



中国人民大学



McGill University

合作出版管理学丛书

现代生产管理

汪星明 施礼明 编著

中国人民大学出版社

编 者 的 话

在当代国际国内激烈竞争的市场上，产品日新月异，企业为了持久地占领市场，竞相推出一些生产周期短而生产数量少的产品，形成多品种小批量生产方式，这是当今制造业生产的主要特征。为适应该特征，在组织多品种小批量生产时，必须要采取一系列的组织技术措施，也就是要改变以大量生产为特点的传统管理方式和方法，采用一些与多品种小批量生产特点相适应的现代生产管理方式和方法，当然，这也并不排斥吸取传统管理中，在新环境下仍然行之有效的经验和方法。

科学技术的进步，各种自动化设备在生产过程中的广泛应用，特别是电子计算机在生产和管理中的应用，为现代生产管理方式和方法提供了有力的手段，更促进了现代生产管理的发展。

本书比较系统地阐述了现代生产管理中最新的、具有代表性的思想、方式和方法。如：物料需要计划（MRP）和制造资源计划（MRP II）；准时化生产方式（JIT）；柔性制造系统（FMS）；以及计算机集成制造系统（CIMS）。在编写中，结合我国企业的实践，特别侧重于上述思想、方式和方法在我国企业中应用的可能性，以及必需具备的环境条件，并列举了一些已有效应用上述方法的我国企业的典型案例。

本书理论阐述与实践应用介绍相结合，可操作性强，可作为工商管理硕士研究生（MBA）教材，也可作为企业管理工作者和企业管理信息系统研制和开发人员的学习参考书。

在本书的编写过程中，参考和选用了一些实例及有关文献资料，谨向有关作者和编者表示感谢。鉴于我们的水平有限，书中如有不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者
1994年3月

加 方 序 言

本书是中国人民大学与麦吉尔大学合作出版管理学丛书之一。这套丛书是中加大学管理教育项目第二周期（CCMEP）麦吉尔大学与中国人民大学交流项目里的一项活动内容，由中国人民大学编写，共计 16 本。这套丛书的重要意义就在于，它结合了中国实际，符合管理教育中十分强调的理论联系实际的要求。

在本套丛书的研究、写作与编辑过程中，中国的吉林大学、兰州大学与加拿大的卡尔顿大学和舍尔布鲁克大学也作出了重要的贡献。在此之际，谨以这六所相互合作院校的名义，我愿向加拿大国际开发总署（CIDA）和中国国家教育委员会的鼎力支持表示衷心地感谢。在他们的大力帮助下，我们的校际交流项目经历了由 1983 年开始的加中大学管理教育项目第一周期的活动，经历了由 1988 年开始的加中大学管理教育项目第二周期的活动，最后在 1991 年 9 月建立了中国的工商管理硕士学位（MBA），以及本套丛书的出版。所有这些成就都表明中国的管理教育在不断发展变化。

中国人民大学在工商管理硕士（MBA）这一崭新学位的建设上花了很大的气力。他们派人到加拿大的大学里考察学习，参与课堂实践，撰写研究论文，研究加拿大 MBA 的教育体制。当他们回到中国之后，大胆地革新教学方法与手段，不断地摸索中国工商管理硕士教育的道路。中国人民大学教授们的努力定会带来丰硕的成果，为中国培养更多的新型管理人才。

中国人民大学强调教学与科研并重，因此，在这套丛书里反映了作者们的研究成果，使广大读者开卷有益。实际上，中加大学管理教育项目中的一个主要目标就是，在科研与培训中形成这种乘数效应。

最后，我真诚地希望所有的教授与学生们对此书提出批评与建议。这将对开拓管理学与管理教育极为有益。

CCMEP 国家项目协调员
麦吉尔大学管理学院院长
华莱士 B. 克劳斯顿博士
1994 年 4 月

中 方 序 言

为了适应社会主义市场经济条件下企业管理的需要，培养德、智、体全面发展的务实型高级管理人才，必须改革目前的管理专业设置和课程体系。

管理专业的学生应认真研究中国经济建设与社会发展的方向和特点，跟踪现代管理理论和实践的发展趋势，学生们不仅在理论上要有所建树，而且要有较强的实际工作能力。为此，管理专业的学生在校期间，要系统地学习经济学、管理学、财政金融、会计、生产管理、市场营销管理、信息系统管理、国际工商管理，以及战略管理等相关管理学科的知识。

改革开放的发展，要求在实现管理现代化的过程中，必须大胆吸收和借鉴当今世界各国的一切反映现代化生产规律的先进经营方式和管理方法。为此，在中加大学管理教育项目进行第二周期活动的过程中，中国人民大学工商管理学院与加拿大麦吉尔大学管理学院相互合作、共同编审出版这套既适合中国国情、又吸收外国先进经营方式和管理方法的管理学丛书，以期推动并完善中国工商管理硕士课程的建设。

在与加拿大麦吉尔大学管理学院友好合作的过程中，我们衷心地感谢该管理学院院长 W.B.克劳斯顿博士、副院长那格博士，以及其他编委为本丛书的顺利出版所做出的贡献；感谢该院其他朋友们在本丛书的编辑出版过程中给与的诚挚合作；最后，我们还要感谢加拿大国际开发总署通过麦吉尔大学为本丛书的出版所给予的财务资助。我们殷切地期望中加大学管理教育项目会顺利而持久地开展下去，并在更广阔的领域里获得更大的成功。

中方编辑委员会
1994 年 4 月

现代生产管理

第一章 新的生产环境

企业的生产目标、生产组织结构、生产方式和方法，都必须适应生产的环境和市场需求的变化。在当今以多样化特征的市场需求条件下，生产组织方式和方法显得更为重要，并日益复杂化。在激烈的国内国际市场竞争的环境中，加强生产组织和管理是完善和改进工业企业管理的重要课题之一。

第一节 概 述

一、多品种小批量生产的特点

一度被当作六七十年代特征的小品种大批量生产方式,进入 80 年代后已是时过境迁,今非昔比。随着科学技术进步,人们生活条件的不断改善,消费者的价值观念变化很快,消费需求多样化,个人对新奇商品的占有欲与日俱增,从而引起产品的寿命周期相应缩短。为了适应这种市场需求多变的环境,很多制造厂家竞相推出一些生产间隔短,而生产数量又少的产品,这一生产方式称之为“多品种小批量生产”、“批量生产”、或者“多样化生产”,即主要是按订货进行生产。与大量生产所不同的是,在多品种小批量生产中,生产各种产品的流程互不相似而显得错综复杂,从而增加了企业生产管理的难度。多品种小批量生产具有以下的特点:(1)产品种类的多样化;(2)生产过程的变动性;(3)生产设备的复杂化;(4)外界条件的不确定性;(5)生产计划和作业计划的困难性;(6)生产的实施及其控制的动态性。

二、多品种小批量生产的有效途径

为适应上述特点,在组织多品种小批量生产时,必须要采取一系列的组织技术措施,也就是要改变以大量生产力特点的传统管理方法,采用与多品种小批量生产特点相适应的现代生产管理方法。当然,这并不排斥在新环境下,吸取传统管理方法中仍有效的经验和方法。根据实践的经验,解决多品种小批量生产的有效途径,可列出以下几个方面:

(一)工业工程。工业工程(Industrial Engineering, IE)是生产组织和管理的传统方法论,其主要理论基础是 F.w. 泰勒(Taylor)有关科学管理方面的开拓性论著。工业工程的主要原则是标准化、简单化和专业化,而标准化尤为重要。

在多品种小批量生产中,标准化在以下几个方面发挥作用:(1)产品标准化;(2)零件标准化;(3)材料标准化;(4)工艺流程标准化。通过上述的标准化工作,可以明显地简化产品设计、生产工艺、生产组织和计划工作,从而可以压缩生产周期,加速新产品的开发和出产,降低成本。

(二)成组技术。成组技术(Group Technology, GT)是根据产品零件结构和工艺上的相似性,将零件划分成组,然后按零件组进行生产准备和加工,在多品种小批量生产的条件下,按成批或大批量生产的方式组织生产,从而大大缩短生产准备周期,提高了生产效率,降低了成本。

(三)以零部件为中心的生产系统。多样化产品虽然性能和外观各异,但是常常含有一些相同的零部件,即借用件。这些零部件不是按每个定单组织生产,而是将所有订单所需的各种相同零部件计算出来,汇总出每个生产周期,以及每种零部件的总需求量,然后按各种零件的最佳经济批量组织生产。为此,要进行一系列的数据处理工作,即零件展开、物资计划、短缺零件的生产指令、装配作业计划、交货期控制、生产进度查询,以及其他管理和业务工作,都由一台中心计算机准确及时地完成,该计算机以联机、实时方式同各个业务部门的远程终端进行联系,及时下达作业指令并收集反馈信息。

(四)联机生产管理。联机生产管理的特点是,在每一工作地设置终端,并按联机方式使之与一台控制计算机交流信息。这样,在所有工作地的各种生产数据边产生边汇集,随后输送到控制中心,由控制计算机进行快速数据

处理，以便制订有关未来生产活动的新作业计划并送回到各个工作地。

（五）柔性制造系统。这种生产系统特点是适应生产品种变换频繁的要求，设备和整个生产线具备应变的灵活性，一般都由数控机床、加工中心、自动运输小车、立体仓库等高度自动化的设备和装置所组成。

（六）物料需求计划和制造资源计划。这类计划系统的基本任务在于：根据最终产品主生产计划，利用最终产品主数据文件和库存文件上的信息，计算零件构成表中各种零件的需要量，并确定这些零件的准确需要时间。

随着科学技术进步和生产组织及管理的改进，可以将上述各项组织技术加以综合地运用，进而使其实现电子计算机化，即当今正在发展的、更能适应多品种小批量生产特点的计算机集成制造系统。

第二节 市场需求的变化

一、产品更新换代加快

由于科学技术的飞速发展、市场竞争的日益加剧，工业产品的更新换代正以前所未有的规模和态势向前发展。有人估计，近三十年出现的新技术、新产品，已远远超过了过去两千年的总和。

根据各个时期一些代表性产品的更新速度与变化情况分析，一个新产品从构思、设计、试制到商业性投产，在 19 世纪大约要花 70 年左右的时间；在 20 世纪的两次世界大战期间缩短为 40 年；战后到 60 年代中期缩短为 20 年；到 70 年代后则缩短为 5—10 年；现在只要花 3 年或更短的时间。工业产品更新的加速，是同新的科学技术成果迅速转化为生产力分不开的。同时，各种新技术、新发明的应用周期也愈来愈短。上世纪蒸汽技术从理论到产品开发大约花了 80 年；电动机经过 65 年；电话经过 50 年；而战后电视机的出现只经过了 12 年；原子弹问世只经过了 6 年；晶体管的应用只花了 3 年；激光器仅仅用了 1 年时间。

可以这样说，现在某种标志着一个时代的革新性技术刚刚确立，新一代的技术革新又萌芽了。科学技术的迅速突破，必然加速产品的更新换代。据统计，美国机械产品每隔 20 年全部更新一轮；电子产品每 10 年更新一轮；宇航产品每 10 年更新一轮半。在美国的食品中，70% 是近 10 年开发的新产品；医药品有 50% 是近 5 年研制的，这些数字是指全部产品而言，其中某些产品的更新速度更快。就微型电子计算机来说，1971 年末，英特尔公司最先研制出字长为 4 位的微处理器、并组装成世界上第一台微机以后，各厂家竞相研制。其字长从 4 位到 8 位，16 位，近年来又发展到 32 位。差不多每隔两年就有一次重要的技术突破。这样的更新和发展速度，确实令人震惊。

二、产品寿命周期缩短

产品寿命周期一般要经历投入（设计开发、开始投入市场）、成长（不断改进工艺在市场上逐渐为用户所了解和承认）、成熟（大量生产销售）、衰退（逐渐为新产品所取代）四个时期。

在过去，设计周期和生产周期是分离的并相继出现的。一个产品的设计在进入生产之前要经过试验验证。在产品大量生产之前，要用相当多的时间来确定生产方法，一旦产品在市场上得以确立，生产者就期盼在该产品被淘汰前的若干年内，能有较高的需求量。因为许多年稳定的高需求，可使在生产早期和工艺开发时耗费的成本得以弥补，如图 1—1 所示。

图 1—1 产品寿命周期中的设计和生产阶段（传统）

当今生产环境中的困难是，生产不能再期望有一个若干年稳定的高需求量。这是因为，产品的再设计不断地发生，产品在市场上的有效寿命常常遇到融入了最新设计特征的改进品种的冲击。此外，由于竞争的压力，企业必须努力将自己的产品在越来越短的时间内推到市场上。所有这些都意味着，生产必须置于有充分灵活性的工艺之上，以便迅速适应新的产品设计，而不蒙受巨大的工艺引入损失。否则，处于寿命周期中如此短暂的峰巅时期的产品所获得的收益，无法弥补在产品设计和工艺开发时期所付出的巨大成本。

由于产品寿命周期的缩短，制造企业不可能再花费巨大的投资去开发专用的生产设备，因为在生产设施投资收回以前，产品的设计就有可能改变，

如图 1—2 所示。

三、中国的卖方市场向买方市场转化

长期以来，我国实行的是集中的计划经济体制，企业的生产任务由国家指令性计划规定，原材料由国家按计划调拨，企业生产的产品由国家供销部门统购包销。国家实现以产定销，生产什么就供应什么，整个经济以短缺为特征，产品供不应求，形成了以卖方市场为主的供求关系，即所谓“皇帝的女儿不愁嫁”。由于没有竞争机制，造成产品几十年一贯制，质量低、成本高、技术进步慢的僵化体制。

随着改革开放的深化，由传统的计划经济体制向社会主义市

图 1—2 产品的寿命周期（现代）

场经济体制转化，在供求关系上必然要由卖方市场向买方市场转化，从以产定销向以销定产的方向转变，这是一项根本性的改革，必定要改变人们的传统观念和生产经营管理的方式和方法，使其适应社会主义市场经济体制的需要。

两种市场，就有两种截然不同的销售观念。在卖方市场下是以产品生产为中心；而在买方市场下，则是以满足需要为中心，其特征如图 1—3 所示。

图 1—3 两种不同销售观念的比较

市场营销观念的理论基础是“消费者主权论”，即决定生产何种产品的主权，不在生产者，也不在政府，而在于消费者。在生产者和消费者的关系上，消费者是起支配作用的一方，生产者应当根据消费者的意愿和偏好来安排生产。生产者只要生产出消费者所需要的产品，就不仅可增加消费者的福利，而且也可使自己获得利润。否则他们的产品就没有销路，这就是买方市场的特征。因此可以说，在卖方占支配地位供不应求的市场上，很难有真正的消费者主权。

随着商品经济的发展，用户对商品市场的要求不断提高，大致经历了下述四个阶段：（1）有什么就买什么；（2）需要什么买什么；（3）喜欢什么买什么；（4）想买什么买什么。

为了更好地了解和有效地满足顾客的需求，企业必须要进行市场调研和预测，了解市场的需要及其变化趋势。在现代社会中，企业能否及时掌握市场动态信息，这是一项至关重要的工作。有人曾说：管好一个企业，就是要管好它的未来，而管好它的未来，就意味着管好信息。由于市场环境变化多端，企业对信息的需要在数量和质量上都空前地增加，其原因有：（1）市场范围的扩大，即从地方到全国，从国内到国际；（2）消费者收入的增加和需求选择性的加强；（3）国内外市场竞争的日益激化；（4）市场营销环境的变化越来越快。

因此，由卖方市场向买方市场的转化，既给企业带来了机遇，也给企业造成了威胁。在当代激烈竞争的市场上，产品日新月异，企业要想持久地占领市场，光靠原有产品是绝对不行的，必须不断更新换代、推陈出新，以适应不断变化的市场需求和科学技术发展以及产品寿命周期日益缩短的趋势，否则，就难免在竞争中败北。

当前我国许多产品市场疲软、销路不畅，原因固然是多方面的，但产品几年甚至几十年不变，未尝不是一个重要的原因。而西方的企业在竞争压力

之下，都不惜代价，争相开发新产品。据统计，目前美国企业的利润中，有50%来自近十年内推出的新产品。由此可见，开发新产品是占领市场的重要途径。

第三节 制造业自动化技术的发展

一、制造业自动化的发展阶段

新事物产生于旧事物之中，不断积累起来的知识、经验引起了生产质的变化，引起新的发明，这是不可逆转的发展规律。因此，在展望未来，作出预测，制订发展远景规划之前，必须要回顾过去，分析现状，研究制造业自动化技术的发展历史，确定其技术进步的方向。

从第一台靠模车削自动机床问世以来，制造业自动化技术经历了四个发展阶段（见表 1-1）。

表 1-1 生产自动化的阶段

阶 段	特 征	举 例	年代
机械化	机器代替人力	车床	1775
点自动化	对机器的自动控制替代了人为的控制	NC/CNC	1960
自动化孤岛	在部分生产过程管理的局部环境中，点自动化的综合应用	MRP-II FMS CAD/CAM	1970
计算机一体化生产	以计算机综合应用为基础的自动化和对生产系统的全部服务业进行管理的决策支持系统	自动化的和自动化的工厂	1990

二、机械化

寻求以更好的方式来生产零部件，是自动化的主要驱动力。工业革命的产生，与大规模地以机械替代人力有关。人力的替代是机械化阶段的基本特征，而机械化是人的四肢活动的延伸。

在本世纪初的几十年中，F.w.泰勒等人介绍了许多有助于作业标准化的技术以及生产作业方法。泰勒以作业生产管理（工业工程）之父而闻名。他的方法是将生产作业系统地划分成越来越小的组成部分。然后，集中力量依次改进每一部分。这样的方法，促进了机械化和后来的专门操作的自动化。

1920 年美国福特汽车公司按泰勒方法，装备了第一批自动生产线，使劳动生产率提高了 10 倍，而汽车成本却降低了 40%。

在这一阶段，机床发展经历的路径是：手工操作的万能机床 万能的半自动和自动机 专门化的和专用的半自动机和自动机 组合机床 由组合机床组成的自动流水线 由万能自动机组成的自动生产线 半自动机 综合的自动线和由其组成的自动机工厂。第一阶段的特点是以机电装置为基础的自动化。

自动机工厂、自动车间、综合自动生产线的应用。使劳动生产率增长 5—10 倍，使成本降低了 50—70%。但这些装置只能用于某一种零件（产品）的大量生产，或用于零件种类不太多的大批生产中。

自动线、自动机工厂一般是为特定的产品生产而设计的，建设周期一般要 4—5 年时间，而且一次性投资大，成本很高，投资回收期在 8 年或 8 年以上。从新产品开发起、自动线建立，到它们的规定服务期为止，可能需要 15 年以上。因此，利用这类设备生产的产品结构，必须是长期稳定不变的。所

以，在自动化发展的这一阶段，在单件或成批生产中，一般仍继续使用手工操作的万能设备。这样，就出现了在大量生产中高效设备与灵活性的矛盾，以及在单件小批生产中灵活性与低效率之间的矛盾。

科学技术进步要求提高生产的灵活性，使其能适应加速产品更新换代和市场需求多样化的特点。因此，必须寻找既能提高生产的灵活性又能达到高效率的新途径。

三、点自动化

50—60 年代，随着工厂对控制技术的引进，一些人控机器被数控和计算机控制所取代。例如，普通机床被数控（NC）和计算机控制（CNC）机床所取代。

数控加工是一种可编程的由数、字符和符号来实施控制的自动过程。在 NC 中，为某一特定工件或工作，要设计数字形式的程序指令。当工作发生变化时，这些程序指令也要相应地加以改变。因此，这种可根据不同的工作进行指令变换的功能，使得 NC 具有很大的柔性。因为编制一个新程序，要比在生产设备上作一番变动容易得多。这种柔性正是以计算机为基础的自动化或“软”自动化的特征。“软”这个同，揭示了这样一个事实，即设备在程序或软件的控制之下运行。

因此，硬自动化（即以设备更换或调整为基础的）和软自动化存在着明显的差别。硬自动化很不灵活，软自动化却非常灵活。在硬自动化系统中，机器的构造决定了可行的操作，若产品范围改变了，或要求新的操作，那么除非对设备进行广泛的再构造，否则是不能适应这些变化和要求的。早期的自动化方法是硬自动化的典型，如传送带式的自动线。这种装备是为特定的产品或零件加工而设计的，它们是指定在大量生产环境中运行的专用设备。而 NC 和 CNC 机床可以通过改变程序半自动地加工各种各样的零部件，并且可经济地进行小批量生产。

计算机应用不仅涉及到生产过程本身，事实上，计算机最早是应用在工厂的管理领域，例如工资发放、生产统计、成本核算等事务流程的计算机化，在这些方面，由于应用了计算机，促进了手工操作的自动化，局部提高了管理劳动的效率，在单项事务处理应用基础上，发展了局部系统的应用。例如，第一个物料需求计划系统（MRP）的诞生。这个系统将物料加工凭单与描述产品结构的数据库和存货状况联系起来，以便实现物料需求计划功能的启动化。

生产过程本身的自动化，仅仅是整个生产过程的一小部分，有大量的工作还处于手工操作状态，因此产生了劳动生产率增长与机器生产率提高相脱离的矛盾。在传统生产组织条件下，从产品设计到成品出厂的整个生产过程中，零件在车间只占产品全部制造周期的 1%（见图 1—4），而在机床上加工时间只占零件在生产车间全部时间的 5%。因此提高机器的工作效率，对缩短整个生产周期没有明显的作用。

图 1—4 从产品开发到成品出产的生产周期不同阶段所占时间

上述情况说明，为了缩短产品的生产周期，必须全面地改造生产过程各个环节的工作。

如果生产自动化的发展，仅仅涉及到一台单独的机器，或者组织内一个独立的功能，就称为点自动化。点自动化没有采用使这些点联结起来，或使

它们与其他点接近的措施，它只能在个别点上产生高效率。如果没有相关点的紧密配合，它本身的效率提高也会受到很大的影响。到 70 年代，由于采用了功能更强的计算机，有可能处理更大、更复杂的课题，这就导致了点自动化扩展成为更接近于一体化的自动化孤岛。

四、自动化孤岛

自动化孤岛描绘了工厂内部自动化的一体化子系统。点自动化中最初的点解法得以扩展，能够处理附属的和邻近的功能。这样的功能扩展的实例包括生产管理系统的出现，如制造资源计划系统（MRP）。MRP 促进了物料加工和库存系统、柔性制造系统(FMs)和各种计算机辅助工程系统的一体化。

产生物料需求计划最初的点解法，扩展成 MRP 系统，这些系统有一套对制造工厂的全部生产过程和存货管理功能进行管理的模块。而且，这些系统都是围绕着公共数据库系统建立起来的。

在生产过程中，如柔性生产系统和直接的数控（DNC）等的发展，就是将点自动化综合成自动化孤岛的实例。例如，DNC 将生产系统的许多机器，通过直接通讯联系，组成受一台单独的计算机实时控制的系统。在这个系统中，单个的机器是 NC 或 CNC 机器，从 DNC 计算机到单个机器的控制器，都装有控制特定零部件加工的程序。

表 1-2 例举了计算机在生产中调用的各个自动化孤岛

计算机在生产中的应用（自动化孤岛）		
形式	间接应用	直接应用
层次		
管 理 控 制 层	宏观计划模型 核算系统 生产管理系统 计算机辅助设计	计算机辅助仓储 直接数控 柔性生产系统 自动化仓库和补偿系统
操 作 层	计算机辅助加工计划 计算机辅助工作测量 计算机辅助 NC 编程	计算机辅助检测 计算机数控 以计算机为主的自动装配机器 机器人

自动化孤岛是计算机集成制造系统（CIMS）的一个子系统。从系统工程的角度看，整个企业是一个多级的复杂调节回路，独立孤岛则是企业总体结构的一个局部闭环调节回路。从系统调节原理可知，局部闭环回路具有内部反馈、信息流程短捷、输入输出的信息少、可以显著提高系统的性能，是复杂系统稳定运行的重要前提，它不仅能对来自上级回路的输入值作出快速响应，还能对内部的干扰迅速采取补偿措施，这种分布式的单元化的系统，具有信息反馈快，自我调节能力强的特点，能及时处理系统中发生的各种问题。

自动化抓岛为 CIMS 发展创造了条件，但在我国现有条件下，由于人力、资金、设备、管理基础工作等诸原因。目前，在较大范围开展 CIMS 建设还不具备条件，所以将建立各个自动化孤岛为第一步，不失为一种投资少、见效快的做法。但从长远来看，企业的目标不是追求单一功能和某一局部的优化，而是功能集成和系统优化。所以企业在自动化孤岛开发中，必须在 CIMS 总体规划指导下进行，逐步地发展。

因此，企业搞自动化，必须从底层，从基础单元做起。例如在发展 FMS 时，如果其中的单机都用不好，柔性生产系统根本无法实现，而从整体上看，不搞 CIMS 的系统，集成便是空谈；如果没有总体规划，不发展集成技术，那么子系统的应用效果是局限性的，只有把子系统置于 CIMS 的环境下，才能充分发挥子系统的效益，而且才能达到系统的整体优化。

五、计算机一体化制造系统（CIMS）

CIMS 是运用系统工程的整体优化观点，将现代信息技术与生产技术结合起来，从信息技术和组织上，将生产全过程的各个工作系统和信息系统连接起来，以便有效地提高企业对市场需求的响应能力和生产率，从而保证企业的生存和发展。这个定义中，包含了 CIMS 的主要目标：提高企业对市场需求的响应能力，强调了对企业系统的整体考虑（包括系统分析和系统设计），指出了基本技术要素及其特点，即信息技术与生产技术的有机结合。从 CIMS 的这些基本要素，可以得出进一步的认识：人作为信息技术和生产技术的组织者、决策者和控制执行者，具有首要的核心作用。人才的培养和各级人员素质和意识的提高，决定着 CIM 的成败。此外还应考虑，为了使信息技术与生产技术合理有效地结合，以取得最佳的效果，必须在充分重视信息技术的同时，认真研究生产组织和管理的调整和生产流程的合理化及优化，认真研究信息技术与生产系统的合理衔接。

综上所述可以看出，关系 CIMS 成败的四个制约因素是：产品、技术、组织和人才。其中，产品是企业对市场需求响应的体现，是目标。而技术、组织和人才，则是制约 CIMS 的三种不可缺少的决定因素。国外有许多实践经验表明，CIM 项国的失败，往往是只单纯考虑技术因素而忽视其他重要因素而引起的，没有真正认识到 CIMS 是一个集社会、经济、技术为一体的综合性系统。近年来，国外有人提出 CIMS 的三大支柱是：硬件（Hardware）、软件（Software）和人（Humanware）。也有人认为，CIMS 的真正关键不在计算机（Computer），而在于人（Human），因此应称 CIMS 为“HIM”（Human Integrated Manutacturingsystem）即以“人”为核心的集成制造系统。所有这些，都从不同方面反映了人们随着不断的实践，对 CIMS 认识的深化。

与自动化孤岛相比，CIMS 将会给企业带来更多的效益，根据有关资料分析，在合理应用 CIMS 的情况下，将会带来如下效益：

（一）提高机器的利用率。由于工件搬运和刀具装卸效率低，许多数控机床运行利用率仅在 50% 左右或更低。而柔性制造系统实现了工件搬运及刀具装卸自动化，其设备利用率可高达 85%。

（二）降低直接和间接劳动强度。CIMS 有较高利用率和较大的生产率，单位产量的直接和间接劳动量比其他可供选择的方法要低。在 CIMS 的操作中，6—10 台机床的劳动量可以分配给 3—4 名工人。而在许多单独数控机床的操作中，每台机床都须配备一名工人。因此，CIMS 中分配到每台机床上的直接劳动量的比例就低。CIMS 中的间接劳动，比用自动搬运原料的单件生产车间及用人工搬运工件的传统批量生产要少。

（三）缩短制造过程时间。许多工件需要通过几个不同的加工中心分批地加工。在每个加工中心都有安装时间和等待时间。用 CIMS 系统，一条线上的相邻工作台之间，非操作时间急剧减少。而且在 CIMS 的操作中，安装时间可减到最少。因为在 CIMS 操作中，刀具是脱离生产线预装，而工件在运送平

台上的装卸，也可以脱离系统单独运行。CIMS 的这些功能，使得加工过程的时间大为缩短。

（四）加工中使用设备较少。在柔性生产系统中，一台柔性加工设备可完成多道工序。因此，加工中使用设备较少，工艺路线和加工时间均可缩短。

（五）生产计划的可调性，在 CIMS 运行中，安装工件不需要停机。当工件送入系统中时，计算机系统把它运到准备好的机床上。唯一的要求是必须提前将加工特殊工件所需工具装备好工作台。这种操作方法给系统变动生产计划以很大的灵活性。

以上这些效果直接表现在产品成本的降低、生产周期的缩短和产品质量的提高等直接经济效益上。打计算机集成制造系统的实施，还可以带来一系列重要的、间接的、不可定量计算的效果，如：提高企业的市场竞争能力、提高顾客的满意度、保证均衡生产、加快产品的更新换代、交货期准时、改善企业形象、提高人员素质、改善人员结构和员工的工作气氛等。因此，开发和实施计算机集成制造系统，已成为现代企业发展的一项重要重要的战略任务。

第四节 我国传统生产管理模式的更新

一、我国传统的生产管理模式的弊端

在传统的集中计划经济体制下，我国的国有大中型企业，由于没有独立的自主经营权，企业实际上只是一个生产车间，这种企业存在着以下的主要弊端。

（一）职能的单一性。企业生产经营活动是一个循环过程，它从搜集市场信息、确定经营目标和经营战略开始，然后进入生产过程，生产出产品和劳务，继而把这些产品和劳务投入市场，通过价值形式进行等价交换，分配与反馈，再开始进入新一轮的生产经营循环。在计划经济体制下，企业整个生产经营循环的绝大部分经营活动，均由上级主管部门决定，由上级统一确定生产经营的范围和目标及任务；统一分配人力、物力、财力资源；统一销售企业产品；统一收缴企业所实现的利润；统一支付职工工资及拨付经批准的企业各项预算支出。企业在整个生产经营循环中，只承担生产技术转换这一职能，即运用上级分配给的劳动力和生产资料生产产品。所以只起生产车间的作用。

（二）对上级主管部门的依附性。企业是一个独立的经济实体。它在生产经营方面必须有独立自主权，其核心是生产经营方面的决策权、生产资料的支配权、人事工资的调配权等。它要独立核算，自负盈亏，成为独立的经济法人。但在计划经济体制下，我国的国有企业是上级主管部门的附属物，企业行为的基本特征是对上级“等、靠、要”：等上级安排计划；靠上级提供生产条件；要上级给钱、给料、给人、给任务。企业行为的基本指导思想是尽可能从上级争取较宽松的条件；以便顺利完成上级规定的计划任务；企业行为的活动轨迹是以主管部门为轴心运转的。

（三）经营目的的非盈利性。企业的生产经营活动必须以盈利为目的，尽管盈利不是其唯一目的，但必须是主要目的。而且盈利多少，应该同企业及其职工的经济利益发生直接的联系。但改革前我国国有企业的一切生产经营活动，均由上级计划安排，盈亏由国家统负，同企业及其职工不发生任何利益关系。企业无权也无利，就必然缺乏承担企业负盈亏的条件和动力。

（四）生产单一产品的“大而全”、“小而全”生产结构。现代化大生产是充分利用发达的社会分工和协作，组成专业化和多样化相结合的整机厂和专业化的零部件厂。这种“万事不求人”的小生产结构方式，不但是一种排斥了规模经济效益的、效率低下的生产方式，同时，由于它排斥了多样化经营，也不利于分散风险，提高效益，促进企业顺利成长。

（五）企业办社会。在旧体制下，一方面，我国国有企业在生产经营循环中，只是起生产车间的作用；但另一方面，我国企业又是一个“小社会”，它担负着许多社会服务职能，不少企业有自己的商店、医院、中小学校，甚至负责社会环保、安全和公共交通设施。使企业背上了沉重的包袱。

在向社会主义市场经济体制转变过程中，国有企业必须要转换经营机制，面向市场。真正成为“自主经营、自负盈亏、自我发展和自我约束”的独立的经济实体。企业活动必须由“生产型”向“生产经营型”转变，以克服传统生产管理模式的弊端，使其适应市场经济环境的要求。

二、我国生产管理的现代化

我国工业企业面临着如何由原来高度集中的计划经济体制下所形成的传

统管理，转为现代化管理，进而如何适应社会主义市场经济体制的需要，这是当前企业改革、加快国民经济发展的一个重大课题。而生产管理的现代化，是企业管理现代化的重要组成部分，搞好生产管理，对促进整个企业管理的改善起着重要的作用。

20 世纪 60—70 年代以来，新技术革命的加速，高新技术产业的蓬勃发展，市场需求的多样化，又要求企业不断向市场提供新的产品。从计划体制向市场体制的转变，使以往生产什么就供应什么的卖方市场，转变为需要什么就生产什么的买方市场的局面。而以多品种小批量生产为特征的现代化生产，使生产组织、计划、协调和控制工作，变得更为重要和复杂化。在生产管理上，怎样使规模效益与多样化需求相结合，就成为现代生产管理中的一个突出的问题。

技术现代化必须有相应的管理现代化，否则高新技术就难以实施，高技术就不可能带来应有的高效率和高效益。而实现管理现代化，必须从思想观念、管理体制、组织机构、人员培训到管理方法和手段进行深刻的变革，这是一场革命。在这场革命中，我们既要引进、吸收国外的先进经营管理方式、方法及经验，也要继承和发扬我国原有传统管理中的好经验，把引进、继承和创新结合起来，逐步形成具有中国特色的现代化生产管理模式。

第二章 制造过程组织和生产管理系统

不同生产过程的类型在组织、管理上有着明显的差别。制造过程属于离散性的生产过程性质，其特点是产品由众多的零部件构成、每个零部件的加工又需通过不同的工序，即多工序性，而且在零部件加工和加工各工序间，往往又有中断和间隔，所以整个生产过程呈现为离散性。与连续型生产过程相比，这类生产过程的组织与管理更为复杂和繁重。本书所论述的是以离散型生产过程为主的现代生产管理。

第一节 概述

一、生产过程的概念

生产过程是每一个工业企业最基本活动的过程。任何产品都必须经过一定的生产过程才能制造出来。企业生产过程作为创造社会物质财富的组成部分，是劳动过程和自然过程的总和。

劳动过程是人们为社会生产所需要的产品而进行的有目的的活动。劳动过程是生产过程的主体，是劳动力、劳动对象和劳动手段结合的过程，也就是劳动者利用劳动手段（设备和工具）作用于劳动对象（产品、零件、部件、半成品、毛坯和原料），使之成为产品的全部过程。生产过程是物质财富消耗的过程，但同时又是创造具有新的价值和使用价值的物质财富的过程。

自然过程是指劳动对象借助于自然界的力量，使之产生某种性质变化的过程。属于自然过程的有：铸件自然时效；铸锻件自然冷却；涂染的自然干燥等。

企业的生产过程有广义及狭义之分。广义的生产过程是指从生产技术准备开始，直到把产品制造出来为止的全部过程。狭义的生产过程是指从原材料投入生产开始，直到产品制造出来为止的全部过程。通常在生产管理中，作为组织和计划核算的依据是指狭义的生产过程。

二、生产过程的构成

一般大型企业的生产过程是由生产技术准备过程、基本生产过程、辅助生产过程、生产服务过程及附属生产过程所组成。由于专业化协作水平和技术条件以及企业生产的性质和特点不同，生产过程这些组成部分在不同企业中有着很大的差别，而且随着生产的发展也会发生变化。

（一）生产技术准备过程。是指产品在投入生产前所进行的各种生产技术准备工作，如产品设计、工艺设计、工艺装备的设计与制造、标准化工作、定额工作、调整劳动组织和设备布置等。

（二）基本生产过程。是指直接为完成企业的基本产品所进行的生产活动，如纺织企业的纺纱、织布；钢铁企业的炼钢、炼铁、轧钢；机械制造企业的铸锻、加工、装配等。基本产品代表着企业的专业方向。

（三）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，如机械制造企业中的动力生产、工具制造、设备维修等。

有些辅助生产的产品，除了供本企业需要外，还可以外销一部分。这部分外销的辅助产品，虽直接记入企业产值之内，但由于主要生产的目标是为了本企业自己使用，并不代表企业专业生产方向，因此仍属于辅助产品。

（四）生产服务过程。是指为基本生产和辅助生产服务的各种生产服务活动。如原材料、半成品的供应；运输；保管等。

（五）附属生产过程。是指企业根据自身的条件和可能，生产市场所需要的非属企业专业方向的产品而进行的生产过程，如飞机制造厂生产的日用铝制品；锅炉厂生产的石油液化煤气罐，以及企业利用某些边角余料而制造的产品等。

基本生产过程和辅助生产过程，都是由工艺过程和非工艺过程所组成。工艺过程是指使劳动对象发生物理或化学性质变化的过程，而非工艺过程是不涉及劳动对象的上述性质变化，是贯穿于工艺过程之间的一些带有生产服务性的过程，如加工对象的运输、检验、试验、包装等。工艺过程和非工艺

过程都是生产过程不可分割的组成部分，只有两者密切配合，互相衔接，才能保证生产过程有效地进行。

三、影响生产过程构成的因素

不同的企业有着不同的生产过程构成。一般生产过程的构成取决于下列因素：

（一）产品的特点。产品的特点是指产品品种、结构的复杂程度、精度等级、工艺要求以及原材料种类等。产品的这些特点不能不影响生产过程的构成以及相互之间的比例关系。因此，产品的特点对生产过程的构成有着很大的影响。

（二）生产规模，在产品专业方向相同的条件下，生产过程的构成越齐全、相互分工也越细，如大型企业的铸造可分为铸铁、铸钢、有色金属铸造等；反之，生产规模越小，生产过程的构成就没有条件划分得很细，也不像大型企业生产过程那样齐全，许多零件、部件、毛坯等主要通过外部协作来解决。

（三）专业化协作水平。社会专业化协作水平越高，企业内部生产过程就越趋于简化，其经济效益也越好。某些原来属于企业辅助生产过程的产品，如动力、工艺装备、设备维修，以及某些基本生产的工艺阶段的半成品，如毛坯、零件、部件等全部或一部分，就可由厂外其他专业工厂提供。

（四）生产技术和工艺水平。企业产品相同，但技术条件和工艺水平不同，生产过程的构成也有很大差别。随着科学技术的发展，生产过程的构成也将会发生深刻的变化。例如，无屑或少屑工艺；粉末冶金；以塑代钢以及其他新工艺和新材料的采用，就使机械加工的比重不断减少而改变了基本生产过程的构成。

四、合理组织生产过程的原则

企业的基本任务是为社会提供质量高、价格低廉的产品，以使企业达到较好的经济效益。实现这个任务，只有合理组织生产过程，才能使生产过程始终处于最佳状态。要合理地组织生产过程，必须考虑到如下几项基本的原则要求：作业细分化、集中化和一体化、专门化、比例性、平行性、单向流、连续性、节奏性、自动化、柔性、电子化等。这些原则的意义、作用和相对的重要性在具体的生产条件下，可能会发生变化。随着科学技术进步和生产的发展，也可能产生新的原则，而某些过细的原则就可能失去意义和作用。例如生产组织的柔性化、集中化和一体化原则，生产过程电子化原则在不久前才列入基本原则之中。

（一）作业细分化原则。这是将生产过程划分为各个工艺过程、工序、工步、操作、动作，根据每个要素特点的分析，能够找出实现它的最好条件，以保证各种资源费用最低。很多年来，流水生产就是依靠工艺过程作业细分化原则发展起来的。划分出延续时间最短的作业，可以简化生产的组织工作和所需用的工艺装备，有利于提高工人的劳动熟练程度和劳动生产率。

但是过细的分工，形成生产过程的单一性和增加工人的劳动强度，造成手工作业工人疲劳程度增加。作业数量的增加也会引起工作地之间劳动工具重新安装和工件装卸费用的增加。

（二）作业集中化和生产过程一体化的原则。随着现代化的、高效率的柔性设备—数控机床、加工中心、机器人等的应用，作业细分化原则就转化为工序集中化和生产过程一体化的原则。工序将成为大工作量的、复杂的、

并用先进的设备和以工作队原则组织劳动的方式来完成。

在各流水生产线上，都在一个统一的综合体中，完成零件和产品的加工、装配、运输任务。通过设计、制造、运输、检验、库存、服务过程和整个复杂的生产系统管理过程的相互协调，保证了一体化柔性生产系统的高效率。

（三）专门化原则。专门化原则的依据是限制生产过程要素的种类。比如以工种专门化来划分工人组，这就可以促进工人熟练程度和劳动生产率的提高。但是在有些情况下，生产的合理组织要求掌握相近的工种，以便保证在生产过程中工人之间的相互替代性。有时候工人从一种工作转换到另一种工作，可以减轻疲劳和工序单调引起的不适。工作地专门化程序决定于作业的固定系数，也就是在一定的时间间隔内（例如一个月），每一工作地所完成的零件工序数量。

当一个工作地固定为若干道工序，或根本没有经常固定的工序时，就产生了工人从一道工序转换到另一道工序的时间损失，也会影响工人熟练程度的提高。生产工段、车间、工厂专门化的前提是，限制在这些生产单位加工（或装配）的零件或产品的品种。如果一个品种的零件或产品的总产量和劳动量能保证工作地的充分负荷，那么，就可以建立单一对象的流水生产线、工段、甚至专门化的工厂。

（四）比例性原则。生产过程的比例性是指生产过程中，基本生产过程和辅助生产过程之间，基本生产中各车间、工段和各工序之间，以及各种设备之间，在生产能力上保持符合产品制造数量和质量要求的比例关系。如果破坏了生产过程的比例性，就会产生生产过程中的薄弱环节，也称“瓶颈”；或者相反，造成生产过程中某些环节的能力不能充分负荷。生产过程的比例性并不是固定不变的。由于生产技术的改进，产品品种、产量、原材料构成的变化；厂际协作条件的变化，以及工人熟练程度的提高等原因，某些环节的生产能力总会发生变化，从而改变原有的比例关系。因此，生产管理工作的任务就是及时发现各种因素对生产能力变化的影响，并采取技术上和组织上的措施，把不平衡的生产能力重新加以调整，建立生产能力新的平衡，使生产过程的比例性得以保持。

（五）单向流原则。单向流原则在于保证零件和装配单元在生产过程中移动的最短路径。在工段、车间及全厂不允许生产对象发生迂回的流动。为了遵循这一原则，生产设备必须按工艺过程的进程布置。在大量生产或成批和单件生产下组织成组加工方法中，这一原则获得了最充分的体现。库房、制造车间、工段及设备在工厂内最合理布置的基本指标之一，就是最少的货物流动总量。

（六）连续性原则。是指产品在生产过程各阶段、各工序之间的流动，在时间上是紧密衔接的、连续不断的。也就是说，产品在生产过程中始终处于运动状态，不是在进行加工、装配、检验，就是处于运输或自然过程中，没有或很少有不必要的停顿和等待时间。生产过程的中断是由工艺或组织原因的中断，一般是由于工序间不同步性所造成的。这类中断就要通过工序间同步化来消除。由于组织原因造成的中断，就要依靠改进生产作业计划制度和组织的“准时化生产”来消除和改善。

（七）节奏性（均衡性）原则。生产过程的节奏性，是指产品在生产过程中各个阶段，从投料到最后完工入库，都能保证按计划、有节奏均衡地进行，要求在相同的时间间隔内，生产大致相同数量或递增数量的产品，避免

前松后紧，月初完不成任务，月末加班加点突击完成任务的不正常现象。节奏性有利于最充分地利用企业及其每个环节的生产能力。

（八）自动化原则。在现代生产条件下，生产过程自动化，已经成为提高生产效率及其集约化的最重要原则之一。生产过程的自动化能使零件、成品产量增长，工作质量提高，劳动消耗减少，使繁重的手工劳动由高技能的工人或更具智力的劳动所取代，取消有害条件下的手工劳动，并由工作机器人所取代。服务过程的自动化也尤为重要。运输设备和库存的自动化，不仅能完成生产对象传送和存贮的功能，而且还可以保证整个生产的节奏性。

（九）生产过程的柔性原则。现代企业的生产组织必须适应市场需求的多变性，要求在短时期内，以最少的资源消耗，从一种产品的生产转换为另一种产品的生产。所谓“柔性”也可称为适应性，就是加工制造的灵活性、可变性和可调节性。在整个生产过程中，必须全面地遵循柔性原则，即加工设备能力要求具有柔性；制造工艺、生产作业计划、厂内运输和库存管理，以及生产经营管理等诸方面都要具有柔性，以达到多品种、小批量生产条件更新快、周期短、质量好、成本低的目标。

（十）电子化原则。上述原则的贯彻都与自动化、电子化密切相联。生产过程的电子化，也就是在生产各环节实施电子计算机控制和管理。高功能的小型机和微机的出现，为生产过程改革创造了物质技术基础，柔性制造系统就是在此基础上发展起来的。

上述合理组织生产过程的诸原则，它们之间既有区别，又有内在的联系和相互制约的关系，而且在不同的条件，又有不同的意义和使用价值，所以必须灵活地加以综合应用，以求得系统的整体效益。

第二节 生产过程组织的类型

一、离散型生产管理过程组织的类型

各企业生产的产品相差极为悬殊，生产的品种和数量又各不相同，同时，在生产组织形式、设备特点、工艺设计细化程度、工人技术水平、工作地专业化程度，以及其他各个方面也有很大的区别，这对企业的技术经济指标均产生不同的影响。

但是，各生产企业之间，尽管存在着各种差异，仍可以按一定的标志，找出带有普遍意义的共同特点和生产规律性。按一定的标志，把各种企业的生产划分成几种生产类型，以便根据不同的生产类型，确定相应的生产组织形式和管理方法。区分生产类型，不仅简化了对企业生产过程的研究，而且对合理地组织生产、推广先进经验，加强企业管理工作有着重要的意义。

按生产的连续程度可划分为连续型生产和离散型生产。连续性生产是指连续的产品生产。其工艺流程的特点，往往表现为用化学的而不是物理的或机械的方法（如化肥的生产）。离散型生产是单个项目的生产，输入生产过程的各种要素是间断性地投入的。生产设备和运输装置必须适合多种产品加工的需要，工序之间要求有一定的在制品贮存，例如机床制造厂等。

按产品品种和产品产量不同，又可将离散型生产进一步划分为大量生产、成批生产和单件生产，如图 2—1 所示。

在通常情况下，企业生产的产品产量越大，产品的品种则越少，生产专业化程度也越高，而生产的稳定性和重复性也就越大；反之，企业生产的产品产量越小，产品的品种则越多，生产专业化程度越低，而生产稳定性和重复亦越小。可见，决定生产类型的产品产量、产品品种和专业化程度有着内在的联系，并由此而对企业技术、组织和经济活动产生不同的影响和要求。

图 2—1 离散型生产的分类

二、大量生产类型

大量生产类型的特点是：生产的产品产量大而品种少，经常重复生产一种或少数几种类似的产品；生产条件稳定，大多数工作地仅固定完成一二道工序，专业化程度较高；大量生产类型可以采用高效率的专用设备和专用工艺装备，生产过程的机械化、自动化水平比较高，工人易于掌握操作技术，迅速提高熟练程度；可以按对象专业化组织生产，采用流水生产及生产线等生产组织形式；生产计划编制比较细致、精确，计划的执行情况也易于检查和控制。大量生产的典型例子是汽车的制造和装配。

三、成批生产类型

成批生产相对于大量生产而言，是产品产量较少，品种较多，专业化程度较低的一种生产类型。成批生产具有一定的生产稳定性和生产重复性，虽然不如大量生产那样高，但仍可以保持定期重复轮番生产的特点。这种轮番生产的特点，既表现在产品之间的生产安排上，也反映在工作地和设备的作业方式上。从产品的生产安排上来看，每种成批生产的产品虽然产量不大，但社会需要都具有一定的长期性，比如一年或几年。因此，可以按批量进行分期分批地组织生产，在成批生产的产品之间，形成相互轮番交替，保持在一定时间内连续而又定期重复生产的特点。从工作地或设备作业安排上来看，由于产品品种较多，产量又不大，如果把一二种零件固定在一台设备或

一个工作地上，就不可能保证足够的工作量满负荷作业。同时，考虑到每一种产品对零件成套性的需要，就必须在每台设备或工作地上，固定较多种类的零件，并在它们之间实行按一定数量分期分批地组织生产。当一批产品或零件投入生产时，设备就需要重新进行调整。固定在设备或工作地上加工对象的种类越多，设备调整的次数和所占用的时间也就越多。因此，在成批生产中，设备或工作地的有效工作时间比大量生产要少。

在成批生产中，由于产品产量较低，而品种又多，为适应这个特点，不可能像大量生产那样，采用较多的自动化和半自动化设备及各种专用工艺设备，只能根据产量的大小、工艺的难易程度，在采用通用设备和工艺装备的同时，部分地采用自动化和半自动化设备及专用工艺装备。所以，成批生产的自动化和机械化程度，显然不如大量生产那么高。

在成批生产条件下，工人需要掌握多种操作技术和技能，而且应具有一定的熟练程度，以适应多品种和周期性生产变动的要求。

由于成批生产仍然具有一定的重复性和稳定性，因此有条件编制较为详细的工艺规程，组织不同专业化程度对象的封闭车间和工段。

成批生产又可分为大批生产、中批生产和小批生产三种类型。其中，中批生产具有上述成批生产的各种特点，大批生产与其他成批生产相比，具有产量较大、品种变化较少、生产稳定性和专业化程度较高的特点，因此接近大量生产。小批生产则相反，具有产量小、品种多，生产稳定和专业化程度均不高的特点，因此接近单件生产，但又部分地反映了成批生产的某些特点，如产品定期或不定期重复生产，而每次重复仅能保持不大的批量。

属于成批生产的企业有：机床厂、各种专用机械厂、中小型电机厂等。另外，随着市场需求多样化趋势的发展，过去用大量生产方法进行生产的企业，由于市场的压力，而被迫采用灵活性更大的批量生产方式，使系统具有处理品种较多、数量较少的产品生产的能力。对汽车工业和消费品工业来说，这种趋势更为明显。

四、单件生产类型

单件生产的特点是生产的产品品种繁多，而每一种产品仅生产一台（件）或少数几台（件）。这些产品的标准化程度相当低，几乎没有共同的部件，有的产品一次生产后便不再重复生产；有的产品虽要重复生产，但是属不定期的，生产的稳定性和专业化程度很低，大多数设备或工作地需要担负很多道工序。单件生产类型一般都采用通用的设备和工艺装备，只有在非采用专用设备和专用工艺装备才能达到技术要求，保证产品质量时，才采用专用设备。要求工人具有较高的技术水平和较广的生产知识，以适应多品种生产的要求。

属于单件生产的产品有：大型发电设备（汽轮机、水轮机、锅炉）、重型机械（轧钢设备、采矿设备，船舶）以及其他专用设备。

五、各种生产类型的比较

企业生产类型的划分具有相对意义，因为每一个企业都可能同时存在三种不同生产类型。企业生产类型应由主导的生产过程类型来确定。不同生产类型对企业技术经济指标的影响是不同的（见表 2—1）。总的来说，大量生产类型除了市场应变能力以外，其他技术经济指标都优于成批生产和单件生产。因此，提高大量生产类型的应变能力，增加单件生产中成批生产和大量生产的因素，是一项有着重要意义的改进生产管理的内容。改变生产类型，

