

工业工程系列教材

GONGYE GONGCHENG

工业工程系列教材

工业工程

——原理、方法与应用

高文虎 编

机械工业出版社

上海汽车工业教育基金会资助
工业工程系列教材

工业工程

——原理、方法与应用

胡宗武 编著

上海汽车工业教育基金会 组编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书讲述工业工程的原理、方法与应用,全书共分三个部分。第一部分是生产管理总论,包括工业工程学科的形成和发展,生产力和经济分析,产品和生产方式的决策(第1章~第4章)。第二部分是生产运作管理的原理和方法,包括设施规划和供应链管理,工作研究,质量管理,项目管理,库存管理(第5章~第9章)。第三部分是生产计划管理,包括综合生产计划,主生产计划,物料需求计划,车间作业计划(第10章~第13章)。第14章概略地介绍当前工业工程发展的几个重要方面。本书可作为工程技术类专业本科生的生产管理课程的教材,也可作为企业培训技术管理干部的教本。

图书在版编目(CIP)数据

工业工程:原理、方法与应用/胡宗武编著. —上海:
上海交通大学出版社, 2003
ISBN 7-313-03208-0

I. 工… II. 胡… III. 工业工程 IV. TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 085785 号

工业工程 ——原理、方法与应用

胡宗武 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市华通印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×960mm 1/16 印张:14.75 字数:275 千字

2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

印数:1~2050

ISBN 7-313-03208-0/TB·061 定价:18.50 元

版权所有 侵权必究

工业工程系列教材编委会

主任： 翁史烈

委员：（以姓氏笔画为序）

宋国防 胡宗武 徐克林 钱省三

诸葛镇 秦鹏飞 韩正之

总 序

作为市场经济产物的工业工程学科,在美国的发展已有 100 年的历史,它在西方国家的工业化进程中和改善经营管理、提高生产率等方面都发挥了很大的作用。近 10 多年来,随着商业竞争的加剧,国际市场和全球化制造态势的形成,企业和商家纷纷寻求进一步改善经营管理的方法,试图建立自己的核心竞争力,以便在剧烈的竞争中取胜。企业和商家的这些努力是与管理专家的研究结合在一起的,这样就大大地推动、丰富了工业工程和管理学科的发展和内容的更新。

虽然在上世纪三四十年代,交通大学等一些大学曾设立过与工业工程类似的学科,但解放后随着计划经济的实施,这个学科也就取消了。这样,这个学科在我国的研究和应用就停滞了 30 多年。改革开放后,在原机械工业部的积极推动下,我国从 1989 年开始引进工业工程的管理方法,并在一些企业试行,取得了明显的经济效果。西安交通大学、天津大学等高校率先于 1992 年开始招收工业工程专业的本科生。随后,我国一些大学陆续设立这个专业,至今全国已有 70 多所高等学校设有这个专业;这个专业的硕士和博士生也在培养之中。但是,正由于我们起步较晚,无论在工业工程的应用还是人才培养等方面都落在先进国家的后面。

上海汽车工业(集团)总公司是一个现代化的大型企业集团,集团公司所属的许多生产厂不但拥有现代化的设备,而且也努力推行现代的管理方法。在实践中,他们深感缺乏既懂工程又懂管理的复合型人才。为了广泛普及现代的管理方法,公司的高层领导把员工的教育和培训摆到了重要的地位。他们除经常举办短期训练班普及现代管理知识外,还委托上海交通大学连续举办了几届“工业工程”专业工程硕士班。为了解决硕士班的教材,他们引进了部分国外最新教材,供上课老师使用。

为了支持工业工程专业人才的培养,解决工业工程专业的教材问题,由上汽集团及所属企业捐资组建的“上海汽车工业教育基金会”,从 2000 年起就开始研究资助这个专业教材的编写和出版问题。经上海汽车工业教育基金会与上海交通大学出版社共同策划,并先后与上海交通大学、同济大学、东华大学、复旦大学、上海大学和上海理工大学等校工业工程系老师座谈、讨论,于 2001 年 8 月正式成立了“工业工程系列教材编委会”,制订了系列教材编写和出版计划。按照这个计划,系列教材共计 14 种,由 2002 年起分 3 年出版。基金会拨出专款资助

系列教材的编写和出版。我们对上海汽车工业教育基金会给予工业工程专业教育的支持表示感谢。

在确定系列教材的选题时,我们主要考虑了以下原则:一是特色,要有工业工程学科的特色,选题应确属工业工程学科的课程,对一些可与其他学科共用的教材则不再列入;二是精选,编写内容应精选该学科公认的、经典的基本原理和方法,以及先进的管理理念,对一些尚有争论的观点则不予论述;三是实践,遴选的编著者应对该课程有丰富的教学实践经验,并在教材中尽可能地反映企业解决工业工程问题的实际案例。经过认真研究,我们确定了下列选题:工业工程——原理、方法与应用,生产计划与控制,物流工程与管理,现代制造企业管理信息系统,以上为第一批;人因工程,质量管理,决策支持系统,复杂系统解析,工程管理的模糊分析,制造系统建模与仿真,以上为第二批;工程经济学,工作研究,项目管理,工业工程计算方法(暂定名),以上为第三批。

参加这套系列教材编写的是上面提到的这几所大学的老师们,他们都是相应课程的任课教师。他们根据自己教学过程中反复修改过的讲稿,又参考了国内外的相关文献,在较短的时间内完成了教材的编写。他们精选教材内容,配以实例讲解,使学生易于掌握;同时,他们也力图将最近几年工业工程的最新研究成果做简要的介绍,以使学生接触本专业的的前沿。但是,由于编写时间比较仓促,编写者们的经验又各不相同,本系列教材的质量和水平一定是参差不齐的,也一定会存在一些缺点,希望能得到读者的批评和指正。特别要说明的是,在我们筹划这套系列教材的时候,“高等院校工业工程专业教材编审委员会”组编的7种教材尚未出版,当我们的编者拿到这7种教材时,我们的第一批4本书稿已形成初稿,但编者仍然会从中得到启迪。

在工业工程系列教材第一批教材正式出版之际,我们深感欣慰,并对辛勤工作的老师们表示感谢。祝愿工业工程学科在教育界、工程界同仁的关怀下茁壮成长。

工业工程系列教材编委会主任
中国工程院院士



2002年8月

前 言

本书讲述工业工程的原理、方法与应用,可作为工程技术类专业本科生的生产管理课程的教材,也可作为企业培训技术管理干部的教本。全书主要有三个部分。第一部分是生产管理总论,包括工业工程学科的形成和发展,生产力和经济分析,产品和生产方式的决策(第1章~第4章)。第二部分是生产运作管理的原理和方法,包括设施规划和供应链管理,工作研究,质量管理,项目管理,库存管理(第5章~第9章)。第三部分是生产计划管理,包括综合生产计划,主生产计划,物料需求计划,车间作业计划(第10章~第13章)。第14章概略地介绍当前工业工程发展的几个重要方面。

近几年,作者给上海交通大学机械工程系的本科生讲授“工业工程导论”课程。在该系的本科教学中,安排了两门有关管理的课程:一门是“管理学原理”,讲述管理的一般原理;另一门就是“工业工程导论”,这门课主要讲述企业内部的生产和运作管理方法。国内已经出版了几本生产与运作管理的中、英文书籍,内容都很好,各有优点,但篇幅过大。作者为了36学时的教学的需要,曾参考10多本中、英文书籍,编写了讲义和幻灯片,每年根据教学新体会作局部修改,这就是本书的蓝本。

上海汽车工业教育基金会大力推进“工业工程”教育,历年来组织上海汽车工业(集团)总公司内部技术人员在职培训,还委托上海交通大学举办“工业工程”工程硕士班。他们为了推动“工业工程”教育,拨出专款资助教材出版。正是在这种背景下,本书才得以出版。在此特向他们表示衷心的感谢。作者十分感谢上海交通大学出版社的同人,他们对本书的初稿进行了仔细的校正,改正了原稿的一些文字错误。本书引用了有关书籍中许多好的理念和方法,主要参考文献附在书末,除直接引用的数据和插图在文中作了说明外,一般不作特别说明。作者对这些文献的编著者表示感谢。

作者

2002年7月

目 录

第 1 章 工业工程学科形成和发展	1
1.1 工业工程学科形成和发展的四个阶段	3
1.2 工业工程在工业先进国家的应用	7
1.3 工业工程引进我国后的迅速发展	8
1.4 工业工程学科定义和工业工程师的职能范畴.....	10
1.5 工业工程在我国各类企业应用的前景.....	13
1.6 管理学的一般原理.....	16
第 2 章 生产率 and 竞争力	23
2.1 生产率的含义.....	25
2.2 提高生产率.....	26
2.3 生产率与质量.....	27
2.4 生产率与就业.....	27
2.5 工业企业的竞争力.....	28
第 3 章 工程经济学分析方法	31
3.1 会计.....	33
3.2 成本分析与成本会计.....	34
3.3 货币的时间值.....	36
3.4 投资方案分析.....	37
3.5 投资回收率.....	38
第 4 章 产品决策和生产方式	41
4.1 产品需求预测.....	43
4.2 产品决策.....	47
4.3 产品设计.....	49
4.4 生产组织形式的选择.....	52

第 5 章 设施规划与供应链管理	59
5.1 企业选址考虑的因素和步骤.....	61
5.2 企业选址的定量方法.....	62
5.3 工厂布置的目标和原则.....	67
5.4 工厂布置方法.....	71
5.5 供应链管理.....	74
第 6 章 工作研究与工作设计	79
6.1 工作研究.....	81
6.2 动作研究.....	81
6.3 时间研究.....	84
6.4 学习曲线.....	87
6.5 工作设计.....	88
第 7 章 质量管理	91
7.1 质量的定义与意义.....	93
7.2 质量管理内容、体系和组织	96
7.3 统计过程控制	101
7.4 质量改进活动及其常用工具	106
7.5 验收抽样检验	111
7.6 顾客满意度	114
7.7 质量管理的国际标准和质量奖	116
第 8 章 项目管理.....	119
8.1 项目和项目的概念	121
8.2 项目生命周期四个阶段的任务	122
8.3 项目组织结构	124
8.4 项目计划的制订	127
8.5 计划的网络图示法	129
8.6 网络计划的修改和优化	134
8.7 项目的控制	137
第 9 章 库存管理.....	139
9.1 独立需求和相关需求	141

9.2	库存的功能和类型	141
9.3	库存成本	142
9.4	库存管理的 ABC 分析和非成本分析法	142
9.5	经济订货模型	143
9.6	边使用边进货模型	145
9.7	在随机需求下的库存模型	146
第 10 章	综合生产计划	149
10.1	综合生产计划概述	151
10.2	综合生产成本的手工计算	153
10.3	计算综合生产计划的线性规划法	154
第 11 章	主生产计划	159
11.1	主生产计划的功能	161
11.2	主生产计划的对象	162
11.3	主生产计划考虑的生产模式	162
11.4	主生产计划的时变性和相对稳定性	162
11.5	主生产计划毛需求量的计算方法	164
11.6	主生产计划的编制	165
11.7	主生产计划优先级的确定	165
第 12 章	物料需求计划	169
12.1	从 MRP 到 MRP II 再到 ERP	171
12.2	MRP 的基本构成	176
12.3	库存信息	177
12.4	物料清单(BOM)	178
12.5	产品的分解	178
12.6	BOM 的计算	181
12.7	能力需求计划(CRP)	181
第 13 章	车间作业计划	187
13.1	车间作业控制的基本内容	189
13.2	制造装配型生产的车间作业控制一般程序	190
13.3	作业排序	193

第 14 章 当前工业工程的发展	197
14.1 21 世纪制造业面临的新挑战	199
14.2 敏捷制造	200
14.3 虚拟企业	201
14.4 目前已提出的其他制造新模式	203
14.5 支持现代制造系统模式的若干关键技术	205
附录	209
附录 A 正态分布的累计积分表(从 $-\infty$ 到 z)	211
附录 B 英汉专业名词对照表	212
附录 C 英汉人名对照表	219
参考文献	221

第1章 工业工程学科形成和发展

工业工程(industrial engineering, IE)学科已有100年的发展历史。它起源于泰勒的科学管理理论;“二战”前后,由于运筹学的兴起,使该专业的发展找到了理论基础,应用更为广泛,这时,IE已发展成为成熟和独立的学科。计算机的普及为IE的学科研究和实践提供了量化和精确化的条件;网络技术的完善使IE的研究进入了全球化范围。IE的基本任务是:将一个组织的各种资源集成为系统,并对这样的系统进行规划、设计、实施和改善,使得它能高质量、高效率地运行。本章概述IE发展历程、学科定义、学科的基础及学科的基本职能;概述它在发展中国家各个领域内的应用;在我国的初步实践及其在各类组织中应用的前景。关于管理的一般职能,特别是关于在管理中如何考虑人的因素问题,本书没有专门章节讨论,故只在本章最后一节予以简要的介绍。

Taylor), 他在 1911 年出版了《科学管理原理》, 该书反映了这一时期具有代表性的理论, 其基本观点可以概括为如下几点:

(1) 科学管理的核心是提高工作效率;

(2) 挑选最合适的工人, 按科学的方法训练他们, 让他们掌握科学、合理的“标准的工作方法”, 以此作为制订劳动定额的依据;

(3) 实行刺激性的工资报酬制度, 激励员工努力工作;

(4) 应将计划控制职能与执行操作的职能分开。

可以看出, 泰勒科学管理的基本思想是: 训练、计划、管理, 目标是提高劳动生产率。

动作研究和时间研究是这一时期主要的研究活动。吉尔布雷斯(F B Gilbreth)是这一方面的杰出代表。他在泰勒的影响下, 与他的妻子共同开创了动作研究, 把工人的操作细分成许多“动素”, 为动作研究提供了基本方法。1933 年, 美国把 IE 学科的第一位博士学位授予动作研究和时间研究的学者巴恩斯(R M Barnes), 他后来出版的《动作与时间研究》至今仍是这一方面的经典。稍后, 莫根森(A G Mogenson)提出的“工作简化”(work simplification)方法, 进一步发展了动作研究。动作研究和时间研究为车间作业标准化和工时定额的制订奠定了基础, 这对提高工作质量和提高工作效率具有重大意义。虽然动作研究和时间研究被认为是传统工业工程所从事的基本工作内容, 但它仍是现在的 IE 工程师所经常从事的工作。

在这一时期管理理论创建者的代表人物中, 还应该提到的是法国的法约尔(H Fayol), 他提出了 14 条管理原则; 另一位是韦伯(M Weber), 他认为行政组织体系是最理想的组织形态。两位被认为是行政管理理论的创始人。

1.1.2 运筹学时期

在 IE 发展过程中, 一直在寻求理论的支持, 但在二战前, 不管是社会科学还是自然科学(数学)都还没有哪个分支已经成熟到可以支持 IE 的程度。二战期间, 英美两国为了解决战争中物资的调度和充分利用, 曾针对一些具体问题, 组织各个有关领域的专家组成专门小组, 用严格的科学方法建立数学模型, 选择最优的解决方案。最典型的例子, 如伦敦的防空系统的布局, 太平洋海域的布雷。另一方面, 在经济领域, 由于电话和通信事业的发展, 开始并推进了排队论的研究; 为了解决经济冲突和协调问题, 推进了对策论的研究; 经济的发展促进了宏观经济优化和控制模型的研究, 等等。战后这类研究更加活跃, 无论在理论还是实践的研究上都取得了突破性的进展。这些数学方法包括线性规划、整数规划、排队论、存储论、对策论、资源分配、运输问题和网络理论等。这些数学方法具有一定的共性, 即用搜索或其他的方法寻求实际问题的最优(或满意)解。人们把

这些数学方法统称为“运筹学”(operations research, OR)。运筹学一诞生就为IE研究人员所注意并加以应用。从此,IE中的许多问题(如存储管理、物料的调配和运输、工厂选址、设施规划、项目管理等)有了定量分析的数学工具。从理论上说,不管是工业企业还是银行、医院、学校的管理,有了运筹学这一数学工具,就可以进行建模和分析了。实际上,运筹学可以用来确认、规定和描述各种类型的系统,它是一种抽象的、通用的建模和分析工具,为设计更新、更复杂的系统提供了理论基础。至此,IE分析研究进入了定量化的阶段。

