( 10 \times \frac{12}{60} \right) = 998 \quad (\text{元})$ ，即人与物的结合成本由原定额的 4 元减少为 2 元，也即定置管理取得的效益为 2 元。

再举一例，例如，某机床操作者在加工某一零件时需要使用钢卷尺，而钢卷尺被上夜班的工人锁在工具箱中，假设钢卷尺原价值为 2 元，而去寻找那位工人需要 36 分钟，工时费用为 10 元，据此计算该钢卷尺在此状态的存在价值：

$$V = 2 - \left( 10 \times \frac{36}{60} \right) = -4 \quad (\text{元})$$

这时人与钢卷尺的结合成本为 6 元，该钢卷尺的存在价值为负值。在这种情况下，或者砸坏一把一元钱的铁锁，这样还可能使该钢卷尺的存在价值接近一元钱。如果领(买)，仓库比较近，就不如干脆重新领(买)一只钢卷尺使用，比寻找还便宜合算。

当人与物结合处于 C 状态时，即物与生产活动无关，在这种状态下，物的存在价值等于 0。

由上分析，可以看出，使人与物的结合保持 A 状态，是降低结合成本，提高物的存在价值的最佳途径。

### (3) 场所与物的关系

在生产活动中，人与物的结合状态，是生产有效程度的决定因素。但人与物的结合都是在一定场所的进行的，因此，实现人与物的最优结合，必须首先处理好物与场所关系，实现物与场所的合理结合。场所与物的有效结合是实现人与物的合理结合的基础，定置管理，主要就是研究物与场所的有效结合。具体说来，就是对生产现场、人、物进行作业分析和动作研究，使对象物品按生产需要、工艺要求科学地固定在某场所的特定位置上，达到物与场所的有效结合，缩短人取物的时间、消除人的重复动作、减轻劳动强度、促进人与物的最优结合。

① 实现场与场所的合理结合，首先要使场所本身处于良好的状态。场所本身的布置可以有三种状态：  
A 状态：良好状态。即良好的工作环境，场所中的作业面积、通风设施、恒温设备、光照、粉尘等状态，必须符合人的生理、工厂生产、安全的要求。

B 状态：需要改善的状态。即需要不断改善的工作环境。这种状态的场所，布局不尽合理，或只满足人的生理要求，或只满足生产要求，或两者都不能满足。

C 状态：需彻底改造的状态。即需消除或彻底改造的工作环境。这种场所对人的生理要求及工厂生产、安全要求都不能满足。

定置管理的任务，就是要把 C、B 状态改变成 A 状态。

② 实现场所与物的结合，要根据物流运动的规律性，科学地确定物品在场所内的位置，即定置方法有两种基本形式，一是固定位置，一是自由位置。

a. 固定位置。即场所的固定、物品存放位置固定、物品的信息媒介物固定，这种“三固定”的方法，适用于那些在物流系统中周期性地回归原地，在下一生产活动中重复使用的物品。主要是那些用作加工手段的物品。如工、检、量具、工艺装备、工位器具、运输机械、机床附件等物品。这些物品可以多次参加生产过程，周期性地往返运动，对这类物品就采用规定一个较大范围的区域的办法来定置。由于这类物品适用“三固定”的方法。固定存放位置，使用后要回复到原来的固定地点。例如，模具平时存贮在指定的场所和地点，需要时取来安装在机床上，使用完毕后，从机床上拆卸下来，经过检测，验收后，仍搬回到原处存贮，以备下次再用。

b. 自由位置。即相对地固定一个存放物品的区域。至于在这区域内的具体放置位置，则根据当时的生产情况及一定的规则来决定。这种方式同同一种相比，在规定区域内有一定的自由，故称自由位置。这种方法适用物流系统中那些不回归、不重复使用的物品。例如，原材料、毛坯、零部件、产成品。这些物品的特点是按照工艺流程不停地从上一工序向下一工序流动，一直到最后出厂。所以，对每一个物品来说，在某一工序加工后，除非回原地返修，一般就不再回归到原来的作业场所。对这类物品的种类、规格很多，每一种的数量有时多、有时少，很难就每一种物品规定具体位置。如在制品停放区，零部件检验区等。在这个区域内存放的各个品种的零部件，根据充分利用空间，便于收发，便于点数等规则来确定具体的存放

地点。

#### (4) 人与物的联系信息

生产现场所需用的物品是各种各样的，都需要有一定联系方法。对各类物品与人的联系信息，必须做到标准化。首先要对物、场所的名称实行标准化，使之成为固有名称。除此之外，还有很多使人与物联系的信息。

##### ① 物的管理名称

这是物与场所结合时，“该物”这一名称的标准化。如果不实施这种标准化，就不能传递“请用“××”，“请把××拿去”等信息。没有信息传递，人与物就不会结合。同一物品几个名称，将会发生问题。由于传递不畅，常常发生事故造成浪费。如由于长期形成的传统和习惯，使这种名称难以统一，此时可通过附加的数字号码(管理编号)实现标准化。

##### ② 生产场所的管理名称

这是物与场所结合时，“何处”这一名称的标准化。场所名称中最常见的有“窗下”、“机器旁”、“一门左侧”，这些都是抽象性的。众所周知，由于使用的人和场合不同，容易发生差错。如有时以场所放置的物品来描写场所的名称，“××存放点”、“××作业点”等等，看起来似乎很方便，但因某种情况保管品发生变更时，不能以此变更场所名称，而仍在原名称的场所内保管新品名之物，将会造成混乱状态。

为防止这种情况发生，可能变更的要素不要加入名称中。例如，场所尽量以符号或数字号码称呼。规定“2号场所放××”，将此记入位置台帐，以后变更存放品时，场所名称不必变更。

##### ③ 人与物联系的信息

根据信息在定置管理中所起的作用,信息媒介可分为二类：引导信息和确认信息。

a. 引导信息。它可以告诉人们“该物在何处”，便于人与物结合。例如车间里的各种物品的台帐就是一种引导信息。在台帐中每种物品都有自己的编号，可以引导到该物的库、区、架、位。定置平面设置图也是一种引导信息，它形象地指示存放物的处所或区域的位置。

b. 确认信息。它是为了避免物品混放和场所误置所需的信息。例如各种区域的标志线、标志牌和彩色标志。它告诉“这里就是该场所”。有了合格品存放区和废品存放区的不同标志，就可避免混号质量事故。这是指示地点的信息，又称场所标志。例如物品的卡片，上面有物品的名称规格、数量、质量等，告诉人们“此物就是该物”的信息，是物品的核实信息。

在定置管理中各种信息媒介物是很重要的，实行定置管理，必须重视和健全各种信息媒介物。良好的定置管理，要求信息媒介物达到五个方面的要求。即：

- 场所标志清楚；
- 场所设有定置图；
- 位置台帐齐全；
- 存放物的序号、编号齐备；
- 信息标准化(物品流动时间标准、数量标准、摆放标准等)。

#### 3. 定置管理图的绘制

##### (1) 定置管理图绘制的要求

定置管理图是将生产现场的定置管理用标准化的形式反映出来的一种方法。运用形象的图示描述生产现场人、物、场所的关系。物品放置区域，用各种符号代替设备、零部件、工位器具、工具箱等定置物品。

因此，在设计定置管理图时应注意几点：

- ① 对场所、工序、工位、机台等进行定置诊断。根据人机工程学确定是否符合人的心理、生理需要

及满足产品质量的需要、实现最大的灵活性和协调性，最大的操作方便和最小的不愉快，切实的安全和防护保障，充分利用时间与空间。

② 定置图的设计应按统一标准。如各车间、仓库必须绘制定置管理图，图纸可镶在镜框内悬置明显处，亦可制成版面置于车间、仓库明显处。工具箱内的定置管理应按上放轻、下放重，中间放常用的工具的要求，用图纸绘制定置图，贴于门内侧，做到所有物品摆放整齐，与图、标记相符。图纸尺寸全厂要统一。

③ 定置图的设计。定置图的绘制应尽量按生产组织划分区域。如一个车间中有几个较大的生产工段。即可在定置图上标出几个相应的区域。

④ 设计定置图应先从设备作为整个定置图的参照物，然后依次画出加工零件等其余定置物的位置。

(2) 定置管理的图形符号

定置管理图上的物品一律用图形符号代替。图形符号的确定原则可依据该物品名称拼音的第 1 个字母组合而成。

根据图形标准规定一般确定若干有关信息符号如图 11.1。


























符号	符号名称	符号	符号名称
	工具箱		凳
	垃圾箱		检验台
	办公桌		器具存放器
	工位器具		水池
	铲车		空调
	钳工台		手推车
	废物桶		蒸馏水桶
	电箱		润滑槽
	油桶		物紧密联系 (红色)
	吸尘器		物周期联系 (黄色)
	管理点		物待联系 (蓝色)
	电扇		物失去联系 (黑色)
	踏脚板		

图 11.1 符号与符号名称对照图

(3) 定置管理图标注内容

车间定置管理图与工具箱内的定置管理图应标注的内容如下：

- ① 按工艺流程设计的工段(班组)工作地(机床、工位)的平面布置区域。
- ② 有适应物流过程需要的原材料、半成品、在制品、工位器具、运输机械及检验场所等物品停放区域。
- ③ 生产作业场地、区域、机台(工位)之间的明显运输通道。
- ④ 消防、安全保护设施定置状态。
- ⑤ 各类残料、垃圾回收箱定点布置场地。

⑥ 必须定置物品的大致数、生产区域和作业场所职工生活必需用品等，定置的物品规定。

⑦ 可移动物品，如手推车、衡器、可移动容器的静止停放位置。

#### 4. 定置管理的考核

定置管理的实施，即按照设计要求，对生产现场的材料、机械、操作者、方法进行科学的整理和整顿。将所有的物品定位。要做到：物必有区、有区必有牌、按区存放、按图定置、图物相符。

定置的考核是定置管理的最后一个阶段。为了巩固已取得的成果，发现存在的问题。不断完善定置管理，必须坚持定期检查和考核工作。考核的基本指标就是定置率。它的计算公式是：

$$\text{定置率}(\%) = \frac{\text{实际定置物品的种类(数量)}}{\text{必须定置物品的种类(数量)}} \times 100\%$$

或 定置率 = 1 - 不定置率

$$= \left( 1 - \frac{\text{不按定置图摆放的物品数}}{\text{定置图规定摆放的物品数}} \right) \times 100\%$$

现举一例说明，如图 11.2 所示，计算定置率。

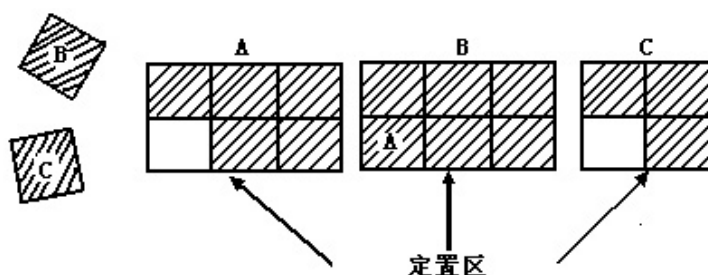


图 11.2 定置图

图 11.2 中，A、B 定置区应中存放 6 箱 A、B 物品；C 定置区应放 4 箱 C 物品，但实际上 A 区旁边乱摆 B、C 各一箱；B 区内误摆 A 物品 1 箱；C 区内还少放了 1 箱 C 物品。

$$\text{定置率} = \left( 1 - \frac{3}{16} \right) \times 100\% = 81.2\%$$

$$\text{或定置率} = \frac{13}{16} \times 100\% = 81.2\%$$

## 11.2.2 5S 活动

### (1) 5S 活动的概念

5S 活动，是指对生产现场各生产要素所处状态，不断地进行整理、整顿、清扫、清洁，以达到提高素养的活动。由于这五个词在日语中罗马拼音的第一个字母都是“S”，所以把这一系列活动简称为 5S 活动。

### (2) 5S 活动的基本内容

① 整理(Seiri)，把要与不要的人、事、物分开，再将不需要的人、事、物加以处理，坚决清理出生

产现场。

② 整顿(Seiton), 把需要的人、事、物加以定量、定位, 以便在最简捷、有效的规章、制度、流程下完成相关事务。

③ 清扫(Seiso), 把工作场所打扫干净, 设备异常时马上修理, 并使之恢复正常, 创建明快、舒畅的工作环境以保证安全、优质、高效率地工作。

④ 清洁(Seiketsu), 在整理、整顿、清扫基础上, 加以认真维护, 保持完美和最佳状态。并且, 更深入一步, 消除造成不清洁的各种根源。

⑤ 素养(Shitsuke), 即遵守纪律, 形成良好的习惯。养成严格遵守规章制度的习惯和工作作风, 努力提高人员的素养, 是“5S”活动的核心。“5S”始于素养, 也终于素养。

### (3) 5S 活动的发展

5S 活动起源于日本。1955 年, 日本 5S 的宣传口号为“安全始于整理整顿, 终于整理整顿”, 当时只推行前 2S, 其目的仅为了确保作业空间和安全, 后因生产控制和品质控制的需要, 而逐步提出后续 3S, 即“清扫、清洁、提高素养”, 从而其应用空间及适用范围进一步拓展。1986 年, 首本 5S 著作问世, 从而对整个日本现场管理模式起到了冲击作用, 并由此掀起 5S 热潮。

日本企业将 5S 活动作为工厂管理的基础, 使企业的经济效益有了明显的提高, 为日本日后成为经济大国奠定了基础。5S 活动对于塑造企业形象、降低成本、准时交货、安全生产、严格的标准化、完美的工作场所等现场改善方面的巨大作用逐渐被各国管理界所认识。随着世界经济的发展, 5S 现已成为各国工厂管理的一种重要管理方法。

在欧美等国的企业也开始应用 5S 活动加强日常现场管理, 主要有 5S 和 5C。

#### ① 欧美的企业中 5S 基本内容是:

- Sort(分类): 区分出不需要之物, 并且消除之。
- Straighten(定位): 将需要的东西排列有序, 以利容易取用。
- Scrub(刷洗): 清洁工具及工作场所的每一物品, 排除污渍、污点、碎片, 根除脏污的来源。
- Systematize(制度化): 使清扫及检查例行化。
- Standardize(标准化): 将上述 4 个步骤标准化, 促使改善活动永无止境地进行下去。

#### ② 欧美等国的企业中 5C 的基本内容是:

- Clear out(清除): 决定何者为需要及不需要, 并将后者处置掉。
- Configure(安置): 提供一个方便、安全、有秩序的地方供所需之物的使用和保存。
- Clean & Check(清洁及检查): 在清扫时, 检查及重新定位好工作的区域。
- Conform(遵守): 设定标准、训练及维持。
- Custom & Practice(习惯及实践): 养成例行维持的习惯, 及追求更进一步的改善。

### (4) 推行 5S 活动的目的

实施 5S 活动能为企业带来巨大的效益。一个实施了 5S 活动的企业必须达到如下目的:

① 提高工作和生产效率。良好的工作环境和工作气氛, 以及物品摆放有序, 这样使员工工作积极性高, 效率也自然会提高。

② 改善产品的品质。优良的品质来自于良好的工作环境, 不断净化工作环境, 能保证设备的性能和效率, 提高产品的品质。

③ 保障企业安全生产。如果工作场所井然有序, 生产事故的发生率就会减少。④ 降低生产成本, 提高企业经济效益。实施 5S 后, 能减少各类浪费, 从而降低生产成本。

⑤ 缩短生产周期, 确保交货期。由于提高了工作和生产效率, 改善了产品的品质, 同时也缩短了生产周期, 确保了交货期。

⑥ 改善员工的面貌, 提高企业的形象。

## 11.2.3 目视管理

### 1. 目视管理概述

#### (1) 目视管理的含义

目视管理是利用形象直观、色彩适宜的各种视觉感知信息来组织现场生产活动，达到提高生产效率的一种管理手段，也是利用人的视觉，及时调整行动、方式、方法来进行现场管理。

据统计，人行动的 60%是从“视觉”的感知开始的。比如日常生活中，我们在开车时看到红灯就会有意识地停车，绿灯就会通行。在生产现场我们可以给一些仪器仪表安装一些装置，并在正常范围上做上绿色标志，一旦指针偏离绿色范围，就知道有异常情况发生，需要我们及时做出检查。目视管理是一种管理手段，尽量让各种管理状况“一目了然”、“一看便知”，全体员工容易明白，易于遵守，减少差错。目视管理是一种很简单又很有效的管理方法。

#### (2) 目视管理的特点

① 以视觉信号显示为基本手段，生产现场的每个人都能看得见。

② 以公开化、透明化为基本原则，尽可能地将管理者的要求、意图让每个人看得见，借以推动自主管理、自主控制。

③ 生产现场的每个人都可以通过目视方式，将自己的想法、建议、成果展示出来，与管理者、同事进行相互交流。

所以说，目视管理是一种公开化、视觉显示为特征的管理方式，也称为“看得见的管理”或“一目了然的管理”，这种管理方式存在于各个管理领域之中。

#### (3) 目视管理的作用

① 迅速快捷地传递信息。目视管理根据人类的生理特征，充分利用信号灯、标示牌、符号、颜色等方式发出各种视觉信号，鲜明准确地刺激人们的神经末梢，快速地传递信息。

② 形象直观地将潜在问题和异常现象显现出来。生产现场的运行状态有两种情况，一种是正常状态，另一种就是异常状态。生产现场中每天都会发生各种不同的异常情况，要发现和排除这些异常状态，在管理过程中可以通过目视管理，将“正常状态”予以标示，一旦离开此状态就意味着异常，发生了问题，这样可及早发现，早做处理。比如，冲床上的模具坏了，就会生产出不合格品，如不能及时控制，不合格品就会堆积如山。但是如果采取目视管理，在模具上安装自动检测装置，情况就大不一样，一旦有异常发生，机器能自动停止生产。当机器自动停止，就需检查问题到底出在哪里，是计划性的停机？还是因质量问题而停机？然后有针对性地加以解决。

③ 促进企业文化的形成和建立。目视管理通过对员工合理化建议展示、优秀人物和先进事迹表彰、公开讨论栏、企业宗旨和方向，远景规划等健康向上的内容，使企业中的每一个员工形成较强的向心力和凝聚力，促进企业文化的形成和建立。

### 2. 目视管理的类别

目视管理需要借助一定的工具，按照这些工具的不同，目视管理可划分为：

(1) 红牌。用于 5S 活动中的整理阶段，用来区分日常生产活动中非需要品。

(2) 看板。在生产现场，用来表示使用物品、放置场所等基本状况的告示板。它们的具体位置在哪里？做什么？数量多少？谁负责等等重要事项记入，让人一看就清楚。

(3) 信号灯。用于提示生产现场的操作者、管理者生产设备是否在正常开动或作业，发生了什么异常状况。

(4) 操作流程图。描述生产中重点工序、作业顺序的简要说明书，用于指导工人生产作业。

(5) 反面教材。它和实物、帕累托图结合使用，让生产现场的每个人了解、明白不良现象和后果。一般放在显著的位置，让人们一眼就可以看到。

(6) 提醒板。健忘是人们的大忌，但有时又难以杜绝，借助提醒板这种自主管理的方法来减少遗忘或遗漏。

(7) 区域线。生产的现场，对原材料、半成品、成品、通道等区域用醒目的线条区分划出，保持生产

现场的良好生产秩序。

(8) 警示线。在仓库或生产现场放置物品的现场表示最大或最小的在库量。

(9) 生产管理板。用于表示生产现场中流水线设备的生产状况，可记载生产实绩、设备的开动率、异常原因等。

## 11.3 作业排序

在生产作业管理中，组织零件加工的合理顺序，不仅是单纯的生产加工问题，而且具有十分重要的经济意义，这是因为产品的零件要分别由不同的机床加工，而加工次序又是由一定的工艺规程所规定的。由于不同的零件在各种机床上加工的时间长短不一，从上道工序转到下道工序时，如果机床没有空，就会出现零件等机床的现象。如果下道工序的机床完工后，上道工序还未完成，就会出现机床等零件的现象。所以作业计划在安排时要尽量考虑减少上述现象。零件的加工顺序受工艺过程的限制，完全消除机床等零件或零件等机床的现象是难以做到的。但如何安排使总的加工时间最短和机床空闲的时间最少，是生产作业计划进度安排的重要内容。**11.3.1 n 种零件在一台机床上的作业排序**

假设有一台机床(或一名工人)同时接到 8 项加工零件，每项零件需要加工的时间不同，交货期限也不同，具体情况如表 11.1 所示。

表 11.1 作业排序

零件	J (i)	1	2	3	4	5	6	7	8
时间 (天)	P (i)	10	6	3	1	4	8	7	6
交货期限 (天)	D (i)	35	20	11	8	6	25	28	9

如果这八种零件都由一台机床(或一人)来做，共需 45 天。而最长的交货期限是 35 天，因此没有可能使每个加工零件都按要求限期完成。问题是如何来安排加工顺序使脱期的零件最少，或总的脱期天数最少等。

使用的代号为：

J(i)=零件序号     i=1、2、3……8

P(i)=零件 i 的计划工期(天)

D(i)=零件 i 的要求完工期限(天)

第 i 项零件完成的时间  $A(i)=\sum_{k=1}^i P$  (K)

第 i 项零件脱期的时间  $n(i) \max = \{A(i)-D(i), 0\}$

1. 按先到先做原则安排，计算完成时间和脱期时间，见表 11.2

上述安排结果计有 6 个零件脱期，最多的为 36 天，总共要脱期 92 天。

2. 按最小加工时间顺序原则安排，计算完成时间和脱期天数，见有表 11.3

表 11.2 先到先到原则顺序表



零件 J(i)	工时 P(i)	完成时间 A(i)	交货期限 D(i)	脱期时间 n(i)
1	10	10	35	0
2	6	16	20	0
3	3	19	11	8
4	1	20	8	12
5	4	24	6	18
6	8	32	25	7
7	7	39	28	11
8	6	45	9	36
合计	45	205		92

表 11.3 最小加工时间顺序表

零件 J(i)	工时 P(i)	完成时间 A(i)	交货期限 D(i)	脱期时间 n(i)
4	1	1	8	0
3	3	4	11	0
5	4	8	6	2
2	6	14	20	0
8	6	20	9	11
7	7	27	28	0
6	8	35	25	10
1	10	45	35	10
合计	45	154		33

与先到先做原则比较，脱期的零件减少了，最长的脱期天数少了，总的脱期天数也少了。可见在有交货期限的条件下，用最少加工时间顺序原则，比用先到先做原则可减少脱期的零件和缩短周期。

上述两个原则的顺序都没有考虑到交货限期这个要求，这显然是不妥当的。考虑到这个要求又有两个常用的原则可以应用。

### 3. 按交货期优先原则安排

加工顺序按交货期限 D(i)的顺序来安排，要求交货早的任务先做。下面计算这样安排的完成时间和脱期天数，见表 11.4。

表 11.4 交货期限顺序表

零件 J(i)	工时 P(i)	完成时间 A(i)	交货期限 D(i)	脱期时间 n(i)
5	4	4	6	0
4	1	5	8	0
8	6	11	9	2
3	3	14	11	3
2	6	20	20	0
6	8	28	25	3
7	7	35	28	7
1	10	45	35	10
合计	45	162		25

上表安排结果有 5 个零件脱期，总脱期天数是 25 天，最长的是 10 天。

按交货期优先原则安排加工顺序，能把脱期最长的天数降低到最小。上例中总的工时要 45 天，最长的交货限期是 35 天，因此，任何安排都不可能把最长的脱期天数降到十天以下。

按交货期优先原则，如果工作按照 a、b、c、……顺序施工，使

$$D(a) \leq D(b) \leq D(c) \leq \dots$$

则最大的脱期时间  $\max n(i) = \max \{A(i) - D(i), 0\}$  最小。

4. 按紧迫性优先原则安排

每个零件的交货限期与加工时间之差，表示这个零件在安排加工时具有的松动程度，这个差数称为该零件的紧迫性。如上例中第 1 个零件要做 10 天，交货限期为 35 天，有 25 天可以松动，而第 2 个零件要做 6 天，交货限期为 20 天，有 14 天可以松动。所以在安排加工任务时，第 2 个零件就比第 1 个零件更为紧迫。

用  $O(i) = D(i) - P(i)$

$O(i)$  表示第  $i$  项工作的紧迫件，则

先计算前列各项工作的紧迫性，见表 11.5。

表 11.5 工作紧迫表

i	1	2	3	4	5	6	7	8
$O(i)$	25	14	8	7	2	17	21	3

按  $O(i)$  的顺序安排施工的结果计算如下，见表 11.6。

表 11.6  $O(i)$  顺序安排表

紧迫性 $O(i)$	零件 $J(i)$	工时 $P(i)$	完成时间 $A(i)$	交货限期 $D(i)$	脱期天数 $n(i)$
2	5	4	4	6	0
3	8	6	10	9	1
7	4	1	11	8	3
8	3	3	14	11	3
14	2	6	20	20	0
17	6	8	28	25	3
21	7	7	35	28	7
25	1	10	45	35	10
	$\Sigma$	45	167		27

5. Moore 法则

有时为了无法满足所有的交货限期要求，往往会考虑把某一项或几项任务移交给别的单位承做。这时就要考虑如何安排使脱期的项目数最少，退掉尽量少的任务，而使其他任务都能如期完成。

Moore 法则是使脱期项目最少的安排施工顺序的法则，其方法是：按交货期优先法则逐项安排，先安排交货限期最早的工作，计算一下这项工作是否脱期如不脱期，接下去按交货期优先原则继续安排，如果碰到一项任务计算下来脱期，就把这项任务放到最后施工，再接下去按交货期优先原则继续安排，这一项任务计算下来要脱期时也同样处理。这样安排出的施工顺序必然是脱期项目最少。

照这个方法安排，上面的例子先做工作 5，再做工作 4，安排到工作 8 时，有脱期，把工作 8 放到最后，继续安排工作 3、2、6、都没有脱期。安排到工作 7 时又出现脱期，把工作 7 放到最后，继续按交货期优先原则安排，如果见表 11.7。

表 11.7 交货期优先原则顺序表

交货限期 $D(i)$	零件 $J(i)$	工时 $P(i)$	完成时间 $A(i)$	脱期时间 $n(i)$
6	5	4	4	0
8	4	1	5	0
(9)	(8)	(6)	(11)	(2)
11	3	3	8	0
20	2	6	14	0
25	6	8	22	0
(28)	(7)	(7)	(29)	(1)
35	1	10	32	0
9	8	6	38	29
28	7	7	45	17

因此只要退掉

8、7 两项工作，其他任务都可以在限期内完成。

11.3.2 n 种零件在二台机床上的作业排序

两台不同设备加工多种零件，它们的工艺顺序相同。用约翰逊——贝尔曼方法求解排序，可使总加工时间最短。现假设有五种零件均要经过先车后铣两道工序，这些零件的工时定额如表 11.8 所示：

表 11.8 工时定额表

零件名称 工序名称	A	B	C	D	E
车床加工（小时）	5	8	10	4	7
铣床加工（小时）	11	9	3	2	6

如何安排才能使零件加工顺序所需的加工时间最短

安排加工顺序的步骤：首先，找出表中工序工时定额最小值的零件(若两个最小值相等，任取一个)凡属前道工序的排在最前加工，属后道工序则排在最后加；其次，将已工作安排的零件剔除，再依次排序，直到排出全部零件的加工顺序，上例中 2 小时最小，属后道工序，则 D 零件最后加工；接着再找，3 小时最小，属后道工序，C 零件最后加工，则须排在 D 零件之前加工，接着再找，5 小时最小，属前道工序，则 A 零件排在最前加工。依此类推，便可找出全部零件的最优加工顺序是：

$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow C \rightarrow D$

采用这种加工顺序，上述 5 种零件的全部加工所需时间最短，即总的加工周期为 36 小时，其加工周期可用条形图如图 11.3 所示：

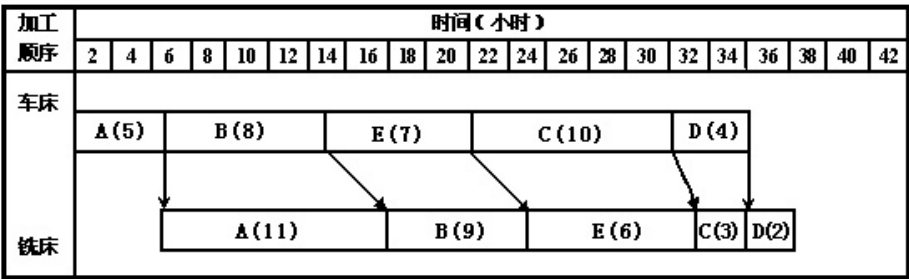


图 11.3 加工周期图

11.3.3 n 种零件在三台机床上的作业排序

当几种零件在三台不同设备上加工，而工艺顺序相同时，可用约翰逊——贝尔曼的扩展方法来安排顺序；但要求各零件在三台设备上的加工时间必须等合下述条件之一：A 设备上的最小加工时间大于或等于 B 设备上的任一加工时间；或 C 设备上的最小加工时间大于或等于 B 设备上的任一加工时间。符合上述条件之一时，可把该设备的各零件加工时间与另外两台设备的各零件加工时间依次分别相加，合并为假想的两台设备，再按两台设备安排顺序。

例如，设有五种零件在三台不同设备上的加工时间如表 11.9 所示，求如何安排才能使总加工时间最短。

表 11.9 加工时间表

零件名称	加工时间（小时）		
	车床(A)	铣床(B)	磨床(C)
甲	15	3	4
乙	10	4	7
丙	8	6	3
丁	7	5	8
戊	11	2	6

表 11.10 加工时间表

假想设备	
G=A+B	H=B+C
15+3=18	3+4=7
10+4=14	4+7=11
8+6=14	6+3=9
7+5=12	5+8=13
11+2=13	2+6=8

表 11.9 看出，车床(A)上的最小加工时间大于铣床(B)上的任一加工时间，符合将三台设备变换为两台设备条件，故用 G、H 来代替这三台设备，并计算出各零件在两台假想设备上的加工时间，如表 11.10 所示。经合并为两台假想机床(G、H)之后，便可排出全部零件的最优加工顺序为：丁→乙→丙→戊→甲。总的加工周期是 58 小时，为最短。绘成条形图如图 11.4 所示：

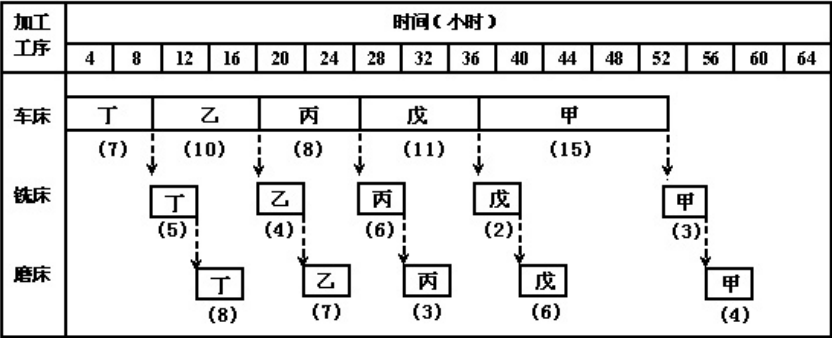


图 11.4 加工周期表

11.3.4 两种零件在 m 台机床上作业排序

该情况可用“艾克斯”图解法排序

例 1 两种零件，工序数、工艺顺序相同。

设有 A、B 两种零件分别在 M<sub>1</sub>，M<sub>2</sub>，M<sub>3</sub>，M<sub>4</sub> 四台机床上加工，其加工时间如表 11.11：

表 11.11 零件资料

零件\机床	机床			
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>
A	3	1	1	3
B	2	1	2	3

根据表 11.11 作下图，横坐标为生产 A 零件的作业时间；纵坐标为生产 B 零件的作业时间，在坐标上分别作出 3、1、1、3 和 2、1、2、3 的加工进度，并画出矩形，具体图形如图 11.5 。

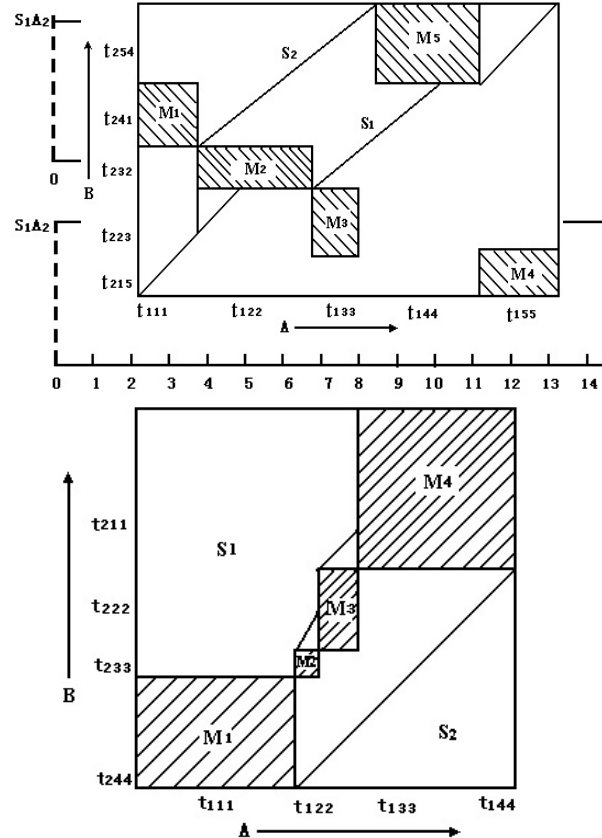


图 11.5 “艾克斯”示意图

加工进度是从原点出发，由水平线段、垂直线段和按  $45^\circ$  线组成的一组折线表示。 $45^\circ$  线表示零件 A 和零件 B 的加工在不同的机床上同时进行。水平线段只表示零件 A 的加工，垂直线段只表示零件 B 的加工。为求得加工过程等待时间的缩小，可尽量利用  $45^\circ$  斜线。本例的加工程序有  $S_1$  和  $S_2$  两种，其加工工时用条形图说明，如图 11.6

图 11.6 加工工时条形图

根据上述条形图所示  $S_2$  的加工工时合计为 11 小时，而  $S_1$  则需要 14 小时，因此计划加工顺序应按  $S_2$  方案为佳。

上例举例因两种零件工序的顺序相同，一般称之为流水车间进度安排图解法。

例 2 两种零件，工序数相同，工艺顺序不同时，求其合理的加工顺序，具体资料如表 11.12：

表 11.12 零件资料

零件	工序 1		工序 2		工序 3		工序 4		工序 5	
	机床	工时	机床	工时	机床	工时	机床	工时	机床	工时
A	M <sub>1</sub>	2	M <sub>2</sub>	3	M <sub>3</sub>	1	M <sub>4</sub>	3	M <sub>5</sub>	2
B	M <sub>5</sub>	1	M <sub>3</sub>	2	M <sub>2</sub>	1	M <sub>1</sub>	2	M <sub>4</sub>	2

根据表 11.12 资料作图 11.7 和图 11.8：

图 11.7 “艾克斯”示意图

图 11.8 加工工时条形图

本例的加工程序也有  $S_1$  和  $S_2$  两种，加工工时用条形图示意，如图 11.8：

上述  $S_1$  的加工时间为 11 小时， $S_2$  为 13 小时，因此计划安排应以  $S_1$  方案为佳。

## 本章小结

企业的生产现场就是各种生产要素有机结合的活动场所，现场管理就是运用科学的管理方法、手段，对现场的各种生产要素进行计划、组织、指挥、协调和控制，以达到优质、低耗、安全和文明生产的目的。

现场管理的任务就是要制定切实可行的现场管理标准、考核评估的方法与指标，推行一些行之有效的现场管理的方法和手段，以提高现场管理的水平。

现场管理评价可以从管理体系、现场专业管理、原始记录管理、员工素质的提高等方面进行。

定置管理就是对生产现场中物品的定置进行设计、组织实施、调整、协调和控制的全过程的管理。

定置管理的基本原理就是分析、研究生产现场人与物品四种结合状态，人与物的结合成本，生产现场与物的关系，人与物的联系信息。

5S 活动就是指对生产现场各生产要素所处的状态，不断地进行整理、整顿、清扫、清洁，以达到提高素养的活动。

企业推行 5S 活动可以达到提高工作和生产效率、改善产品的品质、保障企业安全生产、降低生产成本提高企业经济效益、缩短生产周期确保交货期、改善员工的精神面貌提高企业的形象等目的。

目视管理就是利用人的视觉感知信息来组织现场生产活动，以提高生产效率的一种管理方法或手段。它具有迅速快捷地传递信息，形象直观地将潜在问题和异常现场显现出来，促进企业文化的形成和建立的作用。

目视管理一般需借助红牌、看板、信号灯、操作流程图、反面教材、提醒板、区域线、警示线和生产管理板等工具、形式对生产现场进行管理。

在生产作业管理中，要对加工对象的顺序作出合理安排，以缩短生产周期，减少在制品，及时交货都有重要意义。主要介绍几种零件在一台机床上的作业排序，几种零件在二台机床上的作业排序，几种零件在三台机床上的作业排序，两种零件在  $m$  台机床上的作业排序等内容。

---

## 复习与思考

---

1. 什么是现场?什么是生产现场?什么是现场管理?
  2. 现场管理的任务、考核指标有哪些?
  3. 什么是定置、定置管理?定置管理的基本原理和内容是什么?
  4. 什么是 5S 活动?5S 活动的基本内容?
  5. 什么是目视管理?目视管理的特点和作用是什么?目视管理的类别有哪些?
  6. 如何根据不同要求进行不同方法的作业排序。
-

# 案例分析

---

## 让病人等待？这事不会发生在我的办公室

医生和病人之间的良好关系从双方都能准时赴约开始。在我的科室——小儿科，这显得尤其重要。一些只是生了小病的孩子的母亲不想她的孩子跟真正得了重病的孩子一起坐在候诊室，而那些得了重病的孩子如果等得太久也会烦躁不安。

最近的一次调查表明，病人在办公室外面的平均等待时间达到 20 分钟，病人可能容忍这些，但是他们并不喜欢。

在我的办公室里，我不能容忍这些，我 99%以上是在预约时间接待患者的。所以，在我的繁忙的单独行医的经历中，遇到过很多感激的病人。病人经常对我说：“我们真的很感激您的准时接待。为什么其他的医生做不到呢？”我的回答是：“我不知道，但是我很愿意告诉他们我是怎么做的。”

### 1. 按实际情况安排预约

成功计划的关键是根据所需的服务类型，为每次就诊安排适当数量的时间，然后坚持这个计划。这就是说，医生要小心掌握好自己的节奏，如果偏离了计划，接待员就要进行纠正，并且要告诉患者遵守他们的预约时间。

当预约好了以后，每一个病人都会收到一个确定的时间，像 10:30 或者 2:40。在我的办公室里，对病人说“10 分钟以后来”或者“半小时以后来”是绝对不允许的。人们对这些指示的理解是不同的，而且没有人知道他们到底什么时候会到。

我经常使用的有三个候诊室，第四个是留给小孩子的，第五个留给急诊病人。有这么多的房间，我可以不把时间浪费在等待病人上，而且病人也很少需要呆在接待处。实际上，一些小孩子抱怨他们在看病前，他们很难有时间在候诊室玩玩具和拼图，他们的母亲只是让他们在出来的路上玩一会儿。

第一次就诊，我们安排的时间是 30 分钟，通常都是以半小时或小时为单位来安排计划。如果我比计划时间早一些完成诊治，我们就可以为一个需要立即诊治的病人挤出一段时间。如果需要，我们还可以在健康检查的 15 分钟内预约 2~3 个病人。有了这些可以利用的缓冲时间，我就可以在一个严重的病症上多花 10 分钟，因为我知道损失的时间很快可以得到弥补。

新来的病人的父母会被要求在预约前的几分钟到办公室，完成一些初步的文字登记工作。在那个时候，接待员就会告诉他们，“这位医生总是很准时就按预约时间诊治的”。一些病人已经知道了这一点，并且就是因为这个才选择我的。但是，另外一些甚至不知道有医生会如此准时，所以我们觉得在第一次就诊就告诉他们最好。

### 2. 急诊安排

在大多数情况下，急诊是医生未能遵守预约时间的原因。当一个手臂断了的小孩来就诊或者接到医院电话去参加一个剖腹产急救手术的时候，很自然我就会放下手中的其他工作。如果只是中断了一小会儿，那么还可以设法赶上原来的计划。如果可能要很长的时间，那么接下来的几个病人就可以选择继续等待或者安排新的预约。偶尔，我的助手需要对接下来的一个或者两个小时进行重新安排。不过，通常这种中断都不会超过 10~20 分钟，而且病人通常也会选择继续等待。接下来我会把他们安排到为重症病人额外保留的时间里。

当我回到我刚才离开的病人的时候，我说：“实在对不起，让您久等了，我有个急诊——伤得很厉害”（或者说些类似的）。这些父母通常的回答是，“没问题，医生。在我来这里的这些年里，您从来没有让我等过。而且我想，要是我的孩子受伤了，我也会希望您离开这个屋子的。”

除了急诊，我还碰到几次没有预约就直接过来的情况。因为在这个社区里，大家都知道除了急诊情况外，我只按照预约接待病人，所以对于没有预约的非急诊的情况，会按照预约电话那样处理。接待员会问来访者是想咨询还是想预约，如果是后者，就为他(她)安排一个诊治一般病症的最早的时间。

### 3. 电话处理

来自患者的电话，如果你不能好好处理，会破坏你的预约计划。但是我这里没有这种问题。和其他的

小儿科医生不同，我没有规定的电话时间，但是我的助手在办公时接听来自患者母亲的电话。如果电话比较简单，比如“一个一岁的孩子应该服用多少阿司匹林”等，那么我的助手就会回答。如果这个问题需要我的回答，那么助手就会写在患者表里，在我给下一个孩子诊治的时候交给我。由我和助手写下答案，然后助手传达给打电话的人。

如果打电话的人坚持要跟我说话怎么办呢?标准的回答是“如果时间不超过 1 分钟，医生将会和你直接通话，不然您可能要安排预约再过来”。在这种情况下，我很少要答复电话。但是如果母亲很忧虑，我还是愿意和她通话。我不会把她的电话时间限制在 1 分钟内，我可以让通话延长到 2~3 分钟。不过打电话的人知道我是离开病人跟她通话，所以也会使通话简短。

#### 4. 迟到处理

有些人习惯于迟到，其他一些人偶尔迟到有合理的理由，比如车胎爆了等等。但是不管如何，如果他们比约定时间晚 10 分钟以上到达办公室的话，我很难立即为他们诊治。因为这样做就会耽搁那些按时到达的病人。迟到不到 10 分钟的人，还是可以立即得到诊治，但是他们会被提醒已经迟到了”

当超过了为一病人预约的时间 10 分钟以上，病人还没有出现在办公室时，那么助手就会打电话到他家里，安排晚一些的预约。如果没有应答，并且病人在几分钟后到达办公室，接待员会很有礼貌地说：“嗨!我们正在找您呢!医生不得不为其他预约的病人诊治了，但是我们会尽快把您插进去的。”然后在患者表上做记录，记下日期、迟到的原因以及他是那天诊治了还是另外约时间了。这样可以帮助我们鉴别那些总是迟到的人，在需要的时候采取强硬点的措施。

#### 5. 不露面处理

对于预约好了但最终没有出现、电话也找不到的病人怎么处理呢?这些也会被记在患者表中。通常有很简单的解释，比如出城了或者忘了预约。如果第二次出现，我们会重复同一步骤。如果第三次发生，病人就会收到一封信，提醒他时间已经留出来，但是他三次都没有出现；并且会告诉他，将来他会为这些浪费的时间付账的。

这是我们给少数几个影响我们计划的人的最强硬的措施，但是我从来没有因为病人这么做而抛弃他们。事实上，我不记得要求一个没有出现过的人付过账。威胁他们会这么做只是帮助他们改正，而且当他们来的时候——几乎所有人都会这样的——他们会得到同其他病人一样的便利和尊重。

资料来源: W.B.Schafer, “Keep patients waiting?Not in my office” .Medical Economics, May12,1986,pp.137~141.COPYRIGHT 1986 AND PUBLISHED BY MEDICAL ECONOMICS COMPANY,INC.,ORADELL,NJ 07649.,PERINTED BY PERMISSSION

#### 思考题:

1. 在获得很多的“感激的病人”方面，哪些预约计划系统的特征是关键性的?
2. 应该遵循什么样的程序，才能使预约系统具有充分的灵活性来适应急诊情况，同时又可以跟上其他病人预约的时间?
3. 对于诸如迟到和不露面情况，应该如何处理?

---

## 练习题

---

1. 某一台机床同时接到 8 项加工任务，每项任务的序号、加工时间和交货期限见下表: (单位: 天)

任务序号 Ji	1	2	3	4	5	6	7	8
加工时间 Pi	20	12	6	2	8	16	14	12
交货期限 Di	70	40	22	16	12	50	56	18

要求: (1) 按先到先做原则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

(2) 按最小加工时间顺序原则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。



(3) 按紧迫性优先原则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

(4) 按 Moore 法则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

2. 有 6 项待加工的作业在某工作中心需要进行的加工，作业时间如下表所示：

作业	作业时间/小时	预定交付日期/小时
A	12	15
B	10	25
C	6	20
D	14	12
E	5	9
F	7	14

试求：(1) 按先到先做原则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

(2) 按最小加工时间顺序原则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

(3) 按紧迫性优先原则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

(4) 按 Moore 法则安排，计算哪些任务脱期，及总的脱期时间。

3. 下面 6 个工件需要在两台机床上按顺序加工，用约翰逊—贝尔曼方法对其排序，使加工时间最小。

工件	加工时间		单位：小时
	机床 1	机床 2	
A	5	2	
B	18	15	
C	1	9	
D	13	11	
E	17	3	
F	18	7	

4. 有四个零件，均需经过 M1 和 M2 两个设备加工，试排出最优的加工顺序，使生产周期最少。

零件	单位：小时			
	J1	J2	J3	J4
M1	120	40	80	110
M2	80	90	100	50

5. 有 5 项任务都需要两步操作(先 1 后 2)来完成，下表给出了相应的工作时间

任务	操作 1 所需时间 (小时)	操作 2 所需时间 (小时)
A	3.0	1.2
B	2.0	2.5
C	1.0	1.6
D	3.0	3.0
E	3.5	1.5

- 要求：(1) 根据约翰逊—贝尔曼方法排出最优的工作顺序；
- (2) 用甘特图表示出任务的进行情况，总的加工时间是多少？
6. 有 4 种零件，工艺顺序为  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow$  完成，工时定额如下：

单位：小时

零件	a	b	c	d
设备 A	8	6	9	10
设备 B	5	4	4	2
设备 C	7	12	8	10

- (1) 以什么方法可以得到最佳加工顺序，总加工时间可比按自然序号顺序加工节约多少时间
- (2) 计算排序前的加工总时间、机床空闲时间及零件等待加工的时间。

7. 有 A、B 两种零件在  $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5$  五台机床上加工，加工时间如下用图解法计算其加工总时间。

Mi/工时/Ji	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$
A	2	3	1	4	2
B	1	3	2	1	3

8. 有 5 种零件先后在 A、B、C 机床上加工，每种零件的加工时间如下表所示。试求：
- (1) 判断可否用约翰逊—贝尔曼方法排序。
- (2) 若可，试用约翰逊—贝尔曼方法排序。
- (3) 排序后，总的加工时间缩短了几个小时？
- (4) 排序前，在 B 机床加工过程中，零件等待加工与机床空闲的时间各为几个小时。

序号	PiA	PiB	PiC
1	6	2	8
2	8	1	7
3	4	3	9
4	5	7	8
5	3	3	11

9. 假设有 7 个零件需要在两个工作中心进行，加工顺序为先在工作中心 1 进行加工，后在工作中心 2 上进行加工，每个零件的加工时间(单位为小时)如下表所示，请找出一个最优的排序计划，使完成所有零件的加工总时间达到最少。

		工作中心	
		工作中心 1	工作中心 2
零件	A	5	7
	B	9	3
	C	4	10
	D	7	5
	E	15	9
	F	9	3
	G	12	8

## 第 12 章 库存管理

---

### 本章关键词

---

零库存 (Zero Inventory)

ABC 分析法 (ABC Analysis)

经济批量 (Economic Quantity)

定量储存模型 (Quantity Inventory Model)

订货模型 (Order Model)

定期订货控制法 (Control Method of Periodic Order)

订购点控制法 (Control Method Of Order Point)

<http://www.mysteel.com/>  
[http:// www.esyntime.com/](http://www.esyntime.com/)  
[http:// www.ce.cn/](http://www.ce.cn/)

库存是一种处于储备状态的，尚未被运用的社会资源。优秀的库存管理是绝大多数企业及其供应链成功运作的关键。

库存管理是生产管理体系中最为悠久的分支之一，库存管理的内容包含仓库管理和库存控制两个部分。仓库管理的内容是指库存物料的科学保管，以减少损耗，方便存取；库存控制则是要求控制合理的库存水平，即用最少的投资和最少的库存管理费用，维持合理的库存，以满足使用部门的需求和减少缺货损失。本章主要讨论库存控制。

## 12.1 库存管理概述

### 12.1.1 库存（Inventory）的定义

国民经济的各个行业，尤其是制造业和服务业都会遇到库存问题。狭义的理解，库存即放在仓库中，暂时未被利用的物资。从广义上理解，凡是处于暂时闲置状态，尚未被利用的各类社会资源都可被视为库存。与这种资源是否存放在仓库中，是否处于运动状态没有关系。放在仓库里是闲置，准备被利用，铁路运输中的货物，是为了未来需要而闲置在途中，是一种在途库存。

### 12.1.2 库存的作用

库存是闲置的资源，不能立即为企业产生效益，但库存又是必须的，因为库存有以下重要的作用。

#### 1. 满足预期顾客的需求

一定的成品库存可以使顾客很快采购到他们所需要的物品。这样，可以缩短顾客的订货提前期，也有利于供应厂商争取预期顾客。

#### 2. 平滑生产的均衡性

外部的需求总是波动的，而企业的生产要求具有均衡性。要满足需方的波动的需求，又要使供方的生产均衡，就必须维持一定量的库存。

#### 3. 分摊订货费用

订货需要费用，需要一件订购一件，将订货费用摊在一件物品上，是不经济的。一次采购一批，虽然会造成库存，但可以将订货费用分摊到各件物品上，是经济的。在生产过

程中，采用批量生产加工，可以分摊生产准备费用和结束整理费用。

#### 4. 防止缺货

维持一定量的库存，可以防止缺货的产生。商店没有一定量的货物库存，顾客就买不到东西；酒店没有一定的床位库存，游客就不能入住；在生产过程中维持一定量的在制品，可以防止生产因缺货而中断。

#### 5. 避免价格上涨

企业对有涨价可能性的物资会加大库存量，也会通过加大订货量以获取数量折扣。

库存具有重要的作用，但也有其不利的一面。库存要占用资金，物资的库存要修建仓库；要维持库存物品不损耗、不老化，都需要大量支出。不仅如此，大量的库存还可能掩盖某些管理中的问题。

### 12.1.3 库存控制的目标

#### 1. “零库存”的境界

“零库存”的观念在 20 世纪 80 年代成为一个流行的术语。如果供应部门能够紧随需求的变化，在数量上和品种上都可以及时供应所需物资，即实现供需同步。那么，库存就可以取消，即达到“零库存”。

有一项统计反映，美国拥有的存货价值超过 6500 亿美元，这些存货由于这种或那种原因存放在仓库里，如果能将其中的一半解放出来用于投资，按比较保守的 10% 的收益率计算，将有 325 亿美元的年收入。因此，企业经营者将减少库存作为一种潜在的资本来源，将“零库存”作为一种追求，就不足为怪了。

但由于需求的变化往往随机发生，难以预测，完全实现供需同步是不易做到的，而且由于供应部门、运输部门的工作也会不时出现某些故障，使完全的“零库存”只能是一种理想的境界。

#### 2. 库存控制的目标

现代管理要求在充分发挥库存功能的同时，尽可能地降低库存成本。这是库存控制的基本目标。

库存控制应实现：

##### （1）保障生产供应

库存的基本功能是保证生产活动的正常进行，保证企业经常维持适度的库存，避免因供应不足而出现非计划性的生产间断。这是传统库存控制的主要目标之一。现代的库存控制理论虽然对此提出了一些不同的看法，但保障生产供应仍然是库存控制的主要任务。

##### （2）控制生产系统的工作状态

一个精心设计的生产系统，均存在一个正常的工作状态，此时，生产按部就班地有序进行。生产系统中的库存情况，特别是在制品的数量，与该系统所设定的在制品定额相近。反之，如果一个生产系统的库存失控，该生产系统也很难处于正常的工作状态。因此，现代库存管理理论将库存控制与生产控制结合为一体，通过对库存情况的监控，达到生产系统整体控制的目的。

##### （3）降低生产成本

控制生产成本是生产管理的重要工作之一。无论是生产过程中的物资消耗，还是生产过程中的流动资金占用，均与生产系统的库存控制有关。在工业生产中，库存资金常占企业流动资金的 60%—80%，物资的消耗常占产品总成本的 50%—70%。因此，必须通过有效的库存控制方法，使企业在保障生产的同时，减少库存量，提高库存物资的周转率。

## 12.2 库存 ABC 管理

企业的库存物资种类繁多,对企业的全部库存物资进行管理是一项复杂而繁重的工作。如果管理者对所有的库存物资均匀地使用精力,必然会使其有限的精力过于分散,只能进行粗放式的库存管理,使管理的效率低下。因此,在库存控制工作中,应强调重点管理的原则,把管理的重心放在重点物资上,以提高管理的效率。ABC 分析法便是库存控制中常用的一种重点控制法。

### 12.2.1 ABC 分析法的基本思想

意大利经济学家帕累托 (Vilfredo Pareto) 在调查 19 世纪意大利城市米兰的社会财富分配状况时发现,米兰市社会财富的 80% 被占人口 20% 的少数人占有,而占人口 80% 的多数人,仅占有社会财富的 20%。帕累托将其统计结果,按从富有到贫穷的顺序排列,绘制成管理界所熟知的帕累托图 (如下图 12.1)。

后来,发现类似于帕累托图所显示的分布不均匀的统计现象,不仅存在于社会财富的分布上,而且普遍存在于社会经济生活的许多方面。即所谓的 20—80 律,也有简称为 2—8 律的。ABC 分析法基于 20—80 律,即 20% 左右的因素占有 (带来) 80% 左右的成果。如,在超市中,占品种数 20% 左右的商品为企业带来了 80% 左右的销售额,20% 左右的员工为企业作出了 80% 左右的贡献等。

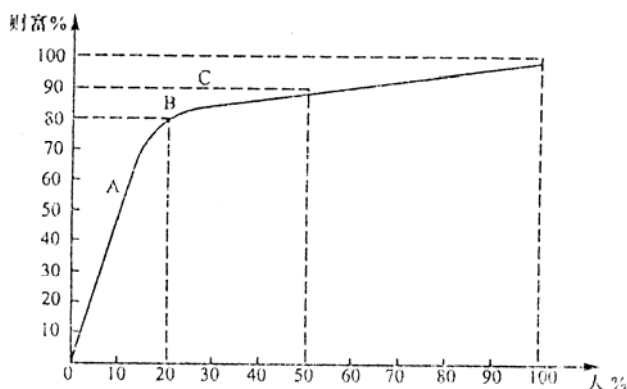


图 12.1 帕累托图

库存管理的 ABC 分析法还在 20—80 律的指导下,分析企业的库存,以找出占有大量资金的少数物资,并加强对它们的控制。这样,可以只用 20% 左右的精力就控制了 80% 左右的库存资金的管理。而对那些只占少量资金的多数物资,则施以较轻松的控制和管理。

ABC 分析法把企业占用 65%—80% 价值,而品种数仅为 15%—20% 的物资划为 A 类;把占用了 15%—20% 价值,品种数为 30%—40% 的物资划为 B 类;把占用了 5%—15% 价值,品种数为 40%—55% 的物资划为 C 类。对 ABC 各类物资采用不同的管理方式,增强管理的针对性。达到简化管理程序,提高管理效率的目的。

### 12.2.2 ABC 分析法的实施

实施 ABC 分析法的具体步骤:

1. 根据企业的库存物资信息,计算各库存物资占用资金情况。

具体做法是把每一种物资的年使用量乘上单价。年使用量可以根据历史资料或本年预测数据来确定。为更好地反映现状，一般使用预测数据。

2. 把各库存物资按资金占用情况，从多到少的顺序排列，并计算出各库存物资占用资金的比例。（见表 12.1）

表 12.1 浦光机器厂 2004 年库存物资资金占用统计表

物资代码	年使用量	单价（元）	年资金占用量（万元）	资金占用比例（%）
K-8	400 件	20000	800	47.23
S-12	500 件	10000	500	29.52
S-8	2000 件	600	120	7.08
X-7	2500 件	400	100	5.90
W-30	4000 件	200	80	4.72
G-37	4000 件	100	40	2.36
G-23	2000 件	100	20	1.18
H-22	2000 件	80	16	0.95
H-44	5000 件	20	10	0.59
H-16	8000 件	10	8	0.47
合计			1694	100

3. 分析各库存物资占用资金情况，将各物资归入相应的类别，完成分类。表 12.2 是对表 12.1 的数据进行分类处理后的结果。

表 12.2 浦光机器厂 2004 年库存物资 ABC 分类汇总表

物资类别	物资代码	年资金占用量（万元）	占用资金比例（%）	占种类比例（%）
A	K-8、S-12	1300	76.75	20
B	S-8、X-7、W-30	300	17.7	30
C	G-23、G-37、H-16、H-22、H-23、H-44	94	5.55	50
		1694	100	100

### 12.2.3 ABC 分析法的运用

对库存物资进行 ABC 分类后，企业可以对不同类别的物资采用不同的控制策略。

1. A 类物资

是控制的重点，应该严格控制其库存储备量、订货数量、订货时间。在保证需求的前提下，尽可能减少库存，节约流动资金。

2. B 类物资

可以适当控制，在力所能及的范围内，适度地减少 B 类库存。

3. C 类物资

可以简单控制，增加订货量，加大两次订货期间的时间间隔，在不影响库存控制整体效果的同时，减少库存管理工作的工作量。

需要注意的是，在实际的库存物资分类工作中，在考虑到资金占用情况的同时，要兼顾供货和物资重要程度等因素。一些特别关键或供应较难保障的物资，虽然占用资金不多，但需要按 A 类物资对待。

### 决策借鉴

### 沃尔玛的大规模库存

沃尔玛的库存规模庞大、记录精确，象大西洋舰队的调动，又象长江三峡工程的运作。

在处理沃尔玛的税务案件时，法官大卫·拉劳（David Laro）从幕后观察了沃尔玛的运作。他说，沃尔玛的库存记录准确有效，国内外的其他许多公司在这方面都应该拜沃尔玛为师。

沃尔玛花 4 - 6 周的时间进行库存的准备工作，公司的内部审计部门提前 45 天给每个分店下达库存指南，内容包括库存管理的各项具体要求以及 13 项业务流程。

沃尔玛的库存管理小组有 18 - 40 名成员，由盘点员和公司运行部门、损失预防部门和内部审计部门的代表组成。

沃尔玛的各分店一般在上午 8 点到下午 6 点之间做好库存记录，库存记录填写完毕之后，盘点小组立即盘点，并将盘点结果与库存记录进行比较，根据盘点结果来修正库存记录，最后由公司内部审计部门复审

所有物资每 11 - 13 个月彻底盘点 1 次，大部分盘点在 3 - 9 月份进行。彻底盘点一般不在 11 月份和 12 月份进行，因为这时盘点会干扰大家过圣诞节；也不在 1 月份的第 1 周进行，因为这时员工还没完全进入工作状态，他们正忙于互致问候与互赠礼品。

沃尔玛的库存年周转 4.5 次（同行竞争者的年平均周转次数为 2.8 次），所有分店销售的产品的品种在 6 万 - 9 万种之间。从这些数字可以看出，沃尔玛的库存管理工作做起来不是那么容易。

沃尔玛在两次盘点之间采用一个专门的连续系统来记录商品售出时间、售出商品的成本和数量。这样，每个盘点期之后所售商品的成本与数量都能准确地统计，同时也能知道任何时候手中现货的成本和数量。

资料来源: W.Riggles. "Inventory on a Grand Scale," Supermarket Business, February 1997 p.45. Reproduced with permission from Supermarket Business.