即变成批生产大量生产；变单件生产为成批生产，以达到提高经济效益、简化生产管理的目的。根据国内外大量生产实践的经验，改变生产类型主要有如下途径：

（一）发展专业化生产和协作关系。其中包括产品专业化、零部件专业化、工艺专业化和辅助生产专业化。减少不必要的分散生产和重复生产，增加同类产品和零件在同一生产单位集中生产的数量。

表 2-1 生产类型的技术经济特征比较

因 素	生 产 类 型		
	单 件	成 批	大 量
1.品种	多	较少	一个或几个
2.生产重复性	不重复	周期性重量复	不间断生产几种产品
3.工作地专门化	很多工序	较多工序	很少,一般为 1-2 道工序
4.生产设备	绝大部分为万能的	万能的和专用的	绝大部分为专用的
5.设备布置	工艺原则	对象和工艺原则	对象原则、流水线或自动生产线
6.工装	万能的	通用的	专用的
7.对工人技术水平的要求	高	一般	低
8.管理工作	复杂	比较复杂	比较简单
9.产品成本	高	较高	低
10.应变能力	好	较好	差

（二）开展产品系列化、零件标准化和通用化工作。产品系列化是有计划发展品种，减少系列外的产品，从而为增加同一品种的数量而进行的一项重要的工作。通过零件的标准化和通用化，就会减少产品专用件的比重，增加同一产品和不同产品的相同零件的数量。

（三）开展工艺过程典型化工作，使结构相似的零件，具有相同或大致相同的工艺加工过程，以减少工序数目，提高工作地的专业化水平，增加工序的加工批量。成组技术便是使工艺过程典型化的重要手段。

（四）加强计划工作和定货管理。通过与用户协商，尽可能订购本企业正在生产或已生产过的变型产品。同时，在保证交货期的前提下，做到产品数量和品种之间的合理搭配，增加同一个时期的产量，减少同一品种生产的批次。这是组织多品种定期轮番生产、采用各种不同流水线形式不可缺少的重要措施之一。

第三节 生产管理系统

生产在企业活动中的地位，决定了生产管理系统的重要作用，该系统运行的目标是以最小的投入取得最大产出的效益。

一、制造业的生产管理技术

制造业所面临的生产管理问题，比其他行业更具代表性和复杂性，这主要体现在以下几个方面：(1)生产上所需的原材料不能准时供应或供应不足；(2)零部件生产不配套，且积压严重；(3)产品生产周期过长，劳动生产率下降；(4)资金积压严重，周转期长；(5)市场和客户要求多变和快速，使企业的经营、计划系统难以适应。

上述问题的产生主要是由于企业对物料的计划和控制不力所造成的。所以过去和现在的制造业生产管理技术，都是围绕着这个问题展开的，从发展历史来看，大致可分成下列三种主要方法。

(一) 订货点法 (Order Point Method)。订货点法是 20 世纪初期产生，40—60 年代得到广泛应用的一种库存计划和控制方法。其基本原理是：按照过去的库存经验来预测未来的物料需求。订货点法的应用必须具备的条件是：(1)需求必须是平稳的；(2)每一种物料保持一定的安全库存量。

$$\text{订货点} = \frac{\text{订货前置时间}}{\text{的需求量}} + \frac{\text{安全库存量}}$$

可用图 2-2 表示如下。

图 2—2 订货点法

订货点法虽然具有物料库存的计划与控制功能，但受其原理本身的影响，它的应用面很窄，不能适应社会生产力发展的需要，因为：(1)大多数企业的物料需求，是随着客户和市场需求的变化而变化的，是非平稳的。(2)订货点法要求每一种物料保持一定的安全库存量，以使生产活动得以正常进行，但却也带来了企业库存资金的大量占压，造成的经济损失也是相当可观的。(3)从生产计划角度上讲，订货点法只具有有限的计划能力，而没有计划的优先调度能力。因此，综上所述，订货点法仅适用少量需求相对平稳而且独立的企业，对于大多数制造企业来说，订货点法并不是一种最好的、全面的和有效的物料计划和控制方法。

(二) 物料需求计划 (Material Requirements Planning, MRP)。订货点法主要适用于独立需求的情况，独立需求是指对一种物资的需求量，与其他种物资的需求量无关。独立需求一般趋于连续和相对平稳。例如，对最终成品和产品的需求就属于这一类。与独立需求相对的是不独立需求（或称相关需求），它是指一项物资的需求是与其他项的需求有关；或是其他项需求的结果。例如，机器生产中对原材料、零件、低级组件、部件的需求，是根据最终产品而定的，属不独立需求。一般在生产中，对最终产品的需求大多是连续的，但是它们的生产是按批量组织的，生产所需的零部件是成批地在相同的时间从仓库提取的，对零部件的需求就具有非独立、离散和突发性。MRP 以计算机为工具，主要应用于计划和控制非独立需求的情况，有关它的内容在本书第三章中将作详细介绍。

MRP 经过多年来在制造业的实际应用，进一步发展为企业全面的生产管理系统 MRPⅠ，这已不只是满足物料计划和控制的功能，而是将企业内销售、

采购、制造和财务等子系统连成一个闭环系统，使各部门之间协调工作，使各系统之间上下贯通，最终达到企业最佳生产经营状况的目的，是一种全面生产管理技术。

（三）准时化生产（Just In Time）。1973 年，日本丰田汽车公司首先试行了这一创新的管理方法，其基本目标与 MRP 相似，但主要重点在于认为“任何浪费”均是不能允许的，尤其视“过多的库存”为罪恶之源。因此一切的生产管理，都以“准时化生产”为原则而组成一套严密的“拉动式”管理。JIT 方法作为一种先进的生产管理技术，对企业的管理基础、人员素质、工厂技术设备和外部环境等都有很高的要求，故一般性企业较难实施该系统。目前，也有一些 MRP 软件包中，融汇了 JIT 的方法。JIT 方法将在本书第四章中作详细阐述。

二、生产管理系统的层次

生产管理系统的功能是对企业供、产、销进行合理的计划和有效的控制。因此，生产管理系统的层次首先表现在生产计划和控制的层次上。一般来说，可以将企业的生产计划和控制划分为三个层次，即长期计划（或称战略规划）、中期计划和短期计划。三个层次计划的功能组成如图 2—3 所示。

（一）长期计划。长期计划要反映企业的基本目标和组织方针，制定企业的产品战略、生产战略、综合投资战略、销售 and 市场份额增长战略等。长期计划的制订要应用财务、生产和销售的宏观模型。

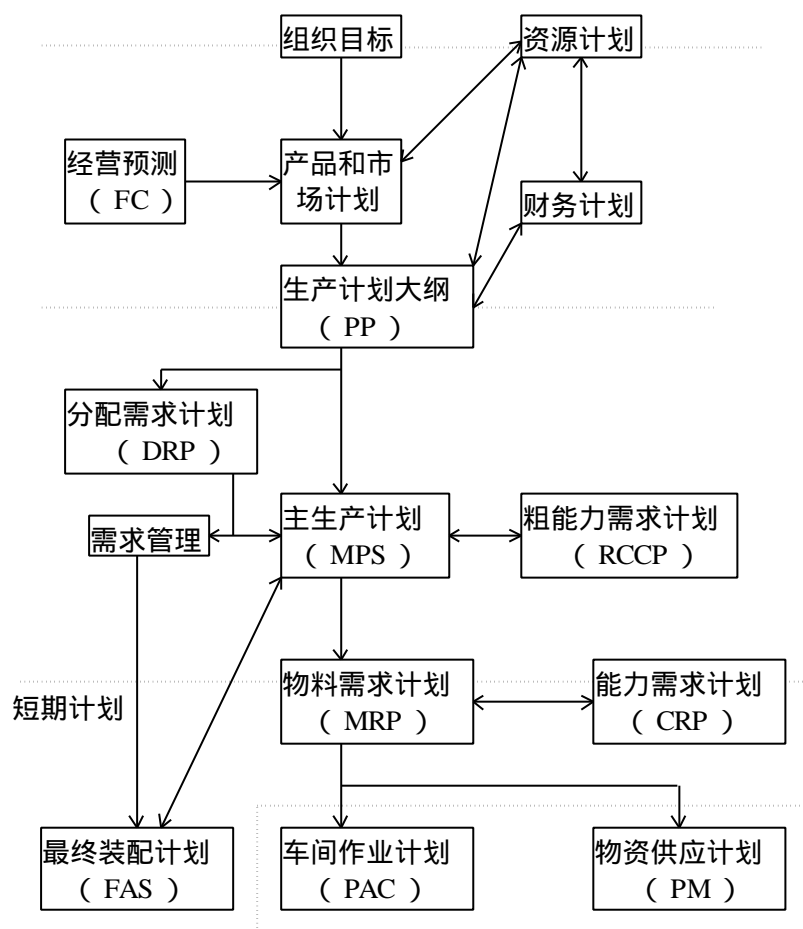


图 2-3 计划的三个层次

资源计划是对未来 3—5 年的工厂库存和资金需求情况进行定量描述。它涉及到人力资源计划、工厂建设计划、长期资金供应计划的制订。驱动生产资源计划的生产计划，必须要与同时期的销售计划协调一致。

长期计划一般五年或更长时间制订一次，而且每年要进行滚动修改。

（二）中期计划。中期计划一般为年度计划。主要制订主生产计划（MPS）和确定物料及生产能力需求计划。许多功能由 MRP 系统来支持。MPS 是对高层计划规定的中短期生产的详细描述，主生产计划表要根据顾客的订单和可得到的物料及可动用的生产能力来测算需求之间的平衡情况。分配需求计划为更低层的各执行计划供应物料资源，并对执行计划进行必要的调整，执行计划包括资金控制，库存控制、采购控制和生产活动控制。

（三）短期计划。短期计划也称生产作业计划。企业在生产计划确定之后，为了便于组织执行，还要进一步编制生产作业计划。它是生产计划的具体执行计划。生产作业计划把企业的全年生产任务，具体地分配到各车间、工段、班组以至每个工作地和工人，规定他们在月、旬、周、日以至轮班和小时内的具体生产任务，从而保证按规定的品种、质量、数量、期限和成本完成企业的生产任务。

生产作业计划工作的内容包括：（1）编制全厂和车间两部分的生产作业

计划；（2）编制生产准备计划；（3）进行设备和生产面积的负荷核算和平衡；（4）日常生产派工；（5）制订或修订期量标准。

三、生产过程组织对生产管理的影响

前面已介绍了生产过程的组织，在离散型生产中，将生产类型划分为大量生产、成批生产和单件生产。现在将对这一问题作进一步的分析，并研究生产过程组织如何影响生产管理性质的。

（一）生产过程组织可以根据二维区间来分析：

1. 工序分解程度。即一个产品的生产过程在何种程度上划分为独立的操作并利用库存来降低工序间相互的影响与干扰。

2. 产品聚焦程度。即生产设备在多大程度上专用于生产特定的产品。

以此二维可构造一个矩阵，在这个矩阵中，我们可以在四个象限中标出各种生产过程组织形式位置的高低，如图 2—4 所示。

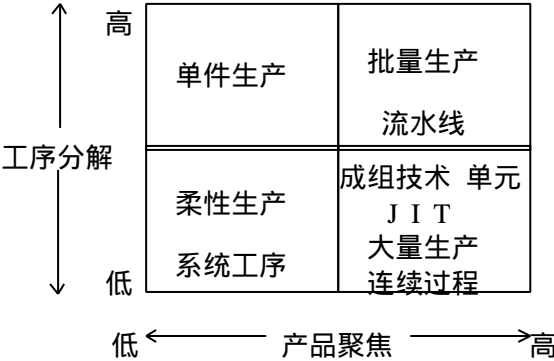


图 2-4 生产过程组织类型

一个低工序分解和低产品聚焦的例子是一个单独的工匠，他独立地制造各种各样的产品。同样，被看作是柔性生产系统（FMs）的自动化工程单元，也属于这样的情况。在这些情况下，产品多种多样，对每件产品来说，生产各阶段相互联系，工序间无独立性。

传统的单件生产车间，有高的工序分解和低的产品聚焦；相反，成组技术方法却有低的工序分解和高产品聚焦，连续生产过程的工厂也是如此（如石油化工类）。有高度自动化运输线的大量生产也具有同样的特点。由于大量生产将生产过程划分为许多工序阶段，每个阶段都与下一阶段保持衔接平衡，如果发生不平衡情况，没有中间缓冲的余地。

JIT 也仿效大量生产系统，在生产过程中，没有在制品库存作为缓冲，而是依靠有条理地组织物流过程和主生产计划，达到连续不断生产的目的。有许多工序阶段的大中批量流水线，也属于高工序分解和高产品聚焦范畴。

各种生产过程组织类型的优缺点比较如表 2—2 所示。

工序分解低的生产过程，具有生产交货期短，在制品控制也较容易等优点。它的交货行为能被准确地预测，并且能在主生产计划表层次上支持生产的灵活性，以便适应产品品种搭配和产量变化。另外，低过程分解有利于增强操作者的主人翁精神，提高

表 2-2 不同生产过程组织类型的优缺点比较

因 素	生产过程组织类型			
	单件生产	柔性生产系统	批量流水线	成组单元 JIT 大量连续生产
在制品库存	大	较小	较大	小
交货期	长	较短	较长	短
WIP 控制	难	较简单	较难	简单
产品引入	易	较难	较易	难
劳动技能	高	较低	较高	低
主计划编制	难	较易	较难	易
品种搭配	易	较难	较易	难

他们的责任感，使他们在产品质量和交货行为上表现出良好的生产行为。

从理论上说，一个高度分解的生产过程，在劳动力和资金利用方面可以提高效率。这是因为将生产过程分解为各个阶段后，可以避免待工等问题，并能够通过批量生产实现装置成本的节约。另外，对生产过程的物理分割，能促进自动化应用于生产过程。

对于产品聚焦的生产过程，产品质量趋于提高，劳动技能要求不高。另外，装置经济性是可以实现的。因为机器的配置是固定不变的，至少普通机器是不变的。然而，灵活性却受到影响，由于在这个系统中，缺乏对产品品种的应变能力。因而，新产品的引入相当困难。

在生产过程组织框图的四个象限中，每一象限主生产计划（PMS）的复杂性不一样。单件生产是最困难的 PMS 环境；批量生产的 PMS 困难为中等；对于 FMS 或工匠，PMS 问题的复杂性较低；在 JIT、成组技术和传送带式大量生产的情况下，PMS 的复杂性为最低。

四、生产管理系统在 CIMS 系统中的作用

生产管理系统是 CIMS 的核心。它通过对购买和生产什么，以及何时购买和生产的决定，在操作层上控制着生产系统的运行。以生产管理系统为中坚，将 CIMS 系统中的其他子系统有机地结合起来。达到互通信息和共享数据资源的目的。

图 2—5 表示了生产管理系统在 CIMS 系统中的地位。从图 2—5 中可以看出，生产管理系统与销售管理系统、采购管理系统、财务管理系统、CAPP 系统，CAD 系统和 CAM 系统都有十分紧密的联系。图 2—5 中还表示出生产管理系统与这些子系统之间的主要信息交换关系。

图 2—5 生产管理系统在 CIMS 中的地位

不同的生产类型其生产过程的组织和管理具有不同的特点和要求。在多品种、小批量为特征的现代生产中，如何运用单一品种大批量生产组织和管理成熟和有效方式及方法，加以结合多品种、小批量生产的特殊要求，研制一套新的方式和方法已成为现代生产组织中一个突出的问题。为解决这一课题，国外已总结出一系列新的行之有效的方法，并应用现代计算机技术加以实施。本书以后各章将对有关主要的方法和技术，进行系统的阐述和分析，

并结合我国企业的实际，提出对推广和应用有关方法和技术的建议。

第三章 物料需求计划 (MRP) 与制造资源计划 (MRP)

第一节 概 述

物料需求计划 (Material Requirements Planning, MRP) 是 60 年代初期在美国开始出现的, 应用计算机来计算物料需求和制订生产作业计划的一种方法。虽然早在第二次世界大战以前, 欧洲已经提出了 MRP 的思想, 某些国家试图以手工方式开展 MRP 技术的应用, 但是 MRP 的应用需要对大量数据进行运算, 是手工方式难以实现的, 因而其应用受到限制。计算机技术的发展, 使 MRP 获得了新的生命力, 尤其是 70 年代以后, 它在制造业中的应用日益广泛, 并且在应用中进一步发展, 成为制造业全面的生产管理系统—制造资源计划 MRP (Manufacturing Resources Planning)。

1975 年美国生产管理专家奥里奇 (Orliky) 编写了有关 MRP 的权威性专著, 美国 IBM 公司的怀特 (Wight) 等人在应用实施 MRP 方面作了大量的研究工作, 对 MRP 方法的应用起到指导作用。

MRP 的发展经历了以下三个阶段。

一、初期的 MRP

(一) 在物料需求计划 (MRP) 广泛应用之前, 制造业中通常采用的物料库存计划与控制方法为定量订购法与定期订购法。

1. 定量订购法 (又称为订购点法, 或双堆法), 即每次订购的数量固定不变, 而订购的时间不定。具体办法是对每种物料需求量和订购 (生产) 时间的历史资料进行分析, 确定其订货点存量, 当实际库存量降到订货点存量时, 就按固定的订购数量 (即预先确定的经济订购批量) 提出订货, 订货点存量可按下列公式确定:

$$\frac{\text{订货点}}{\text{存量}} = \frac{\text{平均每日}}{\text{常用量}} \times \frac{\text{订购}}{\text{时间}} + \frac{\text{保 险}}{\text{储备量}}$$

式中, 订购时间是指由提出订购, 到物料抵厂所需的时间。

在实际应用中, 当一次物料抵厂时, 库存量达到最大, 这时可把该物料分为两堆贮存、保管。第一堆是订货点量, 其余作为第二堆。在发料时, 首先动用第二堆。在第二堆未用完时, 不考虑订购, 一旦第二堆用尽, 而需动用第一堆时, 说明库存已降至订货点量, 需及时提出订购, 故此法又称为双堆法。

定期订购法, 即订购的时间预先固定 (如每月或每周订购一次), 而每次订购的数量则不固定。订购量根据库存的情况来决定, 其计算公式如下:

$$\text{订购量} = \frac{\text{平均每日}}{\text{常用量}} \times \left(\frac{\text{订购}}{\text{时间}} + \frac{\text{订购}}{\text{间隔}} \right) + \frac{\text{保 险}}{\text{贮备量}} - \frac{\text{实际}}{\text{库存量}} - \frac{\text{在途}}{\text{订货量}}$$

式中, 订购间隔是指相邻两次订购之间的时间间隔。

上述两种库存控制方法隐含着可以对一种物料独立地计划与控制其库存量, 即可以独立地确定何时进货 (或生产) 以补充库存或每次补充量多少。它们主要适用于对独立需求物料的控制。独立需求是指一项物料的需求与其他项的需求无关, 例如对最终成品和产品的需求, 或维修服务行业对维修零部件的需求都属独立需求。

(二) 奥里奇针对上述库存控制方法的应用范围, 提出一些对制造业库

存管理有重要影响的新观点，他认为：

1. 制造业生产中的零部件、原材料的库存管理，与产品或用于维修服务的零部件库存不同，不能当作独立项目看待。它们的需求是根据由它们装配而成的最终成品的需求所决定的，属独立需求（或称相关需求）。

2. 在各时间区间，对最终成品的需求一经确定（即确定了生产计划），有关时间区间中对所有零部件的需求量就能计算出来。因此，对各零部件需求量分别进行预测是没有意义的。

3. 假设对最终成品的库存按上面所提到的库存方法进行控制，由它而引起的相关零部件的需求可能是非连续的、不均衡的。奥里奇将之称为波动需求。他指出，即使在产品需求量是均衡的情况下，考虑到零部件的生产批量以及一种零部件可能用于生产不同的最终成品，也会使得对零部件的需求是波动的。波动需求现象意味着订购点法不宜用于制造业中零部件的库存控制。

4. 计算机提供的数据处理能力，可以迅速地完成对零部件需求的计算。

（三）MRP 方法是上述两种库存方法的发展，适用于对相关需求的计划与控制。其出发点就是要根据成品的需求，自动地计算出构成这些成品的部件、零件，以至原材料的相关需求量；由成品的交货期计算出各部件、零件生产进度日程与外购件的采购日程。

初期 MRP 处理过程如图 3—1 所示。先通过产品结构文件将主生产计划中对产品的需求进行分解，生成对部件、零件以及材料的毛需求量计划。进而利用毛需求量，库存情况、计划期内各零部件订购或在制品情况等数据进行计算，以确定在产品结构各层次上零部件的净需要量，以及零部件的生产（或订购）计划。初期 MRP 将产品计划转化为零部件生产（订购）计划，它计算出为完成生产计划的要求，应生产哪些零部件；生产多少数量；何时下达零部件生产任务；何时交货。

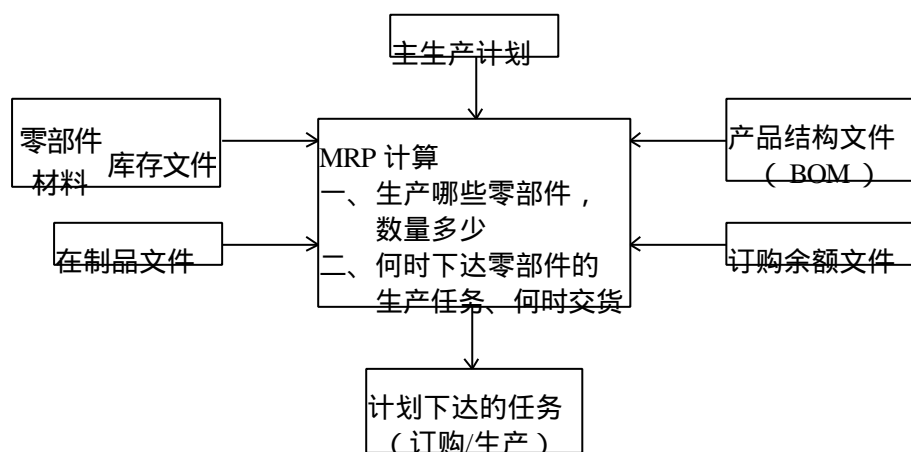


图 3-1 初期 MRP

初期 MRP 能根据有关数据计算出相关物料需求的准确时间与数量，对制造业物资管理有重要意义。但是它还不够完善，其主要缺陷是没有解决如何保证零部件生产计划成功实施的问题。它缺乏对完成计划所需的各种资源进行计划与保证的功能；也缺乏根据计划实施实际情况的反馈信息，对计划进

行调整的功能。因此，初期 MRP 主要应用于订购的情况，涉及的是企业与市场的界面，而没有深入到企业生产管理的核心中去。

二、闭环 MRP

在初期 MRP 的基础上，引入资源计划与保证、安排生产、执行监控与反馈等功能，形成闭环的 MRP 系统，其处理过程如图 3—2 所示。

在闭环 MRP 中，主生产计划及物料需求计划计算以后，要通过粗能力计划、能力需求计划等模块进行生产能力平衡。若生产能力不能满足计划要求，应根据能力调整相应的计划。同时，它还能收集生产（采购）活动执行结果，以及外界环境变化的反馈信息，作为制订下一周期计划或调整计划的依据。由于增加了上述功能，使之形成“计划—执行—反馈”的生产管理循环，可以有效地对生产过程进行计划与控制。

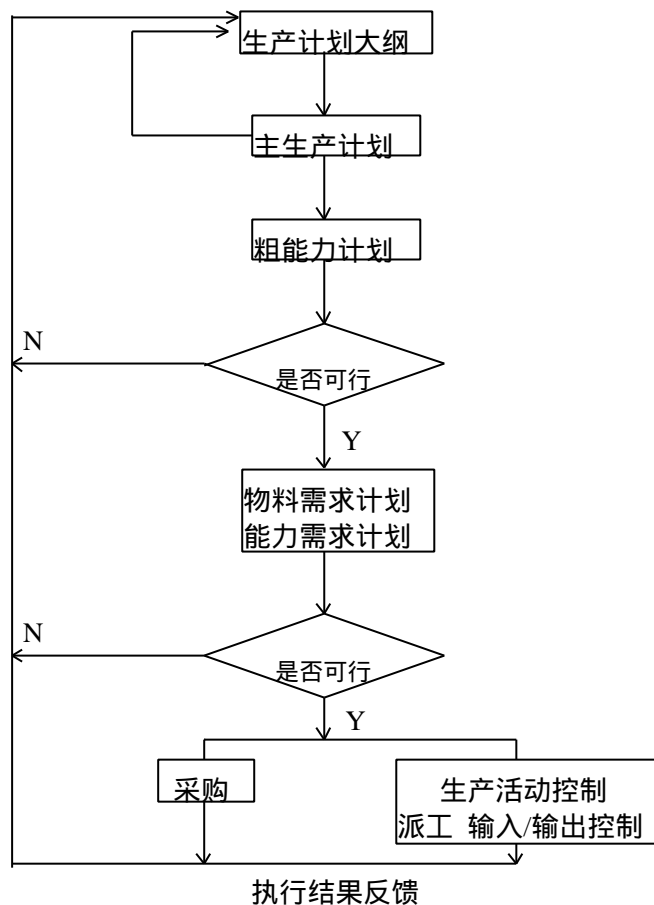


图 3-2 闭环 MRP

三、制造资源计划（MRP II）

生产管理系统是企业经营管理系统中的一个子系统。它与其他子系统，尤其是经营与财务子系统有着密切的联系。在闭环 MRP 完成对生产的计划与控制基础上，进一步扩展，将经营、财务与生产管理子系统相结合，形成制造资源计划。

MRP II 系统如图 3—3 所示。由于 MRP II 将经营、财务与生产系统相结合，并且具有模拟功能，因此它不仅能对生产过程进行有效的管理和控制，还能

对整个企业计划的经济效果进行模拟，对辅助企业高级管理人员进行决策具有重要的意义。

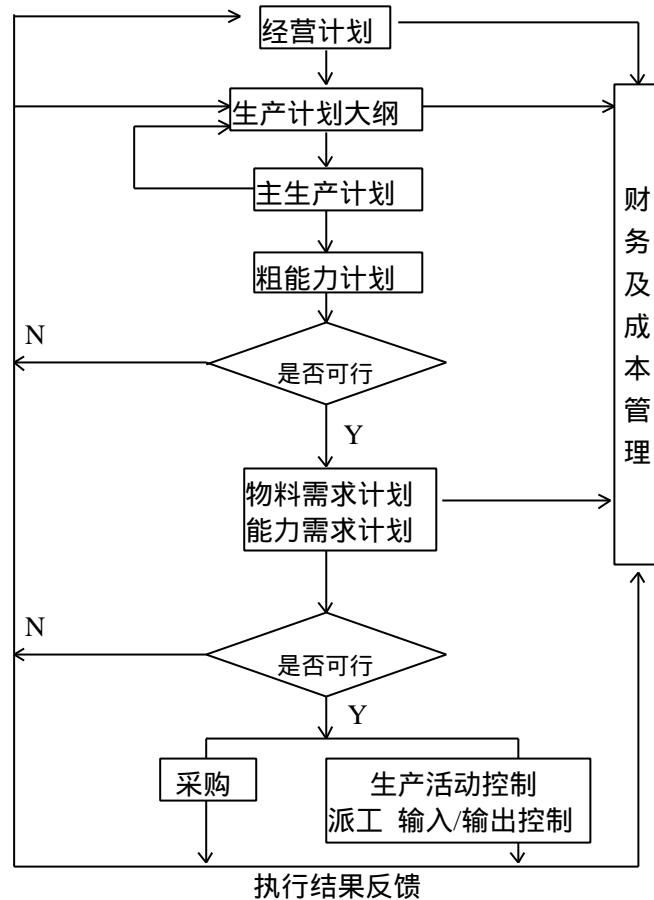


图 3-3 MRP II

目前，国外已有数以万计的企业采用了 MRP 技术，在减少库存、提高生产效率、降低成本、改善用户服务、保证按时交货等方面取得显著的经济效益。

美国生产与库存管理学会（American Production and Inventory Control Society, APICS）在进行 MRP 的基础研究、宣传 MRP、推动 MRP 在企业中的应用方面发挥了重要的作用。它认为，MRP 是解决现代化生产管理的有效方法，是支持整个生产经营管理的通信和决策支持系统。它强调 MRP 要取得成功的前提条件是：（1）必须获得各层次管理人员的全力支持；（2）要对全体职工进行教育；（3）关键在于纪律、教育、理解与沟通。APICS 的活动；促进了美国 MRP 应用的迅速发展。

MRP 作为生产管理技术能迅速推广的另一个原因，是它提供了在计算机中，将一个企业所需的主要信息集中存贮与存取的方法；协调工业企业中工艺、生产和物料管理等各种不同的功能。其吸引力不仅在于它对生产决策的支持作用，而且更重要的是它在生产组织一体化中所起的作用。

第二节 MRP 的工作逻辑

如上节所述，MRP 能根据产品的生产量，自动地计算出构成这些产品的零部件与材料的需求量，并能由产品的交货期展开成零部件生产进度日程和材料及外购件的采购日程；当计划执行情况有变化时，还能根据新情况分别轻重缓急，调整生产优先顺序，重新编制出符合新情况的作业计划。

MRP 的目标是：（1）保证按时供应用户所需产品，及时取得生产所需的原材料及零部件；（2）保证尽可能低的库存水平；（3）计划生产活动、交货进度与采购活动，使各车间生产的零部件、外购配套件与装配的要求在时间和数量上精确衔接。

MRP 是 MRP 的核心，也是系统实施的难点及系统成败的关键。

一、MRP 的输入信息

MRP 系统有三种输入信息，即主生产计划、库存状态与产品结构信息。

（一）主生产计划（MPS）。将计划时间内（年、月）每一时间周期（月、周、旬等）最终成品的计划生产量，记入主生产计划。它表示计划需求每种成品（产品）的数量和时间。

产品生产计划根据市场预测与用户订货来确定，但它并不等同于预测，因为预测未考虑企业的生产能力，而计划则要进行生产能力平衡后才能确定；预测的需求量可能随时间起伏变化，而计划可通过提高或降低库存水平作为缓冲，使实际各周期生产量趋于一致，以达到均衡稳定生产。产品主生产计划是 MRP 的基本输入，MRP 根据主生产计划展开，导出构成这些产品的零部件与材料在各周期的需求量。

有些企业除生产成品外，同时还生产（并销售）用于维修或试验用的备件、部件，它们属于独立需求。这些备件、部件的品种、数量、需求时间等也应通过预测及用户订货来确定，并输入 MRP 系统中。

（二）库存状态信息。库存状态信息应保存所有产品、零部件、在制品、原材料（我们将之统称为项目）的库存状态信息，主要包括以下内容：

1. 当前库存量。指工厂仓库中实际存放的可用库存量。
2. 计划入库量（在途量）。是指根据正在执行中的采购订单或生产订单，在未来某个时间周期项目的入库量。在这些项目入库的那个周期内，把它们视为库存可用量。
3. 提前期。是指执行某项任务由开始到完成所消耗的时间。对采购件来说，是从向供应商提出对某个项目的订货，到该项目到货入库所消耗的时间；对于制造或装配件，是从下达工作单到制造或装配完毕所消耗的时间。
4. 订购（生产）批量，是指在某个时间周期向供应商订购（或要求生产部门生产）某项目的数量。
5. 安全库存量。是为了预防需求或供应方面不可预测的波动，在仓库中经常应保持的最低库存数量。

此外，还应保存组装废品系数、零件废品系数、材料利用率等信息。

（三）产品结构信息。产品结构又称为零件（材料）需要明细表如图 3—4 所示。图 3—4 中以字母表示部件组件，数字表示零件，括号中数字表示装配数。从图 3—4 中可以看出，最高层次（0 层）的 M 是企业的最终成品，它是由部件 B（每件 M 产品需用 1 个 B）、部件 C（每件 A 产品需用 2 个 C）及部件 E（每件 A 产品需用 2 个 E）组成的。而每个第一层次的日部件，又是

由部件 C (2 个)、零件 1 (1 个)、2 (1 个) 组成，依次类推。这些部件、组件和零件中，有些是工厂自己生产的，有些可能是外购件。如果是外购件，如图 3—4 中的 E，则不必再进一步分解。产品结构信息在计算机中的存贮方式及处理方法，将在下节进行讨论。

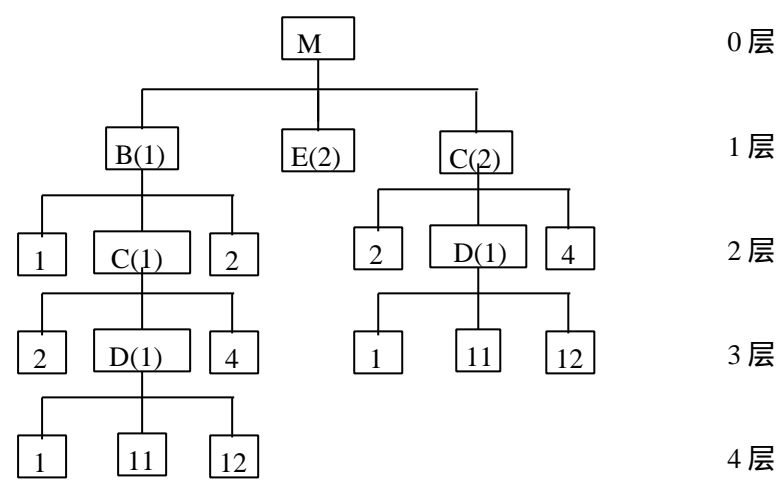


图 3-4 产品 M 的结构

当产品结构信息输入计算机后，计算机根据输入的结构关系，自动赋予各部件、零件一个低层代码。低层代码概念的引入，是为了简化 MRP 的计算。当一个零件或部件出现在多种产品结构的不同层次，或者出现在一个产品结构的不同层次上时，该零（部）件就具有不同的层次码。如图 3—4 中的部件 C 既处于 1 层，也处于 2 层，即部件 C 的层次代码是 1 和 2。在产品结构展开时，是按层次代码逐级展开，相同零（部）件处于不同层次就会产生重复展开，增加计算工作量。因此，当一个零部件有一个以上层次码时，应以它的最低层代码（其中数字最大者为其低层代码。图 3—4 中各零部件的低层代码如表 3—1 所示。

表 3-1	
件 号	低层代码
M	0
B	1
E	1
C	2
D	3
1	4
2	3
4	3
11	4
12	4

一个零件的需求量为其上层（父项）部件对其需求量之和。图 3-4 按低层代码在作第二层分解时，每件 M 需要部件 C2 件；B 需要部件 C1 件，因此生产 1 个成品 M 共需 3 件 C。部层展开时一次求出，从而简化了运算过程。

二、MRP 的工作逻辑

MRP 的工作逻辑如图 3—5 所示。

MRP 的计算在计算机中，是以矩阵的形式展开典型的 MRP 矩阵，如表 3—2 所示。

（一）MRP 的计算是根据反工艺路线的原理，按照主生产计划规定的产品生产数量及期限要求，利用产品结构、零部件和在制品库存情况、各生产阶段（或订购）的提前期、安全库存等信息，反工艺顺序地推算出各个零部件的出产数量与期限。由于它采用电子计算机辅助计算，因此具有以下三个主要特点。

1. 根据产品计划，可以自动连锁地推算出制造这些产品所需的各部件、零件的生产任务。

2. 可以进行动态模拟。不仅可以计算出零部件需要数量，而且可以同时计算出它们生产的期限要求；不仅可以算出下一周期的计划要求，而且可推算出今后多个周期的要求。

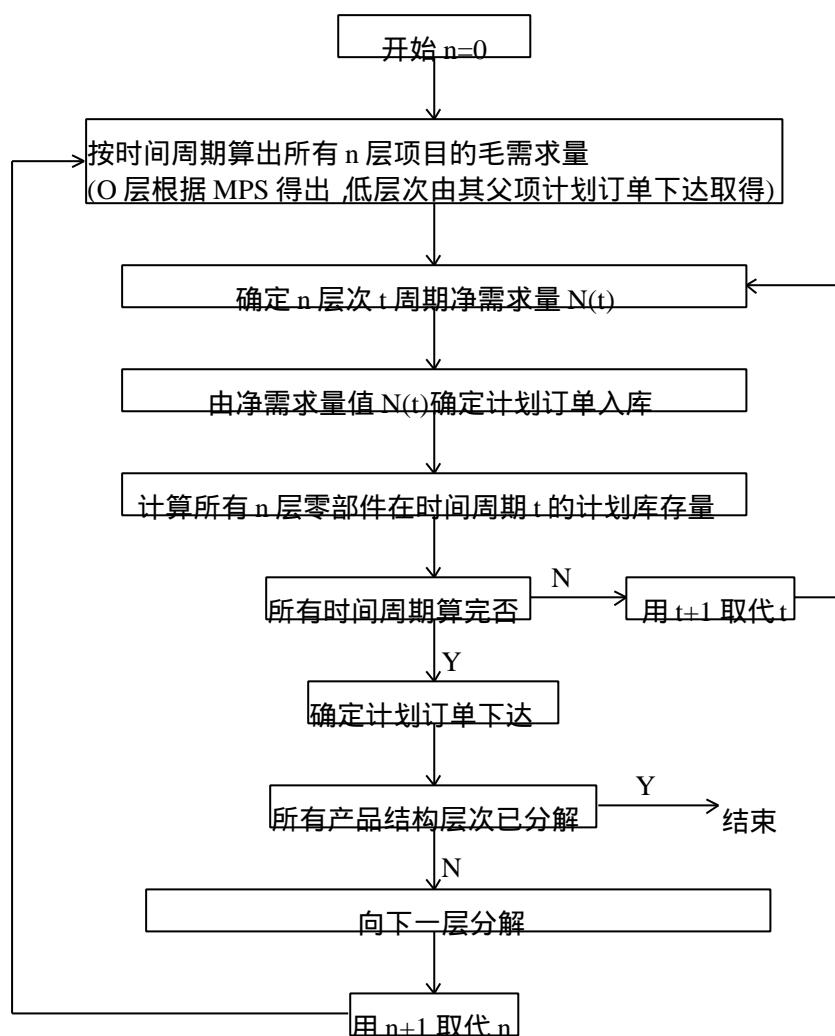


图 3-5 MRP 工作逻辑

3. 运算速度快，便于计划的调整与修正。

(二) 结合实例说明 MRP 工作逻辑 (图 3—5) 中的各计算步骤。

1. 按时间周期算出所有 n 层项目 (成品、零部件、配套件、毛坯) 的毛需求量。由 0 层开始算起。0 层的毛需求量由主生产计划确定，其余各层次的毛需求量由其上层 (父项) 的计划订单下达 (若采购则为计划订单发出，下同)。

[例 1] 假设在第八周要生产出 100 件 A 产品，产品结构如图 3—6 所示，图中，LT 为零部件提前期。设当前库存和计划入库量均为零，试确定每个部件的毛需求量、计划订单下达及下达时间。

[解] 各零、部件的毛需求量可根据产品结构算出。

件 B：(1) × 产品 A 的需求量 = 1 (100) = 100

件 C：(2) × 产品 A 的需求量 = 2 (100) = 200

件 D：(1) × 部件 C 的需求量 = 1 (200) = 200

件 E：(2) × 部件 C 的需求量 = 2 (200) = 400

利用 MRP 矩阵计算过程如表 3-3 所示

2. 确定 n 层次 t 周期的净需求量 N(t)

$$\begin{matrix} t\text{周期} & t\text{周期} & t\text{周期计} & (t-1)\text{周期} \\ \text{净需求量} & = & \text{毛需求量} - & \text{划入库量} - \text{计划库存量} \end{matrix}$$

即 $N(t) = G(t) - S(t) - H(t)$

若 $N(t) > 0$

取 $N(t) = 0$

式中，计划入库一项为已经订购 (包括生产订货与采购) 在 t 周

表 3-3 第八周产出 100 件 A 的 MRP 矩阵

提前时间 (周)			1	2	3	4	5	6	7	8
4		毛需求量								100
		计划订单下达				100				
						↓	× 2			
3	B	毛需求量				100				
		计划订单下达	100							
2	C	毛需求量				200	←			
		计划订单下达		200						
						↓	× 2			
1	D	毛需求量		200						
		计划订单下达	200							
1	E	毛需求量		400	←					
		计划订单下达	400							

期入库的数量。计划库存数由现有库存数，减去已分配数（已分配出去，尚未由仓库提走）及安全库存数求得。

3. 根据净需求量确定 n 层次 t 周期计划订单入库 $P(t)$ （它是目前尚未下达而计划将要下达的订单），等于同一时间周期的净需求量。计划订单入库量常用批量值（ Q ）来作修正。批量值的确定及修正方法将在下节作说明。在本例中采用 $N(t) \leq Q$ 时， $P(t) = N(t)$ ；当 $0 < N(t) < Q$ 时，则 $P(t) = Q$ ； $N(t) = 0$ 时 $P(t) = 0$

4. 计算所有 n 层零部件在 t 周期的计划库存量。计划库存量为计划周期的计划可用库存。

$$t \text{ 周期计划库存量} = t \text{ 周期计划入库} + t \text{ 周期计划订单入库} + (t-1) \text{ 周期计划库存量} - t \text{ 周期毛需求量}$$

$$H(t) = S(t) + P(t) + H(t-1) - G(t)$$

5. 根据 t 周期计划订单入库，确定 $t-L$ 周期计划订单下达。

$$(t-L) \text{ 周期计划订单下达} = t \text{ 周期计划订单入库}$$

即 $R(t-L) = P(t)$

式中， L 为提前期。

一个在本企业生产的部件，在 t 周期的计划下达订单，也就是在，周期开始组装，它的下层零部件必须在该周期提供。因此由上层部件的计划订单下达，可确定同一周期下一层零部件的毛需求量。由下层零部件毛需求量开始重复 1—5 步骤，直至最低层零件。

MRP 概括了生产计划管理方法的逻辑过程，并以严密和简明的形式在计算机中展开。

[例 2] 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）的需求量依次为 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 3—4 所示。

计算说明：

第 1 周期：

$$\begin{aligned} \text{净需求量 } N(1) &= G(t) - S(t) - H(t-1) \\ &= 10 - 10 - 10 = -10 \end{aligned}$$

由于 $N(1) \leq 0$ 取 $N(1) = 0$

$$\text{计划订单入库 } P(1) = 0$$

$$\begin{aligned} \text{计划库存 } H(1) &= S(t) + P(t) + H(t-1) - G(t) \\ &= 10 + 0 + 10 - 10 = 10 \end{aligned}$$

第 2 周期：计算与第一周期相类似。

$$\text{第 3 周期： } N(3) = 25 - 0 - 20 = 5$$

由于 $0 < N(3) < Q$

$$P(3) = Q = 25$$

$$\begin{aligned} \text{计划订单下达 } R(t-L) &= P(t)R(3-2) \\ &= P(3)R(1) = 25 \end{aligned}$$

当有安全库存或已分配库存时，必须从当前库存中减去，剩余为期初计划库存。

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 $P(6)=N(6)=30$ 。

[例 3] 某工厂生产如图 3—7 所示的两种产品。

已知: 产品调在第八周期需求 103 件, 产品 Y 在第七周期需求 200 件。当前库存量分别为: $X=18$, $Y=6$, $C=20$, $D=0$, $E=30$ 。X 的安全库存为 5 件, Y 的安全库存为 6 件, 其余无安全库存。X 的当前库存中有 10 件已分配, 各零部件均无计划入库。X、Y、B、C 的批量等于其净需求量, D 的批量为 200, E 的批量为 500。

求各零部件的订货量及计划订单下达时间。

[解] 由于在 Y 产品中 E 处于第一层和第二层, 在 X 产品中 E 处于第二层, 因此 E 的低层代码为 2, 计算时按第二层展开。

计算过程如表 3—5 所示, 其步骤简述如下:

第一步: 建立 0 层产品 X 和 Y 的毛需求量, X 在第 8 周期需求 103 件; Y 在第 7 周期需求 200 件; X 提前 4 周在第 4 周期、Y 提前 2 周在第 5 周期下达订单。

第二步: 根据 X 在第 4 周期、Y 在第 5 周期计划下达的订货量, 向第 1 层分解 (乘以 B、C 的装配数) 得出第 1 层零部件 B、C 的毛需求量, 进行第 1 层的计算。

第三步: 根据 Y、B、C 的计划下达订货量, 向第 2 层分解, 得出第 2 层零件口与 E 的毛需求量, 进行第 2 层的计算。

三、MRP 的重新生成和净改变

生产系统经常是处于动态变化之中, MRP 系统产生的作业计划, 必须要随着客观情况的变化而变化, 才能保持计划的适时性和准确性。生产系统状态变化主要包括下列内容: (1) 工程设计的改变; (2) 客户订货数量和交货日期改变; (3) 供应商拖期发货; (4) 工作单提早或拖期完工; (5) 废品比预期的高或低; (6) 关键工作中心或设备损坏; (7) 计划中使用的数据有错误。

(一) 为反映上述变化的情况, MRP 系统产生的作业计划需要不断更新。更新的方式有重新生成和净改变两种。

1. 重新生成是指系统完全重新计算整个计划, 即对所有产品由主生产计划开始, 按产品结构逐层分解和计算。重新生成之前, 应根据变化了的情况调整有关输入数据。一般按照一定的时间间隔, 例如一周或一个月重新生成一次。

2. 净改变是指系统只重新计算那些由于改变影响计划的部分项目。净改变的实施方案又分为两种: (1) 联机实时改变方法。它能对非计划性事件的出现立即作出反应; (2) 批处理净改变方法。一般为每天处理一次。多数企业采用批处理净改变方法, 每天晚上根据一天的情况变化进行一次净改变作业。

现举例说明重新生成和净改变方式的区别。

[例 4] 表 3-5 中 X、Y 两产品, 其主生产计划如表 3-6 所示。

表 3-6

周 期	1	2	3	4	5	6	7	8
产品 X								103
产品 Y							200	

若在 MRP 系统运行后，主计划有改变，Y 有一新订单，订货量为 100，在第八周交货，则主生产计划变为表 3—7 的情况。

如果系统采用重新生成方式，就应对表 3—7 进行完全展开和计算。如果采用净改变方式，则只需对表 3—8 的主生产计划的变更内容作展开计算。

然后，根据展开计算结果，对以前主作业计划的分解数据进行修正，得到修改以后的 MRP 输出。

表 3-7

周 数	1	2	3	4	5	6	7	8
产品 X								103
产品 Y							200	100

周 期	1	2	3	4	5	6	7	8
Y								+100

（二）重新生成与净改变两种方式的特点比较如表 3-9 所示。

表 3-9

	重 新 生 成	净 改 变
处理内容	整个主计划全部展开计算	只计算状态有变化的项目
处理频率	每周（或更长时间）一次	每天一次或实时运行
处理方式	批处理	批或实时处理
数据处理效率	高	相对低
数据处理量	大	小
对状态变化的响应速度	有限	快
对不正确计划的纠正能力	有	无
稳定性	稳定	不太稳定

当初始主生产计划分解为零部件作业计划时，或主生产计划内容发生重大变更、库存状态发生重大变化时，应进行 MRP 重新生成。一般情况下，一个企业是选择重新生成、净改变，还是两种方式的结合，主要应考虑计算机的处理能力和系统对状态变化响应速度的要求。（1）从计算机资源方面考虑，重新生成和净改变所用资源情况有所不同。重新生成一次要花费较大的计算机能力，因为它要计算整个物料需求计划。净改变方式仅处理改变部分，使用的计算资源较小，但运行更频繁。（2）从响应速度方面考虑，净改变比重新生成对改变的反应快，更能保持物料需求计划反映当前情况，更精确。但是在净改变系统中，任何计划的错误都可能保留在系统中，直到人工发现或系统重新生成时才能消除。由于这一原因，使用净改变方式的企业，在必要

时需重新生成其物料需求计划。

第三节 MRP 参数的确定

由 MRP 工作逻辑的分析可以看到，要运行 MRP 系统除需要主生产计划、产品结构以及项目的库存状况等反映生产情况的信息外，还涉及一系列的参数，如时间参数（计划展望期、周期）、提前期、批量、安全库存量等。这些参数应该如何选取和确定，是 MRP 系统必须考虑的问题。

一、时间参数

（一）计划展望期。系统生成物料需求计划所覆盖的未来时间区间，称为计划展望期。在计划展望期内，又分为许多时间段或周期。例如前面列举的几个 MRP 矩阵，计划展望期为 8 周，每个时间段为一周。

MRP 计划展望期的长度，要足以覆盖计划中物料的最长累计提前期。最长累计提前期是产品结构各层次上最长提前期之和。通过层层提前期求和，找出最长路径，才能决定计划展望期。

图 3—8 中的计划展望期为 11 周，比最长累计提前期（13 周）短，如果采用这个展望期，将无法对最低层项目安排计划投入日期。因此图 3—8 中的计划展望期，至少应扩展至 13 周，使之覆盖最长累计提前期。计划展望期愈长，预测最终产品的需求量愈困难。根据美国的安德森（Anderson）等人的调查，MRP 系统平均计划展望期约为 40 周。

（二）时间段（周期）。计划展望期被分成称为时间段的小时间区间，把各项目的需要量、预计到货量、可利用库存量，生产指令下达等一系列活动的连续时间，分割为时间段，按时间段来组织生产作业。规定各时间段的生产活动，一定要在该时间段内完成，对生产活动的调整，也要在时间段交界处进行。

图 3—8 计划展望期

在整个计划展望期内，通常采用相等的时间段。从理论上说，时间段长短可任意选择，但据统计约有 70% 的用户取一周为一个时间段。一些新的系统以日为时段，使计划更为精确；同时可无限制地扩展计划展望期。这样的系统称为无时间段（buckless）MRP 系统。