运筹学的产生和发展是与大型系统的规划和优化相关联的,如战争中的物资调度和规划,煤炭和港口运输的规划,关系国计民生的水、电、气、煤等公共事业的规划等。随着资本主义国家私有化进程的加速,生产中的反政府控制、反计划倾向日益增长;复杂多变的市场使得预测和计划愈来愈显得无力,管理更倾向于扁平化结构,控制方式已逐步从集中转向基层;新的管理理论,如学习型组织、虚拟企业、核心竞争力等不断出现并在实践中取得成效,这使得运筹学应用的比例和地位逐年下降。另一方面,后来的运筹学研究也存在只重视模型和算法的精巧性,忽视实际管理问题的复杂性等倾向,因此,进入20世纪90年代,运筹学研究和应用出现衰退。许多运筹学工作者经过反思,认为企业中有大量问题需要利用运筹手段解决,只要运筹学工作者走向实际,开拓新的应用领域,在生产、经营和解决社会问题等方面仍大有可为。特别在我国,经济处在高速发展阶段,经济的规划和宏观控制更显得重要,因此,运筹学是十分有用的工具。近年来,在许多理论和实际工作者的努力下,运筹学发展得更为柔性,可以融入决策者的偏好和判断,因而解决的管理类问题就更多。

在讨论IE分析研究的量化问题时,应特别提到美国贝尔实验室休哈特(W Shewhart)的统计质量控制。他在1931年出版的《制造业产品质量的经济控制》一书,就提出了用抽样检验原理对产品的质量进行控制的方法,但一直到二战前后才引起了广泛的注意,并导致了整个制造业的质量管理普遍而广泛地开展。在这一时期,概率论和数理统计方法也在IE研究中得到了应用。

战后,随着生产的飞速发展和学科理论基础的确立,工业工程得到了迅速的发展,1948年美国工业工程学会(AIIE)正式成立,紧接着在11所大学成立了分会。1949年6月,AIIE的会刊《工业工程杂志》出版(后来,1969年,该刊分成两种杂志:一种是《工业工程》月刊,主要刊登工业工程实践经验的文章;另一种是《美国工业工程学会学报》,主要刊登该专业的研究性学术论文)。至此,IE学科已经发展成熟。在美国,通常把工业工程与机械工程、电气工程、土木工程、化学工程并列为五大工程。

1.1.3 定量和精细化时期

运筹学的诞生为 IE 学科的发展奠定了理论基础。从理论上说,任何系统的规划问题都可以用运筹学方法进行建模和分析。但是,由于用手工解运筹学问题,计算量太大,以至于对实际问题,运筹学无能为力。20 世纪的 60 年代、70 年代数字计算机开始逐步普及,这为利用运筹学解决实际管理问题提供了现实可能的条件。有人举了这样的例子:假设有 70 条船向 70 个港口运货,要制订一个运输费用最低的方案,如果用枚举法计算,计算方案有 $70! \geq 10^{100}$ 个,这样的问题不要说用人工求解,就是用当今最高速的计算机求解也是不可想象的;但是,借助计算机用线性规划的单纯形法求解,只需几秒钟时间。这说明,运筹学与计算机的结合具有巨大的威力。目前,已经有一些运筹学软件(包括微软的 Excel)可供各种实际问题使用,效率比较高,这为 IE 问题求解的定量化和精细化提供了有力的工具。

在管理定量化和精细化方面,要提到的还有计划管理方面。从 20 世纪 60 年代开始,在美国企业中实施的物料需求计划(MRP),发展到现在的制造资源计划(MRP II)和企业资源计划(ERP),企业的计划工作的数量化和精细化方面已有了质的飞跃。像汽车、计算机、航天器这样的产品,其组成零部件数多到几万、几十万甚至上百万,采用人工编制包括原材料、零部件的采购、制造,以及机器装配的生产计划,需要几个月甚至更长的时间;而在市场信息千变万化的今天,生产计划的变动期已经缩短到周甚至到天。为了满足市场的需求,国际上的知名软件厂商开发了多种运行质量可靠的 MRP II 和 ERP 软件,为现代企业生产计划的数量化和精细化提供了有力的工具。

如前所述,由于经济的全球化发展,市场瞬息万变,计划和预测变得软弱无力,管理的精确化也遇到了空前的挑战。

1.1.4 经济全球化和网络化时期

20 世纪 90 年代以来,经济进入了全球化时代。全球化经济包括全球化制造、全球化市场和全球化服务。由于信息和网络技术的飞跃发展,地域之间的距离只存在于实物的运输方面。经济发达国家可以方便地将他们的技术和管理转移到国外,充分利用发展中国家的廉价劳动力和原料,在国外设厂生产,然后将产品就地或就近销售。有的则利用全球不同地区的不同优势,生产不同的部件,再送到第三地装配。这就是全球化制造。这对我国也不失为一种机遇。全球化制造迫使制造企业把注意力转向企业外部,因为这时企业仅依靠过去的单层和单纯的采购和销售网络已经不够了,供应商和客户都是多层的,而且制造商与多层供应商和客户只有建立了利益共享、信息共享、风险共担的合作关系,才能取

得“双赢”。这就是供应链管理。供应链管理是近年来 IE 研究的热门课题。

全球化市场的形成,使得企业的竞争焦点从质量、成本转移到如何更好更快地满足顾客多样化的需求上。一方面要求制造企业增加自身的柔性,能快速地开发适合市场需要的新产品,快速地进行工艺重组;另一方面,企业更需要寻求合作伙伴。由于市场的迅速变化,企业要快速响应这种变化,完全靠自己的资源往往是不可能的,譬如说,你万物具备,只缺一个关键设备,那你就得联合有这种设备的企业做你的合作伙伴。在网络时代,合作伙伴的信息比较容易找到。这种以一个制造企业为核心,联合一些合作伙伴组织的临时合作组织,就称为“虚拟企业”或“动态联盟”。这种组织之所以要冠以“虚拟”二字,就因为它不是一个有领导关系的组织,它只是为了生产某种产品或提供某种服务而组织起来的临时组织,成员之间只存在合同和利益关系,一旦任务完成,组织就解散。虚拟企业也是近年来 IE 研究的热门课题。

在经济全球化时代,产品的销售也会逐步网络化,至少有相当一部分产品可以网络销售。网络发展为许多企业的成功创造了机会,DELL 电脑的成功就是很好的例证。

从以上的简要叙述中可以看出,在经济全球化和网络化时期,信息技术是一种特别重要的工具和载体。没有信息技术的支持,经济全球化是不可想象的。

1.2 工业工程在工业先进国家的应用

大家知道,一个企业的基本任务就是以较少的投入,经过生产或运作过程得到较多的产出,以取得必要的经济效益和社会效益。要使生产过程能够高效地进行,生产运作管理是头等大事。生产运作管理的三个基本任务是:质量、成本、交货期,即所谓 QDC 管理。这也正是工业工程的基本任务。许多先进国家正是依靠 QDC 管理,使工业生产迅速发展并在竞争中获胜的。最典型的例子是日本工业生产的起飞。大家知道,日本在二战后,经济百孔千疮,产品质量低劣的状况没有根本改变,这成为制约日本经济发展的关键。后来美国教授戴明(W E Deming)和朱兰(J M Juran)去日本,从教育和培训着手,帮助日本改进质量,并大力普及和推广科学管理。20 世纪 70 年代在石油危机冲击下,日本又从生产管理入手,创造了一种以杜绝一切浪费为目标的准时生产制(JIT),后来它成为全世界公认的生产管理最好模式之一。日本主要通过生产管理的不断改进,终于在 1980 年,在汽车、家用电器、造船、钢铁和机械等许多领域超过美国,并占领了世界市场。在 80 年代,日本大量收购了美国的若干大型企业,在这种情况下,有人甚至主张美国退出整个制造业。美国的制造业曾称霸世界,但没有竞争的威胁就容易停滞。著名的管理专家怀特(O Wight)在这时考察了美国的一些

典型企业,发现了许多由于管理不善而出现的生产混乱现象,如质量不稳、库存增加、交货延误、顾客取消订单,等等。他及时提出“制造业是社会财富的基本源泉”的著名论断,并大力推进管理改革;著名大学 MIT 还组织了一批教授和专家,花巨资对日本的汽车生产管理进行了长时间深入的考察和研究,将日本汽车生产的管理方法定名为“精益生产”(lean production),并结合美国实行 MRP II 的经验,提出了一整套管理改革的建议方案。经过 10 年的努力,美国反败为胜,到 1990 年又在汽车、微电子、计算机等许多行业再次领先。在美国《商业周刊》的 1990 年世界企业排名表前 50 名中,美国占了 28 名,第一名是美国通用电气。美国在管理方面接受了过去的经验,又根据近年来市场需求的变化,提出了一系列改革思想,如可重组制造、虚拟企业等。

日美竞争的事例,证明了管理是决定国际竞争成败的关键武器。研究证明,20 世纪 90 年代美国生产率每年平均递增 2.5%,其中劳力因素为 0.5%,资金因素为 0.4%,管理因素为 1.6%,而管理因素中生产管理是主要因素。在先进国家中,生产运作管理工作主要由工业工程师担任。研究已经证明,像 JIT 和 MRP II 这样现代化的管理模式,由工业工程师来做是最合适的。因为,管理这种模式的人员既需要有较强的工程背景又要懂得管理,还必须具备熟练的计算机应用能力。这三方面能力的培养正是工业工程专业教学所并重的。

IE 发源于美国,1948 年成立的美国工业工程师协会(AIIE),到 1981 年,AIIE 的会员已遍及世界 80 多个国家,后来通过会员投票,将 AIIE 改成 IIE。去掉代表美国的 A 字表明,工业工程专业已是世界性的专业了。与此同时,工业工程的教育也有很大的发展。到 1990 年,美国有 150 所大学的工学院设有工业工程系,其中 92 所经美国工程技术资格评定委员会(ABET)论证通过,可招收硕士生。1960 年前,IE 专业毕业的博士总共不到 100 人,可是到 1990 年,每年就有 175 名 IE 博士生毕业。在美国、日本等国的大中型企业,都设有工业工程部,并设有工业工程师职业岗位。随着软科学在企业发展中重要作用的增大,工业工程师就业人数的比例也逐年增加。据美国劳动统计局的统计,1990 年,美国工业工程师就业人数已占全部工程师就业人数的 8.9%,预计到 2000 年还要增加 19%。

美国国家研究院提出的 2020 年制造业的六大挑战和 10 项技术(内容见第 14 章),有一半是与工业工程的研究领域有关,如并行工程、可重组制造、企业建模与仿真、人员的教育和培训等。

1.3 工业工程引进我国后的迅速发展

解放前,我国的一些大学设有与 IE 类似的系科,如国立交通大学在 20 世纪

30年代设有“实业工程”系。解放后,我国长期实行计划经济,与国外又很少交流。因此,工业工程系在高校院系调整后被取消,直至改革开放后的20世纪80年代末才受到国人的注意。我国原机械工业部在1990年初完成了关于在我国推广应用工业工程的可行性研究,并成立了相应的研究机构。1990年6月在天津召开了我国第一次IE学术会议,在会上成立了IE研究会。同年12月,上海机械工程学会成立了IE分会。与此同时,原国家教委开始考虑IE人才的培养问题,1992年9月,开始招收IE专业的“自学考试”的本科生。1992年9月,经原国家教委批准,西安交通大学、天津大学开始招收IE专业本科生,清华大学等开始招收IE专业的硕士生。以后,我国的许多名牌大学纷纷成立IE系,开始IE专业的学科建设。到目前,我国设有IE专业的高等学校已有70多所。1996年,上海交通大学与德国Springer出版社合作,主编并出版了《工业工程与管理》杂志,不久,广东工业大学也主编并出版了《工业工程》杂志。在主管部门的支持、推动和IE专业人员的不懈努力下,IE的理念开始为我国企业的高层领导和许多管理人员所接受,IE技术和方法也开始在一些企业特别是合资企业推广应用。但总的来说,在我国工程技术人员和管理人员中了解IE的人还不多;应用IE技术获得巨大经济效益的企业还很少。特别是,在我国的国有企业中还没有建立起“工业工程师”岗位责任制度,这在很大程度上阻碍了IE在我国企业的推广。

在论述我国工业工程研究和应用状况时,很有必要提一下与工业工程相关的专题研究的发展。其中之一是我国的质量管理;之二是计算机集成制造系统(CIMS)的研究。这两个专题在研究或实施方面都做得相当出色。

质量管理实际上是工业工程专业内容的一部分。一个发展中的国家要振兴工业,在千头万绪的工作中,有一个关键的工作就是不断提升产品的质量,这就得靠质量管理。有鉴于国外的经验,我国在改革开放后,在高速发展工业生产的同时,在企业中普遍开展了全面质量管理工作。1997年成立的“中国质量管理协会”(现改名为“中国质量协会”)及其各省市分会,为在我国推行全面质量管理做了卓有成效的工作。现在,全国已有3万个团体会员和30多万个人会员,企业基层的QC小组已有1000多万个。ISO 9000,ISO 14000及HSAS 18999的认证工作正在全面开展之中,全国已有30多家经过权威部门批准的认证机构,接受企业认证的申请。上海市质量管理协会是全国最大的一个分会,有团体会员1100个单位,设有上海质量科学研究院、上海质量体系审核中心、用户评价中心、上海朱兰质量研究院和上海质量管理教育培训中心等实体机构,还出版了《上海质量》杂志。由上海质量体系审核中心通过质量认证的企业已有3000余家。

CIMS研究是在1986年我国实施“863”计划时开始的,它的原意是各项单

元技术通过计算机予以集成,单元技术包括:加工中心、计算机辅助设计及制造(CAD,CAM)和计算机辅助生产计划(CAPP)等,目的是借鉴北美和欧洲全盘自动化的经验,推动我国先进生产技术的发展。CIMS这个项目的研究与实践,由于得到高层领导的高度重视、政府部门的大力支持和有一批知名专家的直接参与,因而,不管在经费的支持力度、参与研究人员之多和研究成果推广的广泛性,在我国研究历史上都是空前的。现在我国已建立了国家CIMS工程研究中心和若干个CIMS国家实验室;数以百计的项目研究计划已经完成并通过验收;一批CIMS示范工程已经运转,几乎每个省、市都有,有些示范工程,如北京第一机床厂、山西经纬纺织机械厂、成都飞机制造厂等都取得了很大的成绩;据了解,我国已经引进了1000多套制造资源计划软件(MRP II),有一部分运行得很好;1996年,国家又将CIMS列为“九五”计划的15项重点科技项目之一,并且仍会被列入“十五”研究计划之中。当然,由于国际上的一些工业先进国家放慢了制造业自动化的步伐,我国的这项研究计划也作了调整,即放慢了发展速度,提出了“效益驱动、总体规划、分步实施、重点突破”的指导方针。但是,由于这项研究的广泛性,我们企业的高层领导、广大工程技术人员和大学师生普遍地接受了一次先进制造技术和现代管理理念的教育。我国已经闭关锁国许多年,我们需要这些现代理念和先进的方法。当前,全球性经济已经到来,顾客需求日益多样化,市场也瞬息万变,竞争愈演愈烈。为了能够在这种环境中保有竞争力,企业不但要有先进的生产设施,特别需要先进科学的管理方法,以便能快速地响应市场。近年来在管理方面出现的一些新理念和新方法,例如:顾客潜在需求的探求、企业过程重组、虚拟企业(或动态联盟)、供应链管理、双赢战略,等等。随着CIMS研究的开展,这些先进的管理理念广泛地传播开来,这些也都是近年来国外工业工程研究的热点。可以认为,CIMS是IE的兄弟,或者说CIMS本身就是IE研究的范畴。从项目内容看,CIMS是先进制造技术和现代工业工程方法结合的技术。

1.4 工业工程学科定义和工业工程师的职能范畴

1.4.1 工业工程的定义

工业工程学会(IE)对工业工程所下的定义如下:“工业工程是研究由人、物料、信息、设备和能源构成的集成系统的设计、改进和实施的。它应用数学、物理学和社会科学的知识和技能,结合工程分析和设计的原理与方法,去说明、预测和评价由这样系统得到的结果并予以改进。”由此可见,工业工程是培养具有综合管理能力的工程管理人才。分析这个定义,可以认为工业工程具有如下一些

特点:

(1) 工业工程师所设计或运行的系统是包括人在内的系统,这就要求工业工程师不但应有扎实的自然科学基础知识,而且还必须具备社会科学和人文科学的知识,懂一些人的生理和心理特征,能处理好人与人、人与物的关系。关于这个问题我们将在以后再作讨论。

(2) 与早先 AIIE 的定义比较可知,在上面定义中的系统,增加了信息和能源两个重要的元素。时代发展到今天,任何一个高效运行的生产或服务系统,如果没有信息流和物流同时流动,那么生产中的物流都不可能通畅、及时、高效地流动,因而,整个生产系统就不可能很好地运行。在这里,能源不仅作为系统的动力,显示了它的重要性,而且节约能源问题也已是摆在人类面前的重大课题。