## 12.3 库存控制模型

### 12.3.1 物资储存模型和经济订购批量的制定

#### 1. 无保险储备的定量储存模型

图 12.2 是无保险储备的库存变化模型，从中可看出当时间为零时，储存量为  $Q$ ，随着生产进行，物资陆续领出，库存成线性递减。当库存量降到  $R$  时，采购人员就得以批量  $Q$  的数量去订购，并要求在时间  $T_L$  内送到，以保证生产的进行。现在的问题是如何来确定订



购批量  $Q$ ，使总费用最省

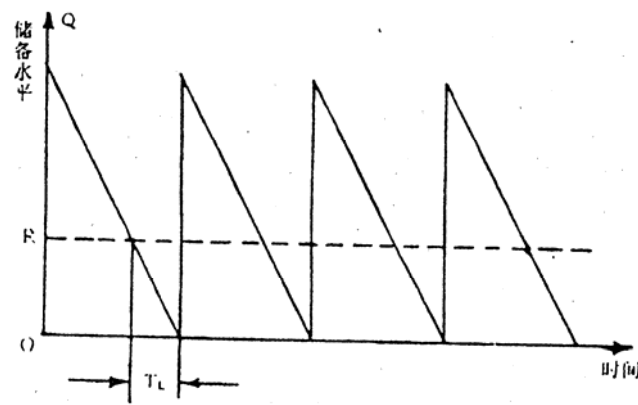


图 12.2 无保险储备的定量储存模型

。设  $A$  为该物资全年需要量， $M$  为物资单价， $C$  为单位物资全年持有费用， $P$  为每次订购费用。因库存量在  $Q$  与零之间均匀变动，则其理论上的库存量平均值为  $\frac{Q}{2}$ 。于是，全年持有费用为  $\frac{Q}{2}C$ 。全年订购费用应为每年订购次数  $\frac{A}{Q}$  与  $P$  的乘积。全年物资费用为  $AM$ ，则全年总费用  $T$  为

$$T = \frac{CQ}{2} + \frac{AP}{Q} + AM$$

式中： $AM$  为全年固定的物资费用

$$\frac{CQ}{2} + \frac{AP}{Q} \text{ 为全年可变费用}$$

可变费用的大小随着  $Q$  的变化而变化。式中  $C$ 、 $P$ 、 $A$ 、 $M$  都是常量，故  $T$  实际上只是  $Q$  的函数。现要知  $Q$  为多少才能使  $T$  最小，这可用求极小值的方法求得。即令：

$$\frac{dT}{dQ} = \frac{C}{2} - \frac{AP}{Q^2} = 0$$

$$\text{得 } Q = \sqrt{\frac{2AP}{C}}$$

再求二次导数：

$$\frac{d^2T}{dQ^2} = \frac{2AP}{Q^3} > 0$$

因而求得经济批量（简称 EOQ） $Q_0$  为：

$$Q_0=\sqrt{\frac{2AP}{C}}$$

因此，只要知道 A、P、C 三个数值，即可算出 Q<sub>0</sub>。

[例 1] 某厂每年需某种零件 4,000 件，该零件单价 10 元，每只零件每年的持有费用为 5 元，每次订购费用为 100 元，求经济批量 Q<sub>0</sub>。

由题意知：A=4,000 件，C=5 元/件，P=100 元，M=10 元/件，则经济批量

$$Q_0=\sqrt{\frac{2AP}{C}}=\sqrt{\frac{2\times 4000\times 100}{5}}=400\text{件}$$

经济批量也可用列表法和作图法求得。现以上例的数据为例列表如表 12.3。表中第一

项分别取不同的 Q 值，然后算出  $\frac{QC}{2}$ 、 $\frac{AP}{Q}$  和  $\frac{QC}{2}+\frac{AP}{Q}$ 。在全年总可变费用这项中

可看出最小值为 2,000 元，其对应的 Q 为 400 件，这就是经济批量 Q<sub>0</sub>。

表 12.3 用列表法求经济批量 Q<sub>0</sub>

批量 Q	全年持有费用 $\frac{QC}{2}$	全年订购费用 $\frac{AP}{Q}$	全年总可变费用 $\frac{QC}{2}+\frac{AP}{Q}$
0	0	∞	∞
100	250	4000	4250
200	500	2000	2500
300	750	1333	2083
400	1000	1000	2000
500	1250	800	2050
600	1500	667	2167
700	1750	571	2321

用作图法求经济批量如图 12.3。图中横坐标代表订购批量 Q，纵坐标代表费用。将上表中的数值在坐标系中一一作出对应点，连接相应的点得出三条曲线。从曲线中可看出，当 Q=400 件/次时，其全年总可变费用值最小，此 Q 值即为经济批量 Q<sub>0</sub>。

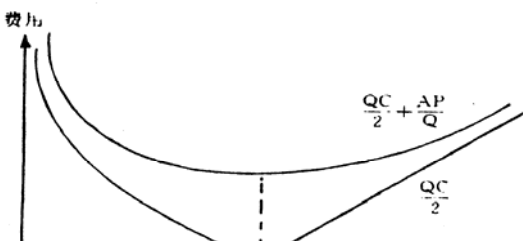


图 12.3 订购批量与费用的关系

(1) 对经济批量曲线图的分析

① 由图中可知，经济批量  $Q_0$  附近的曲线较平坦，因此， $OQ_0$  稍有偏差对可变费用影响不大；

② 该数学模型是理想状态，实际生产用料不可能绝对均匀，所需采购物资也不一定如期如量到达，因此物资实际库存总会有过多或不足情况发生；

③ 以上的模型只是考虑持有费用和订购费用，实际上还应考虑很多因素，如：订购量大而价格有折扣的问题，供应来源有富余或紧张的情况，价格有起落的情况，物资运输是否适合车运吨位的问题，以及企业资金有宽余和紧张等问题。

(2) 经济批量曲线图在实际工作中的灵活运用

① 对低廉的物品就应采用比经济批量较大的数量去采购较合适，例如不要因为螺钉垫圈之类的物资短缺而使生产中断；改为“对价格低廉的物品可以采用比经济批量较大的数量去采购。”

② 对贵重物品应采用比经济批量较小的数量去采购较合适，宁可多采购几次，不要积压贵重物资；

③ 遇到一次购货量大而有折扣时，就需计算比较，选择有利方案；

④ 采购数量要尽量适合车运吨位等等。

2. 有保险储备的储存模型

前述模型是在每天耗用量和采购期稳定的情况下讨论的，但事实上往往会遇到采购不能准时到货或生产耗用量突增而发生缺货的情形。为了应付这两种原因而造成的缺货，就需有一定的保险储备量。但这种储备在正常情况下实为多余，这将积压资金，增加持有费用。因此保险储备究竟需要多少，必须慎重考虑。既然保险储备是为了应付订购期间与耗用量的变化而建立的，而这两个变量是受外界因素决定，因此就必须作概率分析。保险储备量的数值可用下列公式计算，即：

$$\text{保险储备量 } S = \alpha \sqrt{T_L} \cdot \sigma_D + \alpha' \cdot \sqrt{D} \cdot \sigma_T$$

式中：  $\sigma_D$  ——单位时间耗用量的标准差；

$\sigma_T$  ——采购期间的标准差；

$\alpha$  ——为应付耗用量变化而设立的安全系数；

$\alpha'$  ——为应付采购期间变化而设立的安全系数；

$T_L$ ——采购期间；

$\bar{D}$ ——单位时间平均耗用量。

上式右端第一项是为耗用量变化而设立的保险储备量，第二项是为采购期间变化而设立的保险储备量。为了计算方便，通常将第二项略去不计，于是公式可简化为：

$$S = \alpha \sqrt{T_L} \cdot \sigma_D$$

安全系数  $\alpha$  是为了防备供应不继而确定的安全保障程度，其数值可按过去供应不继次数的统计资料进行分析，如系正态分布关系时，则可得安全系数如表 12.4。

表 12.4 安全系数  $\alpha$  选定表

缺料概率%	25	20	10	5	4	3
$\alpha$	0.67	0.84	1.28	1.65	1.75	1.88
缺料概率%	2	1	0.8	0.5	0.4	0.3
$\alpha$	2.05	2.33	2.40	2.57	2.65	2.75
缺料概率%	0.2	0.1	0.01			
$\alpha$	2.88	3.09	4			

根据此表，我们就可以按照某种物资缺少后对生产影响的严重程度来选择  $\alpha$  值。例如某种物资是生产关键物资，不允许发生缺货现象，则  $\alpha$  可取到 4；对一般常备物资， $\alpha$  可取 1.3~2.6 之间。

单位时间耗用量的标准差  $\sigma_D$  是表示单位时间耗用的变化程度，变化越大，保险储备量应越大。这可根据历史上单位时间实耗量 ( $X_i$ ) 与平均耗用量  $\bar{X}$  求得，即：

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

图 12.4 表示有保险储备时储存量随时间变化的模型。有保险储备后，全年持有费用就要增加到  $(\frac{Q}{2} + S) \cdot C$ ，因而全年总费用 T 为：

$$T = (\frac{Q}{2} + S) \cdot C + \frac{AP}{Q} + AM$$

因 S 是常量，所以经济批量  $Q_0$  仍为：

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2AP}{C}}$$

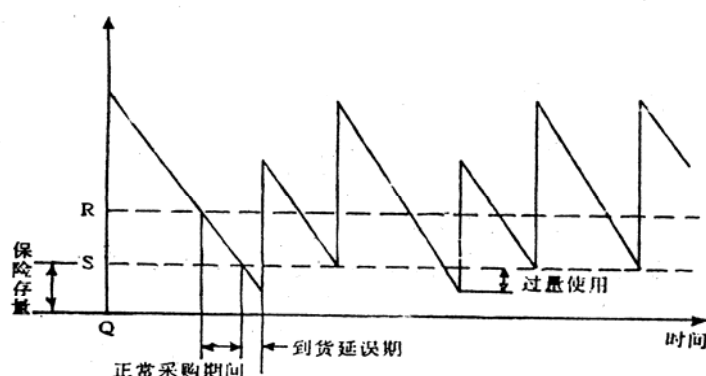


图 12.4 有保险储备的储存模型

### 3. 允许缺料的储存模型

物资储存过多要增加持有费用,过少则要发生缺料损失。如果因缺料而产生的缺料损失比增加储存的持有费用要小的话,我们就宁可降低储存量。这就需研究允许缺料情况下经济批量问题。图 12.5 表示有缺料时库存随时间变化的模型。

全年总可变费用:

$$T_v = \frac{\text{全年持有费用}}{2} + \frac{\text{全年缺料损失}}{2} + \frac{\text{全年订购费用}}{Q}$$

$$= \left( \frac{R}{2} C t_1 + \frac{Q - R}{2} k t_2 + P \right) \frac{A}{Q}$$

式中: R——补足缺料后所剩的材料数量;

k——每年每单位材料的缺料损失;

Q——订购批量;

P——每次订购费用;

A——全年所需用材料总数;

t——订购周期;

t<sub>1</sub>——材料补足后到用完的时间 (用每年的比率表示);

t<sub>2</sub>——材料用完到再补充的时间 (用每年的比率表示);

C——单位材料年持有费用。

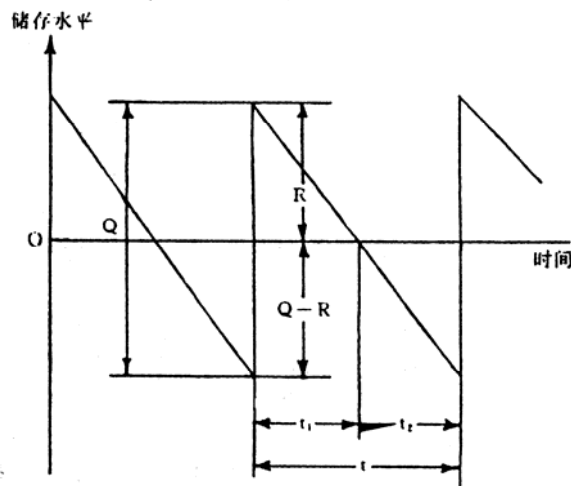


图 12.5 允许缺料的储存模型

利用微积分中求极小值的方式,可求得:

$$\text{经济批量 } Q_0 = \sqrt{\frac{2AP}{C}} \cdot \sqrt{\frac{C + K}{k}}$$

$$\text{最高储存量 } R = \frac{k}{C + k} Q_0$$

$$= \sqrt{\frac{2AP}{C}} \cdot \sqrt{\frac{k}{C+k}}$$

$$\text{最优允许缺货量 } Q_0-R = \sqrt{\frac{2AP}{k}} \cdot \sqrt{\frac{C}{C+K}}$$

#### 4. 经济订购批量的敏感性分析

经济订购批量的敏感性分析是研究物资全年需要量（A）、每次订购费用（P）与单位物资全年持有费用（C）数值的变化对订购批量 Q 和全年总可变费用 T<sub>0</sub> 的影响有多大。现先研究 A 的变化对 Q 和 T<sub>0</sub> 的影响；

从公式  $Q_0 = \sqrt{\frac{2AP}{C}}$  中已知：当 A 增加 n 倍时，Q<sub>0</sub> 只增加  $\sqrt{n}$  倍。根据这一分析，可

得出企业的平均储存水平与其全年的物资需要量（也可说是全年生产任务量）的平方根关系增减，而不是成比例增减，即生产任务增加一倍，仓库的平均储存水平应是以前的  $\sqrt{2}$  倍，T<sub>0</sub> 值才是最小。

现再来分析 C 和 P 的变化对 Q<sub>0</sub> 和 T<sub>0</sub> 的影响。由于大多数企业现行的会计与统计制度目前尚难提供管理上所需的各种费用资料，尤其是 C 和 P 值。因此我们需要了解这两项费用估计不准确对 Q<sub>0</sub> 和 T<sub>0</sub> 的影响。

设正确的持有费用和订购费用为 C 和 P，则正确的经济批量为：

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2AP}{C}} \quad (1)$$

正确的总可变费用为：

$$T_0 = \frac{Q_0 C}{2} + \frac{AP}{Q_0} \quad (2)$$

将（1）式代入（2）式得：

$$T_0 = \sqrt{\frac{APC}{2}} + \sqrt{\frac{APC}{2}} = \sqrt{2APC} \quad (3)$$

若 C 与 P 估计有误差，其误差分别用百分率 k<sub>1</sub> 与 k<sub>2</sub> 来计算，则得实际经济批量 Q<sub>0</sub> 为：

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2AK_2P}{k_1C}} \quad (4)$$

实际总可变费用

$$\begin{aligned} T_0' &= \frac{Q_0' C}{2} + \frac{AP}{Q_0'} \\ &= \left[ \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} + \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} \right] \sqrt{\frac{APC}{2}} \end{aligned}$$

(5)

根据 (3) 式与 (5) 式, 即可求得误差百分比  $\delta$  为:

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{T_0' - T_0}{T_0} \\ &= \frac{\left[ \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} + \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} \right] \sqrt{\frac{APC}{2}} - \sqrt{2APC}}{\sqrt{2APC}} \\ &= \frac{1}{2} \left[ \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} + \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} \right] - 1\end{aligned}$$

例如某厂将 C 估高了 140%, 且将 P 估高了 20%, 则  $k_1=2.4, k_2=1.2$ 。代入上式得:

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{1}{2} \left( \sqrt{\frac{2.4}{1.2}} + \sqrt{\frac{1.2}{2.4}} \right) - 1 \\ &= 0.06 = 6\%\end{aligned}$$

由上计算可知, 即使 C、P 估计不太准确, 造成  $Q_0$  的不准确, 但使  $T_0$  受到的影响并不大。因此经济批量模式是一种比较实用和稳妥的定量方法。

#### 5. 考虑数量折扣的情况

所谓数量折扣, 是指供货企业为了鼓励用户多购货物, 而对一次购买量不小于某一数量界限者给予的一种价格上的优惠, 即折扣。

对用户来说, 按供货企业规定的可享受优惠价格的一次最低订购数量 (即折扣数量) 组织订购和控制库存, 有利亦有弊。其好处是可享受较低的购价, 从而降低了物资的购货费用; 再者可减少订购次数, 降低了年订购费用。其不足之处是随着订购数量的增大, 物资的储存费用会增加。

总之, 决定是否接受数量折扣的经济标准, 应当是可否降低年存货总成本。当折扣限量  $q$  在经济批量  $Q_0$  以上时, 就应该研究是否值得增购  $q - Q_0$  的增加量, 以便从折扣条件中获得利益。下面我们用得失比较法加以讨论。此法基本要点是当有数量折扣时, 将所产生的费用的节省和增加进行比较, 如果节省费用大于增加费用时, 则采用折扣数量  $q$  去采购。反之, 则仍用经济批量  $Q_0$  去采购。

(1) 按折扣数量  $q$  采购所节省的费用

① 单价降低, 节省的购货费用 AMD。

其中: D 是折扣值; A 是年需要量; M 是物资单价。

② 订购批量增大, 订购次数减少, 而节省的订购费用为:

$$\frac{AP}{Q_0} - \frac{AP}{q} = AP \left( \frac{1}{Q_0} - \frac{1}{q} \right)。$$

(2) 按折扣数量  $q$  采购所增加的费用

随着订购量增大, 储存费用增大。

$$\frac{qC'}{2} + \frac{Q_0C}{2} = \frac{hM'}{2} - \frac{hM}{2}Q_0$$

式中:  $C'$  是有折扣时单位物资的储存费,  $M'$  是有折扣时物资单价,  $h$  为储存费率。

$$\therefore M' = M(1-D)$$

$$\begin{aligned}\therefore \frac{qC'}{2} - \frac{Q_0C}{2} &= \frac{hM(1-D)}{2}q - \frac{hM}{2}Q_0 \\ &= \frac{Mh}{2}[(1-D)q - Q_0]\end{aligned}$$

比较上述两种情况，当  $AMD+AP\left(\frac{1}{Q_0} - \frac{1}{q}\right) > \frac{Mh}{2}[(1-D)q - Q_0]$  时，则按折扣订购量

$q$  去采购较为有利。反之，则仍按经济批量采购。

[例 2] 某种物资一年需购进 1000 件，单价 10 元/件，年储存费率 16%，一次订购费用 8 元，若一次订购在 200 件以上（包括 200 件），可享受价格折扣 2%，问应否考虑有折扣的订购？

解：已知：A=1000 件，M=10 元/件，h=16%，P=8 元/次，q=200 件，D=2%。

求：先计算不考虑折扣时标准经济订购量：

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2AP}{Mh}} = \sqrt{\frac{2 \times 1000 \times 8}{10 \times 16\%}} = 100 \text{ 件}$$

当按折扣订购量  $q=200$  件订购时，

节省的费用：

$$\begin{aligned}AMD+AP\left(\frac{1}{Q_0} - \frac{1}{q}\right) \\ &= 1000 \times 10 \times 2\% + 1000 \times 8 \left(\frac{1}{100} - \frac{1}{200}\right) \\ &= 200 + 40 = 240 \text{ 元}\end{aligned}$$

增加的费用：

$$\begin{aligned}\frac{Mh}{2}[(1-D)q - Q_0] \\ &= \frac{10 \times 16\%}{2}[(1-2\%)200 - 100] = 76.8 \text{ 元}\end{aligned}$$

结果节省费用 240 元大于增加费用 76.8 元，故按折扣数量  $q=200$  件去订购是经济合理的。

节省费用和增加费用相等时的订购量是采用折扣价格的临界量。临界量  $q_0$  可以从下式求得，

$$AMD+AP\left(\frac{1}{Q_0} - \frac{1}{q}\right) = \frac{hM}{2}[(1-D)q - Q_0]$$

讨论以下情况：

- (I) 若  $q < Q_0$  时，可按折扣价格订购经济批量  $Q_0$ 。
- (II) 若  $Q_0 < q < q_0$  时，则按折扣价格订购  $q$  数量。
- (III) 若  $q > q_0 > Q_0$  时，则应按无折扣的全价去订购经济批量  $Q_0$ 。

6. 资料不全时经济批量的应用



前已谈及持有费用和订购费用往往由于统计资料不全，很难估计正确。现在讨论怎样在资料不全的情况下，应用经济批量。我们用经济批量中最佳订购金额公式  $Q_0M = M \sqrt{\frac{2AP}{C}}$

来进行分析。先将该式右面分成两项相乘，得  $Q_0M = \sqrt{\frac{2PM}{C}} \cdot \sqrt{AM}$ 。

由于缺乏资料，C 和 P 值很难估计，我们可将上式右面的第一项设为未知数 X，则上式成为  $Q_0M = X \sqrt{AM}$ ，则

$$X = \frac{Q_0M}{\sqrt{AM}} = \frac{\sqrt{AM}}{\frac{A}{Q_0}}$$

若对某一种物品的 C 与 P 为已知，则该物品的 X 值也就已知，且为常数。我们可近似地假设对各种物品而言，其 X 值为上式各分子之和比各分母之和，即：

$$X = \frac{\sum Q_0M}{\sum \sqrt{AM}}$$

$$X = \frac{\sum \sqrt{AM}}{\sum \frac{A}{Q_0}}$$

现举例说明其应用如下：

[例 3] 设某企业有五种物品的存货，都是分四批去采购的。各种物品的全年耗用金额、每次订购金额以及平均储存水平等资料见表 12.5。现要求在总订购次数保持不变（20 次）的条件下，尽量降低平均储存水平。

表 12.5 平均储存水平计算资料表

物品名	全年耗用金额 (元) AM	全年订购次数 $\frac{A}{Q}$	每批订购金额 (元) QM	平均储存水平 (元) $\frac{QM}{2}$
A	10000	4	2500	1250
B	3000	4	2000	1000
C	5000	4	1250	625
D	1000	4	250	125
E	600	4	150	75
共计		20 次	6150	3075

解：根据以上资料可算出：

$$\begin{aligned} \sum \sqrt{AM} &= \sqrt{10000} + \sqrt{8000} + \sqrt{5000} \\ &\quad + \sqrt{1000} + \sqrt{600} \\ &= 316.30 \text{ 元} \end{aligned}$$

$$\sum \frac{A}{Q} = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 = 20 \text{次}$$

将以上数值代入公式得：

$$X = \frac{\sum \sqrt{AM}}{\sum \frac{A}{Q}} = \frac{316.3}{20} = 15.815$$

将 X 值代入公式  $Q_0M=X\sqrt{AM}$ ，就可估算出各种物品的经济批量  $Q_0M$  及平均储存

$\frac{Q_0M}{2}$ ，再根据  $\frac{A}{Q_0} = \frac{AM}{Q_0M}$  求出各种物品全年订购次数，见表 12.6。

表 12.6 降低持有费用计算资料表

物 品 名	AM	$\sqrt{AM}$	X	$Q_0M=X\sqrt{AM}$	平均储存 $\frac{Q_0M}{A}$	全年订购次数 $\frac{A}{Q_0}$
A	10000	100	15.815	1581.50	790.75	6.32
B	8000	89.45	15.815	1414.65	707.33	5.66
C	5000	70.71	15.815	1118.28	559.14	4.47
D	1000	31.64	15.815	500.39	250.20	2.00
E	600	24.50	15.815	378.46	193.73	1.55
共计		316.30			2501.15 元	20.00 次

由表 12.6 知，在各项物品的 P 和 C 不知的情况下，已将原有的平均储存水平由 3075 元下降到 2501.15 元，而此时仍保持原有的全年总订购 20 次的工作量。即在订购费用保持不变的情况下降低了原有的持有费用，因而使总费用下降。

表 12.6 中的订购次数虽然出现小数。例如 A 物品每年订购 6.32 次，实际上小数的出现并没有什么问题。因一年 365 天， $\frac{365}{6.32}=57.75$  天，这就是说大约 58 天订购一次，每次买 1581.50 元。其实管理上的问题一般都是仅供决策者的参考。实际上不一定要每批按 1581.50 元去采购，每次买 1500 元或 1600 元都可以，每隔 60 天采购一次也可。

我们也可采用另外的措施，即维持平均储存水平不变而设法减低订购次数，从而降低总费用。现仍用上例的数据来说明如下：

$$\begin{aligned} \sum Q_0M &= 2500 + 2000 + 1250 + 250 + 150 \\ &= 6150 \text{ 元} \end{aligned}$$

将此值代入公式得：

$$X = \frac{\sum Q_0M}{\sum \sqrt{AM}} = \frac{6150}{316.30} = 19.44$$

将此 X 值列表计算出新的经济批量及全年订购次数如表 12.7，这时，平均储存水平仍维持 3075 元不变，而将每年总订购次数由 20 次降到 16.27 次，减轻了订购工作量，因而降低了订购费用和总费用。

表 12.7 降低订购次数计算资料表

物 品	AM	$\sqrt{AM}$	X	$Q_0M=X\sqrt{AM}$	平均储存 (元)	全年订购次数
--------	----	-------------	---	-------------------	-------------	--------

名					$\frac{Q_0 M}{A}$	$\frac{A}{Q_0}$
A	10000	100	19.44	1944	972	5.14
B	8000	89.45	19.44	1738.90	869.45	4.60
C	5000	70.71	19.44	1374.60	687.30	3.64
D	1000	31.64	19.44	615.08	307.54	1.63
E	600	24.50	19.44	476.28	238.14	1.26
共计		316.30			3074.43 元	16.27 次

以上两种降低总费用的方法，第一种是固定订购费用，降低持有费用。第二种是固定持有费用，降低订购费用，从而获得经济批量公式的应用。其实尚可根据实际情况灵活运用，即可任意增加（或减少）某种费用到某一固定值而去减少另一费用到最经济值。例如某企业感到目前采购人员较空闲，增加采购工作将不致增加较多的采购费用，因而决定将采购次数自 20 次增加到 40 次，则所求得的 X 值将为：

$$X = \frac{316.30}{40} = 7.9$$

然后求出新的经济批量如表 12.8。

表 12.8 调整订购次数的计算资料表

物 品 名	AM	$\sqrt{AM}$	X	$Q_0 M = X \sqrt{AM}$	平均储存 (元) $\frac{Q_0 M}{A}$	全年订购次数 $\frac{A}{Q_0}$
A	10000	100	7.9	790	395	12.65
B	8000	89.45	7.9	706.65	353.32	11.31
C	5000	70.71	7.9	558.61	279.31	8.94
D	1000	31.64	7.9	249.96	124.98	4.00
E	600	24.50	7.9	193.55	96.78	3.10
共计		316.30			1249.39 元	40 次

由表 12.8，若将订购次数提高到 40 次，可使平均储存降到 1249.39 元，这对持有费用，尤其是资金利息负担可大大减轻。

同样，如资金宽裕，人员紧张时，可用提高储存水平来减少订购次数。

## 12.3.2 库存控制的方法

### 1. 定期订货控制法

订货时间一定,订购量则以当时情况算得,即:

订购量=最高存量-订货未交量-现有存量

$$\text{最高存量} = \left( \frac{\text{采购} + \text{订货}}{\text{期间} + \text{周期}} \right) \times \text{每天平均耗用量} + \text{保险储备量}$$

保险储备量 =  $\alpha \cdot \sqrt{T_L + T_C} \cdot \sigma_D$ ，其中  $T_C$  为订货周期现用图 12.6 来说明定期订货控制

过程的进行情况。

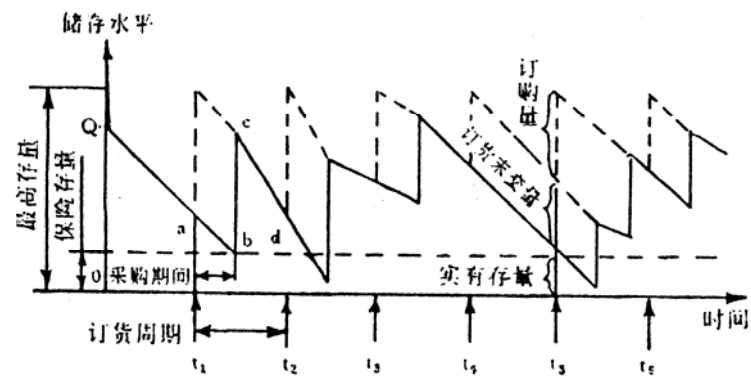


图 12.6 定期订货控制过程图

设时间为零时，存量为  $Q_0$ 。随着生产的进行，存量作线性递减。到达第一个订货期  $t_1$  时，存量降到 a，这时就得按订购量公式算出订购量去订购。经过采购期间，存量降到 b，这时新货已到，存量增到 c 点。到达第二个订货期  $t_2$  时，又需要进行存量检查，查得实有存量为 d，于是再按订购量公式算出订购量去订购，用这种订货方式控制库存量。即为定期订货控制法。此法的优点是订货期固定，可同时进行多种物品采购，减少了订购和运输费用，且容易获得数量折扣。不足是，不能采用经济批量去订购。

2. 订购点控制法

订货数量一定（按已算得的经济批量订购），订购时间则不定，即当存量降到一定水准（订购点 R）时，便以已经算得的固定数量去订购。现用图 12.7 来说明：

设时间为零时，存量为  $Q_0$ 。随着生产的进行，存量作线性递减。到时间  $t_1$  时，存量降到订购点 R 水平，便以已经算得的经济批量去采购。经过时间  $T_L$  后，新货运到，存量升到 a 点，以后继续提取材料，直到存量又降到 R 时，便又以经济批量去订购。这种以订购点控制库存量进行订货的方式，称为订购点控制法。此法的优点是控制库存较严格，保险存量可较小，订购能按经济批量进行，经济效益高，缺点是订货期不定，很多物品不能同时去订货。

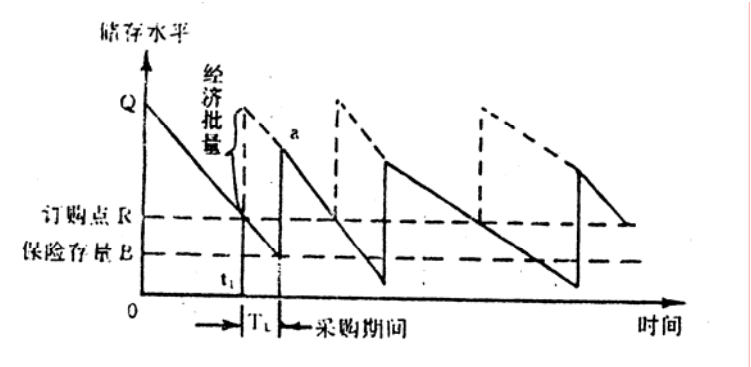


图 12.7 定量订货控制过程图

在运用此法时，要求帐物时时相符，以便在库存帐中很容易看出库存量是否已到达订购点或保险存量。在实际工作中如难以做到这点，或为了避免忘记，则可运用如下的“双仓法”或“三仓法”。

3. 分仓控制法

分仓控制法是定量订货控制法的一个分支。由于定量订货控制法要求帐物随时相符，以便在帐中及时看出库存量是否到达订购点或保险存量，这就须建立严密而持续的库存记

录，致使管理麻烦，业务费用高。分仓控制法就避免了这些缺点。此法又有双仓法和三仓法两种。双仓法是将某种物品分成两部分堆放。第一部分是订购点存量，第二部分是其余存量。使用时先用第二部分，这部分用完，即表示物品已用到订购点，应去订购了。三仓法是将双仓法中第一部分再分出保险存量为另一仓。此法的优点是不需要持续的库存记录，明显减少了事务工作。适用于价格低、采购期短、耗用量稳定而又不需经常盘点的物品，如办公用品、螺钉、垫圈等。

4. 联合订货控制法

采用定量订货控制法的企业。各种物品由于到达各自订购点的时间不一，要为每种物品个别履行烦琐的订购程序，严重浪费人力、物力和财力。为了简化作业，可将同一类且向同一供应商订购的物品，并入同一张订购单内进行联合订购，以求节约。但并入同组的物品一般并不同时到达订购点。解决这一问题，可将经济批量分为两类：（1）是该种物品已到达订购点而需采购的经济批量，称为自发经济批量；（2）是这种物品尚未到达订购点，但同组中已有一种物品到达订购点，因而使它也随同一起去订购的经济批量，称为附带经济批量。由于这种物品的库存量尚有多余，所以它的批量应较自发经济批量为小，其值可由经验而定（一般为自发经济批量的 80%左右）。现将此法举例说明如下。

[例 4] 某企业将性质相近，由同一供应商供应的 5 种物品编入同一订购单，见表 12.9，现拟向该供应商作联合订货。目前 5 种物品的库存量如表 12.10。由表中知，第 1 项物品的库存量已到达订购点，故应按自发经济批量 300 箱订购。这时尚须考虑其他 4 种物品如何订购。关于这个问题，并没有一定的准则，一般是以获得最高经济效益为准。例如，设该供应商是用集装箱运输的，每个集装箱可装 800 箱物品，为了节约运费，每一运货单就应以 800 箱为准。现在第一项物品已订购 300 箱，剩下的 500 箱空间，可根据各种物品的存量水平和订购点的比率来考虑。如表 12.11。由表中知第 5 项物品目前存量超过订购点最多，可暂不考虑。第 3 项物品的现有存量与订购点最接近，所以应首先考虑补充该物品，按其附带经济批量 240 箱全数并入同一订货单内，接着考虑如何利用所余空间 260 箱。再看表中第 4 项物品的现存存量较接近订购点，所以应订购该物品。但它的附带经济批量为 280 箱，而集装箱只余 260 箱空间，所以就订购此数。现将分析结果列如表 12.12

表 12.9 5 种物品的订购单（箱）

物品项目	订购点	自发经济批量	附带经济批量
1	200	300	240
2	150	250	200
3	300	300	240
4	250	350	280
5	50	400	320

表 12.10 5 种物品的库存量（箱）

物品项目	1	2	3	4	5
库存量	200	200	350	300	200

表 12.11 4 种物品库存量与订购点情况

物品项目	库存量超过订购点的百分数
2	$\frac{200 - 150}{150} = 0.33$
3	

4	$\frac{350 - 300}{300} = 0.17$
5	$\frac{300 - 250}{250} = 0.20$
	$\frac{200 - 50}{50} = 3.00$

表 12.12 订购分析结果

物品项目	订购量 Q
1	300 (自发订购批量)
3	240 (附带订购批量)
4	260 (集装箱余量)
共计	800

## 本章小结

本章主要对库存管理中的库存控制问题作了阐述。第一节提出了库存的定义，分析了库存的作用，讨论了库存控制的目标；第二节介绍了库存控制的 ABC 分析法；第三节讨论了库存控制的基本模型和库存控制的方法。

## 复习与思考

1. 什么是库存？怎样认识库存的作用？
2. 如何认识库存控制的目标？
3. ABC 分析法的基本思想是什么？
4. 如何根据 ABC 分析法采取不同的控制策略？
5. 如何运用无保险储备的定量储存模型来确定经济批量？
6. 考虑数量折扣的情况，如何确定购货批量？
7. 定期订货控制法与订购点控制法各有哪些优缺点？

## 案例分析 1

### 王经理的新决策

四方电气公司每年要用 4000 个空气开关，市场价为每个 10 元。公司王经理历来从红光公司进货，因为该公司不管王经理每次购买多少，都给予 10% 的折扣。今年，王经理收到星光公司和万昌公司的来函。新光公司提出，只要王经理一次购买 500 个以上，可给予 15% 的折扣；万昌公司则提出，如王经理一次购买 1000 个以上，可给予 20% 的折扣。四方公司每准备接收一次订货大约花费 300 元，每年的单位持有费用为购买价的 40%。订哪个公司的好呢？王经理陷于思索中。

## 练习题

1. 上海王子乒乓球俱乐部每月约消耗乒乓球 100 盒，乒乓球的市场价格是每盒 12 元，俱乐部年保存乒乓球的费用是购入费用的 20%，每次的订购费用是为 10 元，求：上海王子乒乓球俱乐部订购乒乓球的经济批量。若一次购入乒乓球 200 盒可享有 2% 的折扣优惠，上海王子乒乓球俱乐部应采用何种订购策略？

2. 海康制药厂全年需要某种原料 7200kg，每批订购费用为 480 元，存储费用为每 kg 每月 10 元。求：(1)该原料的经济订购批量；(2)该原料全年最低订储总费用；(3)采用定量订购方式，订购周期为 4 天，保险储备量 60kg，则应在库存量降到何种水平提出订货？(1 年以 360 天计)

---

## 第 13 章 设备管理

### 本章关键词

---

设备综合工程学 (Terotechnology)  
设备磨损(Equipment Depreciation)  
设备故障曲线(Curve of Equipment  
Malfunction)

预防维修 (Preventive Maintenance)  
设备的经济寿命(Economic Life Of  
Equipment)  
设备改造(Equipment Up

## 13.1 设备管理概述

### 13.1.1 设备管理的产生和发展

设备是现代化工业企业生产的重要物质技术基础，是企业固定资产的重要组成部分。机器设备状况的好坏，直接影响着企业生产的发展、生产效率的高低和经济效益的好坏。因此，设备管理是工业企业生产管理的一个重要组成部分。

设备管理，是随着工业生产的发展，设备现代化水平的不断提高，以及管理科学和技术的发展而逐步发展起来的，经历了传统设备管理和现代设备管理两个历史阶段。

#### 1. 传统设备管理阶段

传统设备管理的理论核心是设备使用过程中的维修科学管理。

在这个阶段初期，企业生产规模较小，设备结构简单，占用企业资金有限。因此设备维修不需要专门技术人员来进行，而且维修费用和设备故障损失较低。故设备的维修，一般由设备操作人员来完成，实行坏了再修的事后修理制度。后期，随着企业生产规模的扩大，科学技术的进步，设备结构日益复杂，修理难度相应提高，同时又由于企业生产连续性的加强，设备的修理费用和故障损失不断增加，于是，设备的修理需要由专门人员来承担。因而从生产操作人员中逐步分离出专门从事设备维修和管理人员，企业相继建立起设备维修与管理的机构，对设备使用过程进行管理，制定出对设备维修管理的科学制度。

这个阶段设备管理的特点及其局限性：

(1) 传统设备管理工作集中在设备的维修阶段，而较少注意到设备的全过程的管理。设备的全过程是：研究——设计——试制——制造——选购——安装调试——使用——维修——改造——更新——报废。这是设备的整个寿命周期。在设备全过程中，设备维修工作是很重要。但是，它只是设备全过程中的一小部分工作，就其本质来说，是事后救护工作，它无法改进设备性能，实行企业设备现代化。因此，传统的设备管理不能适应科学技术和社会经济发展的客观形势。

(2) 传统的设备管理，把设计、制造过程的管理与使用过程的管理严格分开。设备的一生本来是一个统一的整体，被人为地分为两段，前者属于制造厂管，后者属于使用单位管理。这种人为的分割不利于有效地解决使用现代化设备所带来的一系统的新问题。

(3) **传统的设备管理，往往侧重技术管理，而忽视经济管理和组织管理。**传统的设备管理，在设备的技术、经济、管理三者关系方面，侧重技术管理，忽视经济管理和组织管理。设备管理本质上是设备运动过程的管理。设备运动有两种形态：一是物质形态，表现为设备的研究、设计、制造、选购、安装调试、使用、维修、改造，更新、报废等；二是设备价值运动形态，表现为设备的最初投资、维修费用支出、折旧、改造更新资金的筹措、积累、支出等。前者形成设备的技术管理，后者形成设备的经济管理。它们分别受技术规律和经济规律的支配。设备管理的目的是要达到最佳的技术状态和最佳的经济效果，即一方面要求设备完好率高，故障率低，使设备经常保持最佳的技术状态；另一方面是支出最少，效果最大。**传统的设备管理侧重技术管理，而忽视经济管理，对设备的组织管理工作重视不够。**

(4) 传统的设备管理只是部分职工、部分机构参加，没有组织全体人员参加管理。

#### 2. 现代设备管理阶段



现代设备管理阶段是对设备进行全面管理的阶段，即对设备实行综合管理。设备综合管理是在设备维修管理的基础上，为了提高管理的技术、经济和社会效益，适应现代社会经济发展的要求，针对使用现代化设备所带来的一系列新问题，继承了设备工程学，吸取了现代管理科学理论和现代科学技术新成就，而逐渐发展起来的设备管理理论和方法。它主要包括设备综合工程学和全员设备维修制。

#### (1) 设备综合工程学 (Terotechnology)

设备综合工程学，于 1971 年首先由英国设备综合工程中心所长丹尼斯·帕克斯在美国召开的国际设备工程年会上提出来的。得到英国政府的大力支持，先在英国推广和普及，据有关资料介绍，推行设备工程学后，设备故障率降低了 90%，设备维修费用减少了 50%，由于效果显著，受到工业发达国家的重视和迅速推广。所谓设备综合工程学，按英国工商部于 1974 年下的定义是，“设备综合工程学是这样一门学科，它适用于对固定资产的工程技术、管理、财务等实际业务进行综合研究，以实现设备寿命周期费用的最大程度节约。工厂机械、装置、建筑物的可靠性和有关可靠性的方案、设计、使用和费用的信息反馈，都属于它的研究范围”。设备综合工程学要点是：

① 以设备的寿命周期作为研究和管理对象，力求设备寿命周期费用最经济、设备综合效率最高。

寿命周期费用是设备一生的总费用。包括研究、设计、制造、安装调试、使用、维修，一直到报废为止所发生的费用总和。它由设备的原始费用和使用费（维持费）两大部分组成。研究设备寿命周期费用的目的，是为了从经济上全面评价设备的优劣。设备综合工程学的综合效率包括六个方面：即 P（产量），完成产品产量的任务，设备效率要高；Q（质量），保证生产优质产品；C（成本），生产的产品成本要低；D（交货期），保证按合同规定的期限交货，不得耽延；S（安全），保证生产安全；H（劳动情绪），包含两个方面的意义，一是环境，要求减少污染，保证环境卫生，文明生产，二是人机搭配得比较好，要使工人保持饱满的劳动情绪和充沛的生产精力。

② 从工程技术、经济和组织管理方面对设备进行综合管理与研究。

③ 以可靠性、维修性设计为重要目标。

④ 以设备的寿命周期为设备管理范围，改善与提高每一个环节的机能。

⑤ 建立一套设计、使用和费用的信息反馈系统，实行设备工作循环的反馈管理。

#### (2) 全员设备维修制 (Total Productive Maintenance)

全员设备维修制，又叫全员生产维修制，简称 TPM。其要点是：

① 全员设备维修制的基本特点是“三全”，即全效率，全系统、全员。所谓全效率是指通过设备管理，使设备在生产中达到产量最高，质量最好，成本最低，故障少，安全生产、交货及时，操作工人情绪饱满。所谓全系统是指设备从研究、设计、制造、使用、维修，直至报废为止全过程的系统管理。所谓全员就是与设备管理有关人员都要参加设备管理，分别承担相应的职责。

② 设备维修方式。它吸取了预防维修（PM）中的所有有维修方式。包括日常维修、事后维修、生产维修、改善维修、预知维修、维修预防等。它强调操作工人参加的日常检查。

③ 划分重点设备，对重点设备实行预防修理。全员设备维修制的预防性修理，一般放在重点设备上，对一般设备修理采取事后修理，即在设备发生故障后才进行修理，以利于节省维修费。

④ 设备维修目标管理。全员设备维修制通过推行设备维修目标管理，来确定设备维修工作的方向和具体奋斗目标，作为评定维修工作成绩和工作总结的依据。目标管理的程序包括目标的制定阶段、实施阶段和总结阶段。

⑤ 工作作风。它强调作风保证，开展 5S 管理活动。即：

- 整理。把乱的东西收拾起来，把不用的东西清理掉，按次序排列好。
- 整顿。整顿操作秩序，把必要的图纸、工具等准备齐全。
- 清洁。保持清洁，无污垢。
- 清扫。把工作环境打扫得干干净净。
- 素养。是指职工的举止、态度和作风，培养具有良好的工作习惯和生产习惯。

## 13.1.2 设备综合管理的内容和任务

### 1. 设备综合管理的内容

#### (1) 实行设备的全过程管理

对设备实行全过程管理，是有效地解决使用现代化设备所带来的一系列新问题的科学方法，是从总体上保证和提高设备可靠性、维修性、经济性、做到安全、节能、环保，以及避免设备的积压和浪费的重要措施。是提高企业技术装备水平，实现技术装备现代化的重要保证。

对设备实行全过程管理，就是将设备的整个寿命周期作为一个整体进行综合管理，以求得设备整个寿命周期的最佳效益。

#### (2) 对设备从工程技术、经济和组织管理三个方面进行综合管理

设备管理的目的是要使生产中的设备经常处于最佳状态，使其作业效率最高，支付的费用最低，以最少的费用支出实现其目的状态。为此，必须同时对设备从技术、经济和组织管理方面进行综合管理。在工程技术管理方面，要对设备进行各种专门的技术研究，研究设备的设计、制造的可靠性、可维修性、降低设备故障率。提高设备质量和作业效率、维修、保养现有设备，以保持设备最佳技术状态。在经济管理方面，要研究设备的制造费用，运输安装费，对设备选择进行经济评价；研究设备维修保养费用，确定设备维修的经济界限；研究设备的经济寿命，合理地确定设备改造、更新的经济界限，适时地用先进设备替换陈旧设备，以及设备折旧的经济性分析等。在设备的组织管理方面，要运用行为科学、系统论、信息论、控制论、决策论、经营理论，以及其他现代管理理论、技术和方法，对设备进行组织管理。现代设备管理，在本质上是现代化设备同现代化管理理论、方法以及科技成果的高度结合。

#### (3) 实行设备的全员管理

现代化企业中，设备数量众多，型号规格复杂，分散在企业生产、科研、管理、生活各个领域，单纯依靠专业管理机构与人员是难以管好的。因此，要把与设备有关的机构、人员组织起来参加设备管理，使设备管理建立在广泛的群众基础之上。

#### (4) 开展设备的经营工作

设备的经营工作是市场经济进一步发展的客观要求。设备管理工作是企业管理的一个重要方面。它的一切活动，必须贯彻企业经营方针，保证企业经营目标的实现。经营离不开市场。为了搞好企业经营，企业生产产品的品种、规格、质量、数量、价格和交货期限，必须满足市场的变动需求，这就要求设备管理也必须配合市场的变动需求，以先进适用的技术装备，满足生产不断变化的需要。同时为了调剂设备余缺，提高设备投资效益和设备利用率，企业还应搞好设备投资贷款、设备租赁等项经营业务，从而使设备管理从传统的静态管理进入动态管理。

### 2. 设备综合管理的任务

设备综合管理的主要任务是为企业的生产提供先进适用的技术装备，使企业的生产经营活动建立在技术上先进，经济上合理的物质技术基础之上，以保证企业经营目标的实现。它的具体任务可以归纳为：

#### (1) 根据技术先进、经济合理、生产可行的原则，正确选购设备，为企业提供优良的技

术装备。

(2) 保证企业设备经常处于最佳的技术状态。企业设备管理部门要认真研究设备物质运动的技术规律，如磨损规律、故障规律等，运用先进的检测、维修手段的方法，灵活地采取各种维修方式和措施，维修保养现有设备，使企业设备经常处于最佳的技术状态，达到设备的综合效率最高。

(3) 提高设备管理的经济效益。按照经济规律的客观要求，加强设备的经济、组织管理，降低设备管理各环节的费用，达到设备的寿命周期费用最经济。

(4) 保证企业的技术进步，有计划、有步骤地对设备进行改造和更新。

## 13.2 设备的维护和修理

设备投入使用后，设备管理最重要的工作就是设备的维护和修理。工作人员要掌握设备磨损和故障发生规律，应用科学的维护和修理方法，合理使用设备。

### 运作标杆

#### 设备维修理论的两种基本观点

第一种观点建立在摩擦学基础之上，以研究机械磨损规律的“设备修理周期结构”理论。这种理论认为，由于摩擦磨损的原因，随着磨损时间的延续和按一定规律磨损量的增加，将会引起机器零件表层的破坏和几何形状与尺寸的改变，甚至会造成机构动作的失调与工作精度的下降，最后丧失工作能力，导致故障或事故的发生。机器设备的维修工作所采取的对策是以这种理论为基础的。

第二种观点是建立在故障物理学基础上的，以研究故障规律和设备可靠性的“故障分析与状态管理”理论。这种理论认为，设备的故障除了磨损的原因以外，还有外界工作条件如温度、压力、振动等原因，以及内部工作条件如内应力。变形、疲劳及老化等原因的影响。运用这种理论是要通过对设备的异常现象的数据检测、对故障频率及其发布的分析，设备可靠性的原因分析，并运用数理统计方法分析它的规律性进而得到设备劣化与维修必要性的信息。这种理论和方法对尚未掌握维修规律，以及重型、精密、电子、自动化等设备是比较适用的。

资料来源：陈荣秋、马士华编著，《生产运作管理》，机械工业出版社，2004年

### 13.2.1 设备的磨损理论

设备在使用过程和闲置过程中都会发生磨损，设备的磨损分有形磨损和无形磨损两种形式。

#### 1. 有形磨损

##### (1) 设备有形磨损的分类

有形磨损是指设备的实体磨损（物理磨损）。

① 第一类有形磨损。设备在运行时，其零部件由于摩擦、应力或化学反应的影响，致使实体发生的磨损，也称为使用磨损。这类磨损会使设备的精度和性能下降，甚至引发事故。

② 第二类有形磨损。设备由于自然力的作用引起生锈、腐蚀等所产生的磨损，也称为自然磨损。这类磨损也会使设备的精度和性能下降，使设备难以运行。

## (2) 设备有形磨损的规律

设备的磨损大致可以分为三个阶段，如图 13.1 所示。

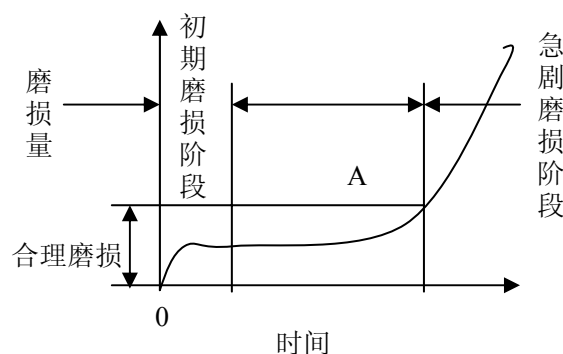


图 13.1 机器零件磨损的典型曲线

① 初期磨损阶段。在这个阶段中，机器零件表面上的高低不平处，以及氧化脱炭层，由于零件的运转、互相摩擦力的作用，很快被磨损。这一阶段的磨损速度较快，但时间较短。

② 正常磨损阶段。在这个阶段中，零件的磨损基本上随时间匀速增加。在正常情况下，零件磨损非常缓慢。

③ 急剧磨损阶段。在这个阶段中，零件正常磨损关系被破坏，使得磨损急剧增加。设备的精度、性能和生产效率降低。所以，一般不允许零件使用到急剧磨损阶段，当零件到正常磨损阶段后期就应修复或更换。否则，将会加大修理工作量，增加修理费用，延长设备停工修理时间。

## 2. 设备的无形磨损

无形磨损是指由于经济发展或科技进步的原因，使设备的原有价值贬值，而造成的磨损。

(1) 第一类无形磨损。由于设备制造部门的工艺和管理水平的提高，使生产某种设备的生产成本降低，产品的市场价格下调，因而造成原有设备的相应贬值。这类磨损不影响设备的功能。

(2) 第二类无形磨损。由于科学技术的进步，出现性能更完善、效率更高的新型设备，而使原有设备显得陈旧落后，甚至丧失部分或全部使用价值。这类磨损也称为技术性无形磨损。

## 3. 设备磨损的对策

设备磨损是客观必然的。针对磨损规律分别采取有效措施，就能保证设备经常处于良好的技术状态。

(1) 设备的正常磨损阶段是设备处于最佳的技术状态。

因此，要加强对设备的合理使用，精心维护保养，尽量延长设备的最佳技术状态的延续时间，以保证优质、高产、提高经济效益。

(2) 加强设备的日常检查和定期检查，及时掌握零件磨损情况，在设备进入急剧磨损阶段前，及时进行修理，可以防止设备故障，减少修理工作量。

(3) 根据零件磨损规律，分析计算零件的磨损率和使用期限，有计划地进行更换修理。

### 13.2.2 设备的故障与故障率曲线

#### 1. 故障

设备在其寿命周期内，由于磨损或操作使用等方面的原因，发生丧失其规定功能的状况称为故障。设备在使用过程中发生的故障会严重影响企业的正常生产。因此，研究设备故障及其发生规律，减少故障的发生，是设备管理的一个重要内容。

(1) 突发故障（损坏故障）。一般是由偶然性、意外性原因造成的。突发故障的发生往往是随机性的，一旦发生对设备的损坏会很大，可能会使设备完全丧失功能，必须停机修理。

(2) 渐发故障（劣化故障）。由于设备功能逐渐劣化而引起的故障。这类故障往往有规律可循，往往表现为局部功能的丧失。设备无论是处于运行或闲置状态，均会出现性能的劣化。

#### 2. 故障率曲线

故障率是指设备在单位时间内的故障发生比率。在设备的不同使用时间阶段，设备的故障率是不同的。

设备典型故障率曲线其形状似浴盆，故又称为浴盆曲线。如图 13.2 浴盆曲线可以划分为三个阶段。

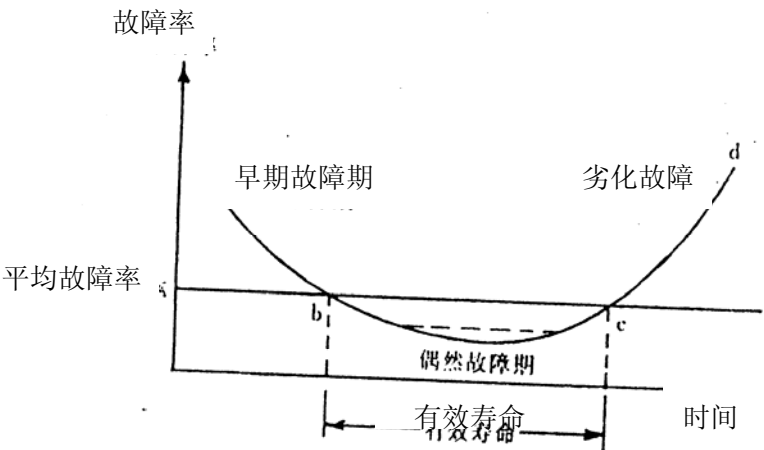


图 13.2 设备典型故障率曲线

(1) 早期故障期，即 ab 线段。这个阶段的故障主要是由于设计上的缺陷，制造质量欠佳，搬运、安装工作不细心和操作人员不适应引起的，开始故障率较高，然后逐渐减少。

(2) 偶然故障期，即 bc 线段。在这个阶段内，设备已进入正常运转阶段。故障很少，一般都是由于维护不好或操作失误而引起的偶然故障。

(3) 劣化故障期，即 cd 线段。在这个阶段，构成设备的某些零件已经老化，或进入急剧磨损阶段，因而故障率上升。为了降低故障率，延长设备的有效寿命，要在零件将要达到急剧磨损以前，进行更换修理。设备老化与设备劣化是两个意义相近的专业术语，设备老化是因到达其使用寿命，设备劣化可以由多种原因造成。老化是其原因之一。

设备管理应针对设备在不同时间出现的问题，采取相应的措施。在早期故障期，设备管理的主要任务是找出设备可靠性低的原因，进行调整和改革，保持设备故障率稳定。在偶然故障期，应注意加强工人的技术教育，提高操作工人与维修工人的技术水平。在劣化故障期，应加强设备的日常维修保养，在预防检查和计划修理工作。

### 13.2.3 设备的合理使用

设备的合理使用是设备综合管理的一个重要环节。设备寿命的长短、效率的大小、精度的高低，固然取决于设备本身的设计结构和各种参数，但是在很大程度上取决于人们对设备的合理使用。正确、合理使用设备，可以减轻磨损，保持良好的性能和应用精度，从而充分发挥设备应有的生产率。

合理使用设备，必须注意以下几点：

1. 要根据设备的性能、结构和其他技术特征，恰当地安排生产任务和工作负荷。

恰当地安排生产任务，是要使设备物尽其用，避免“大机小用”“精机粗用”等现象。不同的设备是依据不同的科学技术原理设计制造的。它们的性能、结构、精度、使用范围、工作条件和能力以及其它技术条件是各不相同的。企业如果不考虑上述特点，不是造成设备效率的浪费，就是使设备超负荷运转，加速损坏。

2. 为设备配备具有一定熟练程度的操作者。

为了充分发挥设备的性能，使机器设备在最佳状态下使用，必须配备与设备相适应的工人。要求操作者熟悉并掌握设备的性能、结构、工艺加工范围和维护保养技术。新工人上机一定要进行技术考核，合格后方允许独立操作。对于精密、复杂、稀有以及对生产带有关键性的设备，应指定具有专门技术的工人去操作。实行定人定机，凭操作证操作。

3. 要为设备创造良好的工作环境。

机器设备的工作环境对机器设备的精度、性能有很大影响，不仅高精度设备的温度、灰尘、震动、腐蚀等环境需要严格控制，对于普通精度的设备也要创造适当的条件。良好的工作环境不仅可以延长设备的有效寿命，而且对提高产品质量也有很大作用。

4. 要经常对职工进行正确使用和爱护设备的宣传教育。

职工群众对机器设备爱护程度，对于设备的使用和保养以及设备效率能否充分发挥，有着重大的影响。因此，企业领导和设备管理部门一定要对职工经常进行思想教育和技术培训，使操作人员养成自觉爱护设备的风气和习惯，使设备经常保持“整齐、清洁、润滑、安全”，处于最佳技术状态。

5. 制定有关设备使用和维修方面的规章制度，建立健全设备使用的责任制。

### 13.2.4 设备的维护和检查

1. 设备的维护保养

设备的维护保养是设备自身运动的客观要求。设备维护保养的目的，是及时处理设备在运行过程中，由于技术状态的发展变化而引起的大量、常见的问题，随时改善设备的技术状况、保证设备正常运行，延长使用寿命。

设备维护保养，按其工作量的大小，可以分为以下几个类别。

(1) 日常保养（或例行保养）。它的主要内容是：进行清洗、润滑、紧固松动的螺丝，检查零部件状况。这类保养项目和部位较大，大多数在设备的外部，由操作工人承担。

(2) 一级保养。主要内容是：普遍地进行清洗、润滑、紧固，对部分零部件进行拆卸、清洗。以及进行部分的调整。一级保养通常是在专职维修工人的指导下，由操作工人承担。

(3) 二级保养。主要内容是：进行内部清洗、润滑、局部解体检查和调整。二级保养由专职维修工人承担，操作工人协助。

(4) 三级保养。主要内容是：对设备主体部分进行解体检查和调整工作，同时更换一些磨损零件并对主要零件的磨损情况进行测量、鉴定。

设备维护保养的类别和内容，应按设备的生产工艺、结构复杂程度和不同企业的习惯来规定。从我国各企业规定的设备保养制度来看，差别比较大。有些机器制造企业的金属切削机床，执行的是“日保”、“一保”、“二保”的三级保养制度，但内容又各不一样。某些石油企业的活动设备和泵站设备，规定四级保养制度；冶金企业的高炉、平炉，化工企业的各种装置，则不规定保养类别。