二、提前期

如前所述，提前期是执行某项任务由开始到完成所消耗的时间。图 3—9 描述了采购件与制造件提前期的组成内容。

在图 3—9 中，订单下达之前的一段时间称为管理提前期，用来计划和准备订单。如果需求紧急，管理提前期可以降低为零。采

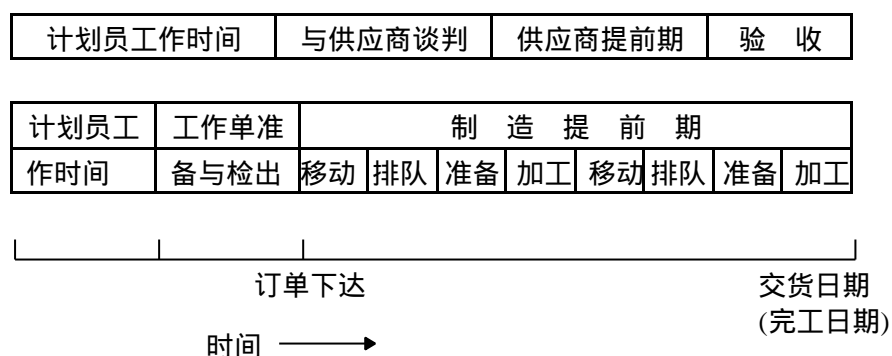


图 3-9 提前期的组成

购件的提前期由管理提前期、供应商提前期与验收时间等组成。制造件的提前期是管理提前期，以及制造工艺路线中每道工序的移动、排队等待与准备、加工时间之和。

计算 MRP 矩阵所用的提前期是计划提前期，而不是实际提前期。它的精确性并不是十分重要，在自动化程度不高的机械制造企业里，零件等待加工的时间，占总生产提前期的 90%。而等待加工时间与任务的优先级有关，优先级高的等待时间大力缩短。因此追求计划提前期的“精度”是没有实际意义的。MRP 中所用的计划提前期，可凭经验公式估算。常用的经验公式是：

$$LT=2N+6$$

式中，N 为工序数。

三、批量

在 MRP 计算中，计划订购的数量并不一定正好等于净需求量，经常要用一些方法来进行调整。在实践中，常用的决定批量的方法，分为静态方法和动态方法两类。（1）静态方法就是保持订货数量为一常数。常用的静态方法有：固定批量法、经济订货批量。（2）动态方法在不同周期订货数量可能变动、常用的动态方法有：直接批量法、固定周期批量法等。

（一）固定批量法。固定批量法在实际中应用较多。该方法批量为一固定值。在 MRP 计算时将净需求量与此固定批量值相比较，如净需求小于或等于该批量，计划订购量等于批量，否则计划订购量等于净需求量。固定批量值由下列因素确定：

1. 由于制造过程生产能力的限制，如一炉钢生产量为 100 吨，或热处理炉能力为 200 公斤。订货数量低于生产负荷能力，经济效益会受影响，因而将它们定为固定批量。
2. 运输能力及包装容器大小的限制。
3. 物料尺寸和重量的限制。
4. 逻辑上的订货倍数（如：打、箱等）。

（二）经济订货批量（EOQ）法。EOQ 法是在保证生产正常进行的前提下，以库存支出的总费用最低为目标，确定订货（生产）批量的方法。

对于向厂外采购的零部件，库存费用模型为：

$$\text{库存费用} = \text{订购费} + \text{保管费}$$

对于制造、装配的半成品、成品，库存费用模型为：

库存费用 = 工装调整费 + 保管费

式中，订购费是指处理订货以补充库存所需的费用，包括采购差旅费、手续费、检验费等，它与订货或采购的次数成正比，而与每次订货数量的多少关系不大；

保管费包括仓库建筑物租金、设备折旧费、保险费、管理费、搬运、维修和保管期间物资变质损耗等费用，此外，还应包括库存物资的资金利息；

工装调整费指在批量生产情况下，每批投产前的工艺准备、工夹具和设备调整以及检验所需费用，它与计划期投入的批次成正比，而与每批生产数量多少关系不大。

经济订货批量的计算方法如下：

假设：

S——每批工装调整费（或订购费）；

C——项目每件在计划期间的保管费；

Q——批量；

D——项目在计划期间之需求量；

TC——库存总费用。

因此

平均库存水平 = $Q/2$

计划期间保管费 = $CQ/2$

计划期间的工装调整费 = SD/Q

所以

$$TC = \frac{Q}{2} \cdot C + \frac{D}{Q^2} \cdot S$$

为求得经济订货批量，使库存总费用最小，可令式（3—1）对 Q 的一阶导数为零。

$$\frac{dTC}{dQ} = \frac{1}{2}C - \frac{D}{Q^2} \cdot S$$

$$\text{即} \quad \frac{1}{2}C - \frac{D}{Q^2} \cdot S = 0 \quad (3-2)$$

$$\text{求得} \quad Q = \sqrt{\frac{2SD}{C}} \quad (3-3)$$

由经济批量的计算方法可见，必须在已知计划期间的需求量、每批工装调整费、项目每单位在计划期间的保管费等数据的情况下，才能计量出经济订货批量。算出结果后就将之作为一定期间的订货批量，直到各项费用和需求数量有较大变动时，才会有所变动。因此，EOQ 可认为是一种静态批量法，它不太适用于需求波动很大和项目价值很昂贵的情况。

（三）直接批量法。直接批量法是最简单的动态批量方法。它将每个时期对项目的净需求量，直接用作订货批量。如表 3—10 所示。

表 3-10

	周 期							
	1	2	3	4	5	6	7	8
净 需 求 量		20	15	30		20	25	30
计划订单入库		20	15	30		20	25	30

直接批量法最适用于价格昂贵的项目，因为它不保存无用的批量库存，订货量恰好等于净需求量，随每次净需求的变化而改变。

一般来说直接批量法不适用于标准件和通用件。

（四）固定周期批量法。固定周期批量法是动态批量方法之一。它生成订单的订货量等于固定的几个周期的净需求量之和。表 3-11 表示了这种方法。

表 3-11

	周 期						
	1	2	3	4	5	6	7
净 需 求 量	20	15	25	10	35	25	10
计划订单入库		40		45		40	

表 3—11 中所使用的固定周期为 2。而周期 1 的净需求量，已由前一一周期的计划订单入库来满足。

使用固定周期批量法，订货的间隔期保持相对稳定，但订货量可能随需求的不同而变化。

以上各种方法计算出的批量，有时要根据实际情况作一些调整，例如：

1. 最大批量和最小批量。估计生产负荷及处理订单能力，确定批量的最高和最低限额。实际采用的批量，应不大于最大批量，不小于最小批量。

2. 报废系数。由于生产过程中的废品及物料损耗，使实际订货量应大于净需求量。可采用“衰减百分比”公式来计算考虑报废数后的订货量：

$$L = Q + d\sqrt{Q} \quad (3-4)$$

式中，L 定货数量；

Q 计算得到的批量；

d 随报废数量而变化的系数，一般 $d=1$ 。

3. 取整倍数。由于考虑运输或生产能力等因数，订货量应为某特定值的整数倍。这个特定值是由设备的生产能力或运输容量等所决定的。例如，一炉钢生产能力为 100 吨，若净需求为 120 吨，而生产 120 吨是不经济的，故订货量应为 200 吨，即应为生产能力（100 吨）的整数倍。

四、安全库存

为使生产经营活动正常进行，防止因需求或供应的波动引起缺货或停工待料，经常在仓库中各项目保持一定数量的计划库存量，称之为安全库存。安全库存是消除制造过程中不可预见变化的重要方法，但是，安全库存必然会增加库存费用。因此，须要确定一个适宜的安全库存水平。

安全库存水平常用安全库存量来表示，当计划周期的计划库存量达到或低于安全库存量时，该周期就应该有计划定单入库，如部件 E 安全库存量为 15 件，当计划库存低于 15 件时就需有计划订单入库量。此外，安全库存也可用时间单位来表示。如 E 部件 8 周计划需求量为 200 件，每周平均 25 件，订货提前期为 2 周。若将计划提前期加上一周的安全提前期，其结果产生的作用与具有 25 件的安全库存相同。

确定安全库存常用统计分析法，其计算步骤如下：

（一）利用历史数据求出平均预测误差（MAD）。根据历史的各周期计划需求量与实际需求量的差别，计算预测误差，如图 3—10 所示。在 8 个周期中预测每周期的需求量均为 25 件，而实际需求量则在 25 件上下波动，最高需求量在第 3 周期为 41 件，最低需求在第 5 周期为 19 件。如果按照预测需求订货，就会在一半周期（即 4 个周期）中缺货，如果增加 15 件的安全库存，缺货周期降低为 1。由图 3—10 中的数据，可列表 3—12 算出预测误差、绝对误差。

图 3—10 预测误差

进而求出平均预测误差：

$$\text{平均预测误差} = \frac{\text{绝对误差总和}}{\text{预测周期数}}$$

$$\text{MAD} = \frac{56}{8} = 7$$

表 3-12

预测周期	实际需求量	预测需求量	预测误差	绝对误差
1	31	25	6	6
2	20	25	-5	5
3	40	25	16	16
4	30	25	5	5
5	19	25	-6	6
6	20	25	-5	5
7	34	25	9	9
8	21	25	-4	4
				56

（二）选择服务水平，确定安全因子值。安全库存量的大小，将影响服务水平及成本。提高安全库存，从而使缺货概率减少，服务水平提高，但同时库存费用也随之升高。根据所选择的服务水平，可查阅有关书籍的安全因子值表，找出与服务水平相应的安全因子值，如表 3—13 所示。

表 3-13

服务水平（不缺货的订货周期%）	安全因子
50	0.00
75	0.84
80	1.05
90	1.60
94	1.95
95	2.06
96	2.19
98	2.56
99	2.91

（三）计算安全库存量。计算安全库存量的公式为：

安全库存量=MAD × 安全因子

如上例选择服务水平为 95%，对应的安全因子值为 2.06，MAD=7，求得：

安全库存=7 × 2.06=14.42 15(件)

由公式可看出，减少安全库存量有两个途径，（1）降低不可预测的变化（降低 MAD）；（2）承担较高的风险（降低安全因子）。

第四节 生产数据库

生产数据库是统一管理（组织，维护）和提供生产管理所需数据的子系统。它是生产管理系统的数据中心，它集中建立和维护生产经营活动所必需的基本数据资源，为生产经营各部门所共享。通过生产数据库对数据集中组织管理的主要优点是：（1）可减少生产管理各部门间数据相交部分的重复存贮，从而节省了存贮空间；（2）减少更新重复数据项的操作，避免了冗余数据引起的不一致性；（3）数据逻辑结构合理、适应系统功能扩展的需要；（4）能以合理的组织、灵活的通信满足各种生产活动的要求。

MRP 系统的运行，需要大量的数据，因此，生产数据库的建立与维护，是实施 MRP 的基础。

一、生产数据库的基础数据

在生产数据库中集中组织与管理的基础数据主要有：

（一）产品定义数据。对企业的产品加以定义，称为“项目”。所谓项目可以定义为一种产品、一个部件或者一个零件，有时也可以将原材料、消耗品等定义为项目。由于管理习惯和数据描述方面的差异，许多系统的原材料、消耗品等不定义为项目，而将其归入物资供应子系统集中管理。产品定义数据是企业管理信息系统中最基本的数据集合，企业的每一产品、部件或零件都有唯一的定义和数据描述，如项目号、项目名称、类型（产品、部件、零件、标准件等）、计量单位、批量、安全库存、提前期（安全提前期）、制造或采购代码、存放位置、低层代码、工艺路线号、所用材料标准及价格等。

（二）产品结构数据（Bill of Materials, BOM）。用以定义产品的结构，描述产品、部件、零件之间的装配关系与数量要求。关于产品结构在计算机中的描述方式，将在产品结构及零件清单中作介绍。

（三）加工工艺数据。可以分两级建立与维护，即工艺阶段数据和工艺路线数据。制造过程按物流顺序可以划分为若干工艺阶段，阶段的划分一般以工艺或车间为准。工艺阶段数据描述包括所在车间、提前期、起止工序、价格（或成本）增值及其他有关数据，为计划编制、车间之间的生产衔接和经济核算提供依据。工艺路线数据包括：工序号、工序描述、完成该工序的工作中心号、可替代的工作中心号、有无工装、工装号、工序准备时间、到达工作中心作业或批量的运输时间、工时定额、工序提前期等项内容。随着管理水平的提高，系统还可以对替换工艺、返修工艺、检验测试工艺等其他类型的工艺信息进行管理并为生产服务。

（四）工作中心（能力资源）数据。能力资源主要指人力资源及设备资源。为编制作业计划和进行能力平衡，需要按加工工艺特征，将能完成相同或相似工序的一组设备和（或）劳动力，划为一个工作中心，作业计划和能力平衡都围绕着工作中心进行。

工作中心数据包括：工作中心号、工作中心描述、每班可用机器数（或操作人员数）、工作中心利用率、工作中心效率、每班排产小时数、每天开动班次、工作中心一般排队时间、单位工时成本、单位台时成本、单位时间管理费等项内容。

（五）工具数据。有些生产数据库中还包括工具数据，其主要内容是：工具号、工具名、工具描述、在工具库中的位置、工具状态、可替代的工具

号、工具寿命、已使用的时间累计值、工具寿命计量单位等。

（六）工厂日历。工厂日历是用于编制计划的特殊形式的日历，它是由普通日历除去周末休假、假日、停工和其他不生产的日子，并将日期表示为顺序形式而形成的。表 3—14 表示普通日历与工厂日历的对应关系（按每周工作五天计）。

表 3-14

— 月						
			1	2	3	4
				001	002	
5	6	7	8	9	10	11
	003	004	005	006	007	
12	13	14	15	16	17	18
	008	009	010	011	012	
19	20	21	22	23	24	25
	013	014	015	016	017	
26	27	28	29	30	31	
	018	019	020	021	022	

工厂日历文件将这种对应关系存入计算机中，通常作业计划按工厂日历编制，可以消除节假日、停工检修等因素干扰，提高作业计划的准确性。

二、产品结构及零件清单

（一）产品结构。产品结构列出构成成品或装配件的所有部件、组件、零件的组成、装配关系和数量要求。它是物料需求计划产品拆零的基础。

制造业一般都有产品结构复杂、品种繁多的特点。许多企业在基本型产品的基础上，作一些更改如增加或减少某些零部件而形成许多变型产品。产品基型少而变型品种多，既能满足社会多方面的需要，又能减轻企业生产的工作量、提高经济效益。图 3—11 为 C620—1 车床基本型及变型产品的产品结构示意图，在图 3—11 中，用下划线标志出变型产品与基本型之区别。如果在数据库中对每种产品的产品结构都进行完整的描述，必然会造成大量的数据重复，如对图 3—11 中的床头箱、走刀箱等的组成就要描述多次，当它们的组成结构有变化时，又要在多处进行修改。

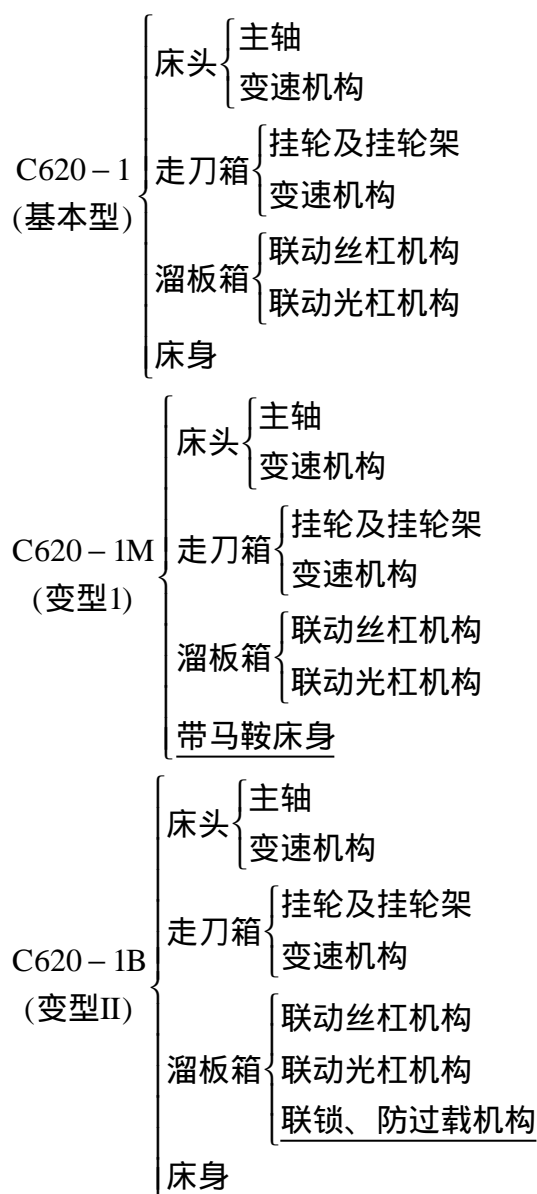


图3-11

为满足设计和生产情况不断变化的要求，适应变型产品增加的趋势，BOM必须设计得十分灵活，使用户既能从BOM取得与每种产品相应的零件清单，又不致在计算机中存贮大量重复的数据。因此在计算机中采用将项目描述与结构描述分开，产品结构使用单级描述方法，如图3—12所示。图3—12(b)中表示产品A和K的产品完整结构；图3—12(a)为这两种产品在计算机中的存贮方式。由图3—12可见，对每种成品、部件只描述其直接

图3—12 产品单级结构和产品结构树

下层，产品结构数据按单级零件清单存贮，每个单级零件清单只出现一次。即每种零部件，无论它在多少种产品中出现，在计算机中只存贮一次有关它的信息。如部件D在多个产品中均要使用，而且在A产品中有两处用到C部件，C是由D及其他零件组成的。但在描述中，我们只要对它描述一次，无论D是用在什么地方。若D部件的组成有变化，只要改变它在计算机中的单

级零件清单，在各产品中它的结构也随之更改。在图 3—12 (a) 中，项目数据（根段）的存贮内容如前面有关产品定义数据所述。产品结构数据部分存贮内容为：父项件号、每个子项的件号、需求数量（装配一个父项所需之数量）等。

利用以单级清单为基础的产品结构数据，通过程序处理，可以生成不同型式的零件清单来满足生产经营管理的不同要求。

（二）零件清单。提供给用户的零件清单，分为展开和反查两种处理方式。（1）展开处理又称为拆零或分解，它是分解产品或部件，求出其组成成分及每组分数量；（2）反查处理则与之相反，它采用追踪各零部件在哪些上级装配件中的使用状况及使用数量多少的方式，每种处理方式又有不同的输出形式。

1. 展开型零件清单。展开型零件清单的输出形式，如图 3—13 所示。

（1）单级展开。即按水平分层顺序分拆一个装配件成为它的直接组成部分，如图 3—13 (a) 中所示。

对于组装型企业，其子装配件均由外部采购，就用单级展开清单来计划其物料需求。一般企业的装配车间和仓库，需要根据单级展开清单发放装配件的组分零件、财务部门用它来计算装配件的成本。

（2）层次展开。即按产品、部件的装配形态，自上而下、从左到右地分解装配件，直到最基本的零件为止，如图 3—13 (b) 中所示。产品结构中各层次采用缩排的形式，最高层装配件位于左边，最低层在最右边。

层次展开可用于装配计划、部件装配计划的 MRP 计算、维修备件清单以及成本计算等方面。

（3）综合展开。即按产品汇总列出每一个项目的总需要量清单，如图 3—13 (c) 中所示。它可用于决定生产的零件总数、查零件配套情况；也可确定产品价格、计算产品成本提供条件。

图 3—13 展开型零件清单

2. 反查型零件清单。反查型零件清单的输出形式如图 3—14 所示。反查与展开的区别在于，零件按被使用顺序向上级检索时不限于一个产品或部件，它可能在不同地方被使用，因此，可能涉及多种产品或部件。

（1）单级反查。即按使用顺序查询直接上级（父项）如图 3—14 (a) 中所示。利用单级反查清单可以帮助生产计划人员了解加工件、采购件短缺可能引起的问题。

（2）层次反查。即追踪一给定零件在装配件中的使用及这些装配件在较高层直至顶层最终产品中的使用情况，如图 3—14 (b) 中所示。这种反查形式主要提供给设计工程师和用户服务人员使用。设计工程师利用它了解某零件用在什么部件和产品中，重新设计或修改这一零件所产生的影响范围。用户服务人员通过它了解易损件在产品中的影响范围。

图 3—14 反查型零件清单

（3）综合反查。即反查出各零件在全部较高层部件或产品中直接和间接使用的总量。它可用来确定零件短缺、报废对最终产品的影响，以及零件成本改变对部件和产成品的影响。

（三）产品结构描述中的几个技术问题。在产品结构描述中，有一些要

考虑的共性问题主要是：

1. 固定零件清单。如果企业生产的产品是由固定的零件清单构成，不存在变型或选择件，产品间通用件很少，那么就没有必要采用单级展开的形式描述，可以使用固定型零件清单。

2. 大量变型产品和任选项处理。在一般情况下，采用上述的单级零件清单存贮方式，对每种变型或选择组合产品，分配一个项目号就能准确地提供有关基本型和变型产品的结构信息。但如果产品有大量选择组合、变型产品大多时，可能造成大量数据重复，不宜采用分配新项目号的办法，而是根据情况采用下面两种处理方法。

(1) 当众多的变型是由几种基本部件按不同的选择组合形成时，采用产品结构模块方法。例如卡车生产厂，有不同类型的发动机、底盘、栏板、颜色可供用户选择。若有 10 种发动机、4 种底盘、2 种栏板、30 种颜色进行不同组合，便可能形成 $10(4)(2)(30) = 2400$ 种产品，如图 3—15 所示。如果按产品结构存贮，就要存入 2400 种结构，并使 MRP 展开复杂化。

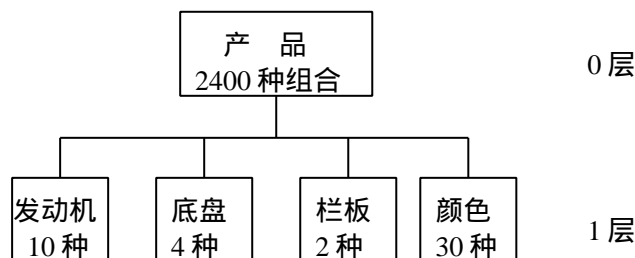


图 3-15 产品结构模块

解决上述问题，可采用结构模块方法，即去掉产品层（0 层），代之以部件（1 层或更低层次）作为最终状态。上例若以第一层为最终状态，总共只有 $10 + 4 + 2 + 30 = 46$ 种结构，比 2400 种少得多。产品的预测也可预测到第 1 层，采用时间序列分析法，由过去用户订货，可以推测出各类部件选择的比例。例如，过去销售状况表明 75% 的用户需要 A 栏板；25% 的用户需要 B 栏板。如果每期生产 100 辆卡车，将计划订购 75 个 A 栏板；25 个 B 栏板。

(2) 当众多的变型是由于某些项目的取舍而形成时，如轿车中是否装空调、是否装保险带等。可以采用在产品结构记录中增设一数据项，用来识别这些项目的选择属性，在零件清单生成时决定取舍。

3. 工程变更及其处理。工程变更是指设计或工艺的修改等，工程变更前后的信息都需要保留。许多企业有自己的工程变更管理编码体系，常采用在项目号后面加后缀的办法来表示变更后的项目。这种办法事实上等于建立一个新的项国号，不利于数据冗余的消除。在建立产品结构数据时，可增加一个控制数据项，如加上有效起止日期，既可产生有时效的零件清单，又不致建立许多不必要的新记录。

第五节 能力需求计划

利用 MRP 可制订出零部件生产作业计划，确定要生产（采购）哪些零部件及其生产数量；何时下达订单；何时完工入库。为了保证作业计划的实施，需要核算设备和人力的负荷程度，进行能力平衡，以期获得一个理想、可行的作业计划。

在编制主生产计划时，一般都从总体上进行了能力平衡的核算工作。但是，对于多品种小批量生产的企业，生产的产品品种、数量每月各不相同，生产能力需求变化大。年总负荷核算平衡时，每个生产周期、每个工作中心不可能全都平衡。所以还要按较短的时间周期（如旬、周等）、更小的能力范围（如工作中心）进行详细的核算和平衡。

核算过程如图 3—16 所示。它是根据来自 MRP 的零部件作业计划、生产数据库中的工作中心文件、工厂日历、工艺路线文件以及车间在制任务文件等信息，进行以下处理：（1）编制工序进度计划；（2）根据工序进度计划，计算出对每个工作中心在计划期间内的能力需求（即负荷）；（3）查定各工作中心实际可用能力；（4）进行负荷与能力分析，分析结果以负荷与能力直方图、负荷分析报告表示；（5）负荷与能力调平。

图 3—16 能力需求计划处理过程

现将主要步骤分述如下。

一、编制工序进度计划

通过 MRP 展开，已获得各零部件计划订单下达日期（开工日期）、计划订单入库日期（完工日期）以及数量。利用上述两个日期，产生两种编制零（部）件工序进度计划的方法：（1）倒序编排法。它由零件的最晚完工日期开始按反工艺路线的顺序，往前推出各道工序的开始和完工日期；（2）正序编排法。它是由零件的订单下达日期（最早开工日期）开始按工序路线顺序向未来推移，计算出各工序的开始和完工日期。两种编排方法如图 3—17 所示。按倒序排出的订单下达（开工）日期是最晚开工日期，如果

图 3—17 正排与倒排进度计划

晚于此日期开工，零件就不可能按期完工。按正序编排的订单下达日期是最早开工日期，在此之前零件加工条件尚不具备。两个开工日期之差是订单下达的松弛时间。由此可见，正序编排法编出的进度计划，留有一定富裕时间，以防因任务拖期影响按期交货，其缺点是增加在制品和延长了制造提前期。倒序编排法没有富裕时间，可减少在制品及缩短制造提前期，其缺点是有因任务拖期而延期交货的风险。

（一）两种编排方法的计算大体相类似。倒排工序计划应用比较普遍，下面以编制 A 部件的工序计划为例，简述其计算步骤。

1. 从订单、工艺路线和工作中心文件取得所需信息。

从订单获得订货和交货期（即计划订单入库）。

[例] 部件 A 订货量是 60，交货期是车间日历 175 天。如表 3-15 所示。

表 3-15

订 单	订 货	交货日期
部件 A	60	175

从项目定义工艺路线文件中获得加工次序、工序号、工作中心号、准备时间、移动时间、加工时间。如部件 A 需要在两个工作中心（分别为 1 和 2 号工作中心）上加工两道工序（工序 10 和 20），如表 3-16 所示。

从工作中心文件获得排队时间。如表 3-17 所示。

表 3-17

工 作 中 心	排 队 时 间 (天)
1	1
2	2

于加工时间与准备时间之和。对于部件 A：

工序 10 加工时间： $60 \times 1 = 60$ （小时）

工序 20 加工时间： $60 \times 2 = 120$ （小时）

因此，在每个工作中心上每道工序的负荷为：

工序 10-工作中心 1： $60 + 12 = 72$ （小时）

工序 20-工作中心 2： $120 + 6 = 126$ （小时）

3. 计算每道工序的交货日期和开工日期。按倒排方法编排部件 A 工序进度计划，由交货日期往前推。即从交货日期反工艺路线减去每工序的移动、加工、准备和排队时间所需天数，顺次得到各工序开工日期及完工日期。如上例首先将平均加工时间和准备时间转化为以天为单位，假设一天工作 8 小时，工作中心利用率为 0.85，效率为 0.88；每天标准工时为：

$$8 \times 0.85 \times 0.88 = 6 \text{（标准工时/天）}$$

工序 10 为：

$$\text{负荷} = \frac{72}{6} = 12 \text{（天）}$$

工序 20 为：

$$\text{负荷} = \frac{126}{6} = 21 \text{（天）}$$

部件 A 应在第 175 天交货，第 175 天为工序 20 的完工日期，减去其移动、排队、准备、加工时间，工作中心 2 的开工日期为第 151 天。这样第 151 天又成为其前工序 10 的完工日期，重复以上计算，可求出工作中心 1 的开工日期为第 137 天。其结果如表 3—18 所示。

二、编制负荷图

当所有订单都编制了工序进度计划以后，以工作中心为单位编制负荷图。

（一）计算工作中心负荷。首先对每个工作中心，按周期将各订单所需的负荷定额工时累加，获得各工作中心各周期的计划负荷需求。

[例] 工作中心 1 由 A 部件订单产生的能力需求如图 3—18 所示。

图 3—18 A 部件在 1 工作中心的能力需求

如在计划期间 A、B、C、D、E、F 等零部件需在工作中心 1 加工，按周期累加其负荷如表 3-19 所示。

表 3-19 工作中心 1 计划负荷

	周 期									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	0	30	30	12	0	0	0	0	0
B	0	0	10	20	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	18	30	30	30	10	0
D	0	0	0	0	30	30	30	30	0	0
E	0	0	0	0	30	20	20	0	30	20
F	0	0	0	0	10	0	30	20	0	20
累计	0	0	40	50	100	80	110	80	40	40

除按 MRP 计划订单产生的计划负荷工时外，还应考虑已下达订单产生的工作中心负荷。二者之和为工作中心总负荷。

(二) 计算工作中心可用能力。每周工作中心可用能力可用下式计算：
以上数据可由工作中心文件及日历文件获得。

(三) 负荷报告及负荷图。根据工作中心总负荷及工作中心可用能力可以算出每个工作中心每周的负荷情况，确定何处（哪个工作中心）何时超过能力或低于能力，形成如表 3—20 的工作中心负荷报告及图 3—19 所示的负荷图。

表 3-20 工作中心负荷报告

工作中心号：1										
时 间 负 荷 计 算	周 期									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
已下达负荷工时	75	100	120	90	0	100	130	0	0	0
计划负荷工时	0	0	40	50	100	80	110	80	40	40
总负荷工时	75	100	160	140	100	180	240	80	40	40
可 用 能 力	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
超/欠 能 力	105	80	20	40	80	0	-60	100	140	140
能力利用率(%)	41	55	89	77	55	100	133	44	22	22

三、负荷与能力调平。

如果大多数工作中心表现为超负荷或欠负荷，而且超欠量比较大，说明能力不平衡。引起能力不平衡的主要原因有：MPS 计划（主生产计划）不全面，例如维修件订单未列入 MPS 中；能力数据不准确；粗能力计划中未进行“瓶颈”工作中心的能力平衡；提前期数据不准确等等。对上述各种引起能

力问题的因素进行分析，找出原因，逐个纠正。

纠正上述存在问题以后，能力和负荷仍不平衡时，就要通过增加或降低能力；增加或降低负荷；同时调整能力和负荷等方法，将能力与负荷调平。

图 3—19 负荷与能力直方图

（一）调整能力。调整能力的主要措施有：

- 1.调整劳动力。缺少劳动力应增加新工人，劳动力超出当前需要，剩余时间可安排培训。
- 2.安排加班。
- 3.购买可选件代替自制件。
- 4.改善设备利用率和效率。
- 5.采用可替代工艺路线。一旦工作中心超负荷，一些订单可以安排到有剩余能力的替代工作中心上加工，两个工作中心的负荷水平都将得到改善。
- 6.转包合同。

（二）调整负荷。调整负荷的主要措施有：

- 1.交叉作业。即在第一个工作中心加工完整批任务前，零部件已传给第二个工作中心。如图 3—20（a）所示。
- 2.分批作业。将一批任务分成几个小批量，在相同的机器上同时安排生产这几十批任务。该措施并不降低负荷，而是将负荷集中在更短的时间内。如图 3—20（b）中 B 工序变为 B₁、B₂ 两小批任务。

图 3—20 交叉作业与分批作业

3.减少准备时间。减少准备时间负荷就会下降：可以在机器运行的同时，尽可能多做准备工作，以减少准备时间。

4.订单的提前或拖后安排。采取上述调平负荷与能力的措施后，应修改相应的数据，如加班、改善利用率和效率等应反映在工作中心文件中，减少准备时间应反映在工艺文件中。根据新数据，重复运行能力需求计划，直到取得满意的结果为止。

第六节 生产活动控制

通过能力需求计划、负荷与能力平衡处理，使各工作中心能力与负荷需求基本平衡，为组织生产活动、安排作业（派工）打下基础。如何具体地组织生产活动，使各种资源合理利用又能按期完成各项订单任务，如何将客观生产活动进行状况及时反映到系统中，以便根据实际情况进行调整与控制，是本节需要讨论的问题。

一、作业排序

如前所述，通过执行能力需求计划，各工作中心负荷和能力已初步平衡。但是在每个工作中心都要做许多种零件的不同工序，在同一时间周期，一个工作中心有多个任务等待加工。这时应该先加工哪一个零（部）件，后加工哪一个，才能使整个任务加工时间短、保证按期完工，又使资源利用率高，这就是作业排序的任务。

[例] 有 A、B、C、D 四个零件等待加工，这四个零件要顺序经过车加工中心和铣加工中心，各零件加工定额如表 3—21 所示。

表 3-21

零件名称	车加工定额 (小时)	铣加工定额 (小时)
A	15	4
B	8	10
C	6	5
D	12	7

采用不同的两种加工顺序，就有不相同的任务完工时间，如图 3-21 所示，若采用图 3-21(a)所示顺序，总加工时间为 48，而采用图 3-21(b)中顺序总加工为 45。由此可见作业排序对缩短总加工时间。有效利用设备有重要意义。

图 3—21 不同加工顺序

如何进行作业排序，许多生产管理研究者进行了大量的研究工作，一些人试图用数学方法寻求最优解，但至今仍没有一个最优解的有效算法。目前，对于大规模的排序问题，按优先规则进行计算机模拟是最有效的方法，它是根据不同的目标确定优先规则，按优先规则算出各任务的优先数，优先数小的（有的系统采用优先数大的）优先级别高应先加工，由此排定加工顺序。

（一）一般优先规则。优先派工规则很多，美国作了统计，大约有二百多种。这里仅就常用的几条介绍如下。随着追求的目标不同其规则也不同。

1. 追求加工时间最短用下列规则：

（1）SPT——最短加工时间。即作业优先数等于工序占用时间 D_{ij} （ i 表示工件， j 表示工序）；

（2）LWKR——最小剩余工作。即作业优先数等于所有未完工序的工序占用时间总和： $LWKB = \sum D_{ij}$ （ j 从当前工序至最后工序）；

（3）FOPR——最少工序数。即作业优先数等于还没有加工的工序数；

(4) TWK——总的加工时间。即作业优先数等于该任务全部工序的工序占用时间的总和：

$$TWK = \sum_{j=1}^n D_{ij}$$

式中，n——最后工序。

为了填平机床负荷用下面规则：WIHQ——下工序机床负荷。即作业优先数等于下工序机床负荷。下工序机床欠负荷给最高优先级，以便尽快去填平负荷。

2. 为了满足事先规定的交货日期用下面规则：

(1) DDATE——任务完工日期。即作业优先数等于任务完工日期 DD。

(2) SLACK——富余时间。作业优先数等于剩余时间与剩余加工时间差：

$$SLACK = (DD - CD) - \sum_{j=\text{当前}}^n D_{ij}$$

式中，CD——当前日期。

(3) S/ROP——富余时间与剩余工序数的比。作业优先数按下式求之：

$$S / ROP = \frac{(DD - CD) - \sum_{j=\text{当前}}^n D_{ij}}{n - j_{\text{当前}}}$$

式中，n——总工序数；

$j_{\text{当前}}$ ——当前工序数。

(4) RD/RW——剩余时间与剩余工序之比。作业优先数按下式计算：

$$RD / RW = \frac{DD - CD}{\sum_{j=\text{当前}}^n D_{ij}}$$

(5) ODD——工序最晚完工日期。作业优先数等于最晚完工日期，即。

(6) ROP——剩余工序数。作业优先数按下式计算：

$$ROP = n - j_{\text{当前}}$$

上述优先数小的其优先级高，应优先安排加工。

(二) 组合优先规则。使用上述一般优先规则特别是一些动态变化的规则，每次做排序决策时都要进行计算。为了避免这种频繁的计算，可以使用基本分类优先规则。将作业分为紧急件和非紧急件两类，同一类中重要程度相同，因而使操作者根据其技术要求有选择自由，允许操作者决定他们的下一个作业是什么，同时减少了计算量。但是这仍存在另外一个问题：在作业排序中，追求的目标不同其优先规则不同。最短加工时间 SPT 规则，对平均作业流动时间有根强的影响，是用得最多、最有影响的规则。但是它使加工时间长的作业推迟，有可能造成长作业拖期的现象。既要缩短平均作业流动时间，又要保证按时完成作业；可以使用组合优先规则。

在组合优先规则中，(1) 采用基本分类法，将作业分为“长作业”和“短作业”。“长作业”是指工序占用时间大于规定时间分界参数值 spD 的作业。“短作业”是工序占用时间小于 SPD 的作业。按照 SPT 规则，短作业优先于长作业安排加工。或者说短作业为紧急作业，长作业为非紧急作业。(2) 按作业最晚完工时间 ODD 规则将作业分为紧急和非紧急两类。设最晚完工时间

分界参数为 SPF，最晚完工时间小于 SPF 的为紧急作业，否则为非紧急作业。
(3) 用工序占用时间为横坐标，最晚完工时间为纵坐标。以分界参数 SPD 和 SPF 将平面分为四个部分如图 3—22 所示。

图 3—22 组合优先的分类

图 3—22 中对于 SPT 而言，第 1、4 部分是紧急件；2、3 部分为不紧急件。对于 ODD 而言，1、2 部分为不紧急件；3、4 部分为紧急件。从而可以看出，第 4 部分对于二者都是紧急件；第 2 部分都是不紧急件。为了保证按时完工，对于晚的作业不使用 SPT 规则，因而将 3、4 部分合并为新 3 类，这部分作业一律按最晚完工时间规则排序。很明显，第 1 部分比第 2 部分重要，但它没有新 3 类重要。在第 1 部分可以用任一种优先规则对作业做随机选择。最后第 2 类可以用 SPT 规则排序。因此组合优先规则可用图 3—23 表示。

二、任务下达（派工）

任务下达过程如下：

(一) 按工作中心建立可排序的作业集合。工序进度计划确定了每个工序的订单下达（开工）与结束日期，但在生产管理人员正式批准这些订单以前，上述日期还仅是一个推荐日期。订单能否按期下达还要事先检查下达任务的条件是否具备，这些条件主要指：工具、材料、能力和提前期。

1. 工具、材料。(1) 由产品结构、工艺路线数据，产生待加工作业所需的材料、零部件、工具的分检单。分检单指出工序所需工具和材料的编号、数量、需用日期。(2) 由工具库、材料库提供是否缺货的信息。

图 3—23 组合优先规则的选取

2. 能力。在能力需求计划已对能力进行平衡。但是报告实际生产能力的的数据可能滞后，使工作中心实际可用能力比计划能力低，或是因不可预见的问题发生而失去了能力。因此在任务下达时，要进一步确认可用能力。

3. 提前期。由于提前期数据不准，或作业之间互相争夺能力与材料，都可能引起任务下达时间拖后，致使当任务下达时没有足够的提前期，无法按期完成。

当检查任务下达的条件不具备时，可能采取的补救措施如表 3—22 所示。根据采取措施后的情况，重新检查任务下达的条件。

表 3-22

存 在 问 题	解 决 方 法
工 具 短 缺	使用替代工具，使用替代工艺路线外协
	使用替代材料，调整批量，加工部分产品，取得新的材料来源

续前表

存 在 问 题	解 决 方 法
能力短缺	加班、调整批量、加工部分产品、外协
提前期不足	交叉作业、分批作业、按紧急件下达改进加工工艺

将已具备任务下达条件的作业，按工作中心建立可排序作业的集合。

（二）计算优先级。按前面介绍的作业优先级算法或组合优先规则算法，计算作业的优先数（或优先级）。

（三）下达任务。作业分配过程如图 3—24 所示。

在工作中心可排序的作业集合中，将最高优先级的作业，分配给第一台可利用的机器；下一个最高优先级的作业，分配给第二台机器。如此继续，直到工作中心的每台可利用机器都分配一个作业。用同样的方法分配下一个工作中心的作业。当全部工作中心可利用机器都安排了一个作业之后，模拟时钟增加一个步距，在第一个工作中心再次开始，直到时间达到规定时间为止。

根据作业分配的结果，输出作业分配表（派工单）。现场操作人员根据作业分配表进行生产活动，其内容如表 3—23 所示。

表 3-23

车间：				工作中心：					
任务号	零件号	工序号	计划 任务数	优先级	计划开 工日期	计划完 工日期	工序占 用时间	前序完 工日期	后序工作 中心号

三、信息反馈与生产控制

任务下达以后，理想的情况是完全按照所制订计划的要求，执行分配的作业，按时完成订单。但是，在实际计划执行过程中，很可能出现工作中心的生产落后于原计划或提前于原计划，如机器可能出现故障、人员缺勤、工件在转移过程中出现错误、出现了次品等等，均会使实际生产进度偏离计划要求。因此，必须监视每个工作中心的活动，及时反馈实际生产情况的信息，以便采取相应的对策进行控制。反馈的主要信息有：

（一）输入/输出报告。输入/输出报告的形式如表 3—24 所示。它表明计划的与实际的输入负荷，以及计划的与实际的产出；比较计划与实际值之差别。它是由工作中心的计划日产量与实际生产量记录获得有关信息。表中容许偏差一项，指在要求采取调整措施之前计划输入与实际输入；或计划输出与实际输出之间允许的累计偏差。

利用输入/输出报告，可以分析生产中存在的问题，采取相应的措施。计划输入与实际输入进行比较的目的是监视作业订单进入工作中心的情况。当某工作中心计划输入大于实际输入时，通常表明作业任务拖期到达这个工作中心，应采取的措施是检查前序工作中心，以确定产生拖期的原因。如果计划输入小于实际输入工作中心：1

允许偏差：20 小时

一周期的能力：150 小时

周 期	1	2	3	4	5	6
计划输入	150	150				
实际输入	150	130				
累计偏差	—	— 20				
计划输出	150	150				
实际输出	125	100				
累计偏差	— 25	— 50				

入，通常表明作业任务提前到达工作中心，应采取的措施是检查前序工作中心定额，是否低估了该工作中心的能力。计划输出与实际输出的比较，可以表示出每个工作中心是否完成了进入该中心的全部加工任务。有关输入/输出报告的分析见表 3—25。

表 3-25

比较结果	表明情况	可采取措施
计划输入大于实际输入	订单拖期到达该中心	检查前工序工作中心问题
计划输入等于实际输入	订单按计划到达	无
计划输入小于实际输入	订单提前到达该中心	检查前工序工作中心定额
实际输入大于实际输出	未完成任务处于增加状态	分析具体情况 确定措施
实际输入等于实际输出	未完成任务处于稳定状态	
实际输入小于实际输出	未完成任务正在减少	
实际输出大于计划输出	工作中心计划拖期	
实际输出等于计划输出	工作中心按计划工作	
实际输出小于计划输出	工作中心计划超前	

（二）状态报告。反馈的状态报告主要有：

1. 拖期任务报告。将计划工序排产日期与当前状态相比较。
2. 物料短缺报告。说明短缺物料号及数量。
3. 机床状态报告。给出由于计划外维修、故障等所造成的不可用设备信息。

（三）有关生产“瓶颈”的信息。生产中的“瓶颈”环节是指在生产流程中，使工件流通减慢的工作中心。它使得后序工作中心不得不停工待料。当待加工任务超过确定的限定值或允许值时，也可以认为这个工作中心存在“瓶颈”现象。

监控“瓶颈”现象，及时提供有关“瓶颈”信息并采取有效措施来解决“瓶颈”问题，对保证生产按计划进行有重要意义。

上述各反馈信息是现场管理人员调度、控制生产的依据。当实际情况与计划偏离较大时，或通过本周期的调整偏差仍超出允许范围，应将信息反馈给系统，作为下周制定计划的依据。

第七节 最优化生产技术在 MRP 中的应用

一、最优化生产技术的概念

最优化生产技术 (Optimized Production Technology, OPT), 是一种计划与调度的工具。它是由以色列学者在 70 年代提出, 1979 年由创造公司 (Creative Output) 引入美国, 进一步加以完善, 并形成软件推广应用。

OPT 的基本思想是通过分析生产现场出现的“瓶颈”现象, 以及装夹时间、批量、优先级、随机因素对生产的影响, 改善生产现场管理, 以达到增加产量、减少库存、降低消耗, 取得最佳经济效益的目的。

(一) “瓶颈”的概念。一个生产部门是利用一定的生产资源, 将原材料变为最终产品的系统。生产资源是指机器、人力资源、生产场地等等。这些资源都可以有“瓶颈”和“非瓶颈”资源之分。“瓶颈”是制约系统产量的关键。它可能是在整个制造过程中, 制约系统产量的机器设备、或高技术专门操作者、或稀有工具等。

[例] 一个产品制造, 要经过装配、喷漆、检验三个工作中心, 如表 3-28 所示。

表 3-26	每个工序所需时间	单位: 小时
装配时间	0.25	
喷漆时间	0.35	
检验时间	0.20	

假设每个工作中心每周可用能力为 40 小时, 若每周生产 100 件产品, 对各工作中心的能力需求如表 3-27 所示。

如市场需求为每周 130 件产品, 对每个工作中心的能力需求, 如表 3-28 所示。

生产 100 件时各		生产 130 件时各	
表 3-27 工作中心所需工时	单位: 小时	表 3-28 工作中心所需工时	单位: 小时
装配所需工时	25	装配所需工时	32.5
喷漆所需工时	35	喷漆所需工时	46.5
检验所需工时	20	检验所需工时	26.0

由于每个工作中心每周只能提供 40 小时的可用能力, 为满足市场需求 (生产 130 件), 喷漆中心就成为生产的“瓶颈”, 而其他两个工作中心则为“非瓶颈”工序。

(二) “瓶颈”与“非瓶颈”的联系。在制造资源中, “瓶颈”与“非瓶颈”资源之间的联系, 可呈现如图 3—25 所示的四种类型。

类型 I, 生产流从“瓶颈”流向“非瓶颈”资源, 如上述例子中喷漆与检验工序的联系, 为满足市场需求, 喷漆车间可能利用率达到 100%, 而检验中心的利用率可能只达 56%, 检验中心利用率受到喷漆工序能力的约束。

图 3—25 “瓶颈”与“非瓶颈”联系的四种类型

类型 ，生产流从“非瓶颈”流向“瓶颈”资源，如上例中，由装配工作中心流向喷漆工作中心。装配中心的利用率只能达 70% 左右，虽然装配有能力增加产量，但其结果只会使喷漆工作中心等待加工的库存量增加，并不能增加整个系统的产出量

类型 ，假设由“瓶颈”工作中心与“非瓶颈”工作中心分别生产 A、B 两种零件供应装配中心，装成产品。“瓶颈”工作中心的能力已 100% 利用，“非瓶颈”只需利用 80% 能力，就能保证供应装配所需的零件。如果此产品十分畅销，虽然可以增加“非瓶颈”工作中心的利用率，增加零件日的产量，但由于“瓶颈”能力限制 A 零件产量不能相应提高，最终产品产量仍不可能增加。

类型 ，两个工作中心各自生产零件提供给市场，若市场对这两种零件的需求为独立需求，则此两工作中心，可根据各自的市场需求和能力安排生产，互不影响。若市场对这两种零件的需求是相关需求，则仍然存在“瓶颈”问题。例如：零件 A 与 B 是相关需求，市场上需要一件 A，相应需要两件 B。“生产 B 的工厂生产能力 100% 利用，每日能生产 B100 件，而生产 A 的工厂具有每日生产 70 件 A 的能力。由于受 B 厂生产能力的限制（“瓶颈”）使 A 厂生产能力不能全部利用，否则 A 零件就会生产过剩，无法销售出去。

二、OPT 的基本原则

美国创造公司根据资源、“瓶颈”或约束问题，提出了 OPT 的基本原则。其要点如下。

（一）平衡物流，而不是要求全部设备满负荷运转。维持物流通畅对于装配线和加工工业是一条有效的原则，但此原则一般不用于工艺专业化原则组织的车间和重复性生产的车间。

（二）“非瓶颈”资源的利用水平，常常不由自身来决定，而是取决于系统中其他一些约束因素。即它的利用率要受到“瓶颈”资源的制约。如果“非瓶颈”资源充分利用，它生产出的工件，“瓶颈”操作吸收不了，就会增加库存而引起浪费。

（三）机器应开工工时与机器可利用工时是不同的概念。机器应开工工时，是指机器完成系统的工作任务必须开动的工时量；而机器何利用工时中，可能包括不需要开动的的时间。对于“非瓶颈”资源，区别以上两个概念是很必要的，如果将“非瓶颈”可利用工时 100% 利用（即开工工时等于可利用工时），但它的后续工序有“瓶颈”资源存在，因此它加工出来的工件后续工吸收不了。若后续工序只能吸收 60%，那么其余 40% 就变成库存。在这个例子中，我们不希望非“瓶颈”资源利用率达 100%，从系统的观点出发，只要求它的开工工时达到可利用工时的 60% 即可。

（四）在“瓶颈”操作上损失一个小时的能力，即是整个系统损失了一个小时的能力。为取得最大产出，应该保证“瓶颈”资源 100% 的利用率。

（五）在“非瓶颈”资源上节约了一个小时的能力，对整个系统来说不产生任何作用。由于系统的能力是受“瓶颈”资源制约，在“非瓶颈”资源上节约了时间，也不会对系统的产出产生影响。

（六）“瓶颈”控制着系统的产出量及库存量。创造公司认为，在制品库存之所以需要，就是为使“瓶颈”能力充分利用，“瓶颈”所在的地方，可控制在制品量。

（七）运输批量在多数情况下不等于加工批量。加工批量一般较大，而

运输批量较小，有时可小到一件工件，这样可以加速物流的运动。

（八）加工批量在不同时间、不同操作、不同设备上，可采用不同值，即加工批量是可变的，而不是固定不变的。

（九）作业计划应该在考虑了整个系统所有约束条件以后，再进行安排。

三、OPT 软件

OPT 软件以上述原则为指导生成作业计划。（1）确定系统哪些地方是“瓶颈”，哪些地方为“非瓶颈”，如图 3—26 为一个产品网络，找出其生产中的“瓶颈”；（2）将生产网络分解为两部分：一是关键资源部分，它包括由“瓶颈”开始直至产出最终产品交给用户的过程。二是非关键资源部分。如图 3—27 所示。

图 3—26 单一产品网络

图 3—27 产品网络按关键、非关键分解

OPT 软件安排作业，为使“瓶颈”资源利用率达 100%，在关键资源部分，采用由“瓶颈”开始至最终产品向前安排作业。而非关键资源部分，则由后往前推，类似于 MRP 方法安排作业，但其目的只是为了支持关键资源，保证关键资源最大限度的利用，从而使系统获得最大产出。

有的企业分解为两部分资源后，只对关键资源进行控制，就可达到对整个系统控制的目的。有时还采用建立库存缓冲存贮的方法使关键资源所需物料；即使在非关键设备发生故障时也能及时供应，保证关键资源 100% 利用。此外，从改善质量的观点出发，少量缓冲存贮在系统中的存在也是必要的。

OPI 应用起到增强 MRP 模型的作用。它清楚地定义了“瓶颈”，明确系统改进的方向，它能简化生产作业、易为用户所接受，可快速进行作业调整，掌握实际生产资源能力，是 MRP 生产活动控制的重要技术。

第八节 MRP 及 MRP 的实施

从前几节的分析可以看到，MRP 是在市场竞争条件下融合了生产管理智慧产物，它是以电子计算机为手段，辅助生产管理的有效方式，在西方工业化国家中获得广泛应用。但是 MRP 应用只有在一定条件下才能成功，它也有一定的适用范围及不足之处，本节将从应用、实施 MRP 的角度探讨上述问题。

一、MRP 系统的特点

由 MRP 系统目标、工作逻辑。已运行系统取得的效果可以归纳出 MRP 系统具有下述特点。

（一）MRP 系统是一个计划主导型系统，适应于以销定产的商品经济环境。应用 MRP 首先要对市场与销售进行预测，确立需求，制订生产计划。在实施过程中。采用波动计划以实现计划的衔接。从而使企业的生产经营活动直接面对市场。