(3) 工业工程不仅要设计新的生产或服务系统,而且更强调要改进现有的系统。在通常的情况下,设计的新系统往往是从老系统进行改进得到的。改进或改善的主要对象是正在运行中的系统。“不断改善”是工业工程师所不懈追求的。

(4) 不懈追求“不断改善”,就必须对“改进”进行评估,这只是从一个具体改进说的。对一个企业,还必须从整体方面进行改进。目前,在国际很流行的“水平比较法”(benchmarking,或译为“标杆管理”)就是企业追求不断自我完善的一种方法,是一种“树立一个样板,把自己与之对比从而找出差距,不断改进”的管理方法。

(5) 工业工程师设计的生产管理系统,应该是集成的系统,追求的是企业的整体效益。

讲了工业工程的定义,我们就自然地要提到“系统工程”。自从 1957 年“系统工程”一词确立以来,这一学科一直在发展,至今对这一学科还没有统一的、权威的定义。我们参考了有关文献,把它定义如下:“系统工程是通过对系统的分析、规划和设计,以充分发挥系统中物料、设备、人员和资金的作用,达到最佳效果的一种理论性的技术。”将这个定义与工业工程的定义比较可以看出,二者是非常相似的。我们可以说,工业工程是系统论的一种具体应用。系统工程的数学基础是运筹学,它的方法学基础是系统论。因此,我们不把系统工程看作是工业工程的数学基础;但是,从方法学上讲,系统工程也是工业工程的基础。事实上,我们后面各章所要讲的工业工程方法,其基本原理都是建立在系统工程的方法基础上的。

1.4.2 工业工程师的职能范畴

根据工业工程的定义和先进国家的实践经验,我们将工业工程师职能范围归纳为如下几个方面:

1. 产品(或服务)的预测和决策

- (1) 市场调查与预测;
- (2) 新产品开发可行性和前景分析;
- (3) 新产品开发的组织、计划和控制。

2. 生产系统设计和计划管理

- (1) 根据产品特性和产量,选择合适的生产组织形式;
- (2) 根据生产组织形式,设计物流系统,选择设备并予以合理布置;
- (3) 确定合理的库存并编制外购件的采购计划;
- (4) 进行能力规划,合理分配资源;
- (5) 制订综合生产计划、主生产计划、物料需求计划和作业计划,检查计划执行情况并及时予以调整;
- (6) 必要时进行仿真,以修改和完善所设计的系统。

3. 全面质量管理

- (1) 建立质量保证体系;
- (2) 协助或进行关于质量管理的 ISO 标准认证;
- (3) 组织并进行统计过程控制;
- (4) 组织质量控制(QC)小组活动,推行持续改进行动计划;
- (5) 建立质量检验和质量抽查制度并检查执行;
- (6) 协助高层领导制订质量方针和质量目标。

4. 人因工程和工作设计

- (1) 研究科学合理的工作方法并予以标准化;
- (2) 根据标准工作方法,进行时间测定,制订工时定额;
- (3) 研究激励机制,确定合理的报酬制度;
- (4) 设计良好的工作点及其周围环境。

5. 项目管理

- (1) 项目的可行性论证;
- (2) 组织合理的项目管理机构;
- (3) 制订项目执行计划(网络计划)并予以控制;
- (4) 进行项目经济预算和核算。

6. 经济学分析

- (1) 可行性分析;
- (2) 投资风险决策分析;
- (3) 成本分析。

7. 管理系统设计

- (1) 确定组织的短期任务和长远目标;
- (2) 设计组织机构系统,确定机构的职能及其划分;
- (3) 对组织系统效能进行评估,以建立高效能的组织系统。

以上是一个不完整的清单,但从这个不完整的清单已可看出,工业工程师的职能范围是很广泛的。当然,对于一个工业工程师来说,在一定时期,他工作的范围可能是其中的一项或几项。

本书将根据上述的职能范围所用到的技术和方法,择要予以讲述。

1.5 工业工程在我国各类企业应用的前景

1.5.1 让工业工程师进入国有企业

改革开放以来,我国经济有了很大的发展,国民经济运行质量也有很大的提高。像上海这样的先进工业城市,国民经济的运行质量已经接近国际先进水平。根据上海市有关部门的统计,4个主要总量数据指标如下:

- (1) 资产负债率为 50%;
- (2) 净资产利润率为 9%~10%;
- (3) 工业产品产销售率为 98%;
- (4) 企业亏损面低于 20%。

但是,上海是我国惟一的具有多种经济成分组合的现代化工业城市。像“宝钢”、“上汽”这样的国有控股企业,无论在生产规模、设备先进性还是管理现代化方面,都可以与国际先进企业媲美,还有许多中外合资企业。所以,上海的经济运行状态良好是理所当然的。但就全国来说,有这样良好状况的城市很少。

国有企业是国民经济的支柱。在我国大型企业中,国有企业的资产占 74.7%,职工人数占 83.4%,工商税收占 80%。改革开放后,我国的 GDP 每年增长 10%,这两年略有下降,但仍保持 7% 的增长率,这是许多先进国家所不能达到的。这也主要是国有大型企业的贡献。

由于种种原因,国有企业的生产状态并不好,存在一些困难和问题。这些问

题可概括如下:

(1) 生产率低。作者没有掌握我国生产率水平的全面资料。但就作者知道的钢铁工业而言,我国几个大型老钢铁公司的生产率只有先进国家的 5%。从管理者角度看来,生产率高是比 GDP 增减更为重要的数字。

(2) 生产能力利用率低,主要工业品生产设备利用率约为 50%~60%,先进国家的生产能力利用率一般在 80%~90%之间。

(3) 产业结构不合理,造成产品过剩,积压严重,1998 年全国工业品库存达 6301 亿元。

(4) 产品合格率低,经济效益差,亏损严重。近年来国有生产企业生产状况有了较大的改善,但从绝对值看,问题仍然严重。

(5) 资产负债率高,1998 年,国有工业企业资产负债率高达 106%,相互拖欠严重,1998 年应收账款累计达 12178 亿元。

(6) GDP 增长较快,但属于粗放型,即主要依靠简单再生产取得的。我国资本和劳力投入的贡献率达 72%,而科技的贡献率只有 28%,在先进国家中,这二者依次是 30%和 70%。

(7) 劳动者技术水平低,缺少培训,不能适应产品结构的变化和日新月异的科技进步要求。

国有企业存在的问题是我国 30 多年来特有的历史造成的。改革开放以来,中央已出台了一系列方针政策,其中关于所有权和经营权分开的方针,正是为了解决这个问题的。最近,国家有关部门提出,国有企业要从 140 多行业撤离;对 130 多个重要行业进行一定的控制;国家只对军工、电力等 15 个特别重要的行业实行垄断。这样做能把主要精力集中于搞好作为国民经济支柱的大中型国有企业。只要切实按照中共中央十五届四中全会关于国企改革发展的决定,进行产业重组,建立公司法人治理制度,明确股东会、董事会、监事会和经理层的职责并切实实行,那么,国有生产企业就有搞好的基础,在此基础上就有可能进行科学管理。

为了改善国有企业的经营管理状况,我们提出如下几点建议:

(1) 在经理层进行现代管理方法的研讨。可以用讨论班的方法让经理们了解现代生产管理技术。最基本的还是 QDC 管理,当前在我国最重要的还是全面质量管理。虽然,从国际范围来说,依靠质量来取得竞争优势问题已经解决,但对我国来说,这个问题还远未解决。正如美国质量管理专家戴明所说的,没有高质量的高层领导,不可能有高质量的产品。要像日本在工业发展和经济起飞时期那样,从总裁开始到每一个操作工人都参与改善和提高产品质量的工作。除了 QDC 管理外,还应该让经理们了解管理科学的现代发展,例如:捕捉顾客的潜在需求的技术,快速响应市场的技术,可重组技术,虚拟企业,供应链管理,

仿真技术,等等。

(2) 对广大操作人员普及科学管理知识。泰勒所倡导的科学管理并没有过时。我们老一辈知识分子可能知道对泰勒的批判,而年轻人可能还不知道泰勒是何许人。我们应该大量出版科学管理小册子,广泛宣传经典的“工作研究”。其实,我国在20世纪50年代和60年代,曾出现了全国钢铁劳动模范王崇伦和全国纺织劳动模范郝建秀那样的优秀操作工人,他们实际上就是我国“工作研究”的先驱。我们应该继续发扬这种不断改革操作技术的革新精神。

(3) 培养工业工程师。我国国有大中型企业目前还没有设置“工业工程师”岗位。先进国家的经验证明,IE技术是一种从“大处着眼、小处着手”,帮助企业不断改善自身经营状况的技术。譬如,不断改进产品质量,不断降低生产成本,提高快速响应市场的能力,保证按期交货,减少库存积压,加速资金周转,等等,总之是帮助企业提高整体效益的。工业工程师正是为了解决以上问题而工作的。生产的具体管理操作是工业工程师的任务。企业的生产管理事务是非常具体和琐碎的,需要既懂技术又懂管理的管理工程师来做。作者建议在大中型企业普遍建立工业工程部,加紧工业工程师的培训。可以从现有的年轻工程师中选拔进行业余培训,拿到上岗证书后担任工业工程师。当然,从长远来看,应集中力量办好高校IE专业的各层次教育的建设。目前,教育部已批准在若干高等学校设立IE专业工程硕士班,这是培养工业工程师的好方法。

(4) 广泛宣传普及工业工程管理知识。前面讲过,工业工程目前在我国还鲜为人知。对学校来说最基本的任务是培养成千上万的管理人才,特别是培养一大批懂技术会管理的人才。对生产第一线的工人和技术人员进行培训也非常重要。这些正是工业工程教育的基本任务。据我们了解,先进国家在生产发展过程中,尤其在经济起飞之时和生产转折时期,特别重视生产管理知识的普及教育。例如,日本为了推行全面质量管理,许多工厂将全体工人和职员轮流培训一遍。泰勒的一本关于动作研究的科学著作的发行量竟达到200多万册,这也是一个侧面的例证。美国生产与库存协会(APICS)为了宣传推广物料需求计划(MRP)这一崭新的生产管理方法,曾于1971年组织由1000多名管理技术人员组成的宣传队,到千余家企业帮助工作,对推动物料需求计划的广泛应用起了很大的作用。

1.5.2 服务业的管理是一个未开发的处女地

服务业包括广泛的领域,如宾馆、餐饮、医院、学校、金融、娱乐、法律服务、商业服务,以及政府部门等。在美国,服务业的总产值、就业率及出口率都已达到70%以上。当然,工业与服务业的界限还比较模糊,制造业中的售后服务属于服务业,制造业中还有许多业务,如信息和咨询等,已经从制造业中独立出去了。

从制造业中发展起来的工业工程的许多基本方法仍然适合于服务业,如麦当劳这样的餐饮业,它的食品制作是一种小批量甚至是大批量生产;它与生产企业一样有严格的质量控制标准(包括产品和服务),有一套严格的生产过程管理和控制方法。但服务业也有着许多与制造业不同的特点,譬如:它的产品(服务)不能储存,服务和被服务对象大多是人,它的质量难以测量,等等。国外近年来已经研究出一些适用于服务业的管理方法。据介绍,他们的服务走过了四个阶段,就是:坐等顾客服务,上门服务,利用差别赢得竞争优势,世界级服务公司等。我国服务业的管理几乎还是一个处女地。

1.5.3 工业工程师在外资企业大有用武之地

最近几年,我国在利用外资方面稳定发展,截至1998年9月,实际使用外资金额为2532亿美元。越来越多的跨国公司把我国作为直接投资的重点地区,资金密集和技术密集型的大型企业项目大幅度增加。据预测,在21世纪,我国有可能成为世界制造中心。这对我国产业结构改造,技术更新和建立现代企业制度都有很好的借鉴作用。外商投资企业已成为我国进出口贸易的主力军,其贸易额占我国进出口总额的56%。

目前,在我国的外商投资企业的特点是引进技术,新产品的研究开发和产品的生产工艺研究等大多不在我国进行。因此,这些在华企业的日常工作就是生产管理。他们的管理毫无例外地应用IE的方法,工业工程师大有用武之地。目前,因我国高等学校的IE专业毕业生还供不应求,一些外资企业不得不请高校为他们专门培训人才。

1.6 管理学的一般原理

1.6.1 管理的基本职能

管理一般定义为:是综合应用人、财、物、信息等资源,通过计划、组织、领导和控制等职能的行使,达到预定目标的过程。因此,管理就是行使这四个职能而达到目标的过程,而评判管理的绩效,就在于合理地应用和调配资源,高效地达到目标。当读者读到前面叙述的工业工程定义时会发现,这二者的定义是非常类似的,但工业工程的定义更加具体。下面简述一般管理的四个职能。

(1) 计划(planning)成称规划,是四个职能之基础。规划为组织设定目标,为组织的每一个组成单元和每一个成员制订行动方向。为完成目标,规划必须合理地调配资源,决定人员的数量和分工。

(2) 组织(organizing)是为了实现计划目标而进行的机构组建,并决定机构

各部门的分工和各自的职责,使各个部门连成一个有机的组织网络。由于组织的环境总是在不断地变化,因而,组织系统不是一成不变的。为了使信息传递顺畅、决策迅速,现在总是以扁平结构取代传统的纵层结构。

(3) 领导(leadership)的职责在于选择适当的工作人员,指派他担任结构中的职位,然后,引导他们达到预定的目标,用适当的方式让组织成员间沟通,使得全体成员能够彼此有效的合作;同时要创造良好的工作环境和文化氛围,让全体人员心情舒畅地完成自己的任务。运用适当的激励方式,鼓励员工不断进取,也是领导的重要工作之一。

(4) 控制(controlling)的任务是不断调整过程中出现的某些偏离,以保证计划按既定方向达到预期的目标。控制的内容,包括建立绩效评判标准,记录过程的各种重要参数,当发现实际的运行状况与原来的计划有偏离时,提出纠正对策。控制的重要之点在于,所制订的绩效标准必须正确、可行,还要经常监测过程是否持续和正确进行。

1.6.2 管理发展的三个阶段

李天和院士把管理方法的发展概括为机械模型、生物模型和社会模型三个阶段,其基本内容如下。

1. 机械模型

机械式的管理模型把一个组织看成类似于一台机器,把组织中的工人看作是机器的零件。把企业的生产过程看作是把投入变为产出。每一工人被安排在一个特置的、相互独立的工序中。只要工人按照规定的作业进行周而复始的操作,且按预期投入,企业就会生产出产品。机械模型假定环境不变,组织中的人就像机器的零件那样完成任务,而没有其他的目标。这种模型是20世纪初企业管理普遍采用的方法,最典型的是福特的汽车生产流水线,在流水线上某一工序(譬如拧螺栓)的工人,他的手臂就像机器中的连杆,不停的运动。福特汽车生产流水线曾创造了汽车生产空前高的生产率,但一条流水线只能生产一种型号的汽车。机械模型就像一台机器那样做一些重复的工作。

2. 生物模型

生物式的管理模型体现了组织与生物体的相似性。模型中的工人是生物的人的手臂、腿、感觉器官和其他器官。一个工序、一条流水线中的工人群众,从总体上最大限度地满足生物体的需要。与机械模型不同,生物模型的各个部分分别按自己的程序进行工作并相互交流,而不是按控制中心提供的程序工作。例如,没有大脑有意识的命令,心脏也能按自己固有的方式响应身体其他部分的要

求,快速调节供血量。在生物模型中,最高管理层的工作就是决定生物体总体上要完成的工作,观察各部分的运行状况,对产出无法令人满意的部分给予调整。与机械模型不同,生物模型可以适应变化的环境,但假定环境变化是缓慢而且是可以预测的。但是,不管是哪一种生物,一旦变化超过了该生物体的调节能力,那么这种生物体就会死亡。在 20 世纪的大部分年代里,发展壮大是确保一个公司生存的方式,这种生存方式被美国绝大多数公司所接受。生物模型就像一个生物体那样以不同的方式应付所处的环境,但受到该物种的内部功能和进化速度的限制。

3. 社会模型

社会式的管理模型把一个组织比作是一个由各个个体组成的社会,在社会中,每个个体都能独立思考和学习。在这个模型中,社会的各个个体之间存在相互影响、彼此适应和相互依存的关系。这种模型非常适合变化而又无法预测的环境。就是说,社会模型是“学习系统”的基础,它必须不断地学习以具备适应不断发展要求的能力。社会模型中的最高管理层任务是,创造一个学习型组织,设计一个令人向往的未来并找到通向它的途径。特别重要的是,通过管理好社会中的各个个体和组织成员之间的相互影响来达到目的。由于整体中有许多相互独立的个体,因此模型有许多不同的目标,例如,员工的目标、公司的目标和社会目标。社会模型就像一个人类社会,它有文化发展的功能,能快速地适应并学习新的技能,能够以非“代代相传”的方式“记忆”和传递知识。当今社会是快速变化的社会,交通缩短了地域间的距离,而通信则把这个距离缩短到零。社会模型适应了今天飞速发展的需要。