2. 设备的检查

设备的检查是对设备的运行情况、工作精度、磨损程度进行检查和校验。通过检查全面掌握设备的技术状况变化和磨损情况，及时查明和消除设备隐患，针对检查发现的问题，改进设备维修工作，提高修理质量和缩短修理时间。

(1) 设备的检查按检查的时间间隔，可分为：

① 日常检查。就是在交接班时，由操作工人结合日常保养进行检查，以便及时发现异常的技术状况，进行必要的维护和检修工作。

② 定期检查。就是在操作工人的参加下，由专职维修工人按计划定期对设备进行检查，以便全面准确地掌握设备的技术状况、零部件磨损、老化情况，确定是否有进行修理的必要。

(2) 设备检查按技术功能，可分为：

① 机能检查。就是对设备的各项机能进行检查与测定，如是否漏油、漏水、漏气、防尘密闭性如何，零件耐高温、高速、高压的性能等。

② 精度检查。是指对设备的实际加工精度进行检查和测定，以便确定设备精度的劣化程度，为设备验收、修理和更新提供依据。

13.2.5 设备的修理

设备经长期运转，配合面磨损到一定程度后，性能精度急剧变坏，如不加以修理；将影响产品的数量、质量和成本。因此修理工作是设备管理中的重要环节。

1. 设备维修的概念

(1) 事后维修

十八世纪前，设备简陋，一旦发生故障，可由操作人员自行修复，因此谈不上设备管理。产业革命后，机器生产逐渐替代人工操作，设备复杂程度提高，由原来的操作人员兼作维修工作已不适应，就此出现了专职机修人员。这时设备管理的内容主要是修理故障的机器，使其恢复正常运转，称为事后维修（图 13.3）。此法的优点是能充分利用零部件的寿命。其主要缺点是损失了设备的工作时间，且因不知故障在什么时候发生，修理无计划，常常打乱生产计划，影响交货期。同时又缺乏前准备，停机时间较长。有时为生产急需而抢修，使修理质量不高。

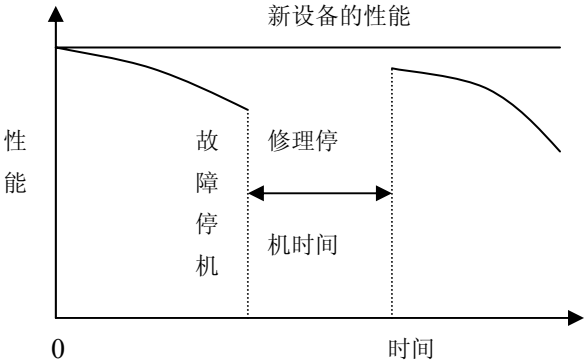


图 13.3 设备事后维修

## (2) 预防维修

二次大战期间，设备故障严重影响了美国的军工生产，因而出现了设备预防维修制度。强调以预防为主，也就是设备在使用时，要做好维护保养，加强检查。设备尚未发生故障就进行修理。图 13.4 表示设备预防维修的过程。根据历年设备磨损统计资料和平时检查分析，预测其发生故障的日期  $P_2$ 。 $P_1$  点是计划修理日期，是在  $P_2$  前找一个较少影响生产的日期进行检查，使故障不发生，生产就不致停顿。因此可使停机时间短，提高设备效能。

苏联的设备预防维修工作称为预修制，对我国影响很大。

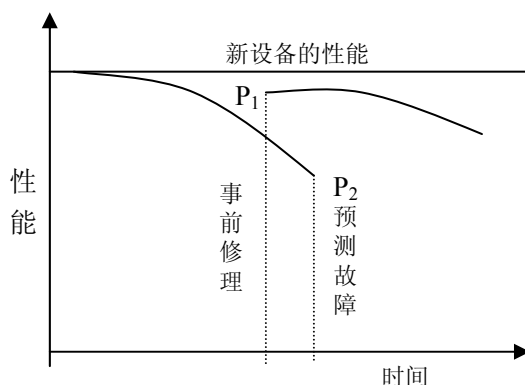


图 13.4 设备预防维修

## (3) 生产维修

预防维修虽有优点，但因不能准确预测故障日期而造成过剩维修，增加了维修工作量和费用。为此，1954 年，美国提出以提高生产经济效益为目的来组织设备维修。将生产上重要的设备实行预防维修，次要的实行事后维修，以便集中力量做好重要设备的维修工作，并可节省维修费用。

## (4) 改革维修

1957 年，美国兴起了改革维修。设备中经常发生故障的部位往往是出于设计问题。如在维修时将结构加以改革，就可少出重复故障，减少修理次数。改革维修的出现，使生产维修增加了新的内容。

## (5) 维修预防

科学技术发展，空间开发事业兴起，传统的设备管理已不适应时代要求。1960 年，美国出现了维修预防的设想。要求在设计设备阶段就提高设备的可靠性和维修性，使它不易损坏，在报废之前不需修理，或很易修理。这是设备管理体制上的突破，认为设备管理应从维修部门扩展到设计、制造等部门。不久，英国就出现了设备综合工程。也可以说这时踏入了现代化设备管理时代。

## (6) 设备状态监测维修

上面所谈的预防维修是以时间为基准的维修方式，是以过去设备故障的数据统计分析为依据，规定每隔一定时间进行一次修理，因此也称为定期维修。定期维修在我国实施的有计



划预修制和计划保修制两种。这种维修方式的主要弊病是：

① 生产性差

维修计划往往不能和生产计划协调实施。你要生产，我要维修，为生产服务的观点不强。

② 经济性差

规定的修理间隔期总比设备的固有寿命短得多，形成很大的过剩维修，增加了维修工作量和维修费用。

③ 科学性差

从主观设想出发，而不是以设备的实际技术状态来安排修理，因而缺乏科学性。

状态监测维修是以设备状态为基准的维修方式，在日本称为预知维修。这种维修不规定修理间隔期，而是根据设备状态监测技术和诊断技术来监测设备有无劣化和故障，在必要时进行必要的维修。它避免了定期维修所造成的过剩维修，所以既能减少材料消耗和人力的浪费，又可防止故障于未然，是当前最先进的维修方式。

2. 计划预修制、计划保修制和全面生产维修制

(1) 计划预修制

计划预修制是我国在五十年代从苏联引进的一种预防性维修制度。它是根据设备结构、性能、工艺等特点和使用条件，规定设备开动若干时间后，就需有计划地进行检查和修理，其具体内容与措施如下：

① 确定各种类型设备的修理复杂系数

修理复杂系数  $F$  表示不同设备的修理复杂程度，是计算各种设备的修理劳动量、材料需用量和修理费等的假定单位。机械部分修理复杂系数用  $JF$  表示，电气部分用  $DF$  表示。

② 确定各类设备的修理定额

计划中的修理类别、日期、内容、工作量等都是根据修理定额计算而得的，因此在制订计划前尚需确定各种修理定额。这些定额是：修理周期、修理工时、修理停机、修理费用、修理材料等定额。

③ 确定维护和修理工作类别及其内容

a. 预防性的定期检查

内容有：定期清洗、换油、精度检查和性能检查

b. 修理工作类别

内容有：检查、小修理、中修理、大修理。

● 检查 (O) 是指计划修理之间的检查。

● 小修理 (M) 这是工作量最小的局部修理。一般在设备原地更换或修复少量磨损零件，并调整设备结构，以保证正常运转到下次修理。

● 中修理 (C) 需要更换与修复设备主要零件和较多的其他磨损零件，并校正设备的基准，从而恢复规定的精度、功能、生产率，直至下次中修或大修。

● 大修理 (K) 这是工作量最大的一种修理。需要把设备全部拆卸，修复和更换全部磨损零部件和基础零件，恢复设备原有精度、性能和生产率。

(2) 计划保修制

计划保修制从计划预修制演变而来。由于计划预修制施行小修、中修、大修，设备的修理次数较多（俄罗斯已取消了中修理），不利于生产，且经常造成过剩维修，经济效益差。我国很多企业采取加强维护保养的方法来减少修理次数，就形成了计划保修制。计划保修制就是有计划地进行设备的三级保养加大修理。

由于设备的制造质量、工作负荷、操作和维护使用等情况不同，日后的技术状态有很大差别，这就使有些设备，尤其是大型设备的使用虽已到大、中修期，但只有某些项目丧失精度。例如某些企业的通用车床只用于车内、外圆，而不车螺纹；万能铣床只作立铣而不作

卧铣。这些机床如照搬计划预修制的修理周期结构，而进行大、中修的话，就需将通用车床更换大丝杠，将万能铣床修理刀杆支架轴承等，这样势必产生过剩修理，造成很大浪费。因此根据实际情况，就产生了项目修理。项目修理就是根据设备的技术状态，对其中丧失精度的某些项目进行恢复性修理，甚至是提高性的改革修理，使设备达到了合乎工艺要求的一种修理措施。由于采用项目修理，节约了人力、物力和修理费用，缩短了修理停机时间，因此，有些企业所执行的计划保修制的内容是三级保养加项修加大修。

### (3) 全面生产维修制

全面生产维修制（TPM）是日本在学习美国的生产维修和英国的设备综合工程基础上结合日本国情而创立的一套设备管理制度，其做法和内容主要有：

① 以彻底消灭故障为目标，推行三全，即全系统、全效率、全员参加。

全系统是指以设备整个寿命为对象，贯彻生产维修制。即在设备的方案研究、设计、制造阶段要考虑维修预防。在使用阶段要做好保养和检查工作，对重要设备实行预防维修，对次要设备实行事后维修。当设备频频发生重要故障时，就采取改革维修。

全效率类似设备综合工程的综合效率。

全员是指从企业领导到工人及设备有关人员全体参加。

② 推行 5S（即整理、整顿、清洁、清扫、素养）管理活动。

③ 对设备进行 ABC 分类，突出重点设备的维修工作。

④ 履行日常点检查和定期点检。

⑤ 规定一系列技术经济指标，作为评价维修工作的标准，主要有：

$$\text{计划作业率} = \frac{\text{计划维修作业次数}}{\text{全部维修作业次数}} \times 100\%$$

$$\text{实际开动率} = \frac{\text{实际作业时间}}{\text{实有能力时间}} \times 100\%$$

$$\text{PM 维修次数率} = \frac{\text{PM 维修次数}}{\text{全部次数}} \times 100\%$$

$$\text{每吨（台）产品维修费用} = \frac{\text{全部维修费用}}{\text{产品总吨（台）数}} \text{元/吨（台）}$$

$$\text{停机损失百分比} = \frac{\text{设备原因停机损失}}{\text{生产总值}} \times 100\%$$

⑥ 坚持预防为主，重视润滑工作。

⑦ 完整维修记录，重视设备规律研究，尤其是平均故障间隔期（MTBF），指可修设备从故障起至下次故障为止的时间平均值分析，它把各项维修作业（突发故障修理、改革维修、点检、换油、调整、更换备件等）的发生时间、现象、原因、所需工时、停机时间等都记录下来制成 MTBF 分析表。通过分析，找出故障次数多、间隔时间短、维修工作量大、对生产影响大的设备和部件，作为减少维修保养作业研究的重点对象。

⑧ 重视人员培训，注意多能工的培养。

TPM 制中很多做法已被我国修改采用。

### 3. 设备 ABC 分类法

企业中的设备数量多，管理工作量大，发生故障后对生产的影响程度不一，如同等对待，将造成人力物力的浪费。因此有必要将设备分为 A（重点设备）、B（一般设备）、C（次要设

备)三类。(表 13.1)

重点设备是指发生故障后对产量、质量、成本、交货期、安全卫生和劳动情绪(PQCDSM)这方面影响较大的设备,因此须根据对 PQCDSM 的要求来确定。但并不是一经决定就一成不变的。由于设备的新增、生产计划的变动以及工艺方法的改变,重点设备也会随之改变。因此就需定期(每年)确定重点设备。确定的方法一般是用评分法。

表 13.1 重点设备和其它设备在管理上的区别

类别	重点设备标志	日常保养	点检标准	日常点检	定期点检	MTBF 分析表	设备工作状态记录
A	√	√	按特定标准	√	√	√	√
B	—	√	按一般标准	√	√	√	—
C	—	√	—	—	—	—	—

4. 设备修理计划的编制与执行

修理工作定额是编制修理计划的重要依据,它包括:

(1) 修理周期和修理周期结构 一般认为,修理间隔期、检查间隔期,可属于修理周期的内容

修理周期,是指相邻两次大修理之间设备的工作时间。对新设备来说,就是从投产到第一次大修理之间的间隔时间。

① 修理间隔期,是指相邻两次修理(包括大、中、小修理)之间的间隔时间。

② 检查间隔期,是指相邻的检查与修理之间的间隔时间。

③ 修理周期结构,在计划预修制中是指在一个修理周期内将检查(O)、小修(M)、中修(C)和大修(K)按照规定的顺序排列。对计划保修制来说是在一个修理周期内将一级保养、二级保养和大修按照规定的顺序排列。现将一般金属切削机床的修理周期结构表示如图

13.5

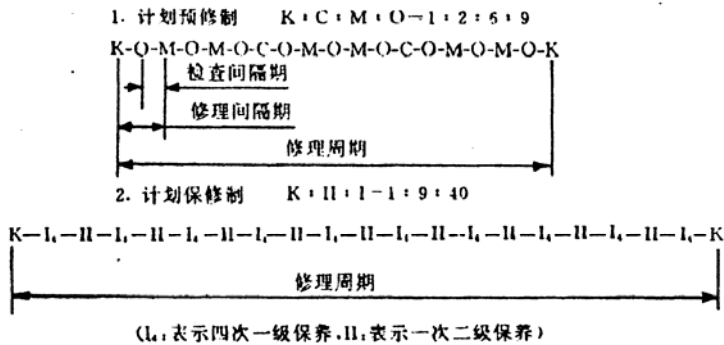


图 13.5 一般金属切削机床修理周期结构示意图

修理周期确定后,参照上期设备修理计划的完成情况以及本期的生产任务和设备完好程度,即可计算出计划期内究竟有多少设备需要修理。

(2) 修理工时定额

它是完成设备修理工作所需的标准工时数。一般都用一个修理复杂系数所需的劳动时间来表示。

有了各种设备的修理复杂系数和每一修理复杂系数的工时定额后,就可计算出每台设备修理时的劳动量。同时也就可计算出计划期内为完成全部修理工作所需的总劳动量。

(3) 停机时间定额

停机时间是指从设备停歇修理起到修理完毕,经质量检查验收合格可投产使用所经过的

全部时间。在做好修理前各项准备工作的情况下，设备停机时间的长短主要取决于修理钳工劳动时间。

停机时间也可按每一修理复杂系数的停机时间定额来计算。停机时间定额可根据各企业的具体情况自行确定。

除上述定额外，尚有设备修理材料定额和修理费用定额等。其制定方法也用每一修理复杂系数所需要的材料和费用来表示。

## 13.3 设备的更新与改造

### 13.3.1 设备更新

设备更新是指用新的设备或技术先进的设备，更换在技术上或经济上不宜继续使用的设备。设备更新是保障企业简单再生产和扩大再生产的必要物质条件。设备更新的目的是促进技术进步，发展企业生产、提高经济效益。企业在进行设备更新时，应遵循有关技术发展的原则、进行技术经济论证和可行性研究，对设备经济使用年限，更新方式及设备选择作出最佳的抉择。

#### 1. 设备寿命与设备更新期

(1) 设备寿命是指设备从投入生产开始，经过有形磨损和无形磨损，直至在技术上或经济上不宜继续使用，需要进行更新所经历的时间。一台设备可以有多种寿命，但按其性质可分为物理寿命、技术寿命和经济寿命三种。

① 物理寿命。又称为自然寿命，是指设备从全新状态投入生产开始，经过有形磨损，直到在技术上不能按原有用途继续使用为止的时间，一般说，设备的物理寿命较长。延长设备物理寿命的措施是修理。

② 技术寿命。是指设备从全新状态投入生产以后，由于新技术的出现，使原有设备丧失其使用价值而被淘汰所经历的时间。技术更新的速度越快，设备的技术寿命就越短。

③ 经济寿命。是指设备从全新状态投入生产开始，到设备具有最低的均匀等值年费用的时间。设备经济寿命是设备综合管理的一个重要概念，是设备更新、改造决策的重要内容。

(2) 设备更新期也叫设备的经济寿命。影响设备更新或经济寿命的因素是：

① 效能衰退。所谓衰退是指现存的设备与其全新状态相比较时在工程效率上的降低。设备在使用过程中的物质磨损，使其效能逐渐衰退，设备维持费逐年增加。

② 技术陈旧。是指由于新技术的发明与应用，出现了新型设备，现存的设备与新型设备相比较时工作效率低、生产费用高，丧失其继续使用价值，必须及时进行更新。在这种情况下，设备被废弃的因素不是设备的性能衰退，因为这些设备在被淘汰时仍能 and 正常服役的时候一样有效、可靠地运行。

③ 资金成本。是指购置新设备所支出的资金或投资的成本。企业的资金或者来源于股东投资，或者向银行贷款和发行债券。前者要支付股利，后者要支付借贷利息。因此，在确定设备的经济寿命时要考虑资金成本。

#### 2. 设备更新期的确定

设备更新期的确定要靠历史资料，因为它能指出未来的可能发展情况。过去的经验可以提供某些参数资料，根据这些资料可以预测设备的效能衰退情况，可以预测技术发明将再次从实体上改进某一工艺过程或机器设备的情况，为估定设备寿命或设备更新期提供实践依据。

##### (1) 效能衰退型更新期预测模型

某些设备在其寿命期内技术并不过时，仅因其效能衰退引起年费用不断增加，需要进行更新。更新的目的是为了维持设备的效率以获得最佳水平的年费用。

设备的年费用由设备费和使用设备的维持费构成。设备费随着设备使用年限的延长，每年分摊的设备费用及其资金成本越少，但是随着设备使用年限的增加，设备物质磨损加大，效能衰退，使维持费用逐年增加，因此，年使用设备总费用，在设备投入生产的最初阶段，一般显示下降趋势，但超过其经济使用年限后，又逐渐上升。如图 13.6 所示。

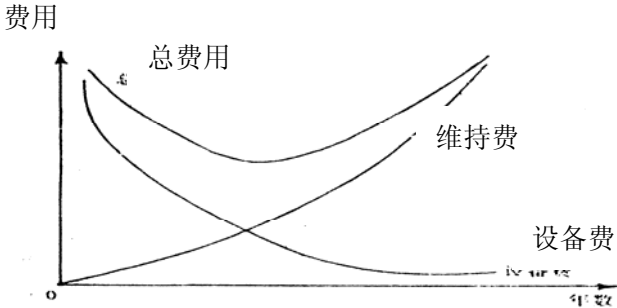


图 13.6 设备年总费用变化示意图

依据上述原理，可列出设备的均匀等值年费用公式如下：

$$C_V = \left( I - \frac{S_N}{(1+i)^N} + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+i)^n} \right) \left[ \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

- 式中：C<sub>N</sub>——等值年费用；  
 I——设备最初投资额；  
 S<sub>N</sub>——设备使用 N 年的残值；  
 C<sub>n</sub>——第 n 年设备维持费；  
 i——年利率或企业的资金利润率；  
 n——年期。 N 是设备共使用 N 年，n 是设备使用的第 n 年，两者含义不一样。

应用该模型确定更新期的方法，首先依据公式计算出各年等值年费用，然后选择最低等值年费用相对应的年期作为设备最佳更新期，即 n\*=Min{C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, …, C<sub>r</sub>}

[例 1] 某厂设备 A，其设备购置费为 42,000 元，依其技术而言，该设备使用年限为 8 年，但是，由于设备效能衰退，故障增多，设备的维持费用逐年增加，残值逐年减少，其金额如表 13.2 所示。年利率为 8%，求设备 A 的最佳更新期。

表 13.2 设备 A 不同年限的残值与维持费

设备寿命（年）	设备残值（元）	设备维持费（元）
1	30,000	6,000
2	22,800	6,600

3	18,000	7,500
4	13,800	8,700
5	10,200	10,200
6	7,200	12,000
7	4,800	13,500
8	3,000	15,000

首先，计算设备等值年费用。见表 13.3。

然后，从表 13.3 中找出等值年费用最小值，以其对应的年期作为更新期。本例当  $n=6$  年时，其等值年费用为 16,340 元，为最小值，故设备 A 的更新期为 6 年。

#### (2) 衰退与陈旧型更新预测模型

许多设备的经济寿命是效能衰退与技术陈旧综合作用的结果。设备质量恶化的累积，最终将表明用技术更先进的设备进行更新是经济上的必由之路。

这类设备更新期的预测模型，不仅要考虑设备的有形磨损而引起设备效能衰退，使其维持费随着机龄的增长而提高。同时要考虑新型设备的出现使原有设备的技术陈旧过时，而带来设备等值年费用的提高。其预测模型为：

$$C_N = I \cdot \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} + \left( \sum_{n=1}^N g(n-1) \cdot \frac{1}{(1+i)^N} \right) \left[ \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

式中： $g$ ——设备维持费用递增系数，或称劣化系数。

应用本模型确定设备的更新期，首先是式计算出设备寿命期等值年费用，然后选择最低等值年费用的年期作为更新期。

#### 3. 设备更新的方式

设备更新的方式分为设备的原型更新和设备的技术更新。

(1) 设备原型更新是指用结构相同的新设备，更换由于有形磨损严重，在技术、经济上不宜继续使用的旧设备。这种更新主要是解决现存设备的效能衰退问题，它不具有技术进步的性质。因此，如果大量采用这种更新方式，企业设备平均役龄虽然缩短了，但不能大幅度提高企业的经济效益，还将会影响企业的技术进步。

(2) 技术更新是指用技术更先进的设备去更换技术上陈旧的设备。这种更新不仅是恢复原有设备的性能，而且使设备具有更先进的技术水平，具有技术进步的性质。在技术迅速发展的今天，设备更新应是这种更新方式，它是企业实现技术进步的重要途径。

### 13.3.2 设备改造

设备改造是指应用先进的科学技术成就，改变原有设备的结构，提高原有设备的性能、效率，使之达到现代新型设备的水平。

表 13.3 等值年费用计算表

单位：元

$N$ $n$	$I$	$S_n$	$\frac{1}{(1+i)^n}$	$\frac{S_n}{(1+i)^n}$	$C_n$	$\frac{C_n}{(1+i)^n}$	$\sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+i)^n}$	小计	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	年费用
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) = $\Sigma$ (7)	(9) = (2) + (8) - (5)	(10)	(11) = (9) $\times$

1	42,000	30,000	0.9259	27,777	6,000	5,555	5,555	19,778	1.08000	21.360
2	42,000	22,800	0.8573	19,546	6,600	5,658	11,213	33,667	0.56077	18.879
3	42,000	18,000	0.7933	14,283	7,500	5,954	17,167	44,879	0.38809	17.417
4	42,000	13,800	0.7350	10,143	8,700	6,395	23,562	55,419	0.30192	16.732
5	42,000	10,200	0.6806	6,942	10,200	6,942	30,504	65,562	0.25046	16.421
6	42,000	7,200	0.6302	4,537	12,000	7,562	38,066	75,529	0.21634	16.340
7	42,000	4,800	0.5835	2,801	13,500	7,877	45,943	85,142	0.19207	16.353
8	42,000	3,000	0.5403	1,621	15,000	8,105	54,048	94,427	0.17401	16.431

设备改造与更新都是解决设备陈旧问题的一种经常性手段，但两者各有特点。设备改造对于解决设备陈旧问题来说，具有以下优点。

- 1. 设备改造与更新相比。针对性强，对生产的适应性好。
- 2. 设备改造较之全部更新投资少，时间短，人工省，收效快，具有更好的经济效益。

设备改造的方式分为设备局部的技术更新和增加新的技术结构。局部的技术更新是采用先进技术改变现有设备的局部结构。增加新的技术结构是指在原有设备基础上增添部件、新装置等。经过改造的设备，应达到质量性能好，生产效率高，节约能源和原材料，不污染环境等方面的要求。

## 本章小结

本章讨论设备管理问题。设备是企业用以生产产品和提供服务的物质基础，设备管理工作的水平直接影响企业的市场竞争力和经济效益。本章阐述了设备管理发展的历史进程，介绍了设备的磨损理论和故障率曲线，讨论了设备维护、检查的基本方式，还介绍了事后维修、预防维修、生产维修、改革维修、维修预防和设备状态检测维修的特点。还讨论了计划预修制等不同维修制度的应用和设备更新与改造的策略。

---

## 复习与思考

---

- 1. 设备管理的意义是什么？
- 2. 设备综合工程学有哪些要点？
- 3. 全员设备维修制（TPM）的要点是什么？
- 4. 设备综合管理的内容和任务是什么？
- 5. 设备的磨损可分哪几类？
- 6. 试述设备的磨损规律和故障发生规律。
- 7. 如何合理使用设备？
- 8. 设备的维护保养可分为哪几个类别？
- 9. 设备的维修有哪几类做法？
- 10. 试对不同的维修制度作比较评述。
- 11. 如何理解设备的寿命？
- 12. 设备更新与设备技术改造有何区别？

练习题

- 1. 浦光机器厂购入一重型设备，购置费 50 万元，该设备预计使用年限为 10 年，设备第一年的运行费用为 5000 元，以后每年递增 2000 元，如不考虑设备的残值，试求该设备的最佳更新期。
- 2. 康海化工厂购入 1 台 A 型搅拌机，原值为 120000 元，根据统计资料，该设备的逐年维持费和逐年实际残值如下表所示，试求该设备的最佳更新期。

A 型搅拌机逐年维持费和实际残值表						单位：元	
使用年限	1	2	3	4	5	6	7
维持费	5000	6000	7500	10000	15000	17000	22000
实际残值	90000	75000	56000	48000	40000	35000	30000

第 14 章 质量管理

本章关键词

- 质量 (Quality)
- 质量管理 (Quality Management)
- PDCA 循环 (PDCA Cycle)
- 抽样检验 (acceptanceSampling)
- 全面质量管理 (Total Quality Management, TQM)
- 零缺陷 (Zero Defect)



6 西格玛管理 (6  $\sigma$  Management)

质量改进 (Quality Improvement)

统计质量管理 (Statistical Quality  
Management)

控制图 (Control Chart)

<http://www.quality.nist.gov>

<http://www.asqc.org>

<http://deming.eng.clemson.edu>

质量、价格和服务是顾客选择产品时考虑的几个基本问题。而质量更是居首位的要素，是企业参与市场竞争的必备条件。质量低劣的产品，价格再低也无人问津。而只有真正拥有了高质量，产品才能真正满足顾客要求。才能真正在市场上实现其价值，才可能有真正的高效率和高效益。因此，正确地理解产品质量，加强质量管理是企业提高竞争力的真正源泉。

## 14.1 质量管理概述

### 14.1.1 质量的概念

质量是质量管理的对象，正确、全面地理解质量的概念，对开展质量管理工作是十分重要的。在生产发展的不同历史时期，人们对质量的理解随着科学技

术的发展和社会经济的变化而有所变化。

根据 ISO9000(2000 版)标准对质量的定义是：“一组固有特性满足要求的程度。”该定义中，固有特性是指满足顾客和其他相关方的要求的特性，并由其满足要求的程度加以表征。固有特征是通过产品、过程或体系设计和开发及其后的实现过程形成的属性。如物质特性(机械、电气、化学、生物特性)、感官特性(嗅觉、触觉、味觉、视觉等感觉控制的特性)、行为特性(礼貌、诚实、正直)、时间特性(准时性、可靠性、可用性)、人体工效特性(语言、生理特性、人身安全特性)、功能特性(飞机的航程、手表显示时间的准确性)等。这些固有特性的要求大多是可测量的。赋予的特性(如某一产品的价格)，并非产品、体系或过程的固有特性。满足要求就是应满足明示的(如明确规定的)、通常隐含的(如组织的惯例、一般习惯)或必须履行的(如法律法规、行业规则)的需要和期望。只有全面满足这些要求才能评定为好的质量。顾客和其他相关方对产品、体系或过程的质量要求是动态的、发展的和相对的，是随着时间、地点、环境的变化而变化的。所以应定期对质量进行评审，按照变化的需要和期望，相应地改进产品体系或过程的质量，才能确保持续地满足顾客和其他相关方的要求。

### 14.1.2 提高产品质量的意义

产品质量是任何一个企业赖以生存的基础，提高产品质量对于提高企业竞争力、促进企业的发展有着直接而重要的意义。

(1) 质量是企业的生命线，是实现企业兴旺发达的杠杆。一个企业有没有生命力，在经营上有没有活力，首先是看它能否生产和及时向市场提供所需要的质量优良的产品。生产质量低劣的产品，必然要被淘汰，企业也就不能兴旺发达。

(2) 质量是提高企业竞争能力的重要支柱。无论在国际和国内市场中，竞争都是一条普遍的规律。市场的竞争首先是质量的竞争，质量低劣的产品是无法进入市场的。可以说，质量是产品进入市场的通行证。企业也只能以质量开拓市场，以质量巩固市场。提高产品质量是企业管理中一项重要战略。

(3) 质量是提高企业经济效益的重要条件。提高产品质量大多可以在不增加消耗的条件下，向用户提供使用价值更高的产品，以优质获得优价，走质量效益型道路，使企业经济效益提高。如果粗制滥造，质量低劣，就必然导致产品滞销，无人购买，这就从根本上失去了提高经济效益的条件。经验也表明，只有高的质量，才可能有高的效益。

(4) 产品质量保持国家竞争优势和促进人们生活水平提高的基石。优质产品能给人们生活带来方便与安乐，能给企业带来效益和发展，最终能使社会繁荣，国家富强；劣质则会给人们生活带来无数的烦恼以至灾难，造成企业的亏损以至倒闭，并由此给社会带来各种不良影响，直接阻碍社会的进步，乃至造成国家的衰败。因此，优质的产品可以被看成是保持国家竞争优势和促进人们生活水平提高的基石。美国著名质量管理专家朱兰博士曾形象地把“质量”比拟为人们在现代社会中赖以生存的大堤，要保证质量大堤的安全，就必须对质量问题常抓不懈。

### 14.1.3 质量管理发展的历程

质量管理这一概产生于 20 世纪初，伴随着企业管理与实践的发展而不断完善、随着市场竞争的变化而发展。在不同时期，质量管理的理论、技术和方法都在不断地发展和变化，并且有不同的发展特点。从一些工业发达国家经过的历程来看，质量管理的发展大致经历了三个阶段。

#### 1. 产品质量的检验阶段（20 世纪 20～30 年代）

20 世纪初，美国企业出现了流水作业等先进生产方式，提高了对质量检验的要求，随之在企业管理队伍中出现了专职检验人员，组成了专职检验部门。从 20 世纪初到 40 年代前，美国的工业企业普遍设置了集中管理的技术检验机构。

质量检验对于工业生产来说，无疑是一个很大进步，因为它有利于提高生产率，有利于

分工的发展。但从质量管理的角度看，质量检验的效能较差，因为这一阶段的特点就是按照标准规定，对成品进行检验，即从成品中挑出不合格品。这种质量管理方法的任务只是“把关”，即严禁不合格品出厂或流入下一工序，而不能预防废品产生。也就是说，质量检验可以防止废品流入下道工序，但是由废品造成的损失已经存在了，是无法消除的。

1924 年，美国贝尔电话研究所的统计学家休哈特博士提出了“预防缺陷”的概念。他认为，质量管理除了检验外，还应做到预防。解决的办法就是采用他所提出的统计质量控制方法。

与此同时，同属贝尔研究所的道奇（H.F.Dodge）和罗米格（H.G.Romig）又共同提出，在破坏性检验的场合采用“抽样检验表”，并提出了第一个抽样检验方案。此时，还有瓦尔德（A.Wald）的序贯抽样检验法等统计方法。但在当时，只有少数企业，如通用电器公司，福特汽车公司等采用他们的方法，并取得了明显的效果，而大多数企业却仍然搞事后检验。这是由于 30 年代前后，资本主义国家发生严重的经济危机，在当时生产力发展水平不太高的情况下，对产品质量的要求也不可能高。所以，用数理统计方法进行质量管理未被普遍接受。因此第一阶段，即质量检验阶段一直延续到 40 年代。

### 2. 统计质量管理阶段（20 世纪 40~50 年代）

第二次世界大战中，特别是军需品的大量生产，立刻显示了质量检验工作的弱点，检验部门成了生产中最薄弱的环节。由于事先无法控制质量，以及检验工作量大，军火生产常常延误交货期，影响前线军需供应。这时，休哈特防患于未然的控制产品质量的方法及道奇、罗米格的抽样检查方法被重新重视起来。美国政府和国防部组织数理统计学家去实际问题，制定战时国防标准，即《质量控制指南》、《数据分析用的控制图法》、《生产中质量管理用的控制图》这三个标准是质量管理中最早的标准。

在美国战时的质量管理方法的研究中，哥伦比亚大学的“统计研究组”作出了较大的贡献。该组是做为政府机关的应用数学咨询机构而成立的。在其许多的研究成果中，具有特殊意义的是瓦尔德提出的逐次抽检（序贯抽检）法。

第二次世界大战后，美国的产业界顺利地战时生产转入到和平生产，统计方法在国民工业生产中得到了广泛的应用。随后，在欧美各国企业相继推广开来。

这一阶段的手段是利用数理统计原理，预防产生废品并检验产品的质量。在方式上是由专职检验人员转过来的专业质量控制工程师和技术人员承担。这标志着将事后检验的观念转变为预防质量事故的发生并事先加以预防的概念，使质量管理工作前进了一大步。

但是，这个阶段曾出现了一种偏见，就是过分强调数理统计方法，忽视了组织管理工作和生产者的能动作用。使人误认为“质量管理好象就是数理统计方法”、“质量管理是少数数学家和学者的事情”，因而对统计的质量管理产生了一种高不可攀、望而生畏的感觉。这种倾向阻碍了数理统计方法的推广。

### 3. 全面质量管理阶段（20 世纪 60 年代至今）

从 60 年代开始，进入全面质量管理（Total Quality Management, TQM）阶段。50 年代以来，由于科学技术的迅速发展，工业生产技术手段越来越现代化，工业产品更新换代也越来越频繁。特别是出现了许多大型产品和复杂的系统工程，质量要求大大提高了，特别是对安全性、可靠性的要求越来越高。此时，单纯靠统计质量控制，已无法满足要求。因为整个系统工程与试验研究、产品设计、试验鉴定、生产准备、辅助过程、使用过程等每个环节都有着密切关系，仅仅靠控制过程是无法保证质量的。这样就要求从系统的观点，全面控制产品质量形成的各个环节、各个阶段。其次，由于行为科学在质量管理中的应用，其中主要内容就是重视人的作用，认为人受心理因素、生理因素和社会环境等方面的影响。因而必须从社会学、心理学的角度去研究社会环境、人的相互关系以及个人利益对提高工效和产品质量的影响，发挥人的能动作用，调动人的积极性，去加强企业管理。同时，认识到不重视人的

因素，质量管理是搞不好的。因而在质量管理中，也相应地出现了“依靠工人”、“自我控制”、“运动”和“QC 小组活动”等。

此外，由于“保护消费者利益”运动的发生和发展，迫使政府制定法律，制止企业生产和销售质量低劣、影响安全、危害健康等的劣质品，要求企业对提供产品的质量承担法律责任和经济责任。制造者提供的产品不仅要求性能符合质量标准规定，而且在保证产品售后的正常使用过程中，使用效果良好，安全、可靠、经济。于是，在质量管理中提出了质量保证和质量责任问题，这就要求在企业建立全过程的质量保证系统，对企业的产品质量实行全面的管理。

基于上述理由，美国通用电器公司的费根堡姆（A.V.Feigenbaum）首先提出了全面质量管理思想，或称“综合质量管理”，并且在 1961 年出版了《全面质量管理》一书，他指出要真正搞好质量管理除了利用统计方法控制制造过程外，还需要组织管理工作，对生产全过程进行质量管理。他还指出执行质量职能是企业全体人员的责任，应该使全体人员都具有质量意识和承担质量的责任。费根堡姆还同朱兰等一些著名质量管理专家建议用全面质量管理代替统计质量管理。全面质量管理的提出符合生产发展和质量管理发展的客观要求，所以，很快被人们普遍接受，并在世界各地逐渐普及和推行。经过多年实践，全面质量管理理论已比较完善，在实践上也取得了较大的成功。

#### 14.1.4 质量管理体系的涵义

根据 ISO9000-2000 标准，对质量管理体系的定义是：“在质量方面指挥和控制组织的管理体系。”体系是指相互关联或相互作用的一组要素。管理体系是指建立方针和目标并实现这些目标的体系。质量管理体系包括四大过程，即“管理职责”、“资源管理”、“产品实现”和“测量分析改进”。

建立质量管理体系是为了有效地实现组织规定的质量方针和质量目标。所以组织应根据生产和提供产品的特点，识别构成质量管理体系的各个过程，识别并及时提供实现质量目标所需的资源，对质量管理体系运行的过程和结果进行测量、分析和改进，确保顾客和其他相关方满意，为了评价顾客和其他相关方的满意程度，质量管理体系还应确定测量和监视各

个方面的满意与否的信息，采取改进措施，努力消除不满意因素，提高质量管理体系的有效性和效率。组织建立质量管理体系不仅要满足在经营中顾客对组织质量管理体系的要求，预防不合格发生和提供使顾客和其他相关方满意的产品，而且应该站在更高层次，追求组织优秀的业绩来保持和不断改进、完善质量管理体系。所以，除了组织应定期评价质量管理体系，开展内部质量管理体系审核和管理评审之外，还应该按质量管理体系或者优秀的管理模式进行自我评定，以评价组织的业绩，识别需要改进的领域，努力实施持续改进，使质量管理体系提高到一个新的水平。

#### 14.1.5 质量职能

##### 1. 质量形成过程

产品质量有一个产生、形成、实现、使用和衰亡的过程。对于质量形成过程，质量专家朱兰称之为“质量螺旋”（见图 14.1），意思是指产品质量从市场调查研究开始，到形成、

实现后交付使用，在使用中又产生新的想法，构成动力再开始新的质量过程，产品质量水平呈螺旋式上升。

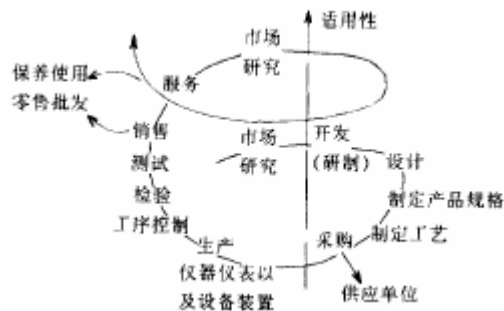


图 14.1 朱兰质量螺旋图

质量形成过程的另一种表达方式是“质量环”。国际标准 ISO90001-1994《质量管理和质量体系要素第一部分指南》中就采取了这种表述。质量环包括 12 个环节 (见图 14.2)。这种质量循环不是简单的重复循环，它与质量螺旋有相同意义。

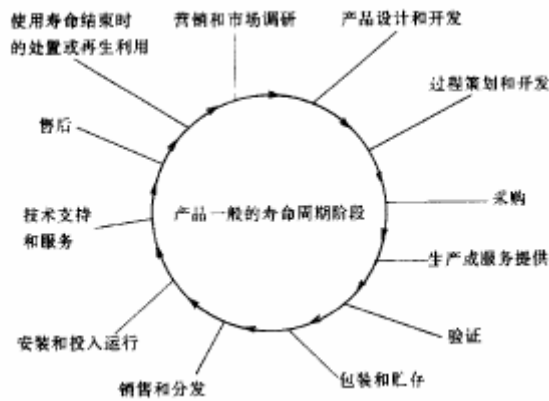


图 14.2 质量环

## 2. 质量职能

为了做到对质量形成过程进行有效的控制和管理，不仅要对产品的质量环列出它所包含的阶段，而且要落实各个阶段的质量职能。所谓质量职能是指为了使产品或服务具有满足顾客需要的质量而需要进行的全部活动的总和。质量有一个产生、形成和实现的过程，这一过程是由一系列的彼此联系、相互制约的活动所构成的。这些活动的大部分是由企业内部的各个部门所承担的，但还有许多活动涉及到企业外部的供应商、零售商、批发商、顾客等，所有这些活动都是保证和提高产品质量所不可少的。因此，我们可以说，质量并非只是质量部门的事情，而是取决于企业内外的许多组织和部门的共同努力。质量职能便是对在产品质量产生、形成和实现过程中各个环节的活动所发挥的作用或承担的任务的一种概括。从某种意义上来说，质量管理就是要将这些广泛分散的活动有机地结合起来，从而确保质量目标的实现。

企业内的质量职能应由各职能部门分别承担，但质量职能不等于部门职能。根据不同企业的规模大小和机构设置的情况的不同，质量职能及其活动的分配就不相同。有些职能部门

对产品质量虽无直接关系，但有间接关系，同样承担着一一定的质量职能。企业内部的主要质量职能活动一般包括市场调研、产品设计、规范的编制和产品研制、采购、工艺准备、生产制造，检验和试验、包装和贮存、销售和发运、安装和运行、技术服务和维护、用后处置等环节。

为了使这些活动互相配合、协调一致，必须做到：(1)明确实现质量目标所必须进行的各项活动，将这些活动委派给企业的相应部门；(2)向这些部门提供完成任务所必需的技术上和管理上的工具和设施；(3)确保这些活动在各部门、各环节的实施；(4)协调各部门之间的活动使之互相配合，指向共同的目标，以综合、系统的方式来解决质量问题，使企业的活动以及活动的成果达到最佳的水平。

总之，质量管理是一门学问。从根本上说，这是一门如何发现质量问题、定义质量问题、寻找问题原因和制定整改方案的方法论。质量管理还是一种思想，它实际对企业的宗旨，即企业是干什么的，应该是干什么的这一基本使命的一种深刻的理解和不断升华的认识。质量管理更是一种实践，一种从企业最高领导到每位员工主动参与的永无止境的改进活动。

## 14.2 全面质量管理

全面质量管理（Total Quality Management, 简称为 TQM），是指在全社会的推动下，企业的所有组织、所有部门和全体人员都以产品质量为核心，把专业技术、管理技术和数理统计结合起来，建立起一套科学、严密、高效的质量保证体系，控制生产全过程影响质量的因素，以优质的工作、最经济的办法，提供满足用户需要的产品（服务）的全部活动。简言之就是全社会推动下的、企业全体人员参加的，用全面质量去保证生产全过程的质量活动，其核心就在“全面”二字上。

### 14.2.1 全面质量管理的特点

全面质量管理的特点就在“全面”上，所谓“全面”有以下四方面的含义。

#### 1. TQM 是全面质量的管理

所谓全面质量就是指产品质量、过程质量和工作质量。全面质量管理不同于以前质量管理的一个特征，就是其工作对象是全面质量，而不仅仅局限于产品质量。全面质量管理认

为应从抓好产品质量的保证入手，用优质的工作质量来保证产品质量，这样能有效地改善影响产品质量的因素，达到事半功倍的效果。

#### 2. TQM 是全过程质量的管理

所谓的全过程是相对制造过程而言的，就是要求把质量管理活动贯穿于产品质量生产、形成和实现的全过程，全面落实预防为主方针。逐步形成一个包括市场调研，开发设计直至销售服务全过程所有环节的质量保证体系，把不合格品消灭在质量形成过程之中，做到防患于未然。

#### 3. TQM 是全员参加的质量管理

产品质量的优劣，取决于企业全体员工的工作质量水平，提高产品质量必须依靠企业全体人员的努力。企业中任何人的工作都会在一定范围和一定程度上影响产品的质量。显然，过去那种依靠少数人进行质量管理是很不得力的。因此，全面质量管理要求不论是哪个部门的人员，也不论是厂长还是普通职员，都要具备质量意识，都要承担具体的质量职能，积极关心产品质量。

#### 4. TQM 是全社会推动的质量管理

所谓全社会推动的质量管理指的是要使全面质量管理深入持久地开展下去,并取得好的效果,就不能把工作局限于企业内部,而需要全社会的重视。需要质量立法、认证、监督等工作,进行宏观上的控制引导,即需要全社会的推动。全面质量管理工作的开展要求全社会推动。这一点之所以必要,一方面是因为一个完整的产品,往往是由许多企业共同协作来完成的,例如,机器产品的制造企业要从其他企业获得原材料、各种专业化工厂生产的零部件等。因此,仅靠企业内部的质量管理无法完全保证产品质量。另一方面,来自于全社会宏观质量活动所创造的社会环境可以激发企业提高产品质量的积极性和认识到它的必要性。例如,通用优质优价等质量政策的制定和贯彻,以及实行质量认证、质量立法、质量监督等活动以取缔低劣产品的生产,使企业认识到,生产优质产品无论对社会和对企业都有利,而质量不过关则企业无法生存发展,从而认真对待产品质量和质量管理工作,使全面质量管理得以深入持久地开展下去。

### 14.2.2 全面质量管理的内容

全面质量管理是生产经营活动全过程的质量管理,要将影响产品质量的一切因素都控制起来,其中主要抓好以下几个环节的工作。

1. 市场调查。市场调查过程首先要了解用户对产品质量的要求,以及对本企业产品质量的反应,为下一步工作指出方向。

2. 产品设计。产品设计是产品质量形成的起点,是影响产品质量的重要环节,设计阶段要制定产品的生产技术标准。为使产品质量水平确定得先进合理,可利用经济分析方法,根据质量与成本及质量与售价之间的关系来确定最佳质量水平。

3. 采购。原材料、协作件、外购标准件的质量对产品质量的影响是很显然的,因此,要从供应单位的产品质量、价格和遵守合同的能力等方面来选择供应厂家。

4. 制造。制造过程是产品实体形成过程,制造过程的质量管理主要通过控制影响产品质量的各种因素,即操作者的技术熟练水平、设备、原材料、操作方法、检测手段和生产环境

来保证产品质量。

5. 检验。制造过程中同时存在着检验过程。检验在生产过程中起把关、预防和预报的作用。把关就是及时挑出不合格品,防止其流入下道工序或出厂;预防是防止不合格品的产生;预报是产品质量状况反馈到有关部门,作为质量决策的依据。为了更好地起到把关和预防等作用,同时要考虑减少检验费用,缩短检验时间,要正确选择检验方式和方法。

6. 销售。销售是产品质量实现的重要环节。销售过程中要实事求是地向用户介绍产品的性能、用途、优点等,防止不合实际地夸大产品的质量,影响企业的信誉。

7. 服务。抓好对用户的服务工作,如提供技术培训、编制好产品说明书、开展咨询活动、解决用户的疑难问题、及时处理出现的质量事故。为用户服务的质量影响着产品的使用质量。



### 14.2.3 全面质量管理的工作方法

在质量管理活动中，要求把各项工作按照作出计划、计划实施、检查实施效果，然后将成功的纳入标准，不成功的留待下一循环去解决的工作方法进行，这就是质量管理的基本工作方法，实际上也是企业管理各项工作的一般规律。这一工作方法简称为 PDCA 循环。P（Plan）是计划阶段，D（Do）是执行阶段，C（Check）是检查阶段，A（Action）是处理阶段。PDCA 循环是美国质量管理专家戴明博士最先总结出来的，所以又称戴明环。

PDCA 工作方法的四个阶段，

第一阶段为 P 阶段。就是要适应顾客的要求，并以取得经济效果为目标，通过调查、设计、试制，制订技术经济指标、质量目标，以及达到这些目标的具体措施和方法。这就是计划阶段。

第二阶段为 D 阶段。就是要按照所制订的计划和措施去实施。这是执行阶段。

第三阶段为 C 阶段。就是对照计划，检查执行的情况和效果及时发现和总结计划实施过程中的经验和问题。这是检查阶段。

第四阶段为 A 阶段。就是根据检查的结果采取措施，巩固成绩，吸取教训，以利再干。这是总结处理阶段。

在具体工作中，PDCA 工作方法的四个阶段又进一步化为八个步骤，可以具体分为以下八个步骤：

第 1 步，调查研究，分析现状，找出存在的质量问题。

第 2 步，根据存在问题，分析产生质量问题的各种影响因素，并逐个因素加以分析。

第 3 步，找出影响质量的主要因素，并从主要影响因素中着手解决质量问题。

第 4 步，针对影响质量的主要因素，制订计划和活动措施。计划和措施应尽量做到明确具体。

以上四个步骤就是 P 阶段的具体化。

第 5 步，按照既定计划执行。即 D 阶段。

第 6 步，根据计划的要求，检查实际执行结果。即 C 阶段。

第 7 步，根据检查结果进行总结，把成功的经验和失败的教训总结出来，对原有的制度、标准进行修正，巩固已取得的成绩，同时防止重蹈覆辙。

第 8 步，提出这一次循环尚未解决的遗留问题，并将其转到下一次 PDCA 循环中去。

以上第 7、8 步是 A 阶段的具体化。

PDCA 循环有以下三个特点：

（1）大环套小环，互相促进。PDCA 循环不仅适用于整个企业，而且也适用于各个车间、科室和班组以至个人。根据企业总的方针目标，各级各部门都要有自己的目标和自己的 PDCA 循环。这样就形成了大环套小环，小环里边又套有更小的环的情况。整个企业就是一个大的 PDCA 循环，各部门又都有各自的 PDCA 循环，依次又有更小的 PDCA 循环，具体落实到每一个人。上一级的 PDCA 循环是下一级 PDCA 循环的依据，下一级 PDCA 循环又是上一级 DCA 循环的贯彻落实和具体化。通过循环把企业各项工作有机地联系起来，彼

此协同，互相促进 (见图 14.3)。

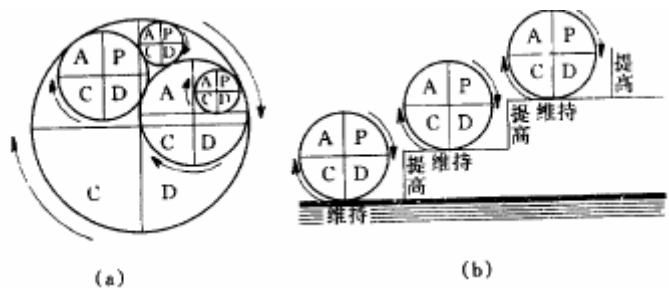


图 14.3 PDCA 循环特点图

(2) 不断循环上升。四个阶段要周而复始地循环，而每一次循环都有新的内容和目标，因而就会前进一步，解决一批问题，质量水平就会有新的提高。就如上楼梯一样，每经过一次就登上一级新台阶，这样一步一步地不断上升提高。

(3) 推动 PDCA 循环关键在于 A 阶段。所谓总结，就是总结经验，肯定成绩，纠正错误，提出新的问题以利再干。这是 PDCA 循环之所以能上升、前进的关键。如果只有前三个阶段，没有将成功经验和失败教训纳入有关标准、制度和规定中，就不能巩固成绩，吸取教训，也就不能防止同类问题的再度发生。因此，推动 PDCA 循环，一定要始终抓好总结这个阶段。

PDCA 循环实际上是有效进行任何一项工作的合乎逻辑的工作程序。在质量管理中，PDCA 循环得到了广泛的应用，并取得了很好的效果，因此有人称 PDCA 循环是质量管理的基本方法。

## 14.3 统计质量管理

### 14.3.1 统计质量控制方法

统计质量控制方法以 1924 年美国的休哈特提出的控制图为起点，半个多世纪以来有了很大发展，现在包括很多种方法。这些方法可大致分为以下三类：

1. 常用的统计管理方法 又称为初级管理方法。它主要包括控制图、因果图、相关图、排列图、直方图等。运用这些工具，可以从经常变化的生产过程中，系统地收集与产品质量有关的各种数据，并用统计方法对数据进行整理、加工和分析，进而画出各种图表，计算某些数

据指标，从中找出质量变化的规律，实现对质量的控制。日本著名的质量管理专家石川馨曾说过，企业内 95% 的质量管理问题，可通过企业上上下下全体人员活动 QC 七种工具得到解决。全面质量管理的推行，也离不开企业各级、各部门人员对这些工具的掌握。

2. 中级统计管理方法。包括抽样调查方法、抽样检验方法、官能检查方法、实验计划法等。这些方法不一定要企业全体人员都掌握，主要是有关技术人员和质量管理部门的人使用。

3. 高级统计管理方法。包括高级实验计划法、多变量解析法。这些方法主要用于复杂的工程解析和质量解析，而且要借助于计算机手段，通常只是专业人员使用这些方法。

由于中级和高级统计管理方法涉及到大量的数理统计知识，而且这些数理统计只是在概

率论与数理统计学、运筹学等相关学科中都已经详细叙述，故本书叙述范围仅限于常用的质量管理统计方法。

### 14.3.2 常用的统计质量控制方法

常用的统计质量控制方法主要包括所谓的“QC 七种工具”，即排列图、因果分析图、直方图、数据分层法、控制图、散布图、统计分析表。七种方法简介如下。

#### 1. 排列图法

##### (1) 排列图的概念

排列图是为寻找主要问题或影响质量的主要因素所使用的图。它是由两个纵坐标、一个横坐标、几个按高低顺序依次排列的长方形和一条累计百分比曲线所组成的图。它的基本图形见图 14.4

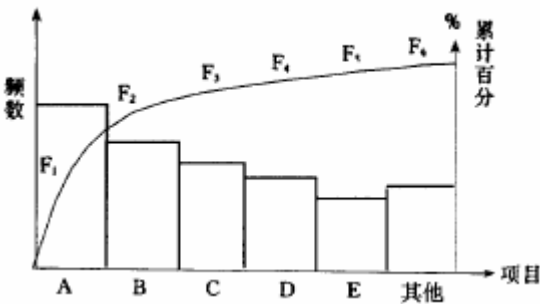


图 14.4 排列图

排列图又叫帕累托图。它是由意大利经济学家帕累托( Pareto)提出的，他在分析社会财富分布状况时，发现少数人占有绝大多数财富，而绝大多数人却只有少量财富。在资本主义社会这种少数人占有着绝大多数财富左右着社会经济发展的现象即所谓 “关键的少数，次要的多数” 的关系。后来由美国质量管理专家朱兰 (J.M.Juran)引入质量管理中，成为一种简单可行，一目了然的质量管理重要工具。

##### (2) 排列图的作图方法步骤:

①将用于排列图所记录的数据进行分类。分类的方法有多种，可以按工艺过程分、按缺陷项目分、按品种分、按尺寸分、按事故灾害种类分等。

②确定数据记录的时间。汇总成排列图的日期，没有必要规定期限，只要能够汇总成作业排列图所必须的足够的的数据即可。

③按分类项目进行统计。统计按确定数据记录的时间来作汇总成表，以全部项目为 100% 来计算各个项目的百分比，得出频率。

④计算累计频率 C

⑤准备坐标纸，画出纵横坐标。注意纵横坐标要均衡匀称。

⑥按频数大小顺序作直方图。

⑦按累计比率作排列曲线。

⑧记载排列图标题及数据简历。

填写标题后还应在空白处写清产品名称、工作项 目、工序号、统计期间、各种数据的

来源、生产数量、记录者及制图者等项。

例:某厂铸造车间生产某一铸件,质量不良项目有气孔、未充满、偏心、形状不佳、裂纹、其他等项。记录一周内某班所生产的产品不良情况数据,并分别将不良项目归结为表 14.1①、②项。

表 14.1 缺陷频率表

①缺陷项目	②频数	③频率%	④累计频率%
气 孔	48	50.53	50.53
未 充 满	28	29.47	80.00
偏 心	10	10.53	90.53
形状不佳	4	4.21	94.74
裂 纹	3	3.16	97.9
其 他	2	2.1	100
合 计	95	100	

计算频率和累计频率见表 14.1③、④项。作排列图如图 14.5 所示

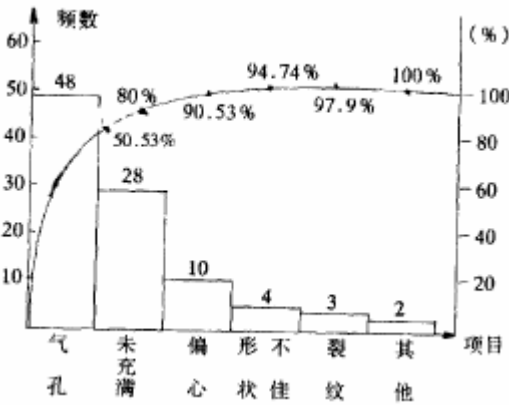


图 14.5 排列图

(3) 排列图分析

绘制的排列图的目的在于从诸多的问题中寻找主要问题,并以图形的方法直观地表示出来。通常把问题分成三类。A 类属于主要或关键问题,在累计百分比 80%左右。B 类属于次要问题,在累计百分比 80%—95%左右。C 属更是次要,在累计百分比 95%—100%左右。但在实际应用中切不可机械地按 80%来确定主要问题,它主要是针对“关键的少数、次要的多数”的原则,给以一定的划分范围而言。ABC 三类应结合具体情况来选定。

排列图把影响产品质量的主要问题直观地表现出来,使我们明确应该从哪里着手来改进产品质量。集中力量解决主要问题,可以收效显著。上例中主要问题是气孔和未充满,若将气孔问题解决了,就解决了问题的一半;再将第二项未充满的问题解决,那么,80%的问题都得到了解决。排列图不仅解决产品质量问题,其他工作如节约能源、减少消耗、安全生产等都可以用排列图改进工作,提高工作质量。

2. 因果分析图法

(1) 因果图

质量管理的目的是减少不合格品，保证和提高产品质量，降低成本和提高效率，控制产品质量和工作质量的波动以提高经济效益。但是在实际设计、生产和各项工作中，常常出现质量问题，为了解决这些问题，就需要查找原因，考虑对策，采取措施，解决问题。然而影响产品质量的因素是多种多样的。若能真正找到质量问题的主要原因，便可针对这种原因采取措施，使质量问题得到迅速解决，因果图就是用来分析影响产品质量各种原因的一种有效的方法，对影响产品质量的一些较为重要的因素加以分析和分类，并在同一张图上把它们的关系用箭头表示出来，以对因果作明确系统的整理。因果图又称鱼刺图或叫特性要因图。

(2) 因果图的构成及画法

因果图由质量问题和影响因素两部分组成。图中主干箭头所指的为质量问题，主干上的大枝表示大原因，中枝、小枝、细枝表示原因的依次展开。

因果图的画法:

① 确定待分析的质量问题，将其写在右侧的方框内，画出干，箭头指向右端。见下图 14.6 所示。

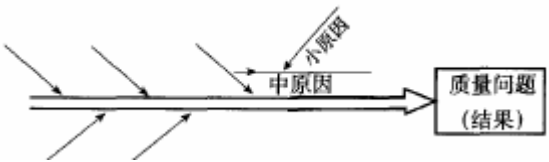


图 14.6 因果图

② 确定该问题中影响质量原因的分类方法。一般分析工序质量问题，常按其影响因素——人、设备、原材料、方法、环境等分类;也有按加工工序分类。作图时，依次画出大枝，箭头方向从左到右斜指向主干，在箭头尾端写上原因分类项目。见下图 14-7 所示。

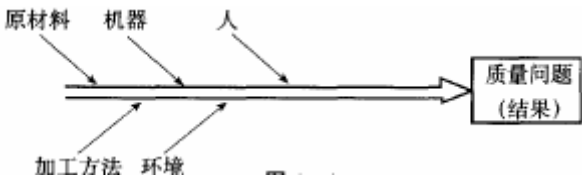


图 14.7 五因素因果图

③ 将各分类项目分别展开，每个中枝表示各项目造成质量问题的一个原因。作图时，中枝平行于主干，箭头指向大枝，将原因记在中枝上下方。

④ 将原因再展开，分别画小枝，小枝是造成中枝的原因，依次展开，直至细到能采取措施为止。

⑤ 分析图上标出的原因是否有遗漏，找出主要原因，画上方框，作为质量改进的重点。

⑥ 注明因果 图的名称、绘 图者、绘图时间，参加分析人员等。

例如，图 14.8 所示，是一个制造企业的流程中存在的某一问题的因果图。这个企业加工

出的某种活塞杆出现弯曲，其原因可能有四大类：操作方法，所用材料，操作者和机器。每一类原因可能又是由若干个因素造成的。与每一因素有关的更深入的考虑因素还可以做为下

一级分支。当所有可能的原因都找出来以后，就完成了第一步工作，下一步就是要从其中找出主要原因。

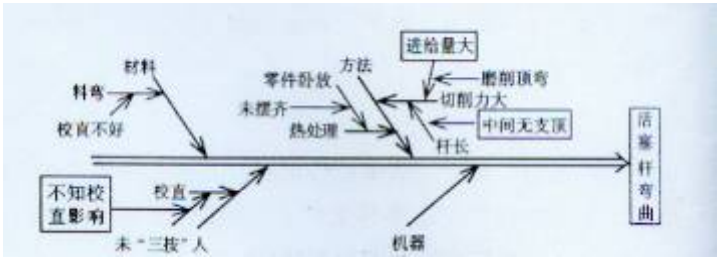


图 14.8 因果分析图

(3) 注意事项

① 分析大原因时应根据具体情况，适当增减或另立名目，除人、设备、原材料、方法、环境等因素外有时还包括其他如动力、管理、计算机软件等因素。

② 发扬民主，集思广益，畅所欲言，结合别人的见解改进 自己的想法 。

③ 主要原因可用排列图、投票或试验验证等方法确定，然后加以标记。

画出因果图后，就要针对主要原因列出对策表。包括原因、改进目标、措施、负责人、进度要求、效果检查和存在问题等。排列图、因果图和对策表，人们称为两图一表，在质量管理中用得最普遍。

3. 直方图

直方图的形式如图 14.9 所示，它是表示数据变化情况的一种主要工具。用直

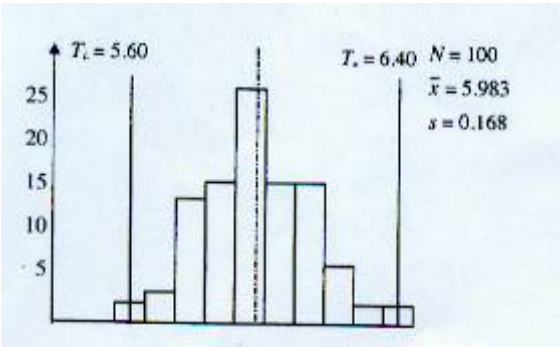


图 14.9 直方图的形式

方图可以比较直观地看出产品质量特性的分布状态，可以判断工序是否处于受控状态，还可以对总体进行推断，判断其总体质量分布情况。

(1) 直方图的画法

下面结合一个例子说明直方图的作法。

例： 某厂测量钢板厚度，尺寸按标准要求为 6mm，现从生产批量中抽取 100 个样本进行测量，测出的尺寸如表 14.2 所示，试画出直方图。

表 14.2 钢板厚度测量值

组号						尺寸					
1	5.77	6.27	5.93	6.08	6.03	11	6.12	6.18	6.10	5.95	5.95
2	6.01	6.04	5.88	5.92	6.15	12	5.95	5.94	6.07	6.00	5.75
3	5.71	5.75	5.96	6.19	5.70	13	5.86	5.84	6.08	6.24	5.61
4	6.19	6.11	5.74	5.96	6.17	14	6.13	5.80	5.90	5.93	5.78
5	6.42	6.13	5.71	5.96	5.78	15	5.80	6.14	5.56	6.17	5.97
6	5.92	5.92	5.75	6.05	5.94	16	6.13	5.80	5.90	5.93	5.78
7	5.87	5.63	5.80	6.12	6.32	17	5.86	5.84	6.08	6.24	5.97
8	5.89	5.91	6.00	6.21	6.08	18	5.95	5.94	6.07	6.00	5.85
9	5.96	6.06	6.25	5.89	5.83	19	6.12	6.18	6.10	5.95	5.95
10	5.95	5.94	6.07	6.02	5.75	20	6.03	5.89	5.97	6.05	6.45

解：1)收集数据。至少收集 100 个以上的数据，一般以 100 个样本为宜。

2)找出数据的最大值与最小值，计算极差 R。本例中，

最大值  $X_{\max}$ =6.45

最小值  $X_{\min}$ =5.56

极差  $R=X_{\max}-X_{\min}=6.45-5.56=0.89$

3)确定组数 K 与组距 h。

组数 K 的确定可根据表 14-3 选择。本例中，K=10，组距

$h=(R/K)=(0.89/10)\approx0.09$

表 14.3 分组数 K 参考值

数据个数 N	分组数 K	一般使用 K
50~100	6~10	
100~250	7~12	10
250 以上	10~20	

4)确定组的界限值。

分组的组界值要比抽取的数据多一位小数，以使边界值不致落入两个组内。因此，先取测定单位的 1/2，作为第一组的下界值；再加上组距，作为第一组的上界值，依此加到最大一组的上界值。本例中测量单位为 0.01，所以第一组的下界值为：5.56-0.005=5.555

第一组上界值为：5.555+0.09=5.645

第二组上界值为：5.645+0.09=5.735

.....