（二）系统中零部件、在制品库存低。在 MRP 系统中，每种零部件根据最终需求，根据提前期、现有库存、最佳批量等进行计算，保证物料在最准确的时间、最适宜的数量投入、使得库存降低到较低水平。

（三）打破产品界限，实现按零部件最佳批量组织生产。在制造业中，许多零部件应用于多种产品中。MRP 在安排零部件作业计划的过程中，打破了产品的界限，汇总各时间周期对各零部件总需求量，按照批量准则组织计划订单下达，实现按零部件组织生产。它将各时间周期中各产品生产任务的特点抹去，将多品种、小批量的需求在零部件一级统一安排，实现最佳经济批量生产，从而使成本降低、生产周期缩短。

（四）实现数据集中管理，保证数据完整性和准确性。MRP 要求有完整的生产数据库提供关于产品、工艺、能力、库存等信息。在生产活动中采购、入库、出库、加工、完工和发货各环节都有完整准确的记录，并有严格的跟踪反馈制度，实现生产数据完整化及全面管理。

（五）实现负荷均衡，保证产品按期交货、为了保证计划实施，MRP 系统在编制主生产计划时就进行了粗能力平衡。具体实施时，又经能力需求计划进一步按工作中心分周期进行详细的负荷与能力平衡；进行作业排序，从而使机器设备利用率提高，保证生产任务准时完成。

（六）为企业提供了详实的财务基础数据。以单级 BOM 清单开始，将制造费用、材料费用、人工费用、管理费用都融汇到以零部件中心生产管理的方式中，逐级形成成本化的 BOM。利用逐级滚加的核算方式，通过寻根溯源，使产品的工厂成本、销售成本的确定有了科学依据；也为成本模拟以建立最低成本的产品组合与制造流程。提高企业利润和竞争力提供了详实的财务基础数据。

（七）及时反馈、动态调整。MRP 能对外界需求变化，现场执行计划的偏差及时反映到系统中，动态进行调整。现场操作者不用关心某零部件是用在何种产品上，使现场调度工作统一、集中、复杂程度降低。

因此，应用 MRP 可以降低材料成本，提高生产效率、加快资金周转、提高用户服务水平。据美国 1983 年对 727 个 MRPI 用户调查结果表明，由于采用了 MRP，约 50% 的用户年经济效益提高了 10% 以上。

二、MRP 实施的基本条件

实施 MRP 除需要计算机硬件、软件以外，还需要以下基本条件。

（一）客观需要是企业实施 MRP 的第一推动力。企业要实施 MRP 系统必须有明确的目的，必须对 MRP 的功能、特点有足够的了解。一般当企业产品品种增加、批量减少、信息量增大，原信息系统满足不了变化的需求，提供不了或不能及时提供管理所需的信息；或企业的管理系统不能适应市场竞争、以销定产的机制，不能满足用户需求时，才产生开发 MRP 系统的需求。企业为在国内外市场竞争中取胜，有提高生产管理水平，提高生产率、降低库存、缩短提前期、改善用户服务水平的强烈愿望，才能认真开发系统并坚持实施。

（二）组成以企业主管领导为首的决策机构，是实施成功的重要条件。MRP 系统成功的关键所在是“人”。高层管理人员的参与程度，中级管理人员的积极性，以及公司职工对 MRP 实施工作的态度，已被公认为是实施 MRP 最重要的成功条件。

实施 MRP 在企业各层次，都遇到与传统管理模式相抵触的矛盾，需要在整个企业内组织和调配人力、物力和财力，必须按照系统工程的方法进行协调开发，这就决定了厂长（经理）在开发 MRP 中的重要地位。由于涉及部门多、关系复杂、习惯势力大，需要主要领导的参与和推动。主要领导的直接参与领导，不仅增加了 MRP 开发过程中每一个行动步骤的权威性，而且对培养全体职工的参与意识，提高职工对计算机应用重要性的认识都将起巨大作用。

国内外经验证明，组成以主管领导为首的 MRP 实施领导小组，作为项国的决策机构，站在企业经营战略的高度，指导 MRP 的实施，是十分必要的。领导小组的主要职责是：

1. 提出系统的目标，开发策略和开发计划。
2. 组织协调 MRP 系统与其他计算机应用系统，如计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺（CAPP）、计算机辅助制造（CAM）等的接口与系统集成问题。
3. 调动与组织有关管理部门和信息管理机构逐步实施系统。
4. 组织调整不合理的与新系统不相适应的机构、体制与制度。
5. 在系统实施的主要阶段，组织方案审批和成果技术鉴定。

（三）完整和准确的数据是 MRP 实施的基础。MRP 系统实施需要大量的数据，这些数据可分为两类：（1）相对稳定的固定数据。包括项目（产品、零部件、毛坯、原材料）定义、产品结构、工艺路线、工作中心数据等；（2）动态数据。如库存文件、生产统计等，这些数据有一定的时效性。

固定数据的整理与录入涉及设计、工艺、设备、劳资等部门。这些部门都有自己一套惯用数据，同一数据在不同部门经常互相矛盾，如定额数据互不相同，同一项目采用不同的计量单位等，在数据整理过程中，要进行大量的协调工作。固定数据要求成套，即输入一个产品，则与此产品对应的产品结构、子项数据、加工工艺，加工工作中心等都应成套输入，否则数据残缺不全没有使用价值。

所有信息都应力求准确，为保证数据正确性，美国生产管理专家菲利普·奎克利（Philip Quigley）在美国工业工程杂志上提出检验数据正确性的三个抽样检查测试：

1. 将已装箱和准备发货的最终产品拆散，并将之与 BOM 相核对，必须 100% 的准确。

2.从库中取出三种样本零件，查其实际库存量与库存记录相对照，应在1—2%的误差之内。

3.由生产调度部门取得当前生产状况报表，如本周期下达任务、下周期（或下月份）计划；并由物料控制与装配部门取得相应信息。从不同部门取得的信息误差应在允许范围之内。

在这些测试中，1和2是用于证实MRP系统输入信息的正确性，3则是保证管理部门与生产第一线的协调。奎克利指出，为使MRP成功运行，必须周期性地地进行这些检测工作。

为保证数据的成套性与正确性，许多软件开发部门采用一些行之有效的方法。如设计与编制数据校验程序，对成套性、正确性进行自动校验。同时，建立与严格执行数据整理与录入的规章制度和处理规程，加强数据整理与录入人员的责任感，减少工作中的失误是十分重要的。

（四）教育培训提高职工队伍素质，是实施MRP的重要保证。MRP的实施，要求企业全体员工的支持，工程师应提供准确的物料单和工艺路线；仓库管理人员要保证库存准确性在95%以上；生产操作者应及时反馈生产信息等等。因此，实施MRP系统应对全体管理人员及生产操作者进行教育，使他们了解MRP管理思想和方法与传统管理思想和方法的区别，了解实施MRP的意义与作用。

应对不同人员进行专门培训，如对开发人员培训生产管理知识；对工程技术人员培训MRP知识；对管理人员和操作人员培训现代化管理理论、手段以及MRP知识，吸收他们参与系统分析、系统设计和MRP的实施工作，让他们积极参与和支持MRP工作，对具体操作工人如数据整理、录入员等进行专门培训。

通过教育与培训，使企业从领导到基层管理人员、从开发人员到用户齐心协力、互相配合保证系统的顺利实施。

三、系统实施的评价体系

美国IBM公司的怀特提出MRP按实施状况可分为A、B、C、D四类。分类方法是用四个方面、25个项目进行检测，按评价好坏打分（每项4分）。这25项内容是：

（一）技术方面。

- 1.主生产计划和物料需求计划编制的周期应当是周或者更短。
- 2.每周或更频繁地运行主生产计划与物料需求计划。
- 3.系统包含确认计划订单和反查功能。
- 4.以直观方式管理主生产计划，而不是自动处理。
- 5.系统包括能力需求计划的编制。
- 6.系统包括日调度单。
- 7.系统包括输入/输出控制。

（二）数据完整性方面。

- 8.库存准确性达95%以上。
- 9.物料清单准确性达98%以上。
- 10.工艺路线准确性达95%以上。

（三）教育方面。

- 11.全体职工80%以上接受了初步教育。
- 12.有长期的教育计划。

（四）系统的使用方面。

- 13.已经取消了缺件单。

14. 供方按期交货率达 95% 以上。
 15. 供方的计划编制在规定的提前期之前已完成。
 16. 车间交货计划完成率达 95% 以上。
 17. 主生产计划完成率达 95% 以上。
 18. 定期召开由总经理、工程设计；生产与库存管理、现场管理、市场和财务人员参加的生产计划会议（至少每月一次）。
 19. 有成文的、必须遵循的主计划编制原则。
 20. 系统包括排产和制定订单。
 21. 制造、市场、工程设计、财务和上层管理部门的关键人员对 MRP 有深入的理解。
 22. 管理人员确实用 MRP 进行管理。
 23. 产品工艺改变时，能及时变更作业计划。
 24. 在下述三个领域中至少有两个领域同时得到改进：（1）库存；（2）生产率；（3）用户服务水平。
 25. 已用于财务计划的编制。
- 各类用户的评分标准是：

A 类	90 分以上
B 类	70—90 分
C 类	50—70 分
D 类	50 分以下

这种分类方法已作为评价 MRP 实施效果的最常用方法。

四、MRP 存在的主要问题

（一）提前期问题。MRP 系统假设提前期在安排作业计划前已知，且是一固定值，并与批量大小无关，这种假定与实际情况不一致。事实上 MRP 系统应用的提前期是一个计划或期望提前期，实际生产提前期受生产车间负荷和作业优先级别的影响，与计划值可能不同。同时，假定提前期与批量无关的前提是排队时间在整个提前期组成中占有很大的比重，但是实际上每批作业每周排队时间各不相同，计算时也只取其平均值。

通过生产活动控制的反馈功能，可以将实际提前期反馈给系统，在以后周期中对提前期进行调整。但是 MRP 在组织生产时，希望各工作中心、各工序严格按照计划订单的数量左日期来组织生产，既不鼓励超前，也不能拖后。因此，按 MRP 组织生产，不利于缩短生产提前期。

（二）批量问题。在 APICS 字典中，将批量定义为“向工厂或供应商订购某项目的数量”是该项目的批量。

1985 年，荷兰“生产管理系统模型”杂志提出有关批量的四个定义：

1. 加工批量。在一个工作中心加工完成该数量的零件以后才转换加工其他零件。
2. 运输批量。在工作中心间作为一批运输的零件量。
3. 准结批量。在两次工装变更之间，工作中心生产的零件量。
4. 订购批量。零件根据订单要求生产或采购的数量。

在 MRP 中所指的批量，为第四种定义即订购批量。运输批量对提前期有很大的影响。下面举例说明运输批量是如何影响提前期的。

〔例〕假设一个零件的订货批量为 50，零件需要在两种机床上加工，在每台机床上每件加工时间为 10 分钟。为简化起见，设工序间运输时间为零。

第一种情况 运输批量 = 订购批量 = 50 即工件在第一台机器上加工完 50 件后，将 50 件一批运送至第二台机器。

总通过时间为： $50 \times 10 \times 2 = 1000$ （分钟）

第二种情况：订购批量 = 50

运输批量 = 1

即工件在第一台机器上加工完一件，立即送至第二台机器上加工。

总通过时间为： $50 \times 10 + 10 = 510$ （分钟）

两种情况的比较如图 3—28 所示。

图 3—28 运输批量对总通过时间的影响

上例是两种极端情况，由此可见，采用小的运输批量（即交叉作业），可缩短总提前期。一般 MRP 假设只有一个批量，即订购批量。只有当工件拖期或加工紧急件时，才考虑采用小的运输批量和其他批量。

第九节 MRP 在我国的应用

一、一般情况

70 年代末期，沈阳鼓风机厂决定引进 IBM 公司的计算机和 COPICS (Communication Oriented of Production and Information Control System) 软件，即面向通信的生产和信息控制系统。COP-ICS 系统是一种 IBM 商品化 MRPI 软件包，随着它的引进，MRP 的概念和方法开始引入我国。十多年来，MRP 的用户逐年增加，据不完全统计，截止于 1993 年底，约有用户 100 多家。按开发方式分类，有用户与合作单位联合开发、企业自行开发的，以及引进国外商品化软件包二次开发等不同方式。依实施过程的不同阶段，可以把这些用户分成三类。第 一阶段的用户，指进行了系统总体规划，着手由手工编制计划向计算机辅助计划管理转变，对现有生产秩序进行整顿，对基础数据进行整理，开展了实施 MRP 前期工作的用户。第 二阶段的用户，指在第 一阶段基础上进行了库存管理、采购管理、订单管理、材料用量管理等，基本上将形成初期 MRP 的用户。第 三阶段用户，指向能力需求计划扩展，把生产作业计划、销售、财务导入系统，基本上将形成闭环 MRP，或者已经形成 MRP 的用户。

大部分用户处于第 一、第 二阶段。由手工管理向第 三阶段的实现较为简单。特点是投资规模大，见效快，一般只要半年就能够安装试行完毕。由阶段 一 向阶段 二 推进，投资规模根据原有设备及已开发资源而定，如果原设备系统不标准、不开放、中心数据库不准确、不完全，则向阶段 三 的扩展就比较困难。这一阶段也是触及传统生产管理方式最多的阶段，有的企业狠抓了管理基础工作。就顺利进入到了第 三阶段。有的企业由于措施不力，系统徘徊不前，甚至整个系统处于瘫痪。进入第 三阶段的企业，一些是国有大型企业，如沈阳第一机床厂、沈阳鼓风机厂等，它们具有较强的技术开发能力，管理基础工作好，又是国家或部委计算机应用试点企业；另一些是合资企业，如上海施贵宝制药公司等，它们技术先进，生产现场布局合理、管理严格、生产流程相对比较简单，便于 MRP 的实施。

二、我国传统的管理模式与 MRP 实施条件的差距

从统计资料上看，我国应用 MRP 的企业还很少，应用的效果还不甚理想。据有关部门调查，引进的 MRP 软件包，只有约有 1/3 能正常应用；1/3 需修改后才能应用；还有 1/3 不能投入运行。因此，MRP 是否适合我国国情，它能否在我国广泛应用，是我国企业管理人员及计算机应用部门十分关注的问题。

MRP 是一种组织现代化大生产的技术，一种科学的管理工具，它的应用有其特定的背景及应用条件，我国工业企业要应用 MRP，应正视其背景因素，积极创造适合于国情的应用条件，才能发挥 MRP 之功能。

我国传统企业有其特定的背景，它基于我国国土面积大，资源丰富，劳动力充足的估计，以及几千年“自给自足”小农经济思想的影响。在追求以产值为目标的外延式扩展模式时，以高于发达国家三倍以上能源及原材料消耗，来维持庞大的“大而全”、“小而全”的工业生产体系，整个经济处于投入多、产出少，消耗高、效益低的粗放型发展状态。

改革开放后，我国企业的经营机制由生产型向生产经营型转变，目前正处于向市场经济体制转变过程中，改革是一个相当长期的过程，因此工业企

业中许多情况与 MRP 的条件和假设相矛盾。传统生产模式与 MRP 思维之主要差距，见表 3—29。

我国企业管理现状与 MRP 应用条件之差距列于表 3—30 中。在我国实施 MRP 的过程就要逐步缩小表 3—29、3—30 所列差距，它将有助于企业从计划经济向市场经济转变，由粗放管

表 3 — 29

功能	MRP 系统	我国传统管理模式
确定生产的产品	追求利润是大化,以销售收入确定最佳产品组合,有准确的主生产计划表,以销定产	根据国家计划 and 市场需求决定产品组合,追求产值指标,以产定销
确定生产率	经营计划以及生产计划、主生产计划的协调,使生产均衡性高,与生产能力相符合	产品生产前松后紧,加班加点随机性大,产品质量怪及配套率低
确定所需的物料	严格按计划投料。产品结构准确率在 98 % 以上,而且每项物料有存货记录和产、供、销信息	按照定货点法确定物料,材料定额富裕度大,库存严重积压,资金周转率低
确定能力	生产能力需求计划严格排定工作中心负荷	生产能力供需不平衡。为了防止能力不足,一般多购置设备,负荷率一般只有 70 % 左右
执行材料计划 (一) 自制项目	严密的专业化分工与协作,自制项目追求增加产品的附加价值,一般只有 4—6 个加工层次,物料单简单明了	零部件自制率达 80 % 以上,加工层次多达 10 层左右,难于控制物料执行计划
(二) 外购件	有采购计划管理,也有严格的供货提前期及数量控制	由于受市场发育不全限,外购件数量少,而且很少有期量标准
执行能力需求计划	执行能力需求计划成为实现生划的保证,是整个企业价值的创造阶段	追求设备满负荷,生产工人每时每刻有活干,实现产值指标,而不顾市场需求
反馈信息	每日有输入输出报告在线处理,实时跟踪,动态调整	严重滞后,下月初才有上月末的生产统计资料,无法实现动态调查

理方式向集约化方式转变，主要表现在以下几方面：

(一) 从以产定销到以销定产。MRP 根据“以销定产”安排计划，是对传统计划经济下“以产定销”安排计划的彻底否定，这对促进商品经济的发展，促进企业向生产经营型机制转化，起到了积极的推动作用。

‘过去，企业只注重考核完成的工作量，上级机关重视产值指标，以设备或者其他制造资源为中心组织生产，追求设备的满负荷，追求每个工人每时每刻必须有活干，不注重产品的生产价值向商品价值的转化。产成品积压，

而市场上急需的商品却无人生产，供需脱节严重。

而 MRP 是严格按照市场需求的数量及交货期限组织生产；在生产系统内部，各部门各工序严格按照计划订单的数量及日期来安排组织生产，既不鼓励超前，也不鼓励拖后。上道工序按下道工序的要求进行生产；前一生产阶段为后一生产阶段服务，整个企业以“销售为中心，以服务为宗旨”，展开其一切活动，最终达到按期为顾客提供合格的产品和服务。

我国近几年来一直强调“以销定产”的经营思想。这种强调的重点，往往落实在企业针对市场的界面上。按照系统的观点，企业内部机制的运行中，各部门环节都是“以销定产”主线的延伸。MRP 的实施，能使企业彻底摆脱过去的生产管理方式的影响，实现生产经营机制的转变。促进管理的科学化、现代化。

表 3 — 30

项 目	MEP 系统应用的条件	我国企业管理现状
一、物料： (一) 原材料供应	能及时从市场上买到	一般每年二次订货会议，用订货点法确立需求，尽可能多订货，代用料、代用件成为具体供应变部分，且数目大
(二) 与供应商关系原材料	一般有多个供货来源，在供应商中选择价廉物美的原料	由国家物资部门或上级主管部门统管，企业获取原材料要凭关系，而且质量得不到保证
(三) 库存	每件物料需入库后再出库，有统一编码和确定位，库存准确率在 95 % 以上	库存积压非常严重，仓库管理中无固定货位，零部件盘亏盘盈工作复杂，帐物不符

续前表

项 目	MRP 系统应用的条件	我国企业管理现状
(四) 在制品	当工序发生时, 允许在制品存在, 以保证连续生产, 但目标是取消等待加工队列, 实现“零库存”	在制品储备定额较高, 而且定额长期不变, 对在制品突破下限十分重视, 而对超越上限则反映不灵敏。在品积压多
(五) 产品质量	记录实际废品数, 并且用一些公式来预测废品数, 且能统计分析质量问题	允许有废品, 但由于限额发料措施不严, 工人可以多生产零部件以抵消废品, 使产品质量难以控制, 废品返工返修管理复杂
二、批量	用某种公式计算批量, 一般对库存费用、生产准备费用, 以及物料需求计划的订单统筹考虑, 以确定最佳经济批量	投料与批次有标准遵循, 但在生产现场由操作工人控制的比重大, 生产前松后紧且随机性大
三、生产周期	每个物料项均有准确提前期, 工序的通过时间、工时定额的准确率在 95 % 以上。提前期严格控制与执行	由于工序长, 零部件在多个车间周转; 生产周期长, 生产准备时间及生产等待时间没有标准, 也难以控制。认为提前期越长越好, 多数车间及采购部门希望提前期加长而不是缩短
四、设备能力	工作中心的能力工时统一核算, 考虑设备维修的需求	设备落后, 超期服役的多, 工时数据难以确定, 设备维修量大
五、反馈信息	以日为单位统计物料、能力、进度, 进行实时跟踪, 动态调整	生产作业统计以日为单位核算, 工单由工人管理, 零件完工、流转、废品以及返修品信息有不真实的因素
六、工人素质	要求生产工人的技术水平高, 管理人员素质高	工人的技术素质低, 无法从事多工种的工作, 管理人员凭经验管理

(二) 严格按生产计划和作业计划组织生产。MRP 严格按照计划集中管理, 与传统的以实施为中心的管理形成鲜明对比, 要保证生产系统的正常高效率运行, 企业必须完善计划体系, 严格按计划管理组织生产。

传统生产管理常以加大库存量来保证交货期和实现均衡生产, 视成品贮存、在制品库存为合理, 用这一方法来掩盖生产中的矛盾。造成在制品积压、流动资金周转慢、生产周期长等一系列后果。用缺货单或临时督促、加班加点等方法进行调度和调节, 管理效率低。采用 MRP 后, 对生产能力及负荷进行粗平衡和细平衡, 使在每个时间区间负荷与能力协调一致, 计划按时间滚动, 在任务下达条件具备时, 按优先顺序安排任务, 使物流畅通无阻, 保持现场在制品量最低, 创造出文明的生产环境。

(三) 打破产品品种界限, 按零部件最佳批量安排生产。传统生产模式是按产品品种组织生产, 生产管理人员按产品划分管理界限。但现代生产中

产品愈来愈多，不同产品间有许多共用件、通用件，按产品台套封闭式的管理方式既不科学，也不经济，且在生产管理上引起很多的矛盾。MRP 是按零部件最佳经济批量组织生产，管理人员要打破原有按产品各自分工的界限。

（四）实现数据的综合管理。实现 MRP 后，企业主要信息由数据库统一集中管理，由各部门共享。在同一数据基础上作出生产计划、供销计划、成本计划，为实现统一指挥、统一计划和控制的生产体系打下基础。

综上所述，可以看到，MRP 的实施与企业的深化改革、转轨变型是一个相辅相成的过程，是建立现代企业制度的一项重要内容。

第四章 准时化生产方式 (JIT)

第一节 概述

一、JIT 的产生和发展

准时化生产方式 (Just In Time, JIT) 是日本在本世纪五六十年代研制和开始实施的生产管理方式。JIT 首先出现于日本, 与其国情有十分密切的关系: 日本国土面积小, 人口密度大, 自然资源贫乏, 因此在生产管理中, 特别注意有效地利用各种资源, 杜绝各种可能的浪费; 由于土地昂贵, 工厂布局要求尽量合理, 占地面积小; 物流通畅, 仓储面积省; 他们认为, 库存是一种浪费, 废品则是更大的浪费。

JIT 的创立者认为, 生产工艺的改进对于降低生产成本固然重要, 但当各企业在生产工艺上不存在很大差异时, 只有通过合理配置和使用设备、人员、材料等资源, 才能较多地降低成本。

JIT 系统以准时生产为出发点, 首先暴露出生产过量的浪费, 进而暴露出其他方面的浪费 (如设备布局不当、人员过多) 然后对设备、人员等资源进行调整。如此不断循环, 使成本不断降低, 计划和控制水平也随之不断简化与提高。

JIT 的概念是 1953 年首先由日本丰田汽车工业公司提出, 1961 年在全公司推广。通过实施 JIT 系统, 丰田公司生产经营有很大改进, 到 1976 年, 该公司的年流动资金周转率高达 63 次, 为日本平均水平的 8.85 倍, 为美国的 10 倍多。

70 年代初在日本大力推广丰田公司的经验, 将其用于汽车、机械制造、电子、计算机、飞机制造等工业中。JIT 是日本工业竞争战略的重要组成部分, 它代表日本在重复性生产过程中的管理思想。通过 JIT 思想的应用, 日本企业管理者将精力集中于生产过程本身, 通过生产过程整体优化, 改进技术, 理顺物流, 杜绝超量生产, 消除无效劳动与浪费, 有效利用资源, 降低成本, 改善质量, 达到用最少的投入实现最大产出的目的。

日本企业在国际市场上的成功, 引起西方企业界浓厚的兴趣, 西方企业家认为, 日本在生产中达到 JIT 是其在世界市场上竞争的基础。

80 年代以来, 西方一些国家很重视对 JIT 的研究, 并将之应用于生产管理。据估计, 美国公司在 1987 年已有 25% 应用 JIT 方式, 到 1992 年, 应用 JIT 的公司已达到美国全部公司的 55% 左右。

二、JIT 系统简介

JIT 生产方式的组成如图 4—1 所示。图 4—1 中指出 JIT 组成的三个方面, 现分述如下。

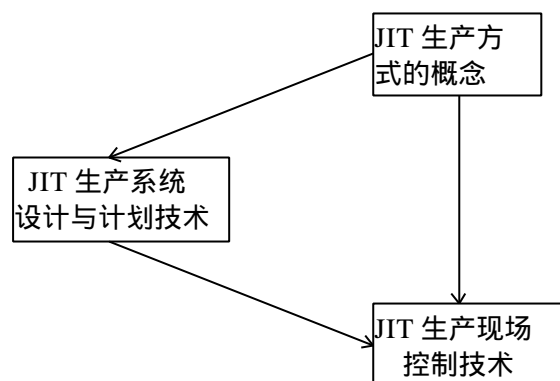


图 4-1 JIT 方式

（一）JIT 生产现场控制技术。JIT 的基本原则是在正确的时间，生产正确数量的、所需的零件或产品，即准时生产。它的基本原则与 MRP 十分相似。但是，MRP 是按主生产计划的要求，在需要的时间、地点生产需用的零部件，是受主生产计划“推动”的生产方式。而 JIT 的零部件仅当后续工序提出要求时才生产，是一种“拉动”的生产方式，后工序需要多少，前工序就生产或供应多少。它将传统生产过程中前道工序向后工序送货，改为后道工序根据“看板”向前道工序取货。前道工序按“看板”要求只生产后道工序取走的数量的工件作为补充，现场操作人员根据“看板”进行生产作业。看板系统是 JIT 生产现场控制技术的核心。利用看板技术控制生产和物流，以达到准时生产的目的。JIT 的生产现场控制系统由于使用了看板卡，它是人们可以看到的 JIT 的表现形式，因此，有人认为 JIT 就是看板管理，但是这种认识是不全面的。JIT 应该是 JIT 生产思想、JIT 生产系统设计、计划技术，以及看板生产现场控制的有机结合体。

（二）JIT 生产系统设计与计划技术。看板的应用是建立在一系列生产管理技术的基础上。为创造看板应用的条件，在 JIT 系统中，要进行广义的生产系统设计，包括市场、销售、产品设计、加工工艺、质量工程、工厂布局和生产管理等，以便于看板系统的实施。

（三）JIT 的生产思想。这是 JIT 最基本的方面。只在此思想基础上，才能设计及规划 JIT 生产系统，才能实施 JIT 系统。这个最基本的方面，往往也是很少为人们理解的方面，从某种观点来说，它又是最重要的方面。JIT 的思想是提供 JIT 基础、实施 JIT 系统的基本生产战略。

本节主要介绍 JIT 思想，而 JIT 生产系统设计与计划、JIT 车间生产控制技术将在下两节中介绍。

三、JIT 方式的目标

JIT 方式的目标是彻底消除无效劳动和浪费。丰田公司提出“制造工厂的利润寓于制造方法之中”，这就是说，要彻底消除制造过程中的无效劳动和浪费，努力降低成本、提高质量，取得高的利润。他们将无效劳动和浪费分为下列几种：（1）制造过剩的零部件的无效劳动和浪费；（2）空闲待工的浪费；（3）无效的搬运劳动；（4）库存积压的无效劳动和浪费；（5）加工本身的无效劳动；（6）动作方面的无效劳动；（7）生产不合格品的无效

劳动和浪费。

为消除上述无效劳动和浪费，就要不断追求最优的生产系统设计和最佳的操作状态。“设计一个生产系统，能高效地生产 100% 优良产品，并且在需要的时间、按需要的数量、生产所需要的工件”这是对 JIT 目标最简单的概括。

用专业化的术语来说明，JIT 寻求达到以下目标：（1）废品量最低（零废品）；（2）准结时间最短（零准结时间）；（3）库存量最低（零库存）；（4）搬运量最低；（5）机器损坏率低；（6）生产提前期短；（7）批量小。

在传统的生产系统中，要同时达到上述目标是不可能的。对于这些目标，传统生产系统与 JIT 系统存在较大差距，现分述如下。

（一）零废品。传统生产管理很少提出零废品的目标。一般企业只提出可允许的不合格品百分数和可接受的质量水平。它们的基本假设是：不合格品达到一定数量是不可避免的。而 JIT 的目标是消除各种引起不合格品的原因，在加工过程中每一工序都要求达到最好水平。

（二）零库存。在传统生产系统中，在制品库存和成品库存被视为资产，它们代表系统中已累积的增值。在期末时，期末库存与期初库存之差，代表这一周期增值的部分，用以指示该部门效益的提高。

当由不确定的供应者供应原材料和外购件时，原料和外购件的库存可视为缓冲器。它能作为供应者不按期供货或顾客订购量增加时的缓冲。

工厂的效率是用车间设备利用率来考核的，车间管理人员的责任是保持各设备及工作中心连续不断地运转，达到满负荷工作。设备加工的工件可能并不是现在订单所需的，这时，生产出来的工件可能只是增加库存。在这种情况下，设备效率愈高，产生库存的能力愈大，由于只强调设备满负荷运转，增大了库存，可能使整体生产费用增高。在传统生产系统中，有效地利用设备是车间管理人员及工长的职责，而库存量高却是生产控制人员的责任。因此，在制品与成品库存难以得到有效的控制。工厂高级管理人员也许并不赞成库存量太大，但是当要他们在低库存、低设备利用率和高库存、高设备利用率之间作出选择时，他们往往趋向于选择后者。

而 JIT 方式认为，库存是弊病，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。

（三）准结时间最短（零准结时间）。零准结时间长短与批量选择相联系，如果准结时间接近于零，这就意味着批量生产的优越性不复存在。如前章所述，确定经济订购量（经济批量）的目标是使库存总费用最小，而库存总费用是由仓库保管费与准结（订货）费所决定，大的批量意味着库存量高，仓库保管费高；而小的批量则库存量低，仓库保管费也低。但批量小准结次数必然增多，在一般情况下，准结费用也随之增加。如果准结时间趋于零，准结成本也趋于零，就有可能采用极小批量，此时，选择批量为 1 是最经济的。

（四）提前期最短。在有关 MRP 系统计划展望期的确定问题上，我们已经看到，计划展望期至少应大于产品结构各层次上最长累计提前期。各零部件提前期长，必然导致计划展望期加长，迫使生产计划制定依赖于预测，使企业在取得顾客的订购之前安排计划。如果生产批量大，在计划已下达，加工过程已展开的情况下，市场需求有波动，要想改变计划产量，就将是十分困难甚至是不可能的。因此，长提前期、大批量的系统，应变能力差、柔性

小；而短提前期与小批量相结合的系统，应变能力强、柔性好。

要想缩短提前期必须从产品设计与生产过程设计入手。应使各产品设计合理，既能满足用户的不同需求，又易于加工生产，改变传统生产系统产品设计与工艺过程设计相分离的状况。认真分析生产过程提前期的组成，采取相应措施缩短提前期。

（五）减少零件搬运。加丁和装配操作中，常常包括大量无效（非增值的）活动。以装配作业为例，一般装配作业可视为以下活动之组合：（1）零件送进；（2）零件搬运；（3）零件装配；（4）检验；（5）专门作业。其中，零件送进、搬运是非增值的操作。如果能使零件和装配件运送量最少、搬运次数减少，可以节约装配时间、减少装配中可能出现的问题。在后面我们将看到，由传统的基于工艺专业化的生产布局，改变为对象专业化的生产布局，可以减少物料的搬运，节省运输的人力、设备和费用。

四、JIT 方式的原则

为达到上述目标，JIT 对于产品和生产系统设计考虑的主要原则有以下三方面：（1）在当今产品寿命周期已大大缩短的年代，产品设计应与市场需求相一致，在产品的设计阶段，应考虑设计出的产品要便于生产。（2）尽量采用成组技术与流程式生产。（3）与原材料或外购件的供应者建立联系，以达到 JIT 供应原材料及采购零部件的目的。

实施 JIT 生产方式，不仅要考虑企业内部的生产问题，它还涉及到企业与销售市场的联系，与原材料、零部件供应者的联系。

企业生产各种产品，由接到顾客订货到产品完工交货的过程如图 4—2 所示。它包括：顾客订货处理，物料计划处理，向供应商订购原材料、零部件，本厂加工、装配、发货等过程。因此产品的提前期不仅包含工厂内部的生产提前期，还包含顾客订货处理、向供应商订购等的提前期。

图 4—2 中的计算机一体化制造（CIM），是指用计算机辅助工厂内的生产管理与制造活动。由于 JIT 管理方式前端涉及企业与顾客（市场）的联系；后端涉及企业与供应者的联系，超出工厂的范围。它与计算机技术的应用相结合形成的系统，称为计算机一体化经营系统（Computer Integrated Business, CIB），其目的是力求达到企业生产经营活动的全面优化。

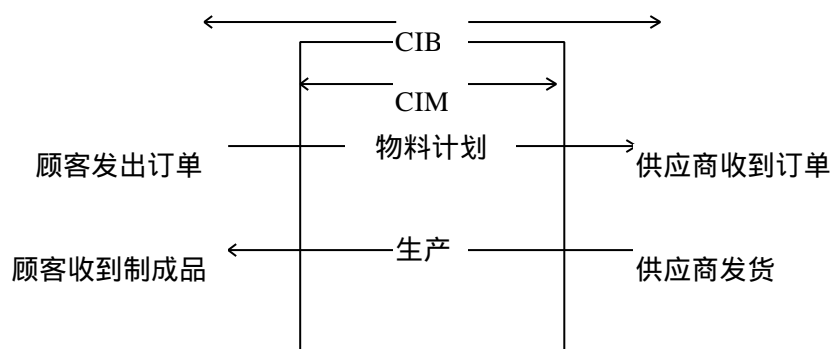


图 4-2 由顾客订货到产品交货的过程

（一）产品设计与满足市场需求。目前世界正处于新技术革命的年代，产品品种急剧增加，产品寿命周期缩短，顾客对商品的可选择性要求高，这

是现代市场的发展趋势。一些企业想单纯依靠增加生产系统的柔性来扩大产品的范围，以满足市场多变的需求。虽然，生产系统柔性高是可以使生产产品范围扩大，但是柔性愈高的生产，装配成本也愈高，会使产品成本增加、价格提高，结果又导致其市场竞争力下降。

为解决上述矛盾，许多企业在产品设计时，采用一种基型、多种变型，或者模块化的产品设计方法。

1. 一种基型、多种变型。在产品基本型的基础上，改动极少量零部件，形成各种变型产品，用以满足不同需求。由于基型与各种变型之间存在大量标准件、通用件，生产过程相对可以简化。

2. 模块化设计。设计为数不多的基本模块，使这些模块按不同的组合方式，可以形成多种多样的产品，如前章列举的汽车厂，有 10 种发动机；4 种底盘；2 种栏板；30 种颜色；模块形态共 46 种，采用不同组合，最多可形成 $10 \times 4 \times 2 \times 30 = 2400$ 种产品。模块化设计可使生产过程简化，产品范围扩大。

（二）成组技术和流水线生产。成组技术是组织多品种、中小批量生产的一种科学管理方法，它的基本原理是：各种部件、零件按相似性原则进行分组，以“组”为对象组织与管理生产，以达到减少重复劳动，节省人力、时间，提高工效的目的。

应用成组技术，按零件组为对象，进行成组工艺过程设计，设计出来的工艺过程适用于组内所有零件。这样便简化了工艺设计过程，缩短了工艺准备时间。

根据已划分的零件组和编制的成组工艺过程，可建立成组加工系统，即建立成组加工中心或成组流水线。成组加工中心是在一个中心内，配备不同类型的加工设备，可以完成一个或几个零件组的全部工艺。成组流水线是将设备按零件组的典型工艺过程进行排列，使之具有流水线生产的特征。

成组加工系统是采用对象专业化的设备布局方式，这种布局与传统多品种批量生产的工艺专业化布局不同。传统工艺专业化布局状况如图 4—3 所示，设备按工艺功能分组，如金属切削机床分为车、铣、钻、磨等，一个工长负责一个功能区，各工件按批通过数个或全部功能区。即要经过多个工长的管区。物流系统具有复杂性及随机性、通过时间长。操作工与工长只对各零件的某一工艺负责，而不是对零件负责，职责不易分清。

成组加工系统布局如图 4—4 所示。它按对象专业化布局，物流简单，流程清楚，生产过程中运输路线短，并易于实现物料运送的自动化；可缩短生产周期，减少在制品库存；工长和操作者对所生产的一组或几组零件的数量及质量负责，责任清楚。

图 4—3 传统工艺专业化布局

成组技术和流水线式生产是实施 JIT 的基本条件。

（三）在 JIT 环境下，与供应者（协作厂）的联系。在 JIT 环境下，生产企业要求供应者按 JIT 方式供应原材料或零件。也就是要求以短的提前期；短的时间间隔；频繁的、小批量的供应原材料或零件。如果供应者是以传统方式生产的工厂，它为了不丢掉市场，只能用增加自己库存的办法，才能保证按期供货，否则就要失掉市场。这样，生产厂家实现了“零库存”，而供应厂的库存却大量增加。从整个供应链系统来看，库存并未降低，只是由一个地方转移到另一个地方而已。维持整个系统库存的成本将体现在产品

上，系统库存降低不了，会同时影响供应者和生产企业的竞争优势。

图 4—4 成组布局

为降低产品生产过程中的总库存成本，JIT 要求降低各阶段所有供应/收货的库存水平，因此，要成功地实现 JIT 管理，应有供应者的参与。一个企业应选定一些供应者，并与之结成长期的相互信任的伙伴关系，密切合作，共享信息，从长远的观点、按共同的目标组织生产经营。按 JIT 的要求，从理论上讲，供应批量应愈小愈好，供货次数愈频繁愈好，供应件应无次品及不合格品。实际上是否能达到小批量、频繁供货，与供应者距生产厂家的物理距离有直接关系。若两者相距很近，可让供应者自己也运用 JIT 生产方式，并将供应者的 JIT 与生产企业的 JIT 系统相联，双方生产系统的相互的关系，就像在一个厂中一样，紧密衔接，供应者以很小批量频繁供货。但如果生产厂与供应厂相距较远，就难于实现上述要求，应根据实际情况采用不同措施。如有 A、B、C、D 四个供应者向 E 厂供货，四个供应者互相邻近但它们与 E 厂距离较远。每个供应者每天要向 E 厂发货四次。这时可让四个供应者联合起来发货，每厂每天只运输一次。此外，生产企业要求供应者频繁准时供货，应与供应者签订长期合同，给予供应者一定的帮助与支持，使供应商有能力和积极性去改善现有生产和运输系统，以满足生产厂家 JIT 的需求。

让供应者加入 JIT 系统，对减少库存、降低采购件的返修率、保证质量和缩短提前期均有显著作用。

在处理与协作厂的关系上，丰田汽车公司有丰富的经验和沉痛的教训。过去，丰田公司为了单方面达到准时生产，严厉要求协作厂按其要求的品种、数量、地点频繁地交付所需的零部件，使自身零件和在制品库存最少，以求灵活地适应外部市场之变化。如果协作厂达不到它的要求，就解除订货协议。在这种形势下，协作厂为了得到订货，只能凭估计生产，加大自己的库存。如果估计错了，损失由自己承担。实际上，是丰田公司将许多风险转移给与之协作的中小企业。这种做法引起大量协作企业的不满，受到猛烈抨击。后来，丰田公司改变了上述做法，采用以下政策：（1）丰田公司保证自己努力将计划订货与卡片提货的差异，控制在月计划量 10% 之内；（2）在一般情况下，车型不变，且连续生产 4 年，使协作厂不会因产品变动受到过分冲击；（3）停止某车型生产时，要事先通知协作厂，确因没有通知造成损失时，将予以赔偿；（4）经常提醒协作厂，在“看板”卡片指示到来之前，不要贸然开始生产；（5）尽力缩短生产周期，对协作厂派遣技术人员和管理人员进行指导，帮助缩短其生产周期。这些措施受到协作厂的欢迎，其结果改善了双方关系，其经验值得我们借鉴。

第二节 JIT 生产系统设计与计划技术

JIT 系统是建立在一系列生产管理技术的基础上, 这些技术主要涉及以下五个方面: (1) 设计易生产易装配的产品; (2) 实现均衡生产; (3) 缩短生产提前期; (4) 保证生产资源的合理利用; (5) 健全质量控制与质量保证体系。

一、设计易生产、易装配的产品

JIT 方式的原则之一是产品设计满足市场需求, 为适应市场多变的要求, 产品范围应不断拓宽。

现代生产系统设计, 受到经济与技术两方面的约束, 如图 4—5 所示。

图 4—5 生产系统设计的约束

大批量生产利用专用设备, 以大量高效率的方式进行生产。其加工工艺变化小, 生产产品范围窄, 处于图 4—5 中阴影部分右下角。多品种小批量生产的生产产品范围大、每种产品生产量小, 应用较多的通用设备, 加工工艺变化大, 处于图 4—5 中阴影部分左上角。”若想设计产品范围广、加工工艺变化小的生产系统, 即应向图 4—5 的左下角移动, 但却会受到技术方面的约束。西方一些国家常采用先进的技术、如计算机控制、柔性生产设备等来突破原有的技术约束, 以达到上述目的。

传统生产系统中, 产品范围与工艺过程变化的相互关系如图 4—6 (a) 所示。产品范围增大, 一般要增加工艺的变化范围, 使加工过程更复杂。在 JIT 方式中, 试图通过产品的合理设计, 使产品易生产、易装配。当产品范围增加时, 即使不能减少工艺过程, 也要力求维持工艺过程不增加, 如图 4—6 (b) 所示。具体采用的方法有:

图 4—6 产品范围变化与工艺范围变化的关系

(一) 模块化设计。前面已述, 此处从略。

(二) 设计的产品尽量使用通用件、标准件。或用最通用的工具、设备生产零件。

(三) 设计时应考虑易实现生产自动化。例如用于装配的零件, 应易于自动化送进、导向和装配; 设计的产品可由上向下装配, 避免由边上或底部装配; 在零件的一面完成装配过程; 便装配过程由一系列挑选—放置操作来完成, 以便使用机器人来完成装配操作等。

二、实现均衡生产

达到准时生产, 其基础为均衡化生产, 即平均制造产品, 使物流在各作业之间、生产线之间、工序之间、工厂之间平稳、均衡地流动。假如物流不均衡, 流量时高时低, 所需能力也不均匀。如图 4—7 所示。在这种情况下, 现场必需有适应高峰物流所需之能力, 即拥有适应高峰生产的人员、设备、机械和材料等。在低峰时就会有能力过剩, 造成浪费。

图 4—7 物流不均衡时对生产能力的需求

组织具有多种规格、多种零件的产品均衡化生产, 不仅产量要平均, 品种也要平均, 均衡化生产是杜绝浪费的前提。为达到均衡化, 在 JIT 中采用月计划、日计划, 并根据需求的变化及时对计划进行调整。

（一）月计划。JIT 与 MRP 月计划制订相类似，以主生产计划作为主要输入，根据三个月的生产计划和月需求预测，确定月生产的产品品种及每种产品的产量。一般来说，月计划的建议应在两个月之前提出，在生产前一个月确定，并将计划有关内容传输给协作厂（或供应者）。月计划确定后，可以将产量平均分配至每个工作日，形成每日平均产出量，形成如表 4—1 所示的月计划。

表 4—1 中列出某公司生产的产品系列 A、B、C、D、E、F 在一个月内生 产总数为 4800 件，各件需求数如（1）列所示，在传统批量生产情况下，可 以首先生产 1200 件 A，接着生产 400 件 B 再接着 1600 件 C……等等，依次类 推。每月以 20 个工作日计，在该月中平均每日的产量如表 4—1 中（2）列所 示。

表 4-1 月 计 划

产 品	月 需 求	日平均产出
	(1)	(2)
A	1200	60
B	400	20
C	1600	80
D	400	20
E	600	30
F	600	30
	—	—
需求量	每月 4800 件	每天 240 件 (4800 分钟)

（二）日计划。为了在日计划中均匀分布各种产品的生产，达到品种平均，在生产中常采用混流生产模式（混合流水线），即在一定时间内同时生产几种产品。只有当产品相似，变换品种时基本上不需要重新调整设备与工艺装备，才可能实行混流生产。混流模式有较好的柔性，当顾客期望根据订单要求迅速交货的情况下，短期响应能力是市场竞争的关键因素，这时采用混流模式会取得很好的效果。

例如根据表 4—1 中的月生产计划，制订日计划时，可以按每日生产量要求先生产 60 件 A，接着生产 20 件 B，再生产 80 件 C……等方式安排生产。也可以更进一步以较短时间间隔平均分配备产品品种的生产，如按 48 分钟为单位均匀分配作业，如表 4—2 所示。这个分配过程重复多次，直到完成日平均产量为止。这就是采用混流的生产模式，这样的日计划具有较高的柔性，当市场需求有变化时容易调整。

表 4-2 生产作业表

产 品	生 产 量
A	6
B	2
C	8
D	2
E	3
F	3
每 48 分钟 24 件	

假设月初时确定的计划如表 4—1 所示。到月中时，一个顾客要改变他的订单，减少订购 400 件 C 增加 400 件 B,原来下半月的计划如表 4—3 所示

表 4-3 原订下半月的计划

产 品	半 月 需 求	日 平 均 产 出
A	600	60
B	200	20
C	800	80
D	200	20
E	300	30
F	300	30
下半月需求 2400 件		平均每日 240 件

改变以后下半月的需求如表 4—4 所示。可以根据修改后下半月的计划安排生产作业，如果采用 48 分钟均匀分配作业，结果如表 4—5 所示。

表 4-4 修改后下半月的计划

产 品	下 半 月 需 求	日 平 均 产 出
A	600	60
B	600	60
C	400	40
D	200	20
E	300	30
F	300	30
需求量	下半月需求 2400 件	平均每日 240 件

表 4-5 修改后的日作业表

产 品	生 产 量
A	6
B	6
C	4
D	2
E	3
F	3
	每 48 分钟 24 件

由此可见，只要将表 4—2 的作业改为表 4—5 的作业安排，就可以适应上述市场需求之变化。如果工厂不是采用混流均衡生产模式而是采用首先生产 A，接着生产 B 这样一种产品月产量完成后，再生产下一个产品的方式，在生产过程中市场突然发生变化时，就很难进行调整。因此，生产现场连续小批量生产，能够防止制造过剩和供过于求，是 JIT 考虑计划的基本点。在 JIT 方式中常用混流作业，它的日计划就是安排产品作业顺序，如表 4—2 中，每 24 件作业顺序为：

AAAAAABBCCCCCCCCDDEEEFFF 其顺序也可排为下面变化更频繁的形式：

ACAECFBCACDAEFCBCADCFEAC

可采用启发式算法，经过计算获得满意的作业顺序，启发式算法的目标是：使总装和各工作中心能力需求稳定，防止能力需求大幅度波动，以及这些波动对生产系统产生的影响。

按实际需求调整日计划是 JIT 的思想，JIT 系统除了向总装配工序提出顺序计划外，不向其他工序提供计划。其他工序不领取生产计划表，没有统一的计划指示。丰田公司认为，计划无论订得如何周密，由于市场情况总是瞬息万变的，销路不畅时也必须减产；畅销时又必须要增产。常要对计划进行调整，这是不言而喻的。如果向现场各工序提供了固定的生产计划，就很难根据变化的客观情况（如市场需求变化，设备故障、零件短缺等）及时进行调整。一般生产系统的处理方法是，无论情况变化如何，本周期仍按原

计划生产，变化部分待下周重编计划时一起调整。而 JIT 系统却不向总装配之外的生产工序提供计划，利用“看板”进行现场控制，可以避免上述弊病。丰田公司根据其经验指出，只有总装配工序实现均衡化生产之后，看板方式才能成立；没有实现均衡化的地方，看板方式就要失败。

对于许多企业和行业来说，要达到均衡化生产是比较困难的，但是，上面的讨论给了我们一些有益的启示。由此可以看到，在控制生产系统，使系统向柔性、混流方向发展，都是建立在主生产计划的基础上。主生产计划的准确性对均衡生产有重要影响，而生产提前期的准确性又与主生产计划的准确性有直接关系。

三、缩短生产提前期

缩短生产提前期的主要好处为：（1）能缩短产品交货期，改善用户服务，取得市场竞争优势；（2）减少生产计划对预测的依赖，使计划展望期缩短，计划准确性提高；（3）可以对市场预料不到的突然变化，作出快速的响应。

一个产品的生产提前期或通过时间由四个部分组成，即准结时间、加工时间、运输时间及排队时间。

在批量生产中，排队时间和运输时间在整个产品提前期中占有很大比重，经常占到 95% 以上，剩余不足 5% 为准结时间与加工时间（包括检验在内）。排队和运输是生产中非增值的作业，在准结与加工时间中也仅有 30% 为增值的活动。要缩短产品提前期，就要缩短上述四部分的时间，尤其是要缩短占比很大的非增值活动的时间。

JIT 提倡采用对象专业化布局，用以减少排队、运输和准结时间。在工厂一级采用基于对象专业化布局，以使各批工件能在各操作间和工作中心间顺利流动，减少通过时间；在流水线和工作中心一级，采用微观对象专业化布局和工作中心 U 型布局可以减少通过时间。

（一）生产过程布局。工厂级与工作中心级生产布局的目标相类似，可简述如下：

1. 分配给各工作中心的操作人员数量，不是固定不变的，它应适应市场需求的小量变化以及由此而产生的作业计划之变动。

2. 聘用有多种技能的多面手作为操作员。

3. 在工作中心最好做到单件生产、单件输送。

4. 经常对标准操作进行评价与修订。

为达到上述目标，常采用图 4—8 所示的 U 型对象专业化布局。这种布局由于机器距离很近，多面手操作员可以在多个机器上操作，这样可以减少操作人员。机器间距离近又可采用辊道、传送带使之联系起来，实现单件生产与输送。当一个工件进入某工作中心的同时，原来在该中心加工的工件离开此工作中心，进入下一工作中心。这样，等待和运输时间即可以大量降低。

利用 U 型布局需要多面手操作人员时，需要对操作员进行严格培训，生产中应给操作者明确的指令。

图 4—8 U 型对象专业化布局

（二）缩短排队时间的技术。在产品专业化 U 型布局方式中，可以采用的减少排队时间的主要方法有以下五个方面：（1）采用小的生产与运输批量；（2）生产线平衡；（3）产出量自动控制；（4）标准化操作；（5）操作员互相协作。现分述如下。