1.6.3 行为科学理论

行为科学家麦格雷戈(D M McGregor)说过,我们已经相当肯定,在恰当的条件下,在组织环境中,人力资源可以发挥难以想象的创造力。100 多年来,西方管理学家对人的需求、人的行为动机,以及如何挖掘人力资源的创造力等方面进行了长期的研究,发表了许多研究报告和论著,形成了多种学派。工业工程师是做生产或运作管理的,如果不充分理解系统中的最重要的人及其作用的话,就无法搞好管理工作。由于本课程的性质,我们不可能对这个问题展开深入的讨论,但为了借鉴西方的经验,下面简要地复述一下他们的主要观点。

1. 霍桑实验

行为科学理论是梅奥(Elton Mayo)为代表的理论。他根据在美国西屋电气公司进行的著名的“霍桑实验”提出,新型的领导应通过提高职工的“满足度”

来激发职工提高劳动生产率。1924年至1927年,在美国西屋电气公司的霍桑工厂进行了一次关于工人的操作效率与工作条件间存在何种关系的研究。试验的结果出乎人们的意料:工人操作效率是否提高与操作条件和环境几乎没有关系。试验人员无法解释这一现象,也不敢公布试验结果。后来,心理学家梅奥来到霍桑工厂,他从1927年开始,断断续续地又进行了长达9年的试验。梅奥的结论是:工人并不把金钱作为刺激积极性的惟一动力,在物质之外还有社会和精神方面的需求,而且在某些情况下后者更为重要。

2. 需求金字塔

马斯洛(A H Maslow)于1943年发表了他的著作《人类动机理论》,提出了著名的“人类需求金字塔”理论。他认为,人的基本需求是由生理需求、安全需求、情感需求、受到尊敬的需求,以及实现自我的需求等构成,而且需求本身是按照优势需求的等级排列的,就是说,一个需求的出现往往是在另一个更占优势的需求已经得到满足之后。

(1) 生理需求。这是一切需求中最占优势的需求。道理其实很简单,你如果受到饥饿的威胁时,你最占优先的需求是找到食物,你的一切智能都会为满足饥饿的需求服务;一切对于这个目的不起作用的智能器官都会处于休眠状态。当然,在正常运转的和平社会里,饥饿的威胁已不复存在了。当这种生理需求已经得到满足时,那么,新的、更高的需求就会出现。

(2) 安全需求。在和平和顺利运行的社会中,人们的安全已经能够得到保障,因此,安全需求就会转到职业的保障、健康保险等。其实,安全需求有更广泛的含义,包括人们喜欢熟悉的环境而害怕陌生的事物,甚至科学也是为了安全需求而产生的。

(3) 情感的需求。如果生理需求和安全需求都已很好地得到满足,就会产生情感的需求,就会产生迫切需要妻子(丈夫)、儿女和亲人的愿望。在社会的精神病态和其他情感的恶性事件中,爱情受阻抑是最常见的原因之一。

(4) 受尊敬的需求。在我们的社会中,所有的人都希望有基础稳固的自尊、自重并得到别人尊重的欲望。所谓基础稳固的自尊,就是他具有以真实的才能、成就并受到别人尊敬的基础。这种需求可分为两类,一是那种要求力量、合格、成就,要求面对外界的信心,以及要求自由和独立的欲望;二是可以称之为威信或名誉需求,就是希望别人尊敬、表扬、重视或赞赏的欲望。自重得到满足,会使人感到自信、有价值、有力量、有能力并适于生存,对世界有用和必需。

(5) 自我实现的需求。当以上的需求都得到满足之后,人们还会常常想到自己还必须做一些适合自己做的事情,否则,很快就会感到新的不满足。“我能做什么,我就必须做什么”,这就是一个人的追求。这种需求与一个人的兴趣有

很大关系。有人想成为电影明星,有的则想做一个模范母亲,等等。

马斯洛的需求金字塔理论,曾受到不同的评论。

3. 满意和不满意的因素

20 世纪 50 年代末,赫茨伯格(F Herzberg)等人曾对美国匹茨堡地区各行业的 200 名工程师、会计师,进行了一次关于他们工作的满意和不满意因素的面谈调查,这就是有名的“匹茨堡调查”。按照这个调查,导致工作满意的因素主要有下面 5 种:

- (1) 成就感(在谈话中出现的频率平均达 40%);
- (2) 受到赞赏(在谈话中出现的频率平均达 32%);
- (3) 工作本身(在谈话中出现的频率平均达 27%);
- (4) 责任心(在谈话中出现的频率平均达 24%);
- (5) 进步感(在谈话中出现的频率平均达 20%)。

谈话出现频次最多的因素并不是满意持续时间最长的因素。在上述 5 种因素中,满意持续时间最长的是责任心。“受到赞赏”是指对工作成绩的认可,而不是为了改善关系而采取的姿态,后者是不能让职工满意的。

值得注意的是,导致工作不满意的因素,很少是由于缺少上述 5 种满意因素所致,而是如下的 5 种因素:

- (1) 公司的政策和管理模式(在谈话中出现的频率平均达 31%);
- (2) 上级监督(在谈话中出现的频率平均达 20%);
- (3) 工资(在谈话中出现的频率平均达 19%);
- (4) 人际关系(在谈话中出现的频率平均达 15%);
- (5) 工作条件(在谈话中出现的频率平均达 11%)。

分析上述调查结果,可以得出两个很重要的结论:① 导致工作满意的因素与导致工作不满意的因素是相互独立的;② 工作满意的对立面不是工作不满意。这些结论对于考虑如何激励员工的工作积极性是有帮助的。

赫茨伯格根据对满意和不满意根源的分析,概括出人们具有的两种极端心理调节:

(1)“激励性调节”,这是积极向上、心理健康的自我调节。这种人的最高理想是成功地避免不利的环境因素,最大限度地发挥自己的聪明才智,成功地实现既定的目标并实现了自我。

(2)“保健性调节”,这是从保健因素中追求舒适环境的调节,他们的满意感主要来自环境。这种人也能取得相当多的个人成就,但不会导致成长,因为保健因素的满足是暂时的。

很多人的调节类型可能是属于中间状态的,例如,他虽然追求成功并且也取

得成功,但在保健因素方面得到甚少,因而产生了对生活回报的不满。这虽然对心理健康没有影响,但却变得心情不愉快了;又譬如,属于“保健性调节”的人,如果他追求的保健因素总是不能满足,他就会成为“心理缺陷者”,等等。

4. 永久的三角

关于人事管理,一般认为有3种最基本的思想,这就是:

(1) 组织理论学派。他们认为,人的需要是无理性的、多种多样的和多变的。因此,只要把工作按合理的方式组织起来,就能够获得最有效的工作结果和最完满的工作态度。

(2) 工业工程学家。他们强调,要设计好的生产或运作系统,把操作人员置于最有效率的工作过程环境中,就能最大限度发挥他的效能。

(3) 行为学家。他们更注重群体情绪、职工的态度及人员所处的社会和心理环境。他们认为,人事管理工作主要应该集中在人际关系教育上,希望由此使员工产生健康的工作态度,创造一个符合人类价值观念的工作环境。

1968年,赫茨伯格发表了《再论如何激励职工》一文,把人事管理的这3种基本思想称为“永久的三角”。赫茨伯格认为,他的“激励-保健因素”理论与工业工程理论占据三角形的同一顶角,但着眼点却不相同。激励-保健因素理论不是通过使工作的合理化来提高效率,而是认为只有丰富的工作内容才能有效地利用人力资源。持这种观点的学者认为,靠外力激励是不能持久的,因为,如果他只是靠一次外力推动才动一下,那他就会需要第2次、第3次外力推动。只有当他不再需要外部的激励了,只有当他觉得自己需要那样做的时候,他才会自觉持久地去做。他们主张工作丰富化,而不是职务扩大化。

在我们看来,可以把永久的三角的3类管理理念集成起来,取长补短。作为一个工业工程师,他的主要任务就像它的定义所说的,是应用科学的管理方法对生产或运作进行管理,但决不应该忘记,管理中人的因素是第一位的,这就需要像行为学家所说的,要特别注重群体情绪、职工的态度及人员所处的社会和心理环境。从社会的发展来看,增加工作的丰富化是要逐步实现的目标。

第2章 生产率和竞争力

向社会提供产品和服务是一切组织存在的基础。而不断提高生产率则是一个组织维持和发展的决定因素。产出与投入之比率就是生产率(productivity)。在生产运作和产品销售正常的情况下,生产率是衡量一个企业乃至一个国家生产和经济运行状况的重要指标之一。工业工程师的职责是进行生产和运作管理,他应以提高企业的生产率为己任,其出色工作的结果应该反映在不断提高的企业生产率上。效益与企业获得的利润有关,而竞争力则是企业的产品或服务能否占领市场的重要因素。因此生产率、效益和竞争力有密切的关系。本章只对生产率和竞争力的概念做简略地讨论,以期了解管理与生产率的密切关系。下一章将分析与企业效益有关的问题。

2.1 生产率的含义

2.1.1 全部要素生产率

生产率的最简单定义是：产出和投入之比。然而要仔细分析不同的投入和不同的产出，生产率的种类则有多种。全部要素生产率就是把所有的生产资源都作为投入进行计算。美国 Caig 等人提出了一个实用的测定公式如下：

$$TP_t = \frac{Q_t}{I_L + I_C + I_R + I_Q} \quad (2.1)$$

式中

Q_t ——在时段 t 内所生产的产品总量；

I_L ——在时段 t 内所消耗的全部劳动力费用；

I_C ——在 t 时段内消耗的全部资本；

I_R ——在 t 时段内消耗的全部原材料和外购件的费用；

I_Q ——在 t 时段内消耗的其他劳动力、原材料等的费用。

在用上式计算时要注意， Q_t 要采用净产值，即只计算此项生产或服务工程中增加的价值，就像计算 GDP 值那样；同时注意，公式中的所有元素都要化成基准年货币单位（元）。

2.1.2 部分要素生产率

全部要素生产率比较全面地反映一个企业的生产情况，但计算或测定比较复杂。对于一个企业来说，经理们关心的可能是某个单项因素的生产率，以便找出提高生产率的方向。例如，工人的一个标准工时生产产品的数量，这就是劳动生产率；企业资金在生产中的作用如何，即单位资本的产出，这就是资金生产率；此外，还有设备生产率、材料生产率、能源生产率等。这些统称为部分要素生产率。部分要素生产率的测定相对容易些，且非常有用。

2.1.3 国家生产率

一个部门乃至一个国家，也必须定期计算或测定生产率，以了解部门或国家的生产率状况。国家生产率是各部门的数据汇总而成的。也分为全部要素生产率和部分要素生产率。全部要素生产率的产出通常用国民生产总值（GNP）计算，但由于统计 GNP 较为困难，故也可用国内生产总值（GDP）计算。全部要素生产率的投入包括劳动力费用和生产中所花费的全部其他费用。

部分要素生产率的最重要的是劳动生产率，它的产出也是 GNP 或 GDP，投

入则是劳动力费用,通常是以劳动者平均每小时的产出表示。另一个重要的部分要素生产率是资本生产率,它的投入是全部资本。

国家生产率通常用不同时期的相对提高或降低的百分比表示。表 2.1 是美国在 20 世纪不同阶段的生产率增加的比率。

表 2.1 美国 20 世纪不同阶段的生产率增加情况 %

时间段(年)	1919~1948	1949~1966	1967~1973	1974~1979	1980~1990	1991~1994
劳动生产率	2.4	3.5	2.1	1.1	2.1	—
资本生产率	1.8	1.1	0.6	0.6	—	—
全部要素生产率	2.2	2.8	1.6	0.8	1.6	2.5

表 2.2 列入了 1977~1986 年间世界主要资本主义国家劳动生产率的平均增长率(以雇员平均每小时的产出表示)。

表 2.2 1977~1986 年主要资本主义国家劳动生产率的平均增长率 %

美 国	加 拿 大	法 国	西 德	日 本
1.5	2.2	3.8	4.0	6.1

分析表 2.1 的数据,我们可以看到,美国的资本生产率逐年下降,1980 年之前,美国全部要素生产率增长速度在逐年下降,尤其在 1974~1979 年这个时期,这时美国正处在生产不景气时期。也正是在这个时期,美国的制造业被日本超过。从表 2.2 也可以看出,从 1977~1986 年这 10 年间,美国的平均增长率最低,而日本增长最快。从 1991 年开始,美国又以 2.5% 的较高速度增长。由这些数据可以看出,一个国家的生产率完全决定了它的经济发展状况。

2.2 提高生产率

2.2.1 影响生产率的因素

影响生产率的因素很多,从企业来说,有内部因素和外部因素两种。外部因素有自然资源、基础设施和政府政策等。内部因素无非是硬件和软件两大部分。硬件包括设备、技术、能源,软件包括人员素质、生产系统、组织结构的合理性,以及管理工作的好坏等。这些因素可概括为资本、劳动力和管理 3 个因素,其中最不可忽视的是管理这个因素。技术是重要的因素,但只有进行周密的计划,使整个生产系统工作协调,才能充分利用先进的技术。先进的设备也是提高生产率的重要因素,但设备只有在合理布置下,才能有效地发挥作用。

有人对美国 1991 年以来生产率平均提高 2.5% 的贡献率做了分析,得出资本、劳动、管理这 3 种因素的比率如表 2.3 所列。

表 2.3 不同因素对提高生产率的贡献率

%

因 素	资 本	劳 动	管 理
各因素对生产率的提高程度	0.4	0.5	1.6
各因素的贡献率	16	20	64

所谓“管理”，很重要的一部分是“生产运作管理”。20世纪70年代美国经济萧条，一些著名的管理专家深入工厂调查，发现美国工厂生产管理十分混乱：生产计划不能如期完成，产品质量不稳，顾客取消订单，工厂库存增加……1985年，美国麻省理工学院(MIT)在一份研究报告中曾强调了生产运作管理的重要性。

2.2.2 生产率的提高

要提高生产率，首先要测定生产系统各环节的生产率；然后将生产过程看成整体进行系统分析，确定哪个环节是影响生产率的关键环节。找到关键环节后，再分析阻碍生产率提高的原因。通常，影响生产率提高的环节就是生产中的瓶颈，可用瓶颈分析方法予以解除。一切鼓励生产者提出合理化建议的措施，都会对提高生产率起促进作用。减少旷工，准时开始干活，提高工作质量，减少废次品，减少维修工作量，避免停工待料，等等，都是提高生产率的重要举措。

2.3 生产率与质量

通常人们是把生产率与质量对立起来的，就是说质量高，花的时间就长，成本就高，因而生产率就低。事实并非如此。大家知道，过去欧洲手艺人，精雕细刻，制成数量不多、高质量的工艺品，满足少数富豪的需要；而美国人由于利用了机械化等新技术，所以制造出质量好又相对价廉的产品。最典型的例子就是福特首创的汽车自动生产线。由自动生产线生产出的汽车，由于它的生产率很高，因而价格相对便宜；同时，由于操作工人熟练，又有自动检测设备，产品的质量也相当好。这样，汽车就从贵族阶层走向平民。由自动生产线生产的优质廉价的典型产品还有洗衣机、电冰箱、电视机，等等。

从产品使用寿命看，由于质量高的产品它的使用期就长，因此，如果一件产品的使用期长20%，那就等于生产率提高了20%，这是不言而喻的。

2.4 生产率与就业

如果你不加思考地看问题，也许会认为生产率提高了，同样的活需要干活的人少了，因而工人失业的可能性就会增加。事实并非如此。由于生产率提高，

生产得到发展,经济便会增长,这就会创造更多的就业机会。美国、欧洲和日本等的经济发展的事实证明,凡是生产率增加百分比高的部门,它的就业率就高;相反,生产率低的生产部门却不得不裁员。历史发展是这样的:在生产率很低的19世纪,大多数人被约束在从事满足糊口的农业生产上,工业生产的比重很低;到20世纪60年代,先进国家都已经把大多数农业人口转移到工业生产,这恰恰是由于农业和工业的生产率都大大提高了。时代向前发展,工业生产率提高了,更多的人转向服务业,为提高人们的生活质量而服务。表2.4是美国在不同时期的劳动力分布。