5)记录各组中的数据，计算各组的中心值，整理成频数表，见表 14.4。

表 14.4 频数表

组号	组界值	组中值 $X_i$	频数核对	频数 $f_i$	变换后组中值 $u_i$	$f_i u_i$	$f_i u_i^2$
----	-----	-----------	------	----------	--------------	-----------	-------------

1	5.555~5.645	5.60	2	-4	-8	32
2	5.645~5.735	5.69	3	-3	-9	27
3	5.735~5.825	5.78	13	-2	-26	52
4	5.825~5.915	5.87	15	-1	-15	15
5	5.915~6.005	5.96	26	0	0	0
6	6.005~6.095	6.05	15	1	15	15
7	6.095~6.185	6.14	15	2	30	60
8	6.185~6.275	6.23	7	3	21	63
9	6.275~6.365	6.32	2	4	8	32
10	6.365~6.455	6.41	2	5	6	50
$\Sigma$			100		26	346

6)根据频数表画出直方图。

在方格纸上，使坐标取各组的组限，纵坐标取各组的频数，画出一系列直方形即直方图。如图 14.8 所示，图中每个直方形面积为数据落到这个范围内的个数（或频率），故所有直方形面积之和就是频数的总和（或频率的总和）为 1 或 100%。图中要标出平均值和标准差。

#### (2) 直方图的观察与分析

直方图是从形态的角度，通过产品质量的分布反映工序的精度状况。通常是看图形本身的形状是否正常，再与公差（标准）做对比，作出大致判断。常见的有以下几种图形，如图 14.10 所示。

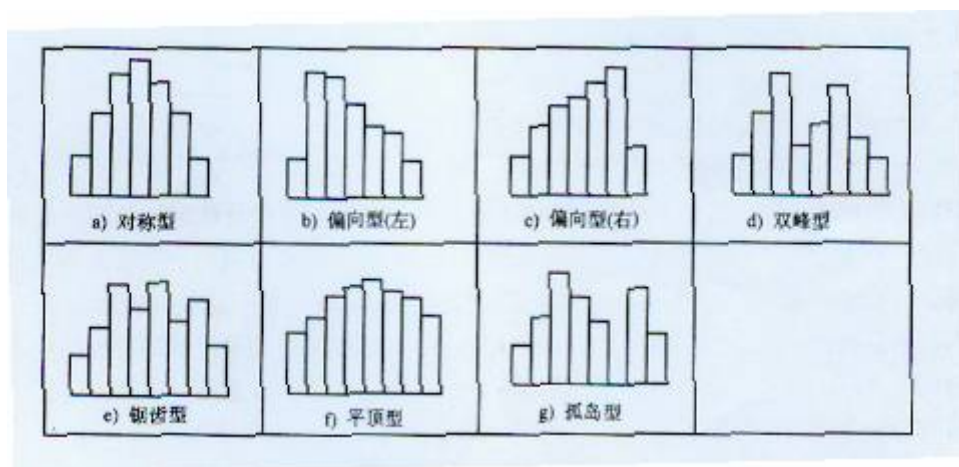


图 14.10 直方图的形状

#### 4. 数据分层法

数据分层就是把性质相同的、在同一条件下收集的数据归纳在一起，以便进行比较分析。因为在实际生产中，影响质量变动的因素很多，如果不把这些因素区分开来，难以得出

变化的规律。数据分层可根据实际情况按多种方式进行，例如，按不同时间、不同班次进行分层，按使用设备的种类进行分层，按原材料的进料时间、原材料成分进行分层，按检查手



段、使用条件进行分层，按不同缺陷项目进行分层，等等。数据分层法经常与下述的统计分析表结合使用。

5. 控制图

控制图又称为管理图。如图 14.11 所示，它是一种有控制界限的图，用来区分引起质量波动的原因是偶然的还是系统的，可以提供系统原因存在的信息，从而判断生产过程是否处于受控状态。控制图按其用途可分为两类，一类是供分析用的控制图，用控制图分析生产过程中有关质量特性值的变化情况，看工序是否处于稳定受控状态。再一类是供管理用的控制图，主要用于发现生产过程是否出现了异常情况，以预防产生不合格品。

控制图通常以样本平均值  $\bar{x}$  为中心线，以上下取 3 倍的标准差 ( $\bar{x}+3\sigma$ ) 为控制界，因

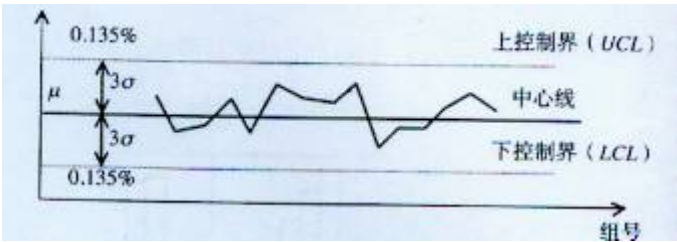


图 14.11 控制图的基本形状

此用这样的控制界限作出的控制图叫做 3σ 控制图，是休哈特最早提出的控制图。

控制图根据数据的种类不同，基本上可以分为两大类：计量值控制图和计数值控制图。计量值控制图一般适用于以长度、强度、纯度等为控制对象的场合，属于这类的控制图有单值控制图、平均值和极差控制图、中位数和极差控制图等。计数值控制图以计数值数据的质量特性为控制对象，属于这类的控制图有不合格品率控制图 (P 控制图) 和不合格品数控制图 (Pn 控制图)、缺陷数控制图 (c 控制图) 和单位缺陷控制图 (u 控制图) 等等。

下面结合某轧钢厂生产的  $6\pm 0.4\text{mm}$  厚度的钢板为例，介绍平均值和极差控制图 ( $\bar{x}$ -R 控制图) 的作法和应用，其他类型的控制图请参考其他有关资料。

(1) 控制图的作法

以例 14-1 的数据说明  $\bar{x}$ -R 控制图的作法。

1) 收集数据，N=100。见表 14.5。

表 14.5 钢板厚度数据

组号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\bar{x}$
R						

1	5.77	6.27	5.93	6.08	6.03	6.016	0.50
2	6.01	6.04	5.88	5.92	6.15	6.000	0.27
3	5.71	5.75	5.96	6.19	5.70	5.862	0.49
4	6.19	6.11	5.74	5.96	6.17	6.034	0.45
5	6.42	6.13	5.71	5.96	5.78	6.000	0.71
6	5.92	5.92	5.75	6.05	5.94	5.916	0.30
7	5.87	5.63	5.80	6.12	6.32	5.948	0.69
8	5.89	5.91	6.00	6.21	6.08	6.018	0.32
9	5.96	6.06	6.25	5.89	5.83	5.996	0.42
10	5.95	5.94	6.07	6.02	5.75	5.946	0.32
11	6.12	6.18	6.10	5.95	5.95	6.000	0.23
12	5.95	5.94	6.07	6.00	5.75	5.942	0.32
13	5.86	5.84	6.08	6.24	5.61	5.926	0.63
14	6.13	5.80	5.90	5.93	5.78	5.908	0.35
15	5.80	6.14	5.56	6.17	5.97	5.928	0.61
16	6.13	5.80	5.90	5.93	5.78	5.908	0.35
17	5.86	5.84	6.08	6.24	5.97	5.998	0.40
18	5.95	5.94	6.07	6.00	5.85	5.962	0.22
19	6.12	6.18	6.10	5.95	5.95	6.060	0.23
20	6.03	5.89	5.97	6.05	6.45	6.078	0.56

2)将数据分组，一般取组数  $K=20$ ，每组样容量  $n$  取 4~5 为宜，本例  $n=5$ 。

3)按下式计算  $\bar{x}$  和  $R$ ，将结果填入表中。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

4)按下式计算  $\bar{\bar{x}}$  和  $\bar{R}$

$$\bar{\bar{x}} = \sum_{k=1}^K \frac{\bar{x}_k}{k} = \frac{6.016 + 6.000 + \dots + 6.078}{20} = 5.975$$

$$\bar{R} = \sum_{k=1}^K \frac{R_k}{k} = \frac{0.50 + 0.27 + \dots + 0.56}{20} = 0.419$$

5) 计算  $\bar{x}$ - $R$  控制图的控制界限。

$\bar{x}$  控制图的控制界限的计算公式：

$$\begin{aligned}
 UCL &= \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\
 LCL &= \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \\
 CL &= \bar{\bar{x}}
 \end{aligned}$$

R 控制图的控制界限计算公式为：

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{R} + 3\sigma_R = d_2\sigma + 3d_3\sigma = \left(1 + \frac{3d_3}{d_2}\right) \bar{R} = D_4 \bar{R} \\
 LCL &= \bar{R} - 3\sigma_R = d_2\sigma - 3d_3\sigma = \left(1 - \frac{3d_3}{d_2}\right) \bar{R} = D_3 \bar{R}
 \end{aligned}$$

式中的系数  $A_2$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  可由表 14.6 查出。

表 14.6 求控制图界限的系数表

n	$A_2$	$D_4$	$D_3$	$E_2$	$m_3 A_2$	$d_2$
$d_3$						
2	1.880	3.267	-	2.659	1.880	1.128
3	1.023	2.575	-	1.772	1.187	1.603
4	0.729	2.282	-	1.457	0.796	2.059
5	0.577	2.115	-	1.290	0.691	2.326
6	0.483	2.004	-	1.184	0.549	2.534
7	0.410	1.924	0.076	1.109	0.509	2.704
8	0.373	1.864	0.136	1.054	0.432	2.847
9	0.337	1.816	0.184	1.010	0.412	2.970
10	0.308	1.777	0.223	0.975	0.363	3.173

如本例， $\bar{x}$  控制图的控制界限为：

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 5.975 + 0.577 \times 0.419 = 6.217 \\
 LCL &= \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 5.975 - 0.577 \times 0.419 = 5.733 \\
 CL &= \bar{\bar{x}} = 5.975
 \end{aligned}$$

R 控制图的控制界限为：

$$\begin{aligned}
 UCL &= D_4 \bar{R} = 2.115 \times 0.419 = 0.886 \\
 LCL &= D_3 \bar{R} = - \text{ (不考虑) } \\
 CL &= \bar{R} = 0.419
 \end{aligned}$$

6)画出控制图（图 14.12），并记入有关事项，零件名称、件号、工序名称、操作者等等。



图 14.12 控制图

## (2) 控制图的观察分析

所谓控制图的观察分析是指工序生产过程的质量特性数据在设计好的控制图上标点后取得工序质量状态信息，以便及时发现异常，采用有效措施，使工序处于质量受控状态的质量控制活动。

① 工序稳定状态的判断。工序是否处于稳定状态的判断条件有二：

- a. 点子必须全部在控制界限之内。
- b. 在控制界限内的点子，排列无缺陷或者说点子无异常排列。

如果点子的排列是随机地处于下列情况，则可认为工序处于稳定状态，

- c. 连续 25 个点在控制界限内。
- d. 连续 35 个点子，仅有一个点子超出控制界限。
- e. 连续 100 个点子仅有 2 个点子超出控制界限。

② 工序不稳定状态的判断。只要具有下列条件之一时，均可判断为工序不稳定。

- a. 点子超出控制界限（点在控制界限上按超出界限处理）。
- b. 点在警戒区内。

点子处在警戒区是指点子处在  $2\sigma \sim 3\sigma$  范围之内。若出现下列情况之一，均判定工序不稳定。

- c. 连续 8 点有 2 点在警戒区内。
- d. 连续 9 点有 3 点在警戒区内。
- e. 连续 10 点有 4 点在警戒区内。

点子虽在控制界限内，但排列异常。所谓异常是指点子排列出现链、倾向、周期等缺陷之一。此时，即判定工序不稳定。

f. 连续链。连续链是指在中心线一侧连续出现点子。链的长度用链内所含点数的多少衡量。当链长大于 7 时，则判定为点子排列异常。

g. 间断链。间断链是指多数点在中心线一侧；连续 14 点有 12 点在中心线一侧；连续 17 点有 13 点在中心线一侧；连续 20 点有 16 点在中心线一侧。

h. 倾向。倾向是指点子连续上升或下降，如连续上升或下降点子数超过 7 时，则判定为异常。

i. 周期。周期是指点子的变动呈现明显的一定间隔。点子出现周期性，判断较复杂，应当慎重决策。通常，应先弄清原因，再作判断。

对上述判断工序异常的现象，可用小概率事件作出概率论解释。本节不作定量描述，有

感兴趣的读者可查阅有关资料。

(3) 控制图的两类错误

控制图是判断异常因素是否出现的一种图形化的检验工具。由于控制图的控制限是基于  $3\sigma$  原则，从正态分布理论，有

$$P(\mu - 3\sigma < x < \mu + 3\sigma) = 0.9973$$

上式说明，当工序质量特性值  $x$  的均值  $\mu$  和标准差  $\sigma$  在工序生产过程中并未发生变化时，仍有  $\alpha=0.27\%$  的点超出控制界限而发出工序异常的不正常信号。我们称这种不正常虚发信号为控制图的第 I 类错误，记为  $\alpha$ 。

由第 I 类错误引起不必要的停产检查，将导致相应经济损失。同样，当系统因素影响工序生产过程使均值  $\mu$  和标准差  $\sigma$  发生变化时，据正态分布性质，有部分点子

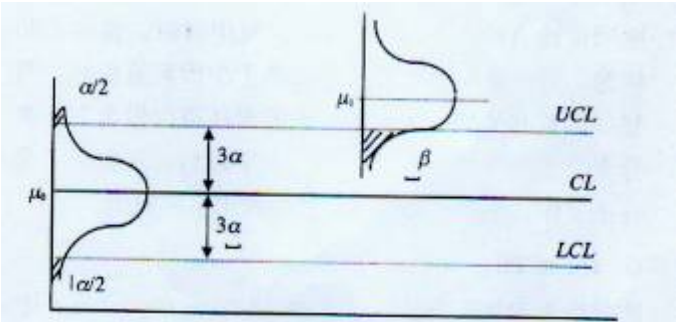


图 14.13 控制图的两类错误

仍在控制界限之内，而不能及时发出报警信号，视工序正常，使生产过程继续下去，从而，导致大量废品产生。我们称这种不能及时发出报警信号的错误为控制图的第 II 类错误，记为  $\beta$ 。 $\alpha$  与  $\beta$  之间关系如图 14.13。由图 14.13 可见，当控制限为  $\pm 3\sigma$  时， $\alpha$  是一个确定值。且有， $\alpha$  将随控制限增大而减少。当均值由  $\mu_0$  变为  $\mu_1$  时，仍有  $\beta$  部分落在控制限之内。显见， $\beta$  是随着控制限的增大而增大。

6. 散布图

散布图又称相关图法、简易相关分析法。散布图是把两个变量之间的相关关系用直角坐标系表示的图表。它根据影响质量特性因素的各对数据，用点子填列在直角坐标图上，以观察判断两个质量特性值之间的关系，对产品或工序进行有效控制。图 14.14 中所分析的两变量间的关系，可以是特性与原因，特性与特性的关系，也可以是同一特性的两个原因的关系。如在热处理时，需了解钢的淬火温度与硬度的关系，在金属机械零件加工时，需了解切削用量、操作方法与加工质量的关系等，都可用散布图来观察与分析。图 14.14 是表明淬火温度与硬度

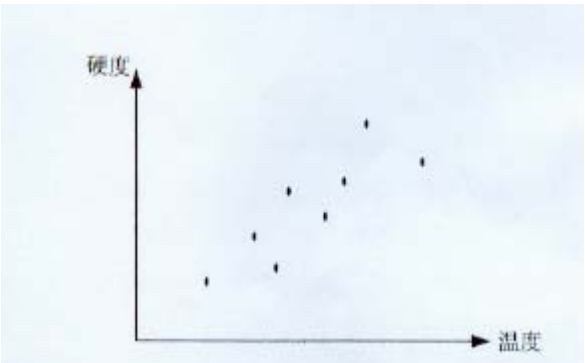


图 14.14 淬火温度与硬度的关系

关系的散布图。这种关系虽然存在，但又难以用精确的公式或函数关系表示，在这种情况下用相关图来分析就是很方便的。假定有一对变量  $x$  和  $y$ ， $x$  表示某一种影响因素， $y$  表示某一质量特征值，通过实验或收集到的  $x$  和  $y$  的数据，可以在坐标图上用点表示出来，根据点的

分布特点，就可以判断  $x$  和  $y$  的相关情况。

7. 统计分析表

统计分析表，又称调查表、检查表，是利用统计表对数据进行整理和初步分析原因的一种工具，其格式可多种多样，表 14.7 是其中的格式之一。这种方法虽然较简单，但实用有效。

表 14.7 不合格品调查表

品名：	时间： 年 月 日
工序：最终检验	工厂：
不合格项目：缺陷、加工、形状等	班组：
检查总数：2 530	检查员：
备注：全部检查	批号：
	合同号：
不合格项目	小计
表面缺陷	32
砂眼	23
加工不良	48
形状不良	4
其他	8
总计	115

以上概要介绍了七种常用的质量管理统计方法，这些方法集中体现了质量管理的“以事实和数据为基础进行判断和管理”的特点。最后还需指出的是，这些方法看起来都比较简单，但能够在实际工作中正确、灵活地应用并不是一件简单的事。

14.4 质量管理体系

质量体系应是质量管理的组织保证。因此，质量体系定义中所表述的“组织机构、职责”，是指影响产品质量的组织体制，是组织机构、职责、程序等的管理能力和资源能力（包括人力资源与物质资源，即体系的硬件如人才资源与技能，设计研究设备，生产工艺设备，检验与试验设备以及计算器具等）的综合体。一般包括：领导职责与质量管理职能；质量机构的设置；各机构的质量职能、职责以及它们之间的纵向与横向关系；质量工作网络与质量信息传递与反馈等。

质量体系是由若干要素构成的。根据 ISO 9000 系列标准，质量体系一般可以包括下列要素：市场调研；设计和规范；采购，工艺准备，生产过程控制；产品验证；测量和实验设备的控制；不合格控制；纠正措施；搬运和生产后的职能；质量文件和记录；人员；产品安全与责任；质量管理方法的应用等。

质量体系有两种形式。一种是用于内部管理的质量体系，一般以管理标准、工作标准、规章制度、规程等予以体现。一种是用于外部证明的质量保证体系。前者要求比后者宽。为完成某项活动所规定的方法，即规定某项活动的目的、范围、做法、时间进度、执行人员、控制方法与记录等。

质量体系作为一个有机体，还应拥有必要的体系文件，包括质量手册、程序性文件（包括管理性程序文件、技术性程序文件）、质量计划及质量记录等。

## 14.4.1 ISO9000 简介

为了适应国际市场竞争中统一质量规则的需要，国际标准化组织（ISO）于 1987 年发布了 ISO9000《质量管理和质量保证》系列标准，从而使世界质量管理和质量保证活动统一在 ISO9000 系列标准基础之上。它标志着质量体系走向规范化、系列化和程序化的世界高度。经验表明，采用 ISO9000 系列标准是走向世界的通行证。

目前世界上已有 60 多个国家和地区等同或等效采用 ISO9000 系列标准，力求使本国的质量体系、认证制度能获得世界的普遍承认。中国是国际标准化组织的成员国，在 1992 年 5 月召开的“全国质量工作会议”上，决定等同采用 ISO9000 系列标准，以双编号的形式 GB/T19000~ISO9000 发布了系列标准，从 1993 年 1 月起实施。这就适应了我国企业参与国际市场竞争的需要，为管理者实施质量取胜战略提供了可操作性的质量目标，促使企业质量体系认证向国际化发展。

ISO9000 系列标准是推荐标准，不是强制执行标准。但是，由于国际上独此一家，各国政府又予以承认，因此，谁不执行谁就无法在国际市场站稳脚跟。在国际贸易、产品开法、技术转让、商检、认证、索赔、仲裁等方面，它成为国际公认的标准。在这种情况下，积极采用 ISO9000 系列标准就成为对世界级企业的基本要求。目前，国际上最新的质量标准是替代 1994 版 ISO9000 系列标准的 2000 版 ISO9000 系列标准。

### 1. 2000 版 ISO9000 系列标准的主要内容

2000 版 ISO9000 系列国际标准，是替代 1994 版 ISO9000 族标准的新标准。2000 版的 ISO9000 族仅有 5 项标准，即 ISO9000、ISO9001、ISO9004、ISO19011 和 ISO10012，前 4 项是 ISO9000 系列标准的核心标准。

（1）ISO9000——质量管理体系基本原理和术语。该标准是在合并原 ISO8402 和 ISO9000-1 的基础上经修改后重新起草的，共 80 多条，绝大部分术语的定义都或多或少发生了变化，如“质量”的定义就变化很大。

（2）ISO9001——质量管理体系要求。该标准是在合并原 ISO9001、ISO9002 和 ISO9003 的基础上经修改后重新起草的。

（3）ISO9004——质量管理体系业绩改进指南。该标准是在合并原 ISO9004-1、ISO9004-2、ISO9004-3 和 ISO9004-4 的基础上经修改后重新起草的。

（4）ISO19011——质量/环境审核指南。该标准是在合并原 ISO10011 和 ISO14010、ISO14011、ISO14012 的基础上经修改后重新起草的。它是由 ISO/TC176 和 ISO/TC207 共同起草的一项联合审核标准，考虑了与 ISO14000 的相容性。

（5）ISO10012——测量控制系统。该标准是在合并原 ISO10012-1 和 ISO10012-2 的基础上经修改后重新起草的。

为了实现质量目标，2000 版 ISO9000 系列国际标准突出体现了质量管理的八大原则，并作为主线贯穿始终，它们是：

**原则 1：以顾客为中心** 专家认为：组织依存于顾客。因此，组织应理解顾客当前的和未来的需求，满足顾客要求并争取超越顾客期望。顾客是每一个组织存在的基础，顾客的要求是第一位的，组织应调查和研究顾客的需求和期望，并把它转化为质量要求，采取有效措施使其实现。这个思想不仅领导要明确，还要在全体职工中贯彻。

**原则 2：领导作用** 专家认为：领导必须将本组织的宗旨、方向和内部环境统一起来，并创造使员工能够充分参与实现组织目标的环境。领导的作用，即最高管理者具有决策和领导一个组织的关键作用。为了营造一个良好的环境，最高管理者应建立质量方针和质量目标，确保关注顾客要求，确保建立和实施一个有效的质量管理体系，确保相应的资源，并随时将



组织运行的结果与目标比较，根据情况决定实现质量方针、目标的措施，决定持续改进的措施。在领导作风上还要做到透明、务实和以身作则。

**原则 3：全员参与** 专家认为：各级人员是组织之本，只有他们的充分参与，才能使他们的才干为组织带来最大的收益。全体职工是每个组织的基础。组织的质量管理不仅需要最高管理者的正确领导，还有赖于全员的参与。所以要对职工进行质量意识、职业道德、以顾客为中心的意识 and 敬业精神的教育，还要激发他们的积极性和责任感。

**原则 4：过程方法** 专家认为：将相关的资源和活动作为过程进行管理，可以更高效地得到期望的结果。过程方法的原则不仅适用于某些简单的过程，也适用于由许多过程构成的过程网络。在应用于质量管理体系时，2000 版 ISO9000 族标准建立了一个过程模式。此模式把管理职责，资料管理，产品实现，测量、分析和改进作为体系的 4 大主要过程，描述其相互关系、并以顾客要求为输入，提供给顾客的产品为输出，通过信息反馈来测定顾客满意度，评价质量管理体系的业绩。

**原则 5：管理的系统方法** 专家认为：针对设定的目标，识别、理解并管理一个由相互关联的过程所组成的体系，有助于提高组织的有效性和效率。这种建立和实施质量管理体系的方法，即可用于新建体系，也可用于现有体系的改进。此方法的实施可在三方面受益：一是提供对过程能力及产品可靠性的信任；二是为持续改进打好基础；三是使顾客满意，最终使组织获得成功。

**原则 6：持续改进** 专家认为：持续改进是组织的一个永恒的目标。在质量管理体系中，改进指产品质量、过程及体系有效性和效率的提高，持续改进包括：了解现状，建立目标，寻找、评价和实施解决办法，测量、验证和分析结果，把更改纳入文件等活动。

**原则 7：基于事实的决策方法** 专家认为：对数据和信息的逻辑分析或知觉判断是有效决策的基础。以事实为依据做决策，可防止决策失误。在对信息和资料做科学分析时，统计技术是最重要的工具之一。统计技术可用来测量、分析和说明产品和过程的变异性，统计技术可以为持续改进的决策提供依据。

**原则 8：互利的供方关系** 专家认为：通过互利的关系，增强组织及其供方创造价值的能力。供方提供的产品将对组织向顾客提供满意的产品产生重要影响，因此处理好与供方的关系，影响到组织能否持续稳定地提供顾客满意的产品。对供方不能只讲控制不讲合作互利，特别对关键供方，更要建立互利关系，这对组织和供方都有利。

## 2. ISO9000 系列质量标准认证

ISO9000 系列质量认证包括产品质量认证和质量体系认证等。产品质量认证是依据产品标准和相应技术要求，经认证机构确认并通过颁发认证证书和认证标志来证明某一产品相应标准和相应技术要求的活动。质量体系认证通常又是国家或国际认可并授权、具有第三方法人资格的权威认证机构来进行。

### （1）ISO9000 系列标准认证的步骤

ISO9000 系列标准认证有八个步骤：

- ① 对照 ISO9001~ISO9003 标准，评估现有的质量程序；
- ② 确定改进措施，以使现有质量程序符合 ISO9000 系列标准；
- ③ 制定质量保证计划；
- ④ 确定新的质量程序并形成文件，实施新程序；
- ⑤ 制定质量手册；
- ⑥ 评估前与注册人员共同分析质量手册；
- ⑦ 实施评估；
- ⑧ 认证。

### （2）ISO9000 系列标准质量认证的意义



成功企业的经验表明，推行质量认证制度对于有效促使企业采用先进的技术标准、实现质量保证和安全保证、维护用户利益和消费者权益、提高产品在国内外市场的竞争能力，以及提高企业经济效益，都有重大意义。

① ISO9000 系列标准质量认证有利于促使企业建立、完善质量体系。

企业要通过第三方认证机构的质量体系认证，就必须充实、加强质量体系的薄弱环节，提高对产品质量的保证能力。另一方面，通过第三方的认证机构对企业的质量体系进行审核，也可以帮助企业发现影响产品质量的技术问题或管理问题，促使其采取措施加以解决。

② ISO9000 系列标准质量认证有利于提高企业的质量信誉，增强企业的竞争能力。

企业一旦通过第三方认证机构对其质量体系或产品的质量认证，获得了相应的证书或标志，则相对其他未通过质量认证的企业，有更大的质量信誉优势，从而有利于企业在竞争中取得优先地位。特别是对于世界级企业来说，由于认证制度已在世界上许多国家，尤其是先进发达国家实行，各国的质量认证机构都在努力通过签定双边的认证合作协议，取得彼此之间的相互认可。因此，如果企业能够通过国际上有权威的认证机构的产品质量认证或质量体系认证（注册），便能够得到各国的承认，这相当于拿到了进入世界市场的通行证，甚至还可以享受免检、优价

等优惠待遇。

③ ISO9000 系列标准质量认证可减少企业重复向用户证明自己确有保证产品质量能力的工作，使企业可以集中更多的精力抓好产品开发及制造全过程的质量管理工作。

## 14.4.2 6σ 管理

6σ 管理因美国通用电气公司（GE）的传奇领导人物杰克·韦尔奇（Jack Welch）的介绍及实践而扬名全球企业界。作为一种持续改进质量的方法，6σ 管理帮助世界上众多公司节省了大量的成本，并使其顾客得到极大的满足。

### 1. 什么是 6σ 管理

#### （1）什么是 σ

σ（Sigma，西格玛）是一个希腊字母，在统计学中用来表达数据的离散程度，即标准差。对于任何变量  $\xi$ ， $E\xi$  为其平均值， $\xi - E\xi$  为其离差，离差平方的平均值为方差，方差的平方根为标准差。标准差可以通过以下公式求得： $\sigma = \sqrt{E(\xi - E\xi)^2}$  式中：

$E$ ——平均值符号一般情况下，变量大多服从正态分布的规律。正态分布是一种对称的分布，靠近平均值的数据较多而远离平均值的数据较少。σ 描述的就是数据与其平均值的离散程度，σ 的值越大，表明数据越分散，越有机会超出允许的偏差范围。

通常而言，对于产品的质量或工艺过程的某项指标，企业会规定一个目标值和一个允许的偏差范围。假定有两个工厂，都生产某样型号的零件。该零件长度的目标值为 100 毫米，允许偏差的下限和上限分别为 98、102 毫米，工厂甲生产的 10 个零件长度分别为 99、98、100、101、100、102、100、99、101、100 毫米；工厂乙生产的 10 个零件长度分别为 99、98、100、101、102、100、99、97、101、103 毫米。尽管两个工厂生产的零件长度平均值都是 100 毫米，但由于工厂甲的标准差要比工厂乙小，因此，工厂甲的 10 个零件全部合格，而工厂乙合格的零件只有 8 个，废品率为 20%。此时，工厂乙的标准差为 5.48 毫米，远远大于 2 毫米的允许偏差范围。可以看出，质量特性一旦偏离目标值就会造成损失，质量特性越远离目标值，造成的损失就越大。质量改善的目标之一就是要使标准差变小。

#### （2）什么是 6σ

管理为了降低废品率，工厂乙的管理者决定采用 6σ 标准。他用 6 个 σ 去分摊可以被允

许的 2 毫米偏差, 则每个  $\sigma$  仅为 0.33 毫米。由于  $\sigma$  数值大大缩小, 管理标准一下子严格了很多, 就可以大大减少乃至消除生产废品的可能性。 $\sigma$  前面的倍数越大, 表明品质管理越严格。传统的公司品质已提升至  $3\sigma$ , 此时, 产品的合格率已达至 93.32% 的水平, 只有 6.68% 为废品。通过将标准提高到  $6\sigma$ , 进一步缩小标准差, 收窄数据分布的范围, 可以大大减少产品品质落在允许的偏差范围之外的概率。达到  $6\sigma$  意味着每百万机会缺陷数 (DPMO, DefectPerMillion Opportunities) 只有 3.4 个。

可见,  $6\sigma$  管理 ( $6\sigma$  Approach) 是为追求同业领先地位而全面策划、持续规范化的质量改进活动。它以提升品质作为主线, 以顾客需求为中心, 利用对事实和分析, 改进企业的业务流程能力。 $6\sigma$  管理成功地将使质量意识与企业每个员工的日常工作水乳交融在一起, 改变了传统的以检查审核为主的质量控制观念, 从企业核心流程的角度保证了最终产品的质量。

### (3) $6\sigma$ 管理在企业中的实践

#### ① 摩托罗拉:

$6\sigma$  管理的先驱。最早实施  $6\sigma$  管理的是摩托罗拉公司。摩托罗拉公司早先以生产军用通讯设备著称。20 世纪 80 年代初, 随着移动电话的兴起, 该公司开始开发移动电话机。作为高科技产品, 移动电话机对可靠性要求极高。沿用常规的  $3\sigma$  控制标准进行产品制造过程的质量控制, 使得产品质量屡屡报警。在这样的情况下, 摩托罗拉公司专门组织资深质量工程师从事可靠性质量控制, 通过数年的研究和实践, 首创了  $6\sigma$  管理方法, 将传统的以  $3\sigma$  为控制标准的质量控制方法, 改革为以  $6\sigma$  为控制标准的过程控制方法, 极大程度地限制了不合格产品流入下道工序, 保证了装配的质量和产品的可靠性。摩托罗拉公司 1987 年开始导入  $6\sigma$  管理, 仅仅用了 2 年的时间, 公司就获得了美国马可姆·波里奇国家质量奖。3 年后, 公司的  $6\sigma$  管理战略取得了空前的成功, 产品的不合格率从 6210DPMO (约  $4\sigma$ ) 减少到 32DPMO ( $5.5\sigma$ ), 在此过程中, 节约的成本超过 20 亿美元。随后, 德州仪器公司 (Texas Instruments)、联信公司 (AlliedSignal, 后与霍尼维尔 Honeywell 等在各自的制造流程中推广  $6\sigma$  管理, 均获得成功。

#### ② 通用电气:

$6\sigma$  管理名声大振。 $6\sigma$  管理真正名声大振, 是在通用电气公司全面实施  $6\sigma$  管理模式取得辉煌业绩之后。1995 年, 在公司董事长兼 CEO 杰克·韦尔奇的主持下, GE 开始推行  $6\sigma$  管理方法。作为与产品服务、全球化并列的三大战略之一,  $6\sigma$  管理为通用电气公司的发展立下了汗马功劳。自实施  $6\sigma$  管理以来, 公司的营业利润从 1995 年的 66 亿美元飙升为 1999 年的 107 亿美元。 $6\sigma$  管理的收益 1997 年为 3 亿美元, 1998 年达到 7.5 亿美元, 1999 年达到 15 亿美元。韦尔奇简直是疯狂地迷上了  $6\sigma$  管理, 他说: “ $6\sigma$  管理永远地改变了 GE。所有的人 (从  $6\sigma$  的热心者到工程师、审核员、科学家以及将公司领向新世纪的高层领导) 都是  $6\sigma$  这一公司正在运作的管理方法的忠实信徒”。 $6\sigma$  管理最终使 GE 发展成为全球最大、最成功的多元化经营的跨国公司。韦尔奇也被人们赞誉为 “世界头号 CEO”。

#### ③ 其他公司:

$6\sigma$  管理很快受到其他世界级大公司的关注, 很多美国大公司相继实施这种先进的管理方法。一直在质量领域领先全球的日本企业也在 20 世纪 90 年代后期纷纷加入  $6\sigma$  管理的行列, 这其中包括索尼、东芝等。韩国的三星、LG 也开始了向  $6\sigma$  管理进军的旅程。目前, 几乎所有的《财富》500 强制造型企业都陆续实施了  $6\sigma$  管理战略。一些服务性企业, 如花旗银行、亚马逊网站等也开始实施  $6\sigma$  管理, 以提高服务质量、维护客户忠诚度。 $6\sigma$  管理不再只是一种单纯的面向制造性业务流程的质量管理方法, 同时也成为有效的提高服务性业务流程的管理方法。目前, 美国公司平均品质水平已从 10 年前的  $3-4\sigma$  提高到接近  $5\sigma$  的程度, 而日本则已超过了  $5.5\sigma$  的水平。

#### (4) 6 $\sigma$ 管理与 ISO9000 的关系

作为国际标准化组织的质量认证体系, ISO9000 认证为 6 $\sigma$  管理的实施打下了坚实的基础。对于已通过 ISO9000 认证的企业, 6 $\sigma$  管理提供了一条自然的不断改善的道路。由于 ISO9000 是一个统一的标准, 必须兼顾不同行业的特点, 所以不可避免会牺牲相当多的针对性和具体性。这些都限制了对企业管理能力进行突破性提高的可能性和竞争优势的根本改善。而 6 $\sigma$  管理则完全是从某个企业的特定管理环境出发, 对关键业务流程进行优化和控制。一般而言, 已经获得 ISO9000 认证的企业, 其品质水准大多维持在 3.5—4 $\sigma$  的水平, 要达到 6 $\sigma$  标准仍然需要不懈的努力。

#### 2. 6 $\sigma$ 管理的特征

作为持续性的质量改进方法, 6 $\sigma$  管理具有如下特征:

##### (1) 对顾客需求的高度关注

6 $\sigma$  管理以更为广泛的视角, 关注影响顾客满意的所有方面。6 $\sigma$  管理的绩效评估首先就是从顾客开始的, 其改进的程度用对顾客满意度和价值的影响来衡量。6 $\sigma$  质量代表了极高的对顾客要求的符合性和极低的缺陷率。它把顾客的期望作为目标, 并且不断超越这种期望。企业从 3 $\sigma$  开始, 然后是 4 $\sigma$ 、5 $\sigma$ , 最终达到 6 $\sigma$ 。

##### (2) 高度依赖统计数据统计

数据是实施 6 $\sigma$  管理的重要工具, 以数字来说明一切, 所有的生产表现、执行能力等, 都量化为具体的数据, 成果一目了然。决策者及经理人可以从各种统计报表中找出问题在哪里, 真实掌握产品不合格情况和顾客抱怨情况等, 而改善的成果, 如成本节约、利润增加等, 也都以统计资料与财务数据为依据。

##### (3) 重视改善业务流程

传统的质量管理理论和方法往往侧重结果, 通过在生产的终端加强检验以及开展售后服务来确保产品质量。然而, 生产过程中已产生的废品对企业来说却已经造成损失, 售后维修需要花费企业额外的成本支出。更为糟糕的是, 由于容许一定比例的废品已司空见惯, 人们逐渐丧失了主动改进的意识。6 $\sigma$  管理将重点放在产生缺陷的根本原因上, 认为质量是靠流程的优化, 而不是通过严格地对最终产品的检验来实现的。企业应该把资源放在认识、改善和控制原因上而不是放在质量检查、售后服务等活动上。质量不是企业内某个部门和某个人的事情, 而是每个部门及每个人的工作, 追求完美成为企业中每一个成员的行为。6 $\sigma$  管理有一整套严谨的工具和方法来帮助企业推广实施流程优化工作, 识别并排除那些不能给顾客带来价值的成本浪费, 消除无附加值活动, 缩短生产、经营循环周期。

##### (4) 积极开展主动改进型管理

掌握了 6 $\sigma$  管理方法, 就好像找到了一个重新观察企业的放大镜。人们惊讶地发现, 缺陷犹如灰尘, 存在于企业的各个角落。这使管理者和员工感到不安。要想变被动为主动, 努力为企业做点什么。员工会不断地问自己: 现在到达了几个 $\sigma$ ? 问题出在哪里? 能做到什么程度? 通过努力提高了吗? 这样, 企业就始终处于一种不断改进的过程中。

##### (5) 倡导无界限合作、勤于学习的企业文化

6 $\sigma$  管理扩展了合作的机会, 当人们确实认识到流程改进对于提高产品品质的重要性时, 就会意识到在工作流程中各个部门、各个环节的相互依赖性, 加强部门之间、上下环节之间的合作和配合。由于 6 $\sigma$  管理所追求的品质改进是一个永无终止的过程, 而这种持续的改进必须以员工素质的不断提高为条件, 因此, 有助于形成勤于学习的企业氛围。事实上, 导入 6 $\sigma$  管理的过程, 本身就是一个不断培训和学习的过程, 通过组建推行 6 $\sigma$  管理的骨干队伍, 对全员进行分层次的培训, 使大家都了解和掌握 6 $\sigma$  管理的要点, 充分发挥员工的积极性和创造性, 在实践中不断进取。

#### 3. 6 $\sigma$ 管理的作用

实施 6 $\sigma$  管理的好处是显而易见的，概括而言，主要表现在以下几个方面：

(1) 能够提升企业管理的能力

6 $\sigma$  管理以数据和事实为驱动器。过去，企业对管理的理解和对管理理论的认识更多停留在口头上和书面上，而 6 $\sigma$  把这一切都转化为实际有效的行动。6 $\sigma$  管理法成为追求完美无瑕的管理方式的同义语。正如韦尔奇在通用电气公司 2000 年年报中所指出的：“6 $\sigma$  管理所创造的高品质，已经奇迹般地降低了通用电气公司在过去复杂管理流程中的浪费，简化了管理流程，降低了材料成本。6 $\sigma$  管理的实施已经成为介绍和承诺高品质创新产品的必要战略和标志之一。”

6 $\sigma$  管理给予了摩托罗拉公司更多的动力去追求当时看上去几乎是不可能实现的目标。20 世纪 80 年代早期公司的品质目标是每 5 年改进 10 倍，实施 6 $\sigma$  管理后改为每 2 年改进 10 倍，创造了 4 年改进 100 倍的奇迹。对国外成功经验的统计显示：如果企业全力实施 6 $\sigma$  革新，每年可提高一个  $\sigma$  水平，直到达到 4.7 $\sigma$ ，无需大的资本投入。这期间，利润率的提高十分显著。而当达到 4.8 $\sigma$  以后，再提高  $\sigma$  水平需要对过程重新设计，资本投入增加，但此时产品、服务的竞争力提高，市场占有率也相应提高。

(2) 能够节约企业运营成本

对于企业而言，所有的不良品要么被废弃，要么需要重新返工，要么在客户现场需要维修、调换，这些都需要花费企业成本。美国的统计资料表明，一个执行 3 $\sigma$  管理标准的公司直接与质量问题有关的成本占其销售收入的 10%—15%。从实施 6 $\sigma$  管理的 1987—1997 年的 10 年间，摩托罗拉公司由于实施 6 $\sigma$  管理节省下来的成本累计已达 140 亿美元。6 $\sigma$  管理的实施，使霍尼韦尔公司 1999 年一年就节约成本 6 亿美元。

(3) 能够增加顾客价值

实施 6 $\sigma$  管理可以使企业从了解并满足顾客需求到实现最大利润之间的各个环节实现良性循环：公司首先了解、掌握顾客的需求，然后通过采用 6 $\sigma$  管理原则减少随意性和降低差错率，从而提高顾客满意程度。通用电气的医疗设备部门在导入 6 $\sigma$  管理之后创造了一种新的技术，带来了医疗检测技术革命。以往病人需要 3 分钟做一次全身检查，现在却只需要 1 分钟了。医院也因此而提高了设备的利用率，降低了检查成本。这样，出现了令公司、医院、病人三方面都满意的结果。

(4) 能够改进服务水平

由于 6 $\sigma$  管理不但可以用来改善产品品质，而且可以用来改善服务流程，因此，对顾客服务的水平也得以大大提高。通用电气照明部门的一个 6 $\sigma$  管理小组成功地改善了同其最大客户沃尔玛的支付关系，使得票据错误和双方争执减少了 98%，既加快了支付速度，又融洽了双方互利互惠的合作关系。

(5) 能够形成积极向上的企业文化

在传统管理方式下，人们经常感到不知所措，不知道自己的目标，工作处于一种被动状态。通过实施 6 $\sigma$  管理，每个人知道自己应该做成什么样，应该怎么做，整个企业洋溢着热情和效率。员工十分重视质量以及顾客的要求，并力求做到最好，通过参加培训，掌握标准化、规范化的问题解决方法，工作效率获得明显提高。在强大的管理支持下，员工能够专心致力于工作，减少并消除工作中消防救火式的活动。

#### 4. 6 $\sigma$ 管理的组织结构

6 $\sigma$  管理需要一套合理、高效的人员组织结构来保证改进活动得以顺利实现。在过去，之所以有 80% 的全面质量管理 (Total Quality Management, TQM) 实施者失败，最大原因就是缺少这样一个组织结构。

(1) 6 $\sigma$  管理委员会

6 $\sigma$  管理委员会是企业实施 6 $\sigma$  管理的最高领导机构。该委员会主要成员由公司领导层

成员担任，其主要职责是：设立 6 $\sigma$  管理初始阶段的各种职位；确定具体的改进项目及改进次序，分配资源；定期评估各项目的进展情况，并对其进行指导；当各项目小组遇到困难或障碍时，帮助他们排忧解难等。成功的 6 $\sigma$  管理有一个共同的特点，就是企业领导者的全力支持。6 $\sigma$  管理的成功在于从上到下坚定不移的贯彻。企业领导者必须深入了解 6 $\sigma$  管理对于企业的利益以及实施项目所要达到的目标，从而使他们对变革充满信心，并在企业内倡导一种旨在不断改进的变革氛围。

#### （2）执行负责人

6 $\sigma$  管理的执行负责人由一位副总裁以上的高层领导担任。这是一个至关重要的职位，要求具有较强的综合协调能力的人才能胜任。其具体职责是：为项目设定目标、方向和范围；协调项目所需资源；处理各项目小组之间的重叠和纠纷，加强项目小组之间的沟通等。

#### （3）黑带

黑带（Black Belt）来源于军事术语，指那些具有精湛技艺和本领的人。黑带是 6 $\sigma$  变革的中坚力量。对黑带的认证通常由外部咨询公司配合公司内部有关部门来完成。黑带由企业内部选拔出来，全职实施 6 $\sigma$  管理，在接受培训取得认证之后，被授予黑带称号，担任项目小组负责人，领导项目小组实施流程变革，同时负责培训绿带。黑带的候选人应该具备大学数学和定量分析方面的知识基础，需要具有较为丰富的工作经验。他们必须完成 160 小时的理论培训，由黑带大师一对一地进行项目训练和指导。经过培训的黑带应能够熟练地操作计算机，至少掌握一项先进的统计学软件。那些成功实施 6 $\sigma$  管理的公司，大约只有 1% 的员工被培训为黑带。

#### （4）黑带大师

这是 6 $\sigma$  管理专家的最高级别，其一般是统计方面的专家，负责在 6 $\sigma$  管理中提供技术指导。他们必须熟悉所有黑带所掌握的知识，深刻理解那些以统计学方法为基础的管理理论和数学计算方法，能够确保黑带在实施应用过程中的正确性。统计学方面的培训必须由黑带大师来主持。黑带大师的人数很少，只有黑带的 1/10。

#### （5）绿带

绿带（Green Belt）的工作是兼职的，他们经过培训后，将负责一些难度较小项目小组，或成为其他项目小组的成员。绿带培训一般要结合 6 $\sigma$  具体项目进行 5 天左右的课堂专业学习，包括项目管理、质量管理工具、质量控制工具、解决问题的方法和信息数据分析等。一般情况下，由黑带负责确定绿带培训内容，并在培训之中和之后给予协助和监督。

### 5. 6 $\sigma$ 管理的实施程序

#### （1）辨别核心流程和关键顾客

随着企业规模的扩大，顾客细分日益加剧，产品和服务呈现出多标准化，人们对实际工作流程的了解越来越模糊。获得对现有流程的清晰认识，是实施 6 $\sigma$  管理的第一步。

##### ① 辨别核心流程。

核心流程是对创造顾客价值最为重要的部门或者作业环节，如吸引顾客、订货管理、装货、顾客服务与支持、开发新产品或者新服务、开票收款流程等，它们直接关系顾客的满意程度。与此相对应，诸如融资、预算、人力资源管理、信息系统等流程属于辅助流程，对核心流程起支持作用，它们与提高顾客满意度是一种间接的关系。不同的企业，核心流程各不相同，回答下列问题，有助于确定核心流程：企业通过哪些主要活动向顾客提供产品和服务；怎样确切地对这些流程进行界定或命名；用来评价这些流程绩效或性能的主要输出结果是什么？

##### ② 界定业务流程的关键输出物和顾客对象。

在这一过程中，应尽可能避免将太多的项目和工作成果堆到“输出物”栏目下，以免掩盖主要内容，抓不住工作重点。对于关键顾客，并不一定是企业外部顾客，对于某一流程来说，其关键顾客可能是下一个流程，如产品开发流程的关键顾客是生产流程。

##### ③ 绘制核心流程图。

在辨明核心流程的主要活动的基础上，将核心流程的主要活动绘制成流程图，使整个流程一目了然。

## （2）定义顾客需求

### ① 收集顾客数据，制定顾客反馈战略。

缺乏对顾客需求的清晰了解，是无法成功实施 6 $\sigma$  管理的。即使是内部的辅助部门，如人力资源部，也必须清楚了解其内部顾客——企业员工的需求状况。建立顾客反馈系统的关键在于：将顾客反馈系统视为一个持续进行的活动，看作是长期应优先处理的事情或中心工作；听取不同顾客的不同反映，不能以偏概全，由于几个印象特别深刻的特殊案例而形成片面的看法；除市场调查、访谈、正式化的投诉系统等常规的顾客反馈方法之外，积极采用新的顾客反馈方法，如顾客评分卡、数据库分析、顾客审计等；掌握顾客需求的发展变化趋势；对于已经收集到的顾客需求信息，要进行深入的总结和分析，并传达给相应的高层管理者。

### ② 制定绩效指标及需求说明。

顾客的需求包括产品需求、服务需求或是两者的综合。对不同的需求，应分别制订绩效指标，如在包装食品订货流程中，服务需求主要包括界面友好的订货程序、装运完成后的预通知服务、顾客收货后满意程度监测等，产品需求主要包括按照时间要求发货、采用规定的运输工具运输、确保产品完整等。一份需求说明，是对某一流程中产品和服务绩效标准简洁而全面的描述。

### ③ 分析顾客各种不同的需求并对其进行排序。

确认哪些是顾客的基本需求，这些需求必须予以满足，否则顾客绝对不会产生满意感；哪些是顾客的可变需求，在这类需求上做得越好，顾客的评价等级就越高；哪些是顾客的潜在需求，如果产品或服务的某些特征超出了顾客的期望值，则顾客会处于喜出望外的状态。

## （3）针对顾客需求评估当前行为绩效

如果公司拥有雄厚的资源，可以对所有的核心流程进行绩效评估。如果公司的资源相对有限，则应该从某一个或几个核心流程入手开展绩效评估活动。评估步骤如下：

① 选择评估指标。标准有两条：这些评估指标具有可得性，数据可以取得；这些评估指标是有价值的，为顾客所关心。

② 对评估指标进行可操作性的界定，以避免产生误解。

③ 确定评估指标的资料来源。

④ 准备收集资料。对于需要通过抽样调查来进行绩效评估的，需要制订样本抽取方案。

⑤ 实施绩效评估，并检测评估结果的准确性，确认其是否有价值。

⑥ 通过对评估结果所反映出来的误差，如次品率、次品成本等进行数量和原因方面的分析，识别可能的改进机会。

## （4）辨别优先次序，实施流程改进

对需要改进的流程进行区分，找到高潜力的改进机会，优先对其实施改进。如果不确定优先次序，企业多方面出手，就可能分散精力，影响 6 $\sigma$  管理的实施效果。业务流程改进遵循五步循环改进法，即 DMAIC 模式：① 定义（Define）。定义阶段主要是明确问题、目标和流程，需要回答以下问题：应该重点关注哪些问题或机会？应该达到什么结果？何时达到这一结果？正在调查的是什么流程？它主要服务和影响哪些顾客？② 评估（Measure）。评估阶段主要是分析问题的焦点是什么，借助关键数据缩小问题的范围，找到导致问题产生的关键原因，明确问题的核心所在。③ 分析（Analyze）。通过采用逻辑分析法、观察法、访谈法等方法，对已评估出来的导致问题产生的原因进行进一步分析，确认它们之间是否存在因果关系。④ 改进（Improve）。拟订几个可供选择的改进方案，通过讨论并多方面征求意见，从中挑选出最理想的改进方案付诸实施。实施 6 $\sigma$  改进，可以是对原有流程进行局部的改进；在原有流程问题较多或惰性较大的情况下，也可以重新进行流程再设计，推出新的业务流程。⑤ 控制（Control）。根据改进方案中预先确定的控制标准，在改进过程中，及时解决出现的各种问题，使改进过程不至于偏离预先确定的轨道，发生较大的失误。

## （5）扩展、整合 6 $\sigma$ 管理系统

当某一 6 $\sigma$  管理改进方案实现了减少缺陷的目标之后，如何巩固并扩大这一胜利成果就变得至关重要了。

① 供连续的评估以支持改进。

在企业内广泛宣传推广该改进方案，以取得企业管理层和员工的广泛认同，减少进一步改进的阻力；将改进方案落实到通俗易懂的文本资料上，以便于执行；实行连续的评估，让企业管理层和员工从评估结果中获得鼓舞和信心；任何改进方案都可能存在着需要进一步改进之处，对可能出现的问题，应提前制订应对的策略，并做好进一步改进的准备。

② 定义流程负责人及其相应的管理责任。采用了 6 $\sigma$  管理方法，就意味着打破了原有的部门职能的交叉障碍。为确保各个业务流程的高效、畅通，有必要指定流程负责人，并明确其管理责任，包括：维持流程文件记录、评估和监控流程绩效、确认流程可能存在的问题和机遇、启动和支持新的流程改进方案等。

③ 实施闭环管理，不断向 6 $\sigma$  绩效水平推进。6 $\sigma$  改进是一个反复提高的过程，五步循环改进法在实践过程中也需要反复使用，形成一个良性发展的闭环系统，不断提高品质管理水平，减少缺陷率。此外，从部分核心环节开始实施的 6 $\sigma$  管理，也有一个由点到面逐步推开改进成果、扩大改进范围的过程。

## 本章小结

本章主要讲述了质量管理及 ISO9000 质量认证体系等有关内容。首先介绍了质量的含义，而后比较详细地讨论了质量管理的内涵，分别阐述了质量管理的意义、质量职能、全面质量管理的特点、质量体系的内容。介绍了从事后检验到全面质量管理的整个发展过程，讲解了 PDCA 循环的主要内容。本章还着重讲述了统计质量控制的常用方法，重点介绍了常用的质量控制七种工具，即直方图、数据分层法、控制图、排列图、因果分析图、散布图和统计分析表。除此之外，本章对当前应用较广的 ISO9000 质量认证体系做了介绍，描述了 ISO9000 质量认证的主要内容、ISO9000 系列标准的组成原则等。最后，本章对于当前最为热门的 6 西格玛管理作了简要介绍，包括 6 西格玛管理的概念、优点、特征和实施程序等。

---

## 复习与思考

---

1. 提高产品质量的意义是什么？
2. 什么是全面质量管理？它有哪些特点？
3. 什么是 PDCA 循环？它都有哪些特点？PDCA 循环的应用有哪些步骤？
4. 质量管理发展的各个阶段都有哪些特点？
5. 散布图的主要用法是什么？
6. 为什么说全面质量管理是一场深刻的变革？
7. ISO9000 系列标准的意义及其重要作用。它与 TQM 有何联系？
8. 简述 6 西格玛管理的特征和实施程序？