1. 采用小的生产与运输批量。在 JIT 生产中，按每一生产节拍生产一个产品，在每一节拍结束时，生产线上的工件由一个工序同步送至下一工序，这与大批大量生产企业的装配线上生产情况完全相同。但是，给生产线供应零部件的部门，常采用批量生产的方式，在 JIT 中，希望将加工与运输批量等于 1 的思想，扩展至机加工、焊接、锻造等为生产线提供零部件的部门中，这样就使一条装配线中，每一作业严格地同时开始与结束，达到同步而形成连续流。

在 MRP 的讨论中已指出，MRP 仅考虑一种批量即生产批量，未将生产批量与运输批量分开来考虑。在实际作业中，当准结时间很大，并难于压缩时，必须采用较大的生产批量，这时将生产批量与运输批量分开来考虑有明显的好处。可以采用小的运输批量来缩短生产提前期。例如一个工件要经过三道工序，每道工序加工时间为 1 分钟，采用批量生产，加工批量为 200 件，这样当运输批量等于加工批量时，总的通过时间为 $(200 + 200 + 200)$ 分钟 = 10 小时，如图 4—9 (a) 所示。

图 4—9 批量对工作总通过时间的影响

若将运输批量减小为 1，总通过时间的缩小情况如图 4—9 (b) 所示。由图 49 可见，通过时间由 10 小时减为 3 小时 22 分。其中，总加工时间不变，实际上是大量压缩了排队时间。

JIT 在生产批量大时，常将运输批量与生产批量分开考虑，取较小的运输批量值，这可以看作是由批量生产系统向着连续流水线方向发展的一个步骤。

2. 生产线平衡。为使生产线平衡，可以缩短由各工作中心之间生产不平衡引起的等待时间，保证在所有工序上时间和数量相同。要达到生产线平衡，应该采用的措施有：(1) 使各工序生产能力与各操作者的技术水平尽量接近；(2) 采用标准作业并将之文档化；(3) 按最佳操作方法培训操作者；(4) 产量自动控制；(5) 单件生产与传输等。这些措施均有利于生产线平衡的实现。

3. 产出量自动控制。假设有一个工件要顺序通过两台机器加工，如果第一台机器的能力大于第二台机器，在第二台机器加工时就会产生在制品库存。在 JIT 方式中，要协调两台机器的产出，应规定两机器间在制品库存的最大值与最小值。第一台机器在两机器间的在制品数少于预先规定的极小值时，自动启动继续生产，使在制品数量增加。当在制品数达到预先确定的最大值时，就自动停止生产。这样，两台机器间在制品库存量得以控制，同时也减少了工件的排队时间。

4. 标准化操作。在各工作中心实现标准化操作，试图达到以下三个目的：(1) 减少在制品数；(2) 按节拍操作，使生产线各工序同步；(3) 提高生产率。

建立操作标准分为三个步骤：(1) 确定生产节拍(生产循环时间)；(2) 生成操作表；(3) 决定在制品(WIP)的水平。

(1) 确定生产节拍的公式如下：

$$\text{生产节拍} = \frac{\text{每天的可用生产时间}}{\text{每天的产出量}}$$

在可用的生产时间中，无机器闲置时间，无机器损坏时间，无废品。

(2) 生成操作表。每个工作中心，由人员和机器的因素决定各零件或组件的每件完成时间。利用每件最终产品所需各零部件的数量，每个零件加工时间及产品节拍等数据，对每一操作人员生成一个操作表。该表说明在一个节拍中，操作人员必须完成的作业数量及作业顺序。操作表的作用是保证在一个节拍中，各工作中心生产出一个最终产品所需的零件、部件数。以保证生产同步。

(3) 决定 WIP 水平。使 WIP 量既能保证生产中无物料短缺，同时又要使机器间物料极少。

完成上面三个步骤，结果形成一标准操作单，每个操作人员都可看到此标准操作单，并可在此标准操作单基础上，作出完成主生产计划的初步预算。

5. 操作人员互助活动。在 JIT 环境中，操作人员一般具有多面手的能力，能操作多种不同的机器。

多面手操作人员给生产操作带来许多好处，如当他们由一台机器上卸下零件时，可直接将之装到下工序的机器上，有利于减少在制品库存。操作人员之间可以开展互助活动，当一个操作人员遇到困难或任务超载时，临近的操作人员能去帮助，使可能产生的“瓶颈”现象得以缓和，减少了总的排队时间。

(三) 缩短运输时间。

JIT 方式中缩短运输时间的技术是：采用合理的生产布局和高效率的运输机械。

1. 采用对象专业化布局、U 型设备布局以减少工序间的运输时间。

2. 采用高效运输机械，提高运输速度和频度，如用传送带、辊道等运输设备。

(四) 缩短准结时间。由经济批量的计算中可以看到，缩短准结时间可降低生产批量，准结时间减少为原来的 $1/N$ ，加工批量几乎也可以减少到原来的 $1/N$ 。同时，缩短准结时间，WIP 量也会相应降低，机器利用率、生产效率也能得到提高，因此缩短准结时间有很重要的意义。在 JIT 中，缩短准结时间可用的技术有：

1. 将内部工装调整与外部工装调整分开，内部工装调整是指离开使用工装的机器本身，就不能进行工装调整的那部分作业。外部工装调整是指可不使用工装的机器参与，就可进行的工装调整作业。

2. 尽量将内部工装调整转变为外部工装调整。使内部工装调整时间控制在 10 分钟之内。

3. 尽量减少调整时间。

4. 如果可能的话，取消准结时间。

缩短准结时间的第一步，是对工装调整过程进行详细研究，内部与外部工装调整经常交叉重叠，须要经过分析将二者分开。第二步是将尽可能多的内部工装调整转换为外部工装调整，使之离生产线操作，进而大幅度改进内部工装调整。

(五) 缩短加工时间。加工时间是工件通过生产系统增值的时间，在 JIT 方式中，十分注重最佳利用加工时间并保证生产出高质量的产品。培训操作人员，实行标准化作业，以及将标准作业文档化等，都是缩短加工时间的主要措施。

四、生产资源的合理利用

JIT 方法十分重视生产资源的利用，在丰田公司流行一句简单的格言：“不要把正在“忙”，与正在“生产”，混为一谈。”这句话在评价劳动力资源利用状况时特别适用。劳动者若只进行“忙”而不是“生产”的活动，也就是在做无效劳动，这是一种很大的浪费。

JIT 生产资源合理利用的内容，分两个方面：劳动力灵活性和设备柔性。

（一）劳动力柔性。当市场需求波动时，要求劳动力资源也作相应调整，如需求量增加不大时，由于操作人员具有多面手的技能，可能通过操作人员适当调整其操作，就可以适应短期内需求量的变化。若需求量增加较多时，就要考虑加班或增加操作人员。当需求量降低时，劳动力的调整可能较困难，特别是许多大企业采用终生聘用制时，更加不易调整。这时可能采用的方法是减少生产班次，解雇临时工、分配多余的操作工去参加维护和维修设备、参加质量循环会议等活动，甚至宁可让工人空闲，也不要为增加库存而生产。

（二）设备柔性。在传统生产系统中，市场的多变需求与生产过程可能提供给市场的产品之间存在矛盾，生产厂家一般希望产品品种及数量变化尽量少。JIT 方式试图克服上述矛盾，它在产品设计时就考虑加工问题，发展多功能设备使之能提供满足市场不同需求的加工能力。大批量生产所用的专用设备，不适用于轮番生产，可以对这些机器进行改装，或在这些机器中加入一些工装。工具使之成为能生产一定范围产品的多功能机器。多功能机器应能支持 JIT 生产，并有利于生产的稳定，这种概念的发展，就形成了柔性生产系统（Flexible Manufacturing System, FMS）。

JIT 与 MRP 生产思想相比较，在 MRP 中资源能力一般考虑为固定的，至少在短期内是固定的。当需求改变时，就要增加额外的能力需求。而 JIT 主要采用调整现有设备的方法，来满足需求的改变。

五、JIT 方式中的质量控制

在传统的生产系统中，都规定了可接受的废品百分数，用在制品库存来弥补不合格品和机器故障所引起的问题，以保证稳定生产。这种处理方法受到 JIT 方式促进者的批评，他们认为，这不是揭露问题的本质和解决问题的方法，是治标不治本的方法。JIT 方式中强调全面质量控制（TQC），目标是消除不合格品，消除可能引起不合格品的根源，并想办法解决问题。

JIT 追求“零库存”，要达到零库存并能稳定生产，就应消除所有生产过程中的浪费，包括产品返修、不合格品返修等。为达到零库存，还要不断改进工艺过程，一方面利用成组技术，用较少工艺步骤能生产一定范围的产品；另一方面开展技术革新活动，鼓励操作人员利用其科学知识、技术经验进行革新活动。

检验人员的任务是防止不合格品，而不是简单的检出不合格品。设计能自动检出不合格品的机器，这种机器应有两个功能：（1）机械化的检出不正常或不合格品；（2）当不合格品或不正常情况发生时，能自动停机或停线。不合格品发生时让机器停止，可迫使人们重视问题、调查问题的原因、进行改正活动，防止再发生类似的问题。

JIT 中还包含许多有利于提高质量的因素，如批量小，零件很快移动到工序，质量问题可以及早发现；JIT 强调预防维修、设备保养及清洁的工作环境等，这些对提高质量，提高生产效率和安全生产都有很大好处。

第三节 JIT 生产现场控制技术——看板系统

一、概述

看板系统又称视板管理、看板方式、看板法、目视管理等，是一种生产现场管理方法。它以流水线作业为基础，将生产过程中传统的送料制改为取料制，以“看板”作为“取货指令”、“运输指令”、“生产指令”进行现场生产控制。从生产的最后一道工序（总装线）起，按反工艺顺序，一步一步、一道工序一道工序地向前推进，直到原材料准备部门，都按看板的要求取货、运送和生产。看板作为可见的工具，反映通过系统的物流，鼓励操作者发挥积极性，使企业中的各生产部门、工作中心协调地运行，实现整个生产过程的准时化，同步化，保证企业以最少的在制品，占用最少的流动资金，获取较好的经济效益。

（一）生产现场控制的“推”与“拉”系统。MRP 和 JIT 是两种不同的作业管理系统。它们的目的是要完成主生产计划规定的生产目标，受主生产计划驱动，根据主生产计划决定生产总装配作业计划。但是，在作业管理的思路和方法上，两个系统有明显的差别。

MRP 的作业管理是一种“推动式”系统，而 JIT 则是一种“拉动式”系统。

1. MRP“推动式”系统生产作业管理如图 4—10 所示。一个工件要通过一系列工作中心进行加工，如图 4—10 中，工件要依次通过 1, 2, ..., M—1, M 等工作中心。

MRP 系统通过计算，确定每一工作中心的任务下达日期 RT 及完工日期 DD。而每个工作中心实际完成日期，就是其下一工序的任务下达日期。因此，MRP 的现场生产控制是由第一道工序开始，“推动”工件逐个完成各工序的加工过程。

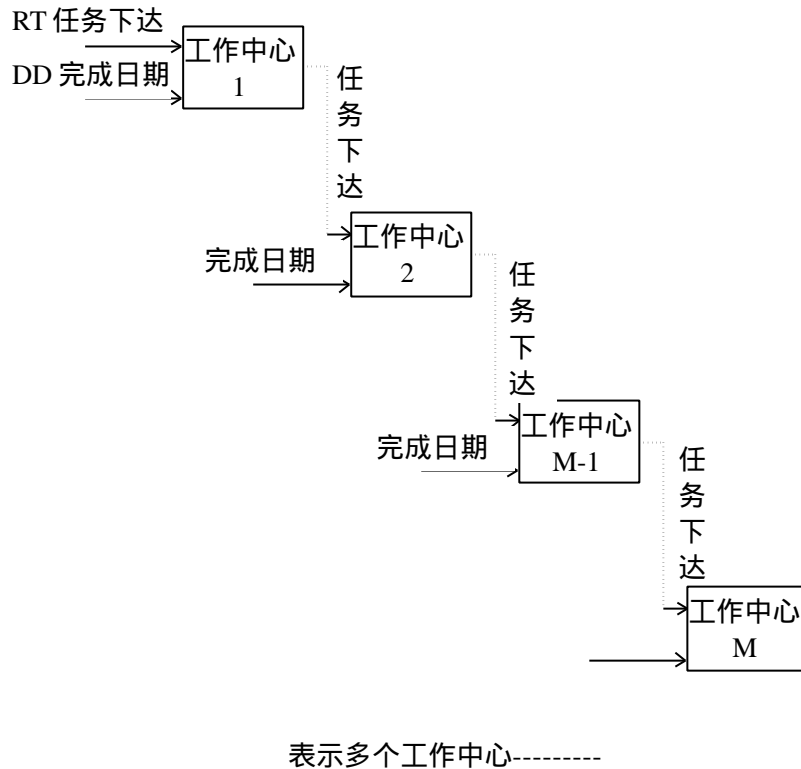


图 4-10 MRP “推动”系统

2. JIT“拉动式”系统如图 4—11 所示。它是由代表顾客需求的订单开始，根据订单按产品结构自上而下进行分解，得出完成订单所需零部件的数量。生产控制人员检查现有零部件库存，是否能满足订单的要求，如果不足，就由最后一道加工工序开始，反工艺顺序地逐级“拉动”前面的工作中心，由 M 至 M—1，一直“拉”至工作中心 1。甚至“拉”到供应者或协作厂。后工序需要 1 个工件，就到前工序取 1 件，前工序就再生产 1 件补足在制品定额。“拉动”是靠看板系统来实现的，看板起到指令的作用。在现场，工人不见看板不搬运，不见看板不生产。

（二）看板及其在生产活动控制中的应用。在国外有关书籍中，对看板有不同的定义，可归纳如下：

1. 看板，意指卡片，用此卡片授权移动在该控制系统中的物料。

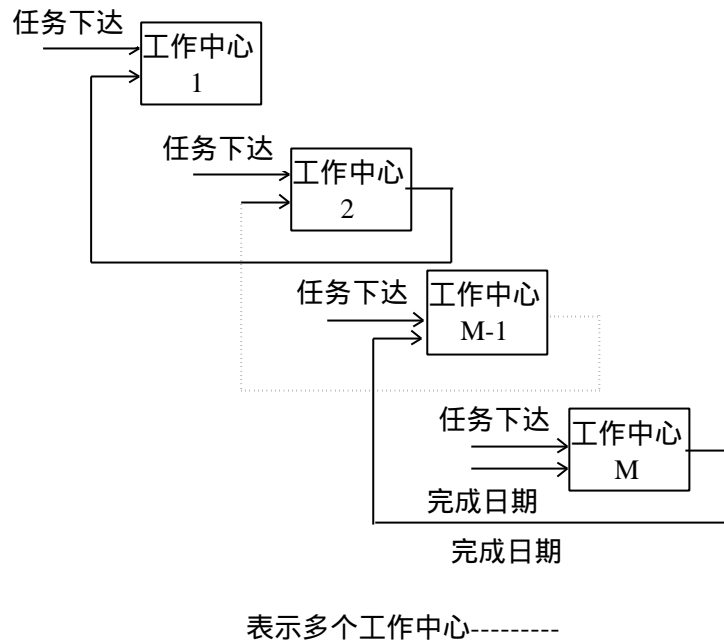


图 4-11 MRP “拉动”系统

2. 看板，意指应用卡片的物流控制系统。

3. 看板，用看板卡进行物流控制而发展起来的改进生产的方法。

总之，看板管理是一种生产现场物流控制系统，它是通过看板的传递或运动来控制物流的一种方法。

下面以日本丰田汽车公司为例，说明利用看板进行生产现场管理的过程。丰田汽车公司的看板系统如图 4—12 所示。在生产计划制订方面，丰田公司与其他公司一样，根据企业政策、用户订单制订年度计划、月份计划以及具体生产什么车种，生产多少辆的日计划。日计划的安排应体现均衡化生产的思想。如月计划生产一万辆车，其中 A 型车 5000 辆、B 型车 4000 辆、C 型车 1000 辆。每月工作日为 20 天，则每天可安排生产 A 型车 250 辆，B 型车 200 辆、C 型车 50 辆，形成均衡的日计划。接着将日计划展开为顺序计划，即展开为装配顺序的计划，上述日计划的顺序可为 AAAABBBBAC 或 AAAAABBBBC 等不同循环形式。









图 4—12 丰田公司的计划与看板控制系统










JIT 生产作业计划的主要特征是：它只向总装配指示顺序计划，除此之外，不再向其他加工工序指示顺序计划。但是，应该尽量使总装配之前的各工序，即加工工序、毛坯工序、外协及供应部门等，都大体了解本工序（部门）每月需要生产（供应）的数量。此数量不一定要求准确，但可以作为各工序作业的大致目标，有利于他们进行作业准备和作业安排。

这样，在现场除总装配以外，其他工序都不领取生产计划表。也可以说，对各加工、子装配过程没有统一的生产指示，他们需要生产什么，生产量多少，何时完工等都由看板进行控制。

图 4—12 中，在总装配线上有许多工位，每个工位有相应的存料点。各

子装配或加工线上，有多个工作中心，每个工作中心附近有两个存料点：一为进口点存料点，用以存贮上一工序已加工完毕、本工序准备加工的零部件；二为出口点存料点，用于存贮本工序已加工完毕，供下道工序随时提取的零部件。当总装配线收到一个作业计划后，它按该计划要求的品种、数量进行总装作业，由总装线上各工位存料点中抽取总装配所需的零部件，使各工位存料点库存减少。各工位存料点为补充库存，就到各子装配线出口存料点(或协作厂)提取零部件。各出口存料点为保持其在制品定额，继而“拉动”相应的工作中心按批生产取走数量的零部件，它同样也要向前工序工作中心提取必要的工件。这样，就形成了一条向上游工序的“拉动”链。使得整个物流按总装配的要求同步运动。

看板在现场管理中的作用可用图 4—13 说明。图 4—13 中， 表示零件加工工序； 表示零件子装配工序； 表示总装配工序；I—A、 —A 分别为 1、 工序的进口点存料处；I—B、 —B 为 1、 工序的出口点存料处； —A 为总装配工位的存料处；实线表示零部件的物流过程；虚线是看板的传递过程。

当总装配工序的操作人员从  —A 中取用零部件后，就从该处取出一块取货“看板”，到上一道工序的  —B 中提取同样的零部件，用以补足  —A 中已使用的零部件。与此同时，再从  —B 中取出一块加工看板，交给第 工序的操作者，第 工序的操作者据此加工生产所需的零部件，制成后补入  —B 中。第 工序的操作者加工零部件时，又按同样的程序从  —A 中提取备加工件。如此倒溯而上，生产流水线在看板的联系和“拉动”下，协调地运转起来。

(三) 看板的形式和分类。实际生产管理中使用的看板形式很多。常见的有塑料夹内装着的卡片或类似的标识牌，运送零件小

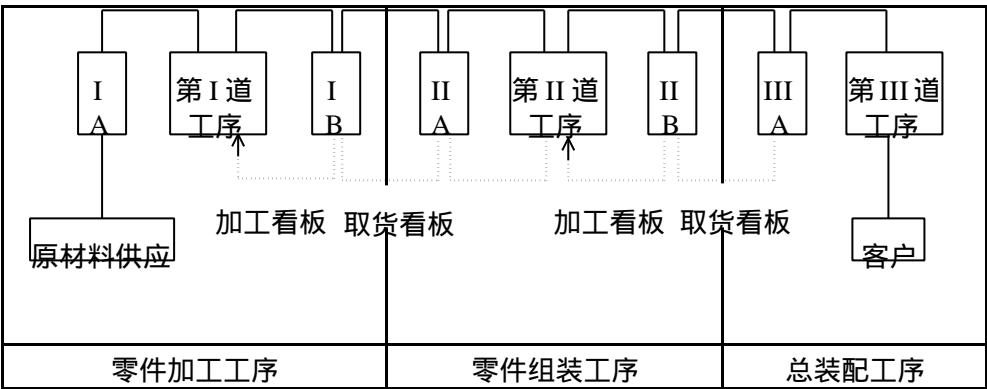


图 4-13 看板在工序间的传递

车、工位器具或存件箱上的标签、指示部件吊运场所的标签、流水生产线上各种颜色的小球或信号灯、电视图像等。

看板根据功能和应用对象的不同进行分类，如图 4—14 所示。各类看板的功能、内容分述如下：

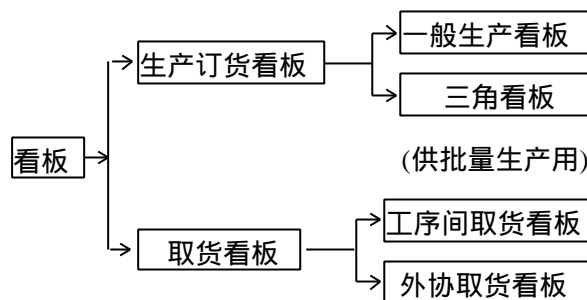


图 4-14 看板的主要类型

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，其内容如图 4—15 所示。它指出需加工工件的件号、件名、类型、工件存放位置、工件背面编号、加工设备 etc。

加 工 看 板		加工设备 机加工 LD—6
存放货架号 F14-26	工件背面号 A3-252	
工件号 56790-321		
工件名 曲轴		
产品型号 SX50BM-170	容器容量 16	

图 4-15 一般生产看板

(2) 三角看板，如图 4-16 所示。它指出待加工工件件号、名称、存放位置、批量及货盘数、再麻风点及货盘数、加工设备等。

图 4—16 三角看板

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（或协作厂）领取零部件的看板。取货看板又可分为两种类型：

(1) 工序间取货看板，如图 4—17 所示。它指出应领取的工件件号、件名、类型、工件存放位置、工件背面编号、紧前加工工序号、紧后加工工序号等，是厂内工序间的取货凭证。

(2) 外协取货看板，如图 4—18 所示。它除了指出有关外协件特征信息外，还指出本企业名称、外协厂名、交货时间、数量等，它用作向固定的协作厂取货的凭证。

图 4—18 外协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（或其他固定生产线上）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用的看板，只用一次，用毕及时收回。

二、JIT 系统的物流运动与看板

(一) 总装配线上的物流运动。在总装配线上，物流运动是受总装配计划控制，而不是由“看板”控制。总装配计划确定装配生产顺序和生产节拍，

装配线上各工位按照总装配计划要求，完成相应的操作，即每个工位从该工位存料点取出此工位应装配的零部件，将它们装入在总装配线上运动的半成品上。工位存料点所需零部件，由供应零部件的生产线或采购补充。

物流运动速度由节拍控制，总装线上当每个节拍结束时，半成品由一个工位前移至下一工位。如果在一个节拍内操作未能完成，整个装配线就要停止生产。这时，应由信号板发出信号，指示出装配线某工位操作的异常情况，如红色信号表示因设备故障未能按时完成工作，橙色表示工位存料点无足够零部件供装配用等。当这种情况出现时，装配线上的操作者就要设法帮助解决这些问题，使装配线重新工作起来。他们可能采用暂时解决问题的措施，例如将短缺的零部件立即送至所需的工位。也可能从长远观点出发，研究该工位缺件的原因，采取杜绝再发生类似情况的措施。当造成装配线停工的问题解决以后，信号板转为绿色，装配线继续正常操作。

装配线上各工位存料点使用标准容器及取货看板。当存料点标准容器中的零部件用完时，该工位将取货看板及空容器送至供应线（即零部件生产线）的工作中心。供应线工作中心收到以后，把装满零部件的容器及取货看板送还至工位存料点。

（二）在供应线上的物流运动。在供应生产线上，将物料加工为总装配线上所需要的零部件。对于一般制造企业，供应线上主要进行下料、成型（形体加工）、分装配等操作。在供应线上是由紧后工序利用看板向紧前工序逆工艺顺序的传递信息，领取零部件。而紧前工序只生产、补充紧后工序领走的同样数量的零部件，决不超量生产。

现举例说明在供应线上物料和看板的运动过程。

（例）A 和 B 是两个工作中心，工件经 A 工作中心加工完毕，供应 B 继续加工。如前所述，在每个加工中心周围有两个存料点，工件存贮于这些存料点的标准容器中，不同类型的工件使用的标准容器可能不完全相同。每一个装满工件的标准容器上，都系有相应的看板，它记录着容器中工件的类型、数量等信息。入口存料点的容器上系着取货看板，出口存料点的容器上系着生产看板。

两加工中心之间、加工中心内部物流及看板的运动步骤如图 4—19 所示，简述如下：

1. 在 B 加工中心入口点存料处，工人在开始使用装在标准容器中待加工的工件时，取下系在容器上的取货看板，并将它放到装看板的盒子中。

2. 当一个加工中心入口点存料处具有空标准容器，并且盒子中又有取货看板时，表示它对前工序有物料需求。这时，应将空容器及取货看板送至 A 工作中心出口点存料处。

3. 由 B 送至 A 的空容器，放至 A 出口点存料处的指定位置。根据 B 送来的取货看板，查找出装有 B 应取走物料的标准容器。选择好符合 B 取货看板的标准容器后，取下原来系在容器上的生产看板，把它放到出口点存料处装生产看板的盒子中。

4. 将 B 的取货看板系在选择出的、装满 B 所需物料的标准容器上。

5. 将系好取货看板、装满物料的容器送至 B 加工中心。

6. 同时，A 出口点存料处盒子中有生产看板，就是给 A 加工中心下达生产指令。A 加工中心加工完毕的工件，放至由 B 送来的空标准容器中，每当标准容器装满时，将出口点存料处盒中的生产看板系在其上等待 B 来取货。

图 4—19 双卡系统

由以上的图示可以看到，利用看板进行现场物流控制时，在任何时候，都有看板系在装有物料的容器上，可以通过看板识别实物。系统中的看板是指示作业的信息，它能指示生产数量、时间、方法、顺序、加工设备，或运输量、运输时间、运送目的地、放置位置、运输工具和容器等等。它反映物流并规定着物流的运动。看板在工序间传递，即给出指示信息，控制着按顺序完成生产、运输作业的过程。

（三）看板的使用规则。为使看板系统有效运行，必须严格遵循使用规则，培训全体操作人员理解规则，并设立一定的奖惩制度认真贯彻规则。规则主要内容有以下五点：

1. 不合格件不交给后工序。JIT 方式认为，制造不合格件，就是为卖不出去的产品投入材料、设备和劳动力。这是与企业降低成本的目标背道而驰的，是最大的浪费。因此，一旦发现不合格件，就要采取防止它再次出现的对策，以逐步达到消灭不合格件。采取“不合格件不交给后工序”规则的理由是：

（1）使生产不合格件的工序，能及时发现本工序不合格件的出现。

（2）如果不及时解决不合格品问题，后工序就会停止生产，不合格件积压在本工序，本工序的问题就很快暴露出来，使管理人员、监督人员不得不共同采取对策，防止再发生类似问题。

为切实执行这一规则，出现不合格件时，机器和作业就应该停下来查原因，万一工件中混进了不合格件，一定要换下来；如果外协厂送来的零件中有不合格件，也要认真检出、更换。

2. 后工序来取件。改变生产“供给后工序”的传统做法，由后工序在必要时来领取必要数量的零件。后工序来取件时的具体规定是：

（1）禁止不带看板和空容器来取件；

（2）不能领取超过看板规定的数量；

（3）领取工件时，须将看板系在容器内的工件上。

3. 只生产后道工序领取的工件数量。应该做到：

（1）超过看板规定的数量不生产；

（2）按看板出现的顺序生产。

遵守第 2、3 条规则，所有生产工序都能发挥如同一条传送带连在一起那样的效果，达到生产同步化。

4. 均衡化生产。按第 3 条规则“只生产后道工序领取的数量”，所有工序都必须拥有在必要时生产必要数量产品所需要的设备能力和人力。在这种情况下，如果后道工序在领取工件的时间和数量方面没有规律，波动较大，前工序就需按后工序的最大需求来安排其设备能力和人力；而在后道工序需求减少时，前工序就会出现能力过剩。这是很不经济的。

因此，看板管理只适用于需求波动较小和重复性生产系统。

5. 利用减少看板数量来提高管理水平。在生产系统中库存水平由看板数量来决定。因为每一块看板代表着一个标准容器容量的工件，用减少看板数量、减少标准容器容量的方法，可减少库存水平。

实施上述五条规则，要付出巨大的努力，但是，若不遵守这些规则，即使引进看板方法，其作用也不能得到发挥，难于达到降低成本的目的。

(四) 自动化加工中的看板。在看板使用规则中,规定只能生产领走的数量,用以控制生产过剩。但是,在自动化机械加工工序中,会产生以下一些难以处理的问题。

自动化机械根据各自的能力连续不断地进行生产,但是不同工序机床的生产能力会有差别,使得在一些机床间会产生制造过剩。当后道工序的机床发生故障时,前道工序机床仍照常生产,也会引起在制品积压。在自动化的没有操作人员操作的工序中,如何解决这个问题?在机床间如何实现只生产后道工序取走的数量的工件?

目前在自动化机床加工中,常采用限位开关来解决上述问题。图 4—20 (a) 表示未用限位开关前的情况,这时后工序(工序 2)已经满负荷,而前工序有过剩的在制品,而且仍在不断自动生产。图 4—20 (b) 表示采用限位开关后的情况,设机床 A 的标准在制品量为 5,若超过 5 时,利用限位开关自动使 A 机床停下来。这时,限位开关便起到了看板的作用。

图 4—20 使用限位开关前后状况

(五) 单卡看板系统。丰田公司以及一些日本公司的看板系统中,利用两种不同形式的看板,即取货看板和生产看板来控制生产现场的物流,这种看板系统称为双卡看板系统。除双卡看板系统外,还有只用一种类型的看板,即只用取货看板(不用生产看板)的系统,称为单卡看板系统,或简称单卡系统。

单卡系统可以看作是生产现场控制由“推动式”系统向“拉动式”系统过渡的第一步,也可看作是双卡系统的简化形式。在西方国家实施 JIT 时,现场控制多用单卡系统。

在单卡系统中,不但有总装配线日作业计划,同时还根据总装配日作业计划的要求,经过 MRP 计算,确定供应生产线上每个工作中心的日作业计划。由日作业计划驱动每个加工中心的生产活动。每个加工中心根据生产需要,用取货看板由前序加工中心取得所需的物料。

1. 单卡系统的工作过程,单卡系统工作过程如图 4—21 所示,简述如下:

(1) 在 B 加工中心入口点存料处,工人开始使用一个标准容器中的待加工件时,取下系在容器上的取货看板,并将它放到装看板的盒子中,这是该工序向紧前工序有物料需求的信号。

(2) 用加工中心 B 出口点存料处盒子中的取货看板,向加工中心 A 取货。即加工中心 B 将取货看板发往加工中心 A 出口存料点;根据看板上的信息,找到符合需要的、装满工件的容器;把加工中心 B 的取货看板系在此装满工件的容器上。

(3) 将系有取货看板的、装满工件的容器取至 B 加工中心入口存料点待用。

(4) 当 B 加工中心将工件取出(送加工)后,将空容器送回 A 加工中心。

2. 单卡系统的特点。单卡系统有以下特点:

(1) 采用“推动式”生产作业计划和“拉动式”物料输送过程,用取货看板“拉”加工中心所需物料。

图 4—21 单卡系统

(2) 由总装作业计划分解, 形成每个加工中心的日生产作业计划。

(3) 对入口存料不进行控制, 只控制出口存料点的容器数及容器放置位置。

(4) 单卡系统与库存管理的订购点方法(双堆系统)很相似, 它们之间的区别在于应用环境不同。单卡系统适用于流水线生产及 JIT 系统环境。在此环境中使用标准容器, 并控制容器的数量及容量, 使得容器数量少, 容量也小, 每天对每个容器都要多次装料和取料。

三、如何用好看板卡

(一) 看板卡应用的前提条件, 看板卡应用的前提条件是:

1. 生产作业计划稳定。许多应用看板卡的企业, 主生产计划为月计划, 按月计划制订每日的总装配作业计划。应用看板卡的系统要求月计划基本稳定。如果月计划不稳定, 总装计划的任何波动, 都将使上游各加工中心不得不保持较大的库存量, 来满足总装波动的需求, 这是与 JIT 系统目标要求不相符的。

生产计划的品种相对稳定, 即为重复性地大量生产。产量也基本稳定, 根据丰田公司的经验, 产量波动应在 10% 以下。

2. 采用混流生产时, 各加工中心的工装调整时间必须尽量缩短, 才能使生产线上各工作中心能同步运行。

3. 采用流水线操作方式, 使各加工中心与总装配线相互联系起来, 以减少物料传输时间。每个加工中心有入口及出口存货点, 工件按固定程序进出各加工中心。生产能力设计应有少量富裕, 以保证系统具有一定的柔性, 在发生波动时仍能继续生产。

4. 操作工人能操作多种机器。操作工人是多面手, 能使用不同的机器设备, 使工作安排灵活性增加, 设备、人力资源能充分利用。日本许多企业认为, 缺乏足够的多面手工人, 是他们在企业中实施 JIT 的主要障碍。

只有在上述前提下, 才能有效地使用看板系统。

(二) 应用看板不断改善现场管理。在 JIT 系统中, 各加工中心在制品数量是通过投放的看板数目来控制的。在标准容器容量不变时, 看板的数目决定了每种工件在每个工作中心的最大数量。增加看板数量, 就是增加在制品库存; 减少看板数量就能降低在制品库存。

每一个加工中心应该有多少取货看板和生产看板, 可由以下公式确定。

$$Y = \frac{D(T_w + T_D)(1 + \alpha)}{A}$$

式中, Y——取货看板与生产看板总数;

D——每日每种零件的生产速率;

T_w ——取货看板周期时间, 即取货等待时间, 以日表示;

T_D ——生产看板周期时间, 即生产时间(包括生产准备、加工、检验等时间), 以日表示;

A——每个标准容器中装的零件数;

α ——低效率因子, 是评价管理的主要因素。

这个公式可以进一步分解, 分别计算取货看板和生产看板的数量。

$$\text{取货看板数} = \frac{D}{A}(T_w)(1 + \alpha)$$

$$\text{生产看板数} = \frac{D}{A}(T_D)(1 + \alpha)$$

式中，低效率因子是反映管理水平的主要指标。生产过程中的低效率是由于供应厂的周期性拖期、不可预见的机器故障，生产时间的延长等因素引起的，管理不善、低效率因子就会增高。由公式可见，在其他条件不变的情况下，减小低效率因子，就可以减少看板发放的数量。

在生产线刚开始运行时，发出的看板可能较多，以使系统能稳定正常地操作。随着生产的进行，应不断激励操作人员努力减少系统中的看板数，即努力改善现场管理，减少在制品库存。使得看板成为提高管理水平的有效工具。

利用看板提高管理水平是一个逐步减少看板数量的循环过程，每一循环的步骤如下：

1. 发出看板，开始取货和加工。
2. 当部门管理人员认为可在较小的在制品库存情况下进行生产时，可以取出一些看板。
3. 取出看板使在制品库存降低，但可能使车间出现一些问题，如工件短缺，或需要加班加点才能供应后工序对工件的需求等。
4. 部门管理人员和操作者采取各种措施，以便在看板数降低的情况下仍能正常地生产，他们可能采用更新设备、变更工件的加工顺序、缩短生产提前期等等措施，以改善生产循环。
5. 一轮改善顺利实施后，在适当时候再取出一二个看板，继续进行改善活动。通过多次循环，达到控制在制品库存的目标。

在上述改善循环中，操作人员应当是改善循环的促进者。丰田公司特别强调应尊重操作人员，提高操作人员改善看板循环的积极性和信心，是用好看板的关键。

第四节 JIT 的优点及其与 MRP 之比较

一、JIT 的优点

JIT 生产管理方式与传统生产管理方法相比，具有以下优点。

（一）无滞留。由于生产中各工序的操作者都按同步的节拍操作，生产进度不是传统方式下以最慢者的节奏进行，而是受“拉动”控制使生产速度能保持在平均速度或平均速度以上进行。当某道工序结束时，整个生产同步进入下道工序，在生产过程中无滞留时间。

（二）无积压。生产过程实现同步化，上下道工序的衔接不仅在时间上紧凑。在空间上也减少了在制品的库存与积压，节省了生产空间。

（三）提高操作者的积极性。由于是按照一个统一的原则进行整个生产系统的管理，这就增强了操作者的集体感，当操作者处在这样一种集体行动中，会产生相互激励的精神，其生产积极性会高于传统方式下自我调节进行操作时的劳动热情。

（四）有利于生产管理功能的整体优化。JIT 不仅考虑生产局部的“同步化”，而且考虑整个企业生产的同步化问题。它克服了传统方法中质量管理、设备维修管理和技术工艺管理与工序管理相脱节的弊端，形成个人、班组、工序、车间乃至全厂层层配套的管理网络系统。

（五）提高企业整体效益。JIT 通过生产设备的合理布局、生产管理组织的最优安排，排除了生产中的各种随机因素的干扰，使生产过程中滞留时间、滞留空间和操作者的差异减少到最低程度。它改变了一人一机的传统，实行一人多机的劳动组织方法，大幅度地提高了劳动生产率。

二、MRP 与 JIT 的异同点

MRP 和 JIT 是两种现代化的生产计划与作业控制系统，它们服务于共同的管理目标，即提高生产效率，减少库存费用和改善用户服务。同时，它们之间也存在明显的差别，各具有特点，适用于不同的生产环境。它们的主要区别可简单概括如下。

（一）适用于不同生产环境。正如美国库存管理专家瓦尔特·哥达德（WalterGoddard）指出的那样：

1. JIT 适用于生产高度重复性产品的系统；MRP 则适用于批量生产、按用户订单生产、产品多变等不同的生产环境。

2. MRP 以计算机为工具，需要一定的硬件，软件投资费用高；而 JIT 的物料计划、能力计划、车间控制都可以由人工系统完成，不一定需要有计算机系统。

（二）管理的范围不同。MRP 管理的范围比 JIT 广，它能用于计划工具、维修等其他活动的物料需求，辅助财务计划。MRP 集成一个企业生产管理的许多功能，它能作为一个经营战略规划系统，也可作为一个生产控制系统使用。

（三）管理思想的差异。JIT 起源于日本，它与在美国发展起来的 MRP 系统不同，体现了两国不同的管理思想，对待库存、批量、质量、提前期不同的处理方式。例如日本企业认为库存是一种浪费，竭尽全力去降低库存，为此要努力采用小批量、降低准结成本。美国虽然也很重视库存控制，防止产生不必要的多余库存。但他们认为，必要的、一定的库存量是一种保护措施，是维持生产稳定的一个因素。又如，JIT 利用看板的“拉动”系统，不

断促进操作者降低在制品库存、缩短生产提前期。而在 MRP 系统中，则假定提前期是一个已知的定值，系统根据设定的提前期计算和制订作业计划，不过，实际生产操作的提前期，是随车间的负荷量大小、作业的优先顺序等因素而变化的，与 MRP 假定的情况不相符合。MRP 系统还要求各加工中心按作业计划的要求完成作业，不鼓励操作者提前完工。这样，就不能发挥操作者的积极性去缩短提前期，这是 MRP 的一个主要缺点，也是它受到批评最多的一个方面。

三、JIT 与 MRP 系统的合理选择

一个企业要想选择应用 MRP 或 JIT 系统，或将两系统结合应用，首先需要考虑本企业生产过程的特点，根据其生产类型采用适宜的管理方法。表 4—5 列出不同生产类型、管理层次与应采用的管理方法之间的对应关系。

MRP 强调系统中各部门、各加工中心的计划与协调；日本企业管理者则强调发挥工人的积极性与小组协作。上面种种表现都体现了不同管理思想的差异。

表 4-5

小 —— 提前期的变化 —— 大		物料计划	订单发出	生产现场控制
	“拉”流水线	1 JIT	2 节拍	3 JIT “拉动式”
	“推—拉”结合 重复性批量生产	4 JIT-MRP	5 “拉”或 MRP	6 “拉”
	“推—拉”结合 动态批量生产	7 MRP	8 MRP	9 “拉”或 MRP
	“推” 单件小批生产	10 MRP	11 下达作业计划	12 作业计划执行

目前一些企业管理专家，试图吸收两种系统的优点，构造更完善的系统。例如日本雅玛哈摩托车公司建立的 SynchoMRP 和在美国出现的 MicroKanban 就是这种努力的结果。MicroKanban 是将看板引入已经实施 MRP 的生产管理系统中，用 MRP 计划采购、发出订单和交货；用微机看板系统产生生产看板和取货看板，进行现场作业控制。

表 4—5 中列出流水线生产、重复性批量生产、动态批量生产、单件小批生产等四种生产类型，在物料计划、订单发出、生产现场控制三阶段应采用的 12 种管理方法。现分述于下。

（一）流水线生产。一般生产一种或几种相似的产品，生产连续且平稳，生产提前期可以预测。

1. 由于生产节拍可预测、是固定的，可用 JIT 方法取料至各加工中心。
2. 由于生产平稳，不需对各工作中心下订单，只要说明生产品种、节拍就行了。
3. 符合 JIT 物流要求，可用看板进行生产现场控制。

（二）重复性批量生产。按批量重复生产相同的零部件，这些零部件可能供应流水线装配用，也可能直接作为产品。

4. 一些物料需用量基本稳定，可按 JIT 方式取货；另一些物料交货提前

期长，应采用 MRP 来计划采购、交货及厂间协调。

5. 由于可预测提前期，MRP 能良好进行工作。若无计算机系统不能实施 MRP，也可采用“拉”的方式。

6. 车间物流相对稳定，可用“拉动式”。

（三）动态批量生产。用户按月或按周订货，订货品种或数量是动态变化的，设备负荷也是变化的。不同时间生产“瓶颈”可能不同，在制品出现积压的地方也可能随时间转移。

7. 生产的产品品种、数量动态变化，需要的物料也动态变化，需采用 MRP 来计划物料的采购与生产。

8. 产出变化太大时，不宜用“拉动式”。

9. 在毛坯制造工序（如铸、锻等）生产通用性毛坯，产量大，可用看板控制，其余工序用 MRP 控制。

（四）单件小批生产。订购量少或生产工艺复杂的产品。设备负荷变化大。

10. 所用物料无规律性，用 MRP 计划物料采购与生产。

11. 由 MRP 产生、发出订单，但是由于提前期很难估计，使订单的有效性 & 交货时间的准确性受到影响。在保持物料库存信息、协调各生产过程方面，MRP 仍起着主要作用。

12. 执行 MRP 发出的作业计划。但 MRP 作业计划排序系统太复杂，花费资金太大，对小工厂不一定适用。

由表 4—5 可见，不同的生产类型，对管理方法的选择起决定性的作用。在很多情况下可以采用“推—拉”结合方式，目前各种结合方式还在继续发展。

第五节 JIT 在我国的应用

一、JIT 在我国的应用情况

JIT 生产管理方式在 70 年代末期由日本引入我国，由长春第一汽车制造厂首先开始，应用看板系统控制生产现场作业。到 1982 年，第一汽车制造厂采用看板取货的零件数，已达其生产零件总数的 43%。

80 年代初，中国企业管理协会组织推广现代管理方法，看板管理被选择作为推广的现代管理方法之一，在全国范围内进行了宣传，并为许多企业所采用。

近年来，我国企业对 JIT 的思想方法有了更进一步的深刻认识，在汽车工业、电子工业、仪表制造业等实行流水线生产的企业中应用 JIT，获得了明显的成果。例如第一汽车制造厂、第二汽车制造厂、上海大众汽车有限公司、四川仪表四厂等一批企业，应用 JIT 结合我国国情、厂情进行了创造性的工作，取得丰富的经验，创造了良好的经济效益。这些企业的主要做法是：

（一）按照 JIT 的思想，结合厂情进行生产管理系统的优化设计。使生产管理围绕满足用户要求、提高产品质量、降低成本、提高经济效益进行配套设计、同步实施，如第一汽车制造厂变速箱厂是 1989 年投产的新厂，在其生产管理系统设计中，贯彻 JIT 的原则，表现在以下几个方面：

1. 在生产组织上改“推动式”为“拉动式”生产，整个企业以市场需要为目标组织生产。

2. 在劳动组织上实行多机床操作、多工序管理，人均操作三台设备，有效地提高了劳动生产率。

3. 在设备管理上实行机、电、修服务到现场，重点工序巡回保全维护和快速修理。

4. 在工具管理上实行刀具直送工位、强制换刀和线外换刀的管理办法。

5. 在质量管理上实行以生产工人自控、创合格工序、加强质量监督、产品创优等活动，不断提高产品质量。

6. 在现场管理方面开展不间断的“五 S”活动（即整理、整顿、清扫、清洁、素养）。

7. 在现场管理体制上，实现以现场为中心、以生产操作者为主体、以车间主任为首的管理体制，作为实现 JIT 的组织保证。

这种生产管理系统的优化设计，使生产过程中劳动力、设备、物资、资金等各种要素能优化组合和使用，达到以必要的劳动、确保在必要的时间，按必需的数量，生产所需的零件和产品，消除无效劳动与浪费，实现用最少的投入实现最大产出的目的。

（二）采用各种措施减少库存，节约流动资金。不仅努力降低生产过程中的在制品库存，同时还要想方设法降低原材料、协作件，以及产品的库存，建立有效的物料、协作件供应及产品销售流通体系。

例如，第一汽车制造厂与协作厂在使用看板取货的基础上，实现了协作厂将零件直接送往“一汽”各工位的制度。它与在长春地区的 15 个协作厂，就四十多种协作产品和原材料签订了直送工位的协议，从而改变了厂内层层设库，建立贮备的老办法。如刹车蹄片，过去由长春石棉厂每月分四次送往“一汽”供应处总仓库，再由总库到分库，从分库送到工位，现改为直送现场，减少了重复劳动。桦林橡胶厂供应的汽车轮胎过去集中发送，最多时一

次发货 20 车皮，使汽车厂轮胎库存高达 2 万套，现在实行分批分发，轮胎库存占用的流动资金大为减少。

（三）利用看板进行现场生产控制。按照看板规定的品种、时间、数量向供货单位取货，根据看板要求进行生产，保证生产均衡、稳定，减少在制品贮备及在制品占用空间，提高生产效益。各工位采用标准容器装工件，在发送中不再倒箱，便于叉吊、堆积、搬运，提高装卸效率，避免或减少零件的磕碰，同时还易于工件的清点、记帐和核算。

二、实施 JIT 生产管理的内部与外部条件

（一）内部条件。JIT 生产方式只有在生产秩序良好，各道工序设置合理，产品质量稳定的企业才有可能推行和实施，除此之外，企业还应具备下列条件：

1. 企业领导对 JIT 生产管理方式有深刻的认识、有实施的决心。推行 JIT 方式是管理思想的重大变革，它涉及生产管理系统重新设计，各功能的重新组合与调整，车间布局和作业划分的变更，管理人员和操作人员思想更新等等。这是一项全局性的工作，需要领导班子统一认识，在工作中密切配合才可能顺利实施，领导的认识和决心是推行 JIT 成功的关键。

2. 推行 JIT 必须更新观念，强化职工的参与意识。实施 JIT 的企业深刻体会到 JIT 是一种全新的生产管理方式，它与传统管理思想是大相径庭的。传统管理把“保险贮备”作为均衡生产的条件，而 JIT 把超量生产视为万恶之源，把“零库存”作为追求的目标；传统管理强调职责分工，实行条块分割，而 JIT 管理强调以现场为中心，传统管理工序间在制品实行供足供饱的“推动式”，而 JIT 管理则在工序间实行“一个流”的“拉动式”等等。因此，推行 JIT 必须更新观念，加深对新管理内涵精髓的理解，要对职工进行教育和培训。要使职工认识到 JIT 的目标是要提高企业素质、提高经济效益，是同职工切身利益完全一致的，从而增强职工对新管理方式的承受能力和参与意识，同时要不断提高职工的业务技术水平，适应 JIT 系统的要求。有一支高素质的职工队伍的积极参与，是 JIT 实施成功的保证。

3. 推行 JIT 管理，必须以相应的经济政策和有效的激励手段为后盾。实施 JIT 以后，普遍实行了多机床操作多工序管理，人均作业率提高、劳动强度增大，劳动报酬也应相应提高，只有贯彻按劳分配、多劳多得的原则，才能激发操作者的生产积极性，努力消除浪费，提高质量，创造更好的经济效益。

4. 强有力的组织措施，是全面贯彻和推行 JIT 管理的重要保证。为适应新的管理模式，实现以现场为中心的运行体制，必须采取一定的组织措施。例如一些企业成立了 JIT 生产管理办公室，来领导、帮助和指导各车间、部门贯彻新管理模式，对推行 JIT 不力的中层领导和管理人员，及时进行教育或调整。并且要求工艺员、机械员、动力员等科室人员，下到车间或有关机电维修队组，直接在现场解决生产中的技术问题。有的企业在 JIT 推行过程中，强化检查考核制度，定期检查实施状况，进行讲评等活动，对新管理方式的全面实施起到保证作用。

（二）外部条件。

1. 要有一个比较顺畅的物资供应和产品销售流通体系。JIT 要求达到原材料无库存，产品无积压，这就相应要求企业外部的物资供应和产品销售渠道十分通畅，否则企业就可能为预防供应中断而增加原材料库存或因销售系

统不畅而使产品积压，这种外来影响往往会造成 JIT 管理方式流产，使均衡生产无法实现。

2.要有一个劳动力调节市场，实行劳动力自然流动，使企业成为一个开放系统，确保企业中劳动力的最优组合，可以不断与外界交换劳动力，吸收适合于本企业需要的人员，排除不适用的人员，保证劳动力队伍素质稳步提高。

随着我国经济体制改革的逐步深入，企业的外部环境正在逐步改善，也将有利于促进我国 JIT 的推广运用。

第五章 计算机集成制造系统 (CIMS)

第一节 概述

电子计算机的产生、发展及其在工业生产和管理中的广泛应用,在以机械制造业为代表的离散型生产方式的企业中,孕育了一个新的高技术——从局部自动化走向全面自动化,即由原来局限于产品制造过程的自动化,扩展到脑力劳动领域的产品设计和经营管理自动化。使机械工业,进而带动整个工业企业实现生产经营全过程的集成与优化。这就是计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS)。

CIMS 的出现是计算机工程、信息处理技术、通信技术、管理科学、生产自动化、自动控制、自动检测等多种科学技术综合发展和应用的结果。

先进的管理科学和方法,主要是以 MRP 物料需求计划为核心的计算机生产管理系统 MRP;以日本丰田公司为代表的 JIT 准时生产与供货方法;追求物流平衡的 OPT 最佳生产技术;要求供方保证供货无废品,并在生产过程中进行在线质量检验和控制的 TQC 全面质量控制等先进管理思想和方法的发展,都是 CIMS 产生的管理基础。

生产过程自动化、数控机床、柔性制造单元、柔性加工中心、传感技术、启动化仓库和自动化物料传输等,以及生产技术信息处理自动化,如计算机辅助设计、计算机辅助工艺规程编制等则是 CIMS 产生的生产技术基础。

计算机数据库技术、网络系统是实现集成的关键技术。

CIMS 的核心在于集成,不仅是硬件的集成,更重要的是技术的集成、信息的集成。立足于整体,充分、客观地认识各组成部分的内在联系,将各组成部分有机的结合起来,实现企业生产经营管理的整体优化,是 CIMS 的目标。