表 2.4 美国在不同时期的劳动力分布 %

时期(年)	农 业	工 业	服 务 业	剩 余
1960	50	25	25	0
1987	10	40	50	0
2000	<5	<20	70	>6

表2.4来源于文献[1],其中2000年的数据是预测值,后来的实践证明,表中的预测值与实际是非常吻合的。表中“剩余”(≥6%)意味着:有一部分人可以从事职业工作,而具有更多的休闲时间,去做他喜欢的事,例如:写作、文艺创作、公益活动、社会活动、与家人及朋友团聚,等等。

2.5 工业企业的竞争力

在市场经济条件下,企业要销售产品和服务,就面临着竞争。竞争力是企业立足市场、战胜对手、求得巩固和发展的一种持久能力。一般说来,一个企业的生产率愈高,效益愈好,它的竞争力就愈大,这是互为因果的。但要赢得竞争,还得多方面的努力,主要是在价格、质量、产品的独特性,以及快速响应市场能力等方面,现简述如下。

(1) 价格。在其他条件相同的情况下,顾客总是选择价格低的产品。价格低可能会降低企业的利润,但会促进企业降低成本。从薄利多销观点来看,价格低不一定降低利润。

(2) 质量。质量是留住顾客的法宝。有了好的质量,顾客就有好的感觉,就会赢来顾客的“忠诚”。高的质量并不意味着高的成本。例如,自动线生产的汽车,它的成本比手工制造要低得多,但质量却很高。

(3) 产品的独特性。一种产品的独特性是指,它比市场上的同类产品具有令顾客喜爱的某种特质,譬如,更安全,更省电,更小巧玲珑,使用更简便,等等。

(4) 快速响应市场的能力。包括快速捕捉市场信息,挖掘顾客的潜在需求,掌握CAD/CAM/PDM等新技术、快速开发新产品,加工设备柔性化、可迅速重

组,以便让新产品尽快投产,等等。

自1990年Prahalad等人发表“企业核心竞争力”一文后,这一概念得到了广泛注意。核心竞争力(core competence)原文含义是:核心能力。但此处说的能力是指那些最基本的、能使整个企业保持长久稳定的竞争优势的、获得稳定超额利润的竞争能力;特别是在同类行业中能保持竞争优势的能力,因此,通常把它称为核心竞争力。核心竞争力概念的重要意义在于,它向人们指出:企业即使不具备整体优势,但仍可充分发挥本企业独有若干关键技术的作用,使企业在某方面独具优势,从而获得较强的竞争力。因此,一个企业要想获得成功,除了经常注意保持前面提到的四方面的竞争能力外,注意企业核心竞争力是非常重要的。

第3章 工程经济学分析方法

经济学是处理供给和需求间的经济均衡问题的;而工程经济学则是一种在工程实践活动中,寻求经济节省的方法,也就是如何在各种可行的方案中,找出最合适、最合理和最经济的方案。工程经济分析在19世纪末已经开始,但直至1930年Grant出版第一本工程经济学教科书《工程经济原理》后,它才发展为一个独立的学科,成为管理决策、可行性研究、成本估计等的重要分析工具,备受人们的注意。工业工程师是以提高生产率、提高企业效益为己任的,因此,他必须了解工程经济学基本原理,并在工作中予以应用。工程经济学设有专门的课程讲授,这里仅就若干重要概念予以简要的叙述。为了讲清问题,首先从会计讲起,虽然会计通常并不包括在工程经济学范围之内,但工程经济分析需要来自会计提供的各类数据。

3.1 会计

会计的职能是负责记录、综合并提供财务数据,是汇总企业历来经营结果的经济数据的;而工程经济分析则是为现在和将来的经营决策提供支持的。工程经济分析需要来自会计记录的经济数据。会计的主要概念有如下几项。

3.1.1 资产负债表

会计记录和汇总的经济数据包括:企业资产、负债和盈利(净值)。这三者存在如下关系:

$$\text{净值} = \text{资产} - \text{负债} \quad (3.1)$$

或

$$\text{资产} = \text{负债} + \text{净值} \quad (3.2)$$

式中

资产——企业具有货币价值的所有物件,包括现金、设备、在制品、成品、房屋、土地等;

负债——企业所欠债权人的债务,包括应付的账款、票据款、税款,以及应付的抵押贷款等;

净值——企业的股权利益,由股本和保留收益两项构成。其中,股权是股东所投入的货币值,保留收益是所有以前未付出的损益再作投资的净数。

资产、负债和净值是表明企业经营状况的基本财务数据,是有时间性的财务数据,就是说,不同时间,企业的资产、负债和净值是不同的。企业必须定期向股东公布这些数据。在一定的日期,将资产、负债和净值分项的货币数额列表,称为资产负债表。企业应该定期向股东或社会公布资产负债表。

方程(3.1)和(3.2)称为会计方程式。

3.1.2 损益计算书

损益也称盈亏。损益计算书表明一个企业在一定时期中损益的情况,就是说,其间企业是获利还是亏损,以及获利或亏损值是多少。计算公式如下:

$$\text{损益} = \text{收入} - \text{支出} \quad (3.3)$$

损益值为正,表明企业获得利润;损益值为负,表明企业亏损。

3.2 成本分析与成本会计

3.2.1 成本构成

成本构成可用图 3.1 说明。其中：

材料 费用	人工 费用	工厂 费用	管理 费用	销售 费用	净利	税金
基本成本						
工厂成本						
总成本						
总收入						

图 3.1 成本的构成

(1) 材料费用表示可以计入某项产品原材料、半成品等的费用。

(2) 人工费用表示可以直接分摊到被加工某项产品的费用。

以上(1),(2)项构成了基本成本(直接成本)。

(3) 工厂费用,包括间接人工、福利、设备维修、厂房和设备的折旧费、工厂用品、财产税等项费用。

(4) 管理费用,包括管理人员的薪金、办公用品费用、办公设备折旧费、保险费、公司所得税及法律费用等。

(5) 销售费用,包括营销人员薪金、广告费用、差旅费、坏账、通信及办公用品费用等。

以上(3),(4),(5)项构成了间接成本。

直接成本和间接成本构成了总成本。

企业的总收入(包括销售收入和其他收入)扣除总成本,就是企业的净利润和税金。企业总收入(或称总收益)与总成本之差称为企业的经济利润,简称企业利润。按西方经济学理论,在管理成本中,管理人员的薪金是属于“对自己所提供的企业家才能的报酬的支付”,是属于“正常利润”;而相对地称企业经济利润为“超额利润”。

3.2.2 成本会计

普通会计提供了一个企业的整体财务数据,但不说明各个部门的损益情况;也不说明哪些产品盈利、盈利多少;哪些产品亏损,亏损多少。成本会计则列出

各种产品的各种构成成本的金额。这就为企业负责人提供了决策支持。

3.2.3 固定成本和可变成本

任何产品的成本都可分解为固定成本和可变成本两种。

固定成本是在较长时期内不会改变的生产费用。固定成本包括：厂房的租金、设备的折旧费、管理人员的薪金等。固定成本与产品生产数量无关，因此，单位产品的固定成本则随产量的增加而下降，见图 3.2 中曲线 1。图中 Q 为产量， C 为成本。

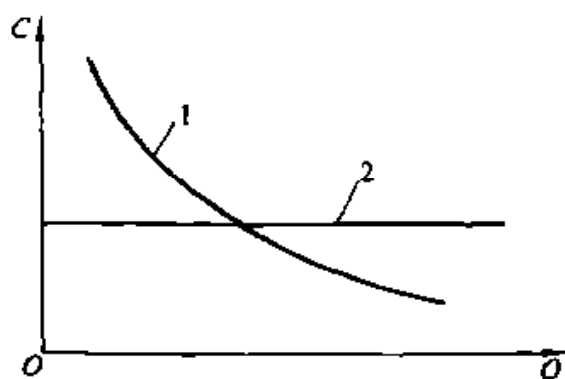


图 3.2 固定成本与可变成本

可变成本包括直接生产产品的工人工资、材料费用等。虽然可变成本的总值随产品的数量而增加，但单位产品的可变成本却是不变的，见图 3.2 中直线 2。

3.2.4 损益平衡点分析

损益平衡点分析又称盈亏平衡点分析。它是将固定成本与可变成本叠加在一起，然后与销售收入进行比较，以确定损、益分界线的产量，这个产量称为临界产量，见图 3.3。

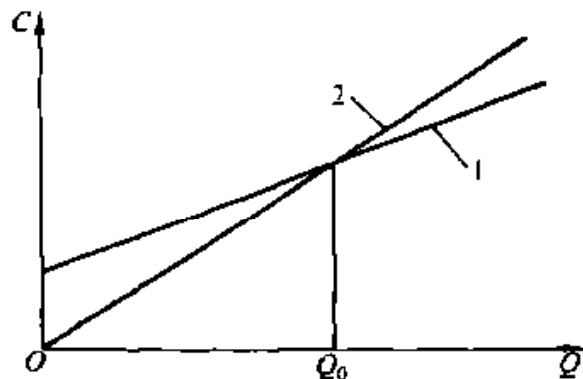


图 3.3 损益平衡点分析

图 3.3 的直线 1 是总成本线，它与纵坐标的相交点就是固定成本值；直线 2 是销售收入线，它与坐标原点相交。从图可见，直线 1 与直线 2 有一相交点，从

这一点向右侧,销售收入高于成本,可以盈利。这一点的横坐标值称为临界产量,用 Q_0 表示。产量大于 Q_0 的生产才会有经济效益,这也就是平常所说的规模经济效益。

3.2.5 机会成本

经济学研究的一个重要问题是:如何对社会的稀缺的经济资源进行合理的分配。对于稀缺的经济资源,如果这种资源被一个企业用来制造一种或几种产品,它就不能用来制造其他产品或做其他用途。这就是说,这个企业应用这种资源制造某种产品获得的一定经济收入,是以放弃用同样经济资源制造其他产品或做其他事业所得到的收入为代价的。这就产生了机会成本的概念。据此,我们可以这样来定义机会成本:

一个企业在做决策时,选定某一方案而放弃另一方案,则未被采用的方案原本可以获得的利益,即为机会成本。

机会成本也可以从另一个角度来理解:一个企业本来可以做某件事,但没有去做;后来发现,没有做那件事却损失了一笔收入,这笔收入就是机会成本。例如,德国大众汽车公司于 20 世纪 70 年代中期引进美国“Rabbit”汽车,销路极佳;但工厂生产能力远小于市场需求,由此,该公司损失了一笔可观的收益,失去的这笔收入就是机会成本。

再举一例:你公司有一座厂房,准备以后出售,如果现在出售可得 150 万元,明年出售可得 120 万元,那么该厂房再用一年的机会成本应是 30 万元。如果今年出售该厂房,将这 150 万元投资别项业务一年获得的收益,就是该厂房再用一年的机会成本。

3.2.6 寿命周期成本

二战后,美国国防部发现,国防后勤费用日益增加与设备维修费用巨大有关。1961 年,美后勤学院与兰德公司研究指出,美军武器的使用和维修费用是购买费用的 2~23 倍。这就提出了寿命周期成本的概念。就是说,开发一种产品不仅要考虑制造成本,还要考虑产品达到用户之后的使用和维修的费用。这一概念与田口的“鲁棒性设计”所提倡的“产品质量损失函数”的观念是一致的。寿命周期成本应包括:产品开发、产品制造、产品使用与维修等费用。因此,在选择设备的投标方案时,考虑寿命周期成本这个概念是很必要的。

3.3 货币的时间值

货币随着时间的推移会增值,即使放在银行里也有利息。在投资分析中需

要了解,你现在投入的货币,到回收期增值到多少?如果每年偿还一定百分比,如何计算盈亏?这里用到了货币的时间值计算。通常有两种计算方法:现值法和终值法。

终值法计算公式如下:

$$F = P(1+i)^n \quad (3.4)$$

现值法计算公式如下:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (3.5)$$

式中

P —— 货币的现值;

F —— 货币的终值;

i —— 年利率;

n —— 年限。

例 3.1 现有人民币 10 000 元存入银行,年利率为 10%(即 $i=0.1$),问 5 年到期能拿到现金多少?将上列数值代入公式(3.4),得

$$F = 10000 \times (1+0.1)^5 = 10000 \times 1.611 = 16105 \text{ (元)}$$

如果想在 5 年后得到 10 000 元,那么,5 年前要存多少钱呢?将这些数据代入公式(3.5),得

$$P = 10000 / (1+0.1)^5 = 10000 / 1.611 = 6207 \text{ (元)}$$

如果我们提出这样的问题:现要偿还一笔本金为 10 万元,年利率也是 10% 的借贷,分 10 年还清,问每年年末要还多少?令每年偿还的数额为 A ,则 A 可按式计算:

$$A = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} P \quad (3.6)$$

代入上面的数据,经计算得 $A=16275$ 元。

3.4 投资方案分析

投资方案分析方法很多,如现值分析法、年金分析法、报酬率分析法等。有了上面关于币值的计算方法,就比较容易地进行投资方案分析。这里只举现值分析法作为例子。

3.4.1 单方案现值分析

单方案现值分析就是看现值投资能否在规定的期限内、按预定的报酬率(这里也以 i 代表)收回投资。现举一例说明。

例 3.2 设某公司投资 200 万元于某项新产品的开发,预期每年除成本外尚要有 60 万元利润,年回报率为 10%,预期 5 年后尚能盈利 30 万元,问这项投资是否能达到预期的要求?

现在我们应用前面关于货币时间值的理论,来分析这个投资问题。首先,每年要求 60 万元的盈利,这是已知 A, P, i, n 求 F 的问题;其次,要求 5 年后还要获利 30 万元,这是已知 A, F, i, n 求 P 的问题。据此,可按下式计算 5 年此项投资收益的现值:

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} + F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (3.7)$$

将上述数据代入式(3.7),经计算得

$$P = 60 \times 3.7908 + 30 \times 0.6209 = 245(\text{万元})$$

上式计算表明,5 年后的收益相当于现值为 245 万人民币,扣除原投资 200 万元现值,尚有多余,因此,该项投资是可行的。

3.4.2 多方案投资分析

多方案投资分析可按类似的方法进行,不过多做几种方案,然后再进行比较即行。

3.5 投资回收期

生产率和效益是维持一个组织生存和发展的基本条件。生产率和效益有些不同。如前所述,生产率表示一个组织的产出相对它的投入的比率;而效益则与一个组织的获得利润相关。生产率高不等同于效益高。例如,一个工厂生产率虽然较高,但它的产品却有许多积压在仓库里,那么它的效益就不会好了。一个企业只有它生产的绝大多数产品销售出去,获得利润,企业才会有效益。下面我们做简单分析。为此,我们给出有效产出这一概念,它用下式表示:

$$T = S - TVE \quad (3.8)$$

式中

T ——有效产出;

S ——销售收入;

TVE ——外部支出。

企业的净利润:

$$NP = T - OE \quad (3.9)$$

式中

OE ——企业内部费用,包括人工、管理、设备折旧、销售等费用。

这里引入投资回收率的概念。投资回收率(return on investment, ROI), 又称投资回报率, 是评价投资效果优劣的经济指标, 它等于净利润除以投资值。投资值可用库存 I 表示, I 包括为满足未来生产所需的原材料、半成品、在制品的库存资金, 以及扣除折旧费后的固定资产。于是, 企业的投资回收率可用下式表示:

$$\begin{aligned} ROI &= NP/I \\ &= (T - OE)/I \\ &= (S - TVE - OE)/I \end{aligned} \quad (3.10)$$

投资回收率也是评判一个企业经济效益的重要尺度。从公式(3.10)可以看出, 要提高企业的效益有 3 种途径:

- (1) 提高有效产出, 这是最有效的途径;
- (2) 降低库存, 这是世界先进生产模式所追求的;
- (3) 降低运作费用, 这也就是平常所说的节约, 是生产/运作管理所追求的。

在现代管理理念中, 还有信息回报(return on information)和理念回报(return on idea), 也简化表示为: ROI。这 3 种回报被认为是构成一个企业竞争优势的基石。

另一个表明企业资产发挥效能的指标是资产周转率, 资产周转率用下式表示:

$$\text{资产周转率} = \frac{\text{营业收入}}{\text{资产总值}} \quad (3.11)$$

第4章 产品决策和生产方式

一个组织要取得很好的效益,产品必须能销售出去。要销售业绩良好,必须及时推出符合顾客需求的新产品。产品是随需求的变化而不断推陈出新的。经济的发展,家庭规模的缩小,材料和加工工艺的改进,法律、政府政策的变化等,都是影响需求变化的主要因素。要向市场推出合乎需求的产品,首先要了解顾客的需求,然后对本企业生产哪种产品做出选择,这就是需求预测和决策。其次是产品设计,要使得所设计产品的性能、可靠性和安全性等能满足顾客要求,外观能让顾客喜欢。第三是根据结构和工艺要求,设计好的工艺过程、选好加工设备,以保证产品设计的性能在制造过程中实现。产品的成本与设计、生产系统的柔性和易适应性有很大的关系,如选用什么材料、工时长短等都直接关系到产品的直接成本。本章简要地说明这几方面的问题。