---

## 案例分析

---

### 质量争先 永无止境——海尔的全面质量管理

海尔公司的全面质量管理主要包括

1. “全面质量管理”的观念

1985 年，海尔的员工亲眼目睹了张瑞敏流泪砸 76 台质量不合格的冰箱的情景，“全面质量管理”观

念树立后，员工的质量责任心迅速增强，从而使企业有了坚实的质量管理基础。“精细化，零缺陷”成为全体员工的心愿和行动指南。

## 2. 质量零缺陷

海尔认为，企业努力的目标是第一次就把事情完全做好，也就是达到“零缺陷”的目标。如果第一次就能把事情做好，那些浪费在补救工作上的时间、金钱和精力就可以避免，生产成本也会大大降低。这是质量管理的一个全新境界，它将质量管理的重点由事后检查转向生产过程中的控制。同时，海尔不认同“人难免会犯错误”这种根深蒂固的看法，主张任何缺陷都不能接受，不论缺陷大小。只有完美无缺，即顾客的完全满意，才是企业应全力追求的标准。

建立零缺陷的质量平台，首先是零缺陷的设计，即保证设计在工艺过程中干不坏，在使用过程中也用不坏。其次是零缺陷的模块化制造网络和零缺陷的质量保证系统。海尔在全球共有 13 个工业园，每个工业园和制造单位都有各自的模块功能。这些模块的零缺陷要靠每个人“第一次就做对”、“绝不从我手中放过一个缺陷”的意识来实现。国际标准质量保证系统的平台是倍速发展的有力保证，ISO9001 的 2000 年版本中“顾客满意度”条款的有关要求，海尔早在 10 年前就提出并实施。

为了提高产品质量，海尔对零部件严格执行国际标准，宁可停产也不降低标准。张瑞敏提出“下道工序是用户”，依靠“三检制”（自检、互检、专检）对生产过程进行质量控制。同时，在员工中开展质量控制小组活动，强化员工的自主管理意识，对症下药，随时解决已出现或可能出现的问题。为正确处理产量和质量的关系，海尔实行了严格的质量否决制度，根据每道工序的质量责任大小，编制质量责任价值券，上下工序之间出现质量问题均可当场撕券，奖优罚劣。

为保证每个部件质量水平的稳定与提高，海尔公司在供应商的选择上制定了非常苛刻的条件，如他们规定重要零部件的供应商必须是国内或国际同行业前三名的企业，每月对供应商的产品质量、价格、服务水平进行综合评比，以促使供应商无论在产品质量控制、生产管理还是在新产品开发方面都产生了一种无形的压力，相对保证了零部件质量的稳定与提高。

## 3. 严格的质量审核工作

海尔实行严格的质量控制，在内部实行了五级 HR 质量认证制度，通过这种制度决定是否允许新加入海尔的公司使用海尔商标。在国际上，海尔为自己制定的方针是：“要在国际市场竞争中取胜，第一是质量，第二是质量，第三还是质量。”在家电质量方面要参加国际比赛，必须取得三项资格：一是质保体系——取得 ISO9001 认证；二是产品国际认证——取得德国 VDE、GS、TUV，美国 UL，加拿大 CSA 等认证；三是检测水平必须达到国际认可，如加拿大 EEV、CSA 等能效认证，美国 UL 用户测试数据认可。这三项资格海尔都拿到了。

海尔的质量管理严格按照 ISO9001 体系的要求，建立全面的内部质量审核体系。

质量保证工作不仅是质管处、质检处的责任，而是贯穿整个生产过程，需要各部门通力合作才能实现的。

这种严格按照 ISO9001 建立的内部质量审核制度使海尔产品的质量进一步向“零缺陷”的目标靠拢。

## 4. 没有终点的质量改进工作

海尔认为，质量改进是个没有终点的连续性活动，停止就意味着倒退。而改进也不是单靠一道命令或一次宣传即可达到的，它是一项系统工程，涉及思维方法、行为方式和最终的结果。

在此观念指导下，海尔的各个事业部都设立了具有国际先进水平的质量分析室，该分析室集“信息中心”、“案例中心”、“培训中心”于一身，对社会反馈的质量信息及工序不良品信息进行有效跟踪和改进。利用典型案例的示范作用对员工进行培训，以杜绝类似质量问题的再度发生。该分析室每天把海尔分布在全国的 33 个电话服务中心 24 小时得到的用户意见整理出来，定期理出全部意见，然后从意见最大的那一条开始进行改进。

海尔的质量改进工作主要是以 OEC 管理为依托，即“日事日毕，日清日高”，就是要求今天的质量工作的内容和目标必须完成，而且今天完成的事要比昨天有提高，明天的目标也必须比今天高，OEC 管理给“精细化，零缺陷”的质量标准增加了新的内涵，并把全面质量管理推向了一个新的境界。



资料来源： 企业生产与运作国际化管理案例,方正, 中国财政经济出版社, 2002-10-18,第 129-132 页

### 思考题

1. 海尔全面质量管理的特征是什么？
2. 海尔全面质量管理能实现零缺陷吗？
3. 海尔全面质量管理的理念起到什么作用？

## 练习题

1. 工厂加工螺栓，其外径尺寸要求为  $\Phi 8_{-0.10}^{-0.05}$ 。现场随机抽样测得频数表如下表所示。试作出直方图，并判断其是否正常。

抽样测量螺栓的数据表

组号	组界值	组中值 $X_i$	频数 $f_i$	变换后组中值 $u_i$	$f_i u_i$	$f_i u_i^2$
1	7.9115~7.9145	7.913	2	-4	-8	32
2	7.9145~7.9175	7.916	2	-3	-6	18
3	7.9175~7.9205	7.919	16	-2	-32	64
4	7.9205~7.9235	7.922	18	-1	-18	18
5	7.9235~7.9265	7.925	23	0	0	0
6	7.9265~7.9295	7.928	17	1	17	17
7	7.9295~7.9325	7.931	15	2	30	60
8	7.9325~7.9355	7.934	3	3	9	27
9	7.9355~7.9385	7.937	4	4	16	64
			100		8	300

2. 化工厂电解酸洗液的硫酸浓度测定值见下表，试作出  $\bar{x}$ -R 控制图。

硫酸浓度测定值表

组号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\bar{x}$	R
----	-------	-------	-------	-----------	---

1	8.3	8.9	9.4	8.87	1.1
2	9.1	9.8	8.5	9.13	1.3
3	8.6	8.0	9.2	8.60	1.2
4	10.6	8.6	9.0	9.40	2.0
5	9.0	8.5	9.3	8.93	0.8
6	8.8	9.8	8.3	8.97	1.5
7	8.9	8.7	11.0	9.53	2.3
8	9.9	8.7	9.0	9.20	1.2
9	10.6	11.9	8.2	10.23	3.7
10	9.2	9.0	9.4	8.73	1.2
11	8.9	10.8	8.7	9.47	2.1
12	9.0	7.9	7.9	8.27	1.1
13	9.7	8.5	9.6	9.27	1.2
14	8.6	9.8	9.2	9.20	1.2
15	10.7	10.7	9.3	10.23	1.4
16	8.7	9.6	9.4	9.23	0.9
17	9.9	9.0	8.8	9.23	1.1
18	10.2	8.5	9.4	9.03	1.7
19	8.4	9.7	9.0	9.03	1.3
20	8.4	10.2	10.0	9.53	1.8

修改

表 14.5 后面的公式

3)按下式计算  $\bar{x}$  和 R，将结果填入表中。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

4)按下式计算  $\bar{x}$  和 R

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{X}_i}{k} = \frac{6.016 + 6.000 + \cdots + 6.078}{20} = 5.975$$

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{k} = \frac{0.50 + 0.27 + \cdots + 0.56}{20} = 0.419$$

5) 计算  $\bar{x}$ -R 控制图的控制界限。

$\bar{x}$  控制图的控制界限的计算公式：

$$UCL = \bar{\mu} + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\overline{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCL = \bar{\mu} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\overline{R}}{d_2 \sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

R 控制图的控制界限计算公式为：

$$UCL = \bar{R} + 3 \sigma_k = d_2 \sigma + 3d_3 \sigma = (1 + \frac{3d_3}{d_2}) \bar{R} = D_4 \bar{R}$$

$$LCL = \bar{R} - 3 \sigma_k = d_2 \sigma - 3d_3 \sigma = (1 - \frac{3d_3}{d_2}) \bar{R} = D_3 \bar{R}$$

式中的系数  $A_2$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  可由表 14.6 查出。

表 14.6 求控制图界限的系数表

n	$A_2$	$D_4$	$D_3$	$E_2$	$m_3 A_2$	$d_2$
$d_3$						
2	1.880	3.267	-	2.659	1.880	1.128
3	1.023	2.575	-	1.772	1.187	1.603
4	0.729	2.282	-	1.457	0.796	2.059
5	0.577	2.115	-	1.290	0.691	2.326
6	0.483	2.004	-	1.184	0.549	2.534
7	0.410	1.924	0.076	1.109	0.509	2.704
8	0.373	1.864	0.136	1.054	0.432	2.847
9	0.337	1.816	0.184	1.010	0.412	2.970
10	0.308	1.777	0.223	0.975	0.363	3.173

如本例,  $\bar{x}$  控制图的控制界限为：

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 5.975 + 0.557 \times 0.419 = 6.217$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 5.975 - 0.557 \times 0.419 = 5.733$$

$$CL = \bar{\bar{x}} = 5.975$$

R 控制图的控制界限为：

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 0.419 = 0.886$$

$$LCL = D_3 \bar{R} = - (\text{不考虑})$$

$$CL = \bar{R} = 0.419$$

6)画出控制图（图 14.12），并记入有关事项，零件名称、件号、工序名称、操作者等等。

图 14.8, 14.9, 14.10, 14.13

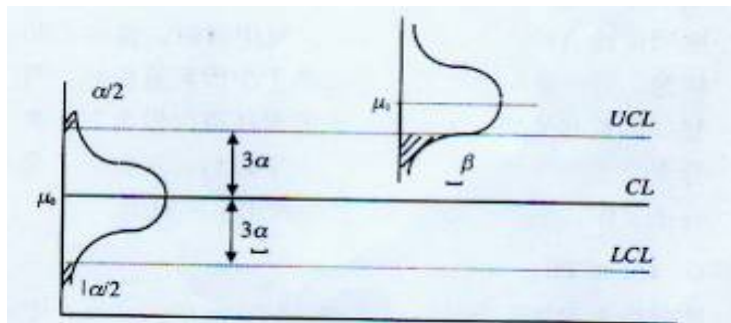


图 14.13 控制图的两类错误

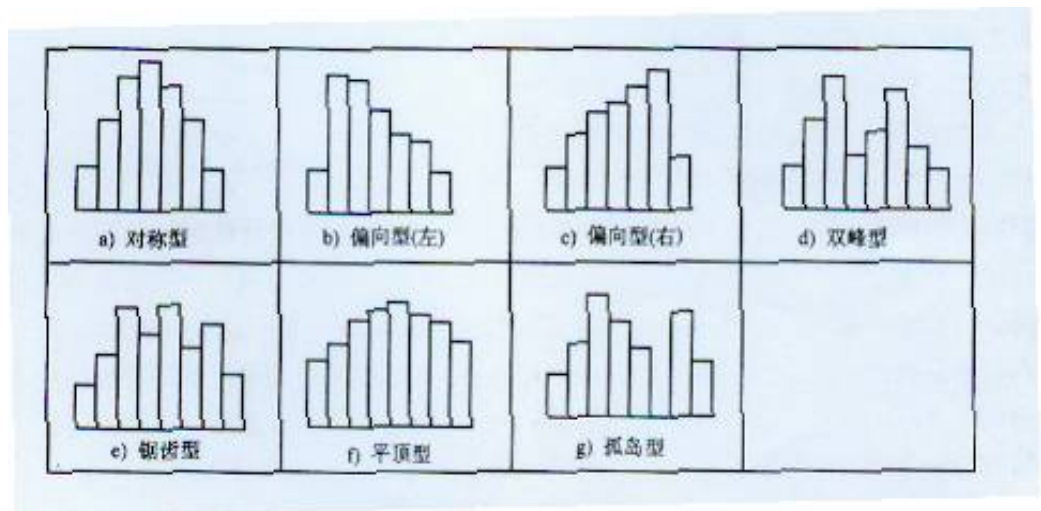


图 14.10 直方图的形状

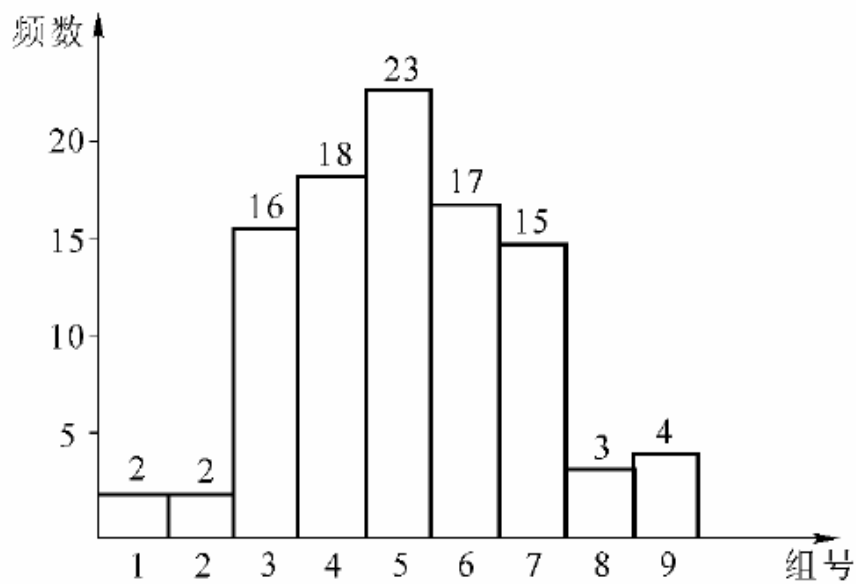


图 14.9 直方图的形式

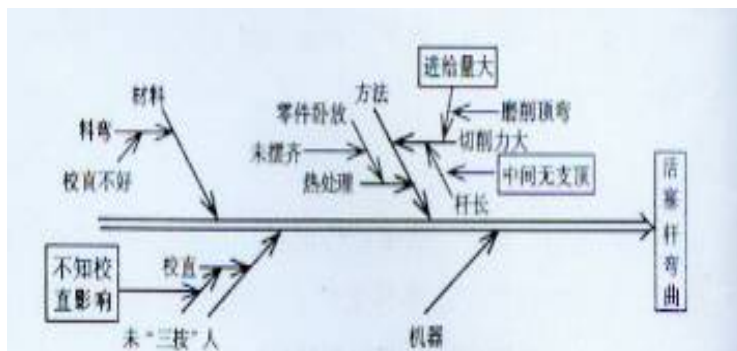


图 14.8 因果分析图

## 第 15 章 供应链管理

### 本章关键词

供应链管理(Supply Chain  
Management) 合作伙伴  
(Cooperation Partnership)

物流(Logistics)  
配送体系(Distribution System)

### 互联网资料

<http://www.e-works.net.cn>

<http://www.mmrc.net>

供应链管理已经成为了一种历史发展的趋势,是今天的制造业面对全球一体化的激烈竞争压力和横向产业模式要求快速自我发展动力推动下的必然选择。供应链管理系统又是一项战略性的项目,关系到企业未来的发展和远景目标的实现。但同时,供应链管理系统也是一项非常复杂的系统工程,其实施需要围绕供应链管理的实质、按照循序渐进的原则进行,而且需要和上下游合作伙伴、物流服务提供商等同步实施。

本章首先介绍了供应链管理产生的背景以及发展过程,阐述了供应链管理的涵义、特点、应用领域和应用模式;尔后论述了供应链管理的实施原则和实施步骤;总结了供应链合作伙伴选择与评价的原则、内容,重点介绍了供应链企业合作对策与委托实现理论模型;最后介绍了供应链中的采购和物流管理。

### 供应链管理概述

## 15.1.1 背景

面对全球经济一体化浪潮和企业价值链延伸,企业已经意识到自身处在供应链的一个环节之上,仅仅依靠企业自身难以推动整个产业的发展和保持自身的持续竞争优势。企业需要在不断增强自身实力的同时,增强与上下游产业或企业之间的关系。这种关系是建立在相互了解、协同优势的基础之上的,把自身的单点竞争优势转化为供应链的群体竞争优势,也只有相互为合作各方带来源源不断的价值,企业的竞争优势才能够永续。

供应链是随着企业满足客户需求的模式的发展而发展的。根据美国莱隆德(LaLonde)教授的分析,1960年至1975年是典型的“推式”生产方式的年代,从原材料推到成品,直至客户一端;从1975年到1990年,企业开始集成自身内部的资源,企业的运营规则也从“推式”转变为以客户需求为源动力的“拉式”生产方式;进入90年代,工业化的普及使生产率和产品质量不再成为竞争的绝对优势。供应链管理逐渐受到重视,它跨越了企业的围墙,建立的是一种跨企业的协作,以追求和分享市场机会。因此供应链管理覆盖了从企业的供应商到客户的全部过程,包括外购、制造分销、库存管理、运输、仓储、客户服务等。

### 15.1.2 供应链管理的涵义

供应链管理，是对商品、资金、信息在供应商、制造商、分销商和顾客组成的网络中流动的管理。供应链管理的核心是以供应为基点，将生产、流通直到消费者终端连接起来，实施高度组织化和现代化的管理，其三大要素是：计算机及通讯网络技术、优化的组织架构和良好的贸易伙伴关系。

供应链管理的精髓表现在：以顾客的需求为大前提，透过供应链内各企业紧密合作，有效益地为顾客创造更多附加价值；对从原材料供应商、中间生产过程到销售网络的各个环节进行协调；对企业实体、信息及资金的双向流动作出管理；强调速度及集成，并提高供应链中各个企业的即时信息可见度，以提高效率。因此，供应链管理的基本概念就是建立在这样一个合作信念之上的，即它能够通过分享信息和共同计划使整体物流效率得到提高。供应链管理使渠道安排从一个松散联结着的独立企业的群体，变为一种致力于提高效率 and 增加竞争力的合作力量。

因而，供应链的概念不同于传统的销售链，它跨越了企业界线，从扩展企业的新思维出发，并从全局和整体的角度考虑产品的竞争力，使供应链从一种运作性工具上升为一种管理性的方法体系，是将供应商、制造商、分销商、零售商，直到最终用户连成一个整体的管理模式。供应链的概念更加注重围绕核心企业的网链关系，即核心企业与供应商、供应商的供应商的一切前向关系，与用户、用户的用户及一切后向关系，

实施供应链管理，有助于培育和发展企业的核心竞争力。其一，供应链上的企业可以将非核心业务剥离出来交由供应链中的其他企业去完成，而将企业的人力、物力与财力集中于核心业务的经营；其二，实施供应链管理有助于降低成本。企业可根据下游企业对本企业产品的需求数量和供货时间来组织和调整自己的生产，待产品一下生产线便可直接送至下游企业所指定的场所，这就大大地降低了装卸、运输、存储等费用，减少产品的非正常损坏及资金占用量；再就是，由于供应链中的企业关系比较密切，并相互信任，从而可以避免企业一再重复的对不同上下游企业的选择、协商与谈判，从而减少搜寻、谈判、签约、监督等交易费用。

## 15.1.3 供应链管理的发展

在过去几十年间，企业组织结构和内部职能划分都发生了巨大的转变，供应链管理也从分散式发展到集中式。如今，技术已经能够使不断扩展的企业所有不同职能部门和不同地域的业务流程的信息快速地传递，这使得决策者有可能从企业整体利润最大化的宗旨出发制定和执行计划。

### 1. 分散式—职能部门化阶段

从 20 世纪的 50 年代到 80 年代末，企业的组织结构以一系列各自为政的职能化和区域性的条条框框为特征。各个职能部门分别在各自相互隔离的环境下制定和执行计划，但由于业务信息缺乏标准化、数据缺乏完整性、缺乏分析支持系统、缺乏推动信息共享的激励机制，以及技术系统互异性，管理层在此环境下试图制订集中供应链计划的努力，注定很难成功。

这一阶段，供应链执行决策是由各独立业务部门的核心管理人员制定的，很少考虑与其他部门的相互影响。这些决策是被动反应式的，仅仅依据该决策将涉及的特定职能部门的需求而制定。

### 2. 集中式—集成供应链阶段

20 世纪 80 年代末到 90 年代后期，高级计划排程（APS）系统、企业资源规划（ERP）系统等迅速传播和广泛采用，以及与业务流程重组（BPR）的相结合，是促成向集成供应链转变的主要推动因素。

BPR 的出现，使企业领导人逐渐认识到，把企业的组织结构与主管人员的相关业务目标和绩效激励机制结合起来，可获得效益；ERP 系统等技术的进步以及计算处理成本的降低，加快了全企业范围的业务处理，可以容易地得到标准化的业务信息；APS 系统的引入，使供应链优化成为一项切实可行的选择，这也提高了日益集中的供应链计划流程的效率；跨职能部门团队的协作推动供应链计划流程更加一体化，并将企业作为一个整体来看待。

因此，在这个阶段，与供应链计划一样，供应链执行决策也逐渐向跨职能部门的一体化方向发展。现在，采购和制造部门能够共同进行原材料的采购决策，从而实现产品总体生产成本的最小化，而不仅仅是追求

最低的采购价格。同样，客户服务、分销和物流部门也可以通过共同进行订单履行的决策，实现客户服务成本的最小化。

### 3. 集中与分散结合式—价值链网络阶段

如今，因特网创造了一个对供应链具有深远影响的强有力手段—协同工作。随着计划流程所需的大部分输入信息已经可以从底层迅速传递到整个企业，以及更多的数据直接来自最终用户，一体化的集中供应链计划将变得更加有效。相关人员也将可以根据业务状况的最新进展来检查和调整有关信息，销售代表能够掌握最新的客户信息，迅速更新需求预测，并逐渐做到支持客户直接更新。同时，购买方和销售方有关产品季节性、促销活动以及新产品发布等信息的共享，将进一步强化此趋势的发展，从而提高相关的效益，如更高的客户服务水平和更低的供应链成本。

另一个重大发展是供应链执行决策将变得日益分散化。因此，随着供应链从面向库存的供应推动模式发展到面向需求的需求拉动模式，对供应链效率的不断追求将越来越强调分散与集中相结合的结构与方法，即集中计划与分散执行相协调的模式。成功地运作供应链就需要四大关键特性：实时的可视性（横跨整个供应链）、灵活性（供应和来源的选择）、响应性（针对客户需求多变和订交货周期缩短）以及快速的新产品上市（根据市场潮流和新型设计）。

新一代的供应链系统将包括供应链流程管理和事件管理的能力。这样的能力可以使基于事件的实时信息，在企业内逐步提交到适当的人，支持有效的决策，将该事件对企业的影响降到最低，或是充分利用该事件所创造的机会。

更高的可视性和更易于访问的实时信息，将大大提高供应链执行决策的预见性。供应链的实时可视性，以及与事件监控和管理系统的结合，将提高预见性决策的比例，最大程度地减少计划外情形所造成的不良影响，或是提高利用该事件所创造的机会。重大决策将越来越多地由跨部门的团队制定，这个团队的选拔和组建必须保证让该团队具备适当的技能、职责和权力。当然，有时也可能仅仅为了解决眼前的某个问题而组建这样的团队。为此，必须具备基于事件监控管理和快速反应的机制，对出现的问题进行迅速调整和补救。因此，有效的供应链计划和管理必将采取包括执行层、中高级管理层的多层面一体化团队组织架构，并通过实际的和/或虚拟的途径执行计划和决策。

#### 15.1.4 供应链管理的特点

供应链管理是实现电子商务的关键之一，是产品从生产商到零售企业全过程的高效的管理过程。供应链管理环境下的生产计划与控制，是一个建立在信息共享、技术合作基础上的开放性的系统，因此它具有以下一些特点：

##### 1. 开放性

经济全球化使企业进入全球市场，不管是基于虚拟企业的供应链还是基于供应链的虚拟企业，开放性是当今企业组织发展的趋势。供应链是一种网络化组织，供应链管理环境下的企业生产计划信息已经跨越了组织的界限，形成开放性的信息系统。决策的信息资源来自企业的内部和外部，并与其他组织共享。

##### 2. 动态性

供应链环境下的生产计划信息具有动态的特性，这是市场经济发展的必然。为了适应不断变化的顾客需求，使企业具有敏捷性和柔性，生产计划的信息随着市场需求的更新而变化，模糊的提前期和模糊的需求量，要求生产计划具有更多的柔性和敏捷性。

##### 3. 集成性

供应链是集成的企业，是扩展的企业模型。因此，供应链环境下的企业生产计划信息是不同信息源的信息集成，它集成了供应商、生产商、分销商的信息，甚至集成了消费者和竞争对手的信息。

##### 4. 群体性

供应链环境下的生产计划决策过程具有群体特征。这是因为供应链是分布式的网络化组织，具有网络化管理的特征。供应链企业的生产计划决策过程是一种集体协商过程，企业在制定生产计划时不但要考虑企业本身的能力和利益，同时还考虑合作企业的需求与利益，是群体协商决策过程。

##### 5. 分布性

供应链企业的信息来源从地理上看具有分布性。信息资源跨越部门和企业，甚至全球化。通过 Internet/Intranet/Extranet、EDI 等信息通信和交流工具，企业能够把分布在不同区域和不同组织的信息进行



有机的集成与协调，使供应链上的活动同步进行。因此在供应链环境下，资源优化的空间由企业内部扩展到企业外部，必须从供应链整体系统的角度进行各种资源的优化。

## 15.1.5 供应链管理的组成

供应链管理通常由五部分组成，即：

- 第一，制订供应链管理策略。从满足顾客需要、提供给顾客高质量的产品的角度，制订监控、衡量 SCM 运作是否有效的方法。
  - 第二，建立上游供货商关系。制订一套定价、交货、付款的规则，同时制订存货管理、付款系统的监控方法。
  - 第三，制订企业产品生产程序。包括加工、生产、测试、包装、运送的计划安排，以及质量控制与生产管理计划。
  - 第四，交货。即建立与下游买主关系，制定对接单、仓储、运送、收款等管理办法。
  - 第五，制定问题处理流程。比如从上游买来的东西是否有坏的，卖给下游顾客的产品是否有不满意的需要退换等问题，都需要有一个流程来处理。
- 各部分轻重程度，根据在不同应用领域情况有所不同。

### 15.1.6 供应链管理应用领域

供应链管理主要涉及到四个主要领域：供应、生产计划、物流、需求。它是以同步化、集成化生产计划为指导，以各种技术为支持，尤其以 Internet/Intranet/Extranet 为依托，围绕供应、生产作业、物流（主要指制造过程）、满足需求来实施的，见图 15.1 所示。

- 1. 物流管理。即材料和产品的移动策略的管理，是从供应商通过企业分配系统向零售店和客户的运动管理。
- 2. 实物分配管理。通过计划和调整，控制货物的实际运动。
- 3. 分配需求计划。涉及仓库、码头、运输和发货管理等计划。
- 4. 实物库存管理。决定库存的水平和重新进货的频率，它取决于经营的水平、业务管理的服务水平。
- 5. 仓库管理。包括存货地点、产品存放、挑选、接受、分配的管理，以及这些过程的质量监督。
- 6. 劳务管理。包括劳务、工作量计划、劳务质量监督以及时间和出勤率、个人信息和员工薪资总额信息的管理。
- 7. 商品的运输管理。包括选择运输方式、运输计划、船队管理、装载量计划、运输工具时刻表、路径计划和时刻表、交付时刻表、运输工具的跟踪和监督等。
- 8. 单元化。决定在分配渠道的每个阶段产品的最合适的数量管理。
- 9. 沟通。对供应链中向上和向下传递的所有信息的管理，包括需求预测、销售记录、追加订货等。

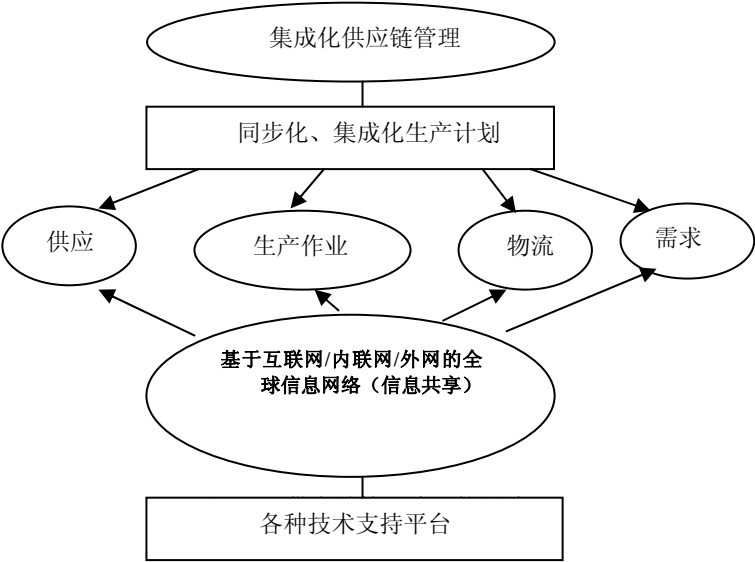


图 15.1 供应链管理涉及领域

# 15.1.7 供应链管理应用的三种模式

一般来说，供应链管理有三种应用模式：以制造企业为主导的供应链模式，见图 15.2 所示。以零售企业（连锁超市）为主导的供应链模式，见图 15.3 所示。以 3PL（集成物流供应商）为主导的物流服务供应链模式，见图 15.4 所示。

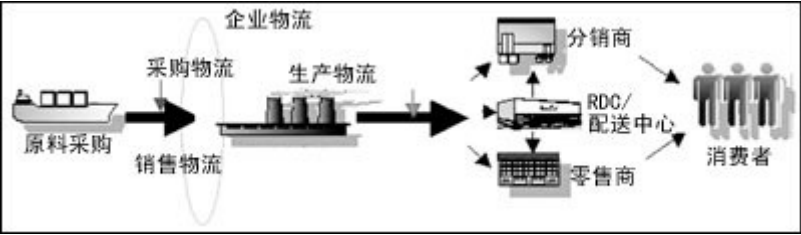


图 15.2 以制造企业为主导的供应链应用模式

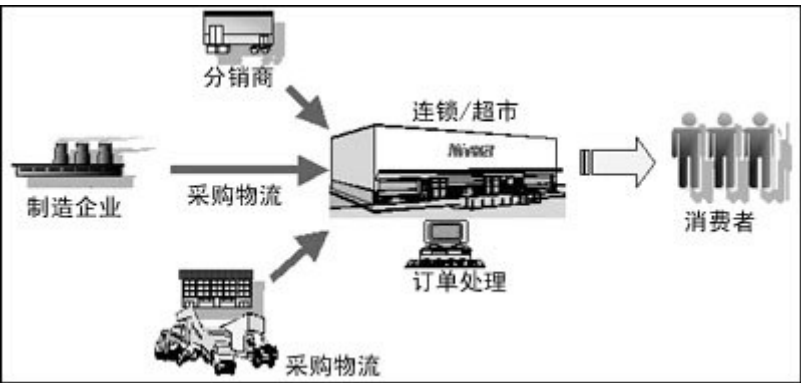


图 15.3 以零售企业（连锁超市）为主导的供应链应用模式



图 15.4 以集成物流供应商为主导的供应链应用模式

### 15.1.8 实施供应链管理的步骤

#### 1. 分析市场竞争环境，识别市场机会

竞争环境分析是为了识别企业所面对的市场特征和市场机会。要完成这一过程，可以根据波特模型提供的原理和方法，通过调查、访问、分析等手段，对供应商、用户、现有竞争者及潜在竞争者进行深入研究，掌握第一手准确的数据、资料。要做好这项工作，一方面，取决于企业经营管理素质和对市场的敏感性；另一方面，企业应该建立一种市场信息采集监控系统，并开发对复杂信息的分析和决策技术。

#### 2. 分析顾客价值

顾客价值是指顾客从给定产品或服务中所期望得到的所有利益，包括产品价值、服务价值、人员价值和形象价值。供应链管理的目标就在于提高顾客价值和降低总的交易成本。要从顾客价值的角度来定义产品或服务，并在不断提高顾客价值的情况下，寻求最低的交易成本。一般说来，发现了市场机会并不意味着真正了解某种产品或服务在顾客心目中价值，只有不断为顾客提供超值的产品，才能满足顾客的需求，而顾客的需求拉动是驱动整个供应链运作的源头。因此，必须真正从顾客价值的角度出发来定义产品或服务的具体特征。

#### 3. 确定竞争战略

从顾客价值出发，定位企业产品或服务之后，就应该确定相应的竞争战略。竞争战略形式的确定可使企业清楚认识到要选择什么样的合作伙伴以及合作伙伴的联盟方式。根据波特的竞争理论，企业获得竞争优势有三种基本战略形式：成本领先战略、差别化战略以及目标集中战略。比如，当企业确定应用成本领先战略时，往往会与具有相似资源的企业联盟，以形成规模经济，当企业确定应用差别化战略时，它选择的合作伙伴往往具有很强的创新能力和应变能力。商业企业中的连锁经营是成本领先的典型事例，它通过采用大规模集中化管理模式，在整个商品流通过程中把生产商、批发商与零售商紧密结合成一个整体。通过商品传送中心发货中心把货物从生产商手中及时地、完好地运送到各分店手中，进而提供给消费者。这样的途径减少了流通环节，使企业更直接面对消费者。其结果不仅仅加快了流通速度也加快了信息反馈速度，从而达到了成本领先的目的。

#### 4. 分析本企业的核心竞争力

核心竞争力是指企业在研发、设计、制造、营销、服务等某一环节上明显优于其他企业、并且不易被竞争对手模仿的、能够满足客户价值需要的独特能力。竞争对手难以模仿的资源和能力，才是企业获得持续竞争优势的关键所在。供应链管理注重的就是企业核心竞争力，企业把内部的智能和资源集中在有竞争优势的活动上，将剩余的其他业务活动移交给在该业务上有优势的专业公司来弥补自身的不足，从而使整个供应链具有竞争优势。在分析本企业核心竞争力基础上，重建企业的业务流程和组织结构。

#### 5. 评估、选择合作伙伴

一旦选定后，则应建立战略合作关系。

## 供应链合作伙伴选择与评价

供应链管理强调供应链上的节点企业及其活动的整体集成，其管理范围不仅包括企业内部的生产经营活动，而且将企业的供应商、供应商的供应商、企业的用户以及用户的用户都集成起来，这样可以更好地协调供应链上各个节点企业的资源利用，有效地控制供应链上的物流、信息流、资金流和决策流，从而实现快速、灵活响应市场需要、提高整个供应链竞争力的目的。

因此，供应链的实质就是合作，而随着合作的进一步深入，合作形式也从收集信息到制定决策不断提升。合作程度与信息共享程度的增加，所产生的经济价值也将以非线性的方式快速增加。供应链上的信息透明和合作，是管理好供应链的重要保证。提高供应链整体透明度，可以加强贸易伙伴合作的联盟关系，提高对流入物流的监控，加强订单实现过程的监控，更好地履行订货承诺，提高管理整个渠道库存的水平。

有专家研究表明：合作对供应链进步的贡献率为 40%；合作性计划可以使库存减少 15%；合作性预测的准确性提高 15%；减少开支 20%~30%；节约运输成本 3%~5%。

### 15.2.1 评估、选择合作伙伴的原则和内容

供应链的建立过程实际上是一个供货商的评估、选择过程，选择适当的合作伙伴就是选择合适的企业作

为供应链中的合作伙伴，这也是加强供应链管理中最重要的一环。企业需要从产品的交货时间、供货质量、售后服务、产品价格等方面全面考核合作伙伴。如果企业选择合作伙伴不当，就会使企业失去与其他企业合作的机会，减少获得利润的机会，还，从而无形中抑制企业竞争力的提高。

### 1. 选择原则

对于供应链中合作伙伴的选择，可以遵循以下原则：

(1) 合作伙伴必须拥有各自的可资利用的核心竞争力。

唯有合作企业拥有各自的核心竞争力，并使各自的核心竞争力相结合，才能提高整条供应链的运作效率，从而为参与合作的企业带来可观的贡献，包括及时、准确的市场信息，快速高效的物流，快速的新产品研制，高质量的消费者服务，成本的降低等。

(2) 拥有相同的企业价值观及战略思想。

企业价值观的差异表现在，是否存在官僚作风，是否强调投资的快速回收，是否采取长期的观点等。战略思想的差异表现在，市场策略是否一致，注重质量还是注重价格等。若企业之间价值观及战略思想差距过大，合作必定以失败而告终。

(3) 合作伙伴必须少而精。

若选择合作伙伴的目的性和针对性不强，合作过于泛滥，可能导致过多的资源、机会与成本的浪费。

### 2. 考察内容

在具体的选择过程中，一定要慎重考察如下内容：

(1) 协作态度，包括良好的业务联系，提供信息、的态度、对意外事件的处理态度和措施。

(2) 质量保证，包括事故的发生情况，质量问题处理等。

(3) 社会信誉，主要指其他进货商对被考察对象的评价。

(4) 交货保证，按期交货的保证情况。

(5) 生产保证情况，主要指安全生产。

(6) 地理位置，从运输、联络方面来考察供应商所处的地理条件。

## 15.2.2 面向供应链的合作计划、预测与补给

### 1. CPFR 的概念

为了实现对供应链的有效运作和管理，以及对市场变化的科学预测和快速反应，一种面向供应链的策略——合作计划(Collaborative Planning)、预测与补给(Forecasting and Replenishment, CPFR)应运而生。

CPFR 应用一系列的处理和技术模型，提供

覆盖整个供应链的合作过程，通过共同管理业务过程和共享信息来改善零售商和供应商的伙伴关系、提高预测的准确度，最终达到提高

供应链效率、减少库存和提高消费者满意程度的目的。CPFR 有 3 条指导性原则：

- (1) 贸易伙伴框架结构和运作过程以消费者为中心，并且面向价值链的成功运作；
- (2) 贸易伙伴共同负责开发单一、共享的消费者需求预测系统，这个系统驱动整个价值链计划；
- (3) 贸易伙伴均承诺共享预测并在消除供应过程约束上共担风险。

在 CPFR 提出之前，关于供应链伙伴的合作模式主要有合计预测与补给(Aggregate Forecasting and Replenishment, AFR)和共同管理库存(Jointly Managed Inventory, JM)、供应商管理库存(Vendor Managed Inventory, VMI)等。AFR 是商业贸易伙伴交互作用中应用最广泛的方法，用于预测的核心数据来自于辛迪加数据和销售历史数据，采用制造者推动供应链的方法，AFR 缺乏集成的供应链计划，因而可能会导致高库存或低订单满足率；VMI 可以避免 AFR 的一些问题，VMI 的一个关键技术是应用供应链的能力管理库存，这样需求和供应就能结合在一起，使制造者能够得到零售分销中心仓库返回数据和 POS(销售点，Point of Sale)数据，利用这些信息规划整个供应链的库存配置。VMI 方法虽然有诸多优点，但却缺乏系统集成；JMI 预测与补给方法相对较新，这种方法以消费者为中心，着眼于计划和执行更详细的业务，供应链经常应用工作组(Team Work)技术进行关键问题处理，使其在了解对方的运作的增强相互作用等方面得到改善，其结果有助于发展贸易伙伴的信任关系。JMI 在每个公司内增加了计划执行的集成，并在消费者服务水平、库存和成本管理方面取得了显著的效果，但 JMI 的建立和维护成本高。上述方法均未实现供应链的集成。

CPFR 建立在 JMI 和 VMI 的实践基础上，同时摒弃了 JMI 和 VMI 中的主要缺点，如：没有一个适合所有贸易伙伴的业务过程，未实现供应链的集成等。针对贸易伙伴的战略和投资能力不同、市场信息来源不同的特点，将 CPFR 构建成一个方案组，方案组通过确认贸易伙伴从事关键业务的能力来决定哪家公司主持核心业务活动，贸易伙伴可选用多种方案实现其业务过程。零售和制造商从不同的角度收集不同层次的数据，通过反复交换数据和业务情报改善制定需求计划的能力，最后得到基于 POS 的消费者需求的单一共享预测。这个单一共享需求计划可以作为零售商和制造商的与产品有关的所有内部计划活动的基础，从而使价值链集成得以实现。以单一共享需求计划为基础能够发现和利用许多商业机会、优化供应链库存和改善客户服务，最终为供应链伙伴带来丰厚的收益。

## 2. CPFR 的业务流程

CPFR 的业务活动可划分为计划、预测和补给 3 个阶段，包括 9 个主要流程活动。第 1 个阶段为计划，包括第 1、2 步；第 2 个阶段为预测，包括第 3~8 步；第 3 个阶段为补给，包括第 9 步。

- (1) 供应链伙伴达成协议
- (2) 创建联合业务计划
- (3) 创建销售预测
- (4) 识别销售预测的例外情况
- (5) 销售预测例外项目的解决/合作
- (6) 创建订单预测
- (7) 识别订单预测的例外情况
- (8) 订单预测例外项目的解决/合作

## (9) 订单产生

### 案例

#### 戴尔的命根：超级供应链

强森在一家中型企业担任经理一职。他最近想要购买一台新的个人电脑，但他很忙，所以决定到网上找找看。

他一开始先造访了自己最喜爱的网站之一——科技信息网。这个网站在与科技相关的项目上可以为强森提供许多专业的建议，在个人电脑这一类，网站最终向他推荐了戴尔、东芝和康柏这三家品牌。

于是，强森接下来首先造访了戴尔的网站。他一方面想要配有平面显示器和重复读写式光驱的电脑，另一方面又想把价钱尽量压低。于是，他用戴尔的规格设定精灵选择了自己想要的东西，结果价钱低于 2000 美元，若加上运费和税金则是 2175 美元。

接着，他又来到了康柏的网站。强森惊讶地发现，这里看起来跟戴尔几乎一模一样——同样的明细表、同样增加配备的价格、同样的目录，甚至连辅助键都一样(这与他在 6 个月前见到的截然不同)。他设定好想要的配置，整个流程还算顺畅，可事后的金额却比戴尔贵了 200 美元。

然后，他又继续造访了东芝的网站。本以为会获得类似的经验，但事实却出乎其意料。东芝的网站让人无从着手，而且该网站也无法自行设定想要的计算机，甚至无法直接销售给他。因此，强森很快离开了。

“除了品牌声誉外，我要的是可以自行设定自己需要的产品。”于是，强森最后又回到了戴尔的网站。

就一个 PC 营销企业的经营策略而言，从上面这个实例，我们可以得到什么启示？

资料来源：<http://www.e-works.net.cn/ewk2004/ewkArticles/460/Article28272.htm>

#### 15.2.3 供应链企业合作对策与委托实现理论模型

在供应链管理实施过程中，当企业探知某项新的需求时，首先会进行“自制—外包”的决策分析，如果需要外包给其它企业，委托代理企业完成该项订单（全部或者一部分）时，就必须根据合作伙伴的信誉、业绩等条件，选择一个或几个合作伙伴承担代理活动，并在一定的合作对策理论、战略合作理论、协商机制的指导下，与代理企业进行协商，在法律约束条件下，制定出有利于委托—代理各方利益的合同模型，再考虑设定相应的激励条件，达成正式的委托—代理关系，将业务委托该企业完成。在合同的执行过程（也就是企业委托代理关系的实现过程）中，会遇到许多在制定委托—代理决策时所预想不到的实际问题，包括逆向选择、信任危机、紧急例外情况等，供应链上的合作企业之间必须在一定的协商机制的指导下，通过协商解决好冲突和利润分配等问题。为此，必须建立起一定的供应链运行状况—绩效评价、预警—应急、风险防范、激励—约束等机制，以更好地控制合同履行过程，更有效地实现供应链企业之间的委托代理关系。这是供应链企业之间的合作与委托实现的基本过程，供应链企业合作对策与委托实现的理论模型框架，如图 15.5 所示。

在这个模型中，激励-约束机制、风险防范机制、信任机制、协商机制是供应链企业合作对策与委托实现机制的四个核心机制，正是这四个机制的协同作用，才能保证供应链企业之间的合作与委托实现的正常运行，才能保证供应链合作达到最大的经济效益，才能保证供应链获得整体优化，获得供应链与供应链之间竞争的最大优势。

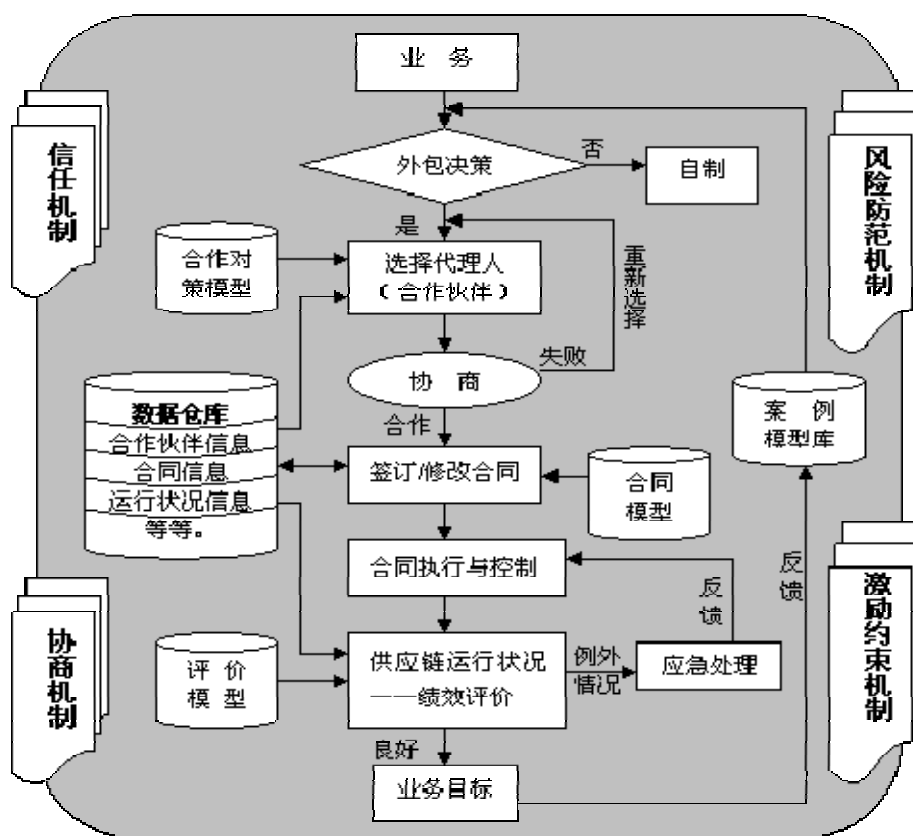


图 15.5 供应链企业合作对策与委托实现的理论模型框架

## 供应链中的采购和物流管理

### 15.3.1 供应链中的采购管理

一般而言，对于高新技术产业公司，其采购成本比例一般为 10%—30%；对于技术含量较低的企业，其物流采购成本比例在 30%—80%之间；而对于技术过于简单的企业，其采购成本比例可能高达 90%。由此可见，如何使企业在白炽化的竞争中求生存、谋发展，不仅要在研发、销售、制造上寻找改进点，而且也需要在物流采购供应链上挖掘潜力。采用一套科学、系统、有效的物流采购管理方法，改善和实施物流采购运作，可以形成企业独有的物流采购优势，以促进研发、保障生产需求供应，从而为企业参与市场竞争、获得持久发展提供动力。同时，也是杜绝采购腐败。

物流采购管理，一般由以下七部分组成。

#### 1. 采购计划与预算

采购预算是采购部门为配合公司年度销售预测或生产计划，对所需求的原料、物料、零件等数量及成本所做的估计。采购计划与预算是企业年度预算的重要组成部分，它的建立要以年度生产计划、物资消耗定额和存量管制卡为依据，应该有利于整个企业目标的实现。其内容包括：设定物料标准成本指标体系、监控价格涨跌变化之规律、针对现实状况进行必要的调整，实行动态滚动管理方法等。

#### 2. 供应商开发管理

供应商的开发是采购工作顺利进行的基础。正确考查、评估、认证和选择适当的供应商，是物流采购工作成功的关键。为此，必须成立评选小组，确定科学、合理和系统的评审项目、（一般包括经营状况、企业资信、制造能力、技术水平、品质性能、管理绩效等指标进行评审）；根据评审结果，把合格厂商按 A（最好）、B（良好）、C（较好）分级建立档案；并定期重审评估，根据《供应商评估制度》，从品质、成本、价格、服务水平、交货周期、履行合约的承诺与能力等得分高低重新划分调整，进行动态管理，从而把供应商开发与管理有机结合起来，实现采购环境的最佳选择。

### 3. 采购物流管理

采购物流管理任何物品从卖方（供应商）到买方场所（公司）进行的转移活动，包括：包装、装卸、运输、存储、配送、信息、管理等方面。其主要由包装运输、暂存检验和物料入库三部分组成。如何设计一个有效的采购物流子系统，并且使之运作富有成效，是现代企业迫切需要解决的战略问题之一。优化采购物流子系统必须把握好以下几个环节：送货计划性强，批量规模采购合理，协作配送效率高，物流路径最优，信息电子网络化管理，最终建立企业的采购供应链模式，从而使之快捷高效的运作。

### 4. 采购绩效评估

包括采购部门目标绩效考评制度，采购人员绩效考评制度，供应商绩效考评制度。进行采购绩效评估时，要正确、重点设定与选择最能反映和代表采购绩效的指标体系，明确绩效考评的目的、原则、程序与方法，合理选定考评人员和设置考评机构，正确及时反馈考评结果和认真搞好考评工作总结，保证考评内容重点化、考评指标量化、考评手段科学化、考评结果客观化。一般来说，采购组织绩效指标体系包括采购（计划完成及时率）、物料质量（来料合格率）、采购成本（价格差额比率）、采购周期、供应（供应准确率）、库存（库存周转率）、服务满意度等，与供应商绩效指标体系和采购人员绩效指标体系是有所不同的。

### 5. 采购（资讯）信息

为了迎接全球电子化的挑战，企业界导入或引用电子商务已是大势所趋，更是提升其竞争力的有效手段。采购信息的全面导入不仅提升采购效能，更为重要的是给采购部门及整个组织管理带来明显的收益。比如 ERP 的使用，能使企业获得更多、更新、更全面、更精确、更及时的资讯，利用这些资讯拓展采购视野，帮助在与供应商谈判时掌握主动权，提高工作效率和改善作业流程，从而可以把更多的时间投入在采购策略和绩效提升等重要工作中。

### 6. 采购管理制度、工作标准、动作程序与作用流程

为了全面、准时、有效地完成物流采购工作，实现生产计划、物料需求计划同物料采购三者之间的同步运作与均衡，达成整个组织的目标，必须要有完善的管理制度，明确的工作标准，适用的运作程序和合理的作业流程为前提。采购管理组织分成四个层次：一是管理制度，主要是制定解决采购组织部门的方向、关键与重大的管理问题；二是工作标准和按工作岗位拟订、衡量工作优劣的基准，是用于检验考评工作人员是否称职的依据；三是运作程序，规定物流采购工作层面各接口环节的运作程序；四是作业流程，更为详细地制定出各项具体业务的作业流程图，明确指导采购人员按作业流程正确执行工作指令，及时完成本职工作任务。

### 7. 采购策略规划

包括采购政策策略规划、成本价格策略规划、采购品质策略规划、支持供应策略



规划、环境变动策略规划和存储策略规划等。全球经济竞争日趋白热化，促使企业经营的策略规划与管理也愈来愈受到重视，如何制定企业未来发展的最佳策略，并付诸实施，无疑是企业决策者必须面对的重大问题。正因如此，实施采购策略规划之目的是通过策略性的规划管理，从企业长期经营目标出发，结合外部采购环境的变动，并分析企业所处的内外环境优劣因素，以求利用自己的长处和抓住外部的机遇，克服自身的弱点和规避外部的风险，采取积极的对策迎接挑战，使企业采购活动由被动变主动，化劣势为优势，从而实现企业在未来的发展中获得良好的采购收益。

### 15.3.2 供应链中的物流管理

#### 1. 供应链中物流管理与传统的物流管理的区别

物流是指物质实体从供应者向需求者的物理移动，它由一系列创造时间价值和空间价值的经济活动组成，包括运输、保管、配送、包装、流通加工及信息处理等多项活动的统一，是实现原材料市场到消费市场价值增值的重要环节。一个企业的物流是企业内部进行定位的核心能力。

传统的物流管理是指按照市场的要求，将产品从供应地向需要地转移的过程，它强调的是单个企业物流系统的优化，即对运输、仓库、包装、装卸搬运、流通加工、配送和物流信息实施一体化管理。

而供应链管理则超越个别企业，对整个供应链的所有企业的物流实施一体化管理。也就是说由供应链中的企业共同对供应链的物流活动进行管理和优化。除此之外，供应链管理所创造的效益也不是单个企业的物流管理所能比拟的。

因此，传统物流一般指产品出厂后的包装、运输、装卸、仓储，而现代物流提出了物流系统化或叫总体物流、综合物流管理的概念，并付诸实施。具体地说，使物流向两头延伸并加进了新的内涵，使社会物流与企业物流有机结合在一起，从采购物流开始，经过生产物流，再进入销售物流，与此同时，要经过包装、运输、仓储、装卸、加工配送到达用户（消费者）手中，最后还有回收物流。可以这样讲，现代物流包含了产品整个物理性的流通全过程。现代物流又是货物流、信息流、资金流和人才流的统一，现代物流条件下，商品运输由单一的传统运输方式变成多种运输方式的最佳组合，提高了运输效率，缩短了中间储存的中转时间，加速了商品流动，大大降低了运输成本，加快了商品使用价值的实现。以现代电子网络为平台的信息流，极大地加快了物流信息的传递速度，为客户赢得最宝贵的时间，使货物运输环节、方式科学化和最佳化。以快节奏的商流和先进的信息为基础的现代物流，能够有效地减少流动资金的占压，加速资金周转，充分发挥资本的增值作用。

#### 2. 物流管理目标

物流作业可分成三个领域：配送、制造和采购。这三个领域的结合使在特定位置和地点、供应源和客户之间进行材料、半成品和成品等运输的综合管理成为可能。企业通过存货的移动（存货流）使物流过程增值。

在企业运作中，物流被看成是企业与其供应商和客户相联系的能力。一个企业的物流，其目的在于帮助按最低的总成本创造客户价值。因此，物流管理的目标主要包括：快速反应、最小变异、最低库存、整合运输、产品质量以及生命周期支持等。

#### 3. 现代物流如何迎合供应链管理发展

供应链管理正在不断发展，而供应链管理包含了物流，因而物流必须迎合其趋势，才能促使物流自身以及供应链更好的发展。具体来说，应该做到以下几点。

(1) 明确物流只是供应链过程的一部分，去主动适应供应链管理的发展。

物流原来是指为满足消费者需求而进行的对原材料、中间库存、最终产品及相关信息从起始地 到消费地的有效流动与存储的计划、实施与控制的过程。最近美国物流管理协会又再次修正了物流的定义，这个定义明确了物流只是供应链的一个组成部分，物流是指为满足顾客需求，对来源点到使用点的货物、服务及相关信息的有效率、有效益的流动和储存进行计划、执行与控制的供应链过程的一部分。

供应链管理是指对供应链中的物流、商流、业务流、价值流、资金流和信息流进行的计划、组织、协调及控制。它是在社会化生产分工越来越细、产品生产日趋全球化的过程中提出的一种管理理念，当前正处于形成和发展探索阶段。它的目标是提高整个供应链运行的速度、效益及附加值，为整个供应链上的所有贸易伙伴带来巨大的经济效益。只有明确物流只是供应链过程的一部分，才能从整体看问题，去发展现代物流，适应供应链管理的新发展。

(2) 应用现代物流技术，融合信息流，使供应链管理更加科学。

信息时代的到来，每天在全球范围内发生着数以百万计的商业交易，每一笔商业交易的背后都伴随着物流和信息流。供应链上的贸易伙伴都需要这些信息以便对产品进行发送、跟踪、分拣、接收、存贮、提货以及包装等。在世界信息化高度发展的今天，物流与信息流的相互配合体现得越来越重要。

物流技术中综合了许多现代技术，条码技术、EDI、全球卫星定位系统（Global Positioning System, GPS）、地理信息系统（Geographical Information System, GIS）、射频技术（Radio Frequency, RF）。应用这些技术使物流与信息流结合而发挥更大的作用，就能使供应链更加科学。

高质量服务和总体低成本的最佳平衡是现代物流和供应链管理的原则之一。生产有形产品的企业创造价值的方式是通过降低原材料和生产过程的成本而获得，但降低成本是有限度的，所以企业越来越以服务，特别是个性化服务去占领市场。而高质量服务就需要现代物流和供应链管理，而且供应链中的每一个环节都必须尽可能稳定。

(3) 选择最优秀的公司合作。

在供应链的每一个阶段，都应选择最优秀的公司并与之合作，建立新的商业系统和流程，以使得产品、信息和资金的流动更为有效。

(4) 大力发展第三方物流

第三方物流的发展使现代物流和供应链管理更好实现。20 世纪 90 年代中后期，据国外对一些重要的制造商利用第三方物流情况的调查。3PL 公司为《财富》500 家强企业提供的服务有 2 / 3 是基本的运输服务，还有近一半的是仓储服务。厂商从 3PL 公司提供商那里获得的关键增值利益应是供应链的创新，这种创新必将带来竞争力与盈利性的提高。

## 供应链中的配送体系

物流配送是按用户的订货要求，在物流据点进行分货、配货工作，并将配好货物送交收货人的活动。它是流通加工、整理、拣选、分类、配货、配装、运送等一系列活动的集合，即在集货配货的基础上，按用户在种类、品种搭配、数量、时间等方面的要求所进行的送运，是“配”和“送”的有机结合形式。

物流配送是物流中一种特殊的、综合的活动形式，是商流、物流的紧密结合，包含了商流活动和物流活动。通过配送，最终使物流活动得以实现，并实现物流活动的合理化以及资源的合理配置，从而降低物流成本，增加产品价值，提高企业的竞争力。

但完成配送活动需要付出配送成本。对配送的管理就是在配送的目标即满足一定的顾客服务水平与配送成本之间寻求平衡：在一定的配送成本下尽量提高顾客服务水平，或在一定的顾客服务水平下使配送成本最小。在一定的顾客服务水平下使配送成本最小一般包括混合策略、差异化策略、合并策略、延迟策略等策略。

### 1. 物流配送瓶颈问题

网络经济、电子商务的迅猛发展势头，会加剧物流瓶颈问题。先进的电子商务和落后的物流形成了非常鲜明的对比。这问题，表面上看是物流服务问题，究其原因，是物流本身发展的滞后，是为物流服务运行的物流平台不能满足发展的要求。和电子商务的发展相比，即便是发达国家的物流，其发展速度也难以和电子商务的发展速度并驾齐驱。在我国，物流更是处于经济领域的落后部分，长期以来，由于受计划经济的影响，我国物流社会化程度低，物流管理体制混乱，机构多元化。另外，我国物流企业与物流组织的总体水平低，设备陈旧，损失率大、效率低，运输能力严重不足，形成了瓶颈制约物流的发展。目前我国物流业发展的瓶颈主要表现为：对电子商务的认识仅局限于信息流、商流和货币流的电子化，忽视物流的电子化过程；物流基础设施不完善；物流管理技术落后；传统储运的体制和手段阻碍现代物流的发展；第三方物流服务发展滞后；适应电子商务发展的物流体系尚未建立。阻碍物流业发展的主要原因可以归纳为以下两点：一是物流一体化管理程度不高，与物流发展相关的制度和政策法规尚未完善，很多企业对物流重要性的认识不够，对物流的认识仍停留在传统的运输和存储等层面上；二是物流企业的物流基础设施落后，物流装备水平低，物流技术水平的落后，使物流体系不足以支撑电子商务的发展，从而更加剧了物流的瓶颈作用。