当前世界上许多国家和企业,都将 CIMS 作为自己的发展战略,计算机集成系统将是 21 世纪合理化生产的主要模式,也是当前世界高技术竞争的一个重要领域。

一、CIM 与 CIMS 的概念

1973 年美国的约瑟夫·哈林顿 (Joseph Harrington) 博士在《Computer Integrated Manufacturing》一书中,首次提出了 CIM 的概念,其基本思想可归纳为两点:(1)从产品研制到售后服务的生产周期全部活动,是一个不可分割的整体,每个组成过程应紧密连接安排,不能单独考虑;(2)整个生产过程的活动的活动,实质上是一系列数据处理过程,每一过程都有数据产生、分类、传输、分析、加工等处理,其最终生成的产品,可以看作是数据的物质表现。

这一概念的提出,要求将整个生产过程的有关单元技术、自动化孤岛有机的集成起来,有效地利用信息资源,实现系统的优化。

1982 年欧洲信息技术研究与开发战略委员会 (European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology, ESPRIT) 进一步提出, CIM 是生产过程全面地,系统地计算机化。它是依靠共用数据库来实现计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助工艺规程编制、计算机辅助测试、维修、装配等等活动的集成。

此后,许多专家对 CIM 提出各种认识,但是,到目前为止,还没有形成

一个对 CIM 公认的、统一的定义。

(一) 根据 CIM 概念提出 20 年来的研究与实践, 可以对它作如下理解: CIM 是一种利用现代信息技术、管理技术和生产技术服务对生产企业从产品设计、生产准备、生产管理、加工制造、直到产品发货与用户服务的整个生产过程的信息进行统一管理、控制, 以优化企业生产活动、提高企业效益与市场竞争力的思想方法或生产模式。

在国内外一些学术刊物和书籍中, 一般以 CIM 表示计算机集成制造的思想方法或生产模式; 而用 CIM 系统或 CIMS 表示实现 CIM 思想的具体体现系统, 即将 CIM 的各项技术综合应用所形成的, 一个实现具体目标的生产系统。

(二) CIMS 与工厂自动化 (Factory Automation, FA)。两者虽有许多共同点, 但两者又有本质的区别:

1. 在功能上, CIMS 包含了一个企业全部生产经营活动的功能, 即从市场预测、产品设计、加工制造, 直到产品售后服务的全部活动。CIMS 比传统的工厂自动化的范围要大得多, 它是一个复杂的大系统。

2. CIMS 涉及的自动化不是工厂各环节的自动化或计算机化的简单相加, 而是有机的集成。不仅是设备、机器的集成, 更主要的是以体现信息集成成为特征的技术集成, 创造整体配合协作的环境, 将各子系统紧密集成成为一个整体, 以提高企业的实力与竞争力。

二、CIMS 的发展

早在 60 年代, 信息处理技术中就已经提出了“综合”或“集成”的概念。但是, 由于当时计算机技术和企业经营管理水平比较低, 很难实现这个目标。

1973 年, 当约瑟夫·哈林顿明确提出 CIM 时, 美国制造工程师协会 (Society of Manufacturing Engineers, SME) 认为, CIM 只是一种概念、一种方法论, 而不是一种产品。

70 年代末期到 80 年代初期, 随着计算机技术和企业管理水平的提高, 使 CIM 的实施开始提到日程上来。1985 年, 在德国汉诺威工业博览会上, 美国 IBM 等几家大公司展示了它们的 CIM 模型, 促进了 CIM 的开发与研究。1987 年以后, CIM 已成为制造类企业计算机应用研究的热点, 许多计算机公司, 如美国 DEC 公司、IBM 公司、德国西门子公司、日本的东芝公司、富士通公司都相继提出了他们的 CIM 模型。

一些制造企业逐步开发 CIMS 系统, 最初的开发应用比较集中于机械制造领域, 主要解决机械制造离散型生产的自动化问题。接着逐渐向其他离散型生产领域, 如电子仪器、通信设备集成电路等企业扩展, 进而扩展至连续及半连续生产类型的企业, 如化工、冶金等行业。美国的麦道飞机公司、通用汽车公司、英国的 MAZAK 机床公司、日本惠普公司八王子工厂等, 都是成功实施 CIMS 的实例。据日本统计, 到 1989 年为止, 已经开始开发或已开发 CIMS 的企业, 在电子、精密机械行业中, 已占该行业企业总数的 36.7%; 在机械制造业中, 占 31.3%。不过, 其中大多数工厂 CIMS 的应用还处于初级阶段。

美国正在实施 CIMS 的企业约 10 万家, 其情况可分为三类:

第一类是处于起始阶段, 他们用计算机辅助管理、设计、生产等工作, 用计算机控制某些设备, 多为单机自动化, 没有集成为系统。这类企业约占实施 CIMS 企业的 76%。

第二类是在自动化孤岛的基础上, 实现了局部系统或子系统的集成的企

业，约占 22%。

第三类是真正实现 CIMS 的企业，不过所建成的 CIMS 大多是在一个工段、一个车间或一个分厂范围内。只有少数企业在进行全面应用 CIMS 的试点。

目前 CIMS 虽然还处于应用的初级阶段，但已显示出其强大的生命力，根据美国科学院对美国在 CIMS 方面处于领先地位的五个公司进行的调查和分析认为，采用 CIMS 可以获得以下明显效益：产品质量提高 200—500%；生产率提高 40—70%；设备利用率提高 200—300%；生产周期缩短 30—60%；在制品减少 30—60%；工程费用减少 15—30%；人工费用减少 5—20%；提高工程师的工作效率 300—3500%。

前联邦德国西柏林生产设备和设计技术研究所，通过大量调查，提出世界 CIMS 进展情况预测。他们的预测结果如图 5—1 所示。由图 5—1 可见，本世纪末至下世纪初，CIMS 将会有很大的发展。

图 5—1 CIMS 进展情况预测

CIMS 正在发展阶段，CIMS 的概念目前还在不断完善和扩充。如德国的 Siemens 公司提出了 CAI 的概念，将 CAI 定义为计算机辅助办公系统 (ComputerAidedOffice, CAO) 与 CIM 的集成。其中的 CAO 包括了财务管理、销售管理等一系列功能。美国提出的计算机一体化生产经营 CIB (ComputerIntegratedBusi-ness)，它不仅在厂内实现信息的统一管理、控制，同时实现与原材料供应厂、协作厂、用户单位的信息直接传输和共享公用信息，它是电子数据交换 (ElectronicDataInterchange, EDI) 的应用，是工厂 CIM 子系统与工厂外经营功能的集成系统。

三、CIMS 的体系结构

CIMS 体系结构是指以信息的观点建立的企业模型框架，它一方面用来生成企业模型的信息技术表现形式；另一方面用来提供一个信息技术环境，以支持企业日常生产过程的运行、监督和控制。

1985 年，美国制造工程师学会和自动化系统分会的技术委员会，提出了 CIM 轮作为 CIMS 系统的体系结构，为美国工业界所接受。CIM 轮如图 5—2 所示，轮的内层由公共数据库、信息资源管理与通讯组成。通过信息资源管理与通讯，共享公共数据，实现次外层的制造计划与管理、产品设计与工艺过程、工厂生产自

图 5—2 自动化中各功能的集成，达到集成制造的目的，进而实现与战略规划、市场。财务、资源的集成实现对企业生产经营信息的统一管理与控制，优化企业生产经营活动。

ESPRIT 中的 CIMS 开放系统结构 (OpenSystemArchitecture, OSA) 项目组，根据近几年的研究成果，提出了 CIM—OAS 建议，现已为国际标准化组织 (ISO) TC184SG5 接受为国际标准试用方案。对建立开放式 CIMS 系统的体系结构，促进 CIM 系统结构的标准化、模块化、应用的系统化起到促进作用。

制造型企业的 CIMS 的典型功能模型如图 5—3 所示，通常包括以下四个应用分系统

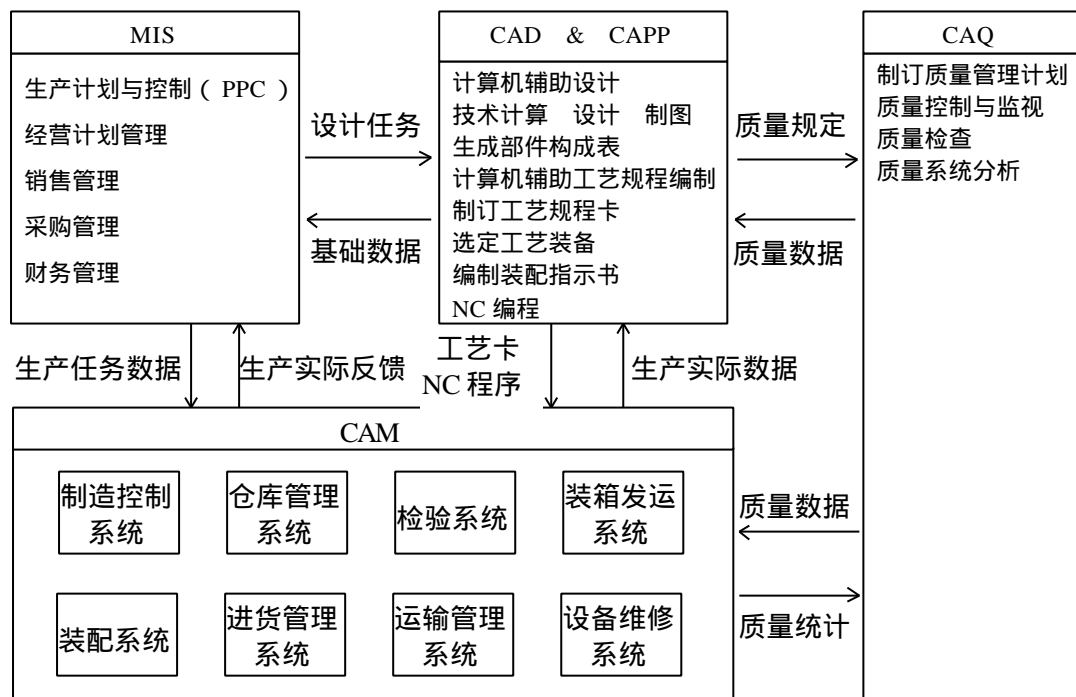


图 5 — 3CIMS 的功能模型

（一）管理信息分系统（MIS）。管理信息分系统具有生产计划与控制（Production Planning and Control，PPC）、经营管理、销售管理、采购管理、财务管理等功能，用以处理产生生产任务方面的信息。

（二）技术信息分系统。技术信息分系统包括计算机辅助设计（Computer Aided Design，CAD）、计算机辅助工艺规程编制（Computer Aided Process Planning，CAPP）和数控程序编制（Numerical Control Programmed，NCP）等功能，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。

（三）制造自动化分系统。制造自动化分系统也可称为计算机辅助制造（Computer Aided Manufacture，CAM）分系统，它包括各种不同自动化程度的制造设备和子系统，如数控机床、柔性制造单元、柔性制造系统、装配系统、进货管理系统、运输管理系统、设备维修系统等，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。

（四）计算机辅助质量管理分系统。计算机辅助质量管理（Computer Aided Quality Control，CAQ）分系统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。

为了实现上述四个应用分系统的信息集成，还要设置两个支持分系统，即：

1. 数据管理分系统。用以管理整个 CIMS 的数据，实现数据的集成与共

享。

2. 网络分系统。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。

为在物理上实施上述功能结构，ESPRIT—CIMS 提出了实施 CIMS 总体技术方案。由于 CIMS 是一个复杂的大系统，它所使用的技术是正在发展的新技术，随着时间的推移，CIMS 的技术将会不断更新，因此，CIMS 应该采用开放的、分布、递阶控制的总体技术方案。

（1）开放性。是指标准化的应用软件环境，可使用户选择自己需要的最佳应用软件，也便于用户开发的应用软件推广。

（2）分布性。是指 CIMS 各分系统都有独立的数据处理能力。用户可以只选择其中某一部分作为用户的专用系统，也可以选用其中若干部分松散地或紧密地联在一起使用，具有使用灵活性。同时，当系统中某一个分系统发生故障时，并不影响其他分系统的工作，从而提高了 CIMS 整体系统的可靠性。

（3）递阶控制结构。是指将 CIMS 这样的大系统的复杂功能分解为多个层次，便于实现和处理，

ESPRIT—CIMS 小组建议系统分为六个层次，即公司层、工厂层、车间层、单元层、控制站层和设备层。图 5—4 是一个 CIMS 层次结构示意图，图 5—4 中表示出 CIMS 各子系统匹配情况和所处的层次。在制造控制系统中，每一层次都形成自己的一套指令或控制文件，它们是下一层次要执行的任务的集合。

图 5—4 CIMS 层次结构

第二节 CIMS 的组成

如前所述，CIMS 由四个分系统组成，本节将对各分系统的具体内容进行分析和说明。

一、管理信息分系统（MIS）

MIS 中包括生产计划与控制子系统（PPC）以及几个与集成制造相关的企业管理功能。

（一）生产计划与控制子系统（PPC）。PPC 是 CIMS 中的核心子系统，它的主要功能是对从生产计划直到产品装箱发运的整个生产过程在数量、进度和能力诸方面进行计划、监视和控制。而执行这些计划，则是 CIMS 其他组成部分的任务。

PPC 子系统的形式和内容与企业的具体情况密切相关，它是 CIMS 中变化最多的部分。不同的企业具有不同的流程与管理机制，形成不同的 PPC 模式。在一般制造类企业中，它的基本功能是制订生产计划、主生产进度计划、物料需求计划以及相应的能力计划，进行生产活动控制，如图 5—5 所示。PPC 子系统的功能

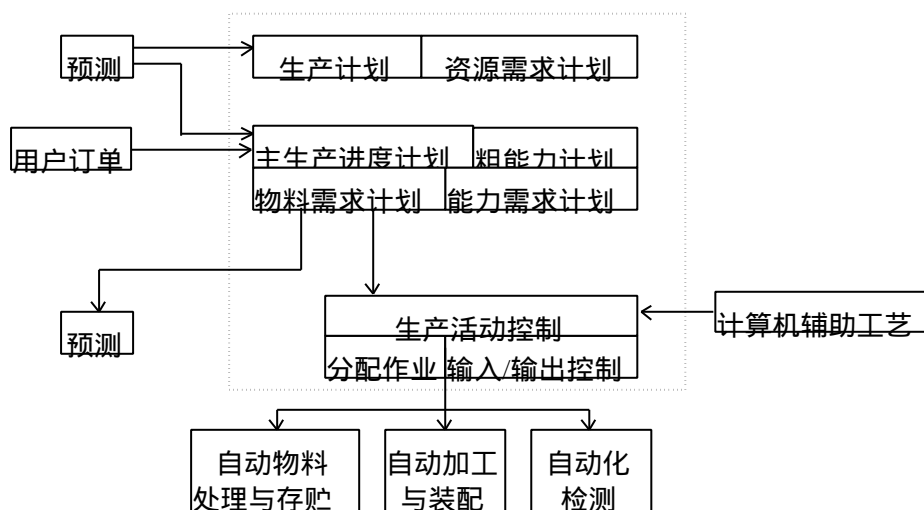


图 5-5 生产计划与控制子系统

分为三个层次：

1. 生产计划功能。根据预测，计划未来一两年所需生产产品品种及数量；进行计划需求资源的初步核算，说明完成生产计划对人力、厂房、资金、设备等的需求。

2. 主生产进度计划与 MRP。安排预测和合同的产品生产任务，计算产品生产对各类物资的需要，运行粗能力计划，计算设备负荷，揭示设备过载或负荷不足，以便对主生产进度计划进行调整。

执行 MRP 计算功能，包括计算订货提前期、安全库存、产品结构分解，决定各零部件总需要量及净需要量，产生采购计划、外协计划及零部件详细作业计划。

将零部件详细作业计划作为能力需求计划的输入，按工作中心分时间区间进行详细的能力平衡。对作业计划或能力进行调整。最后取得经过能力平衡的零部件详细作业计划。

3.生产活动控制 (Production Activity Control, PAC)。生产活动控制是 PPC 中最接近生产过程的一个层次,它起着将 PPC 各功能与车间之间联系起来的作用。它将 PPC 高层次的计划转化为生产过程的控制指令,并将车间生产的实绩数据转化为 PPC 高层次计划功能所用的信息。它的功能范围包括生产任务订单下达;生产任务执行情况监督与分析;订单完成后的生产活动效率评价等。

(1) PAC 的具体内容如下:

- 1) 生产任务订单的批准与下达;
- 2) 作业进度安排;
- 3) 物料发放;
- 4) 工件优先级控制;
- 5) 加工过程能力控制;
- 6) 加工过程质量控制;
- 7) 生产过程劳动力、物料、设备成本评价;
- 8) 为 CAPP 指令下达创造条件,下达 CAPP 产生的指令。

(2) 生产活动控制是生产计划与控制的执行过程,是数据密集型的活动。PAC 通过对在制品数量和质量的控制,对操作者和设备的控制,达到以下目标:

- 1) 平衡工作负荷、改善工件运输过程、缩短生产提前期、减少在制品库存;
- 2) 进行质量监控、减少废品与返修品、降低不合格件所造成的损失;
- 3) 提高劳动生产率、提高操作者对作业的兴趣;
- 4) 改善设备可用性、提高设备利用率、降低工装调整成本。

(3) PAC 与 CIMS 中其他部分的主要接口,有以下四个方面:

1) PAC 与自动物料处理及存贮的接口。主要是由 PAC 子系统向物料处理系统提供三种形式的信息,即工艺控制信息(一个工件需移动到什么位置);物料实时状态信息(工件现在在什么位置);作业控制信息(工件应该什么时候,在什么位置加工)。以此来驱动物料的运动。另外由于物料处理系统与生产过程紧密相联,它能成为生产过程在制品数据自动收集的基础,如通过条形码自动扫描系统,在物料运动过程中,准确记录在制品量,并将信息传输给 PAC 子系统,作为生产计划与控制的依据。

2) PAC 与自动加工及装配的接口。PAC 为加工与装配安排作业进度,并管理柔性生产系统中各子系统间的通信。

PAC 通过通信系统,向柔性生产系统、机器人等下达作业指令,特别是由 CAPP 生成的指令;PAC 自动跟踪加工刀具的应用和控制自动变换刀具,对自动加工及装配进行控制。

3) PAC 与自动检测的接口。它们之间的接口同 PAC 与自动加工及装配的接口相类似。一方面, PAC 下达测试诊断指令给自动检测工作站,负责安排自动检测的作业,控制与管理所有加工工件的测试、返修工作。智能 PAC 系统还能利用历史数据的动态计算,优化测试和返修的作业安排;另一方面,自动检测能实时收集到有关质量和质量事件的信息,及时反馈给 PAC,作为 PAC 质量控制的依据,它还能通过诊断,提出对纠正生产操作的要求,通过 PAC 传递给自动加工与装配,以改进在制品质量。

4) PAC 与计算机辅助工艺规程编制的接口。它们之间的接口由通信子

程序，由 CAPP 送至 PAC 数据库的作业描述和工艺指令（包括数控程序、切削指令和时间标准）组成。此外，PAC 子系统中存贮有关车间生产的历史数据，是 CAPP 确定或修改工艺参数的依据。

（二）有关的企业管理功能。与 CIMS 密切有关的企业管理功能有：经营决策与计划管理、销售管理、财务管理、采购管理等，现分述如下。

1. 经营决策与计划管理。其任务是根据企业的外部环境以及企业内部条件，确定经营目标和制订经营计划。经营决策与计划管理子系统的主要功能有：（1）企业环境分析与预测。包括市场预测、竞争对手情况分析、产品与市场分析；（2）企业经营情况分析；（3）确定企业目标、制订产品品种规划；（4）制订经营计划，包括投资计划、科研计划、财务计划、人员计划等。

2. 销售管理。它的基本任务是对销售活动进行全面地管理和控制。它是企业与顾客或市场的接口。销售管理子系统的基本功能有：

（1）顾客订货服务。包括顾客询价、报价处理、能否供应的答复、合同的分析与登记、合同执行情况信息的提供等；

（2）合同管理和监督。包括合同信息管理、合同进度管理、合同统计等；

（3）其他销售管理。包括制订产品需求计划、市场信息管理、销售情况统计与分析等。

3. 财务管理。其任务是对企业的经济状况进行管理和控制。财务管理子系统的主要功能有：

（1）制订财务计划。包括固定资产计划、流动资金计划、利润计划、专用基金计划、财务收支计划等；

（2）成本核算。包括成本点核算、利润一成本核算、总成本分析等；

（3）财务状况分析。包括资金利润率分析、盈亏分析，以及财务记帐、工资管理等功能。

4. 采购管理。它的基本任务是及时、准确、廉价地采购生产过程中必需的物资。采购管理子系统的主要功能有：供应厂家选择及询价、订货及订货情况监视、退货处理等。

二、技术信息分系统

技术信息分系统由计算机辅助设计、计算机辅助工艺规程编制和数控程序编制等功能组成。

（一）计算机辅助设计（CAD）。

CAD 的概念是美国生产、管理专家罗斯（T. Roos）于 1957 年在开发数控系统时首先提出的。三十多年来，由于计算机技术的发展，特别是图形学、图形显示器、二维、三维图形系统和图形数据库的发展，使 CAD 的应用逐步扩展。目前 CAD 是 CIMS 各组成部分中研究最深入、应用最广、发展最快的部分之一。

CAD 是一个综合的概念，它表示在产品设计和开发时，直接或间接使用计算机活动的总和。

CAD 子系统的主要任务有：几何建模、工程分析、设计审查与评价、自动绘图、优化设计、生成零件清单等方面，现分述如下：

1. 几何建模。是把物体的几何形状转换为适合于计算机处理的数学描述形式的过程。在几何建模中，为了表示物体可以用几种不同的方法，其中最基本的方法是用线框表示物体，即用相互联系的线来表示物体，线框几何模

型有三种形式：

(1) 二维 (2D) 表示法。用以描述平面物体。

(2) 简单形式的三维 ($2\frac{1}{2}D$) 表示法。由二维轮廓线延伸成为简单形式的三维模型。

(3) 三维 (3D) 表示法。用以描述完整的复杂形状的三维模型。

线框模型主要优点是输入信息量小、运算简单，由于它仅给出线条的信息，不具有面的概念，因此只适于表示绘图信息。尤其在描述二维目标方面十分理想，如工程图的绘制；生产平板零件的数控数据的生成；面积、周长、直径及其他简单几何参数计算等，用线框建模都十分方便。

由于二维线框图不是一个实体，因此无法将它剖切开来表示物体的内部结构。同时，线框图有时并不能唯一地确定形体，于是发展了三维实体建模方法。它是用称为体素的元素来构成物体的实体几何形状。近十年来，三维实体建模得到迅速发展，形成了一套完整的建模理论与方法。实体建模的目的是为设计、分析及生产功能的自动化提供基础，如实体图形显示、质量性质计算、有限元网格的生成、数控刀具轨迹的生成与检测、零件分类等，都以实体建模为基础。

2. 工程分析。几乎所有工程项目，在设计过程中都应进行分析，这些分析包括结构分析中的应力—应变计算；热传导计算；质量特性分析等等。许多分析计算可由计算机通用程序或专用程序来完成。

质量特性分析是计算机辅助设计系统应用范围最广的分析功能，它提供被分析物体的表面积、重量、体积、重心与转动惯量等特性。对于一个平面（如物体的横截面）可计算周长、面积或截面惯性矩等特性。

计算机辅助设计系统最常用的分析方法为有限元法，它是将物体分成许多有限单元（常为矩形或三角形），这些单元形成由节点相联结的网格，使用计算机能很快地计算出每一个节点上的应力—应变值、热传导及其他特性。通过确定系统中所有节点相互连接的特性，就可对整个物体性能进行估价。有些 CAD 系统对于给定的物体，可自动地确定节点与网格结构，用户可以对有限元模型确定一些参数，CAD 就能进行计算，有限元分析的结果用图像形式显示在屏幕上。用户可以人—机交互方式修改图形，由计算机进行分析，直到获得满意结果为止。

3. 设计的审查与评价。CAD 可辅助设计审查、修改与评价，在图像终端上可以很方便地检查设计的精度，对图像密集部分可局部放大，进行详细分析。设计审查常使用分层方法，分阶段地检查零件设计过程中的每一步骤，并采用干涉检查的方法，分析装配结构中是否有不同的零件占有同一空间位置，有些 CAD 系统还有运动学分析程序，它可以对已设计好的机构，如铰接元件与连杆机构进行运动分析，这种分析能使设计者观察到机构的运动，并保证与其他构件不发生干涉。

4. 自动绘图。自动绘图过程是直接从 CAD 数据库取得信息，产生。拷贝工程图。一些 CAD 系统的绘图功能包括：自动标定尺寸；产生剖面区；图形的放大或缩小；剖视及局部放大视图的能力，使零件旋转或这行其他方式的图形变换，如斜视、轴测图或透视图等。

5. 设计的优化。调用存放于 CAD 中的方法库，边设计、边计算设计方案的经济效益和成本，对各种方案进行比较，从中选出最佳方案。

6.生成零件清单。自动生成构成产品或部件的零件清单（单层零件清单）。

CAD 工作流程如图 5—6 所示。CAD 的应用对缩短设计周期、提高设计质量和产品质量、降低生产成本有重要意义。

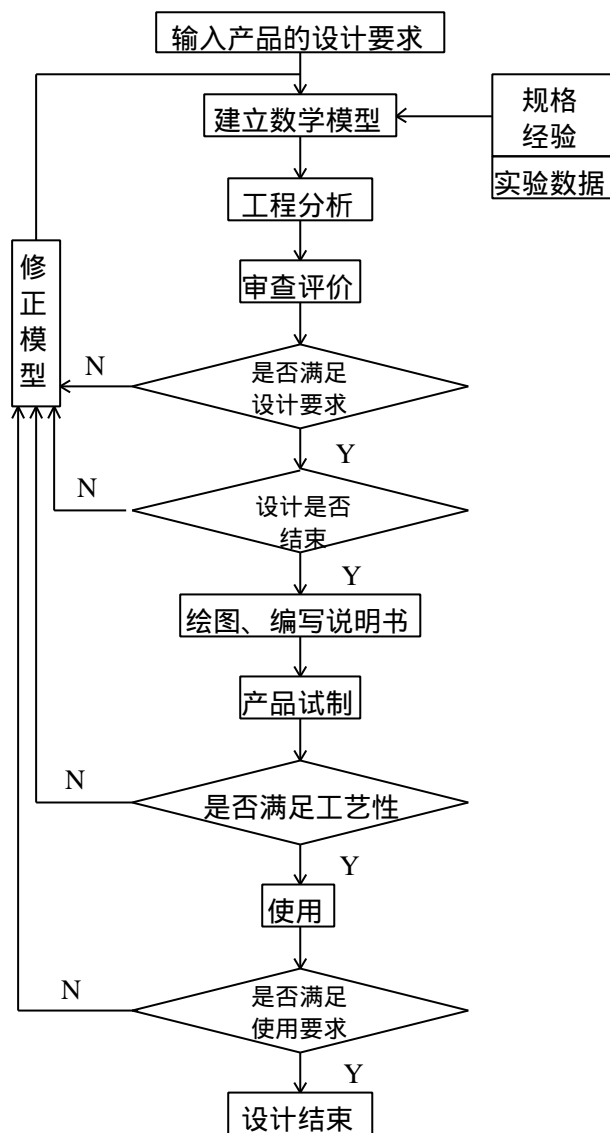


图 5-6 CAD 工作流程

CAD 中所涉及的技术信息可分为两类：（1）与设计工作直接有关的信息。具有经过数值模型化的设计对象的形象属性以及精度、材料等特征，称为直接数据；（2）与设计间接有关的信息。主要有文献、图纸和实验数据等，称为间接数据。

直接数据是每个设计对象的固有信息，在 CAD 所有应用程序中，都要使用这些信息。同时，它们在设计完成后要提供给 CAPP、CAM 应用。由于设计对象的形象属性数据结构复杂、数据量大、形式多样，在设计过程中要不断修改、动态性强，因此，对于这类数据的管理，是 CAD 研究的主要课题之一。

（二）计算机辅助工艺规程编制（CAPP）。

CAPP 根据 CAD 系统的设计结果，产生用于指导零部件制造与装配的技术信息，即编制零部件加工工艺卡与装配工艺卡。

零部件加工工艺卡中，包括零部件制造工艺流程、工艺参数、所需工卡量具、材料名称、规格和牌号、加工工位号、机床型号、加工工时等信息。装配工艺卡中包括装配用零部件清单、装配过程、装配工具、工时定额等信息。

图 5—7 表示 CAPP 的工作过程。由图 5—7 可见，编制工艺卡的方法可分为两类：

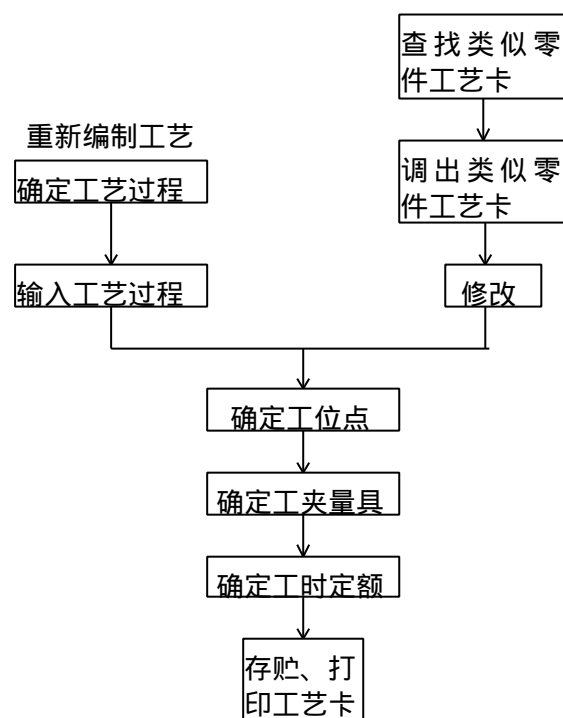


图 5-7 CAPP 工作过程

1. 重新编制工艺卡（又称创成法）。

2. 参考类似零件的工艺卡，稍加修改后得到新工艺卡（又称样件法）。

编制过程中，可以从 CAD 直接数据中获得零部件形状信息、毛坯尺寸，以及零件清单等信息；从基本技术数据中获得工艺、工时、定额方面的信息作为编制的依据。

CAPP 将传统的、主要由人工完成的、比较枯燥单调的编制工艺为计算机所取代，不仅节省人力，而且对提高工艺规程编制的水平，从而保证产品质量有重要意义。近年来出现的 CAPP 专家系统，将有经验的工艺人员编制工艺规程的专门知识存入知识库中。专家系统具有综合人类专家知识的功能，利用 CAPP 专家系统编制的工艺规程，比单个工艺员、专家编制的工艺要好得多。专家系统的知识库可以随着人类知识的扩展而不断扩充、不断完善，使得编制工艺规程水平不断提高。开发 CAPP 专家系统，可以摆脱编制工艺规程中对个别专家、技术人员的依赖，保证产生高质量的工艺规程，是一件很有发展前途的工作。据报导，目前国外已开发出一些具有实用性的 CAPP 专家系

统，许多研究工作正在进行之中。

（三）数控程序编制（NCP）。数控零件编程，就是从分析零件图开始，分析确定零件在数控机床上加工的全部动作及其顺序、位移数据、所用刀具及加工工艺参数，计算刀具轨迹，直到将这些信息转换成数控机床程序或数控加工纸带为止的全部过程。

数控机床正式用于生产以后，为了摆脱手工编写数控加工程序的落后状态，在 50 年代就开始了数控自动编程工具（Automatically Programmed Tools, APT）软件的研究。1956—1958 年完成了 APT；1962 年发表了 APT；1980 年发展到 APT/SS。随着版本的提高，功能逐渐增强，APT/SS 已具有定义和加工复杂曲面的编程功能。

使用 APT 零件数控编程的过程如图 5—8 所示。在分析零件图和制订零件数控加工方案后，用 APT 写出源程序输入计算机。经过前处理，即将源程序翻译成可执行的计算机指令，经数学运算，求出刀具位置的坐标数据，再经过后处理，将刀具位置坐标数据转换成数控加工程序，最后输出数控加工纸带。

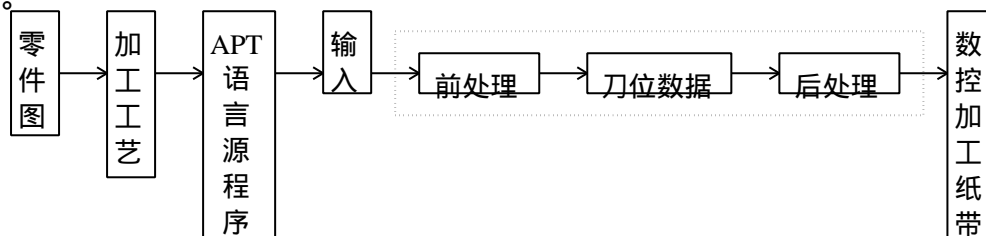


图 5-8 APT 零件数控编程过程

以 APT 为代表的许多自动编程系统有较强的几何定义功能，对各种几何图形能进行处理，并配有后置处理软件，可编制出适用于多种系统的多坐标联动控制的数控加工程序，因此，它们对促进数控技术的利用，起到重要作用。

由于 APT 的发展背景较早，设计思想是批处理的，并没有与 CAD 紧密联系在一起。因此，APT 编程有两个主要缺陷：（1）零件信息要由程序员用语言描述，CAD 的设计信息不能直接传递给制造部门；（2）其加工工艺、刀具轨迹、切削用量等都必须事先由人制订出来，再根据加工顺序和几何图形，按固定格式书写成源程序输入计算机自动编程系统，生成数控加工程序。不仅效率低，对技术人员依赖性强，同时，技术人员无法直观地见到所定义的零件和刀具轨迹，只能靠抽象思维描述零件及刀具运动，出错概率高。据统计由 APT 编制的程序平均需经过 4 次试切、修正后，才能得到合格的程序。

针对 APT 存在的问题，70 年代开始出现了图像仪辅助编制数控加工程序（简称图像编程）技术。它是采用人机交互功能的图像仪，在相应软件支持下，编程员先调取被加工零件图形，并显示在计算机屏幕上，然后发出编程命令，给出需要的工艺参数，就能编制出零件的数控加工程序的编程技术。采用图像编程，用户不需编写任何源程序，当然也就省去调试源程序的繁杂工作，提高了编程速度。由于零件图形直接由设计传递给工艺，减少了出错环节；同时零件图形与刀具轨迹均显示在屏幕上，可直观、形象地模拟加工状况，出错易及时纠正，可靠性得到提高。平均试切次数可降低到 1.8 次。

图像编程基本解决了 APT 存在的问题，在 CIMS 中，将取代 APT 成为主要的 CNP 方法。

图像编程的大体步骤为：

1. 调取零件图形显示在屏幕上。
2. 确定加工定位基准面。
3. 给定刀具起点，即“指点”某工艺孔，软件以此孔中心坐标作为起刀点。
4. 给出下刀点，即“指点”屏上某一合适点，软件取此点坐标作为下刀点。
5. 按工艺要求逐个“指点”被加工图形元素，软件自动算出刀具轨迹，并立即显示出代表刀具的图和运动轨迹线。
6. “指点”出退刀点，刀具在该点抬刀，并返回起刀点，加工结束。

对于简单的封闭连续轮廓的加工，则可不必要由编程人员逐个“指点”组成轮廓的各图形元素，软件自动查找后可以完成全部刀具轨迹的计算及显示工作。

软件把计算所得的全部刀位点信息保存在一个刀位文件中，再接后置处理程序就可输出加工程序单及数控机床加工控制带，从而完成自动编程工作。

三、制造自动化分系统（CAM）

在 CAM 中，利用计算机对生产设备进行直接控制，实现信息流对物流的控制和完成物流的转换。

CAM 包含不同自动化程度的制造系统，如数控加工、计算机数控、计算机群控、柔性制造单元、柔性制造系统等。

（一）数控（Numerical Control, NC）加工。数控加工是一种可编程的，由数字、文字与符号来实施控制加工的自动化过程。NC 对于每一个专门的工件或作业，因编程序指令作业不同，程序指令则不同。一个 NC 加工中心，采用不同指令，可以完成多台机床才能完成的作业。NC 系统一般由三部分组成，如图 5—9 所示。

图 5—9 NC 系统的基本组成

1. 指令程序。是一组详细的使机床实施各顺序步骤的命令的集合。
2. 控制单元。包括读入与翻译指令程序的电子线路与硬件，它的任务是将指令程序变为机床的机械动作。
3. 机床或其他控制件。包括机床、刀具、夹具及其他辅助装置。

NC 加工已广泛应用于发达国家机械制造业，特别是金属切削加工中，它的主要优点是：

- （1）缩短制造周期。由于减少了工件装卡、搬运等非生产时间，而且在机床上可自动更换刀具从而缩短制造周期。
 - （2）减少夹具数量和费用。NC 用穿孔带控制定位，使夹具简单便宜。
 - （3）改进产品质量。
- NC 加工可减少人为的错误，减少废品。
- （4）增强制造的柔性。对工程设计的变化，生产工序的变化有较大的灵活性与适应能力。

但 NC 系统在实际应用中经常出现一些问题，如零件编程错误，穿孔纸带脆、

容易撕裂、工作不可靠，纸带输入机可靠性差，NC 系统不能向管理方面提供有关操作性能的实时信息等。为解决这些问题，发展了计算机数控技术。

（二）计算机数控系统（Computer Numerical Control, CNC）。

CNC 是利用一台专用的微机或小型机作控制器来存贮程序，完成数控功能的数控系统。它与 NC 的区别在于：NC 在批量加工中，每加工一个零件，NC 穿孔带都要通过输入器；而在 CNC 系统中，只需在批量加工开始时，将零件程序与数据通过输入器输入，随即存贮到计算机存贮器中，不需多次输入。同时 CNC 的功能比 NC 要多，其主要功能为：

1. 控制机床。在 CNC 系统中，通过计算机与伺服系统的接口，将零件程序指令变换为机床运动。

2. 加工中补偿。它能使加工过程中机床运动的变化与误差，得到动态修正与补偿。

3. 改进编程及操作性能。

CNC 可编辑机床上的零件程序，使程序得到修正与优化。

4. 诊断。

NC 机床是复杂昂贵的系统，系统维护十分重要。CNC 系统常具有诊断能力，能对某些部件的紧急故障给出警告信号、事故停机时能迅速找到停机原因等，以便支持系统的维护和修复。

（三）计算机群控（Direct Numerical Control, DNC）系统。DNC 是由一台计算机直接连接，并实时控制一个制造系统中的许多机床组成。在 DNC 中，零件加工程序直接由计算机存贮器输入机床，不用纸带输入器，因而使系统可靠性提高。DNC 中计算机与机床的通信包括：由计算机向机床提供加工控制指令；由机床反馈加工结果信息至计算机的数据采集和处理。DNC 的组成如图 5—10 所示，它由计算机（包括 NC 程序存贮器）、远程通信线路和机床组成。

DNC 的主要优点是：

- （1）将 NC 零件加工程序存贮于计算机文件中，不但取消了穿孔纸带与纸带输入器，提高了系统可靠性，同时可以使同一加工程序在几台不同的机床上使用。（2）DNC 能收集、处理来自 NC 机床生产情况的数据，产生车间生产情况的报告，建立制造自动化发展的基础。

图 5—10 DNC 系统基本组成

（四）柔性制造系统（Flexible Manufacturing System, FMS）。柔性制造系统是具有分布式数据处理的，利用计算机数控机床、计算机控制的装配单元、工业机器人、自动检测机器，以及计算机物料处理与存贮系统等集成的，实现物流自动化的系统。

它适于加工处理多品种、中小批量相似的零件。一个功能完备的 FMS 组成如图 5—11 所示。一般应包括下面几个组成部分：

1. 自动加工模块。即实现自动控制的切削加工单元。它实时地接受 FMS 控制系统分配的加工数据信息，并反馈加工单元状态信息给 FMS。自动加工模块包括柔性制造单元、群控或计算机数控、单功能数控机床等。

2. 刀具预调站。在工作站上，工人将磨好的加工所需刀具的标准刀套配件组装好。然后，将刀具结构参数和刀具代码通过对刀仪发送给 FMS 控制系统，将“新”刀具送往刀具收发站备用。

使用后退回到刀具收发站，需要重新刃磨的“旧刀”，将由工人取回工作站并分解刀套，送刃磨处理。

3. 刀具管理子系统。即 FMS 中刀具的交换、存贮及刀具使用寿命管理的子系统，它的功能包括：

图 5—11 FMS 的组成

(1) 换刀机械手将“新刀”从刀具收发站取出，送到刀具交换站的控制过程；

(2) 按 FMS 指令，换刀机械手将指定刀具标识码的刀具从刀具交换站中取出，并送到指定的自动加工模块的控制过程。

(3) 换刀机械手将加工模块上“冗余”的刀具取下，并送回刀具交换站的控制过程。

4. 工件装卸站。它通过字符或图形显示终端，提供 FMS 系统所指定的夹具拼装施工图或拼装块清单，以及工件毛坯/托盘夹具装夹施工图。或毛坯/托盘夹具拼装件清单，供工人组装用。

5. 辅助功能模块。指切削加工单元以外的自动运行的设备，如检测模块（坐标测量机）、清洗模块（清洗机）等。

6. 物料运输子系统。它的主要功能有两个：(1) 在机器之间搬运工件，即将工件装卸站指定站位上已拼装好的工件/夹具/托盘组件，自动装到运输小车上，送到加工区指定的位置以等待加工；将已加工完毕的工件/夹具/托盘组件送清洗模块；将指定需要在线测量的、已加工完毕的工件组送坐标测量模块；将已处理完毕的工件组送仓库或物料系统出口，称为主搬运功能。

(2) 面向机床的搬运及将工件安装于机床上，称为辅搬运功能。为完成辅搬运功能，通常每台机床有一个运输机构。

物料运输子系统常用设备有：自动引导小车（Automated Guided Vehicles, AGV），传送带、自动吊车、直线有轨小车、与加工设备相连的上下料设备（如机器人）等。

7. 自动化仓库。自动化仓库又称为自动存贮/自动检索系统（Automated Storage/Retrieval System, AS/RS）。它是通过仓库管理计算机对工件毛坯、在制品、夹具块、托盘等进行编码、进库及出库管理的子系统。它能按 FMS 指令，将指定工件毛坯、在制品、夹具所在的货架由立体仓库取出，送往工件装卸站；也能将应送回立体仓库的工件、夹具及托盘所用货架，由装卸站送回相应位置。

通过 AS/RS，可以对毛坯、在制品、半成品、配套件及成品进行自动存贮与检索。自动仓库如图 5—12 所示。

图 5 12 自动化仓库

自动化仓库主要由立体货架、起重运输设备，如堆垛起重机、出入库运输机，以及计算机监控设备组成。其中，计算机监控设备一般有以下方面功能：

(1) 仓库管理。进行仓库帐目管理、货位管理、出入库管理（入库时合理分配栈位，出库时确定出库顺序等），以及信息的处理。

(2) 通信监控。它接收管理功能的作业命令，将作业命令按巷道分类排序，交由堆垛机控制及运输机控制功能执行。

(3) 堆垛机控制。它由通信控制得到作业命令控制堆垛作业,有出库、入库、搬库、直接出入库等工作方式,有占位报警、取货无箱报警、故障暂停等功能。

(4) 运输机控制。从通信监控得到作业命令,完成出入库操作及有关信息处理。

8. 机器人。工业机器人是一种一般用途的、具有某些人类特征的、可编程控制的机器。由程序控制机器人可完成顺序的机械运动。机器人编程是以联机的形式完成的。其指令存放在机器人的存储器中。按运动形式的不同,机器人可分为两种型式:(1) 逐点式运动机器人。适合于完成机器的装载与卸载、点焊和提放动作等生产活动。(2) 连续轨迹式机器人,适用于喷漆、连续焊接加工或实现沿一个输送机抓取移动物件的运动。

FMS 的主要优点是:

1. 机床利用率高。由于 FMS 中,用于安装的时间最少、工件能有效运送、工件可同时进行加工等特性,机床利用率可高达 85%,而一般 NC 机床的利用率低于 50%。

2. 加工制造与研制周期缩短。一般制造系统要求成批加工的工件,经过几个不同的加工中心,在每个加工中心都需要有安装时间与等待时间,并且安装等待时间常常比加工时间长得多。FMS 中这些非加工时间大力下降,从而使加工研制周期显著缩短。

3. 在制品及零件库存量降低。由于 FMS 中加工研制周期短,加工过程与运输过程紧密衔接,使零件和在制品能显著降低库存水平。

四、计算机辅助质量管理分系统 (Computer Aided Quality Control, AQ)

CAQ 是以全面质量管理的理论及科学的质量控制方法为基础,利用计算机辅助实现质量管理的计划、实施、检查、处理(改进),即 PDCA (Plan—Do—Check—Action) 循环,以实现有计划的、主动改进产品质量为目标的分系统。它包括质量计划、检测计划的制订,计算机监控与检测,质量分析与评价、质量信息管理等功能。

(一) 制订质量规划,产品质量是多种因素的综合反映,欧洲质量管理组织、美国质量管理学会及英国标准 BS4778 中,将质量定义为:“一个商品或服务能满足给定需要的特性和特征的总和”。国际标准化组织和我国机械工业部标准中,将质量定义为:“商品、过程或服务能满足规定要求和需要的特性和特征的总和”。在讨论产品质量时,应从产品的使用者(用户)和生产者两方面考虑。产品的质量,可理解为以合理的生产成本满足用户需求的程度。

制订质量规划是为了确定提高产品质量的目标、指标以及检测规程与计划。

1. 质量目标。这是企业长期质量规划和年度质量计划的主要内容,它应对产品的性能、效率、耐用性、维修成本等方面提出具体目标。一般新产品的质量目标,体现在“产品设计任务书”中;对于老产品改进,应根据市场、生产反馈信息,按产品对象编制质量目标计划。

2. 质量指标计划。质量指标包括反映产品质量的优等品率、一等品率以及生产质量的合格品率、废品率、返修率、成品装配一次合格率等。

3. 检测规程与计划。包括检测规程、检测计划、工艺装备检定计划等。

规划的制订，只是计划工作的开始，重要的还在于组织执行计划，对执行结果进行检查分析，揭露存在的问题，找出原因，为制订下一阶段计划提供资料。也就是实现质量管理的 PDCA 循环。PDCA 循环，一般具有以下特点：

（1）大环套小环，互相促进。PDCA 循环既适用于整个企业的质量管理工作，也适用于各部门（如设计、工艺、工具管理）、各生产环节（车间、工段、小组、个人）的工作。按 PDCA 循环进行的整个企业工作，落实到各部门、各生产环节，要求各部门各生产环节按 PDCA 循环工作，这样就形成大环套小环，通过循环把企业各项质量管理工作有机地联系起来、彼此协同、互相促进，如图 5—13（a）所示。

（2）爬楼梯。四个阶段周而复始地转动，而每一次转动都有新的内容与目标，犹如爬楼梯，逐步上升，如图 5—13（b）所示。在质量管理上经过了一次循环，也就是解决了一批问题，质量水平就有了新的提高。

图 5—13 PDCA 循环

（二）计算机监控与检测。质量监控是利用数理统计理论为基础，判断制造过程中的产品质量情况和趋势，以保持工序处于控制状态，预防和控制不合格品（或废品）的产生的过程。检测则是通过产品质量特性值同标准值相比，以剔出不合格品为目的的技术检查过程。因此，质量监控是一种事前预防方法；而检测则是事后把关的措施。

1. 工序监控。加工生产实践表明，工序质量波动，不外乎两类原因，即偶然性原因和系统性原因。偶然性原因如材料成分、质量上的微小变化、机床的微小震动、刀具的正常磨损等。一般对质量波动影响较小，且在技术上难以测量、难以消除和避免。系统性原因是指原材料成分、规格的显著变化、机床与刀具的安装调整不当、夹具损坏、刀具磨损、设备故障、工人违反操作规程等系统性原因所造成的。

在生产过程中，随机抽样观测产品质量波动时，如果其波动是由偶然性原因引起的，则波动大体遵从正态分布，这种波动称为被控制的波动。如果其波动是由系统性原因引起的，则这种波动称为非控制性波动，工序处于失控状态。工序监控就是利用统计规律，来判别和控制系统性原因所造成的质量波动，以保持工序处于被控状态。主要监控方法为控制图法。

控制图是控制质量特性值随时间发生波动的图表，是调查工序是否处于稳定状态，以及保持工序处于控制状态的有效工具。控制图如图 5—14 所示，它是在平面坐标系中，绘制出一条质量特性值的波动曲线（折线）和三条具有统计意义的控制线，即中心线，控制上限与控制下限。如果质量波动于控制上下限之内，则表示工序处于控制状态，如果质量波动超出控制界限之外，则表示工序处于失控状态。

图 5—14 控制图

绘制控制图，观察评定工序状态，以便发现异常、追查原因、采取措施，预防大量不良品的产生。

2. 质量检测。包括原材料检测、外协外购件检测、工艺装备检测和成品检测等。

在机器制造过程中，为了保证产品合乎技术标准，有时采用全数检查（即百分之百的检查）方法。但在大量生产的情况下，由于受到人力、物力、时

间和经济上的限制，或是由于产品经过检查，其功能便被破坏，不可能进行全数检查时，只有采用抽样检查方法。

抽样检查就是从一批产品中，随机抽取一部分进行检查，通过检查这少量产品来对这批产品的质量进行估计，并对这批产品作出合格与否、能否接收的结论。通常，将这里的“一批产品”称为总体，用符号 N 表示；把抽出来检验的“这部分产品”称为样本，用符号 n 来表示。

经过抽样检查判为合格的批，不等于批中每个产品都合格；经过抽样检查判为不合格的批，也不等于批中全部产品都不合格。

在一个最简单的抽查方案中，通常要确定两个参数：一个是抽取的样本含量 n ；一个是对样本进行检查时判断批合格与否的合格判断数（又称接收数）， c （也可记为 A_c ）。通常用 (n, c) 表示一个抽查方案。有了 n 和 C 之后，能够容易地进行抽样检查和评定产品批是否合格。

这时，批质量的判断过程是：从批量 N 中随机抽取含量为 n 的一个样本，检查测量样本中的全部产品，记下其中的不合格品数 d ，如果 $d \leq c$ ，则认为该批产品质量合格，予以接收；如果 $d > c$ ，则认为该批产品质量不合格，予以拒收。