4.1 产品需求预测

对于在制造业中占多数的备货生产而言,生产计划是根据预测制订的。即使对订货生产,也要对市场作预测。自从20世纪60年代提出,将需求分为独立需求和相关需求以来,需求预测在产品决策中的作用更为重要。当然,企业也可以影响需求,譬如说,加强广告宣传和推销力度、降价等,以促进需求增长;也可以采取相反的措施,以减少需求。

4.1.1 需求的构成及分解

需求的变化一般可用图4.1表示,图中 Q 表示产量, t 表示时间。需求变化通常由下面几部分构成:

(1) 趋势需求,这是随着经济的发展和人们生活水平的提高而增加的,可用图中向上的直线表示。

(2) 周期性需求,一般是指季节变化的需求,如服装、空调器、机票等的需求。受大的经济循环影响的需求也是一种周期需求。周期需求如图中的波浪形曲线所示。

(3) 随机需求,这是由偶然因素引起的,是排除其他因素之外,人们无法解释的原因引起的需求变化,如图中围绕波浪形曲线的微小波动。

(4) 突变性需求,这是由于突发的原因造成的需求大波动。如,由于受2001年“9·11”恐怖袭击事件的影响,美国航空机票需求曾一度大幅度下跌。

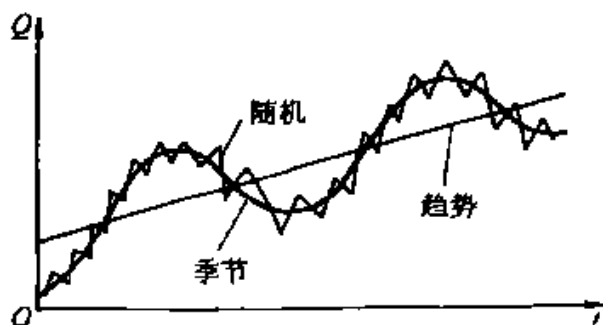


图 4.1 需求变化的构成

由于在预测中上述的需求成分是混在一起的,因此在做决策分析时必须将它们分开。分解的方法可用一般数据处理方法。

需求预测分为定性和定量两种,下面分别讨论。

4.1.2 定性需求预测

定性需求预测是凭经验进行的预测,也是经常被采用的一种预测方法。常

用的定性预测方法有下列几种:

(1) 一般定性预测,是根据最接近顾客的经销人员提供的数据进行预测的。

(2) 市场调研,通常是聘请第三方的咨询公司进行的,用调查问卷或上门访谈的方法。市场调查主要是了解顾客对现有产品的评价,以此作为新产品开发的决策。

(3) 历史类比,主要是依据历史上类似产品的销售情况,以推测互补产品、替代产品和相关产品的销售量。

(4) 德尔菲法,这是美国兰德公司在 20 世纪 50 年代首创的预测方法,其主要过程是:选择一定数量的专家作为调查对象,设计好问卷,向各位专家发出调查;收回问卷后,根据多数专家的意见,重新设计问卷,再发给专家,循环多次,就可取得比较一致的看法。

4.1.3 时间序列预测

时间序列预测是一种根据历史判断未来的预测方法。常用的有下列几种。

(1) 简单移动平均。简单移动平均是将过去的几个数据加以简单平均,作为对未来的预测。例如,要预测某产品 4 月份的销售量,那就将 1,2,3 月份的销售量简单地相加除 3。简单移动平均预测适用于无季节变化、无快速变化的预测,由于方法简单方便,故得到广泛的应用。

(2) 加权移动平均。加权移动平均与简单移动平均不同之处在于:将历史数据给予不同的权重系数,然后再平均,每个权重系数均小于 1,权重系数之和等于 1。一般认为,越靠近预测期的数据权重系数应越大。加权系数法比简单移动平均法有所改进,它的应用范围与简单移动平均法相同。

(3) 指数平滑。指数平滑按下式预测:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (4.1)$$

式中

α ——平滑系统, $\alpha=0\sim1.0$;

F_t ——预测时段 t 的预测值;

F_{t-1} —— t 的前一时段的预测值;

A_{t-1} —— t 的前一时段的实际销售值。

从公式(4.1)可以看出,当 α 取 0 时, t 时段的预测值就等于 $t-1$ 时段的预测值;当 α 取 1 时, t 时段的预测就等于 $t-1$ 时段的实际销售值。因此,应用指数平滑预测方法的关键在于合理地选择系数 α 。这种方法的优点在于它所需的数据较少,因而得到广泛的应用。

4.1.4 线性回归分析

线性回归法是属于因果关系分析方法,它在工程中得到广泛的应用。在用

于销售预测时,主要是分析销售量与某种因素间的关系,例如,销售总量的增加与人们可支配收入的增加成正比,地毯销售量与房屋建筑面积的增加成正比,等等。线性回归可以用手工作图法或最小二乘法完成。

(1) 手工作图法。首先要取得因变量 y 和自变量 x 一一对应的一组数据,然后取一张坐标纸,以自变量(因素)为横坐标,因变量(销售量)为纵坐标,把一一对应的数据点标在坐标纸上,用透明三角板找出尽可能接近数据点的一条直线,这条直线就是所找的关系。

(2) 最小二乘法。这种方法同样要有一组 y 与 x 一一对应的数据,不过它是用数学的方法找出一条直线,使直线与各个数据点误差 δ_i 之和最小,见图 4.2,用数学公式表示为:

$$\min Q = \min \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \min [y_i - (a + bx)]$$

式中

a ——所求直线的截距;

b ——所求直线的斜率。

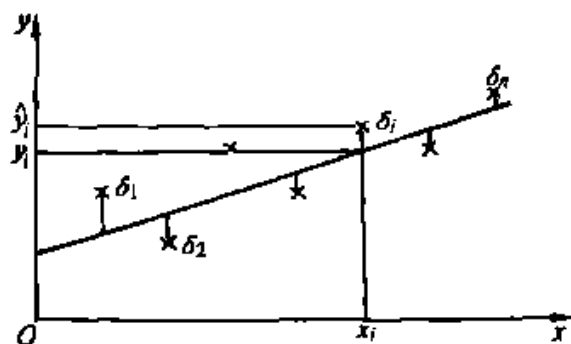


图 4.2 最小二乘法原理

令 Q 对 a 和对 b 求偏导并分别等于零,可得直线方程的两个系数 a 和 b :

$$b = \frac{n \sum y_i x_i - \sum y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (4.2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (4.3)$$

式中

\bar{y} ——实测的数据点 y_i 的平均值;

\bar{x} ——与 y_i 相对应的 x_i 的平均值。

因此,只要有一组 y 和 x 的实测值,就可应用式(4.2)和(4.3)计算得到系数 a 和 b ,于是,所求的直线方程就得到了。

例 4.1 某汽车销售公司过去 12 季度的销售量一直上升,见表 4.1,现根据最小二乘法找出该公司的销售趋势直线。

根据上述公式,计算得到直线的两个系数:

$$b = \frac{12 \times 268\,350 - 33\,400 \times 78}{12 \times 650 - 78 \times 78} = 358$$

$$a = \frac{33\,400}{12} - 358 \times \frac{78}{12} = 456$$

表 4.1 某公司汽车按季度的销售趋势

季 度 x_i	$x_i x_i$	销售量 y_i (辆)	乘 积 $x_i y_i$	季 度 x_i	$x_i x_i$	销售量 y_i (辆)	乘 积 $x_i y_i$
1	1	600	600	7	49	2 600	18 200
2	4	1 550	3 100	8	64	2 900	23 200
3	9	1 550	4 650	9	81	3 800	34 200
4	16	1 500	6 000	10	100	4 500	45 000
5	25	2 400	12 000	11	121	4 000	44 000
6	36	3 100	18 600	12	144	4 900	
总 和				78	650	33 400	268 350

于是,销售量随季节的变化关系为:

$$y = 456 + 358x$$

线性回归可以用来分离需求变化曲线中的趋势项(如图 4.1 的倾斜直线)。时间序列分解中的另一个分解是季节分解。经过这样的分解,才能正确确定一年中的不同月份的真实需求。

4.1.5 预测方法的选择

前面我们强调了预测在销售中的应用。然而预测在新产品研制、库存控制、人力资源管理和预算等也都有广泛的应用。

如何正确选择预测方法? 这个问题不可能有惟一的答案。选择也是一种决策,决策不仅与决策人的经验有关,而且与决策人的好恶有关。Herbig 曾就不同预测方法的应用情况,向资产在 100 万到 5 亿美元的 150 家企业作了问卷调查,结果如表 4.2 所列,可供选择参考。

表 4.2 美国 150 家大型企业预测方法应用情况

预测方法	应用率(%)	重要性指数 ^①	使用频度大小 ^②
高层讨论	86	6	2.9
销售人员	68	5	2.2
向顾客调查	72	4.7	2.3
简单平均	45	4.3	1.5
加权平均	46	3.8	1.4
指数平滑	36	2.8	0.9
线性回归	38	4.0	1.3
多元回归	35	3.6	1.6

① 指数最高为 7,最低为 1。

② 频度最大为 3,经常使用为 2,以前使用者为 1,从未用过者为 0。

4.2 产品决策

管理过程是决策的过程。所谓产品决策是指一个企业在未来几年里选择生产何种产品。这对企业的发展、成功或失败起着关键的作用。前面讲了销售预测,据此得到的数据,经过分析,可以做出比较合理的抉择,这就是产品决策。但销售预测只是决策的一个方法。另一方面,决策应是从多种方案中选择较好的一种,从这方面看,有简单决策(单层决策)、决策树(多层决策)和多目标优化等多种方法。多目标优化要建立决策模型,模型要考虑生产成本、运输成本、存储成本等多种因素。从决策类型看,有不确定决策和风险决策两种,现分述如下。

4.2.1 不确定决策

存在极大量的数据是当今管理的基础。我们要善于识别数据。现实中有4类数据:① 确定性数据,指已存在的明确的数据,例如,“他今年35岁、男性”,这35岁和男性两个数据就是确定性数据;② 随机数据,指在未来发生、难以判断是否发生的事件或不能确切知道它的数量,但它是否出现或出现某个大小的数据的概率是知道的,例如,“明天下雨”就是一个随机事件(事件也是一种数据);③ 模糊数据,这是指已经存在的事实或事件,但由于人们认识上的界线不明确而引起的,例如,他是位青年人,这“青年人”是一种模糊数据;④ 不确定数据,这是指未来发生的不可测事件,就是说,它发生的概率也不知道,本小节说的不确定决策就是指的这种数据。

对于这种对未来销售情况难以预测的产品决策,与决策人的个性特征有很大关系。对这种情况进行预测,通常有3种类型:

(1) 悲观决策,这是一种从最不好中求较好的决策方法。对未来毫无把握时,通常采用这种方法。

(2) 乐观决策,这是一种从最好中求较好的决策方法。乐观性格的决策人员喜欢采用这种方法。

(3) 中庸决策,这是从最好和最坏之差中求最大的决策方法。稳妥型决策人员一般喜欢采用这种方法。

例 4.2 某工厂拟新建一个车间生产新产品,对市场前景没做过预测,但分别做过两种生产规模车间的预算,预算结果如下:

建造年产150万吨的大车间,每年总成本为150万元,如产品全部售出,可盈利20万元;

建造年产20万吨的小车间,每年总成本为50万元,如产品全部售出,可盈利12万元。

如果市场状况很不好,产品只卖出去一部分,假定亏本额等于总成本的10%。现根据上述数据说明3种方法的应用,见表4.3。

表 4.3 3种决策

万元

规 模	市场好(盈利)	市场不好(亏本)	平 均
大车间	20	-15	5
小车间	12	-5	7

从表中数据可知,悲观者的决策会选择小车间,乐观者会选择大车间,而稳妥者也会选择小车间。

4.2.2 风险决策

如果对某种选择的未来出现的概率有统计预测数据,则可根据此计算出不同选择的期望盈利,这样,可根据期望盈利的多少进行选择,这就是风险决策。某种选择的期望盈利可用下式计算:

$$EMV = \sum_{i=1}^n (V_i P_i) \quad (4.4)$$

式中

V_i ——第 i 种状态下的盈利;

P_i ——第 i 种状态出现的概率。

这里所谓状态是指市场前景的好或坏等。利用例4.2的数据,假定出现市场好、坏的概率都是50%,按式(4.4)计算,可得两种选择的期望盈利:

$$EMV(\text{大车间}) = 0.5(20 - 15) = 2.5(\text{万元})$$

$$EMV(\text{小车间}) = 0.5(12 - 5) = 3.5(\text{万元})$$

如果市场好的概率为60%,不好为40%,则期望盈利变为:

$$EMV(\text{大车间}) = 0.6 \times 20 - 0.4 \times 15 = 6(\text{万元})$$

$$EMV(\text{小车间}) = 0.6 \times 12 - 0.4 \times 5 = 5.2(\text{万元})$$

结论是:在市场好的情况下,建设大车间会比建小车间有更多的盈利可能,于是选择转向建大车间。

上例只有两种情况可供选择,这种情况称为单层决策。如果有多种情况、须做多层抉择时,可用决策树方法。决策树方法简要如下:选择从最末端的树枝开始,多个树枝连成一个节点,将较大的 EMV 枝写到节点中,作为下一个树枝的 EMV 值,依此类推可得到最终的选择。

4.3 产品设计

4.3.1 产品生命周期

任何一种产品都有从它的设计、试制、试销、批量生产、产销稳定发展到逐步退出市场的过程,这个过程就称为“产品的生命周期”。产品的生命周期可以长至十几年(如电视机)、几年(如录像机)、几个月(如流行服装)、几小时(如新闻日报)。产品的生命周期可用时间 t 与销量 Q 间的关系曲线表示,见图4.3。一般认为分为4个阶段:

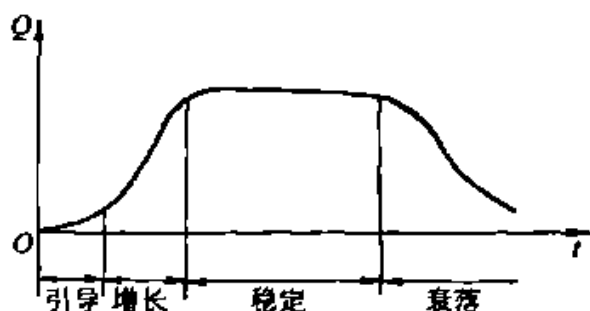


图 4.3 产品的生命周期

引导期:包括开发、试制新产品、试销。这期间,由于产品尚鲜为人知,产品质量还不够稳定,因此,销量不会大。但如果在较长时间内试销增长不快,则应停止试制。如果销量有迅速增长的苗头,即可小批量生产。

增长期:随着时间的增加,产品质量稳定可靠,价格下降,销售量就迅速增长,这表明已经打开市场,可以大量投入。

成熟期:在这个时期,产品设计不变,生产稳定,需求不再增长,产销已经处于平衡状态。在这个时期不宜再投资建设新厂。

衰退期:在这个时期,市场饱和,产品销量下降并逐步退出市场。

值得注意的是,产品的生命周期与产品的寿命期是两个不同的概念。

下面介绍两种与产品设计有关的方法。

4.3.2 质量功能展开

质量功能展开(QFD)又称质量功能配置,是日本石桥轮胎公司和三菱重工于20世纪70年代开发的。它是一种识别顾客需求,分解需求,然后将需求转化为产品设计方案的方法。它的实用工具是一种像房子一样的图表,故这种方法也称为“质量屋”。

图4.4是印刷品的质量屋。从图中可以看出,最左侧的列表示了顾客的要求及其重要程度,图的上部各列是技术要求,图的中部的矩形框构成了关系矩

阵,关系矩阵中的元素表示顾客的要求与技术要求之间关系的大小程度。例如,防墨汁渗透度与纸张厚度的关系是强的,而纸张不易撕碎与纸张宽度的关系是弱的,等等。质量屋的顶部三角形表示技术要求之间的相关程度,例如,纸张厚度与纸张抗拉强度之间是强正相关,而纸张厚度与纸张卷曲度之间是强负相关。另外,图的最右侧的列和最下面的行还标注了本企业竞争对手 A、B 之间在顾客要求和技术要求方面的竞争态势。