### 2. 解决物流配送瓶颈问题的思路

物流配送瓶颈问题的解决，可以从以下几方面着手：

#### （1）优化物流企业业务流程

只有根据业务流程设计的企业系统，才能提高信息处理效率，更好地实现信息集成，更好地适应组织机构变化。尤为重要，面向业务流程的思想使人们有意识地审视现有业务流程的运作情况并发现其中的问题，通过取消一些不必要的活动并重新设计业务流程，在流程合理化和优化的基础上再设计开发相应的信息系统，从而充分挖掘信息系统的潜力，大大地提高了流程的营运效率。因此，在物流企业内部实施业务流程重组非常必要。

#### （2）推行先进的物流管理技术和延伸服务

采用如运筹学中的管理技术、条形码技术和信息技术等，提高物流的效率和效益，降低物流成本。延伸服务向上可以延伸到市场调查与预测、采购及订单处理；向下可以延伸到配送、物流咨询，物流方案的选择与规划、库存控制决策建议、货款回收与结算、教育与培训、物流系统设计与规划方案的制作等。

#### （3）建立基于 Web 的物流配送信息管理系统

从事配送业务离不开“三流”，其中信息流更为重要。实际上，商流和物流都是在信息流的指令下运作的。畅通、准确、及时的信息从根本上保证了商流和物流的高质量与高效率。另外，在电子商务时代，物流信息化也是电子商务的必然要求。因此，提高信息管理水平是我国物流业再造的一个重要环节和切入点。

企业电子商务的崛起，B2B、B2C 的发展，分销渠道的进一步整合，供应链管理的出现，使得物流配送越来越成为众多商家关注的焦点。电子商务下的物流配送，应该是信息化、现代化、社会化的物流配送。这就要求物流配送企业能够向客户提供全面的配送解决方案。而一个完整的物流配送体系除了具备现代化、自动化的硬体设备及电脑资源外，更应该具有结合两者的物流信息管理系统来满足消费者对商品的品质要求及配送的效率。另外，在电子商务支持下的交易活动不受时空的限制，客户在地理分布上可能是十分分散的，并且要求送货的地点也不集中。在这样竞争动态的环境中，物流效率直接依赖和受限于物流的网络结构。应该在动态优化网络设计的基础上，实现下述两点，一是物流与配送网点的网络化。企业根据自身的营销范围和目标，建立全国范围的物流和配送网络，提高物流系统的服务质量和配送速度。二是物流配送系统的计算机通信网络，包括外部网和内部网，外部网（基于互联网的电子商务网络平台）主要用于配送中心与上游供应商或制造商的联系，以及与下游顾客之间的联系；内部网主要用于企业内部各部门间的信息传输。网络上点与点之间的物流配送活动保持系统性和一致性，使整个的配送网络具有最优的库存分布、最理想的库存水平、最快捷的市场反应、最迅速的输送手段等，从而体现在电子商务条件下物流支持的快速性及全方位性。用网络支撑、优化、改造、提升物流实体，提升物流服务的竞争能力。

## 案例

成功的直销模式在于背后有一套高速、高效的超级供应链。戴尔是一个例子。

### 1. 强大的物流配送

毫无疑问，任何创新都可以在短短几个月内被他人抄袭。然而，要模仿线上接口很容易，其背后的顾客服务层面是很难被模仿的。戴尔规格设定精灵的外观虽然很容易模仿，但要复制其他让戴尔之所以成为 PC 产业领导者的商业设计资产，可就难得多了。因为具有供应网的管理专业知识，使得戴尔提供高品质产品的速度比竞争对手更快，而且更便宜。

戴尔公司作为一家电脑直销企业，它能够在销售收入上超过“制造业之王”的汽车工业，超过全世界所有的银行、保险公司等金融机构，超过引领“新经济”的信息企业，可以说它强大的物流配送起了决定性的作用。

与传统的商业模式相比，戴尔公司的系统有着完全不同的特质。戴尔某客户服务中心经理里克曾表示，“在由直销推动的供应链方面，戴尔的优势几乎是不可撼动的。但是我很怀疑，到底有多少人能真正明白其中的奥妙。”

而如果我们深入探讨一下其实质将不难发现，从现代管理学意义上讲，戴尔的成功就是建立起了一条高速、有效的供应链。“直销模型和在供应链中通过网络进行的不间断信息调整，是戴尔供应链的成功关键。”这位经理一语道破天机。

供应链是指在生产及流通过程中，为将货物或服务提供给最终消费者，联结上游与下游创造价值而形成的组织网络。供应链管理指对商品、信息和资金在由供应商、制造商、分销商和顾客组成的网络中的流动的管理。对公司内和公司间的这些流动进行协调和集成是供应链有效管理的关键。

仔细分析戴尔直销模式的实现方式，我们可以清楚地观察到戴尔特色供应链的脉络。一方面，戴尔通过电话、网络以及面对面地接触，和顾客建立起良好的沟通和服务支持渠道。另一方面，戴尔也通过网络，利用电子数据交换连接，使得上游的零件供应商能够及时准确地知道公司所需零件的数量和时间，从而大大降低库存，这就是戴尔所称的“以信息代替存货”，这样，戴尔也和供应商建立起一个“虚拟”的企业。

### 2. 链条核心

与传统的供应链相比，戴尔的供应链主要有两点不同：首先，它的供应链中没有分销商、批发商和零售商，而是直接由公司把产品卖给顾客，这样做的好处在于一次性准确快速地获取了定单信息——由于是在网上支付，所以还解决了现金流问题(戴尔几乎无须用自有现金来支持其运转)。另外，因为去掉了零售商所赚取的利润，也降低了成本；其次，戴尔公司采取把服务外包的办法，又降低了一部分运营成本。这样，供应商、戴尔和服务商三者共同形成了一个完整链条。

简单来看，传统的链条式生产线是这样的：一台机器放在生产线一头慢慢移动，每个操作员在他那一站就加入自己所负责的零件，一直到生产线的末端。这样的链条式生产线通常适合同一规格产品的大量生产，速度快、效率高，但是弹性较差。戴尔全球的生产都是区域式生产线，而非链条式的。它每一个工作区的链条跑过来并不是直接穿过去，而是转弯到这个区域来，这里摆满了各种各样的零件，有不同规格的，每一个机

器上面就是一种要求规格,跟其他及器的要求可能完全不一样,而每一个批量就是一台,它可能跟前一台或后一台都不一样。这就是戴尔供应链的最大特色,是戴尔电脑的特制化程度里面最与众不同的地方。

事实上,戴尔的供应链系统早已打破了传统意义上“厂家”与“供应商”之间的供需配给。在戴尔的业务平台中,客户变成了供应链的核心。萨克斯先生谈到:“由于戴尔的直接经营模式,我们可以从市场得到第一手的客户反馈和需求,然后,生产等其他业务部门便可以及时将这些客户信息传达到戴尔原材料供应商和合作伙伴那里。”

戴尔公司分管供应链管理工作的全球副总裁迪克·L·亨特在接受采访的时候说,一般情况下,戴尔的物料库存相当于4天的出货量。而竞争对手的库存量则相当于戴尔近10倍天数的出货量。而在PC制造行业里,物料成本每星期下降大约1%。“所以,如果戴尔的某一竞争对手库存量相当于4个星期的出货量,反映到产品底价上,就意味着我们有2%或3%的优势。”迪克·L·亨特说到。

数字化并不能保证让企业免除层出不穷的变化和竞争。然而,它却能创造出一个很强的基石,让你紧接着进行下一次的再造活动。

或许有人会说,戴尔公司的这一供应链只不过是顺应社会对个性化商品而设置的一种较为独特的商业模式而已,并不能解释戴尔怎样做到让自己和供应商的库存降到最低。事实确实如此,但戴尔还有一个惊人的秘密。

“更关键的秘诀在于戴尔在这个模型中通过一定的流程来和供应商之间进行不断的数据调整。”里克透露,“这样就维持了供应链的动态供需平衡,而这一点是几乎被人们和媒体忽略掉的。”迪克·L·亨特甚至宣布,持续供应链的动态供需平衡是他人生的主要目标。

在不断完善供应链系统的过程中,戴尔公司敏锐地捕捉到了互联网对供应链和物流将带来的巨大变革,不失时机地建立了包括信息搜集、原材料采购、生产、客户支持及客户关系管理,以及市场营销等环节在内的网上电子商务平台。在 [valuechain.dell.com](http://valuechain.dell.com) 网站上,戴尔公司和供应商共享包括产品质量和库存清单在内的一整套信息。与此同时,戴尔公司还利用互联网与全球超过113,000个商业和机构客户直接开展业务,通过戴尔公司网站,用户可以随时对戴尔公司的全系列产品进行评比、配置、并获知相应的报价。用户也可以在线订购,并且随时监测产品制造及送货过程。

### 3. 网络的力量

曾有报道这样评价戴尔的这一创举:“戴尔公司在电子商务领域的成功实践使‘直接经营’插上了腾飞的翅膀,极大增强了其产品和服务的竞争优势。今天,基于微软视窗操作系统,戴尔公司经营着全球规模最大的互联网商务网站,覆盖80个国家,提供27种语言或方言、40种不同的货币报价,每季度有超过9.2亿人次浏览。”

显然,这样的评价并不是任何一个厂商可以轻松得到的,戴尔付出了很多。

因为通过网络和其他工具每天与全球几万名客户直接对话,这和通过渠道慢吞吞收集上来的不准确信息完全不同——这让戴尔从统计学角度马上能知道有多少真实需求。这些需求如果导致某一部件出现短缺,戴尔会通过系统告诉供应商。所有交易数据都在因特网上不断往返,无论是长期规划数据、未来4至12个星期的预期批量,还是每隔两个小时更新一次的执行系统、即用于自动发出补充供货请求的数据。“这实际上跟微积分中不断细分的道理是一样的。”里克说,“调整的次数越多,戴尔和它全球的400多家供应商就越接近最低库存。”

当然,这一切的顺利进行也离不开戴尔公司一些灵巧的市场技巧。要解决供应问题,戴尔会向长期合作供应商确认对方是否可能增加下一次发货的数量。如果问题涉及硬盘之类的通用部件,就转而与后备供应商商量——所有这一切,都会在几个小时内完成。一

旦穷尽了所有供应渠道也依然无法解决问题，那么就要与销售和营销人员进行磋商，反向影响市场。这些手段包括：对于某种需求正旺的物件，他们可以延长交货时间；或者反向地实施某种促销活动：比如如果短缺索尼牌 17 英寸显示器，就降价提供 19 英寸显示器。这样，大量需求将会发生相应变动。

事实上，公司创始人迈克尔·戴尔个人的特质也是戴尔公司成功的重要因素之一。他常常在网络上东逛西逛，看到什么比较新鲜的产品或者广告做得很好的公司，就发一些资料给自己的属下，让他们去查，结果可能浪费很多时间，不过当属下抱怨的时候，戴尔总是说，我们已经在巅峰，我们不见得要跳到悬崖底下去，但是我们要经常看一看悬崖底下有什么东西。这一点与中国海尔总裁张瑞敏提出的“永远战战兢兢、永远如履薄冰”一样，可谓东西呼应。

尼达姆(Needham)的一位分析师查尔斯·沃尔夫(Charles Wolf)在一次评论中曾谈道：“戴尔的竞争对手可以逃跑，但无处藏身。”事实确实如此。尽管整个 PC 行业在近两年来不断下滑，但戴尔凭借成本控制以及质量过硬的优势，逐步取代惠普成为 PC 市场的领头羊，且连续 10 年保持盈利。

## 本章小结

供应链管理已经成为了一种历史发展的趋势，是今天的制造业面对全球一体化的激烈竞争压力和横向产业模式要求快速自我发展动力推动下的必然选择。供应链管理系统又是一项战略性的项目，关系到企业未来的发展和远景目标的实现。但同时，供应链管理系统也是一项非常复杂的系统工程，其实施需要围绕供应链管理的实质、按照循序渐进的原则进行，而且需要和上下游合作伙伴、物流服务提供商等同步实施。

本章首先介绍了供应链管理产生的背景以及发展过程，阐述了供应链管理的涵义、特点、应用领域和应用模式；尔后论述了供应链管理的实施原则和实施步骤；总结了供应链合作伙伴选择与评价的原则、内容，重点介绍了供应链企业合作对策与委托实现理论模型；最后介绍了供应链中的采购和物流管理。

---

## 复习与思考

- 
1. 供应链管理产生的背景是什么？经历了怎样一个发展过程？
  2. 供应链管理应用有哪些模式？
  3. 供应链伙伴的合作模式
  4. 供应链下物流管理与传统的物流管理有什么区别？
  5. 现代物流如何迎合供应链管理发展？

# 第 16 章 物料需求计划、制造资源计划、企业资源计划

---

## 本章关键词

物料需求计划(Material Requirements Planning, MRP)  
制造资源计划(Manufacturing Resource Planning, MRP II)

企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)  
独立需求 (Independent Demand)  
相关需求 (Dependent Demand)



<http://www.fairkong.com>

<http://www.e-works.net.cn>

<http://www.chinabbc.com.cn>

MRPII 系统能为企业生产经营提供一个完整而详尽的计划，可使企业内各部门的活动协调一致，形成一个整体，从而提高企业的整体效率和效益。MRPII 系统在国内外 20 多年应用中，给企业带来了巨大的直接与间接经济效益。到了二十世纪 90 年代，又出现了 ERP 的概念，进一步发展了 MRPII 的理论和方法。

## MRP 和 MRPII 的发展概述

初期的 MRP，是以库存管理为核心的计算机辅助管理工具。而二十世纪 80 年代发展起来的 MRP II，已经延伸为制造资源计划，它进一步从市场预测、生产计划、物料需求、库存控制、车间控制延伸到产品销售的整个生产经营过程以及有关的所有财务活动中，从而为制造业提供了科学的管理思想、处理逻辑和有效的信息处理手段。到了二十世纪 90 年代，又出现了 ERP 的概念，进一步发展了 MRP II 的理论和方法。总的来说，MRP II/ERP 的发展经历了五个阶段：

- 20 世纪 40 年代的库存控制订货点法
- 60 年代的时段式 MRP
- 70 年代的闭环 MRP
- 80 年代的 MRP II
- 90 年代的 ERP

## 订货点法

早在 20 世纪 40 年代初期，西方经济学家就提出了订货点方法的理论，并将其用于企业的库存管理。订货点方法的理论基础比较简单，它是以下条件为假设的：

- 对各种物料的需求是相互独立的
- 物料的需求是连续发生的
- 订货提前期是已知的和固定的
- 库存被消耗后，应被重新填满

订货点法是根据历史记录和经验来估测未来的物料需求，比较适用于物料需求量稳定均衡情况。其局限性和缺点是不能按照各种物料真正需要的时间来订货，因此对需求的判断常常发生失误，而造成库存积压，物料短缺，库存不平衡等后果。此外，订货点法也无法预测未来需求的发生。

依据订货点理论，又派生出许多方法，如“固定订货法”、“双箱法”、“固定期间法”等等，这些方法尽管形式不同，但其实质都是基于“库存补充原则”。

## 时段式 MRP（基本 MRP）

### 1. 时段式 MRP 与定货点法的区别

尽管订货点法虽然有上述严重不足和局限,但直到 20 世纪六十年代中期还一直被广泛使用,直至 MRP 方法的出现。时段式 MRP 是在解决订货点法缺陷的基础上发展起来的,它与订货点法的区别在于三个方面:

① 通过产品结构将所有物料需求联系起来。

引入反映产品结构的物料清单 (BOM), 较好解决了库存管理和生产控制中的难题,即按时按量得到所需的物料。

② 将物料需求区分为独立需求和非独立需求并分别加以处理。

③ 对物料的库存状态数据引入了时间分段的概念,使所有的库存状态数据都于具体时间联系起来。

### 2. 时段式 MRP 的前提和假设

时段式 MRP 的前提和假设是:

- 有一个主生产计划
- 每项物料有独立的物料代码
- 通过物料代码表示的 BOM
- 完整、准确、统一的库存记录
- 需确定每一种参与 MRP 运算的物料的订货提前期
- 所有参与 MRP 的物料都应进行监控 (在仓库中)
- 子项的需求都要在父项的订货下达时发生
- 物料消耗过程是间断的
- 每个物料的加工过程是相对独立

### 3. 时段式 MRP 的基本思路

时段式 MRP 的基本思路是: 按照产品结构所确定的物料间的层次与相互从属关系,以完工日期为计划基准,按制造或采购提前期不同倒排计划,确定物料清单上所有物料的需求时间和订货时间 (即对制造件来说是确定开始生产时间,对采购件来说是确定开始采购时间)。

### 4. 时段式 MRP 的基本任务

时段式 MRP 的基本任务是: 从最终产品的生产计划(独立需求)导出相关物料(原材料、零部件等)的需求量和需求时间(相关需求);根据物料需求时间和生产(订货)周期确定其开始生产(订货)的时间。

### 5. 时段式 MRP 的基本内容

时段式 MRP 的基本内容是: 编制零件的生产计划和采购计划。然而,要正确编制零件计划,首先必须落实产品的出产进度计划 (用 MRP II 的术语就是主生产计划(Master Production Schedule, MPS)),这是 MRP 展开的依据。MRP 还需要知道产品的零件结构,即物料清单(Bill Of Material, BOM),才能把主生产计划展开成零件计划;同时,必须知道库存数量才能准确计算出零件的采购数量。

### 6. 时段式 MRP 的依据

时段式 MRP 的依据是:

- 主生产计划(MPS)
- 物料清单(BOM)
- 库存信息

它们之间的逻辑流程关系,见图 16.1。

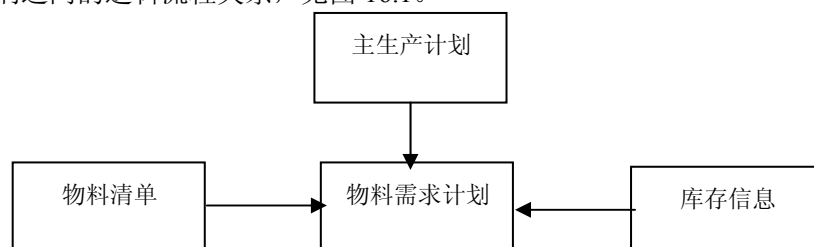


图 16.1 时段式 MRP 逻辑流程图

从上述 MRP 的基本概念可以看出，MRP 解决了制造业普遍存在的难题，即：

- 生产什么？←由 MPS 决定
- 需要什么？←由 MPS 和 BOM 决定
- 需要多少？←由 MPS 和 BOM 及库存量决定
- 何时需要？←由提前期决定
- 何时开始采购和生产？←由提前期决定

## 闭环 MRP

然而，要使 MRP 能真正实用和有效，就必须考虑企业的能力和资源的制约和支持，对企业内、外部环境和条件变化的信息及时加以沟通、反馈，对计划做出符合实际情况的调整和修整。因此，虽然时段式 MRP 从六十年代中期出现，一直到七十年代中期都深受经济发达国家的企业重视和广泛使用，但人们在使用时段式 MRP 过程中也发现了时段式 MRP 的明显不足之处：一是时段式 MRP 仅考虑物料的需求，而且是按需求的优先顺序做计划的，由于只考虑了需求，没有考虑实际生产能力，没有考虑车间作业和采购作业，计划做出后是否能够顺利执行则是未知数，致使计划的现实性和可执行性存在着许多问题。二是 MRP 计划在执行过程中，对千变万化的现实情况没有做出相应的反映和反馈。因此，面对着 MRP 的不足和局限，在七十年代中、后期很多专家在 MRP 基础上对其功能又进行了进一步的扩充，提出了闭环 MRP 的概念，它有两层含义：

- 把生产能力计划、车间作业计划和采购计划纳入 MRP，形成一个封闭系统。
- 在计划执行过程中，必须有来自车间、供应商和计划人员的反馈信息并利用这些反馈信息进行计划平衡调整，从而使生产计划方面的各个子系统得到协调统一。

闭环 MRP 的工作原理是：MRP 系统的正常运行，需要有一个现实可行的主生产计划。它除了要反映市场需求与合同订单外，还必须满足企业的生产能力约束条件。因此，除了要编制资源需求计划外，企业还需要要制定能力需求计划(CRP)，同各个工作中心的能力进行平衡。只有在采取了措施做到能力与资源均满足负荷需求时，才能开始执行计划。而要保证实现计划就要控制计划，执行 MRP 时要用派工单来控制加工的优先级，用采购单来控制采购的优先级。这样，基本 MRP 系统进一步发展，把能力需求计划和执行及控制计划的功能也包括进来，形成一个环形回路，故称为闭环 MRP，见图 16.2。

其工作过程是：计划——实施——评价——反馈——计划

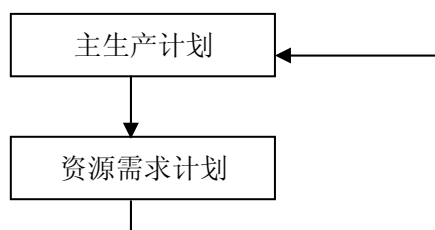


图 16.2 闭环 MRP 逻辑流程图

## 制造资源计划 MRP II

闭环 MRP 系统的出现，使生产活动方面的各种子系统得到了统一，但这还远未完善。因为在企业的管理中，生产管理只是一个方面，闭环 MRP 系统所涉及的仅仅是物流，而与物流密切相关的还有资金流等；另外，在闭环 MRP 系统中，财务数据往往是由财会人员另行管理，这就造成了数据的重复录入与存储，甚至造成数据的不一致性。为了消除冗余、减少冲突、提高效率，人们设想把工程技术管理与生产管理、销售管理、财务管理等有机地结合起来，把生产制造计划、财务计划等各种有关的计划合理衔接起来。这种把生产、财务、销售、采购、工程技术等各个子系统结合为一个一体化的系统，称为制造资源计划（MRP II）。

MRP II 的基本思想是把企业作为一个有机整体，从整体最优的角度出发，通过运用科学方法对企业各种制造资源和产、供、销、财各个环节进行有效地计划、组织和控制，使其得以协调发展，并充分地发挥作用。MRP II 逻辑流程图，见图 16.3。

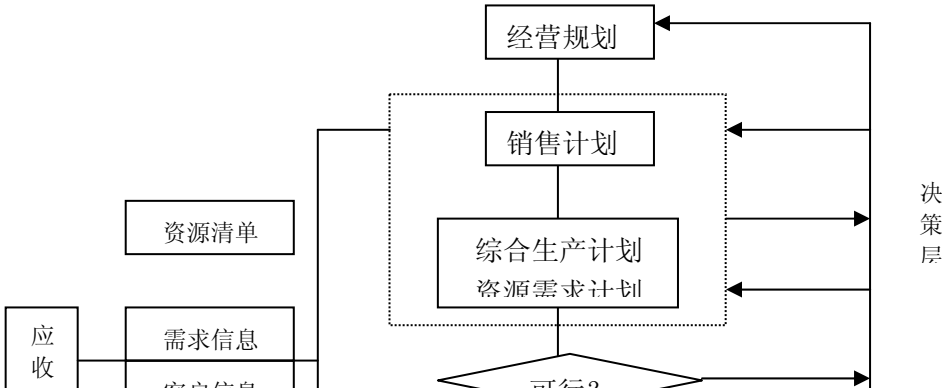


图 16.3 MRP II 逻辑流程图

在流程图的右侧是计划与控制的流程，它包括了决策层、计划层和控制执行层，可以理解为经营计划管理的流程；中间是基础数据，要储存在计算机系统的数据库中，并且反复调用。这些数据信息的集成，把企业各个部门的业务沟通起来，可以理解为计算机数据库系统；左侧是主要的财务系统，这里只列出应收帐、总帐和应付帐。各个联线表明信息的流向及相互之间的集成关系。

## 企业资源计划 ERP

### 1. ERP 的核心思想

20 世纪 90 年代以来，由于经济全球化和市场国际化的发展趋势，制造业所面临的竞争更趋激烈。以客户为中心，基于时间，面向整个供应链，成为新的形势下制造业发展的基本动向。传统的企业竞争战略是以企业自身为中心的，企业的组织形式是按职能划分的层次结构；企业的管理方式着眼于纵向的控制和优化；企业的生产过程是由产品驱动的，并按批准产品组织生产流程。客户对于企业的大部分职能部门而言是外部对象，在影响客户购买的因素中，价格是第一位的，其次才是质量和交货期，所以企业的生产目标是成本、质量、交货期。

以客户为中心的经营战略则要求企业的组织是可组织的、动态的弹性结构；企业的管

理着眼于按客户需求形成的增值链的横向优化，客户和供应商被集成在增值链中，成为企业受控对象的一部分，企业的生产目标也转为交货期、质量、成本。

实施以客户为中心的经营战略就要对客户需求迅速作出响应，并在最短的时间内向客户交付高质量和低成本的产品，这就要求企业能根据客户需求迅速重组业务流程，这是对传统管理观念的重大变革，在这种观念下，产品不再是定型的，而是根据客户需求选配的，业务流程和生产流程也不再是一成不变的，而是针对客户需求，以减少非增值的无效活动为原则而重新组合的，特别是企业的组织也必须是灵活、动态可变的。显然，这种需求变化是传统的 MRP II 所难以满足的，就必须转向以客户为中心，基于时间，面向整个供应链为基本特点的 ERP 系统。ERP 是在 MRP II 的基础上扩展了管理范围，给出了新的结构。

ERP 的核心管理思想就是实现对整个供应链的有效管理。

① 体现对整个供应链资源进行管理的思想

现代企业的竞争已经不是单一企业与单一企业间的竞争，而是一个企业供应链与另一个企业的供应链之间的竞争，即企业不但要依靠自己的资源，还必须把经营过程中的有关各方如供应商、制造工厂、分销网络、客户等纳入一个紧密的供应链中，才能在市场上获得竞争优势。ERP 系统正是适应了这一市场竞争的需要，实现了对整个企业供应链的管理。

② 体现精益生产、同步工程和敏捷制造的思想

ERP 系统支持混合型生产方式的管理，其管理思想表现在两个方面：精益生产和敏捷制造。

- 精益生产 LP (Lean Production) 的思想，即企业把客户、销售代理商、供应商、协作单位纳入生产体系，同他们建立起利益共享的合作伙伴关系，进而组成一个企业供应链。

- 敏捷制造 (Agile Manufacturing) 的思想。当市场上出现新的机会，而企业的基本合作伙伴不能满足新产品开发生产的要求时，企业组织由特定的供应商和销售渠道组成的短期或一次性供应链，形成“虚拟工厂”，把供应和协作单位看成是企业的一个组成部分，运用“同步工程 (SE)”，组织生产，用最短的时间将新产品打入市场，时刻保持产品的高质量、多样化和灵活性，这即是“敏捷制造”的核心思想。

③ 体现事先计划与事中控制的思想

ERP 系统中的计划体系主要包括：主生产计划、物流需求计划、能力计划、采购计划、销售执行计划、利润计划、财务预算和人力资源计划等，而且这些计划功能与价值控制功能已完全集成到整个供应链系统中。另一方面，ERP 系统通过定义事务处理 (Transaction) 相关的会计核算科目与核算方式，在事务处理发生的同时自动生成会计核算分录，保证了资金流与物流的同步记录和数据的一致性。从而实现了根据财务资金现状，可以追溯资金的来龙去脉，并进一步追溯所发生的相关业务活动，便于实现事中控制和实时做出决策。

ERP 系统逻辑流程，见图 16.4

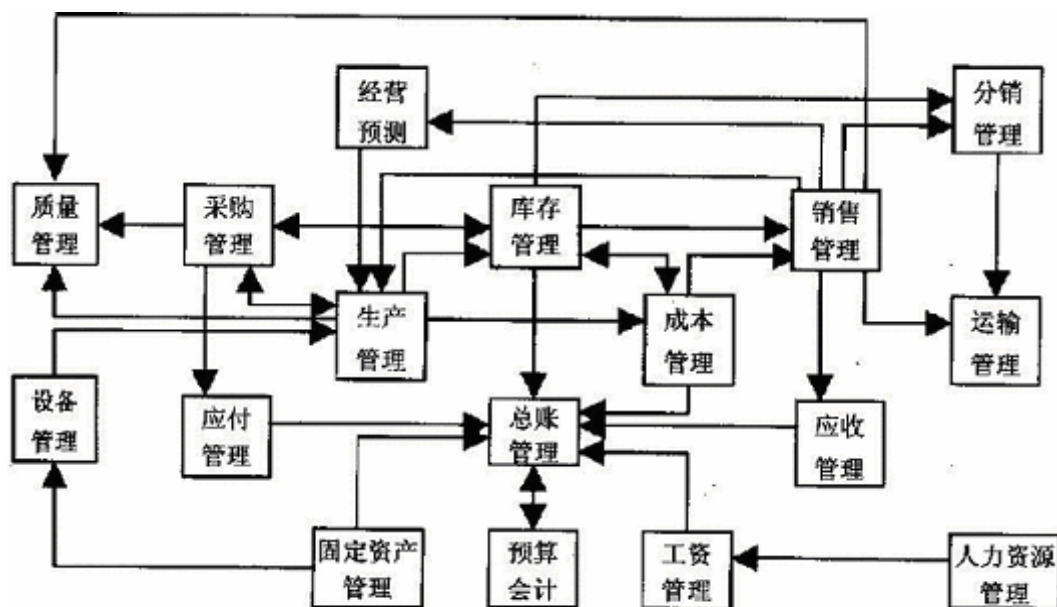


图 16.4 ERP 系统逻辑流程

## 2. ERP 与 MRP II 的区别

ERP 同 MRP II 的主要区别表现如下：

### ① 在资源管理范围方面的差别

MRP II 主要侧重对企业内部人、财、物等资源的管理，ERP 系统在 MRP II 的基础上扩展了管理范围，它把客户需求和企业内部的制造活动、以及供应商的制造资源整合在一起，形成企业一个完整的供应链并对供应链上所有环节如订单、采购、库存、计划、生产制造、质量控制、运输、分销、服务与维护、财务管理、人事管理、实验室管理、项目管理、配方管理等进行有效管理。

### ② 在生产方式管理方面的差别

MRP II 系统把企业归类为几种典型的生产方式进行管理，如重复制造、批量生产、按订单生产、按订单装配、按库存生产等，对每一种类型都有一套管理标准。而在 20 世纪 80 年代末、90 年代初期，为了紧跟市场的变化，多品种、小批量生产以及看板式生产等则是企业主要采用的生产方式，由单一的生产方式向混合型生产发展，ERP 则能很好地支持和管理混合型制造环境，满足了企业的这种多角化经营需求。

### ③ 在管理功能方面的差别

ERP 除了 MRP II 系统的制造、分销、财务管理功能外，还增加了支持整个供应链上物料流通体系中供、产、需各个环节之间的运输管理和仓库管理；支持生产保障体系的质量管理、实验室管理、设备维修和备品备件管理；支持对 workflow（业务处理流程）的管理。

### ④ 在事务处理控制方面的差别

MRP II 是通过计划的及时滚动来控制整个生产过程，它的实时性较差，一般只能实现事中控制。而 ERP 系统支持在线分析处理（Online Analytical Processing, OLAP）、售后服务（即质量反馈），强调企业的事前控制能力，它可以将设计、制造、销售、运输等通过集成来并行地进行各种相关的作业，为企业提供了对质量、适应变化、客户满意、绩效等关键问题的实时分析能力。此外，在 MRP II 中，财务系统只是一个信息的归结者，它的功能是将供、产、销中的数量信息转变为价值信息，是物流的价值反映。而 ERP 系统则将财务计划和价值控制功能集成到整个供应链上。

#### ⑤ 在跨国（或地区）经营事务处理方面的差别

现在企业的发展，使得企业内部各个组织单元之间、企业与外部的业务单元之间的协调变得越来越多和越来越重要，ERP 系统应用完整的组织架构，从而可以支持跨国经营的多国家地区、多工厂、多语种、多币制等应用需求。

#### ⑥ 在计算机信息处理技术方面的差别

随着 IT 技术的飞速发展，网络通信技术的应用，使得 ERP 系统得以实现对整个供应链信息进行集成管理。ERP 系统采用客户机/服务器（C/S）体系结构和分布式数据处理技术，支持互联网/内部网/外部网、电子商务、电子数据交换。此外，还能实现在不同平台上的互操作。

因而可看出，ERP 超越了 MRP II 范围的集成功能，支持混合方式的制造环境，支持能动的监控能力，支持开放的客户机/服务器计算环境，从而可以更好地提高企业业务绩效。

## 案例

### 康佳实施 ERP 之路

康佳集团股份有限公司是中国首家中外合资电子企业，现有员工近万人，是中国最大的视听设备制造商之一。康佳以雄厚的实力跻身中国 500 家最大规模工业企业，在中国彩电行业首家获得 ISO9001 国际国内双重质量认证，其产品远销南北美洲、欧洲和东南亚等国家和地区，成为目前国内最大的彩电出口企业。

#### 1. 项目背景：管理至上

作为上市股份制公司，采用现代化管理思想管理企业、提高企业竞争力，是康佳领导最关心的问题。早在 1992 年初，康佳集团就引进了先进的阳 PII 管理思想来管理企业。原有的阳 PH 管理系统是在王安小型机上自行开发的，主要包括财务管理、库存管理、工艺管理等几大模块，在康佳集团的发展过程中起了相当重要的作用。在其应用的 6 年时间里，康佳集团的产值从不到 10 亿增长到 1997 年的 72 亿。但随着计算机技术的日渐发展和企业经营规模的日益壮大，康佳自行开发的原有系统无论是硬件环境还是软件功能（包括系统集成度和系统功能）均已不能满足企业迅速发展的要求。所以，引进具有世界先进水平的企业管理软件，以满足康佳今后十年二次创业发展的需要，已经成为康佳人的共识。

#### 2. 系统选型：名牌路线

（1）ERP 软件及合作伙伴的选择目前国际上比较著名的 ERP 软件有 SAP、SSA 等。考虑到 ERP 项目的实施不是一个普通软件的实施，涉及面广，实施人员的素质和水平及对业务的了解程度将直接影响到项目的实施成败，因此在选择 ERP 软件时，公司非常重视各家软件公司所能提供的服务，以及对实施过程中出现的问题开发商所能提供的技术支持。为此，公司在综合比较了几家软件公司后，最终选择了 SAP 公司，并选择 SAP 在全球久负盛誉的合作伙伴 SBS 公司作为该项目的实施顾问咨询。作为电子制造业，各种生产模式并存，物流种类多达 30 万种，数据量庞大，业务相当复杂，这就要求 ERP 软件系统功能强大，而这恰恰是 SAP 的强项。SBS 作为 SAP 公司长期的合作伙伴，非常熟悉 SAP 的 ERP 软件，在中国境内完成的 ERP 项目已超过 20 个，具有在制造业成功实施的丰富经验。

（2）数据库的选择 作为企业的关键应用平台，数据库选型至关重要。康佳在选择数据库时主要基于以下几个方面：

- 技术成熟，拥有大量稳定的关键应用客户，有很好的声誉。
- 技术先进，能充分利用最新硬件的新功能，如多 CPU 大内存、高速硬盘、高速网络



等,扩展能力强,能随硬件的升级而相应提高性能。

- 持大容量数据,不会因为数据的快速增长而降低性能。

- 在线事务处理能力强,支持大量的在线用户、大量的并发查询和大量的并发数据更新。

- 数据安全机制完善,如日志、备份等。

- 快速的数据恢复能力。在综合比较了多家数据库后,康佳集团最终选择了 Informix Dynamic7.2 数据库,充分利用其稳定性、可靠性、可伸缩性和先进性。此外 Informix 及时、周到的服务,良好的性能价格比也让用户买的可心,用的放心。

### (3) 硬件配置

康佳在选择硬件的过程中,没有盲目追随流行平台,而是倾向于选择稳定、开放的系统,并最终在众多硬件厂商中选择了 IBM 的产品。系统服务器采用 IBM PC Server RS/600 系列,使用双机热备份,并与 Raid520Gb 磁盘阵列相连,不仅保证了数据的安全性和可靠性,而且满足数据存储需求。主要的网络连接设备包括 IBM8271 交换集线器及 IBM8224 堆叠式集线器。交换机选用 IBM8260、BM8210,服务器接 155MB 端口,客户端接 10MB 端口,有效地防止了访问高峰时出现服务器瓶颈等问题。为什么整个网络设备选用的都是 IBM 产品?康佳认为一方面 BM 有着良好的性能价格比及有口皆碑的即时、优秀的服务,另一方面也避免选择多家产品后,系统一旦出现问题时各方互相推卸责任所引发的麻烦。

### 3. 系统实施:兵贵神速、胆大心细

康佳集团 ERP 项目于 1998 年初正式启动,在经历了系统培训、业务分析、实施分析、实施设计、模拟测试和试运行等重要阶段后,于 1998 年 6 月按计划实现了第一阶段实施的重要切换。目前已经完成了 ERP 系统的 FI(财务会计模块)、MM(物料管理模块)模块全部功能以及成本管理中控制模块、销售和分发模块、生产计划管理模块部分功能的实施,使康佳集团的财务管理和物料管理进入了真正意义的实施管理和控制,有效地支持了康佳集团业务的快速增长,并为下阶段的实施开了一个好头。

当然,康佳集团的 ERP 项目的实施也并非一帆风顺。系统功能强大,使得在系统设置、参数调整上变得相当复杂。系统数据量大,数据增长迅速,缺乏系统性能优化及合理管理的经验等,都给项目的实施带来了困难。此外康佳集团多年来延用的 MRPII 系统,因为是自己开发的,不太符合严格意义上的 MRPII 管理思想,而实施 ERP 项目就必须严格按照 MRPII 思想,重组企业业务流程,改变企业一些不合理的习惯作法,提高员工对 ERP 系统的认识。ERP 的实施依赖于信息与通讯技术以及物流、资金流、信息流的集成,企业管理模式应当严格依照 ERP 的规范进行改造。

资料来源: <http://www.chinabbc.com.cn>

## MRP 参数的确定

### 物料编码

物料编码又称物料代码或者物料号。MRP 中的物料是指所有的物品,如材料、成品和半成品等。它是计算机系统对物料的唯一识别代码,是计算机管理物料的检索依据,合法的计算机符号都可以作为编码,但编码应该具有唯一性。对 MRP 运行所需要的所有物料进行编码是 MRP 最基础的工作。企业的物料编码一旦确定,一般不允许更改和删除。

## 物料编码主文件

物料编码主文件也称为物料代码文件，用来存储物料在 MRP 系统中的各种基本属性和业务数据。该文件所包含的信息基本涵盖了企业涉及物料管理活动的各个方面，是进行主生产计划和物料需求计划运算的最基本文件。物料编码主文件包含以下信息：

- 物料的技术资料信息，提供物料的有关设计及工艺等技术资料，如物料名称、默认工艺路线、生效日期、失效日期等物料的库存信息；
- 料库存管理方面的信息，如物品来源（自制、外购等）、批量规则、默认库位等；
- 料的计划管理信息，提供涉及计划的信息。在主生产计划与物料需求计划计算时，首先读取物料的该类信息，如提前期、累积提前期、库存可用数量等；
- 物料的采购管理信息，主要用于物料的采购管理，如订货点数量、主供应商、供应商对应代码等。
- 物料的销售管理信息，主要用于物料的销售及相关管理。主要有物品销售类型、销售收入科目等。

## 物料清单

物料清单是产品结构的技术性描述文件，是制造企业的一个核心文件，它表明了产品组件、子件、零件直到原材料之间的结构关系，以及每个组件所需要的下属部件的数量，从而可以表明组装成最终产品的各分装件、组件、零部件和原材料之间的结构关系以及每一组组装件的用量。

一般来说，物料清单中应该包括以下数据项：父项物料代码和描述、子项物料代码和描述、使用工序号、子项类型数量、自制还是外购、有效日期等。物料清单是树型结构（也称产品结构树）。

物料清单具有以下作用：

- 物料清单是生成 MRP 的基本信息；
- 是联系 MPS 与 MRP 的桥梁；
- 可以根据物料清单来生成产品的总工艺路线；
- 在 JIT 管理中反冲物料库存；
- 为采购外协加工提供依据；
- 为生产配料提供依据；
- 根据物料清单来计算成本数据；
- 提供制订销售价格的依据。

物料清单的主要类型有：

- 普通型物料清单，主要有物品的实际结构组成，其结构中包括单位代码、母件代码、物料清单序号、物品代码、缺省工作中心等；
- 计划物料清单，是由普通型物料清单组成，用于产品预测，主要是为了简化预测计划从而简化主生产计划。计划物料清单的最高层次不是实际存在的产品，最终产品的物料清单仍然是普通型物料清单。各产品在计划物料清单中占有的比例可任意增减，维护方便；
- 模块化物料清单：某些产品结构如果按普通型物料清单管理，则数据重复量很多，会造成数据库庞大，查询速度慢。在进行模块化的管理后，对该物料清单只需引用即可；
- 成本物料清单：是建立和说明每个物料的标准成本构成的。如物料的材料费、人工费等，其结构类似于普通型物料清单。

物料清单的输出形式有：

- 缩排式, 输出按子件所处的层次逐级向后手缩排;
- 单层反查式, 根据子件向上查询母件, 而且只查询直接上层母件;
- 多层反查式, 根据子件向上查询母件, 可以一直查询到顶层母件, 将所有用到该子件的物品 (多级母件) 全部查询出, 并采用缩排形式输出;
- 汇总反查式, 对多层反查式的结果, 说明总用量是多少, 哪些组件用到该原料;
- 顺汇总式, 直接对物品的最低层原材料进行汇总, 不反映物品的结构层次关系;
- 矩阵式, 在物料清单文件中多层次、横向查询。等等。

## 低层码

物料的低层码 (LLC) 是系统分配给物料清单上每个物品的一个从 0 到 N 的数字码。在产品结构 (树) 中, 最上层的层级码为 0, 下一层的层级码为 1, 依次类推。一个物品只能有一个 MRP 低层码, 当一个物品在多个产品中所处的产品结构层次不同或处于同一个产品结构中但却处于不同的产品结构层次时, 则取处于最低层的层级码作为该物品的低层码。这样, 低层码决定了 MRP 的计算顺序, 保证了物料需求时间的优先性, 不会造成库存积压。

## 主生产计划

制造业涉及到的有关物料计划一般分为三种: 综合计划、主生产计划 (MPS)、物料需求计划。综合计划 (是销售计划和生产规划计划的综合考虑, 即生产大纲), 是企业在较长一段时期内对需求和资源之间的平衡所做的概况性设想, 是根据企业所拥有的生产能力和需求, 预测未来较长一段时期内企业的产出内容、产出量、劳动力水平、库存投资等问题而做的决策性描述。主生产计划 (MPS) 是确定每一个具体产品在每一个具体时间段的生产计划。

制定主生产计划的原因在于: MRP 的计划方式就是追踪需求。如果直接根据预测和客户订单的需求来运行 MRP, 那么得到的计划将在数量和时间上当然与预测和客户订单需求是完全匹配的, 但是, 预测和客户订单是不稳定、不均衡的, 直接用来安排生产将会出现时而加班加点也不能完成任务, 时而设备闲置很多人没有活干的现象, 这将给企业带来灾难性的后果, 而且企业的生产能力和其他资源是有限的, 这样的安排也不是总能做得到的。而加上主生产计划这一层次后, 通过人工干预, 均衡安排, 使得在一段时间内主生产计划量和预测及客户订单在总量上相匹配, 而不追求在每个具体时刻上均与需求相匹配, 从而得到一份稳定、均衡的计划。由于在产品或最终项目 (独立需求项目) 这一级上的计划 (即主生产计划) 是稳定和均衡的, 据此所得到的关于非独立需求项目的物料需求计划也将是稳定和匀称的。因此, 制订主生产计划是为了得到一份稳定、均衡的生产计划。

主生产计划的对象一般是最终项目 (end item)。所谓“最终项目”即是具有独立需求的物料。当然, 根据产生计划环境的不同, 最终项目的含义也不完全相同。

MRP 系统计划真正运行从主生产计划开始。企业的物料需求计划、采购计划、车间作业计划等均来自于主生产计划, 即先由主生产计划驱动物料需求计划, 再由物料需求计划生成车间作业计划与采购计划, 所以主生产计划在 MRP 系统中起着承上启下的作用, 实现

从宏观计划到微观计划的过渡和连接，同时，主生产计划也是联系客户与企业销售部门的桥梁。

主生产计划必须是可以执行的、可以实现的，其制定和执行应该符合企业的实际情况，主生产计划项目还应该确定其在计划期内各个时间段上的需求数量，同时，要定期按生产规划对主生产计划进行汇总，以保证主生产计划的各项数据与生产规划相吻合。

主生产计划主要来源于销售计划（客户订单、预测、备件备品、厂际间需求、客户选择件急附加件、计划维修件等），其制定的过程是个不断反复的过程，制定中不断平衡关键能力（粗能力计划的运算），最后确认审批，进入物料需求计划的制定过程。

## 粗能力计划

粗能力计划（RCCP）是对关键工作中心的能力进行运算而产生的一种能力需求计划，它是一个近似的能力计划，它的计划对象是针对关键工作中心的工作能力。通常，企业要根据与粗能力计划相关的主要资源的情况来批准销售和运作规划。它的理论出发点是：企业的关键资源和瓶颈资源决定了企业的产能，只依靠提高非关键资源的能力来提高企业的产能是不可能的。

通过制定粗能力计划把企业的高层计划（生产规划或主生产计划）转化成对执行这些计划所需要的资源的影响。主生产计划的可行性主要通过粗能力计划进行校验，因而，粗能力计划的运算和平衡是确认主生产计划的重要过程，未进行粗能力计划平衡的主生产计划是不可靠的。

## 能力需求计划

能力需求计划（CRP）是对各生产阶段和各工作中心（工序）所需资源进行精确计算，得到人力负荷、设备负荷等资源负荷情况，并做好生产能力和生产负荷的平衡工作。它的计划对象是工作中心。因而，能力需求计划（CRP）和粗能力计划（RCCP）都是为了平衡工作中心的能力和负荷，实现计划的可执行性与可靠性，但二者之间也有区别，见表 16.1。

表 16.1 能力需求计划与粗能力计划的主要区别

对比项目	能力需求计划	粗能力计划
计划阶段	MRP 制定阶段	MPS 制定阶段
计划对象	各个工作中心	关键工作中心
负荷计算对象	相关需求件	独立需求件
计划的订单类型	全部订单（含已下达）	计划及确认订单（不含已下达）

物料需求计划的对象是物料，物料是具体的、可见的；而能力需求计划的对象是能力，能力是抽象的，且随着工作效率、设备完好率等而变化。CRP 把 MRP 的物料数量转化为标准负荷小时，把物料需求转化为能力需求，把 MRP 的全部订单（含已下达计划订单）所需要的负荷小时转化为每个工作中心各时区的能力需求。能力计划不是用现有能力去限制需求，而是对需求计划去预见未来各个时段对能力的需求，进而对能力进行规划与调整，如提高设备的完好率，合理组织和搭配各种物料的生产，改善和提高工艺技术水平，进行外包、外协、分割任务单等措施。

闭环 MRP 的基本目标是满足客户和市场的需求，因此在编制计划时，总是先不考虑能力约束而优先保证计划需求，然后再进行能力计划。经过多次反复运算，调整核实，才转入下一个阶段。

## 工作中心

工作中心（WC）是生产加工单元的统称，是 MRP 系统的基本加工单位，是进行能力需求计划和物料需求计划运算的基本加工单位。物料需求计划中必须说明物料的需求和产出是在哪个工作中心，能力需求计划必须说明是哪个工作中心的能力。由于在完成一项加工的同时也产生了加工成本，因此，工作中心也是成本核算时成本发生的基本单元和车间生产作业中核实投入和产出情况的基本单元。工作中心的内容应该包括：工作中心基本数据（工作中心的编码、工作中心名称、所属部门等）以及说明生产能力的工作中心能力数据（指工作中心每日可以提供的工时、机台时或者可以加工完成的产品数量等各项数据）和计算成本用的各项工作中心成本数据。工作中心的作用是：

- 是 MRP 和 CRP 运算的基本单元；
- 是定义工艺路线的依据；
- 是车间作业安排的基本单元；
- 是完工信息与成本核算信息的数据采集点。

## 关键工作中心

关键工作中心也称瓶颈工序，是运行粗能力计划的对象。它一般具有以下特点：经常加班，满负荷工作；操作技术要求高；使用专用设备，而且设备昂贵；受多种限制。

当然，关键工作中心也会随着加工工艺、生产条件、产品类型和生产产量等条件而改变。

## 工艺路线

工艺路线主要说明物料实际加工和装配的工序顺序、每道工序使用的工作中心、各项时间定额及外协工序的时间和费用。其作用是：

- 用于能力需求计划的分析计算、平衡各工作中心的能力；
- 用于计算 BOM 的有关物料的提前期；
- 用于下达车间作业计划，根据加工顺序和各种提前期进行车间作业安排；
- 用于加工成本的计算，根据工艺文件中的工时定额（外协费用）及工作中心的成本费用数据计算出标准成本；
- 根据工艺文件、物料清单及生产车间、生产线完工情况，生成在各个工序的加工进度的整体情况，对在制品的生产过程进行跟踪和监控。

在工艺路线文件中，定义工艺路线之前必须先确定工作中心并定义好相关工作中心数据。

## 提前期

提前期是指任一项目从完工日期算起倒推到开始日期这段生产周期，即从工作开始到工作结束的时间。该观念主要是针对需求的，它是生成 MPS、MRP 和采购计划的重要依据。对于整个生产周期而言，提前期可以分为：

- 采购提前期，是采购订单下达到物料完工入库的全部时间。
- 生产准备提前期，是从生产计划开始到生产准备完成（可以投入生产）所需要的时间。
- 生产加工提前期，是生产准备完成到生产完工入库的全部时间。
- 装配提前期，是装配投入开始到装配完工的全部时间。其中，生产加工（装配）提前期由排队时间、准备时间、加工时间、等待时间和传送时间等构成。
- 累计提前期，是采购、加工、装配提前期的总和。
- 总提前期，是指产品的整个生产周期，包括产品设计提前期、生产准备提前期、采购提前期以及加工、装配、试车、检测、发运等提前期的总和。

通常，与加工产品数量有关的提前期称为变动提前期；与加工产品数量无关的提前期称为固定提前期。

## 独立需求和相关需求

独立需求和相关需求是有美国管理专家约瑟夫·奥利佛博士于六十年代中期首先提出。独立需求是不需要其他任何模块的数据来源而单独直接下达的需求，通常是根据预测或者企业客户的独立需求下达，独立需求的物料包括成品、半成品、样品、备件和备品等，可任意下达。下达后可参与 MRP 运算。

通过 MRP 运算后计算出的需求称为相关需求（也称非独立需求）。它指可由独立需求派生出来，并与其他项目或者最终产品有直接关系的需求，包括半成品、零部件和原材料，这些物料的需求量可从独立需求物料的需求量中计算出来。

当然，也有些物料本身具有“独立需求”和“相关需求”两种特征，如某些产品的部件，又可作为配件、配品独立出售。

## 时段

就是时间段落、间隔、时间跨度。划分时段是为了说明在各个时间跨度内的计划量、产出量和需求量，以固定时间段的间隔汇总计划量、产出量和需求量，便于对比计划，区分出计划需求的优先级别，从而可以便于控制计划，同时有效地利用企业的资源。时段可以是年、季、月甚至天。

## 时区和时界

虽然经营规划、预测和生产规划可以为主生产计划的编制提供合理的基础，但随着企业内外部情况的变化，主生产计划的改变不可避免。而由于产品从计划、采购、投入到产出需要经历一个时间段（提前期），因而对计划的下达、修改会受到这个时间的约束，而

且随着时间的推移，在各个时间点对计划的影响力也各不相同。因此，为了说明需求量的计算依据、变动计划的限制条件、难易程度以及修改所需付出的成本，获得一个比较稳定的主生产计划，MRP II/ERP 系统引入了时区和时界的概念。

时区，说明某一计划的产品（物品）在某时刻处于该产品（物品）的计划跨度内的时间位置，包括时区 1、时区 2 和时区 3。

时界是时区与时区的分界点，包括需求时界（DTF）和计划时界（PTF）。

## 批量规则

批量规则表示制定 MPS 和 MRP 计划时，计算物品的计划下达数量所使用的规则。不同的批量规则表示了计划下达量的取值方法，系统可依据批量规则计算需求量。批量规则一般分为两类：静态批量规则与动态批量规则，静态批量规则表示每一批的批量都不变、大小相同，而动态批量规则则允许每批下达的批量都可以不同。一些常见的批量规则是：最大批量、最小批量、固定批量、直接批量、固定周期、周期批量、倍数批量等。

## 16.3 MRP 系统运算逻辑

从工作逻辑上讲，MRP 要解决的五个问题，即：

- 要生产什么？生产多少？（主生产计划）
- 要用到什么？（物料需求计划）
- 已经有了什么？（物料清单）
- 还需要什么？（能力需求计划、采购计划）
- 何时安排？（作业计划）

一般时段式 MRP 能根据主生产计划的有关数据计算出相关物料需求的准确时间与数量，但不够完善，其主要缺陷是没有考虑到生产企业现有的生产能力和采购的有关条件的约束。因此，计算出来的物料需求的日期有可能因设备和工时的不足而没有能力生产，或者因原料的不足而无法生产。同时，它也缺乏根据计划实施情况的反馈信息对计划进行调整的功能。正是为了解决以上问题，才产生了闭环 MRP 系统。

### 1. 闭环式 MRP 的运算逻辑

闭环式 MRP 的运算逻辑图，见图 16.5

闭环 MRP 系统的运算循环是在计算机的辅助下，遵循分层处理原则（系统是从 MPS 开始计算，然后按照 BOM 一层层往下进行，逐层展开相关需求件的计算，直至低层）完成的。应该说，这种借助于先进的计算机技术和管理软件而进行的物料需求量的计算，与传统的手工方式相比，计算的时间大大缩短，计算的准确度也相应地得以大幅度地提高。

MRP 系统从本质上讲是一个逐层式的物料管理过程。什么时候要生产，就什么时候进料。所以将生产的内容详细排定时序，是掌握用料的首要因素。因此，系统是就时间来展开，称作“时序划分(Time-Phasing)”。任何计划，只处理“数量”是不够的，还应该同时处理“时间”上的连动关系。

MRP 对时间的安排，是依照完工，和制作过程的顺序，反向地逐一计算各料品的最晚开始日和完成日，这种方法称作“反向排程”。

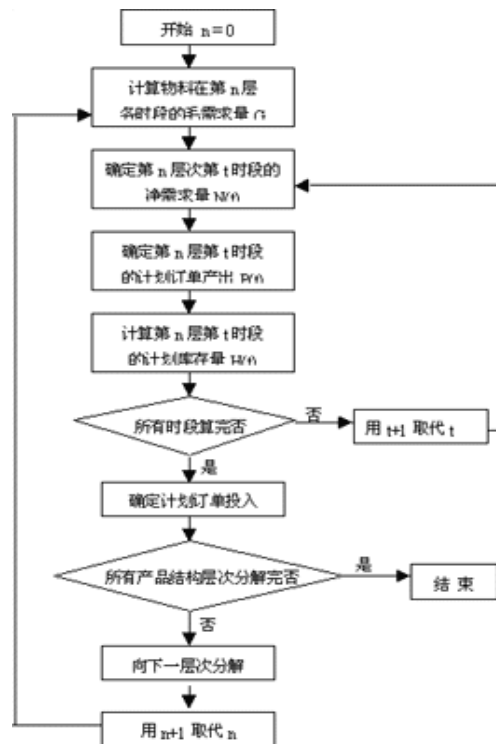


图 16.5 闭环 MRP 运算逻辑图

## 2. 应用举例

已知部件 E 低层代码为 1，当前库存量为 10，提前期为 2 周，经济生产批量为 25，每个时间周期（一周）的需求量一次为 10，15，25，25，30，45，20，30。第一、二周期的计划到货分别为 10，25。试进行 MRP 计算。

解：计算如表 16.2 所示。

表 16.2 MRP 逻辑运算表

周期 (t)									批 量	提 前 期	当 前 库 存	安 全 库 存	已 分 配 的 数 量	低 层 代 码	件 号
期 初	1	2	3	4	5	6	7	8							

25	2	10	0	0	1	E	毛需求量 G(t)		10	15	25	25	30	45	20	30
							计划入库 (在途) S(t)		10	25						
							计划库存 H(t)	10	10	20	20	20	15	0	5	
							净需求量 N(t)				5	5	10	30	20	25
							计划订单入库 P(t)				25	25	25	30	25	25
							计划订单下达 R(t)		25	25	25	30	25	25		

计算步骤如下：

第 1 周期：

$$\text{净需求量 } N(1) = G(t) - S(t) - H(T-1)$$



$$=10-10-10=-10$$

由于  $N(1) \leq 0$  取  $N(1)=0$

计划订单入库  $P(1)=0$

$$\begin{aligned} \text{计划库存 } H(1) &= S(t) + P(t) + H(t-1) - G(t) \\ &= 10 + 0 + 10 - 10 = 10 \end{aligned}$$

第 2 周期：计算与第一周期相类似。

$$\text{第 3 周期：} \quad N(3) = 25 - 0 - 20 = 5$$

由于  $0 < N(3) < Q$

$$P(3) = Q = 25$$

计划订单下达  $R(t-L) = P(t)$

$$R(3-2) = P(3), \quad R(1) = 25$$

其余周期计算与第 3 周期相类似，在第 6 周期，由于计算出  $N(6)=30$  , $N(6)>Q$ ，所以  $P(6)$  应等于  $N(6)$ ，即  $P(6) = N(6)$ ，即  $P(6) = N(6) = 30$ 。

## 16.4 最优化生产技术在 ERP 中的应用

### 16.4.1 动态企业建模 DEM

ERP，在长期的实践中逐渐显现其不足之处，而 DEM 的出现适时的克服传统 ERP 系统的一些局限性。例如：ERP 软件太复杂，不灵活，实施费用昂贵且实施周期太长。实施成功率低；ERP 的业务模型僵化、无法灵活满足新的业务需求。

目前企业管理软件的标准化提供了一些标准接口，如 BAPI(Business Application Programming Interface)等。DEM 的基本思想就是在企业实施自己的 ERP 系统时，利用这些模块和接口，根据企业的实际情况，用现有模块搭建自己的 ERP 系统。而当企业发展、壮大，需要扩展业务时，又可以很方便地加进新的功能模块。DEM 是一个概念，一种方法。它是把企业的工作流程，在标准企业参考模型基础上，进行业务流程的映射，灵活地构建适应的管理信息系统。

动态企业建模的目标是让用户用自己熟悉的方式，根据公司内部和外界环境的变化，最快、最好的建立公司的业务控制模型、业务功能模型和业务过程模型，或对它们进行调整达到节约时间、消除浪费、降低成本和提高效率的目的，从而保证企业在无法预测的持续、快速变化的市场竞争环境中求得生存和发展。

因此，DEM 实质上是以业务过程模型为驱动，为企业提供一个可连续变化的框架结构。使得当企业业务过程变化时，相应的企业模型也发生变化，触发有关应用自动重新配置。由于在建模过程中，新的应用和软件元素也可以添加进来，从而企业模型及应用和企业最新业务操作快速匹配。从而达到减少系统复杂性、增加系统应用柔性的目的。