在批质量判断过程中，由于从批量 N 中随机抽取的样本数目不同，所以抽查的方式也不一样，一般可分为：

一次抽查：从批量 N 中只抽取一个样本，检查这个样本之后，就应作出批合格与否的判断。其抽查程序如图 5—15 所示。

二次抽查：从批量 N 中最多抽查两个样本之后，就应作出批合格与否的判断。其抽查程序概述如下：

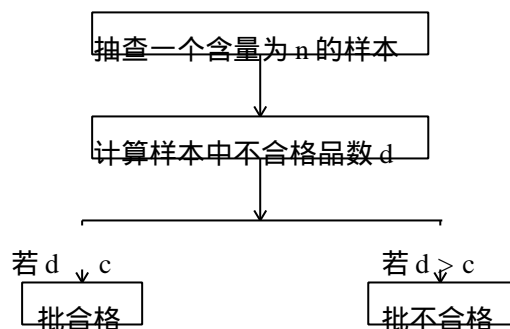


图 5-15 一次抽查程序

第一次，从 N 中抽取含量为 n_1 的第一样本。如果在这个样本中的不合格品数 d_1 不超过第一合格判断数 c_1 ，则判断该批合格，予以接收；如果在此样本中的不合格品数 d_1 等于或大于第一不合格判断数 R_1 ($R_1 > C_1$)，则判断该批不合格，予以拒收；如果在此样本中不合格品数 d_1 超过 c_1 但未超过 R_1 ，则继续抽取含量为 n_2 的第二样本，设其中不合格品为 d_2 个。如果 $d_1 + d_2 \leq c_2$ ，仍判断该批合格；如果 $d_1 + d_2 \geq R_2$ ，则判断该批不合格。此抽查程序亦可用图 5—16 表示。

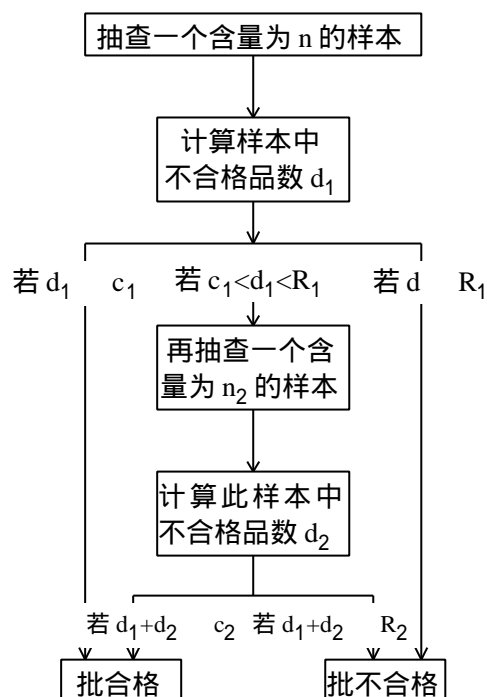


图 5-16 二次抽查程序
图中： c_2 第二合格判断数；
 R_2 第二不合格判断数。

二次抽查的特点是规定最多可抽取两个样本。但是，这并不是说采用二次抽查方案一定每次都必须抽两个样本，只要第一样本能够作出合格与否的判断，就不需要再抽第二样本。此外，还有多次抽样方法，在此不再详述。

（三）质量分析与评价。

1. 产品质量分析。为解决产品质量问题，改进产品质量，需要分析现状，找出存在的质量问题，分析产生问题的各种原因或影响因素，找出影响质量的主要因素，才能针对主要因素，制订措施，采取相应的行动。为了分析产品的质量，常采用排列图、因果分析图、直方图、分层图、控制图、散布图、统计分析表等七种统计分析方法。在大量数据和资料基础上进行分析、判断。下面列举两种分析图，说明它们的应用方法。

（1）排列图。也称为帕累特（Pareto）法，是找出影响产品质量主要因素的方法，其形式如图 5—17 所示。排列图中有两个纵坐标，一个横坐标，几个直方形和一条曲线。左边的纵坐标表示频数（件数、金额等）；右边的纵坐标表示频率（以百分比表示）；

图 5—17 排列图

横坐标表示影响质量的各因素，按影响程度的大小从左到右排列；直方形的高度表示某个影响因素的大小；曲线表示各影响因素大小的累计百分数，这条曲线称为帕累特曲线。通常把累计百分数分为三类：0—80% 为 A 类：是累计百分数在 80% 的因素，显然它是主要因素；累计百分数在 80—90% 的为 B 类，是次要因素；累计百分数在 90—100% 的为 C 类，在这一区间的因素是

一般因素。一般 A 类因素（也就是影响质量的主要原因）应该只有 1—2 个，至多不超过 3 个，否则就失去找主要原因的意义。当 A 类因素超过 3 个时，要考虑重新进行原因的分类。

通过排列图分析出引起质量问题的主要因素，就可以对症下药，找出相应的解决方法。采取了相应措施后，为了检查措施的效果，还可根据实施后的数据，重新绘制排列图进行分析。

（2）因果分析图。因果分析图简称因果图，或因其形状而称为树枝图或鱼刺图。它是将产生某种质量问题的原因反映在一张图上，如图 5—18 所示。原因的分析要从大到小，从粗到细，寻根究底，直到能具体采取措施为止。

影响质量问题的大原因，通常有五个方面即人、机器、材料、方法、环境。国外称为 4M1E（Man, Machine, Material, Method, Environment）。大原因不一定是主要原因，主要原因可用画排列图或其他分析方法来确定，然后在因果图上用方框框起来，进行重点分析。在找出主要原因、进行详细分析以后，再订出具体解决问题的措施。

图 5—18 因果分析图

由上面的分析可见，利用各种统计分析图表，有助于找出造成质量问题的主要原因，便于有的放矢采取措施，提高质量。同时，这些图表也是反映质量状况的可靠依据，将它们及时处理、存贮，有助于掌握质量变动的规律，使质量管理水平不断提高。

2. 工序能力分析。在机械产品制造过程中工序是质量保证的基本环节。因此，要对制造过程各工序的质量状况进行调查、分析，掌握各工序的质量保证能力，为产品设计、工艺设计、设备维修与改造更新、工序控制等，提供必要而可靠的依据。

在制造过程中，为了得到符合设计质量的产品，往往就操作人员、机械设备、材料、工艺方法，生产环境等因素，设定相应的标准和条件。在这些标准、条件共同作用下，其结果必然对应于一定的产品质量分布。由此质量分布所表示的工序实力，就是工序能力。

工序能力常通过产品质量分布图法进行调查与分析。质量分布图在数理统计中又称为直方图，它是通过随机地收集产品质量特性值数据，将数据进行分组整理以反映产品质量分布状况的一种图表。如某零件，从一个批量中，取 100 个样本，把测量结果进行分组，如表 5—1 所示。

表 5-1

组	组的范围	组的中间值	频数	累计相对频数(%)
1	9.883 — 9.909	9.896	1	1
2	9.910 — 9.936	9.923	8	9
3	9.937 — 9.963	9.950	15	24
4	9.964 — 9.990	9.977	18	42
5	9.991 — 10.017	10.004	27	69
6	10.018 — 10.044	10.031	12	81
7	10.045 — 10.071	10.058	9	90
8	10.072 — 10.098	10.085	6	96
9	10.099 — 10.125	10.112	2	98
10	10.126 — 10.152	10.139	2	100

由表 5-1 可见，100 个样本数据，按照数值大小分为 10 组，组的范围或组距(h)，一般可按下列公式算出：

$$\begin{aligned}
 \text{组距}h &= \frac{\text{数据中最大值} - \text{数据中最小值}}{\text{组数}} \\
 &= \frac{10.152 - 9.883}{10} \\
 &= 0.027
 \end{aligned}$$

每组的范围或组距(h)，一般可按下列公式算出：每组中所包含的样本数，称为频数。每组的上下界限值平均数，称为组的中间值，如第一组的中间值为 $(9.883 + 9.909) \div 2 = 9.896$ 。直方图的绘制是以频数为“高”，以组距为“底”画出一系列矩形或直方形，如图 5-19 所示。

图 5—19 直方图

直方图实际上反映了质量分布的状况，在图中记入反映质量要求的标准界限线（公差上、下限），经过计算把质量分布的平均值和波动幅度（标准偏差）同质量标准的中心和上、下限相比较，对工序能力进行分析，作出评价，找出提高工序能力的方向。

图 5-20 所示的各种情况 就是利用质量分布图进行工序能力分析的示意图。

(1) 如图 5-20 (a) 所示，表明工序能力充分，可确保工序稳定地出产合格品。

(2) 如图 5-20 (b) 所示，表明工序能力基本满足要求，但应严格控制工序，以防造成更多的质量损失。

(3) 如图 5-20 (c) 所示，工序能力不足，应采取提高工序能力的措施。

(4) 如图 5-20 (d) 所示，表明工序能力因分布中心偏移而不足，应采取消除中心偏移的措施。

(5) 如图 5-20 (e) 所示，表明工序能力非常富裕，如无特殊加工要求，则加工经济性显得很差，此时宜采取更改标准（图纸要求或公差）或变更工艺等措施，使工序能力稳定在合理水平上，以提高加工的经济性。

(6) 如图 5-20 (f) 所示, 表明工序能力严重不足, 既存在质量分布的中心偏移, 又存在显著的波动, 应采取消除中心偏移

图 5—20 工序能力调查的质量分布图与降低波动的双重措施, 以提高工序能力。

3. 质量成本分析。它是从产品质量的变化与所发生的费用、成本的变化方面进行的经济分析。质量成本包括: 为保证质量的一切开支 (如检验费用、试验费用、保持测试设备精确性的费用、工序控制费用、增加检测工具的费用等), 为提高质量的一切开支 (质量改进的试验研究费用、新产品评审费用、人员培训费用等) 以及不合格品损失 (废品损失、返修损失、停工损失、赔偿费用等) 等项, 为保证质量和提高质量的开支可称为质量管理费用。一般说来, 对质量管理工作做得越细, 需要质量管理费用就越高。反之, 质量管理工作做得越粗, 管理费用越低, 产品的合格率就会不断下降, 因而造成的不合格品损失也六随之增加。这种相互关系如图 5-21 所示。

图 5—21 质量成本分析

图 5-21 中 C_1 表示产生不合格品的损失, 不合格品愈多, 损失愈大。 C_2 表示质量管理所需的费用。 T 表示总费用或总损失, 即 $T = C_1 + C_2$ 。当不合格品率力 P_s 时, 总损失为最小。由图可知, 不必要追求绝对不出不合格品, 否则, 将付出很高的代价。除关系到人身安全的产品或技术要求极高的产品外, 一般来说, 应使总损失最小。即使容许的不合格品率接近 P_s 。

(四) 质量信息管理。质量信息是指质量法规、反映产品质量和产供销各环节工作质量的原始记录、基本数据, 以及产品使用过程中反映出来的各种信息。它是企业进行产品质量分析研究的重要信息源。它的作用是及时地反映影响产品质量的各方面因素和生产技术、经营活动的原始状态, 产品的使用状况, 以及国内外产品质量的发展动向, 从而为保证和提高产品质量提供依据。它是组织厂内反馈、与厂外反馈、改善各环节工作最直接的信息来源, 是正确认识产品质量诸因素变化和产品质量波动的内在联系、掌握提高产品质量规律性认识的基础。

质量信息主要来源有以下四方面:

1. 从产品实际使用过程中, 收集有关的质量信息。一方面通过用户关于质量问题的来信、来访, 通过销售部门的销售信息, 收集用户对产品的评价, 对品种、规格、质量要求动向信息; 另一方面, 可组织对产品使用寿命、精度、可靠性等的调查, 收集产品质量状况信息。

2. 从制造过程和辅助过程中搜集有关工作质量和产品质量方面的信息。主要有:

(1) 每批原材料、外购、外协件进厂验收质量检验记录、库存保管记录、使用前检验记录、质量样本等。

(2) 工艺过程的工艺操作记录; 在制品在工序间流转和质量检验记录; 半成品质检记录; 工序控制图表及其原始记录。

(3) 成品质量检验记录; 造成不合格品原因和数量记录。

(4) 设备、刀具、工装等的使用验证、磨损测定记录。

(5) 计量器具、测试设备、理化分析仪器等的使用、调整和检修记录。

3. 生产同类产品的国内企业和国外同行业的产品质量信息。了解国内外

工业产品质量发展的新技术、新水平、新动向。

4. 质量法规信息。包括各种质量标准、上级各部门颁布的质量法规，如原材料标准、产品标准、健康环保标准、通用件和工具、量具标准、试验、检验方法标准，国家优质产品的规定、质量监督办法等。这些标准和法规是衡量产品质量以及各项工作的尺度，也是企业进行质量管理工作的依据。

以上四个分系统，通过信息的集成、连成一个有机的整体。某厂所设计的信息联系如表 5—2 所示。

在 CIMS 质量管理分系统中，可通过各种计算机自动化控制设备，进行适时、动态的质量监控与检测，及时、准确地收集质量数据，存贮于计算机中。可自动根据质量要求产生抽检方案，能根据收集的数据自动在计算机屏幕上显示或打印输出排列图、因果分析图、直方图、分层图、控制图、散布图、统计分析表等多种统计图表，以辅助管理人员分析质量状况和产生质量问题的原因，辅助管理人员掌握质量变动规律，分析质量成本，进行质量管理决策与计划，促进 PDCA 良性循环。

第三节 CIMS 与成组技术

一、成组技术的原理及其发展

(一) 基本概念。成组技术 (GT) 是组织多品种、中小批量生产的一种合理化方法。它将企业生产的各种产品, 以及组成产品的各种部件、零件, 按结构上和工艺上相似性原则进行分类编组, 并以“组”为对象组织和管理生产。

成组技术的创始人是前苏联工程师 C.n. 米特罗法诺夫, 他根据自己多年积累的实践经验, 在 1959 年发表了“成组工艺原理”的专著, 引起了各国同行的重视。早期研究和应用成组技术, 是从工艺过程典型化和组织同类零件集中生产开始的, 当时曾叫做成组工艺或成组加工。随着成组技术在理论上和方法上的逐步完善, 以及数控技术、计算机技术的迅速发展, 成组技术的应用超出了工艺制造范围, 扩展到产品设计、生产计划、设备布置等整个生产系统, 成为改善和提高多品种、中小批量生产类型经济效益的重要手段。因此, 改称为成组技术比成组工艺、成组加工更为确切。

(二) 成组技术系统。成组技术应用的范围已逐步扩展到整个生产、技术系统, 从零件分类编码开始, 到成组零件设计、成组工艺设计、成组工装设计、成组单元设计和生产, 以及成组作业计划等, 而且这些环节形成一个相互联系、相互制约的有机整体。所以应将成组技术看成是一个系统, 叫成组技术系统。这一系统的内部关系如图 5—22 所示。

从信息流的角度分析, 在信息流上游实施成组技术, 对信息流下游成组技术的实施是一个有利条件。一方面, 如果仅在信息流下游实施成组技术, 那将影响成组技术的实施效果。例如零件设计成组化的情况, 对成组工艺设计、成组工装设计和成组单元生产都有很大影响; 另一方面, 信息流下游的成组技术实施, 对信息流上游成组技术的实施将提出要求, 即信息反馈。如成组工艺设计对成组零件设计的信息反馈, 成组工装设计对成组零件设计和成组工艺设计的信息反馈, 成组单元现场生产情况, 对成组单元设计和成组作业计划的信息反馈等。只有系统地考虑各个环节及其相互关系, 才能设计出一个运行性能和维护性能都比较满意的成组技术系统。

(三) 从 GT 系统到 CIMS 系统的演变过程。

GT 是 CIMS 的基础, 而按照 GT 思想改造或建立的制造系统, 即 GT 系统, 也能改变传统的多品种小批量生产的落后面貌。其引人注目的优点是投资少见效快。

从与计算机技术相结合的角度来看, GT 系统可以分为两种模式, 如图 5—23 所示。(1) 由人工进行组成分析, 建立起各种成组零件设计图册、成组工艺文件、成组工装图册等, 并建立由人工进行管理的成组加工单元。这种 GT 系统模式早在 50 年代末, 已成功地应用于生产。这种模式对于我国目前许多企业计算机应用不普及的情况是比较适宜的; (2) 将 GT 与计算机技术相结合, 使 GT 能发挥更大的作用。也有人称之为新 GT 系统, 现在实施的 GT 系统大多是这种模式。当新 GT 系统用计算机网络和数据库技术与制造系统的其他子系统连接在一起, 用计算机进行集成与协调时, 就形成了 CIMS 系统。

图 5—22 GT 系统结构模型

图 5—23 GT 系统、新 GT 系统与 CIMS 系统的关系

从上述 GT 系统到 CIMS 系统的演变过程可知：

1. GT 系统是 CIMS 系统的基础和应用的重要组成部分。
2. GT 系统是一种开放系统，可以逐步扩张、演变为 CIMS 系统。
3. 对于一些计算机应用水平不高的企业，照样可以开发 GT 系统，促使企业生产效益的提高。
4. 在实施 CIMS 系统时，可先从实施新 GT 系统着手，根据需要，逐步集成。

二、GT 与 CIMS 关系

在实施 CIMS 的过程中，首先在各单元技术中，均需投入大量资金和人力，还需解决许多集成中的关键技术。这些难题的解决，一方面，要依赖于计算机技术软、硬件方面的高技术发展；另一方面，则是要做好许许多多的基础工作。而做基础工作最有效的方法之一是利用 GT 原理和技术。因为，在数据的获取、数据的组织、数据的转换和数据的分配方面，在系统的简化、要素化和标准化方面，GT 能起到极有效的作用。在实施各单元技术的集成时，GT 也是一个很重要的纽带。对于暂时不包括在 CIMS 集成范围内的部分，也可以用 GT 方法来弥补，为以后的集成打好基础，使企业得到实效。

下面分别论述 GT 在 CIMS 各单元技术中的应用以及它们之间的关系。

（一）GT 与 CAD 的关系。

CIMS 的核心是“集成”，这不仅是硬件的集成，更重要的是软件的集成。而软件的集成，实质上是为了实现信息的集成。信息的集成是使 CIMS 各个环节实现集成的基础。从生产车间到上层管理部门，从设计部门到制造部门，直至产品市场，无不是以信息相联系的。为此，必须提高数据采集、传输、转换、处理及贮存效率，以及信息的及时性、准确性、可靠性和共享性。要实现信息的集成，就必须建立一个统一的、标准的、共享的信息系统。其先决条件是必须减少信息源，限制信息的繁殖，消除冗余信息，避免信息爆炸。因此，应简化生产信息的源泉—产品，既要简化产品结构，又要重视零件尺寸和形状要素的简化和统一化，以及零件的系列化、标准化、通用化和模块化。

现代生产的特点之一是生产的产品品种多，而且变换和更新频繁。如果一个产品有几百种乃至上千种零件，那么，多品种生产的工厂就可能有上万种零件。零件种数多，带来了两个后果：（1）零件的设计工作量特别大，造成产品设计跟不上产品更新的要求；

（2）投入生产的新零件种数增多，使生产组织和计划工作复杂化，从而造成了生产成本的增加。怎样减少新设计和新投产的零件种数？行之有效的办法就是：提高产品的继承性和零件的标准化程度。以往在产品设计中，虽然也一再强调这一点，但当时仅仅凭设计人员的经验，很难在成千上万个零件中，找到适用的、或同所要设计的零件相似的零件，而应用成组技术之后，就解决了这个问题。

成组技术用于产品设计时，在新产品设计之前，预先借助于零件的分类编码系统，对原有产品的全部零件进行相似性分析，按零件的形状、材料、功能和尺寸等特点组成设计族，进一步再接标准件，重复使用件和零件的相

似类型，汇编成零件图册或设计指导资料，并建立其相应的数据库。由于有了这些以科学分析为基础和便于检索的零件图形和特征要素数据库，在进行零件设计时，就不像过去那样，先画零件图，而是将待设计的零件转化为编码，按此零件编码直接从数据库中检索合适的零件。如果有完全适用的，就重复使用，不必重新设计；如果部分适用，就可以作适当的修改；如果实在找不到适用的类似零件而需作重新设计时，也还可以从特征要素数据库中，找到各种相似的功能要素，将相应的特征要素组合起来，结合系数化设计方法，就可较快地得到所需的新零件图形，并能同时输出 CAPP 所需的特征信息，为实现 CAD 与 CAPP 的集成创造了条件。上述设计过程可用图 5—24 来表示。

在设计工作中应用成组技术，据统计，在设计系列新产品时，约有 3/4 的零件图纸可以直接利用或稍加修改便可利用原有的零件图纸，仅有 1/4 的零件需要重新设计。这样就大大减少了产品设计的工作量，缩短了设计周期，节省了设计费用，使设计人员摆脱了一般性的重复劳动，集中力量抓关键性的零部件设计，提高设计工作质量。

(二) GT 与 CAPP 的关系。cAPP 是连接 CAD 与 CAM 的桥梁。成组技术应用于工艺准备，由于提高了零件的工艺继承性和零件加工的相似性，根本改变了现有生产技术准备不合理的状态。它不再以一种产品为对象进行技术准备，而是着眼于不同产品在结构和工艺上的相似性，按照多种零件组成的“加工族”进行工艺准备。这样使工艺准备的工作量得以减少。

图 5—24 应用成组技术后零件的设计过程

如上所述，在新产品设计时应用成组技术，可使 75% 的零件有继承性。对于 25% 新设计的零件来说，由于在加工工艺上的相似性有所提高，还可以通过相似性分析归并到已有的加工组中，这部分零件也就可以利用已有的工艺方法和工艺装备，于是剩下需、要新投产的零件种数甚至可以减少到 10%。其结果，很明显可以得到两个好处：

(1) 由于减少了新设计的零件种数，也就减少了编制工艺文件、设计和制造工装的工艺准备工作量，这不仅可以相应地减少设计工作量和设计人员，而且可以相应地减少工装制造量、缩小技术车间的规模。从而，可以克服生产准备忙乱被动的状态，缩短新产品投产的生产准备周期，促进产品的更新换代。(2) 值得特别提出的是，这种生产准备工作的变革，使产品更新换代由过去的重新掌握新产品的过程，改变为仅仅重新调整生产的过程。因此，从老产品转变为新产品时；因大部分零部件，都是采用经过生产实践检验证明是行之有效的工艺和工装，而只需要进行局部的调整，所以，新产品在生产工艺上是相对稳定的，这对保证产品质量是十分重要的。

与成组工艺相适应的成组夹具的产生和应用，对简化工艺准备工作起到明显的作用。成组夹具是适合多品种生产的一种先进夹具。它根据相似性原理，将夹具设计成固定不变的基体部分和可换或可调的元件部分。在更换一种零件时，加工同一零件组的夹具基体部分不变，只要适当调整或变换可调元件就可以了，许多企业的实践证明，应用成组夹具，由于减少了专用夹具数量，就可以减少工装设计和制造工作量，缩短生产准备周期，从而能取得极大的经济效益。

过去，在组织中小批量生产时，受；日的批量概念的限制，认为单独为

一种零件设计和制造夹具不经济，因而许多零件的加工只限于使用低效率的简单夹具，工艺装备系数较低，严重影响了加工质量和生产效率的提高。应用成组工艺以后，由于工序批量的扩大，使许多过去使用专用夹具不经济的零件，也可以采用专用夹具了、工艺装备系数有了很大提高。由于这些专用夹具可以采用各种气动、液压驱动等各种先进结构，所以可以减少零件装夹时间和调整时间，也提高了加工质量。

应当指出，在应用成组技术的条件下，工艺装备系数高，并不意味着夹具的品种和数量就一定多。这是因为在应用成组技术中，发展了如前所述的一具多用的成组夹具。一种成组夹具一般可用于几种甚至几十种零件的加工。这时，夹具种类和数量虽然少了，但使用夹具加工的工序却增加了很多。所以，工艺装备系数也就很高。

在应用成组技术下，计算机辅助工艺设计的工作流程如图 5—25 所示。

（三）GT 与 CAM 的关系。成组技术基于相似性原理，将结构、形状、工艺等相似的零件汇集成组，形成批量，并以此为基础，合理、有效地组织设计、制造工艺和生产及管理各个环节，减少不必要的重复，充分利用已有条件和新技术手段，建立效率与柔性兼优的新型生产系统——成组生产系统。研究表明，制造业如果不贯彻成组技术的思想、原理和方法，那么计算机数控、柔性制造系统和 CIMS 就不可能发挥应有的效用。如何以成组生产系统为基础向计算机集成制造系统转化，这是制造业企业面临的重要课题。

图 5—25 应用 GT 的计算机辅助工艺设计流程

随着成组技术应用的发展和制造设备的进步，成组生产系统采用的加工方式逐步发展，其基本形式有以下几种。

1. 成组加工单机。成组加工单机是在机群式布置的基础上发展起来的。从工艺和经济的观点来看，成组加工单机是在一个工作地上，用同一种加工方法（例如车削加工），加工一个相似零件系列的布置形式，也就是说，成组加工单机的应用范围，是用同一种加工方式加工一个相似零件系列，并且是在一个工作地或一台机床上完成的。因此，在成组加工系统范围内，成组加工单机是加工过程合理化的初级形式。

数控机床，特别是加工中心，在成组加工单机中占有特殊地位。这时，一方面能在零件与数控机床之间实现最佳的匹配；另一方面，为了实现编程合理化，最重要的是要建立“数控程序族”。因为有了“数控程序族”，则无论是手工编程还是计算机辅助编程，均可实现编程合理化。

2. 成组加工单元。成组加工单元的基本概念，是把加工区域划分成若干机床组，在一个机床组内，配备各种不同类型的加工设备，能完成某一个零件系列加工所需要的全部工序，而且加工顺序可在组内灵活安排。这种形式是加工过程合理化的中级形式。

在成组加工单元中，不仅单台数控机床和加工中心的应用，而发展到计算机数控和群控，将一个加工单元内，各个数控机床或加工中心的计算机数控小型计算机联成一体，这最终将为所有加工单元全面的群控打下良好的基础。

3. 成组加工流水线。就是加工某一零件组的各个工作地，按一个固定的加工顺序来布置。这是成组加工系统中实现加工合理化的更高级形式。根据零件特征和车间性质，成组加工流水线能够采用合理的方法组织工作地之间

的运输，而各工作地有各自的装卸装置。

在生产过程中，如各工作地加工工时不等，那么就须在相应的地方安排零件存放处，或增加备用机床。当要求贵重的关键设备达到最佳利用率时，也可以采用上述办法来解决生产不平衡的问题。

成组加工流水线的优点非常接近大量生产。它不仅可以组织特殊零件流水线，也可以将那些较简单零件分成一组，形成流水线。这一特点具有重大的经济意义。

成组加工流水线和成组加工单元一样，不需单独给各工作地分配任务，只要给成组加工流水线提供一个作业计划表就够了。在作业计划表中，应列出各个零件的相似特征。用这种方法，为生产管理提供的工艺资料，将有助于以最合适的加工顺序来安排各机床的负荷。

4. 柔性生产系统。计算机辅助生产的核心是发展柔性生产系统，后者也与成组加工单元的发展有关。随着由 CNC/DNC 系统控制的 NC 加工中心和加工单元的数量不断增加，依靠有效的成组作业计划，在加工单元内部和加工单元之间，利用机器人实现工具和物料管理与搬运全部自动化和一体化，以不断提高制造经济性这一点变得十分重要。因此，可以这样说，柔性生产系统是成组加工系统中实现加工过程合理化的最高级形式。

（四）GT 与生产管理的关系。成组技术根本改变了传统的生产组织方法，突破了旧的批量概念。它不再把各种产品和零件看成是孤立的相互无关的，它不以单一产品为生产对象，而是按照若干产品的零件结构和加工的相似性来组织生产。这样，尽管工厂生产的每种产品的需要量不大，但产品的品种较多，各种产品在结构和工艺上相似的零件数量就比较多，把这些具有相似性的零件组织在一起，就形成所谓“叠加批量”，也称为“成组批量”，而每一工序的成组批量，又常常简称为“工序批量”。

从以一种产品为对象的生产批量，发展到以多种产品的相似性零件为对象的成组批量或工序批量，这不是一般数量的增加，而是批量概念的一次飞跃。这种批量的扩大，就相当于把小批、中批生产的性质，改变为大批甚至大量生产的性质。因而，许多在大批量生产中行之有效的各种先进工艺，就可以用于中小批量生产，这不仅极大地提高了中小批量生产的工艺水平、提高了产品质量和生产效率，同时，也大大简化了中小批量生产条件下的生产组织工作。

我们知道，成组技术和 MRP 都是用于多品种小批量生产的高效方法，但在实践中应用两者各有其不足之处，如果将这两种方法组合在一起加以运用，恰好能弥补各自的不足。加工装配行业的产品，大多由大量的部件所组成，而部件形成一种分级结构。MRP 就是应用部件分解后，按零件来组织生产。但在产品的不同部件中，一般总有众多的部件（或零件），可以按成组技术概念分类而隶属于同一零件族。根据成组技术概念识别的这些相似零件，恰巧在产品结构中居于不同级别。这就有可能在机械加工车间采用成组加工，甚至在装配车间进行成组装配。但是，利用零件在设计上和工艺上的相似性，辨识并汇集相似零件。所以，成组技术只能提供一种借助于零件相似性而提高生产效率的途径，却无法直接满足生产上一些很实际而重要的时间分段要求。而 MRP 系统则根据主生产计划，能给定零件的需要量，以及何时需要的确切时间。

有鉴于此，将成组技术与 MRP 结合起来，建立一个用于多品种、中小批

量生产的有效生产计划和控制系统。因此，对成组技术和 MRp 一体化的问题，一直是制造业生产管理广受重视的课题，并已取得了实际效果。

通过以上分析成组技术与 cIMs 各主要子系统的关系，由此可见，CIMS 所需的大量标准化信息，都可以由成组技术系统所提供，这可以甲图 5—26 形象地表示出来。

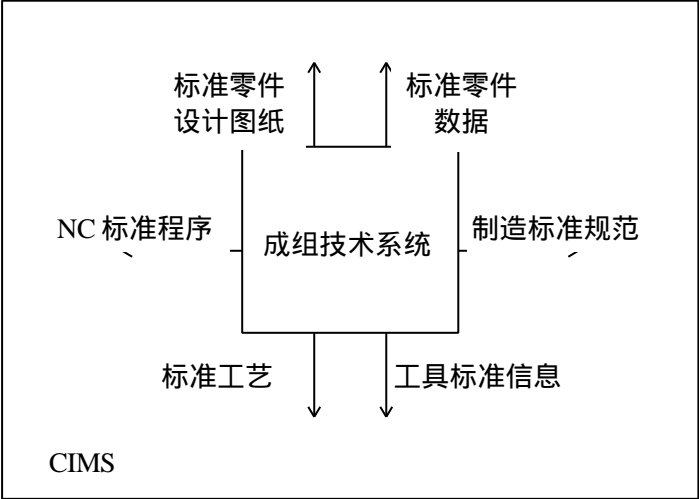


图 5-26 成组技术向 CIMS 提供的标准信息

三、成组技术的效益

应用成组技术的效益，不仅表现在如减少机动时间等直接可计量的效益，而更重要的还表现于间接不可计量的效益。例如，缩短生产周期；减少在制品数量和成品、半成品库存量；缩短零件的运输路线；加速资金周转；简化生产管理等等。这些间接效益，实际都与生产管理有着十分密切的关系。英国学者萨恩利（Thornley）用图 5—27 表示出：采用成组技术后对企业生产各方面的影响。

图 5—27 成组技术的主要成效

第四节 CIMS 在我国的应用研究

一、863/CIMS 计划

为在 2000 年前跟踪国际高技术发展,缩短同国外的差距,党中央、国务院根据 1986 年 3 月四位老科学家的建议,制定了“高技术研究发展计划纲要”简称“863”计划。按“有限目标、突出重点”和“瞄准前沿、积极跟踪”的方针,选择了生物技术、信息技术、自动化技术、能源技术、新材料技术、航空航天技术和先进防御技术等七个领域,作为我国今后高技术发展重点。其中自动化领域下设二个主题:智能机器人和计算机集成制造系统(CIMS)。把 CIMS 主题计划称为 863/CIMS 计划。863/CIMS 的组织机构如图 5—28 所示。

图 5—28 863/CIMS 组织机构

(一) 为了实现 863/CIMS 计划,在国家科委领导下,成立一个三级专家决策与管理体系,即:

1. 自动化领域专家委员会,负责自动化领域总体战略及分阶段战略部署、对外合作、总经费及年度经费分配的审核及学术领导等。
2. CIMS 专家主题组,负责实施、具体领导检查各项具体工作的开展,对下并负责领导各专题专家小组。
3. 专题专家小组,负责该专题的学术领导。

(二) 863/CIMS 主题目标。是促进我国机器制造业在工厂自动化方面高技术产业的形成。到 2000 年目标是。掌握 CIMS 关键技术,建成一个实验工程和七个单元技术网点,选择并组织重点应用工厂进行 CIMS 设计并分步实施,在实施的基础上选择一个能获得明显效益并有带动性的工厂,建成我国 CIMS 示范生产线,以跟踪世界先进水平,逐步形成我国的 CIMS 产业。863/CIMS 在空间上侧重于系统的整体性,而不是单元技术与单个子系统;“集成”(Integration)是实现系统整体性的主要手段。

1. 863/CIMS 技术路线为:通过实验工程、技术网点、研究课题、重点应用工厂等步骤,逐步逼近目标,逐步形成产业。

2. 实验工程。是 CIMS 总体集成技术研究中心、单元技术试验中心和人才培训中心。在总体系统技术上跟踪国际先进水平,为示范生产线提供总体集成技术。

3. 技术网点。侧重于自身的单元技术及相应的集成技术,立足国内积极跟踪世界先进水平,为当前的实验工程及将来的示范工厂提供自行研制的高水平、可集成的子系统及相应技术。七个技术网点分别是:(1)集成化设计制造及信息处理技术(重点是 CAD/CAM);(2)工艺计划与设计集成技术(重点是 CAPP);(3)柔性制造工程(FMs);(4)集成化质量控制系统技术;(5)集成化管理与决策信息系统技术(重点是 MRP-);(6)CIMS 系统技术;(7)CIMS 网络/数据库。各技术网点简况如表 5—3 所示。

4. 研究课题。侧重于对实验工程和技术网点中提炼、归纳出相对独立的问题,按专题(技术网点)归类立项进行技术攻关和研究开发。其研究成果在不同阶段、不同层次上应用于实验工程和应用工厂。

5. 重点应用工厂。是 CIMS 高技术转化为生产力的实施应用基地。出于国情只能选择少量基础条件好,有一定技术实力,有市场竞争迫切需要的典型企业。为了加强对重点应用工厂 CIMS 工程项目开展的组织管理,在 CIMS 专

家委员会之下，成立了应用工厂领导小组，并组成联合设计组，以每一个应用工厂为设计实施单位，承担应用工厂 CIMS 工程的总体可行性论证和设计。

表 5—3 CIMS 单元技术网点简况

序号	网点名称	主持单位	主要研究内容
1.	集成化设计制造及 信息处理（I—CA）	北京航空航天大学	研制 CAD/CAM 系统基础软件； 开展面向 CIMS 的可集成化产品 工程技术系统（IPES）和产品数 据规范（SPEED）核心技术的研究； 开发相应软件系统
2.	工艺规划与设计集成 （I—MPACT）	上海交通大学	开展同基于产品模型的 CAD 进 行可集成的 CAPP、GT 和特征 技术（FT）的综合研究；开发 综合集成的软件系统
3.	集成化质量控制系统 （I—QS）	西安交通大学	跟踪国际上可集成质量控制系统 研究的先进水平，研制和开发 CIMS 环境下的质量控制和质量 管理系统
4.	集成化柔性制造工程 （I—FME）	北京机床研究所	研究和开发 CIMS 底层系统中单 元级、工作部级和设备级的可集 成化控制器
5.	集成化管理与决策信 息系统	清华大学	开发适合中国国情的 MRP 应 用软件；跟踪国际上经营管理决 策新概念、新方法、新手段；研 制开发新一代可集成的经营管理 决策信息系统
6.	CIM 数据库 / 网络	东南大学	研究和开满足 CIMS 集成需要的 分布式数据库和工业数据库、知 识库系统以及满足 CIMS 集成规 范标准要求的计算机通信网络系 统
7.	CIM 系 统 技 术 （CIM—ST）	中科院沈阳自动化 所	跟踪国际上先进的 CIM 系统理 论和方法 研究和开发用于 CIMS 的系统建模、系统优化、系统仿 真、系统控制以及人工智能的技 术、软件和相应工具

二、我国 CIMS 的开发现状

（一）据有关报道，到 1992 年 12 月止，我国 CIMS 的进展可概要归纳如下：

1. 应用工程。8 个工厂多数已完成详细设计，进入实施，有的已完成初步设计，进入详细设计及部分实施。

2. 目标产品。近期目标产品 11 项已完成了议标、招标、评标，并签定了

合同。有的已通过初步设计评审，较快的已开始在企业应用。近期目标产品是指 1992、1993 年可提供企业使用的产品原型，在用户使用基础上进一步完善，向商品化发展的产品。如管理与决策信息系统的核心、工具软件 RAD1Ss 和 CIAS、应用系统 MRP、工作台控制器平台、工艺设计软件系统、质量保证系统 CAR 等。此外，还开展了中期目标产品预研，如基于 PDES/STEP 的集成化 CAD/CAM 系统等，将于 1993 年 6 月提交测试组测试及专家评审。

3. 研究课题。“七五”期间我国按十个专题，安排了近 100 个课题的研究，对我国 CIMS 的队伍建设尽早入轨有积极影响。“八五”期间的前二年，安排了 80 个课题研究，到 1992 年多数课题已结束。为使研究课题更快更多地达到高水平，从 1993 年起加强研究课题的投资强度。鼓励高校、研究所与工厂联合申请，解决工厂在实施 CIMS 中的关键技术问题。

4. 成果推广应用及产品化。设立这一层次的目的是促进研究成果的推广应用和产品化。

5. CIMS 实验工程。从 1987 年 6 月开始进行可行性论证，经过五年半时间完成了设计和实施，于 1992 年底建成。实验工程包括 7 个分系统，2 个系统集成实验室及 46 个配套研究项目，已全部完成。它实现了箱体及轴类加工对象 CAD/CAPP/CAM 集成，建立起一个包括加工制造、物流贮运、刀具与卡具管理等 8 个工作站的柔性制造单元，并实现与 CAD/CAM 集成，实现了车间层—单元层—工作站层—设备层的递阶调度与控制。在工程建设过程中，解决了一系列关键技术，如集成系统设计方法，不同网络协议的共存与过渡、分布式数据库设计、一体化仿真系统等。这些成果已在国内 10 家工厂得到应用，对于我国企业实施 CIMS 起到指导作用。

(二) CIMS 实施中还有许多困难问题有待解决。其中最迫切需要解决的关键技术有：

1. CIMS 体系结构与总体集成技术。
2. CIMS 系统仿真技术。
3. 分布式异种数据库技术。
4. 计算机异构网络、通信协议与系统互连技术。
5. 系统硬件支撑环境。
6. 生产过程测控与故障诊断处理技术。
7. CAD/CAM 技术。
8. CIMS 中的 FMS 技术。
9. CIMS 中的计算机辅助管理，包括管理信息系统与决策支持系统技术。
10. CIMS 中的人工智能应用技术及系统的各种规范与标准。

除了技术上的困难之外，观念上、管理上的问题是 CIMS 面临的又一主要困难。由传统管理思想到现代管理思想的转变，以及经济体制改革、企业内部管理体制变革，其实施过程比解决技术问题更加艰巨。因此 CIMS 在我国的真正应用和实施还需付出巨大的努力。

第六章 案例分析

第一节 MRPI 在沈阳第一机床厂的应用

一、工厂概况

沈阳第一机床厂是以生产车床为主的专业机床厂。主要产品有普通车床、高精度车床、精密丝杠车床、立式多轴车床、数控车床、凸轮轴车床、曲轴车床、管加工车床等 8 大类，40 多个品种，200 多种不同规格，年产量 6000 台左右。

该厂生产方式为成批生产和单件小批量生产两种。生产计划管理体制分为厂、车间、工段三级。厂生产科制订全厂生产计划，并向车间下达整机台、套计划；车间计划调度组制订零部件作业计划并进行相应的调度，全厂按产品对象和工艺性组建车间，在厂部设置了技术、生产、经营、行政管理等科室。

改革开放以来，由于工厂产量和产值大幅度提高，产品品种规格迅速发展、产品结构和技术性能更加复杂，产品更新换代周期缩短，新产品研制的速度加快，市场对生产的要求提高，这些变化使企业管理的信息量急剧增长，企业管理必须具有高度的严密性、准确性、时间性和经济性，要求对生产过程进行异常严密的计划、组织、协调与控制，并对生产过程中的各种问题和干扰作出灵敏的反应，及时采取有效措施，消除薄弱环节，不失时机地对生产进行有效的指挥和控制。因此，迫切要求采用科学的管理方法，借助于计算机这个有力手段，实现生产管理的现代化。

1981 年 4 月，该厂与前西德工程师协会签订合同，引进综合进度计划系统 INTEPS（德文 Integriertes Terminplanungs System）。结合工厂实际需要，对系统做了大量修改，形成沈阳第一机床厂 INTEPS 系统。

二、系统目标与结构

系统的目标是以生产管理为主，同时兼顾企业的销售、订货、物料准备等。其目标是缩短产品生产周期；减少库存资金和在制品资金；提高设备利用率；保证按期供货；提高管理效率，减少计划编制费用。上述目标的综合反映是降低产品成本，提高劳动生产率。

INTEPS 系统采用以文件系统为基础的分层集中式系统结构。系统可分成三个层次，如图 6—1 所示。

图 6—1 系统的层次结构

第一层为长期计划，又叫粗计划阶段。主要制订全厂的年、季、月生产计划和能力需求计划。它针对不同的产品类型，采用不同的计划方法。对单件小批产品（订货式生产）采用网络计划法制订任务期限计划；对成批产品（备货式生产）则采用矩阵计划法制定大纲性生产计划。粗计划阶段一次可安排两年的生产任务，每季度或每月滚动一次。

第二层为中期计划，又叫材料计划阶段。按照粗计划阶段规定的产品出产期限和数量要求，以产品结构数据和零部件基础数据为基础制定材料需求计划，并进行相应的材料控制。中期计划的展望期为 300 天（修改），每周滚动一次。

第三层为短期计划，又叫细计划阶段。包括车间作业计划的编制及车间

任务的调度与安排（任务的分配与回报），制订车间作业计划的主要依据是工艺规程和工时定额。当材料计划阶段转来每个加工（或装配）任务的起止时间及数量时，细计划阶段即排定每道工序的进度，计算每个生产能力组的负荷，对生产能力进行平衡。细计划阶段的计划周期为四周（可修改），每周滚动一次。

为了整个系统能够很好地运转，每个层次内和层次间都有相应的信息反馈（回报）环节。粗计划阶段要靠材料计划的执行情况来调节，同时还要靠细计划有关信息的压缩回报来调节；材料计划以库存记帐作为主要的信息反馈环节；细计划则有一个专门的任务分配回报环节。

三、系统流程和主要功能

（一）系统流程。沈阳第一机床厂 INTEPS 系统示意流程如图 6—2 所示。由图 6—2 可见，系统的初始输入是工厂的销售计划。系统除进行各阶段的计划安排外，还要对设计、工艺、加工、装配、库存活动进行控制。

（二）主要功能。INTEPS 主要功能中包括四个基本子系统，即网络计划子系统、矩阵计划子系统、材料计划子系统和细计划子系统，以及一个通用子系统。通用子系统是为了适应计算机辅助生产管理的要求，相应地要对物代号、任务号、生产能力组号等的编号方法以及技术文件、表格的内容与形式进行管理的子系统。

图 6—2 沈阳第一机床厂 INTEPS 系统流程

1. 通用子系统。包括：（1）表格形式。根据工厂的具体特点及计算机的要求制订各种传递凭证及计算机输出的表格形式，应尽量使表格统一、简单明了、使用方便。

（2）物代号。原则上为工厂中可见到的每一种实物都要编制一个代号，物代号不仅要考虑到当前计算机辅助生产管理的需要，而且还要考虑到今后开展计算机辅助设计、成组技术的需要。因此，把工厂手工管理使用的联接物代号系统改为平行物代号系统。（3）任务号。给每一批进行加工、装配或外购的零部件（包括整机、原材料）所赋予的识别号。INTEPS 系统规定整机任务号为五位字母数字；零部件任务号为八位字母数字；同一整机任务下的零部件任务另有一定关系。

（4）生产能力的分组。车间生产能力分组的原则是：同一车间、同一工段、同一小组的同类型机床为一生产能力组，而把同一工段内同类型生产能力组作为一个生产能力单元。对生产科、供应科、销售科、设计科、工艺科等与生产有关的主要科室也进行了必要的的能力分组。

2. 网络计划子系统。主要功能是制订单件小批产品的粗计划。使用的网络图为工序节点网络，如图 6—3 所示。

图 6—3 工序结构网络图

网络计划子系统各项具体功能是：（1）管理任务网络数据，包括任务数据、工序数据、联接数据的输入、修改、查询、删除等。（2）制订标准网络或子网络，利用标准网络或子网络形成任务网络。（3）计算各工序的进度，包括工序的最早开始时间、最早结束时间、最晚开始时间、最晚结束时间和缓冲时间、产生任务进度一览表。

（4）计算各生产能力单元的负荷，产生负荷一览表。（5）按计划周期

分解一项任务，产生任务占用表，对有口报信息的任务占用表进行回报处理。

(6) 建立存档文件。当一项任务结束时，网络计划子系统可以把一个完整的任务数据存贮起来。同样的任务或工序可以重复存档，系统保留最后五次存档值和平均值，这样当同样的任务重复执行时，计划人员不必重新绘制网络图，也不必收集各类数据，只须使用存档文件中的数据即可。

3. 矩阵计划子系统。对于成批生产类型，产品基本定型，生产比较稳定，生产前的技术准备工作则较少，因此，生产管理重点应是材料计划和车间作业计划。对于粗计划，则重点考虑能力负荷情况，故采用矩阵计划法。

所谓矩阵计划，即(1)为每一种产品制定一个标准负荷矩阵，如表6—1所示。该标准负荷矩阵以假想的结束日期倒排，矩阵中每一横行代表一个能力单元，每一竖列代表一个周期，格中数字为负荷量。

(2) 输入从销售预测来的全年生产任务。经过IN-TEPS-GP矩阵计划程序，计算机自动调用相应的标准负荷矩阵进行计算和迭加，得到能力负荷对照表、任务起止期限表和占用表。这样反复两三次即可得到一个比较理想的生产计划。

矩阵计划子系统的各项具体功能是：(1) 生产能力单元数据的输入、修改、查询和删除，计算各生产能力单元在每个周期内的可供能力；(2) 任务数据的输入、修改、查询、统计和删除；(3) 标准负荷矩阵数据的输入、修改、查询和删除；(4) 利用标准负荷矩阵、任务数据、生产能力单元数据计算每个生产能力单元在各个周期内的负荷，并记载各生产能力单元的占用情况，产生能力负荷对照表、任务起止期限表和占用表；(5) 细计划信息的压缩回报。

4. 材料计划子系统。主要功能是：(1) 产品结构数据管理；(2) 零部件基础数据管理；(3) 任务管理。管理最终产品任务数据，按产品结构分解一项任务，提出与任务有关的专用外购件与专用自制件的订货建议；(4) 库存件部署。对库存型零部件进行毛需要量、净需要量和批量计算，提出库存件的订货建议；(5) 订货管理。对自制件和外购件的订货数据进行管理；(6) 库存记帐；(7) 检查原材料、毛坯、零件的可作用性，对组装、部装、总装进行配套性检查，打印零部件缺欠表，决定订货任务的下达。

5. 细计划子系统。即车间作业计划子系统，它由两个环节组成：(1) 制订工序进度计划—作业计划环节。以工艺规程和工时定额为基础，完成下列功能：计算每项车间任务（即材料计划提出的自制件订货任务）每道工序所需时间、开始时间、结束时间和工序间的缓冲时间、优先级等；计算每个生产能力组在每一周期内的能力和负荷；按照指定的公差限要求进行生产能力的平衡。作业计划环节产生任务状态表、负荷一览表、拖期任务表和任务分配员用表（即作业计划）等四种表格，作为下一环节执行的依据。

(2) 任务的分配与回报——实施回报环节。按照作业计划环节提供的表格，把任务分配到每台设备；将工序完工情况及时向系统回报，包括工序的部分完工；全部完工、合格数量和废品数量等；将人员、设备变化情况及时回报给系统。

此外，工艺规程（INTEPS系统把工时定额作为工艺规程的组成部分）是制订作业计划的基础，工艺规程管理程序除了可以对工艺规程数据进行输入、修改、查询、复制、删除等工作外，还可按新任务的要求打印各种传递凭证，如加工路线单、装配路线单、工序进度卡、工票、协作工序交接单、

专用工具（工装）领用单等。

四、系统的特点及经济效益分析

（一）系统特点。INTEPS 系统的主要特点是：

1. 便于从手工处理过渡到使用计算机。由于采用了生产能力分组系统、任务号系统和任务分配系统等辅助手段，因此在计算机软硬件条件不具备时，可先按 INTEPS 系统的原理及组织实施办法手工上马，一旦计算机条件具备时，很易过渡到计算机处理，达到投资少、见效快的目的。

2. 采用“变更算法”而不是“重新算法”。

INTEPS 系统在每次运行时，只需输入变更的部分，即只考虑“净改变”的影响。这种“变更算法”的好处是可以缩短计算时间，系统既可以采取批处理方式又可以采取联机方式进行工作。

3. 除 DIAPLAN 网络计划程序外，所有 INTEPS 系统的程序都采用标准 coBOL 语言进行程序设计，只要稍加修改，即可在不同类型的计算机上运行，所以便于移植推广。

4. 生产能力平衡作为模块。INTEPS 细计划子系统把生产能力平衡放在工序进度计算和负荷计算之后进行，这样做的好处是易于发现生产能力的薄弱环节，以便有针对性地采取措施，避免把生产能力的缺陷点掩盖于计算机的计算总结果之中。

5. 计算机提供的方案的可复现性。计算机的计算结果可由人工逐步检查，这使不懂得计算机软件的管理人员便于检查，从而相信计算机的计算结果，对提高管理人员使用计算机的积极性起促进作用。

（二）经济效益分析。沈阳第一机床厂建立 INTEPS 系统以后，可以直接计量的经济效果据统计如下：

（1）缩短生产周期 3—5%，网络计划法可缩短设计周期工艺工装准备周期 10—20%；可减少原材料、外购件、自制半成品零件的库存量 10—15%；减少车间在制品数量 10—15%。（2）由于均衡了负荷，消灭了卡脖子和停工待料现象，可提高设备利用率 10—20%。（3）由于准确地控制了在制品数量和工序进展情况，消灭了突击加工、突击装配现象，既提高了产品质量，又提高了零部件配套率，仅以 1983 年一号车间的统计（当时一号车间仅使用了细计划）来看，零部件配套率从 94% 提高到 98%，零件盘亏损失减少了 29 万元。（4）降低了生产成本，提高了劳动生产率，仅以一号车间为例，1985 年和 1982 年相比，千元产值成本下降 7.1%；年经济效益增长 142 万元。因此，项目的投资在不到三年的时间内即可收回。

不可计量的间接经济效果主要体现在：（1）加强了企业的基础工作，保证了企业技术经济数据的完整统一；（2）可使管理人员对生产情况一目了然，使计划调度人员摆脱繁琐的事务性工作，把主要精力用于抓关键件与关键设备；（3）简化了管理手续，提高了管理工作的效率，使信息传递及时，可及早发现问题，采取措施，消除薄弱环节；（4）保证了供货日期，提高了企业的信誉；（5）提高了管理人员的素质，培养了一批现代化的管理人才。