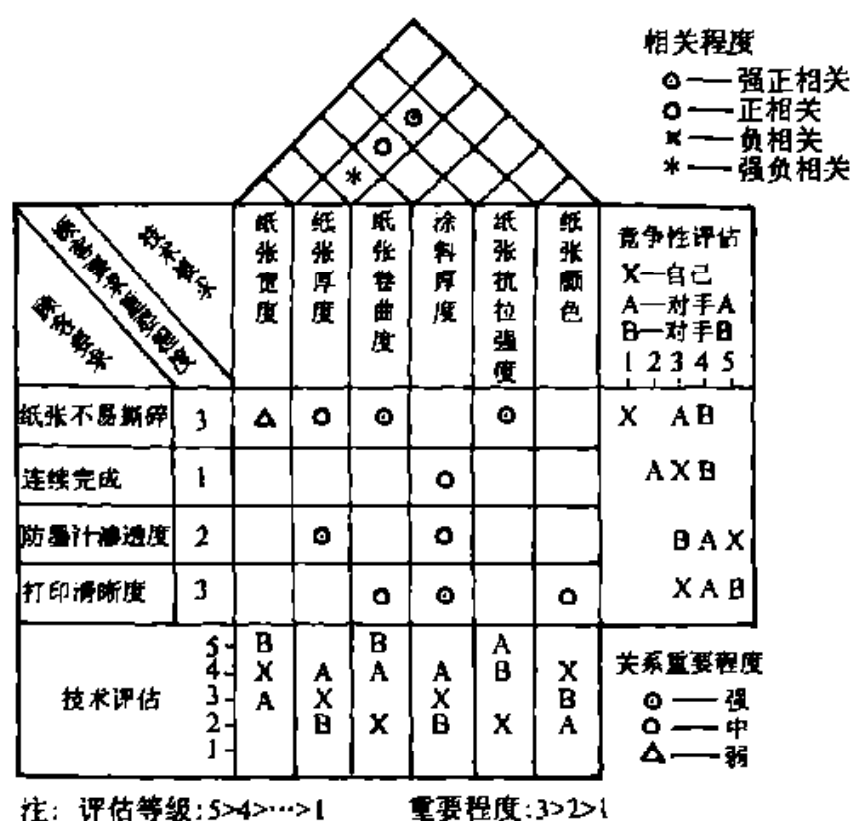


图 4.4 印刷品的质量屋

4.3.3 田口方法

田口玄一博士于 20 世纪 50 年代在日本电子通信研究所工作期间,研究、开发出一种“稳健设计”(robust design)方法,被成功地应用于许多产品的设计。他因此在 1962 年获得“戴明个人奖”,这是日本质量管理界的最高荣誉。后来这一方法被推广至电子、汽车、照相机及其他行业,通称为田口方法。1980 年田口方法传入美国,在福特汽车公司、贝尔电话公司、宇航工业等领域得到广泛应用。1986 年,田口因此获美国宇航协会授予的科技进步勋章。

田口方法的基本观点是:一种产品或服务的质量是由设计决定的,因此质量控制工作的重点应由制造阶段提到设计阶段;产品质量高不仅表现在出厂时能让顾客满意,而且在使用过程中给顾客和社会带来的损失要小。质量损失用质量损失函数表示。质量损失函数是田口方法的基础。

1. 质量损失函数(quality loss function, QLF)

质量损失函数表示质量成本如何随着质量指标偏离顾客需要程度的增加而增加的关系。这些成本包括质量保证和服务的成本,以及内部检验、返修、废品损失和社会损失的成本。田口质量损失函数可用下式表示:

$$L = D^2 C \quad (4.5)$$

式中

L ——质量损失;

D ——质量性能指标对目标值的偏离值;

C ——避免质量指标偏离的成本。

图 4.5 表示质量损失函数曲线,其中曲线 1 是传统意义下的损失曲线,它表示当产品的质量指标正负方向偏离不大于 Δ 时,损失为零;曲线 2 是田口的损失曲线,它表示产品质量性能指标趋向目标值 m 时,损失为零,质量最好;随着偏离值的增加,损失就增加,产品的质量也随之降低。日本索尼公司的两个工厂的彩色电视机设计,可以说明田口方法的成功奥秘。图 4.6 分别表示这两个厂彩色电视机“彩色密度”的分布曲线,其中曲线 1 是在美国的索尼工厂产品的彩色密度分布。从图可见,在正负极限偏差之内,“彩色密度”分布是均匀的,而在正负极限偏差之外,分布为零;曲线 2 是按田口的理念设计的电视机“彩色密度”分布,它与正态分布相近。如果认为在正负偏离为 Δ 之内的产品为优质品(从“彩色密度”这个主要质量指标着),那么从图可见,按曲线 2 设计的产品,优质品数量比曲线 1 的多得多。1979 年日本《朝日新闻》曾报道说,尽管在美国的索尼厂的彩色电视机全部为合格品,但质量平平;而日本索尼厂的彩色电视机,虽有千分之三为不合格品,但大多数是优质品,因此,日本索尼厂的产品大受欢迎。这是应用田口设计方法成功的范例。

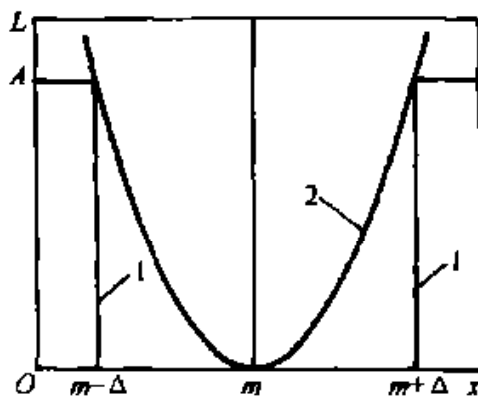


图 4.5 质量损失函数

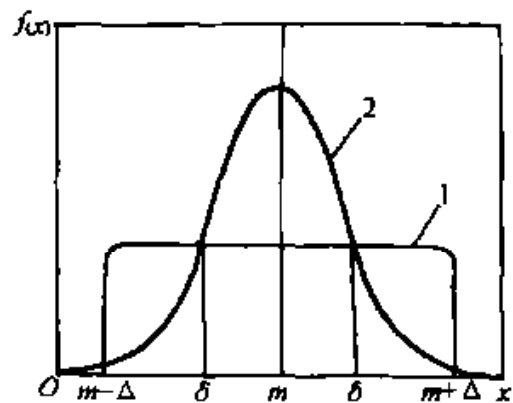


图 4.6 电视机“彩色密度”分布

2. 抗干扰设计

质量损失是由于产品功能(质量性能指标)发生变异而引起的。对工业产品而言,产生功能变异的原因大致可以归纳为如下3类:

(1) 外干扰(外噪声)引起的变异。这是由于产品使用条件和环境条件变化而引起的功能变异。变化条件包括:温度、湿度、位置、电压、电磁的变化,以及使用人员的改变等。

(2) 内干扰(内噪声)引起的变异。这是由于产品材料损伤或变质引起的老化、劣化,从而使产品功能产生变异。

(3) 产品间的变异。在同样条件下生产的一批产品,由于加工设备、材料、加工方法、测量方法,以及操作人员等的随机变化,也会引起产品功能的变化。

田口把质量工程分为在线(on-line quality engineering)和离线(off-line quality engineering)两种,在线质量工程就是我们平时所说的在线质量控制(制造中的质量控制),而离线质量工程就是产品研究、开发(包括产品及工艺过程设计)中的质量控制。在上述的3种功能变异中的(1),(2),只能在离线质量控制中解决,而第3种功能变异则需要在线和离线两种控制共同努力。

田口提出的抗干扰设计又称为鲁棒性设计,这是从导致产品功能变异的这3个原因入手,在设计阶段就考虑减少或消除产品的功能变异。田口的鲁棒性设计分为三个阶段:系统设计、参数设计和容差设计,故又称为3次设计。系统设计就是通常的产品设计所采用的;参数设计是田口方法的核心内容。参数设计是用零部件合理搭配的方法,使产品具有高的抗干扰能力,以达到“价廉物美”的要求。如果消除某种产生变异的原因要花费很高的成本,那就应该尝试其他的有效的方法。他举了一个生产瓷面砖的例子:由于焙烧炉炉膛内温度不均匀,导致了瓷面砖尺寸的过大差异,但要使焙烧炉炉膛的温度均匀,则需要大的开支;他经过研究得知,只要在瓷面砖的原材料中增加一些添加剂,瓷面砖尺寸过大差异的问题就迎刃而解,而生产成本却没有多大的增加。关于3次设计的详细内容参阅文献[6]。

4.4 生产组织形式的选择

生产的组织形式与产品的流程特点和产量多少有关。生产流程从总体上可分为连续型和间断型两种。

(1) 连续型生产,包括钢铁和石油的冶炼过程,化工生产过程等。连续型生产的特点是:生产完全是连续过程,原料不断加入,产品不断流出。与这种生产相适应,生产过程的形式是“连续流程型”,这种生产组织形式的生产系统的设

计、调试比较复杂,但平时的生产管理则相对地比较简单。

(2) 间断型生产,通常是指制造业的生产,故又称为制造装配型生产。间断型生产根据其批量大小又分为单件生产、多品种小批量生产和大量生产等3种。间断型生产的生产系统设计和生产管理都比较复杂,下面对与之有关的生产组织形式做一简要的讨论。

4.4.1 单件生产

从英国工业革命到19世纪80年代,制造业是以手工业生产为主,是单件生产。每种产品数量不大,像汽车这样的产品几乎没有一辆是相同的。从满足顾客的需求来说,这种生产方式是较好的,但由于手工生产,生产率很低,故价格昂贵。同时,由于不同工匠的手艺不同,产品的质量差异很大。后来这种生产方式大多被批量生产方式所代替。但是,一方面由于单件生产能够较好地满足顾客的需要;另一方面,有些大型和昂贵设备也只有个别订货,因此,单件订货生产方式一直延续下来。20世纪90年代以来,为了满足顾客的多样化的需求,一种新的生产方式——大规模订制方式开始发展起来。这是综合了大量生产成本低和订制生产能满足顾客需求的优越性的一种生产方式。单件生产一般都是按订单生产的。

这里又出现了订货生产与备货生产的概念。订货生产与备货生产相比,有许多不同之处:

(1) 计划的随机性大。订货生产有许多不定的因素,即随机性较大,生产计划的制订比较困难,不像备货生产是依靠预测制订生产计划的,生产出的产品允许有库存。

(2) 产品结构的差异性大。用户要求的多样性决定了产品结构的多样性。企业只能在接到订单之后再进行产品的设计和工艺流程的制订,以及工夹具的设计,所以生产周期长。为了缩短设计和生产周期,应该尽量采用标准化零部件,应用CAD等快速响应市场的新技术和新手段。

(3) 生产的重复性少。由于结构的多样性,决定了生产的重复性少。为了适应这种情况,通常采用通用设备,应用工艺专业化形式布置设备,故自动化程度低,大部分是手工操作,生产率低;另外,由于是一次性生产,工艺流程常需要调整,对工人的技术水平有较高的要求。

4.4.2 大量生产

互换性和标准化的概念是,所有的机器应该尽量采用标准化的零部件装配起来。这一方面意味着,这些零部件可以用生产率更高、制造成本更低的方法“大量生产”;另一方面使得“生产机器”变为“装配机器”。20世纪初,随着电动

机的发明,出现了多种多样的电动机械设备,特别是制造各种标准化零件的工具机出现,使互换性理念和标准化工作得到广泛的推广;同时,泰勒的工作研究和时间研究也有了进展。在这样背景下,福特首创了汽车装配流水线:将各种汽车零部件汇入装配线,汽车就一辆辆从流水线末端开了出来。这标志着制造业进入了机械化的、流水线生产的阶段。福特按高度专业化原则训练工人,使得流水线上的操作人员每人只做一种简单的操作,动作非常熟练,所以生产率很高,生产成本就大大降低。由于生产稳定,质量易于控制,因而质量也相对较高。这样,汽车的消费便从贵族走向平民阶层。但正是由于流水生产线的专业化和操作人员技术的单一化,使得一条流水线只能生产一种汽车。用现代的话说就是:生产设备的柔性很差。因此,大量生产方式是难以适应迅速变化的市场,就是说,这种生产方式满足市场多样化需求的能力较差,顾客满意程度也比较差。

在制造业中,除了机器的装配线外,有不少标准件(如螺栓、滚动轴承、联轴器等)的生产量也是非常大的,其工艺过程也相对的固定,这种生产特点也非常适合于组织流水线生产。很多流水生产线是在特别设计的输送设备上进行的,如小汽车、家电产品等装配线;但比较大型的机械设备的装配流水线,通常在大型车间内依次布置的工作中心上进行的;特大型设备的装配,通常是被装配的机器不动,安装工人围绕着机器进行流水作业。

流水线生产的基本特征是:

- (1) 生产高度专业化,每一条流水线只生产一种产品或若干相似的产品;
- (2) 流水线被分为若干依次相连的工作中心,每个工作中心完成一个或几个工序;
- (3) 生产具有明显的节奏性,即各个工作中心完成的各工序的总时间基本相同。

流水生产线设计的主要工作是:

- (1) 根据生产率的要求,确定生产节拍。节拍等于计划期中的有效工作时间除以计划期的产量;
- (2) 确定每个工作中心所需的设备台数,然后计算设备的利用系数,并进行调整以使得各个工作中心的设备利用系数尽可能高;
- (3) 工序同期化,即通过技术措施,调整工时定额,使工作中心的工序总时间尽可能等于生产节拍;
- (4) 进行流水线平衡,即将整个生产过程的所有工序进行排列,有些工序是有先后关系的,有些工序无先后关系,据此进行合理组合,使得每一工作中心各工序的加工时间总和尽量等于生产节拍。

4.4.3 多品种小批量生产

从20世纪70年代以来,由于客户需求日益多样化,多品种小批量生产逐步占了主流。据统计,到20世纪80年代,在世界机电产品中,中小批量的产品数占产品总数的85%,产值占75%。由于产品类型多、产品结构复杂程度又各异,只能采用通用设备和万能工夹具,所以,生产率低,致使产品的成本要比同类产品(大批量生产)高10~30倍。

如果一个工厂或一个车间有几种产品轮番生产,那么从经济的观点出发,就存在一次调整工装后连续生产多少产品比较经济的问题,这就是批量问题。

多品种小批量生产的组织管理比较困难。一般认为,应用成组技术来安排生产能较好地适应这种生产方式。成组技术(group technology, GT)在上世纪60年代初起源于前苏联。它是利用机械零件形状和加工方法的相似性,将零件分成不同的组,然后把相同组的零件安排在一组相同的加工设备组中进行机械加工。例如,机械零件中,轴类零件出现率约为23%,轴套类为25%,齿轮类为12%,法兰类为9%,这样进行分组,就可以大大提高加工效率。

应用成组技术布置的生产系统,非常适合于多品种小批量生产。有关这种系统设备布置请看第5章。

从管理体制来看,20世纪60年代以来,世界发达国家相继进入买方市场,制造企业之间的竞争愈来愈激烈。很多企业认识到管理是企业在竞争中获胜的一个重要法宝。美国的企业尝试了许多管理改革的方法,如“车间作业负荷平衡及优化”、“物料统管”、“优先级排序”等,但效果都不够理想,他们最后找到问题的症结在于:如何才能根据变化的市场需求,迅速地调整生产计划。他们从物料需求计划(MRP)开始,将需求分为独立需求和相关需求,进而到闭环MRP,再到制造资源计划(MRP II)。由于这时计算机已经普及,应用MRP II软件后,可以在很短时间内,根据市场变化,迅速计算出全部物料需求时间和数量,这为短时间内重排计划提供了可能。MRP II的基本做法是:先对市场做出预测,根据产品的物料清单,初步提出物料计划,与企业的能力(设备和人力)进行平衡,然后将平衡后的计划下达到车间和采购部门;在执行过程中再根据市场的变化,及时对计划进行修改。这是从上到下的生产计划,也就是平时所说的“推动式生产方式”。70年代末,在石油危机的冲击下,日本企业(最早是丰田汽车厂)研究了一种以杜绝一切浪费为目标的“准时生产制”(JIT)。JIT与MRP II相反,采用“拉动生产方式”,即根据每天(或每周)的需求量来安排生产,从装配线开始,以后逐级向上提出物料需求,做到“零库存”。由于JIT生产方式的成功,使日本于1980年在汽车等许多领域超过美国,因此受到国际管理界广泛的重视。JIT生产模式适合于重复性的生产,但由于这种生产模式更换生产对象时的调整时