在 DEM 中体现了两个思想：一是在生成企业特定的模型时，充分利用最好的实例知识和实践经验，表现在基于企业参考模型来建立特定的企业模型；二是在适应市场而不断进行动态重组的企业中，企业的信息模型能快速适应应用环境、业务流程的变化。这表现在 DEM 的基于企业模型的快速信息系统实施方式。

从软件工程的角度来讲，DEM 采用了一种革命性的软件设计方法，其本质特征是通过是用动态的管理模型来建立一个新的管理信息系统。每个模型都是动态的，因为它允许而且便于企业规划和记录其业务系统的发展和演变的经历，因而支持业务过程的持续优化。

## 16.4.2 先进生产排程 APS

### 1. APS 功能

APS 的主要功能是：可以自动给出满足多种约束条件、手工排程无法找到的、优化的排产方案。其实关键就是‘可行’和‘优化’这两个概念。它的出现，给传统 ERP 带来以下几个关键的变化：

(1) 对企业来说，在不增加生产资源的情况下，通过最大限度发挥当前资源能力的方式实现了提高企业生产能力的目标。

(2) APS 排程的结果给出了精确的物料使用和产出的时间、品种、数量信息，用这些信息可以把很多相关企业或者分厂、车间联合在一起组成一个‘SCM 供应链’系统，最大限度减少每个企业的库存量。

(3) APS 可以用来做为生产决策的依据，它的排程计算结果不光可以作为生产计划，还可以通过不断 what if 的‘试算’的方式为企业提供生产决策依据。

(4) 根据自动生成的作业计划还可以自动生成质检、成本、库存、采购、设备维护、销售、运输等计划。带动企业各个不同管理模块围绕生产运转，改进这些模块的运转方式，大大提高这些模块的运转效率，提升企业整体管理水平。

### 2. APS 技术瓶颈

但是，APS 的技术瓶颈同样突出，主要有：

(1) 运算时间问题。

(2) 提升次优解的优化程度问题。

ERP 与 APS 的结合是 ERP 未来发展的必然方向。与当前简单的 BOM—MRP 运算和进销存财务功能相比，APS 占据了 ERP 的核心功能，更是未来 SCM 系统的基础功能。

## 16.4.3 企业绩效管理系统 BPM

### 1. BPM 产生背景

ERP 系统的主要作用在于梳理生产流程，但对于企业高层的支持非常有限。随着市场竞争的加剧，ERP 不仅在内部不能满足企业个性化生产、准确的成本控制、决策支持、对潜在问题的预警等要求；在外部，随着生产的社会化，企业更加需要供需链、客户关系管理和内部管理形成一体，以适应经济全球化趋势。

作为一种更完善的解决方案，BI（商业智能）正是在这个背景下应运而生。它既能够充分理解和利用 ERP 等信息系统积累的庞大数据，解决生产、供应、销售等多套系统间的“信息孤岛”问题，又能保障各分支机构间数据传递的及时性、准确性，还可以通过挖掘数据中蕴涵的信息，为企业的科学决策提供支持。在 BI 工具平台的基础上，又诞生了结合先进管理模型和方法论的企业绩效管理系统——BPM。它通过将财务和非财务指标结合，衡量企业的真实绩效，从整体上反映现有系统的执行力；通过与运营挂钩，实时分析运营情况，可以使企业制定的战略目标得到有效实施。

### 2. BPM 的涵义

BPM 是一个企业内部的各种企业管理软件、业务流程和业务成功的衡量方法（如标尺、主要运作指标）的集合，并通过构建于其上的小型系统进行有机的整合，从而使组织内部的每个成员都能够更好理解运营目标、实施运营规划正向影响企运作的优化进程。

作为一种全新的商业解决方案，BPM 就是将战略转换为计划并监控执行过程，进而洞

察并提升绩效。也就是说，BPM 将企业战略转化为可执行的语言，并将战略分解为员工的日常工作，落实相应的行动计划，在执行的过程中进行有效的监控，并协助企业恰当的优化战略，帮助管理者有效、及时地掌握企业完整信息，并确保企业及各子系统的绩效成果能够与企业的战略目标保持一致，让管理者更好地驾驭企业，促进企业的战略目标实现，从而大大提升企业绩效。

BPM 对于决策层的支持是其他任何信息系统都无法比拟的。在制定战略的时候，它能自动收集并整合企业人力、财力、物力等各方面信息，利用该行业成功企业的业务模型，为领导提供有力的决策支持。在拟定计划时，利用平衡记分卡综合考虑财务和非财务因素，将所有资源调配到一个统一的方向上来，帮助决策层将战略转化、分解到每一个部门及员工的日常工作当中并明确关键绩效指标等。

总的来讲，应用 BPM 可以使企业更好的指定决策、提高计划和报告的效率、更好的进行资源配置、提高企业的透明度、强化责任管理、提高运营成本或收入的可预见性。

### 3. BPM 与一般流程软件的关系

对于供应、生产、销售等一线部门来说，由于品种增加、批量减少、交货期变短，企业面临三方面难题。一是反应速度；二是产品质量：一方面，企业为了加快生产进度，往往会在加工工艺要求、来料检验、过程检验、完工检验等方面放宽要求，从而埋下了质量隐患；另一方面，在质量统计、分析方面也因赶货而不能及时完成，影响质量决策，从而导致产品质量问题频繁发生，不良品、退货增加，库存也随之增加；三是产品成本：由于大量加班导致人工费用增加；不良的材料、不规范的加工方式，导致废品的增加直接影响材料成本增加；不恰当的采购和生产计划导致库存呆滞料增加，库存占用资金增加等各方面因素直接抬高了成本。

要解决上述三个问题，最快速、最有效的方法就是利用 BPM，在原有信息系统的基础上建立一个贯穿设计、采购、生产、物流环节的开放式信息平台，通过平台信息系统所蕴涵的管理思想提升管理水平，从而把生产模式从大批量转变到小批量，再转变成定制模式、按单生产，进而就可以做到零库存，减少资金积压。快速调整生产计划的同时，供应链、生产信息透明化、缩短交货期等方面也必定会有所改善。

虽然，BPM 与 ERP 等业务流程软件的构建过程和管理方式有着明显的区别，但同时也有相互补充和作用的有机联系。首先，BPM 虽被定义为连接多系统的完整套件，但它一般从一个领域实施，通常作为企业运营起点的预算规划最容易成为 BPM 实施的基础和逻辑出发点。也就是说，BPM 的实施从最开始就可以设定清晰的目标，从而循序渐进地检测整个组织是否达到这些目标。而其他的流程型软件往往是整体咨询在前，随后进行流程重组，再进行整个新业务流程的僵化和优化，企业运营目标反倒需要在后面的步骤设定。其次，BPM 在一开始的侧重点是针对企业的总部和高层主管的，当然在已经成功实施 BPM 的企业案例中，可以看到组织内的每个人、每个部门甚至是跨部门的协同商务都采用 BPM 来衡量营运目标的实现。可以说，重点优先，广泛采用是成功实施 BPM 的要点。

通过 BPM，企业可以重新评估自己在 ERP、CRM、SCM 等系统方面的投入；另外一套合适的 BPM 系统可能会盘活这些基础性投资，通过充分整合现有的信息工具为企业的发展提供最真实可见的决策级支持。因此，随着信息化已经迈入后 ERP 时代，BPM 将在企业信息化中担当主角。

## 16.4.4 条码/RFID 技术

### 1 条码/RFID 技术产生背景

ERP 或企业其它应用系统建成运行后，数据输入和信息采集就成为系统即重要又繁重

的工作。，设计合理的 ERP/SCM 内部数据的流转，是不需要大量数据的重复输入。但是有两种情况是系统本身无法解决的，一是原始数据录入系统，二是物流状态的采集。由于 ERP 本身没有办法将识别作业自动化，识别成为 ERP 系统物流和信息流之间的间隙。所以，彻底解决物流和信息流的集成，最好的方法是条码和 RFID 等先进数字识别技术的应用。

另外，ERP 是一个实时的联机事物处理系统，ERP 数据高度共享和数据在不同子系统共享使用，使得 ERP 系统对数据及时性和准确性的要求很高，信息的不及时必然影响系统的效率，而数据的不准确将降低系统的可信度，甚至误导生产和经营的指挥。测试表明，一般情况下，熟练打字员用手工键盘输入平均 300 次击键出现 1 次错误，而一般管理人员或库存保管员将会高许多。加上繁重的人工识别，工作响应速度低和差错是在所难免的。而一般的条码扫描设备识别的准确率在 99.9999% 以上，条码数据采集的速度也是手工作业无法比拟的，效率是远远高于手工输入。

## 2. 条码/RFID 技术

目前应用最广泛的是线性的一维条码。由于一维条码的容量有限，所以，一维条码往往用于标识数据库中的关键字段，如关键字或关键字组合。大量数据存贮在数据库中，因此，在制造企业中的条码系统必须与 ERP/SCM 系统集成，不与 ERP 系统集成的条码应用即使成功，也会形成“孤岛式的成功”。

条码/RFID 本身就相当于一个便携的数据库或数据文件，真正实现了用条码对物料的描述。此外，条码/RFID 技术还具有可引入加密机制、高可靠性、具有纠错功能、可表示图像数据和表示多种语言文字信息等特点，为条码开辟了更广阔的应用。在制造业中，条码可以应用到供应链或 ERP 的全过程。如：到货接收、原材料和半成品库存、现场和在制品管理、质量控制等。

# 本章小结

ERP 的管理理念，是从企业人、财、物、产、供、销等管理的实践中总结出来，又反过来指导企业管理实践。从 ERP 发展的历史，可以清楚地看到，IT 技术快速发展带动了管理的巨大变革。

在电子商务模式下，对于新一代的 ERP 系统来说，是面向供需链管理的管理信息集成。从功能上，需要增加与 PDA、EDI、CRM、DSS 等应用系统的集成；从信息利用和管理深度上，需要从原先的生产计划与控制的联机事务处理 OLTP 向下扩展到覆盖办公自动化、无纸化处理，向上扩展到决策支持的联机分析处理 OLAP，横向扩展到设计和工程领域；从 ERP 系统设计上，需要 ERP 的计算机环境从传统 Client/Server 环境过渡到以 Web 和 Internet/Intranet 的网络计算环境为支撑；从 ERP 软件结构上，需要更趋于模块化、灵活、实际和面向具体用户。从 ERP 软件应用范围上，需要覆盖制造业以外的许多领域。

先进技术能为企业 ERP 系统提供所必须的实时和精确的数据，带来新的概念和功能，极大的简化了 ERP 原来的复杂结构和过程。它们的结合将给制造业、物流业、供应链管理带来新的概念、新的功能和新的增长。

---

## 复习与思考

---

1. 何为独立需求和相关需求？两者区别在哪里？

2. 物料清单的作用是什么？物料清单可以分为哪些类型？
3. 物料需求计划、能力需求计划、粗能力计划三者有何区别？
4. ERP 的核心管理思想？
5. 从 20 世纪 40 年代的库存控制订货点法，到 90 年代的 ERP，体现了哪些科学的管理思想？

## 第17章 准时生产（JIT）方式

---

### 本章关键词

---

准时生产(Just-In-Time, JIT)  
看板(Kanban)

精益生产(Lean Production)  
约束理论(Theory of Constrain,  
TOC)

<http://www.e-works.net.cn>

<http://www.cim.co.uk>

“在需要的时候，按需要的量生产所需的产品”。

JIT 以订单驱动，通过看板，采用拉动方式把产、供、销紧密地衔接起来，使物资储备，成本库存和在制品大为减少，从而提高生产效率，这一生产方式在推广应用过程中，经过不断发展完善，为世界工业界所瞩目，被视为当今制造业中最理想且最具生命力的新型生产系统之一。

## 17.1 JIT 概述

### 17.1.1 背景

准时生产方式（Just In Time, JIT），是日本丰田汽车公司在 20 世纪 60 年代实行的一种生产方式，1973 年以后，这种方式对丰田公司渡过第一次能源危机起到了突出的作用，之后引起其它国家生产企业的重视，并逐渐在欧洲和美国的日资企业及当地企业中推行开来，现在 JIT 与源自日本的其它生产、流通方式一起被西方企业称为“日本化模式”。近年来，JIT 不仅作为一种生产方式，也作为一种通用管理模式在物流、电子商务等领域得到推行。

### 17.1.2 JIT 核心思想

在 JIT 生产方式倡导以前，世界汽车生产企业包括丰田公司均采取福特式的“总动员生产方式”，即一半时间人员和设备、流水线等待零件，另一半时间等零件一运到，全体人员总动员，紧急生产产品。这种方式造成了生产过程中的物流不合理现象，尤以库存积压和短缺为特征，生产线或者不开机，或者开机后就大量生产，从而导致了严重的资源浪费。丰田公司的 JIT 采取的是多品种少批量、短周期的生产方式，实现了库存最小化，优化生产物流，减少浪费的目的。

准时生产方式的核心是追求一种零库存的生产系统，或使库存达到最小的生产系统。其基本思想可概括为“在需要的时候，按需要的量生产所需的产品”，然后对设备、人员等

进行淘汰、调整，达到降低成本、简化计划和提高控制的目的。因此，JIT 的基本思路就是用最准时、最经济的生产资料采购、配送，以满足制造需求。

为此，开发了包括“看板”在内的一系列具体方法，并逐渐形成了一套独具特色的生产经营体系。它将传统生产过程中前道工序向后道工序送货，改为后道工序根据“看板”向前道工序取货，因此，JIT 控制方式是拉动式的。

### 17.1.3 JIT 实现目标

JIT 将“获取最大利润”作为企业经营的最终目标，将“降低成本”作为实现最大利润的基本目标。在福特时代，降低成本主要是依靠单一品种的规模生产来实现的。但是在多品种、中、小批量生产的情况下，这一方法是行不通的。因此，JIT 生产方式力图通过“彻底消除浪费”来达到这一目标。所谓浪费，最主要的有生产过剩（即库存）所引起的浪费。重复的动作、机器设备的等待、存货、不良品的重新加工等也都被看作浪费。在 JIT 方式下，浪费的产生通常被认为是由不良的管理所造成的。比如，大量原材料的存在可能便是由于供应商管理不良所造成的。因此，JIT 的目标是彻底消除无效劳动和浪费，为了排除这些浪费，就相应地产生了质量目标、生产目标、时间目标三个子目标。

#### 1. 质量目标

废品量最低。JIT 方式要求消除各种产生不合格品的原因，在加工过程中每一工序都要求达到最好水平。

#### 2. 生产目标

库存量最低。JIT 方式下，库存是生产系统设计不合理、生产过程不协调、生产操作不良的证明；批量应尽量小。

#### 3. 时间目标

准备时间最短。准备时间长短与批量选择相联系，如果准备时间趋于零，准备成本也趋于零，就有可能采用极小批量；生产提前期应尽可能短。短的生产提前期与小批量相结合的系统，应变能力强，弹性好。

### 17.1.4 JIT 的质量保证

在 JIT 生产方式中，通过将质量管理贯穿于每一工序之中来实现提高质量与降低成本的一致性，具体方法是“自动化”。自动化是指在生产组织中融入两种机制：（1）使设备或生产线能够自动检测不良产品，一旦发现生产异常或不良产品可以自动停止设备或生产线运行的机制。为此在设备上开发、安装了各种自动停止装置和加工状态检测装置；（2）生产第一线的设备操作工人发现产品或设备有问题时，有权自行停止生产的管理机制。依靠这样的机制，不良产品一出现马上就会被发现，防止了不良产品的重复出现或累积出现，从而避免了由此可能造成的大量浪费。而且，由于一旦发生异常，生产线或设备就立即停止运行，比较容易找到发生异常的原因，从而能够有针对性地采取措施，防止类似异常情况的再发生，杜绝类似不良产品的再产生。

为了达到上述目标，JIT 方式下有一系列质量保证的措施，如通过产品的合理设计，使产品易生产，易装配，当产品范围扩大时，即使不能扩大工艺过程，也要力求不增加工艺过程等，具体方法有：

#### （1）模块化设计；

- (2) 设计的产品尽量使用通用件, 标准件;
- (3) 设计时应考虑易实现生产自动化。

JIT 强调全面质量管理, 目标是消除不合格品, 消除可能引起不合格品的根源, 并设法解决问题, JIT 中还包含许多有益于提高质量的因素, 如批量小、零件很快移到下工序、质量问题可以及早发现等。

## 17.2 JIT 的实施方法

JIT 的实际应用包含了纷繁复杂的内容, 从实施手段和工具的角度也因企业和生产方式的差异而不同。但从 JIT 的核心思想出发, 为了达到降低成本这一基本目标, 对应于上述基本目标的三个子目标, JIT 的基本手段也可以概括为下述三方面:

### 1. 生产流程化

生产流程化是指按生产产品所需的工序从最后一个工序开始往前推, 确定前面一个工序的类别, 并依次恰当安排生产流程; 根据流程与每个环节所需库存数量和时间先后, 安排库存和组织物; 尽量减少物资在生产现场的停滞与搬运, 让物资在生产流程上毫无阻碍地流动。

“在需要的时候, 按需要的量生产所需的产品”。对于企业来说, 各种产品的产量必须能够灵活地适应市场需要量的变比。众所周知, 生产过剩会引起人员、设备、库存费用等一系列的浪费。避免这些浪费的手段就是实施适时、适量生产, 只在市场需要的时候生产市场需要的产品。

为了实现适时适量生产, 首先需要致力于生产的同步化。即工序间不设置仓库, 前一工序的加工结束后, 使其立即转到下一工序去, 装配线与机械加工几乎平行进行。在铸造、锻造、冲压等必须成批生产的工序, 则通过尽量缩短作业更换时间来尽量缩小生产批量。生产的同步化通过“后工序领取”这样的方法来实现。“后工序只在需要的时间到前工序领取所需的加工品; 前工序中按照被领取的数量和品种进行生产。”这样, 制造工序的最后一道工序即总装配线成为生产的出发点, 生产计划只下达给总装配线, 以装配为起点, 在需要的时候, 向前工序领取必要的加工品, 而前工序提供该加工品后, 为了补充生产被领走的量, 必向再前

道工序领取物料, 这样把各个工序都连接起来, 实现同步化生产。

### 2. 生产均衡化

生产均衡化是实现适时适量生产的前提条件。所谓生产的均衡化, 是指总装配线在向前工序领取零部件时应均衡地使用各种零部件, 生产各种产品。为此在制定生产计划时就加以考虑, 然后将其体现于产品生产顺序计划之中。在制造阶段, 均衡化通过专用设备通用化和制定标准作业来实现。其中, 设备通用化, 是指通过在专用设备上增加一些工夹具的方法使之能够加工多种不同的产品。标准作业是指将作业节拍内一个作业人员所应担当的一系列作业内容标准化。

生产中将一周或一日的生产量按分秒时间进行平均, 所有生产流程都按此来组织生产, 这样流水线上每个作业环节上单位时间必须完成多少何种作业就有了标准定额, 所在环节都按标准定额组织生产, 因此要按此生产定额均衡地组织物质的供应、安排物品的流动。因为 JIT 生产方式的生产是按周或按日平均, 所以与传统的大生产、按批量生产的方式不同, JIT 的均衡化生产中无批次生产的概念。

标准化作业是实现均衡化生产和单件生产单件传送的又一重要前提。丰田公司的标准化作业主要是指每一位多技能作业员所操作的多种不同机床的作业程序, 在标准周期时间



内，把每一位多技能作业员所承担的一系列的多种作业标准化。丰田公司的标准化作业主要包括三个方面内容：标准周期时间、标准作业顺序、标准在制品存量，它们均用“标准作业组合表”来表示。

### 3. 资源配置合理化

资源配置的合理化是实现降低成本目标的最终途径，具体指在生产线内外，所有的设备、人员和零部件都得到最合理的调配和分派，在最需要的时候最及时的到位。

就设备而言，设备包括相关模具实现快速装换调整，例如，丰田公司所有大中型设备的装换调整操作均能够在 10 分钟之内完成，这为“多品种、小批量”的均衡化生产奠定了基础。

就生产区间而言，需要设备和原材料的合理放置。快速装换调整为满足后工序频繁领取零部件制品的生产要求和“多品种、小批量”的均衡化生产提供了重要的基础。但是，这种频繁领取制品的方式必然增加运输作业量和运输成本，特别是如果运输不便，将会影响准时化生产的顺利进行。合理布置设备，特别是 U 型单元连结而成的“组合 U 型生产线”，可以大大简化运输作业，使得单位时间内零件制品运输次数增加，但运输费用并不增加或增加很少。

就人员而言，多技能作业员（或称“多面手”）是指那些能够操作多种机床的生产作业工人。多技能作业员是与设备的单元式布置紧密联系的。在 U 型生产单元内，由于多种机床紧凑地组合在一起，这就要求并且便于生产作业工人能够进行多种机床的操作，同时负责多道工序的作业，如一个工人要会同时操作车床、铣床和磨床等。

## 17.3 JIT 的看板管理

### 17.3.1 看板的概念

JIT 生产中最重要管理工具是看板，看板是用来控制生产现场的生产排程工具，是 JIT 生产现场控制技术的核心。具体而言，是一张卡片，卡品的形式随不同的企业而有差别。看板上的信息通常包括：零件号码、产品名称、制造编号、容器形式、容器容量、看板编号、移送地点和零件外观等。

### 17.3.2 看板管理四大原则

使用看板工具，应该遵循以下四大原则

1. 后工序只有在必要的时候，才向前工序领取必要数量的零部件。
2. 前工序应该只生产足够的数量，以补充被后工序领取的零件
3. 不良品不送往后工。即后工序没有库存，后工序一旦发现次品必须停止生产，找到此品送回前工序。
4. 看板的使用数目应该尽量减小。看板的数量，代表零件的最大库存量，为达到 JIT 目标，应该尽量减少看板使用数量。

### 17.3.3 看板的功能

在 JIT 方式下，看板具有以下功能：

#### 1. 传送生产以及运送的工作指令

看板中记载着生产量、时间、方法、顺序以及运送量、运送时间、运送目的地、放置场所、搬运工具等信息，从装配工序逐次向前工序追溯，在装配线将所使用的零部件上所带的看板取下，以此再去前工序领取。“后工序领取”以及“JIT 生产”就是这样通过看板来实现的。

#### 2. 防止过量生产和过量运送

看板必须按照既定的运用规则来使用。其中一条规则是：“没有看板不能生产，也不能运送。”根据这一规则，看板数量减少，则生产量也相应减少。由于看板所表示的只是必要的量，因此通过看板的运用能够做到自动防止过量生产以及适量运送。

#### 3. 进行“目视管理”

看板的另一条运用规则是：“看板必须在实物上存放”，“前工序按照看板取下的顺序进行生产”。根据这一规则，作业现场的管理人员对生产的优先顺序能够一目了然，易于管理。通过看板就可知道后工序的作业进展情况、库存情况等等。

#### 4. 改善存在的问题

在一般情况下，如果在制品库存较高、即使设备出现故障、不良品数目增加也不会影响到后道工序的生产，所以容易把这些问题掩盖起来。而且即使有人员过剩，也不易察觉。根据看板的运用规则之一“不能把不良品送往后工序”，后工序所需得不到满足，就会造成全线停工，由此可立即使问题暴露，从而必须立即采取改善措施来解决问题。在 JIT 中，通过不断减少看板数量来减少在制品的中间储存。这样通过改善活动不仅使问题得到了解决。也使生产线的“体质”不断增强，带来了生产率的提高。

### 17.3.4 看板的分类

看板根据功能和应用对象的不同进行分类。各类看板的功能、内容分述如下：

1. 生产看板。指在一个工厂内，指示某工序加工制造规定数量工件所用的看板，它又有两种类型：

(1) 一般的生产看板。它指出需加工件的件号、件名、类型、工件存放位置、工件背面编号、加工设备等等。

(2) 三角看板。它指出待加工工件件号、名称、存放位置、批量及货盘数、再定购点及货盘数、加工设备等等。

2. 取货看板。后工序的操作者按看板上所列件号、数量等信息，到前工序（协作厂）领取零部件的看板。取货看板又可分为两种类型：工序间取货看板和外协取货看板。

除上述主要看板类型外，有的工厂还使用信号看板、临时看板等不同用途的看板。信号看板是在总装生产线上（或其它固定生产线上）作为生产指令的看板，它是用信号灯或不同颜色的小球，表示不同的生产状态和指令，在日本称之为 ANDON 板。临时看板是在生产中出现次品、临时任务或临时加班时的看板，只用一次，用毕及时收回。

### 17.3.5 看板与 JIT

看板管理可以说是 JIT 中最独特的部分，是 JIT 生产现场控制技术的核心，因此也有人将 JIT 生产方式称为“看板方式”。但是严格地讲，这种概念是不正确的，因为 JIT 不仅仅是看板管理。日本筑波大学的门田安弘教授曾指出：“丰田生产方式是一个完整的生产技术综合体，而看板管理仅仅是实现 JIT 的工具之一。把看板管理等同于丰田生产方式是一种非常错误的认识。”

因为如前所述，JIT 的本质，是一种生产管理技术，而看板只不过是一种管理工具。决不能把 JIT 与看板等同起来。看板只有在工序一体化、生产均衡化、生产同步化的前提下，才有可能运用。如果错误地认为 JIT 就是看板，不对现有的生产管理方法作任何变动就单纯地引进看板方式的话，是不会起到任何作用的。所以，在引进 JIT 以及看板时，最重要的是对现存的生产系统进行全面改组。

## 17.4 MRP 与看板管理之比较

### 17.4.1 MRP 与看板管理的差异

JIT 已被用于稳定环境下的重复性生产企业。JIT 可用于业务中任何具有重复性的部分，而不论它们出现在何处。从这个意义上说，MRP 和 JIT 各有其特点。它们不是互相排斥而是能有效合作的生产方式。大多数企业使用 MRP 的企业在许多重复生产过程中也使用 JIT 技术。然而，将 JIT 的车间作业优化方法与基于 MRP 的计划控制系统结合在一起还是一个难点。MRP/JIT 的结合可能被认为是一种混合生产系统。在这个混合系统中，MRP 系统带有标准的输入如需求预测、库存状态和物料清单，它能产生一个计划；JIT 系统控制着什么时间供应商发货，什么时间生产产品和什么时间分销产品；而车间作业和“看板”系统则是 MRP 和 JIT 系统的接口。

看板管理与 MRP 的不同之处在于：它只对最后一道工序下达生产指令，而不进行 MRP 所采用的将主生产计划按照物料清单分解到各个工序和原材料采购的方法。前道工序的生产

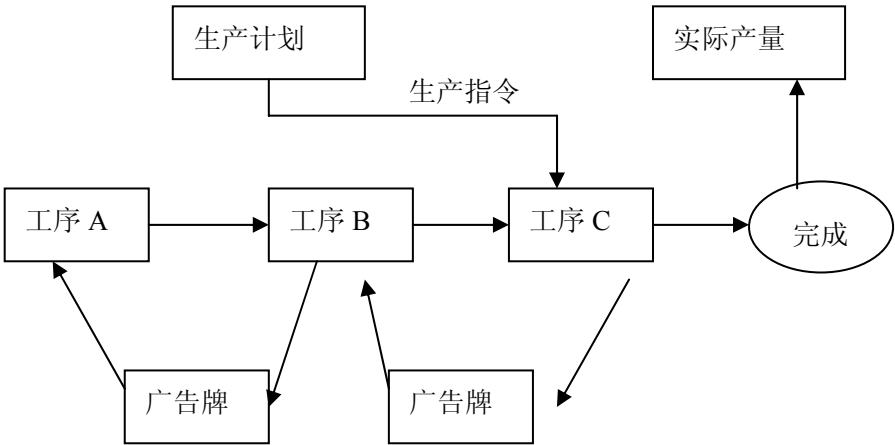


图 17.2 JTT 系统中生产指令的下达方式

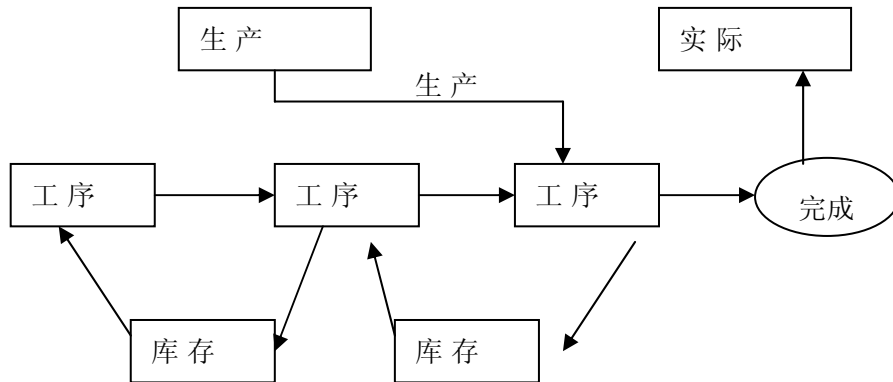


图 17.3 MRP II 系统中生产指令的下达方式

和原材料采购工作是根据后道工序所传递的需求指令而进行的,把MRP的"推"变成了"拉"。具体来说,两者的区别表现在以下几个方面:

(1) 主生产计划:主生产计划处在企业的宏观计划和微观计划之间的过渡阶段,是企业经营规划的具体体现。MRP系统可以帮助企业将经营规划和生产规划分解为具体的主生产计划,利用MRP提供的模拟功能还可以预计主生产计划改变的影响。而看板管理的理论中不涉及如何编制和维护主生产计划,它是以一个现成的主生产计划作为开端的。所以采用JIT的企业需要依靠其它系统来制订主生产计划。

(2) 物料需求计划:MRP是按照主生产计划、物料清单和库存数据准确的计算出物料需求计划,并可以根据实际情况的变化产生修改和反馈信息。部分采用MRP系统管理的企业经过一段时间后会明显降低库存,其主要原因就是有了较准确的物料需求计划。为了使MRP系统得出的物料需求计划准确有效,必须确保主生产计划在物料的采购提前期内的稳定。

而采用看板管理的企业通常将仓库外包给供应商管理,但是仍然需要向供应商提供一个长期、粗略的物料需求计划。一般的做法是按照一年的成品销售计划得出原材料的计划用量,同供应商签订订单,具体的需求日期和数量则完全由看板来体现。

(3) 能力需求计划:MRP系统可以把主生产计划转换为能力需求计划,生成负荷报告。然后根据负荷报告分析结果和反馈调整主生产计划。需要注意的是在反馈调整的过程中,人工参与是很多的,MRP系统很难自动平衡能力需求中的超负荷或负荷不足情况。

而看板管理不参与制订主生产计划,自然也就不参与生成能力需求计划。实现看板管理的企业通过工序设计、设备布置、人员培训等手段来实现生产过程的均衡化,从而大大减少了生产过程中的能力需求不平衡的现象。看板管理可以很快地暴露出能力过剩或不足的工序或设备,然后通过不断地改进来消除问题。

(4) 仓库管理:使用MRP系统的企业仓库管理,一是有效地降低了库存,这是由于有了准确的物料需求计划;二是提高了库存数据的准确性,使之可以作为财务记帐的可靠依据,从而提高了整体工作效率。使用MRP系统后,数据处理比人工方式更准确、及时,减少了错误和延误。

而看板管理并不能解决仓库库存积压或短缺问题。采用看板管理后,生产线从仓库领取物料的数量被控制在看板数量之内,仓库订购的物料数量也不能超过看板数量,这样能

部分的解决库存积压问题。但是由于采购的提前期不可能与生产线物料的需求间隔同步，又没有预先按照计划时区进行物料需求计算，在生产活动发生时通过看板传递到达仓库的物料需求能否及时得到满足就成了一个问题。仓库如果不预先准备一部分库存，那么在看板源源不断地到来时就会发生缺料。不进行物料需求计算，就不可能准确预计到何时发生需求，仓库的物料库存积压和短缺问题也就不可能得到完全解决。因而采用看板管理方式的企业为了能解决仓库管理的难题，往往采用将仓库外包给供应商管理的方法。

(5) 生产线在制品管理：使用 MRP 系统的企业，在制品管理一直是一个难点，一般来说在制品数量难以控制，系统中的数据与实际情况也很难保持一致。造成这一现象的间接原因是因为 MRP 系统是一个“推”式生产管理系统，前道工序的生产是按照系统计算出的后道工序需求来确定的，而不是由实际生产过程中后道工序的需求来确定的，所以必然会出现生产线在制品管理的困难。直接原因是因为生产中各工序之间不合拍。

而实现准时化生产方式的企业在制品数量控制较简单，因为在制品数量被控制在看板数量之内（关键在于确定一个合理有效的看板数量）。

(6) 技术支撑：MRP 系统在企业的计划层次运行，它是基于现有的生产情况的，所以对企业的生产设备和技术改进不提出新的要求。设备工艺落后的企业依旧可以通过 MRP 系统提高整体管理水平，获得效益。

而单纯地采用看板管理不可能全面实现生产过程的合理化，应该首先从生产过程的合理化入手，不断改进作业方法，完善生产条件，然后逐步过渡到看板管理。是否具备技术支撑体系是实现看板管理的关键所在。

(7) 人员素质要求：MRP 系统要求准确、及时地进行数据处理，人员需要经过培训使用计算机系统来取代手工作业。

而实施看板管理的企业不仅仅要求员工能在正常情况进行标准化作业，还要求员工能尽快解决生产过程中的各种突发问题，保障生产流程的顺畅。总体而言，看板管理对人员素质要求高于 MRP。

(8) 适用行业：MRP 系统适用于制造业的离散式和流程式两种生产模式，基本上各类企业都能使用 MRP 系统管理生产、采购、仓库、计划和财务。JIT 的适用范围就比较窄了，通常只有采用流水线方式制造或装配产品的企业才使用。典型行业是汽车制造业。但是 JIT 中的一些管理思想：如杜绝浪费和过量生产、弹性生产计划、设备快速调整、全员参与改善活动等等，对于所有企业都是有借鉴意义的。

### 17.4.2 MRP 与看板管理的结合

MRP 和看板管理各有所长，又各有所短。如果企业只能在两者之中选择一种作为企业的生产管理模式，不可避免地会遇到各自的缺陷。但如果通过有效途径将二者结合起来，充分发挥各自的长处，避免各自的短处，则可以显着提高生产和管理水平，即：MRP 制订维护主生产计划和物料需求计划，生产过程采用看板管理，两者结合的思路，见图 17—3

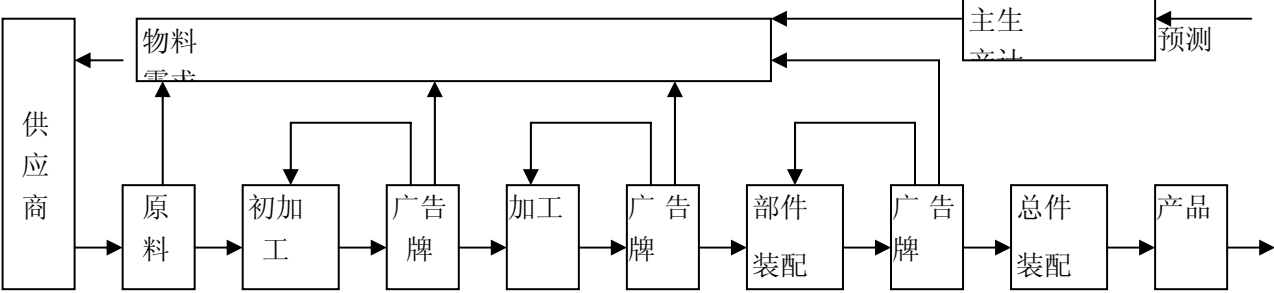


图 17.4 看板与 MRP 系统结合示意图

(1) MRP 系统制订、维护主生产计划。在当前的市场环境下,企业面对不同客户的众多需求和自身的经营规划,需要一个能迅速制订、适应各方面要求、真正可行的主生产计划。仅仅依靠手工作业的方式进行是很难达到要求的,因此企业需要借助计算机系统来制订主生产计划。现阶段能够做到这一点的只有 MRP 系统。

(2) MRP 系统计算物料需求计划,传统的 MRP 系统根据主生产计划计算得出的物料需求计划不仅仅包括原材料的需求,还包括半成品的需求。但是 MRP 系统计算出的半成品需求与生产现场的实际情况并不一定一致,这是造成在制品管理困难的重要原因。所以需要使 MRP 不进行半成品需求的计算,直接将成品的主生产计划分解为原材料的采购需求。

为了做到不进行半成品需求计算,需要在物料清单中引入虚项的概念。虚项是用来标识通常不入库或一组不可能装配在一起的零件。MRP 系统不会对虚项进行需求计算,而是直接对组成虚项的原材料进行需求计算。作为虚项的半成品的生产需求将由看板来决定。

MRP 系统根据产成品的主生产计划,按照物料清单进行需求分解,计算出原材料在不同计划时区内的毛需求,然后再根据现有库存和订单情况确定最终的净需求,即原材料采购计划。即使 MRP 系统产生的原材料净需求与实际生产过程的看板需求数量有差异,差异也不会很大,一般不可能出现缺料或积压的情况。这说明了 MRP 系统制订的原材料需求计划是反映了物料的实际需求情况的。如果单纯使用看板管理来确定原材料需求,那么只有在主生产计划开始实行时而不是制订时才知道原材料的需求信息。在我国目前的市场条件和交通条件下,企业很难作出及时的反应。

(3) 生产现场采用看板管理。生产现场的各工序生产活动的节拍是否合拍是生产控制的关键。如果采用 MRP 系统来管理,就会出现由 MRP 系统对各工序分别下达生产指令,各工序按照其指令各自开工生产。前道工序按照系统计算出的后道工序的需求进行生产活动,不一定与后道工序的实际需求相吻合。这是因为,MRP 的计划时区通常是以周或天为单位的,而实际上许多企业,尤其是流水线生产方式的企业,各工序的加工时间是以分钟甚至秒作单位。系统的时间单位与实际的不一致,就容易造成系统的需求与实际需求之间的时间差,从而容易造成生产现场的在制品积压和生产活动的混乱。采用看板管理就可以避免这

种情况的发生。看板在生产过程中的各工序之间周转,将与取料和生产的时间、数量、品种等相关信息从生产过程的下游传递到上游,并将相对独立的工序个体结合为一个有机的整体。

## 17.5 精益生产

现代市场是完全的买方市场。企业要适应这种市场环境,就必须做到“能卖的产品要适时制造出来。”为此,如何减少库存,缩短生产停滞时间,降低成本,减少浪费,保证质量和交货期,提高生产力,不断改善生产系统,满足顾客的要求,就成为新时期所有企业都必须面对的难题。为此,精益生产管理模式应运而生。

### 17.5.1 精益生产产生的背景

精益生产方式(Lean Production)来源于日本的丰田生产方式,它是美国麻省理工学

院（MIT）根据其在题为《国际汽车计划》(Pinternational motor vebicleprog ra mhe, MVP)的研究中总结日本企业成功经验后提出的一个新概念。

在 20 世纪初，由美国人福特和斯隆开创的大量生产方式（mass production）揭开了现代化大生产的序幕，引起了制造业的根本变革，大量生产方式取代了单件生产方式，也使美国战胜了当年工业最发达的欧洲，成为世界第一大工业强国；时隔半个多世纪，日本又以推行精益生产方式实现了赶超欧美的愿望，一跃成为世界经济大国、精益生产方式自以《改变世界的机器》一书公诸于世以来，在世界范围引起了巨大反响，在美、德等国应运而生一批精益企业研究中心，开展大范围的研究、示范、推广等工作。

## 17.5.2 精益生产的涵义

精益生产方式就是指以整体优化的观点，以社会需求为依据，以发挥人的因素为根本，有效配置和合理使用企业资源，最大限度地为企业谋求利益的一种新型生产方式。精益生产方式，既是先进制造技术，从管理的层面上看，又是企业的组织管理方法，即企业生产要素的配置方式。

精益生产方式的核心思想在于“消除浪费、强调精简组织机构”和“不断改善”，前者指的是组织管理到生产过程侧重分析“产品流”、“物资流”和“信息流”，及时暴露问题，删繁就简，杜绝浪费，从而使“价值流”连续流动起来，后者则强调充分发挥人的潜能，力争精益求精，追求尽善尽美。

## 17.5.3 精益生产的特征

精益生产方式具有如下几方面的特征：

- （1） 在生产制造程中，实行拉动式的准时化生产；
- （2） 在生产组织结构和协作关系上，精益生产方式一反大量生产方式追求纵向一体化的做法，把 70%左右的零部件设计和制造委托给协作厂进行，主机厂只完成约占 30%的设计和制造任务，主机厂与协作厂在开发产品，提高质量改善物流，降低成本等方面密切合作，确保双方共同获得利益。
- （3） 在劳动力使用上强调一专多能，多机操作，多任务序管理，而且参与企业管理，从事各种改善活动。
- （4） 在产品开发和生产准备工作上，精益生产方式克服了大量生产方式中由于分工过细造成的信息传递慢，协调工作难，开发周期长等缺陷，采用“主查制”和并行工程（CE）的方法。

## 17.6 结语

JIT 以订单驱动，通过看板，采用拉动方式把产、供、销紧密地衔接起来，使物资储备，成本库存和在制品大为减少，从而提高生产效率，这一生产方式在推广应用过程中，经过不断发展完善，为世界工业界所瞩目，被视为当今制造业中最理想且最具生命力的新型生产系统之一。

同时，ERP/MRP 系统作为在发达的工业国家普遍采用的管理手段，有助于规范我国企业的管理运作制度，并提供了一种先进的企业管理辅助手段，大大改善了企业原先低效与

混乱的运行状况。但是，ERP/MRP 并不能完全解决上述提到的问题，尤其在生产方面，对于如何更好地完成 MRP 产生的计划，同时又能保证产品的质量要求，还要反馈 ERP 所需的必要信息等一系列工作，必须通过精益生产、需求拉动方式来实现生产的运行，形成流动生产。此外，必须具有相应的团队管理、现场组织、质量控制等要素作为企业运行的保证与基础。

## 本章小结

JIT 具有普遍意义，既可适用于任何类型的制造业，也可适用于服务业中的各种组织。JIT 原理虽简单，但内涵却很丰富。在实施 JIT 技术的过程中，必须不断地改进，即降低物品库存—暴露物品采购问题—采取措施解决问题—降低库存，如此循环往复，直至达到最佳效果。

本章介绍了 JIT 生产方式、精益生产、看板管理及其相关概念，着重阐述了这几种被普遍采用的管理手段之间的异同，同时，对上述方式如何融合进行了探讨。

---

## 复习与思考

1. 看板管理就是 JIT 吗？为什么？
2. 什么是 JIT 生产方式的精髓？
3. 试比较 MRP II、JIT 与 TOC 在管理思想之间异同
4. 精益生产管理主要原理是什么？

---

## 案例分析

### 安徽江淮汽车集团有限公司（江汽）经历的转变

#### 讨论

前几年，安徽江淮汽车集团有限公司和其它汽车生产厂家一样，与供应商之间改为“上线”结算模式，并从中尝到了减少库存的甜头。2002 年，江汽瑞风商务车分公司上 ERP 之初，在设计系统方案时，有人提出把结算方式进一步改为“下线”结算，并希望得到信息系统的支持。

对此提议，时任江汽 ERP 项目实施顾问的梯升资讯公司执行总监唐明却提出了不同的思路。他指出：“在企业没有练好内功时，进行下线结算并不是降低库存的先进方式，而是慢性毒药——它在给供应链上游加大负担的同时，将给江汽的管理带来严重的负面后果，最终会导致整个供应链和产品的竞争力下降。”

唐明的看法在当时显然不合潮流，但江汽的管理层居然接受了他的意见。江汽集团董事长左延安一直非常看中供应链的整体竞争力。结果 ERP 系统在江汽上线后，瑞风商务车分公司“倒退”回去，与供应商重新采用入库结算模式。“这样，我们的库存压力又回来了。ERP 系统的实时成本数据每天都在敲打着我们。”江汽集团物流经理龙凯峰感慨地说：“我们就不得不每天都琢磨如何降低成本。从前可不是这样，那时的浪费惊人，因为总觉得浪



费的不是自己的东西。”

### 分析

其实，龙凯峰每天在琢磨的如何减少库存的门道就是精益生产的一部分内容。精益生产的精髓就是减少浪费以降低成本，降低偏差以提高质量，提高效率以最终满足客户。通过精益生产，企业可以实现产品质量优质、成本低、送货及时。显然，JIT 只是精益生产的自然结果之一，并不是降低库存的手段。

“这是危险之举，不仅害人，更重要的是最终会害自己。”一位曾在福特公司从事过多年管理工作的专家痛心地说。他认为，“国内某些企业在学习先进经验时，只学了形式，而没抓住本质，甚至走到了反面。”

这位专家的“害己”之说，并非危言耸听。

从目前国内的一些 JIT 的“得意”案例可以很明显地看出，在那些供应链上，库存并没有减少，反而增多了，且由总装厂向零配件企业转移。这样的转移也许令总装厂感到满意——“反正库存不在我这儿，我的成本降低了。”但是一个产品是供应链的集体结晶，其价值和价格是由供应链的整体价值决定的，如果供应链的整体库存没有降低反而增加，产品的整体成本就不可能降低，只不过由于成本转移，使得利润砝码向总装厂倾斜，给他们造成了成本降低的假象。

供应链的本质是相互配合、共生共赢，如果总装厂执迷不悟地继续榨取供应链上游的利润，那么零配件厂商要么选择退出，要么被压死，或者选择偷工减料。到那时，总装厂还能高枕无忧吗？

扭曲的 JIT 带给总装厂的长远灾难还不止于此。如此一个原材料库存为“零”的“温水池”，会让那些躺在其中的总装企业变成“青蛙”，这种貌似降低的成本会让它们因为没有

库存压力而变得忘乎所已。在缺少成本约束的情况下，它们很难自发地产生改善内部管理的动力。可以想象出一个具有十足优越感、巨大惯性、死水一潭的企业的最终结局——与被它压榨干的供应商们一起死去。在我国的手机和家电市场，这样的例子并不罕见。

值得庆幸的是，国内一些总装厂已经意识到了这种危险，开始“逆流”而动，把库存压力从供应商那里“拿”回来。

资料来源：<http://www.e-works.net.cn>

### 案例思考题

1. 对供应链企业来说，只是减少自己的库存，就有利于今后的发展吗？

## 第 18 章 其他先进制造模式简介

---

## 本章关键词

---

制造执行系统 (Manufacturing Execution System, MES )  
并行工程 CE(Concurrent Engineering, CE)

逆向工程(Rreverse Engineering)计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)

<http://www.e-works.net.cn>

<http://www.cim.co.uk>

制造执行系统弥合了企业计划层和生产车间过程控制系统之间的间隔，是制造过程信息集成的纽带。MES 通过强调制造过程的整体优化来帮助企业实施完整的闭环生产，同时也为敏捷制造企业的实施提供了良好的基础。深刻理解 MES 这一先进的管理思想，把握它的发展趋势，对于如何在我国正确的研究和推广 MES 应用具有重要的理论和应用价值。

另外，近几年来，并行工程在和逆向工程，是目前国际机械工程领域中重要的研究方向，发展极为迅速。

## 制造执行系统 MES

### MES 的背景

21 世纪的制造企业面临着日益激烈的国际竞争，要想赢得市场、赢得用户就必须全面提高企业的 S、Q、T、C、E（服务、质量、时间、成本、环境）。因此，很多企业希望通过实施 MRPII/ERP 来加强管理。然而面对客户对交货期的苛刻要求，面对更多产品的改型，面

对订单的不断调整等等很多情况下，计划已经跟不上变化，上层生产计划管理受市场影响越来越大，因而上层生产计划管理并不能充分发挥应有的作用。究其原因在于以下两点：

(1) MRP II /ERP 软件主要是针对资源计划，这些系统虽然通常能处理以前发生的事情并作历史分析，也可以预测并处理未来将要发生的事件，但对今天正在发生的事件却往往留下了不规范的缺口；

(2) ERP 系统需要实时的生产信息辅助进行经营决策和订单管理，但是传统生产现场管理只是一黑箱作业，来自生产现场的状态信息和生产数据并不能直接反映经营者所关心的生产进度和质量变化等信息。因此，如何适应复杂多变的竞争需要？如何将黑箱作业透明化，找出任何影响产品品质和成本的问题，改善生产线的运行效率？如何提高计划的实时性和灵活性？这些已成为每个企业所关心并亟待解决的问题。

制造执行系统（MES）恰好能填补这一空白。MES 是处于计划层和车间层操作控制系统 SFC 之间的执行层，主要负责生产管理和调度执行。它通过控制包括物料、设备、人员、流程指令和设施在内的所有工厂资源来提高制造竞争力，提供了一种系统地在统一平台上集成诸如质量控制、文档管理、生产调度等功能的方式。从而实现企业实时化的 ERP/MES/SFC 系统。

由于 MES 强调控制和协调,使现代制造业信息系统不仅有很好的计划系统,而且能使计划落实到实处的执行系统，通过连续信息流来实现企业信息全面集成。因此短短几年间 MES 在国外的企业中迅速推广

开来，并给企业带来了巨大的经济效益。

## MES 的内涵

MES 能通过信息传递，对从订单下达到产品完成的整个生产过程进行优化管理。当工厂发生实时事件时，MES 能对此及时作出反应、报告，并用当前的准确数据对它们进行指导 and 处理。这种对状态变化的迅速响应使 MES 能够减少企业内部没有附加值的活动，有效地指导工厂的生产运作过程，从而使其既能提高工厂及时交货能力，改善物料的流通性能，又能提高生产回报率。MES 还通过双向的直接通讯在企业内部和整个产品供应链中提供有关产品行为的关键任务信息。

MES 的关键是强调整个生产过程的优化，它需要收集生产过程中大量的实时数据，并对实时事件及时处理。同时又与计划层和控制层保持双向通信能力，从上下两层接收相应数据并反馈处理结果和生产指令。因此，MES 不同于以派工单形式为主的生产管理和辅助的物料流为特征的传统车间控制器，也不同于偏重于作业与设备调度为主的单元控制器。作为一种生产模式，MES 把制造系统的计划和进度安排、追踪、监视和控制、物料流动、质量管理、设备的控制和计算机集成制造接口（CIM）等一体化去考虑，以最终实施制造自动化战略。

20 世纪 90 年代初期，美国先进制造研究机构（AMR）通过对大量企业的调查发现，完善的企业生产管理系统，普遍由以下三种软件构成：以 ERP/MRP II 为代表的企业管理软件，以 SCADA（数据采集与监视）、HMI(Human Machine Interface)为代表的生产过程监控软件，以及实现操作过程自动化、支持企业全面集成的 MES 软件。根据调查结果，AMR 于 1992 年提出了三层的企业集成模型，见图 18.1。

- 计划层。也是决策层使用的管理工具，主要应用系统是 ERP、CRM、SCM、BPM

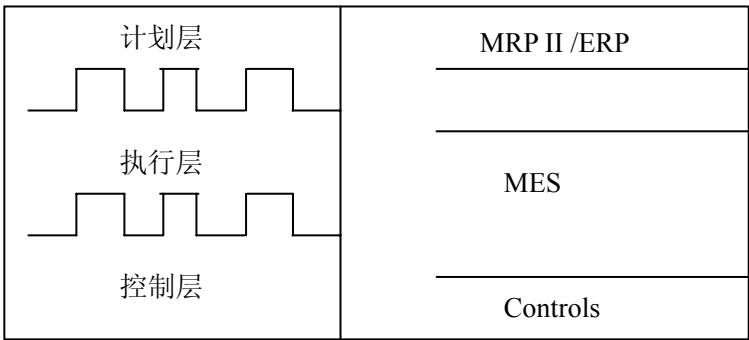


图 18.1 AMR 三层企业集成模型

（企业绩效管理）等。

- 执行层。企业中层使用的工具 MES，MES 在计划管理层与底层控制之间架起了一座桥梁。

● 控制层。一线操作人员使用的，以 SCADA（数据采集与监视）、HMI(Human Machine Interface)为代表的生产过程监控软件。

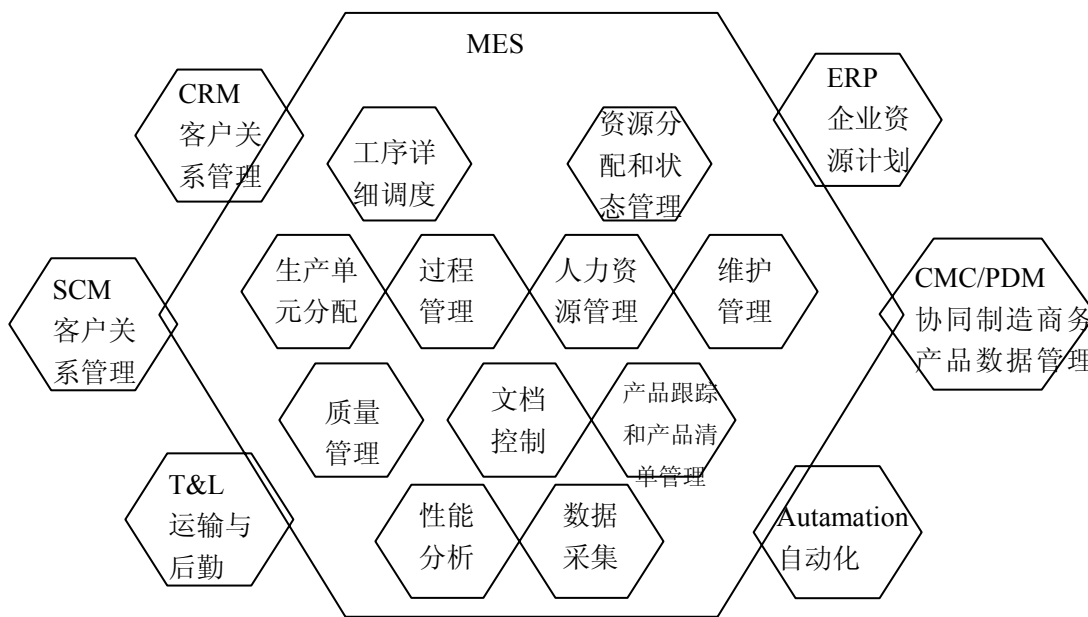
## MES 的功能

MES 是利用现场实时的数据提供从可以最佳化产品的订货到生产完成的生产活动的信息。通过减少没有价值的活动，有效的工厂运营得到可能。具体来讲，MES 具有以下功能，见图 18.2：

1. 工序详细调度：
2. 资源分配和状态管理

3. 生产单元分配
4. 文档控制
5. 产品跟踪和产品清单管理
6. 性能分析
7. 人力资源管理
8. 维护管理
9. 过程管理
10. 质量管理
11. 数据采集

图 18—2 MES 功能



## MES 的 体系结构

体系结构的好坏直接关系到整个系统的敏捷性能。目前比较有影响的有基于 CORBA 的 NIIP-SMAR

T 体系结构和基于 COM/DCOM 的面向制造业的 Windows DNA。两者各有优势，前者在跨平台及实时任务处理上具有优势，后者则有着广泛的应用基础。基于 CORBA 的 MES 的体系结构，见图 18—3。

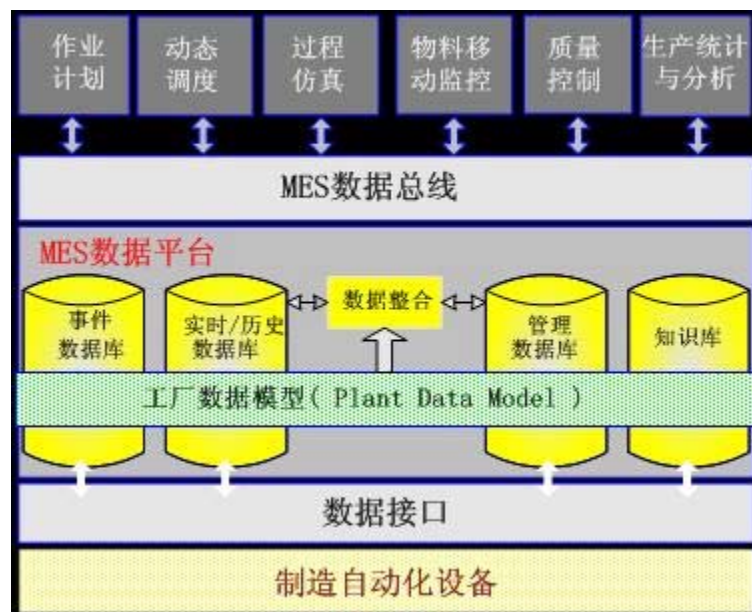


图 18.4 MES 的体系结构

无论采用哪种体系结构，MES 都需要解决以下关键问题：

- 设计面向对象的 MES 模型以支持应用集成。
- 设计分布式 MES 对象网络以支持实时活动。
- 设计 MES workflow 模型以支持各种控制策略，加强过程管理。
- 设计基于知识的规则以支持管理基于 MES 的产品。
- 集成 CORBA/STEP 以实现与 PDM 的无缝集成。
- 设计 MES 智能代理以支持虚拟企业中 MES 应用。

随着信息技术的发展和制造企业的竞争需求，将带动 MES 向可集成性（Integratability）、可配置性（Configurability）、可适应性（Adaptability）、可扩展性（Extensibility）和可靠性（Reliability）的方向发展。

## MES 的技术支撑

MES 是从企业全局的角度，统一规划面向整个生产执行过程的数据。因此，MES 数据集成平台作为 MES 系统的核心，在开放式体系结构下，以大型商业数据库为基础，采用构件技术、面向对象技术 XML 技术和建模技术，研究、分析、开发和实施以生产过程模型为驱动的流程行业数据集成平台，为建立开放的、灵活的、敏捷的流程行业 MES 系统提供基础的数据环境，发挥企业应用系统的最大价值。并围绕数据平台系统建立了质量管理、物料移动、生产调度、生产统计等关键应用。

但由于不同企业可能会从不同的软件供应商购买适合自己的 MES 模块，或将现有遗留系统（legacy system）集成为 MES 功能的一部分，其结果导致许多企业的 MES 系统实际上是往往具有各自的处理逻辑、数据库、数据模型和通信机制。又因为 MES 应用常常是要满足关键任务的系统，系统就很难随技术的更新而进行升级。为了实现与外部系统的集成，往往采用 API 技术、OLAP 技术和相应的通信机制，这些技术在某种意义上说，也是 MES 功能的核心部分。其中，外部应用系统的调用和插入使用 API 的方式，而应用 EDI 技术和外部环境进行数据交换。

### 案例

#### 宁波卷烟厂制造执行系统（MES）实践

##### 1. 实施背景

宁波卷烟厂制造执行系统（MES）的实践是在国家局 863 项目专家总体组指导下进行和完成的。

该系统是根据多年的烟草行业经验设计，根据实际情况，重点突出了生产、质量、设备管理的三条主线，围绕它们进行设计、开发，以适应宁波卷烟厂生产的实际情况，满足宁波卷烟厂现场生产管理的需要。MES 是建立在完善的制丝储丝数据采集系统、卷接包数据采集系统、质量检测器具等各类数据采集系统上的，把数据采集用于生产的实时指挥、质量的在线控制、设备的预防维修上，由此为烟草企业提供一种全新的生产管理模式，使烟草企业的生产管理水平上升到全新的高度，具体实施要求如下：