第二节 JIT 在第一汽车制造厂变速箱厂的应用

一、工厂概述

第一汽车厂变速箱厂是一座现代化工厂，1989 年 10 月建成投产。该厂生产的六档同步器变速箱，是从日本日野汽车公司引进具有 80 年代国际先进水平的产品，在引进产品技术的同时，也引进了先进的管理模式，但由于种种原因，软硬件没有配套实施，管理没有及时到位，曾一度造成生产被动，质量上不去，工厂效益不佳的情况。如何改变上述局面，该厂经过反复分析、研究，吸收了日本“丰田生产方式”的精华，结合我国国情和“一汽”实际，创造出具有自己特色的准时化生产方式。在生产中运用多种方法和手段，对生产过程中的“人、机、料、法、环、测”诸要素进行优化组合。做到以必要的劳动、确保在必要的时间内、按必要的数量生产必要的零部件，以期达到杜绝超量生产、消除无效劳动、降低成本，提高产品质量，用最少的投入实现最大产出的目的。

二、准时化生产方式的内容

变速箱厂的领导认识到，实施 JIT 管理是一种全方位的系统工程，它如同一根无形的链条，调度并牵动着企业的各项工作的开展。他们将 JIT 的基本内容概括为六种管理方法和一种管理体制，现分述如下：

（一）生产管理。总体做法是围绕市场需要组织全企业的“拉动式”生产活动。在充分分析必要性和可行性的前提下，该厂确定生产组织的方法是：

1. 生产线内部即工序间实行“一个流”生产，全厂 79 条生产线上，每台机床、每道工序只有一个加工件在制造和流动。这样，不但使上、下道工序的操作者能及时有效地控制产品质量，防止批量废品的产生，而且还大大地压缩了在制品的数量，减少了流动资金占用，增强了工人之间的协作精神，培养了集体观念，易于暴露企业内部存在的各种潜在问题，提高了工作效率。
2. 生产线之间采用“库存补充”的生产组织方式。全厂各生产线末端都设有成品架，这种成品架相当于立体仓库，其容量一般在 200—700 件之间。这种“库存补充”方式，要求生产线的成品库存数量始终介于最高、最低贮备之间，当库存量达到最高贮备时则立即停止生产，当库存量低于最低贮备时就立即组织生产，而且随着产品质量的稳定，设备故障的降低，成品贮备定额要逐渐降低，直至达到最低限度。

3. 生产控制的手段采用看板管理方式。看板管理是“丰田管理方式”的一大支柱，它的基本做法是以流水线为基础，以看板为指令工具，将生产过程中传统的送货制改为取货制。实行看板管理的根本目的，在于消除无效劳动和浪费，揭露生产过程中各种矛盾、采取措施、消除矛盾、提高生产效率。

（1）在充分理解看板管理思想和精神实质的基础上，该厂结合实际，在看板管理方面采取了以下措施：

- 1) 物流组织实行后工序持看板到前工序取货制，后工序交给前工序和领走零件同样数量的看板，前工序不见看板不发货。

- 2) 生产线发出多少成品，毛坯库凭单据供应相同数量的毛坯，生产线因废品损失的那部分零件，用持废品单到毛坯库换相同数量的毛坯的方法加以补充。

- 3) 对各生产线实行投入产出的考核。

- 4) 把“生产指令看板”单独做为生产线加工指令和成品库存数量标志，

其看板张数受成品最高贮备定额制约，其运行路线不直接和取货凭证看板发生联系。

(2) 以上这种看板管理的特点是：把看板的指令作用和取货凭证作用，分别用两种看板来体现，其目的在于看板在运行过程中脱离零件或工位器具，这样就大大地增强了看板管理的可行性。这种看板管理方案对生产的控制体现在三个方面：

1) 生产指令看板数量起作用。

2) 从实物供应上也实行严格的控制，即生产指令和实物供应都进行严格的控制。3) 这种看板管理方法，充分体现了丰田看板管理的基本精神，通过产出来控制投入，从而杜绝超量生产。

以上生产管理的三种做法是相互联系相互制约的有机整体，不可分割，共同为实现“拉动式”生产服务。通过这三个措施，可以大大地压缩在制品的数量，减少流动资金占用，充分暴露企业存在的问题，增强各类人员的紧迫感，提高企业素质，通过看板管理，可以实现对生产线的投入产出考核，这样不但可以防止零件的丢失，而且还会使生产工人尽量地少出废品或不出废品，可以提高职工的主人翁责任感。

(二) 质量管理。该厂开展了以“三自一控”、“绿化工序”、“深化工艺”、“五不流”和“产品创优”为主要内容，“五位一体”的质量管理活动。

1. 绿化工序。绿化工序又称创合格工序，它是质量控制手段之一。其实办法是：由工序普查小组对照合格工序标准进行普查，做出合格或不合格工序的鉴定之后，对不合格工序找出原因，分清责任，进行立项承包，招标攻关，达到使工序合格的目的。

2. 深化工艺。多年来，人们往往只注意主体工序的质量管理，忽视辅助工序和环节工序的质量管理，这种习惯，往往会给产品在用户中的信誉带来极其严重的后果。为此，必须把质量管理工作从主体工序，拓展到辅助工序和环节工序上，诸如去毛刺、清理、清洗、防尘、防锈、防漏、运输、贮存等工序。对其工序的使用工具加以改造或重新设计，增加一些必备的认证工序和防误装置（如装配的复紧工序）等等。

3. 在生产工序中开展“三自一控”活动。

(1) 三自：自检、自分、自记。

(2) 一控：自控工人活动。

为了做到“三自一控”，要求生产工人自己加工的零件自己检测，并把检测结果记在自检表上。自己加工的零件自己分类。自己装配的总成自己填随机卡。生产工人对照作业标准进行自我约束，自我控制，使自己的作业方法适应准时化生产线验收标准和标准操作卡的要求。

4. 开展“五不流”活动。采取以下措施：

(1) 明确产品流通条件，做到“五不流”：所有合格零件涂（打）合格标记，做到没有合格标记不下流；所有合格变速箱总成都打合格印、生产日期、班次和产品编号，做到没有以上四项标记不发出。

(2) 明确不合格品的处理权限。

(3) 明确质量责任，制定奖惩办法，实行重奖重罚，不姑息迁就，不搞下不为例。

(4) 强化检查员的把关作用。

(5) 制定“五不流”考核办法。

(6) 质量管理部门要以现场为中心，加强质量监督和指导。

(7) 为防漏装、错装等现象的发生，采取“质量联保、重复确认”工作法及外协件、自制件配套清洗、配套上线等办法。

(8) 为便于落实质量责任，采取以下措施：

1) 在物流组织上，实行后工序到前工序取货制度，后工序搬运工对所取零件的外观质量和是否有合格标记负有直接责任。工位器具制造要做到过目知数，不磕不碰。

2) 把两个班生产的零件总成分别做出标记，以便分出生产者，便于落实责任。

(9) 为减少废品损失，对生产线进行投入产出的考核。

5. 产品创优活动。所谓产品创优活动是指在全厂范围内，通过一系列质量改进，使自己所生产的产品，成为用户心目中首选产品的过程。

总之，通过“五位一体”和“质量联保”等质量管理活动的开展，使所生产的同步器变速箱总成，成为国内与中型卡车相匹配的最优质变速箱，深受用户的肯定和欢迎。

(三) 劳动管理。所谓劳动管理是指劳动组织、劳动纪律、劳动定额、劳动定员、劳动工资及劳动保护、劳动竞赛等各方面管理的统称。劳动组织实行“多工序管理、多机床操作”的劳动组织形式；劳动纪律实行“劳动纪律全员管理法”，采用考勤卡控制全员的出勤情况；劳动定额实行了“岗位定额”，用“人工作业率”考核工人的劳动负荷；劳动定员基本生产工人实行岗位定员、辅助工人实行负荷定员、服务工人实行劳动量定员；劳动工资实行基本工资、岗位工资加产量提成的分配办法。

准时化生产方式劳动管理的主要特点是：劳动组织实行“多工序管理，多机床操作”，充分利用生产工人的作业时间，提高人工作业率，节省人力。

多工序管理、多机床操作的劳动组织要点是：

1. 生产线“U”型排列，机床用垫墩找平，使各机床的作业高度在同一平面上，机床布置紧凑，把操作者的行走路线缩到最短程度。

2. 以生产节拍为周期，以工人的手工作业为标准，进行多机作业组合，采用标准组合表的形式，计算出一个周期内最大限度组合的工序数、机床台数，以确定一个操作者的作业单元一岗位。

3. 选择素质比较高的工人操作生产线的首序和末序，以此来控制生产线内部在制品总量和投入产出同步，要求生产工人必须按标准操作规程进行操作。

(四) 工具管理。工具管理主要包括以下三个内容：

1. 刀具直送工位，定置集配管理，刀具直送工位、定置集配管理的根本目的是消除管理缺陷，创造条件，保证“一个流”生产的顺利进行，让生产工人分秒不停地创造价值，具体作法是：刀具管理人员每天将合格的刀具直接送到生产工位，按定置标准在刀具集配箱内合理摆放。同时，将用钝的刀具集中送到磨刀部门进行磨锋，并收回生产线上损坏或达到使用极限的刀具，持刀具报损单到工具总库更新补充，保证有一定数量的刀具在现场周转。

2. 定时定量强制换刀。强制换刀是保证产品质量、降低刀具消耗、提高刀具使用寿命的重要措施，是工具管理的重要内容。根据磨钝标准可以计算出刀具的耐用度。进而确定机加生产线的换刀频次和刀具的消耗定额。

3.运行与考核。根据定时换刀时刻表的要求，送刀人员将磨锋合格的刀具或更新的刀具按时送到刀具使用点，且对回收的磨钝刀具的外观检查记录，发现过度磨损的刀具立即通知操作者停机检查分析、查找过度磨损原因，并立即通知有关部门或责任单位及时处理。对不执行强制换刀的责任者实行考核。

对刀具出现的问题及时做出诊断，拿出解决办法，进而查清责任，减少精密贵重刀具的损坏。

（五）设备管理。设备的正常运行是实现准时化生产方式的前提条件。降低设备故障率和停歇台时，是实现“一个流”生产的最重要的保证。准时化生产方式的推行，对设备维修与管理提出了十分严格的要求。设备管理的原则：加强设备的维护保养，快速排除故障，为生产工人提供准时、优质服务。其主要特点是：现场驻屯、巡回走动，强化预防维修。

1.驻屯管理内容。现场驻屯，即机电维修人员驻扎在生产现场，同时进行定置管理。现场驻屯要求维修人员转变观念，走出办公室服务到现场，即由原来的“坐堂先生”变为主动上门巡诊，扭转了设备出故障生产工人上门找的被动服务。

2.驻屯要求。

（1）以现场为中心，机电修联合驻屯；

（2）结合设备分类管理和重点巡检进行巡回走动，确切掌握设备的运行状态，提供有效的随机服务；

（3）监督正确润滑、保养、使用设备，检查异常隐患，做好记录，为定值检修提供依据；

（4）目视板要标明上岗人员及去向，及时有效地进行快速处理故障和准确信息反馈。

（5）双向考核：建立相应的考评细则，改变以前互相制约，推扯皮的单向考核，使维修人员和生产车间目标一致，利益相关，共同促进，全力协调解决现场问题。

3.作业标准要点。

（1）机电修人员工具随身携带，驻屯现场应备移动维修车，维修用工具作到定置管理；

（2）加强备件管理和线下组合件的提前准备；

（3）接到故障信息后，维修人员必须在5分钟内到达现场；

（4）机、电故障责任不清，双方维修人员均不得离开现场，有问题双方自行协调，不得推却不管）

（5）故障排除后，应清理好现场，填好“故障处理单”由操作者签字，方可离开现场。

（六）现场“五S”管理。现场管理中的“五S”活动，是指对现场的各种状态进行不断地整理—整顿—清扫—清洁—素养的循环。“五S”活动中最关键的是人的素养。坚持开展“五S”活动，不断地进行循环提高，使现场管理水平向纵深发展。

（七）建立“三为”现场管理体制。准时化生产方式与传统生产方式相比较，在管理观念、管理内容、管理方式和企业的追求目标上都发生了根本的变化。传统的管理思想和管理方式，给准时化生产方式的实施带来相当大的困难，所以，必须在组织上、制度上提供保障，建立与准时化生产方式相

适应的现场管理体制。

所谓“三为”现场管理体制，就是以现场为中心，以生产工人为主体的，以车间主任为首的现场管理体制，它是实现“准时化生产方式”的保证。其内容是：

1. 坚持以现场为中心。各后方辅助部门工作的着眼点，工作重心和主要精力，必须转移到现场上来，要以满足现场的需要为己任，把解决现场存在的问题作为第一位的工作。尤其是工程技术人员、管理人员要彻底贯彻以现场、现物、现策为标准的“三现原则”，即主动到现场去；看现物（了解现场存在的问题）；采取现实的措施。

2. 坚持以生产工人为主体的。把为生产工人准时化生产提供准时优质服务，保证工人分分秒秒不停地创造价值，作为全厂各项工作行动的准则。要把生产工人四处找人解决问题，变为后方各个辅助、服务部门主动力生产工人服务，为现场服务。

3. 坚持以车间主任为首。把对现场组织、协调、指挥的任务交给车间主任。以车间主任为首把驻扎在现场的机、电、工具、计划调度、技术、工艺等人员组织起来，建立高效运转的生产组织体系，迅速有效地解决现场中的问题。

三、推行准时化生产方式的经济技术效果

推行准时化生产方式，使该厂各方面都发生了巨大变化，取得了明显的经济技术效果，表现在以下方面。

（一）生产由被动变主动，生产能力大幅度提高，实现了均衡生产。生产能力已超过设计能力，在高产情况下，班均衡率月月达 100%。产品品种由原来的一个基本型至 1992 年底已发展到 18 个变型。

（二）产品质量稳步提高。

1991 年废品率下降 33.5%，一次装配合格率由去年初的 80%，提高到 92% 以上。质量事故频次明显下降，各项质量指标均好于总厂或中汽公司规定。创优，未发生 1、2、3 类故障，同步器变速箱总成深受用户欢迎，市场销售供不应求。

（三）由于全面推行“一个流”生产及看板管理，有效地控制了在制品数量，杜绝了超量生产和成批质量事故的发生，大大降低了流动资金占用。1991 年，在制品流动资金占用降低了 50%。1992 年以来，月产量比 1991 年增长 25%，流动资金反而进一步降低。其他动能、辅助材料、废品损失等项消耗指标，均低于定额指标。

（四）全厂实行多机床操作，多工序管理，人均操作三台设备，人工作业率从原传统方式的 27.7%，提高到 65% 左右；生产工人比常规减少近一半，提高了劳动生产率。

（五）实施定置集配、刀具送往工位、强制换刀，跟踪管理、使刀具消耗下降了 17%。

（六）机电修现场联合驻屯，走动管理，使设备故障停歇台时下降了 80%。

（七）推行准时化生产方式，提高了企业整体素质，改变了传统管理方式所形成的习惯势力，使变速箱厂出现了崭新的精神风貌。

第三节 上海第二纺织机械股份有限公司的 CIMS 规划

一、企业概况

上海“二纺机”股份有限公司，原名上海第二纺织机械厂，是我国纺机制造业的大型骨干工厂，拥有门类齐全先进的机械制造加工设备和各种精密检测手段，年产值一亿多元，职工 4000 余人，主要产品有各类细纱机、高速纺丝机和染色机。其中纺丝机与前西德巴马格公司合作生产；染色机引进意大利巴苏尼公司技术。细纱机与染色机除供应国内市场外，行销世界三十多个国家和地区，近几年来，生产发展，经济效益逐年提高，工厂的管理体制实行分厂制，现有五个分厂，工厂生产管理方式为车间离散加工另部件，集中装配产品。生产产品 150 余种，分属二种类型：一是少品种、中批量、生产周期短的；二是多品种、小批量、生产周期长的。

工厂的生产管理组织良好，从 1984 年开始，开发微机企业管理信息系统，初步实现了对全厂生产经营的低级辅助管理，取得了可贵的应用计算机的效果和经验；培养了一支开发计算机管理的技术队伍；打下了建立高水平全企业的计算机管理的扎实基础。上海“二纺机”的现状具有如下特点：

- （一）典型的大型机械制造企业。
- （二）工厂的设备优良、生产技术组织良好、各项管理比较健全。
- （三）生产的产品品种多，有与国外企业合作生产的产品和外销的产品。
- （四）生产发展，经济效益高、工厂经济实力雄厚。
- （五）应用计算机的管理，企业已具备较好的基础。
- （六）工厂领导思路开拓有远见卓识，改革决心大，行动迅速而有效。

企业现有的低水平的微机企业管理信息系统，已不能满足“二纺机”今后生产经营发展的要求。“二纺机”的现有条件，也已具备了向实现高水平的计算机企业管理信息系统和 CIMS 系统方向过渡的必要基础。

1990 年 4 月，上海“二纺机”被国家科委确定为全国四个计算机集成制造系统重点应用工厂之一。

二、上海“二纺机”对 CIMS 的需求与目标

（一）企业需求与近期目标。在 CIMS 计划实施前，企业的数据处理还是以手工为主。计算机为辅。数据存贮的主要手段是分布在各部门（库房）的台帐和文档。数据传递的主要形式是报表。数据的处理与加工主要集中在总厂、分厂的管理层。数据自上而下的传递主要是计划、图纸、调度命令和各项指标。数据自下而上的传递主要是有关生产、物耗、质量、成本、设备、劳动力完成指标的信息。

工厂虽已在超级微机系统上初步建立了 MIS 系统框架，代替了传统的企业信息中的一部分手工劳动，但还不能提供生产过程中的动态信息和综合信息，企业的主题数据库难以形成。原超级微机系统在数据处理能力、存储容量、网络覆盖面等方面，都难以满足工厂 MIS 发展的需要。

1. 企业对建立 CIMS 的需求主要表现在如下方面：

（1）随着产品的发展、用户需求变化和交货期的缩短，需尽快采用先进的产品设计和数据管理工具，以加速产品开发和缩短技术准备周期。建立计算机辅助设计和制造系统，以及一个在线实时处理技术数据的管理系统（TDS），以改变设计与工艺的传统手段，缩短技术准备周期。

（2）现系统中，库存管理的信息全部靠人工查询台帐才能得到，很难及

时正确处理这些信息，主要依靠人工经验进行库存控制，造成库存积压。建立仓库管理子系统，实现库存信息计算机管理。为后一步实现 MRP 打下基础。

(3) 车间作业计划的管理和调度主要依靠人工进行，较难实现动态跟踪控制，造成生产不均衡和生产周期长。建立生产控制系统 (PCS)，提高车间作业计划的动态管理水平，缩短加工周期。

(4) CIMS 是未来制造业的模式，也是该厂实现企业现代化的必由之路，但是 CIMS 系统的实现，也是一个高技术、高投资、长周期的复杂而庞大的系统工程。系统近期目标是力求按 CIMS 思想规划，以发展单元技术及其应用为主，为今后 CIMS 运行打下基础，其表现有以下几个方面：

1) MRP 的实施采用，首先实现 MRP 运算中所需变元的计算机管理的策略，即实施技术数据管理 (TDS)、主生产计划 (MPS) 和生产控制系统 (PCS) 的开发和应用，形成 MRP 运行框架。

2) 计算机辅助设计与制造系统 (CAD/CAM) 以应用为重点，不过分追求集成。

3) 以生产技术数据为核心，建立企业主题数据库，解决企业内部信息源头多，信息重复不一致的问题。

4) 系统是一个在线实时事务处理系统，系统通过网络使企业的数据在其发生点上直接利用终端实时处理，从而提高数据收集的准确性和效率，形成一个高效的信息处理系统。

2. 1987 年底，上海“二纺机”提出了 CIM/MRP I 系统方案，近期具体要求可归纳为以下几点：

(1) 以五年左右时间，逐步建成类似于世界制造业已普遍推广应用的制造业管理系统 CIM/MRP I 的主要体系。建成系统的覆盖范围应包括：总厂和五个分厂的五十多个主要生产经营管理单元。在上述期间内，同时建成与 CIM/MRP，系统互连的计算机辅助设计 CAD I 工作站，支持企业的产品设计和工程设计。

(2) 建成覆盖全企业的生产经营管理，及其各有关部门的综、合管理信息网络，实现高效能的全企业、全过程、规范化的信息管理，在高一级的水平上全面取代人工事务处理。

(3) 实现企业生产经营管理的智能化综合控制，建成类似 MRP II 规模水平的物料需求、制造业管理系统，实现从物资供应、人力和设备安排，到生产产品出厂全过程最优计划调度，以达到最佳的投入/产出效果。

(4) 向企业各个管理层次人员提供高效能的交互式信息服务手段，包括各类查询、制表、业务处理综合分析、预测和辅助决策等，大幅度地强化各级管理人员的科学管理水平，减少经验失误，提高管理效益。

(5) 向设计人员提供功能强大的计算机辅助设计手段；高效率地完成产品及零部件的设计，包括基本设计和详细设计，工程分析、输出图纸和材料清单。

(6) 建成的系统结构体系，应奠定以后向建立 CIMS 系统发展的扩展基础。

(7) 提供机械制造业开发中国化的机械制造业管理系统和 CIMS 的经验。

近期目标的主要功能由计算机辅助设计与制造系统、生产管理系统和信息管理系统构成，如图 6—4 所示。

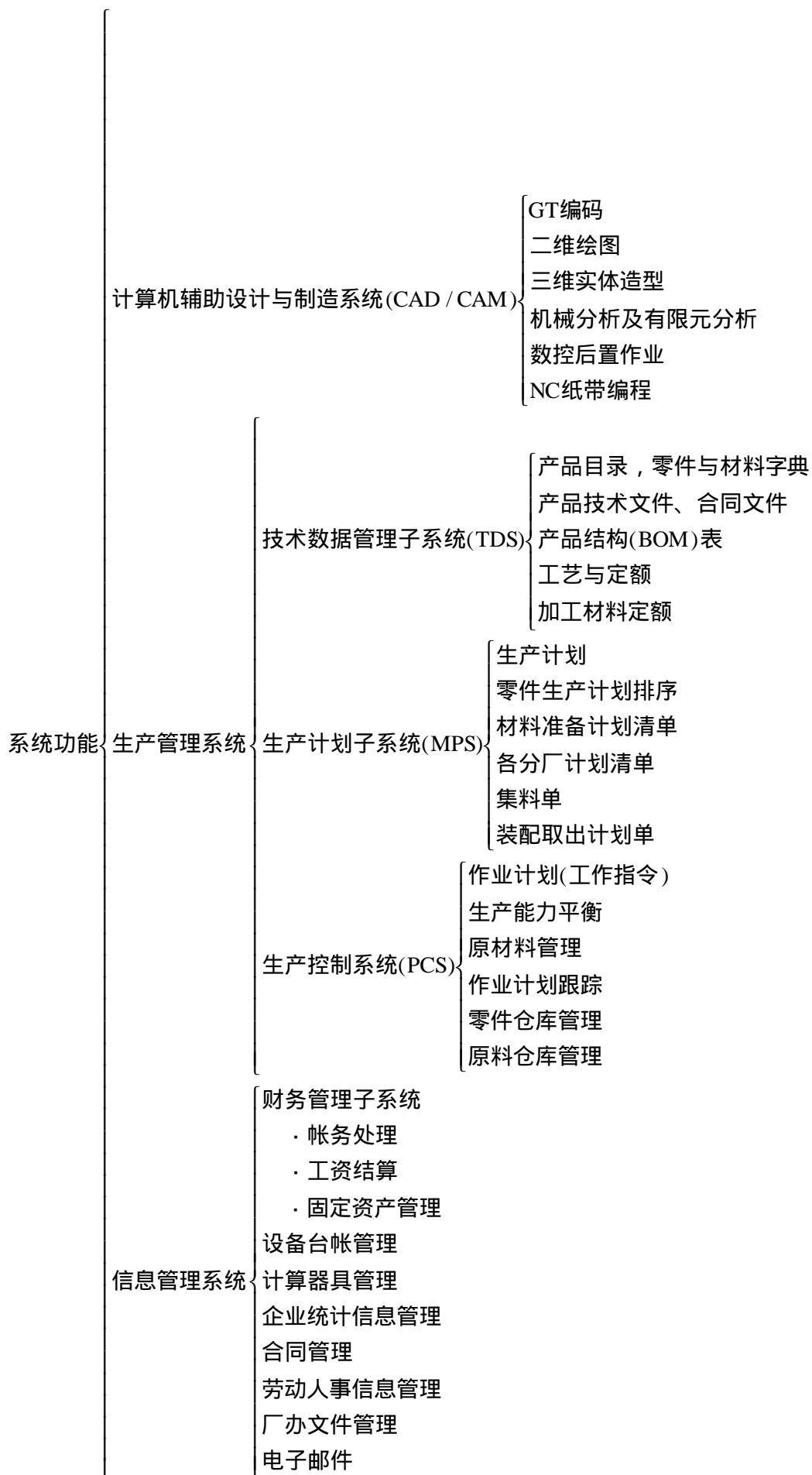


图6-4 系统功能构成

生产管理系统由技术数据管理系统、生产计划子系统、生产控制子系统构成。计算机辅助设计与制造系统由 GT 编码、二维绘图、三维实体造型、机械分析及有限元分析、数控后置作业、NC 纸带编程等组成。信息管理系统通过对原微机系统的扩充与升档，由财务管理、设备台帐管理、劳动人事信息管理等于子系统组成。

上海“二纺机”的长远目标是要建成一个开放式的集成系统，完成对全厂管理信息分系统、纺纱机械产品设计与工艺、纺纱机械零件的自动化加工、质量管理等四个分系统的信息集成。这四个分系统的组成如图 6—5 所示。四个功能分系统和计算机网络、数据库、仿真三个支持系统一起，形成总体集成结构。

下面主要对该厂的近期目标进行介绍和分析。

三、系统功能结构和配置

构成一个制造业工厂的基本要素主要是人、财、物，它们通过信息网络，按照制造业的经济活动规律相互联结，相互作用，形成和产生了一系列的管理功能和管理活动，推动和执行这些管理活动和功能的是企业的各个管理机构。

根据制造企业经济活动的规律和制造业的典型，企业管理职能机构体系，制造业管理系统可以分解成若干个执行不同管理功能的子系统，这些子系统分布在不同的职能管理层次上。因此扩建的计算机系统和功能结构，必须符合上述典型制造业管理系统的层次和子系统的结构，便于信息的采集，满足各层次管理职能机构人员的需求。

对于如“二纺机”一类的制造业企业，系统的管理结构层次一般可划分为操作层、管理层和决策层三个层次。

（一）系统功能结构和配置的总体性能要求。系统功能结构的总体性能要求如下：

1. 拟建系统的功能结构，应是一个以交互式数据库为基础，中国化的 CIM/MRP 管理软件为核心的，面向全企业管理人员，多层次、多用户、多任务、多功能的制造业管理信息系统网络。

- 2，系统功能结构将分布在车间/分厂、总厂科室和总厂厂部领导机构三个管理层次上，覆盖总计五十多个生产经营管理单元，

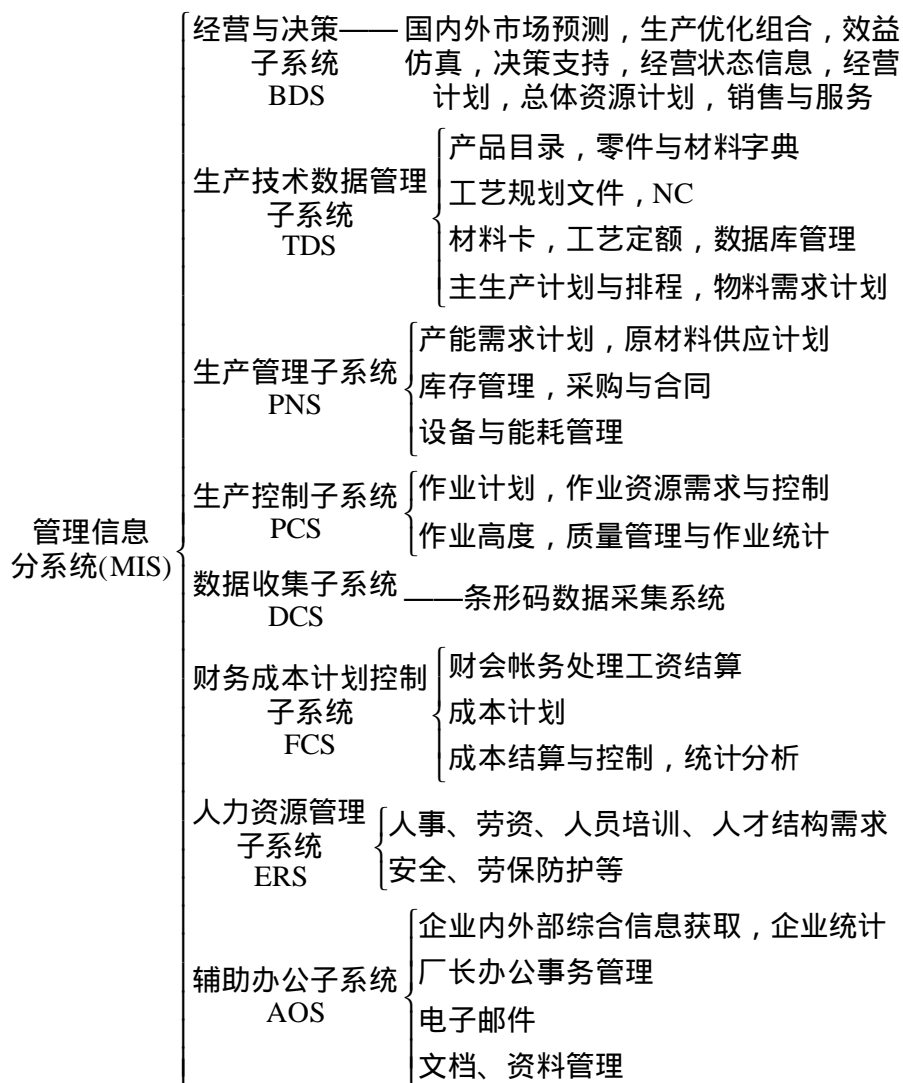


图 6-5 (a)

设置终端数应逐步扩展至 100 个以上。

3. 数据信息存贮量应在 2000MB 以上。

4. 设置联机 CAD 工作站、辅助产品、工程设计、输出图纸和材料清单。

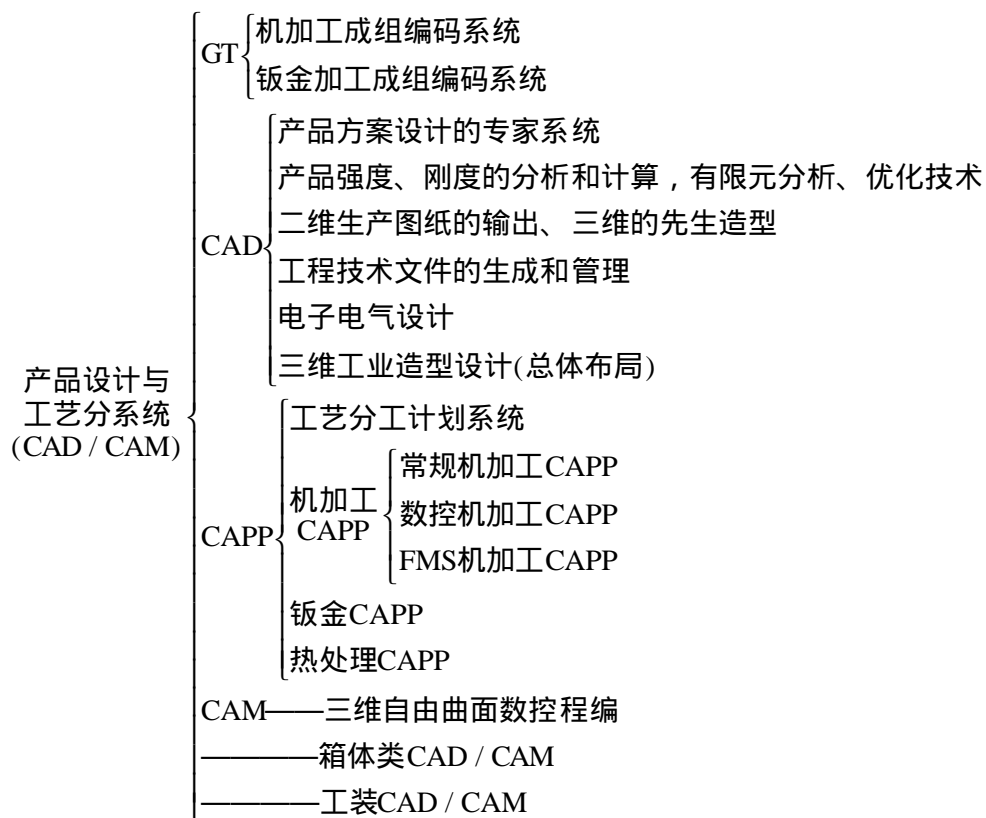


图 6-5 (b)

5. 要有性能良好，便于操作的数据采集装置构成的数据采集系统。

根据上述对系统功能结构的总体规划，拟建系统的硬软件配置的原则和要求如下：

1. 超级小型机/中型机系统一套，要求产品成熟，性能十分可靠、适用于企业管理，能有效地运行 CIM/MRP 管理软件，支持同时运行终端数在 100 个以上，有进一步升级扩展能力。

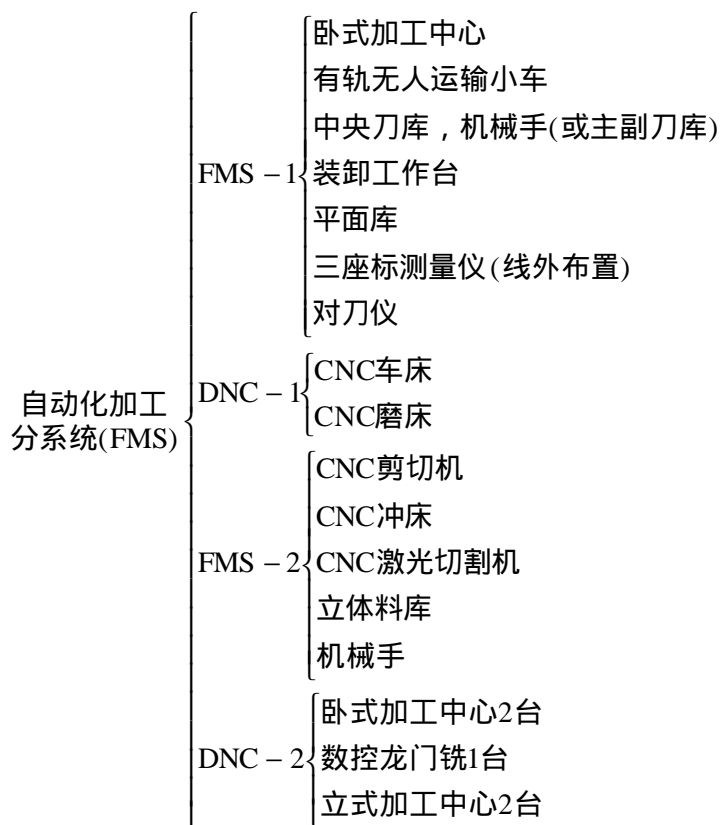


图 6-5 (c)

2.高性能的多用户交互式数据库系统，提供丰富的，面向管理人员的高效辅助开发工具和手段，便于存贮和生成输出各种类型的信息，如文字、报表、文件、图像，支持汉字处理。

3.提供类似于 CIM/MRP 软件和本地化，用户化的开发支持和合作。

4.配备性能良好，符合国家标准的汉字输入输出系统，优先采用具有同西文处理一样高效率的中文操作系统和汉化数据库系统。

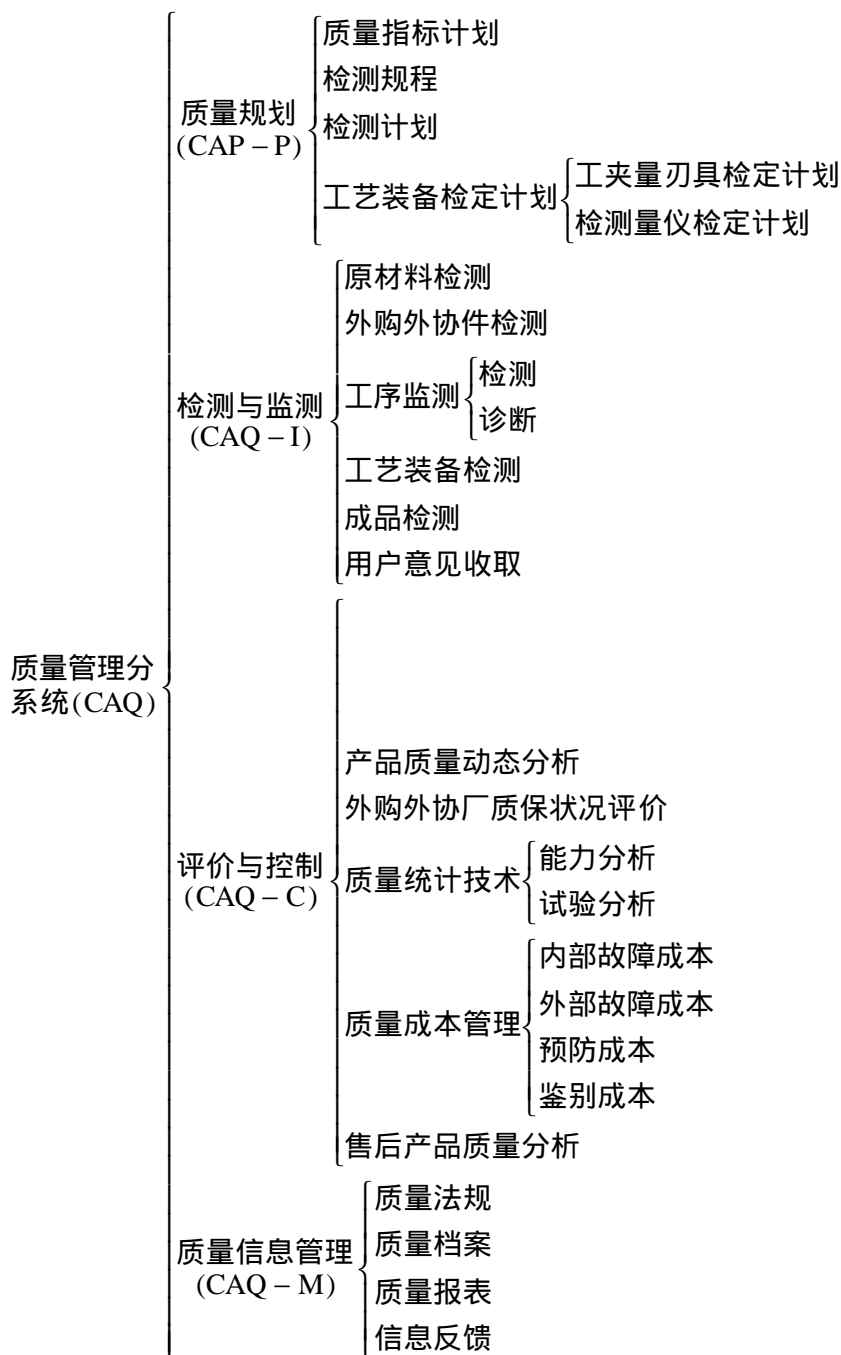


图 6-5 (d)

5. 提供与微机、CAD 工作站以及远程终端的通信联网设施，解决数据文件的传送。

(二) 系统功能组成。系统功能模块组成如表 6—2 所示。

续前表

应用领域	应用软件	功能	处理信息量	计算机
经济核算	计划成本计算	零件分工序计划成本，产品结合件零件计划，成本，产品计划成本，产品零件销售价格计算	12MB	ALTOSPC
设备管理	设备台帐管理 设备系统报表	全厂设备台帐	5MB	PC
企业统计	统计信息管理	企业生产技术指标，新产品开发，经济指标，财会统计等	40MB	U6000 PC
人事管理	人事档案管理	人事资料管理，人事资料统计报告	5MB	2200 / 202 PC
行政管理	公文件管理 科技档案管理		10MB 10MB	2200 / 202 PC ALTOS

主要子系统功能分述如下：

1. 技术数据管理子系统（TDS）。该系统是技术系统和生产系统的接口，它除了获取技术系统的信息，经过处理形成生产信息，更重要的是具有对共享的技术信息管理的功能。其中技术数据主要内容：产品目录、零件材料字典（技术要求、特征、价格）、BOM、技术文件、工艺规划文件、材料加工卡、工艺定额等。如图 6—6 所示。

2. 计算机辅助设计和制造子系统。采用 PARTDESIGNANDVARIATIONDESIGN 实现三维实体造型功能；ZDDRAFTING 实现二维工程图纸绘制功能；对设计产品进行动态分析和有限元分析。

设计严主的三维信息经 CAM 软件的处理，人机交互进行工艺制定，进行数控刀位路径模拟并生成刀位文件，最后经后置处理生成 NC 加工纸带。

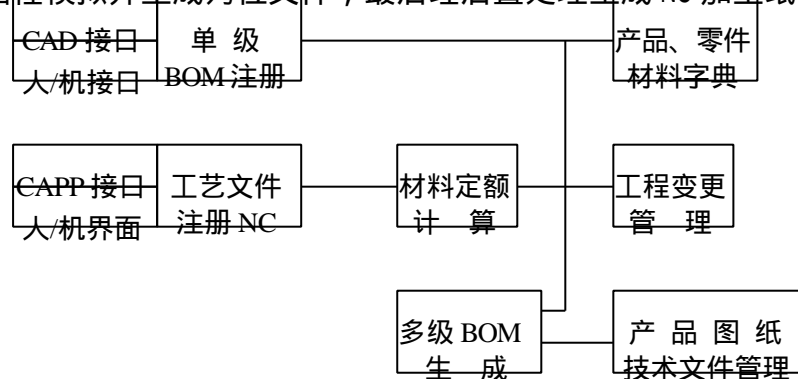


图 6-6 技术数据管理子系统功能模型

3. 主生产计划子系统（MPS）。该功能模块根据生产计划，对来自 TDS

子系统的 BOM 信息进行分解，产生零件生产计划和排产，其主要输出有：各分厂零件生产计划清单、集料计划清单和装配计划取出清单，这些输出即为下达至生产控制子系统的零件制造指令或采购指令。

4. 生产控制子系统 (PCB)。该系统的主要功能有：采用倒排法作业计划编制作业资源需求 (毛胚、工具、材料)、作业能力需求 (机床、人) 计划；在制品库存管理、人机交互方式进行作业调度及优化；工作令下达及跟踪；质量控制，并且有成本分析及控制，作业统计的功能。PCS 功能模型如图 6—7 所示。

生产管理系统模块间的信息关联，如图 6—8 所示。

产品生产计划和 TDS 产生的 BOM 表信息驱动 MPS 运行，产生面向零件的生产计划和采购清单；零件生产计划进而与来自 TDs 的 BOM 表加工工艺信息驱动 PCS 运行，进行车间的作业计划编制和作业跟踪。

(三) 系统配置方案。

1. 组建系统配置方案的原则。根据前面关于系统功能结构和

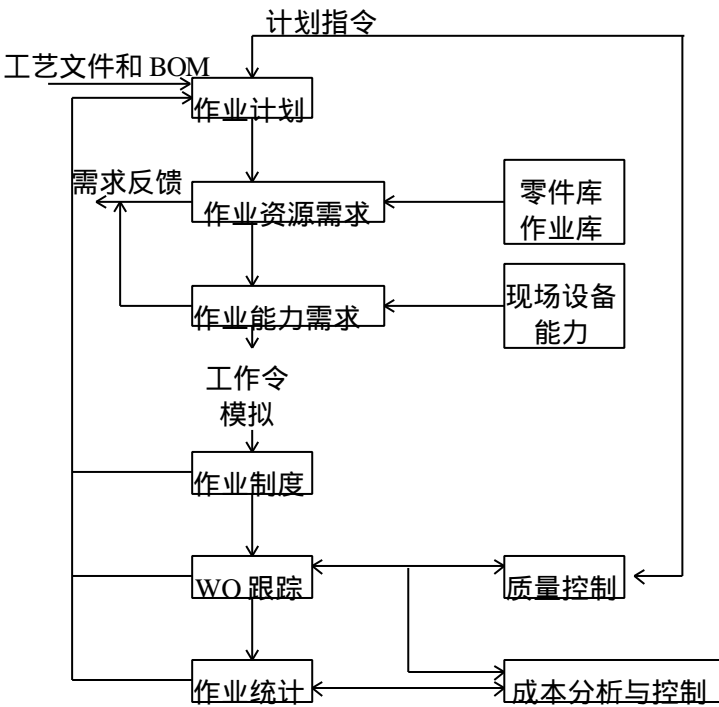


图 6-7 生产控制子系统功能模型

图 6—8 生产管理系统模块间的信息关联

配置要求的分析，CIM/MRP 系统的硬软件配置，集中在面向企业管理的超级小型机/中型机的配套系统上。

80 年代以来，超级小型机/中型机的发展相当迅速，许多国外著名的计算机公司不断地更新技术，推出各自的新的产品系列，市场争夺十分激烈。上海“二纺机”根据国内外技术市场动向和自身的条件慎重加以选用，注意掌握以下原则：

(1) 满足对拟建系统提出的性能要求；

- (2) 具有较好的性能/价格比；
- (3) 产品有一定的通用性和流行程度，在国内外有较多的用户或潜在的用户；
- (4) 易于开发，能获得较长时期可靠的技术支持（包括在系统开发、运行、维护方面的支持）以及优惠的合作条件；
- (5) 初期投资能力和系统最小配置间的匹配；
- (6) 可靠性、扩展性、升级和向上兼容性；
- (7) 技术生命周期和发展前景。

2. 系统配置方案。

(1) 系统采用 UNISYS2200/202 中型机，双 CPU、16MB 内存；DCP/15 通讯处理机、2 台 U28 磁带机、3000MB 硬盘、激光打印机和 65 台终端构成主机系统，担负工厂级的信息处理任务和生产管理系统的信息处理任务。

采用 7 台 HP9000/400 系列工作站，2 台激光打印机、2 台绘图仪，2000MB 硬盘、光盘和 8 台 386 微机构成 CAD/CAM 系统，担负辅助产品设计和制造任务。

85 台 PC 机、U6000 超微机、ALTOS 微机系统分布在各部门，担负部门级的信息处理任务。

这些设备通过计算机网络分布与全厂主要生产单元和管理部门，形成全厂管理信息网络。系统总体配置如图 6—9 所示。

(2) 系统网络主要由总线网（TCP/IP）和主机终端网构成。在计算中心由 UNISYS2200/202 中型机、HP9000/400 工作站和 U6000 超微机，通过 TCP/IP 协议连成总线网；PC 和终端通过电话线与主机构成终端网，分布于全厂各部门和生产单元，PC 机插接 STEPC 板运行 UNISCOPE 协议完成与主机的通讯。

ALTOS 微机采用 UUCP 软件与主机通讯。财务管理系统由 PC/NOVEL 网构成，也可通过 PC 机上插接 STEPC 仿真卡，进行协议切换与主机通讯。

(3) 系统软件配置主要是：主机系统配置 OS1100 操作系统，sX1100UNIX 环境。采用 MAPPER 第四代语言为主要开发工具，它可以认为是一个准关系型数据库管理系统。

系统引进了 UNISYS 公司的生产控制系统（PCS）应用软件。这个软件是一套较完整的车间作业计划管理系统，主要由工作指令管理、原材料管理和设备人力管理三大模块构成。

HP9000/400CAD 工作站采用 UNIX 操作系统，配置 ORACLE 数据库。

图 6—9 系统总体配置

引进了 SDRC 公司的 I-DEAS 机械工程软件工具，主要功能有：I-DEASFORDESIGN（机械设计）、MECHANIAM（机械分析）、FINILEELEMENTANALYSIS（有限元分析）、GNC（数控）、GNC-POST（后置处理）等。

PC 机采用中文 DOS，配置 DBASE 或 FOXBASE 数据库。

四、系统的初步实施情况与效益

1991 年底，由上海市科委主持，对原上海第二纺织机械厂计算机辅助设计和生产管理系统进行了鉴定。认为该系统软硬件结构配置合理，系统研制和应用成功起到了改变企业生产管理面貌的作用，提高了企业管理的整体水平。

整个系统在引进消化生产控制系统 PCS 的基础上，使用 MAPPER 工具自

行开发了技术数据子系统 TDS 和主生产计划子系统 MPS 等，使整个系统的整体功能已接近 MRP 的功能，并为将来建立 CIMS 打下了良好基础。

系统的实施已产生如下效益：

（一）CAD/CAM 系统的运用提高了产品设计和工艺制造水平，从而增强了产品竞争和出口创汇能力。

（二）技术数据子系统的应用，缩短了产品生产的技术准备周期。

（三）生产控制子系统的应用加强了车间生产的在制品管理与控制，提高了库存控制水平，提高了分厂均衡生产能力。

（四）系统实施促进了企业综合效益的增长，平均每年提高工时利用率 1%；利润增力 039 万元/年。

1991 年与 1988 年相比，流动资金占用减少 4.79%；降低库存 5%。系统实施促进了企业综合效益的增长，1991 年工业总产值比 1988 年增长 78.9%；劳动生产率比 1988 年增长 57.7%。

系统运行以来，提高了企业信息处理能力和水平，增强了产品竞争与出口创汇能力，取得了良好的社会经济效益。

上海“二纺机”股份有限公司作为国家 CIMS 重点应用工厂之一，其 CIMS 规划正在不断完善与实施过程中。在上海“二纺机”规划设计中，确定要建立一个新的数控加工车间，即 CIM 车间，生产纺机中的主要关键零件。“二纺机”CIM 车间已进行了可行性分析和初步设计工作。

1992 年受到德国政府技研部的高度重视，已被中德两国政府定为 1992—1994 年度中德政府在生产技术领域唯一的科研开发项目。

主要参考文献

- [1] J.Browne :《Production Management Systems》,1989.Wadsworth Publishing Company.
- [2] K.Lockyer :《Puoduction and Operations Management》, 1998.Pitman Publishing.
- [3] M.A.Vonderembse and G.P.White :《Operations Man-agment》, 1998.West Publishing Company.
- [4] 李国纲主编:《管理系统工程》,中国人民大学出版社 1992 年版。
- [5] 章一鸣:《计算机辅机械设计》,北京理工大学出版社 1990 年版。
- [6] 邓志刚等:《新技术革命与管理现代化》,财经出版社 1987 年版
- [7] 中国人民大学工业企业管理教研室:《工业企业生产管理》,中国人民大学出版社 1984 年版。
- [8] 秦永主编:《机械工业企业管理手册——计算机辅助企业管理》,机械工业出版社 1987 年版。
- [9] 祁国宁、车宏安:《计算机集成造 CIM》,机械工业出版社 1991 年版。