(1) 利用数据采集系统所获取的实时数据实现生产过程、产品质量的在线监控，提高快速反应能力，促进生产管理由被动指挥型向以预防为主、在线控制的主动实时指挥型管理体系发展。

(2) 利用数据采集所获取的实时质量数据实现对在制品质量的在线监控，建立对质量参数变化的预防报警机制，预防质量问题的发生，并尽可能的通过对质量检测器具的质

量检测数据自动采集，加快检测结果的反馈速度，把质量问题的影响降低到最小。

(3)利用数据采集所获取的设备状态及相关数据，使对设备的应急维修逐步过渡到有针对性的预防维修，建立设备故障报警机制，提高技术人员对设备故障的反应速度，建立维修专家支持系统，促使维修工作标准化，提高维修工作效率，提高设备的运行效率和对质量的保证能力。

## 2. MES 功能结构

卷烟厂生产管理信息系统是建立在完善的制丝（储丝）数据采集系统、卷接包数据采集系统、质量检测器具等各类数据采集系统上的，对于数据采集系统，在烟草行业的应用一直有一个误区，过去大家把数据采集系统的应用定位于重点采集生产的消耗数据，为机台考核及成本核算服务，这种定位实际上是错误的，因为再精确的采集也无法做到将生产过程中的边角余料（例如每个卷烟盘纸的剩余部分）以及人为的浪费采集出来，机台考核及成本核算只能以仓库发出的领料数为准，错误的认识极大地阻碍了数据采集系统在烟草企业的应用，因此，尽管很多企业纷纷建立了数据采集系统，但真正发挥实际效益的极少。应该把数据采集用于生产的实时指挥、质量的在线控制、设备的预防维修上，由此为烟草企业提供一种全新的生产管理模式，使烟草企业的生产管理水平上升到全新的高度。

## 3.关键技术

由于卷烟企业制造集成系统是面向卷烟生产全过程，为实时生产管理服务的。因此，设计和实施宁波卷烟厂制造执行系统（MES）必须根据我厂的实际，结合制造执行系统（MES）发展趋势，采用以下关键技术：

### （1）通用性的综合集成技术

- 建立高通用性的构架
- 提高可集成性：
- 提高互操作性：

综上所述，该系统集成了多个厂家的数据采集系统、管理系统的数据库，并进行实时数据传递，将数据集成到厂服务器，构成统一的数据平台，并在此基础上开发出多种实时应用。

### （2）基于微软的.NET 平台开发技术

之所以选择微软的.NET 平台上进行开发，是因为.NET 是一个软件平台，可以连接着信息、用户、不同的系统和设备，它简化了在高度分布式 Internet 环境中的应用程序开发。

### （3）品质管理技术

为保证系统实施的质量，专门制定并发布了品质管理制度，并在品质管理制度下开展品质管理工作。具体包括以下 3 点：

- 统一规范。
- 配置管理。
- 检查与测试。

### （4）项目管理技术

为保证项目进展顺利，在实施过程中采用项目管理，具体措施如下：

- 明确项目目标与范围。
- 建立项目组织。
- 制定项目计划。
- 进行项目检查与考核。建立项目过程检查和评价制度，确保过程活动的质量和进度，同时对项目实施人员和部门的工作进行正确和有效评价。

# 并行工程

## 并行工程产生的背景

传统的制造业中，产品的开发过程是沿用从设计到制造的串行生产模式，即：需求分析，方案设计、产品设计（详细设计）、加工计划控制、加工、装配、检测、实验验证、修改的流程，但这种该生产模式中，各个工作环节彼此分离，仅以本环节的需要和优化出发，彼此间缺乏沟通和相关信息交流，很少也很难考虑产品整个生命周期中的各种因素，如可制造性、结构工艺性等，只有在制造后期才能发现所制造的产品存在种种缺陷，这必然要求对原设计进行修改，从而构成了从概念设计到设计修改的大循环，而且可能不同的环节、多次重复这一过程，造成设计改动大，物力消耗大、成本高、质量不易保证。更重要的是产品开发周期长，失去了宝贵的时间，难以满足激烈的市场竞争的需求。

近几年来，并行工程在美国及许多西方国家十分盛行，是目前国际机械工程领域中重要的研究方向。引起各国工程界和学术界的高度重视，发展极为迅速，一些实用性的 CE 系统和 CE 环境相继推出，取得了良好的效果。

## 并行工程的涵义

并行工程（concurrent Engineering, CE）又称同步工程或周期工程，是针对传统的产品串行生产模式而提出一个概念，一种哲理和方法。至今并于并行工程的定义国际上尚未统一。并行工程的定义目前普遍采用 R.I. Winner 在国际分析研究所(IDA)R-388 研究报告中的定义:并行工程是对产品及其相关过程(包括制造过程和支持过程)进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式。这种工作模式力图使产品开发人员从设计一开始就考虑产品整个生命周期中从概念形成到产品报废的所有因素。包括质量、成本、进度与用户需求。它有两个基本点：一是要求设计和制造过程的多项计划同时并行交叉进行；二是在设计阶段很早就考虑到这一项产品的所有要素。换句话说：并行工程是集中了各学科的人材运用现代化的手段组成产品开发群组协同工作，使产品开发的各个阶段，既有一定时序，又能并行，同时收集大量的有关信息、采纳上、下游的各种因素和有用信息，共同决策产品开发各阶段工作的方案，使产品开发的早期就能及时发现和纠正产品开发过程中的问题，从而缩短了产品开发的周期、提高了产品的质量，降低成本，增强了企业的竞争能力。并行工程的原理有人概括为，有效的领导方法，并行设计产品及相关过程；满足客户要求；不断进行过程的改进；开发管理信息和知识财富；重点放在通过长期计划和决策获取效益上，并行工程不同于计算机集成制造（CIM），却能为计算机集成制造系统（CIMS）提供良好的运行环境。产品并行生产模式，如图 18.5 所示。

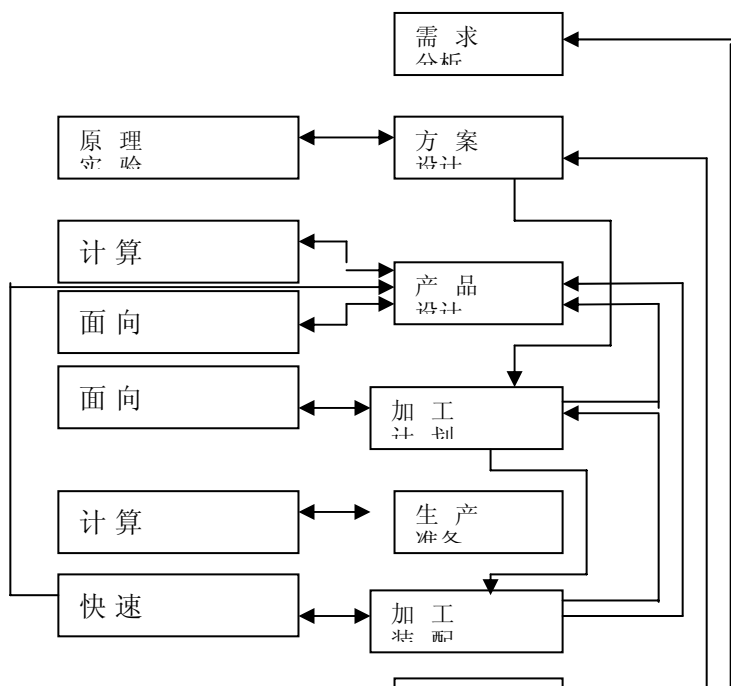




图 18.5 产品并行生产模式

## 并行工程的特点

一般而言，并行工程是集成地（指新集成概念）、并行地设计产品及其相关的各种过程系统论，它要求产品开发人员在设计一开始就考虑产品整个生命周期中从概念形成，到产品报废处理的所有因素，即包括：质量、成本、进度计划和用户要求。因此，并行工程具有以下几个方面特点

1. 基于集成制造的并行性
2. 并行有序
3. 群组协同
4. 面向工程的设计
5. 计算机仿真技术

## 并行工程的体系结构

并行工程通常由过程管理、工程设计、质量管理、生产制造、支持环境等五个系统组成的。其体系结构如图 18.6 所示：

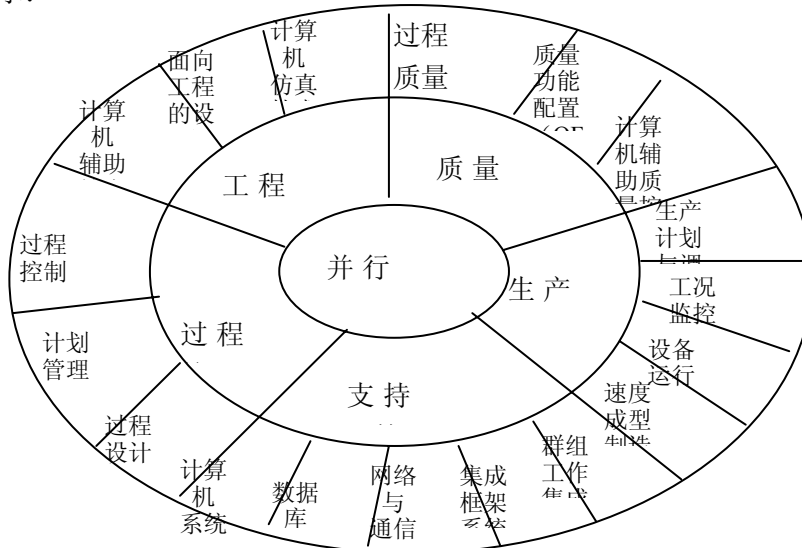


图 18.6 并行工程的体系结构

由图 18.6 可见，各分系统中其主要工作也都逐层分解，分工明确，这样就可以使不同地区、工厂、车间生产通过人用计算机手段有机地连结起来（与过去的 CIMS 不同）形成了“闭环”工程。

# 并行工程事实所需支持环境

并行工程的成功实施需要集成框架软件的支持，产品数据管理（Product Data Management，PDM）系统由于具有分布式数据管理、良好的系统开放性、应用集成与过程管理等功能，是实施并行工程不可缺少的框架系统<sup>[1]</sup>。本文以某企业机械产品为例，说明 PDM 作为产品开发的集成框架对并行工程的支持，提出了产品全生命周期数字化对象模型和基于 STEP 的 CAX 信息集成模式，研究在 PDM 系统支持下信息共享，人员组织模式、并行化产品设计过程等并行设计的关键技术。

结合上述，并行工程体系结构，需要建立支持多功能并行开发的协同工作环境，对产品进行生命周期全数字化定义，实现信息的完全计算机化管理；定义结构优化的团队组织模式，分层建立信息共享操作的权限；提供与不同应用工具的分层接口，有效管理工具资源信息；在对企业过程模型进行优化的基础上，将其转化为支持环境中可控的工作流程，实现产品的并行设计。

## 并行工程实施的途径

### 1. 沿着“全寿命工程”推进并行工程

该方法突出产品从概念到处理的全过程设计。全寿命工程项目特别为各国军方关注，全过程设计的宗旨在于解决后勤支持的可靠性和可维修性；自然也涉足到并行工程的“全面质量管理”。全寿命工程强调产品设计早期阶段各种需求的考虑，它包括了三种并行活动：

- （1）设计的考虑和产品 / 系统的需求；
- （2）制造活动 / 和工艺过程；
- （3）产品 / 系统支持和后勤支持

### 2. 沿着可制造设计和可装配设计路径，推进并行工程

### 3. 重视组织和文化改变的实施路径

## 案例

### 快运棚车开发过程

某型号的铁路快运棚车产品原有的产品开发过程是串行过程。串行的产品开发过程形成了产品设计、生产准备、样机试制、实验、运行考验大循环。从而导致产品开发周期长，影响产品设计的质量和开发成本。采用并行工程的方法可以有效地克服这些缺陷，缩短产品开发周期 30~40%，大大减少设计错误，提高设计质量。该实例亦可验证上述的任务分解的几个结论。

快运棚车产品的方案设计是确定棚车的性能指标，形成方案图、关键零部件图，在厂内进行评审。方案设计做完后细化产品的大组成，经主管校对以后与工艺人员进行会签。任务分解以后的产品设计由侧墙、端墙、底架、车顶、衣架属、风制动、手制动、标记和车钩等部分组成。

管理者在进行快运棚车产品的开发过程的建模时，根据设计主管对任务的分解结果，采用任务的分解者和执行者的分类，划分多学科开发团队的成员的角色，并对任务按照活动的属性来规定其开始时间、结束时间，明确启动活动的输入条件和文本条件。

建模工具中设置活动的分解者与执行者是在“组织视图”页内进行的。当选择执行者按钮时，就会进入为过程分配过程执行角色的对话框，如图 18.10 所示；当选择分解者按钮时就会进入为过程分配角色的对话框，如图 18.11 所示。其中：

待分配角色：是指从组织视图得到的可以为过程分配的角色；

已分配角色：是指已经为该过程分配的角色；

增加：是指将待分配角色分配到给过程中；

删除：是指将已经分配的角色从该过程中删除；

重新申请：是指当过程需要重新执行时，为过程已占用的角色重新申请占用；

申请：是指对待分配的一个角色得到他所能分配的角色；

在图 18.11 的列表框中选择一个角色然后按 OK 按钮，即可为过程分配一个分解者。



图 18.10 任务的分配角色



图 18.11 任务的分解者

# 逆向工程

在计算机高度发展的今天，三维立体的几何造型技术已被制造业广泛应用于工业模具的设计、方案评审、自动化加工制造及管理维护等各方面。但生产中，也往往会遇到这样的难题，就是客户给你的只有一个实物样品或手工模型，没有图纸 CAD 数据档案，工程人员没法得到准确的尺寸，制造模具就更为困难。传统的方法，时间长而且效果不佳。这时，需要采用各种测量手段及三维几何建模方法，将原有实物转化为计算机上的三维数字模型。这就是所谓逆向工程(Reverse Engineering)。

## 逆向工程的背景

逆向工程(Reverse Engineering)，作为一项新的先进制造技术，其被提出是在上世纪八十年代末至九十年代初。当时首先由美国汽车龙头—福特汽车公司倡导的汽车“2 毫米工程”对传统的制造业提出了前所未有的挑战。它要求将质量控制从最终产品的检验和检测，提前到产品的开发设计阶段。减小开发风险，降低开发成本，加快产品成功开发的周期。九十年代初在世界范围内掀起了所谓“先进制造技术及设备”的研究、开发热潮。

在激烈竞争的全球化市场中，企业往往采用并行工程的概念以实现对提高产品质量和快速响应周期的需求。逆向工程技术则可以有效地实现这一目标，利用这一技术可以缩短产

品从设计到制造的时间。

事实上有很多企业其产品开发过程的起始阶段往往都要生成 CAD 模型，但这在某种程度上常常并不切实可行。在许多领域往往是先构造出一个产品的原型，然后对其从产品的性能、美学以及其它准则进行评价，在证实其设计的可行性后才能进行 CAD 建模来完成设计的后续阶段。逆向工程技术恰好可以用于完成这样一个从产品原型到 CAD 模型建立的过程，因而这一技术被得于广泛应用。

## 逆向工程的涵义

逆向工程 (Reverse Engineering, RE) 是对产品设计过程的一种描述。一般来说，产品设计过程是一个“从无到有”的过程，即设计人员首先在大脑中构思产品的外形、性能和大致的技术参数等，然后通过绘制图纸建立产品的三维数字化模型，最终将这个模型转入到制造流程中，完成产品的整个设计制造周期。这样的产品设计过程称为“正向设计”过程。

而逆向工程产品设计可以认为是一个“从有到无”的过程。简单地说，逆向工程产品设计就是根据已经存在的产品模型，反向推出产品设计数据（包括设计图纸或数字模型）的过程，从这个意义上说，逆向工程在工业设计中的应用已经很久了。早期的船舶工业中常用的船体放样设计就是逆向工程的很好实例。

随着计算机技术在制造领导的广泛应用，特别是数字化测量技术的迅猛发展，基于测量数据的产品造型技术成为逆向工程技术关注的主要对象。通过数字化测量设备（如坐标测量机、激光测量设备等）获取的物体表面的空间数据。需要利用逆向工程技术建立产品的三维模型，进而利用 CAM 系统完成产品的制造。因此，逆向工程技术可以认为是将产品样件转化为三维模型的相关数字化技术和几何建模技术的总称。

# 逆向工程实施的原理

逆向工程的实施过程是多领域、多学科协同过程。从图 1 中我们可以看出，逆向工程的整个实施过程包括了从测量数据采集、处理到常规 CAD/CAM 系统，最终与产品数据管理系统（PDM 系统）融合的过程。工程的实施需要人员和技术的高度协同、融合。

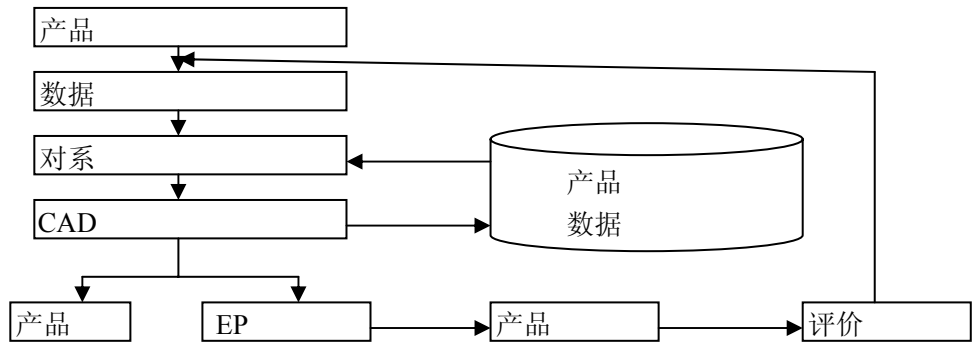


图 18.12 逆向工程实施原理

## 逆向工程应用的领域

逆向工程的应用领域大致可分为以下几种情况：

- （1）在没有设计图纸或者设计图纸不完整以及没有 CAD 模型的情况下，在对零件原型进行测量的基础上形成零件的设计图纸或 CAD 模型，并以此为依据生成数控加工的 NC 代码，加工复制出一个相同的零件。其设计加工流程如图 1 所示。
- （2）当要设计必须通过实验测试才能定型的工件模型时，通常采用逆向工程的方法。比如航天航空领域，为了满足产品对空气动力学等要求，首先要求在初始设计模型的基础上经过各种性能测试（如风洞实验等）建立符合要求的产品模型，这类零件一般具有复杂的自由曲面外型，最终的实验模型将成为设计这类零件及反求其模具的依据。
- （3）在美学设计特别重要的领域，例如汽车外型设计广泛采用真实比例的木制或泥塑模型来评估设计的美学效果。此外，如电脑仿型、礼品创意开发等。

## 逆向工程工作步骤

逆向工程具有与传统设计制造过程截然不同的设计流程。在逆向工程中，按照现有的零件原形进行设计生产，零件所具有几何特征与技术要求都包含在原形中；在传统的设计制造中，按照零件最终所要承担的功能以及各方面的影响因素，进行从无到有的设计。此外，从概念设计出发到最终形成 CAD 模型的传统设计是一个确定的明晰过程，而通过对现有零件原型数字化后形成 CAD 模型的逆向工程是一个推理、逼近的过程。

逆向工程一般可分为 4 个阶段：

- （1）零件原形的数字化，通常采用三坐标测量机（CMM）或激光扫描等测量装置来获取零件原形表面点的三维坐标值。
- （2）从测量数据中提取零件原形的几何特征 按测量数据的几何属性对其进行分割，采用几何特征匹配与识别的方法来获取零件原形所具有的设计与加工特征。
- （3）零件原形 CAD 模型的重建 将分割后的三维数据在 CAD 系统中分别作表面模型的拟合，并通过各表面片的求交与拼接获取零件原形表面的 CAD 模型。

(4) 重建 CAD 模型的检验与修正 采用根据获得的 CAD 模型重新测量和加工出样品的方法来检验重建的 CAD 模型是否满足精度或其它试验性能指标的要求, 对不满足要求者重复以上过程, 直至达到零件的设计要求。

## 逆向工程的关键技术

### 1. 计算机辅助集成技术

计算机辅助设计和制造技术, 在汽车行业中的应用已有 30 多年, 但作为计算机辅助集成技术(CAX), 却是近年发展起来的, 并得到不断深化和延伸应用。CAX 包括: 计算机辅助造型(CAS)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助试验(CAT)、计算机辅助质量检测(CAI)、计算机辅助工艺规程编制(CAPP)、产品信息管理(PIM)、产品数据管理(PPM)等等。

CAX 实际上是把多元化的计算机辅助技术集成起来, 复合和协调地进行工作, 除了在产品设计时, 设计部门工作外, 其他各部门也可以提前介入, 并行作业, 无需等待上一道作业完成后, 才开始下一道作业, 大大缩短了开发时间; 同时, 在产品设计早期, 能很好地考虑到产品生命周期的各种因素, 提前发现设计上的错误和误差, 及时进行修正以及可以在设计过程中, 按照市场的需求, 不断提出可比较的多种设计方案, 从而获得最优化的设计成果和效益。

### 2. 虚拟现实技术

虚拟现实技术汇集了现代多媒体、人工智能、人机多维界面技术、传感器技术等高科技, 并通过人的视觉、听觉、触觉、手势或口令, 实现人、机行为一体化的信息空间, 形成一种逼真的、动态的、多维的虚拟模型, 实现汽车产品的设计工作。

近年来, 虚拟现实技术已较多地应用到汽车设计工作中。在 20 世纪 80 年代末, 应用的是桌面虚拟现实系统, 一般在工作站上工作, 属于初期阶段; 20 世纪 90 年代中期, 采用沉浸式虚拟现实系统, 应用各种体验器, 配合动画, 显示出 1:1 的汽车虚拟形象进行设计操作。一些跨国汽车集团已试行分布式虚拟现实系统, 可在网络环境中, 充分利用分布在世界各地的各种资源, 协同进行互动性的产品设计, 甚至请顾客在融洽的气氛中, 共同探索汽车产品的开发。虚拟现实技术在汽车行业中, 已初步形成一种专业理论、工程设计、科学试验等较为完整的应用体系, 发展前景非常好。汽车界人士预测, 不久的将来, 它可能将计算机图形界面淘汰, 就像当年图形界面把单词字符界面推下计算机屏幕一样。

### 3. 神经网络

神经网络系统是当代模糊控制系统的一个重要分支, 近年来在汽车产品设计中得到较为广泛的研究和应用。神经网络系统和传统的计算机结构与程序是两种性质不同的体系。传统计算机数学模型的逻辑程序, 不能适应高度复杂性和不确定性的信息识别和处理能力, 而神经网络系统则以人脑思维为参照, 可以模拟人的思维活动, 实现人工智能控制。

当前, 神经网络系统已部分应用在汽车产品上, 如正在研制在汽车空调系统上, 应用神经传感器, 通过测定每一乘客的皮肤, 即可判断每一个乘客对空调的适应状况, 以形成不同温度和气流的空气场。

汽车专家预测, 当前, 神经网络系统的发展正进入一个新的时期。目前, 高度集成化的神经网络芯片、神经元处理机、神经系统计算机等产品, 越来越近似人的感知决策行为, 朝着更高层次的智能模拟目标逼近。

### 4. 知识工程

汽车零部件系统集成和模块化供货, 已成为国内外汽车主导企业产品开发的通行办法。当前, 国际汽车界正兴起一种知识工程模块, 它将成为汽车产品开发最活跃的一个组成部分。

美国斯坦福大学费根鲍姆教授说: “知识工程是人们积极应用经验和知识, 以解决问题为前提, 并与人工智能结合在一起, 所形成的一种研究和应用领域。”当前, 国际汽车界的产、学、研部门进行了广泛合作, 致力于知识工程模块的研发工作, 其主要特点是: 推行具有鲜明的创新和超前性的产品; 积极建立汽车零部件知识工程模块的知识库和高级软件的研发; 应用虚拟化方式, 协调汽车制造商和零部件制造商之间的协同、组合、可塑、合成工作, 实现同步工程, 致力于提高汽车产品开发的水平与效率。如全球车辆自动定位与导航系统, 先进的车辆控制与安全系统, 安全气囊系统、车辆信息与通讯系统等。

## 5. ERP 与 ERP II

ERP(企业资源计划)是在 20 世纪 90 年代推出的。它以供应链管理思想为基础,是应用现代信息技术的一种管理体系。当前,国外主要汽车企业几乎都在应用,国内已有 40 多家汽车与零部件企业在积极推行。如果说把汽车产品开发工作比作一辆汽车,那么 ERP 就好像一条平坦大道,使汽车能畅通无阻,快速通行。ERP 对汽车产品开发的作用,是立足于更广泛的角度,集成整个开发过程的供应链资源,促进流程重组,实现流程增值,有利于在短时间内促使新产品进入市场,准确地有效地满足用户的需求,尽最大可能实现产品开发的经济效益。

ERP 的开发商——美国 Gartner 公司称,为实现更大范围集成资源的下一代 ERP 系统 ERP2,可能在 2004 年问世。ERP2 可以理解为协同商务的一种模式,其特点是有利于扩大电子商务的作用,由一个企业的纵向集成走向社会化和群体集成。

## 6. 分布式网络

目前,国内外汽车企业都参与各种网络活动,这已成为汽车产品开发的一个重要手段。

从当代计算机网络的结构和层次上看,分布式网络构成了主导形式。客户机与服务器系统,是属于分布式网络的计算模式,在这种局域网中,服务器像一个大仓库,工作站要信息,就从仓库中搬,这个仓库的“存货”搬空后,网络可以转到另外的仓库中搬货,这种反复的信息交换和提取,充分发挥了网络效率,各个汽车厂家都乐于采用。

在分布式因特网、局域网中,推出浏览器与服务器和网络系统,促使信息仓库存量激增,而且虚拟化,是不容易搬完的,可以说它是一个网络库,也是分布式网络的一种特殊结构。

# 逆向工程的发展趋势

逆向工程是一项开拓性、实用性和综合性很强的技术,逆向工程技术已经广泛应用到新产品的开发、旧零件的还原以及产品的检测中,它不仅消化和吸收实物原型,并且能修改再设计以制造出新的产品。但逆向工程的过程中系统集成化程度比较低,人工干预的比重大。将来有望形成集成化逆向工程系统,以软件的智能化来代替人工干预的不足。

## 案例

逆向工程包括快速反求、快速成型、快速模具以及多自由度数控加工等多个环节。其中作为快速反求的发展则是由传统的接触式测量向快速非接触式测量逐步发展,特别是承受着“光机电一体化”技术的发展,结合了计算机、图像处理,激光技术以及精密机械的三维激光扫描仪逐渐成为了反求工程的主流。而三维激光扫描从形式上又是从点扫描测量向线扫描测量、场测量发展的,其中线扫描测量与点扫描同样基于“三角法测量原理”,同时借助于高精度,高分辨率的面阵 CCD 图像采集系统,从而使其具有了与点扫描形式类似的高测量精度以及可与场测量方式媲美的高效率。另外,采用步进电机带动旋转平台,可以获取被测物体的全轮廓数据信息,能真正做到了采用三维扫描方式获取物体三维形状信息。

Laser-RE 推出后的短短两年时间内,仅就珠江三角洲地区, Laser-RE 就已销售近百余台,国内一些大型的企事业单位均先购了该设备,如:浙江大学、哈尔滨理工大学、重庆工学院、五邑大学、东莞理工学院、江苏金鼎集团等。销售量在国内名列前茅。所以说三维激光扫描仪这个“旧时王谢堂前燕”,到今天才真正“飞入寻常百姓家”。在深圳、广州、东莞、顺德、宁波、温州、义乌、泉州、重庆等地涌现出很多以 Laser-RE 为革本设备的专业对外进行逆向工程反求处理的国营、个体设计服务中心。“对外激光抄数”、“对外激光三维测绘”在国内制造业内达到前所未有的热度,极大地推动了当地企业产品开发、设计的水平和减少开发周期,取得了很好的经济效益和社会效益。

# 计算机集成制造系统 CIMS

## CIMS 的背景

近半个世纪来，制造业间的竞争日趋激烈。制造业市场已从传统的"相对稳定"逐步演变成"动态多变"的局面，其竞争的范围也从局部地区扩展到全球范围。

回顾历史，随着时代的变迁，产品间竞争的要素不断随之演变。在早期，产品竞争要素是成本（C），七十年代增加了质量（Q），八十年代增加了交货期（T），九十年代又增加了服务（S），近期又增加了环境清洁（E），预计下一世纪将增加"知识创新"（K）这一关键因素。另一方面，当今世界已步入信息时代并迈向知识经济时代，以信息技术为主导的高技术也为制造技术的发展提供了极大的支持。上述两种力量推动了制造业发生着深刻的变革，信息时代的"现代制造技术"及其产业应运而生，其中，CIMS 技术及其产业正是其重要的组成部分。

20 世纪 70 年代，美国约瑟夫·哈林顿（Joseph Harrington）博士首次提出 CIM（Computer Integrated Manufacturing）理念。它的内涵是借助计算机，将企业中各种与制造有关的技术系统集成起来，进而提高企业适应市场竞争的能力。虽然 CIM 理念产生较早，但是基于 CIM 理念的系统 CIM（Computer Integrated Manufacturing System）在 80 年代中期才开始重视并大规模实施，其原因是 70 年代的美国产业政策中过分夸大了第三产业的作用，而将制造业，特别是传统产业，贬低为"夕阳工业"，这导致美国制造业优势的急剧衰退，并在 80 年代初开始的世界性的石油危机中暴露无遗，此时，美国才开始重视并决心用其信息技术的优势夺回制造业的霸主地位，认为"CIMS, No Longer A Choice!"。于是美国及其它各国纷纷制订并执行发展计划。自此，CIMS 的理念、技术也随之有了很大的发展。CIM 应用的发展主要表现在下述方面：（1）已遍及发达国家及一些发展中国家；（2）从机械制造业扩展到各类制造业；（3）从多品种、小批量生产方式发展到多种生产方式；（4）从简单产品扩展到复杂产品；（5）系统开发与实施技术更为成熟，成功率大大提高；（6）有力地促进了 CIM 技术和产业的发展。美国未来学家认为：在 2030 年 80% 的美国企业实现 CIM。

自 1989 年以来，863/CIMS 主题已在我国机械、家电、航空、航天、汽车、石油、纺织、轻工、冶金、煤炭、化工、邮电、服装等行业中的 210 家企业实施各种类型的 CIMS 应用示范工程。结果表明：CIMS 应用示范工程的实施使企业显著地增强了竞争能力，CIMS 应用是我国企业实现两个根本转变的一种有效途径。

## CIMS 的内涵

CIMS（Computer Integrated Manufacturing System，计算机集成制造系统）是随着计算机辅助设计与制造的发展而产生的。它是在信息技术自动化技术与制造的基础上，通过计算机技术把分散在产品设计制造过程中各种孤立的自动化子系统有机地集成起来，形成适用于多品种、小批量生产，实现整体效益的集成化和智能化制造系统。集成化反映了自动化的广度，它把系统的范围扩展到了市场预测、产品设计、加工制造、检验、销售及售后服务等的全过程。智能化则体现了自动化的深度，它不仅涉及物资流控制的传统体力劳动自动化，还包括信息流控制的脑力劳动的自动化。

因此，CIMS 的实质就是借助于计算机的硬件、软件技术，综合运用现代管理技术、制造技术、信息技术、自动化技术、系统工程技术，将企业生产全部过程中有关人、技术、经营管理三要素及其信息流、物流有机地集成并优化运行，以改进企业产品开发的时间（T）、Q（质量）、C（成本）、S（服务）、E（环境），从而提高企业的市场应变能力和竞争能力。”

当前，CIMS 已经发展为“现代集成制造（Contemporary Integrated Manufacturing）与现代集成制造系统（Contemporary Integrated Manufacturing System）”，已在广度与深度上拓展了原 CIM/CIMS 的内涵。



## CIMS 的构成

一般 CIMS 包括 4 个应用子系统和 2 个支持分系统，其中 4 个应用子系统也构成了 CIMS 的功能：

(1) 管理信息应用分系统 (MIS)：具有生产计划与控制、经营管理、销售管理、采购管理、财会管理等功能，处理生产任务方面的信息。

(2) 技术信息应用分系统 (CAD&CAPP)：由计算机辅助设计、计算机辅助工艺规程编制和数控程序编制等功能组成，用以支持产品的设计和工艺准备，处理有关产品结构方面的信息。

(3) 制造自动化应用分系统 (CAM)：也可称为计算机辅助制造分系统，它包括各种不同自动化程度的制造设备和子系统，用来实现信息流对物流的控制和完成物流的转换，它是信息流和物流的接合部，用来支持企业的制造功能。

(4) 计算机辅助质量管理应用分系统 (CAQ)：具有制订质量管理计划、实施质量管理、处理质量方面信息、支持质量保证等功能。

(5) 数据管理支持分系统：用以管理整个 CIMS 的数据，实现数据的集成与共享。

(6) 网络支持分系统：用以传递 CIMS 各分系统之间和分系统内部的信息，实现 CIMS 的数据传递和系统通信功能。

## CIMS 的技术优势

CIMS 的技术体系，包括总体技术、设计自动化技术、加工生产自动化技术、经营管理与决策技术、支撑平台技术和流程企业生产过程控制技术。

从 CIMS 技术的发展的角度看，经过了三个阶段：信息集成（以早期计算机集成制造为代表）、过程集成（以并行工程为代表）和企业间集成（以敏捷制造为代表）。前者是后者的基础，同时，三类集成优化技术也还在不断发展之中。而系统集成优化是 CIMS 技术与应用的核心技术：

（1）信息集成优化 信息集成主要解决企业中各个自动化孤岛之间的信息交换与共享，其主要内容有：

- 1) 企业建模、系统设计方法、软件工具和规范。
- 2) 异构环境和子系统的信息集成。早期信息集成的实现方法主要通过局域网和数据库来实现。近期采用企业网、外联网、产品数据管理（PDM）、集成平台和框架技术来实施。值得指出，基于面向对象技术、软件构件技术和 web 技术的集成框架已成为系统信息集成的重要支撑工具。

（2）过程集成优化

传统的产品开发模式采用串行产品开发流程；设计与加工生产是两个独立的功能部门；缺乏数字化产品定义和产品数据管理；缺乏支持群组协同工作的计算机与网络环境。但是“并行工程”较好地解决了这些问题。

（3）企业间集成优化

企业间集成优化是企业内外部资源的优化利用，实现敏捷制造，以适应知识经济、全球经济、全球制造的新形势。

从管理的角度，企业间实现虚拟企业（virtual enterprise）和动态联盟，形成扁平式企业的组织管理结构和“哑铃型企业”，实现产品型企业，增强新产品的设计开发能力和市场开拓能力，发挥人在系统中的重要作用等。

企业间集成的关键技术包括信息集成技术；并行工程的关键技术；虚拟制造；支持敏捷工程的使能技术系统，基于网络（如 internet/intranet/extranet）的敏捷制造，以及资源优化（如 ERP、供应链、电子商务）。

## CIMS 实施的思想

CIMS 是企业经营之道，其中心思想是利用信息技术的手段进行业务集成和资源共享，支持企业的业务活动和产品创新。因此，CIMS 的实施不仅仅是技术问题，更重要的是业务问题。CIMS 的实施可以归结为三个工程，即业务过程工程、产品工程 and 信息技术工程。

CIMS 的实施首先要进行企业的业务过程重组或改进，通过重新组织企业的业务框架来释放信息技术的潜力，也就是要开展业务过程工程。业务过程工程根据企业的战略目标和企业文化，重新设计和优化企业的产品过程，为客户创造更大的价值，并通过信息技术的使用和持续的过程改进，实现企业的持续发展。

## 实施 CIMS 的生命周期

CIMS 的生命周期可分为五个阶段。

（1）项目准备：这个阶段要对是否要投资开发 CIMS 进行决策。其主要任务是要在理解企业战略目标和了解内部外部现实环境的基础上，确定本企业实施 CIMS 的总体目标和主要功能，拟定集成的方案，比较选定实施的技术路线，并从技术、经济和社会条件等方面论证集成方案的可行性，制定投资规划和开发计划，编写可行性论证报告。

（2）需求分析：调查分析企业的内部和外部环境、企业现状、业务模式及现行的信息系统，结合企业的发展战略，分析企业发展过程中的瓶颈问题，并对企业现状模型进行分析、优化和重组，建立企业未来业务过程模型，明确技术、市场、软件产品、信息技术的支撑环境 and 应用需求。

（3）总体解决方案设计：根据企业 CIMS 的需求、目标和发展模式，设计总体集成方案和各分系统方案，建立目标系统的功能模型、确定信息模型的实体和联系，提出 CIMS 系统实施的主要技术方案，形成支持企业业务流程的基础技术体系、应用系统和集成平台解决方案，确定实施 CIMS 的集成与共性支撑

关键技术问题，为开发与实施 CIMS 系统打下基础。

(4) 系统开发与实施：根据总体设计对分系统的划分，对分系统进行详细设计，并将详细设计的内容进行物理实现，产生一个可运行的系统。该阶段各项工作最终都要达到可运行的程度，在实施过程中可能会发现很多设计中的错误与漏洞，必须及时修正，其最后衡量标准就是用户接受。

(5) 运行及维护：运行及维护阶段的主要任务就是对系统进行改正性的、完善性的、适应性的和发展性的维护与升级。系统运行及维护工作是一个长期的过程，不仅需要业务人员的参与，还需要建立专门的机构，对于中小企业也可以外包给专业公司。

## 现代集成制造技术的发展趋势

(1) 集成化-- 从当前的企业内部的信息集成和功能集成，发展到过程集成(以并行工程为代表)、并正在步入实现企业间集成的阶段(以敏捷制造为代表)。

(2) 数字化/虚拟化-- 从产品的数字化设计开始,发展到产品全生命周期中各类活动、设备及实体的数字化。在数字化基础上，虚拟化技术正在迅速发展，主要包括虚拟现实(vr)应用、虚拟产品开发(vpd)和虚拟制造(vm)。

(3) 网络化--从基于局域网发展到基于 intranet/internet/extranet 的分布网络制造,以支持全球制造策略的实现。

(4) 柔性化--正积极研究发展企业间动态联盟技术，敏捷设计生产技术，柔性可重组机器技术等，以实现敏捷制造。

(5) 智能化-- 智能化是制造系统在柔性化和集成化基础上进一步的发展与延伸，引入各类人工智能和智能控制技术,实现具有自律、分布、智能、仿生、敏捷、分形等特点的新一代制造系统。

(6) 绿色化-包括绿色制造、环境意识的设计与制造、生态工厂、清洁化生产等；它是全球可持续发展战略在制造业中的体现，它是摆在现代制造业面前的一个崭新课题。

### 案例

#### 实施 CIMS 工程提高竞争力——长征电器一厂信息化建设

贵州遵义长征电器一厂是我国生产低压塑壳断路器的主导厂和高压分接开关的定点骨干企业，我厂十分重视科技投入，拥有国内外先进数控设备 25 台和具有国际一流水平的 CAD/CAM 系统，先后建立了检测中心、计算中心、模具中心和试验中心。工厂制定了“以科技为本、推动技术进步、加速新产品开发进程、上质量、降成本、创名优产品”的长期发展战略方针，积极稳妥地开展 CAD/CAM 技术，有效地促进了企业的技术进步，为 CIMS 工程的实施打下了坚实的基础。

##### 1 向 CIMS 发展的需求

面临二十一世纪知识经济的挑战、信息时代的来临以及全球化市场的形成，市场经济的竞争更加激烈，过去相对稳定的市场已经变成了动态多变的市场，企业在参与激烈的市场竞争中求生存、求发展，面临着不可避免的严峻挑战。根据目前厂的实际情况，从 CAD/CAM 向 CIMS 发展的需求主要表现在以下几个方面：

(1) 虽然采用 CAD/CAM 技术后，获得了较好的经济效益。但从整体而言，它只涉及工程技术领域，只是一种单元技术，从另一方面来看，由于工程技术信息和生产经营管理信息不能共享，从而限制了 CAD/CAM 的发展，也造成了信息资源和软、硬件资源不能合理利用。

(2) 许多零部件及模具在设计过程中需要进行机构运动学与动力学分析，因此迫切需要引入 CAE 技术；同时，由于工艺设计工作量大、工艺文件管理难度较大，还需引

入 CAPP 技术以提高工艺设计的质量和效率、缩短生产准备时间。

(3) 必须将 CAD、CAE、CAM 等各自动化孤岛实现有机集成, 实现信息的共享, 从而进一步提高生产力, 因此有必要引入 PDM 对工程信息实施有效的管理和监控, 使各系统的运行更加优化, 并为 ERP 系统提供必要的工程信息; 此外, 通过 PDM 的工作流与过程管理技术, 推行并行设计, 以进一步缩短产品设计周期, 提高设计质量。

(4) 为了解决模具车间现有 DNC 网络可靠性差、通讯速度慢、通讯距离短、所连设备台数有限等问题, 需采用新型现场总线网络, 并实现 MAS 分系统与其它分系统的信息集成, 以提高生产率, 保证产品质量, 缩短生产准备时间。

由于企业各部门如设计、生产、供应、财务、销售各自封闭, 信息不能共享, 现行系统的管理方式及管理手段落后, 从而导致了生产计划、物资供应计划、库存得不到合理的控制。在市场竞争下必须采用先进的管理思想和技术来指导和改进企业的行为, 引入 ERP 技术实现系统间信息的集成, 保证企业战略目标的实现。

综上所述, 要根本解决企业的“瓶颈”问题, 必须以先进的信息技术为手段, 以信息集成为核心, 来改造传统制造业的生产经营管理模式, 提高企业的产品开发能力, 以解决企业的 T、Q、C、S 为目的, 提高企业的市场竞争能力, 达到企业的战略目标。计算机集成制造系统(简称 CIMS)为实现这一战略目标提供了一条有效的解决途径。

## 2. 应用示范工程的目标

以厂的近期和长期发展战略目标为基点, 针对企业实际生产的多品种、中小批量的特点, 基于“效益驱动, 总体规划, 重点突破, 分布实施”的总原则, 逐步建成一个经营管理科学化、工程设计/制造现代化、总体优越、效益显著的计算机集成制造系统, 其中包括要建成覆盖全厂的各类信息管理的计算机辅助管理系统(MIS), 先进适用的基于 PDM 技术的工程设计系统(EDS), 能充分发挥数控设备的制造能力的制造自动化系统(MAS), 所有这些系统, 均在计算机网络和数据库管理分系统(NES/DBS)的支撑下统一运行, 以实现对各大分系统的功能和信息集成。

## 3. 效益分析

### (1) 直接效益

#### ① 减少库存资金占用

现有标准件、零部件、外协件、原材料等库存资金 2700 万仅此一项就可减少资金占用 540 万, 实施 CY-CIMS 的效益是很明显的。

#### ② 减少流动资金占用

采用计算机进行生产计划编制和物料控制后, 可使高、低压产品的加工周期缩短 25%, 以征现行每月流动资金 500 万计算, 就可减少流动资金 125 万。

#### ③ 提高产品开发能力, 增强产品市场竞争力

通过 CAx 技术, 可明显提高产品质量, 缩短产品设计周期和生产准备周期, 从而可缩短整个产品的交货期, 增强产品的市场竞争能力, 同时, 通过 PDM 技术实现产品开发各阶段工程信息的集成管理, 使产品开发过程所涉及的大量复杂的工程信息处于稳定的受控状态, 通过信息的高度集成使企业在 CAD/CAM 方面前期投入的 800 万元资金充分发挥了效益。

### (2) 间接效益

有效提高员工的业务素质和计算机应用水平、提高企业的决策能力和管理水平、减轻管理人员的劳动强度及提高工作用率、提高制造水平、提高企业的客户形象, 增强企业的市场竞争能力、有利于企业参与市场竞争。

### (3) 社会效益

应用不仅注重企业自身的效益, 也注重由此产生的社会效益。社会效益有时也称为不可量化的效益, 主要体现在以下几个方面:

#### ① 指导作用

CY-CIMS 是贵州省首家 CIMS 应用示范工程，CY-CIMS 的实现具有一定的示范作用，为 CIMS 应用工程在我国电器制造企业及贵州省工业企业的企业信息化提供一种成功的应用模式，其设计思想和方法可以推广，具有较好的推广应用价值。

#### ②示范作用

长征电器一厂实施 CIMS 后，在管理水平、综合竞争能力方面的提高，可以为同行企业树立一个科技兴厂的榜样，使他们认识到“科学技术是第一生产力”的重要性和必要性。

可以看出，CIMS 工程的实施，将会给企业带来巨大的综合效益，给企业的发展带来深远的影响。在三种效益中，直接效益是有形的、可计算的，间接效益和社会效益是无法量化的，但是它们最终会以经济效益的形式体现出来，不可量化效益虽然具有一定的滞后性，但它们产生效益的时间更长，效果更加显著，意义更加深远。

## 网络化制造与服务

随着信息技术和计算机网络技术的迅速发展，世界经济正经历着一场深刻的革命。这场革命极大地改变着世界经济面貌，塑造一种“新经济”，即“网络经济”。由于互联网上信息传递的快捷性，同时由于制造环境变化的激烈性，企业间的合作越来越频繁，企业内的信息和知识将高度集成和共享，企业的管理模式将发生很大变化。因此，面对网络经济时代制造环境的变化，需要建立一种按市场需求驱动的、具有快速响应机制的网络化制造系统模式。网络化制造是传统制造业在网络经济中必然要采取的行动，制造企业将利用 Internet 进行产品的协同设计和制造。通过 Internet，企业将与顾客直接接触，顾客将参与产品设计，或直接下订单给企业进行定制生产，企业将产品直接销售给顾客。网络化制造将成为制造企业在 21 世纪的重要制造战略。

## 背景

90 年代初，美国里海大学（Lehigh University）在研究和总结美国制造业的现状和潜力后，发表了具有划时代意义的“21 世纪制造企业发展战略”报告，提出了敏捷制造和虚拟企业的新概念。这一新的哲理产生了巨大的反响。1994 年，美国能源部制订了“实现敏捷制造的技术”（Technologies Enabling Agile Manufacturing---TEAM）的计划（1994—1999），涉及联邦政府机构、著名公司和大学等 100 多个单位，并于 1995 年 12 月发表了该项目的策略规划和技术规划。1995 年美国国防部和自然科学基金会资助 10 个面向美国工业的研究单位，共同制定了以敏捷制造和虚拟企业为核心内容的“下一代的制造”计划。1996 年 5 月美国通用电器公司发表了计算机辅助制造网 CAMNet 的结构和应用。它通过万维网提供多种制造支撑服务，其目的是建立敏捷制造的支撑环境。1997 年美国国际制造企业研究所发表了《美国—俄罗斯虚拟企业网》研究报告。该项目是美国国家科学基金研究项目，目的是开发一个跨国虚拟企业网的原型，使美国制造厂商能够利用俄罗斯制造业的能力，英国利物浦大学正在欧共体资助下建立《英国西北虚拟企业网》，该网旨在支持、促进英国西北地区中小企业的合作与发展。1998 年 12 月，欧洲联盟公布了“第五框架计划（1998—2002）”，将虚拟网络企业列入研究主题。

在我国，1994 年，国外先进技术的发展引起了我国学术界、工业界和国家综合部门的重视，并被国家定为重点发展的科技领域之一。近几年，国内许多有识之士都特别提出要重视适合中国国情的新生产模式和管理技术的研究和应用。科学技术部于 1999 年 3 月将“网络化制造在精密成形与加工领域的应用研究及示范”课题列入“九五”国家重点科技攻关计划。

## 网络化制造的涵义

网络化制造指的是：面对市场机遇，针对某一市场需要，利用以因特网（INTERNET）为标志的信息高速公路，灵活而迅速地组织社会制造资源，把分散在不同地区的现有生产设备资源、智力资源和各种核心能力，按资源优势互补的原则，迅速地组合成一种没有围墙的、超越空间约束的、靠电子手段联系的、统一指挥的经营实体——网络联盟企业，以便快速推出高质量、低成本的新产品。

网络化制造技术是将网络技术和制造技术(重点是先进制造技术)相结合的所有相关技术和研究领域的总称，是经济全球化和信息革命时代的必然产物。网络化制造技术不是一项具体技术，也不是一个一成不变的单项技术，而是一个不断发展的动态技术群和动态技术系统，是在计算机网络，特别是 Internet / Intranet / Extranet 和数据库基础上的所有先进制造技术的总称。网络化制造技术涉及到制造业的各种制造经营活动和产品生产周期全过程，因此其技术构成涉及内容多，学科交叉范围大。但一般说来，“基于网络”是他相对其他制造技术的主要特征，该特征表明了网络的基础作用和支撑作用。网络化制造技术既是重要的高新技术，又是信息技术与制造技术的结合，是用信息化带动工业化的重要有效技术。

实施网络化制造技术的行为主体是网络联盟，因此需从网络联盟的全生命周期来考察研究与网络联盟相关的一系列问题，网络联盟的生命周期按时间大致划分为：面对市场机遇时的市场分析、资源重组分析、网络联盟组建设计、网络联盟组建实施、网络联盟运营、网络联盟终止等。

## 网络化制造系统构成

从功能上分析，网络化制造涉及到协同、设计、服务、销售和装配等，具体包括：网络化企业动态联盟和虚拟企业组建的优化系统、网络化制造环境下项目管理系统、网络化协同产品开发支持系统、网络化制造环境下产品数据管理及设计制造集成支持系统、网络化制造环境下敏捷供应链管理系统、产品网络化销售与定制的开发与运行支持系统、相应的网络和数据库支撑分系统，这些功能分系统既能集成运行，也能单独应用；从层次上分析，由下往上包括：基本的网络传输层、数据库管理系统、搜索和分析的基础通信平台、项目管理和 PDM、面向用户的应用系统和服务等。

## 网络化制造系统特点：

(1) 层次结构的相似性。分布式网络化制造系统具有一定的层次性，从下到上一般可分为单元级、车间级、系统/企业级等不同的层次，而且在不同的层次上都具有相似的体系结构，即同一层次中各结点都通过其 Agent 利用计算机网络相互连接，而处于低层次的系统，则作为一个整体通过其在上一网络层次中的代理连接到上一层次的网络中去。

(2) 分布式、开放的体系结构。在分布式网络化制造系统中，处于同一网络层次中的各个结点在逻辑结构上或地理位置上是分布的，无主从之分，能独立地、自主地完成各自的子任务，但为完成系统的整体任务，彼此间还需进行大量的交互活动，包括信息、数据的交流与共享，相互协商、协调与合作以协同完成任务。

(3) 良好的容错能力、可扩展和可重组性

(4) 互联性。各结点通过计算机网络，以一定逻辑互联方式实现连接和通讯。

(5) 互操作性。各结点或应用系统间能够交互作用、相互协调与合作以协同完成共同的任务。

(6) 数据、知识和信息的分布性。各个结点都有各自的以各种形式（如文件、数据库、知识库和电子表格等）存在的数据、知识和信息资源。

(7) 多样化。硬件平台、操作系统和应用平台的多样化。

## 网络化制造的关键技术：

网络化制造，所涉及到的实施技术涵盖了以下几方面：组织管理与运营管理技术；资源重组技术；网络与通讯技术；信息传输、处理与转换技术等。同时，由于网络化制造是建立在以因特网为标志的信息高速公路的基础上，因此必须建立和完善相应的法律、法规框架与电子商务环境，建立国家制造资源信息网，形成信息支持环境。

### 1. 制造系统的敏捷基础设施网络（AIMS Net, Agile Infrastructure for Manufacturing System）

AIMS Net 包括预成员和预资格论证、供应商信息、资源和伙伴选择、合同与协议服务、虚拟企业运作支持和工作小组合作支持等。AIMS Net 是一个开放网络，任何企业都可在其上提供服务。实现了服务的无缝化和透明化。通过 AIMS Net 可以减少生产准备时间，使当前的生产更加流畅，并可开辟企业从事生产活动的新途径。利用 AIMS Net 可把能力互补的大、中、小企业连接起来，形成供应链网络。企业更加强调自己的核心专长。通过相互合作，能有效地处理任何不可预测的市场变化。

### 2. CAM 网络（CAM Net）

CAM Net 通过 Internet 提供多种制造支撑服务，如产品设计的可制造性、加工过程仿真及产品的试验等，使得集成企业的成员能够快速连接和共享制造信息。建立敏捷制造的支撑环境在网络上协调工作，将企业中各种以数据库文本图形和数据文件存储的分布信息通过使能器集成起来以供合作伙伴共享，为各合作企业的过程集成提供支持。

### 3. 网络化制造模式下的 CAPP 技术

CAPP 是联系设计和制造的桥梁和纽带，所以网络化制造系统的实施必须获得工艺设计理论及其应用系统的支持。因此，在继承传统的 CAPP 系统研究成果的基础上，进一步探索网络化制造模式下的集成化、工具化 CAPP 系统是当前网络化制造系统研究和开发的前沿领域。它包括：基于 Internet 的工具化零件信息输入机制建立，基于 Internet 的派生式工艺设计方法，基于 Internet 的创成式工艺设计方法等。

### 4. 企业集成网络(Enterprise Integration Net)

Enterprise Integration Net 提供各种增值的服务，包括目录服务、安全性服务和电子汇款服务等。目录服务帮助用户在电子市场或企业内部寻找信息、服务和人员。安全性服务通过用户权限为网络安全提供保障。电子汇款服务支持在整个网络上进行商业往来。通过这些服务，用户能够快速确定所需要的信息，安全地进行各种业务以及方便地处理财务事务。

### 5. 分布式网络化制造系统的支撑技术

分布式网络化制造系统（distributed networked-manufacturing system, DNMS），是一种由多种、异构、分布式的制造资源，以一定互联方式，利用计算机网络组成的、开放式的、多平台的、相互协作的、能及时灵活地响应客户需求变化的制造系统，是一种面向群体协同工作并支持开放集成性的系统。其基本目标是将现有的各种在地理位置上或逻辑上分布的异构制造系统/企业，通过其 Agent 连接到计算机网络中去，以提高各个制造系统/企业间的信息交流与合作能力，进而实现制造资源的共享，为寻求市场机遇，及时、快速地响应和适应市场需求变化，赢得竞争优势，求得生存与发展奠定了坚实的基础，从而也为真正实现制造企业研究与开发、生产、营销、组织管理及服务的全球化开辟了道路。

在继承当前制造技术的基础上，构建和实现分布式网络化的制造系统需要计算机网络技术、分布式对象技术、多自主体系统(multi-agent system, MAS)技术以及数据库等关键技术的支撑。

#### （1）分布式对象技术及其标准

为在分布的、多种异构制造资源的基础上构造起分布式网络化制造系统，以有效地实现资源与信息共享、相互协调与合作以协同完成整体目标，系统集成就成为十分突出的问题。解决系统集成问题的有效途径就是遵循开放系统原则，采用标准化技术，建立集成软件环境。一种可分布的、可互操作的面向对象机制——分布式对象技术，对实现分布异构环境下对象之间的互操作和协同工作以构建起分布式系统具有十分重要的作用和意义。其主要思想是，在分布式系统中引入一种可分布的、可互操作的对象机制，把分布于网络上可用的所有资源封装成各个公共可存取的对象集合，采用客户/服务器(C/S)结构和模式实现对对象的管理和交互，使得不同的面向对象和非面向对象的应用可以集成在一起 [5]。

许多计算机厂商、标准化组织等纷纷制定了分布式对象技术的相关标准。其中，国际对象管理组织 OMG 发布的公共对象请求代理结构(common object broker architecture,CORBA),为分布异构环境下各类应用系统的集成,实现应用系统之间的信息互访、知识共享和协同工作提供了良好的可遵循的规范、技术标准 and 强有力的支持,它通过客户/服务器对象间的交互而实现资源的实时共享。CORBA 具有软硬件的独立性、分布透明性、语言的中立性,以及面向对象的数据管理等优点,从而成为当前十分有效的一种集成机制。因此得到包括 IBM、HP、DEC、Microsoft 等在内的计算机与软件厂商和 X/open、OSF 以及 COSE Alliance 等国际联盟的积极支持和采纳,已有几个遵循此标准的产品问世。

基于 CORBA 标准实现的系统集成和应用开发环境,是一个能跨越不同地理位置、穿越不同网络系统、屏蔽实现细节、实现透明传输、集成不同用户特长的基于 C/S 模式、面向对象、开放的分布式计算集成环境。在企业中将会有潜在的巨大的应用前景,在逐步实现企业生产和管理的自动化与智能化,提高生产率,增强和提高企业及时快速响应和适应市场的能力等方面都将起到积极的推动作用。

## (2) 多自主体系统技术

制造系统是由若干完成不同制造子任务的环节组成的,如订货、设计、生产、销售等,各个环节上的各功能子系统既相互独立,又相互协同,以提高产品的市场竞争力和企业的经济效益为目标,共同完成制造任务。因此可以说整个制造过程是一种典型的多自主体问题求解过程,系统/企业中的每一部门(或环节)相当于该过程中的一个自主体(Agent)。制造系统/企业中的每一子任务、功能、问题或单元设备等都可由单个 Agent 或组织良好的 Agent 群来代理或实现,并通过它们的交互和相互协商、协调与合作,来共同完成制造任务。将制造系统/企业模拟成多自主体系统可以使系统易于设计、实现与维护,降低系统的复杂性,增强系统的可重组性、可扩展性和可靠性,以及提高系统的柔性、适应性和敏捷性等。

## 本章小结

MES 强调控制和协调,使现代制造业信息系统不仅有很好的计划系统,而且能使计划落实到实处,并且通过连续信息流来实现企业信息全面集成,从而给企业带来了巨大的经济效益。

建立和实现基于计算机网络的分布式制造系统模式,是对传统制造模式的扬弃与创新。近些年来,在实践中取得成效的先进制造生产模式主要有柔性生产、智能制造、精益生产和敏捷制造等,为真正实现制造企业研究与开发、生产、营销、组织管理及服务的全球化开辟了道路。

---

## 复习与思考

---

1. MES 在企业集成模型中的作用是什么?
2. 何为并行工程?如何加以实施?
3. 何为逆向工程?其主要作用是什么?
4. 在 CIMS 实施中可以仅仅关注技术因素吗?为什么?
5. 什么是网络化制造?实施网络化制造技术的行为主体是什么?



职业经理 MBA 整套实战教程

---

千本好书 **免费** 下载网址 [www.mhjy.net](http://www.mhjy.net)



# 全国职业经理MBA双证班

## 精品课程 火热招生

函授学习 权威双证 全国招生 请速充电



**认证系列：**高级职业经理 CEO 资格认证、人力资源总监、营销经理、市场总监、财务总监、企业培训师、酒店经理、品质经理、生产经理、营销策划师等学习认证系列。

**颁发双证：**通用高级经理资格证书 + MBA 高等教育研修结业证书（含 2 年全套学籍档案）

**证书说明：**证书全国通用、国际互认、电子注册，是提干、求职、晋级、移民的有效依据

**学习期限：**3 个月（允许工作经验丰富学员提前毕业） **收费标准：**全部学费 **1280** 元

**学校网站：**[www. mh jy. net](http://www.mh jy. net) **报名电话：**0451—88723232 **咨询邮箱：**[xchy007@163.com](mailto:xchy007@163.com)

**颁证单位：**中国经济管理大学

**承办单位：**中国教育培训网 美华管理人才学校

**全国招生 函授教育 颁发双证 权威有效**



美华论坛  
[www. mh jy. net](http://www.mh jy. net)



职业经理 MBA 整套实战教程

千本好书 **免费** 下载网址 [www. mh jy. net](http://www. mh jy. net)