间短,故也适合于小批量、多品种的零部件生产;对于生产规模很大的汽车生产,由于采用多条流水线平行装配,故也适合于多品种、小批量的汽车的装配生产。从此,MRP II 和 JIT 被公认为最好的两种生产方式,在 20 世纪 80 年代、90 年代得到广泛应用,有的企业还把这二者结合起来应用:在计划期用 MRP II,而在车间生产过程用 JIT 生产模式。

我们前面简要地叙述了制造装配型生产的 3 种方式,即单件生产、多品种小批量和大量生产。再加上流程型的生产方式,一共有 4 种生产方式,它们的产量是从小到大的。与这些生产方式相适应的生产组织形式,依次是:按工艺专业化布置设备的多任务车间,按成组技术布置设备的车间,流水生产线,连续自动生产车间。如果将产品的产量和生产的连续性程度依次排列作为一个矩阵的行,把生产组织形式的自动化程度依次排列作为列,那么可以构成一个如图 4.7 所示的矩阵,称为“工艺矩阵”。这个图表示这样的意思:生产的规模与生产的组织形式最佳相配是在对角线上。例如,大量生产方式最适合的生产组织是流水生产线,多品种小批量生产最适合的组织形式是按成组技术布置设备的车间,等等。当然,在实际生产安排中,偏离对角线的情况是常有的,如果向上偏离则降低生产率,但生产的柔性相应地增加;相反,向下偏离则可提高生产率,但生产的柔性就会降低。

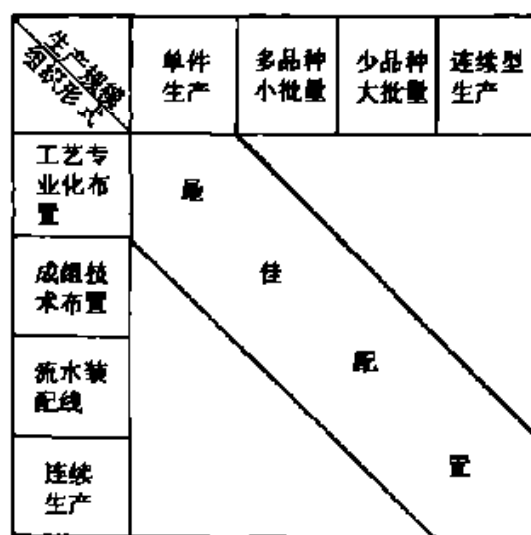


图 4.7 工艺矩阵图

美国科学院提出的 2020 年前美国制造业发展战略报告中,提出了六大挑战和 10 项关键技术,这可大概地画划出 21 世纪头 20 年制造业发展的端倪。在以知识为生产主要要素的经济全球化时代,制造方式发展的动因及依托的条件与前面讨论的相似,更具体些说,由于信息化程度愈来愈高,网络的普及,使得地域之间的距离已经大大地缩短;同时,顾客的需求也愈来愈个性化,过去依靠大量

生产和小批量生产的产品已不能完全满足顾客的需要。为适应这种变化,新世纪的制造业总体方向是向客户化、易重组、自组织、智能化几方面发展。新世纪组织模式的总体轮廓,国内外已有相当多的讨论,我们将在最后一章再做简要的论述。

第5章 设施规划与供应链管理

开设一家新工厂,首先要做可行性研究,在可行性研究中除了产品需求预测外,工厂选在何处是个重要的问题;选址决定后就要进行厂区布置设计。设施规划(facility planning)包括企业选址(location selection)和工厂布置(plant layout)。企业选址通常分为两个阶段:①确定大致的地址,即一个大致的区域范围;②在已确定的区域范围内确定一个具体地址。工厂布置则着重于生产单元的合理布置,就是如何将各种生产要素,如机器、材料、能源、人员、信息等,做一综合的安排,以使生产/服务能稳定而有效地进行。选址和工厂布置与物流系统的构建通常是在一起考虑的,而供应链(supply chain)作为一种新的物流形式正在蓬勃发展。本章在详细讨论设施规划之后,将对供应链做概要的叙述。

5.1 企业选址考虑的因素和步骤

5.1.1 选址考虑的因素

要开办一个新企业或者一个老企业要扩建新厂,在企业经营目标和方针确定之后,第一件要做的事就是选择一个合适的地址。选址是一个非常重要和困难的工作。之所以重要是因为它关系到企业的存亡和兴衰;之所以困难是因为要考虑的因素很多,如成本因素、自然环境因素和社会因素,这些因素相互关联有时又相互矛盾。现简述如下。

(1) 成本因素。成本因素包括:劳动力价格、原材料价格、税收、地价和运输费用等。

(2) 自然环境因素。自然环境因素包括:产品的销售条件是否好,交通(水、陆、空运)是否方便,基础设施(供电、供水、供气、排水、防火)如何,附近有无医疗设施和其他公共生活设施,有无进一步扩展的可能性等。

(3) 社会因素。社会因素包括:当地政府政策法规,环保政策,群众对开办本企业的态度,人文环境等。

5.1.2 选址的步骤

企业选址一般分两步。

第一步,先从宏观角度考虑选在哪个地区,是国内还是国外,是内地还是沿海;然后再具体到大致的范围。

第二步,从给定的大致的范围内确定一个具体地点。

上述两个步骤所考虑的因素略有不同。第一步,除宏观考虑之外,在确定大致范围时所考虑的因素,主要是销售市场、原料、能源供应、运输和劳动力成本等。第二步,除了上述条件要满足外,还要考虑更具体的因素,如周围的基础设施和生活设施等。

在项目可行性论证时,对企业选址要做综合的论述,这需要选址的定性和定量的分析报告作为支持。本章下面将介绍选址的定量方法。这种方法在某种假定前提下可以得到定量的评判。但是,在任何情况下,定量分析的结果只是作为定性决策的支持,显然这种支持是很重要的。

5.2 企业选址的定量方法

5.2.1 加权平均法

加权平均法是将要考虑的因素开列出来,然后对可选地的这些因素进行评分,再按各因素的重要程度的不同加权平均,得到各可选地的评价总分。步骤如下:

(1) 列出影响因素清单,给出度量每一因素优劣的等级和分值。表 5.1 是按 5 级评分制的分值,表 5.2 是按 3 级评分制的分值。选择 5 级评分还是 3 级评分应根据实际情况决定。

表 5.1 5 级评分的等级和分值

等 级	很 差	较 差	一 般	较 好	很 好
分 值	1	2	3	4	5

表 5.2 3 级评分的等级和分值

等 级	较 差	一 般	较 好
分 值	1	3	5

(2) 确定每个因素的权重系数 w_i , 进而计算出每一因素的归一化的权重系数:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n} \quad (5.1)$$

式中

$i=1, 2, \cdots, n$;

n ——权重系数的个数。

(3) 分别对每一可选地址的每一因素评分,可得出各个可选地址不同因素的评分分数 A_{ij} , 这里 $i=1, 2, \cdots, n$, n 为权重系数的个数; $j=1, 2, \cdots, m$, m 为可选地的个数。

(4) 将各个可选地不同因素的评分分数 A_{ij} 与相应的权重系数相乘,便得到各个可选地的总分:

$$B_j = \sum_{i=1}^n (\bar{w}_i A_{ij}) \quad (5.2)$$

式中

B_j ——第 j 个可选地的总成绩。

决策者参考各个可选址的总成绩,再根据非定量因素加以综合考虑,最后选定比较好的一个地址。

例 5.1 计算已初步选出的 3 个可选地总评分。

某公司要新建一个家具厂,选择了 3 个地址:1(农村)、2(城镇)、3(城市)。已对 3 个可选地建厂的主要因素进行了初步了解和预算,所得到的数据如表 5.3 所列。

表 5.3 对 3 个可选地各个因素费用、评价及权重系数

序 号	因 素	3 个地址的费用(万元)或评价			权重系数
		1	2	3	
1	地价(分摊到每年的费用,包括利息)	10(5)	15(3)	20(1)	0.10
2	工资	200(4)	300(3)	400(2)	0.30
3	折旧	30(2)	30(2)	30(2)	0.20
4	运输成本	40(2)	35(3)	30(4)	0.20
5	税金	5(1)	5(1)	5(1)	0.20
可定量费用总和		285	385	485	
6	政府政策	好	中	一般	0.30
7	市场份额	一般	中	好	0.40
8	环境条件	好	中	一般	0.30

根据公式(5.1),可算出各因素的归一化的权重系数:

$$\overline{w}_1 = 0.10/2.00 = 0.05$$

$$\overline{w}_2 = 0.30/2.00 = 0.15$$

$$\begin{aligned}\overline{w}_3 &= \overline{w}_1 = \overline{w}_5 = w_3/(w_1 + w_2 + \cdots + w_8) \\ &= 0.20/2.00 = 0.10\end{aligned}$$

$$\overline{w}_6 = \overline{w}_7 = 0.30/2.00 = 0.15$$

$$\overline{w}_8 = 0.40/2.00 = 0.20$$

表 5.4 矩阵 A_{ij} 和列阵 B_j 的具体值

因 素		A_{ij}			权重系数
1	5	3	1		0.05
2	4	3	2		0.15
3	2	2	2		0.10
4	2	3	4		0.10
5	1	1	1		0.10
6	5	3	1		0.13
7	1	3	3		0.27
8	5	3	1		0.10
B_j	2.75	2.70	2.15		

为了用公式(5.2)计算3个可选地的总评分,我们将5个成本因素化成5级分。根据3地、5因素的成本值,我们把它们转换成表5.3括号内的数字表示。

经过简单计算,可得矩阵 A_j 和列阵 B_j 的值,见表5.4。从表可见,选择1地(农村)比城镇略好,城市最差。

5.2.2 重心法

当考虑的因素主要是货物的运输费用时,如一个制造厂须从众多的原料和选购件产地运货到厂,又要将工厂的成品运送到供销点,要选一个厂址,一个超市公司要选择配货中心,等等。在这种情况下,一个可用的简单方法是重心法。所谓重心法就是:把各超市门市部地址放到平面坐标 $x-y$ 上,假定各门市部的运输成本与运货量及运输距离成正比,则厂址或配货中心地址的坐标可用下式计算:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i x_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5.3)$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i y_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5.4)$$

式中

Q_i ——各门市部单位时间的运货总量;

x_i ——各门市部的 x 方向坐标;

y_i ——各门市部的 y 方向坐标。

这个方法比较简单,读者可自行选题练习。

5.2.3 盈亏平衡点法

盈亏平衡点法是从成本出发,确定能赢利的生产规模,从而确定地址。下面举例说明这个方法。某公司决定新建一个离合器制造厂,选择了A、B、C 3个地方,经初步预算,3地的固定成本和单位产品的成本如表5.5所列。

表 5.5 3个可选地的固定成本和单件成本

可 选 地	固定成本(元/年)	单件成本(元)
A	20 000	150
B	40 000	75
C	70 000	22

根据表 5.5 的数据,可画出 3 条总成本随产量变化的曲线,见图 5.1。图中标明了适合 A,B,C 3 地的合适产量范围。就是说,不同的地区,由于固定成本和单件成本的不同,从生产总成本最低出发,3 个地区适合的生产规模是不同的。

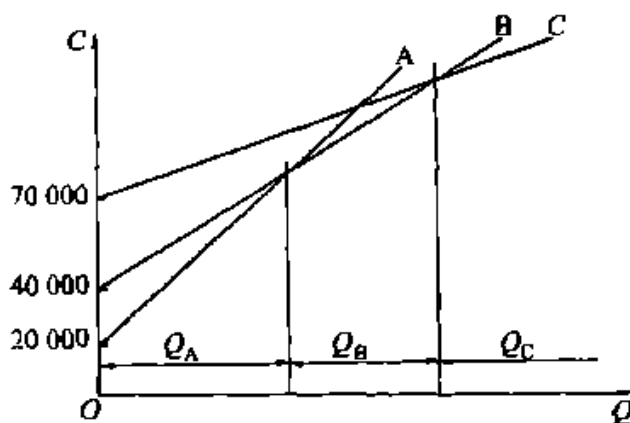


图 5.1 盈亏平衡点图

5.2.4 定量因素和非定量因素的综合评价法

在前面讲解权重系数法时,是将成本这一定量因素转换成等级评分,然后再与非定量因素的等级评分叠加。这是将细化粗的方法。本小节讲的方法,则是将非定量因素定量化,然后再与定量因素叠加,是将粗化细的方法。我们所说的定量因素是可以用货币表示的成本;而非定量因素指的是不能用货币表示的那些社会和自然环境因素。

对 i 地的综合评价用“综合评价系数” R_i 表示, R_i 用下式计算:

$$R_i = \alpha D_i + (1 + \alpha) N_i \quad (5.5)$$

式中

N_i —— i 地非定量因素的评价系数;

D_i —— i 地定量因素的评价系数;

α ——定量因素的权重系数。

下面对 N_i 和 D_i 的评价方法以算例的形式予以说明。

(1) 定量因素的评价系数按下式计算:

$$D_i = \left[C_i \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j} \right]^{-1} \quad (5.6)$$

式中

C_i —— i 地的总成本, $i=1, 2, \dots, n$ 。

$$C_i = \sum_{j=1}^n C_{ij} \quad (5.7)$$

式中

C_{ij} —— i 地 j 项成本, $j=1, 2, \dots, m$ 。

从公式(5.6)可以看出, 定量因素的评价系数 D_i 是小于1的, 而 n 个可选地的 D_i 总和等于1。同时我们看到, 定量因素的评价系数 D_i 越大, 说明 i 地越好。

(2) 非定量因素评价系数 N_i 的确定。在这里, 某一非定量因素的优劣是与其他非定量因素相对而言的。因此, 可用选举法确定。就是说, 一个因素对另一个因素而言为优则取1, 否则取0。根据这个原理, i 地非定量因素评价系数 N_i 按下式计算:

$$N_i = \sum_{k=1}^n (I_k S_{ik}) \quad (5.8)$$

$$S_{ik} = \sum_{j=1}^n \alpha_{ijk} / n$$

式中

I_k —— k 因素的重要程度系数;

α_{ijk} —— k 因素下 i 地区对其他地区选举结果, 胜者为1, 败者为0。

例 5.2 确定可选地的定量因素的评价系数。

我们仍应用例 5.1 的数据, 计算 3 个可选地的定量因素的评价系数 D_i 。3 个可选地的成本见表 5.6 所列。

表 5.6 3 个可选地的成本

序 号	因 素	3 地的费用(万元)或评价		
		1	2	3
1	地价(分摊到每年的费用, 包括利息)	10	15	20
2	工资	200	300	400
3	折旧	30	30	30
4	运输成本	40	35	30
5	税金	5	5	5
可定量费用总和		285	385	485

计算的数据如下:

$$\sum (1/C_i) = 1/285 + 1/385 + 1/485 = 0.00817$$

$$D_1 = (285 \times 0.00817)^{-1} = 0.430$$

$$D_2 = (385 \times 0.00817)^{-1} = 0.318$$

$$D_3 = (485 \times 0.00817)^{-1} = 0.253$$

可见, 从定量因素看, 1 地(农村)较为有利。下面计算非定量因素评价系数, 见表 5.7 所列。

表 5.7 非定量因素评价系数计算

(1) 政府政策, $I_1=0.30$					
地 区	1(a_1)	2(a_2)	3(a_3)	$\sum a_i$	S_A
1		1	1	2	0.67
2	0		1	1	0.33
3	0	0		0	0
(2) 市场份额, $I_2=0.50$					
地 区	1(a_1)	2(a_2)	3(a_3)	$\sum a_i$	S_A
1		0	0	0	0
2	1		1		0.33
3		1	1	2	0.67
(3) 环境条件, $I_3=0.20$					
地 区	1(a_1)	2(a_2)	3(a_3)	$\sum a_i$	S_A
1		1	1	2	0.67
2	0		1	1	0.33
3	0	0	0	0	0

根据公式(5.8),非定量因素评价系数计算如下:

$$N_1 = 0.67(0.30 + 0.20) = 0.335$$

$$N_2 = 0.33(0.30 + 0.50 + 0.20) = 0.330$$

$$N_3 = 0.67 \times 0.50 = 0.335$$

我们取 $\alpha=0.50$,根据公式(5.5),3 地的综合评价系数如下:

$$R_1 = 0.50(0.430 + 0.335) = 0.383$$

$$R_2 = 0.50(0.318 + 0.330) = 0.324$$

$$R_3 = 0.50(0.253 + 0.335) = 0.292$$

从计算结果可以看出,综合评定法与加权平均法所得结果是相似的。

5.3 工厂布置的目标和原则

工厂设计的首要工作是规划总平面布置,包括:原料库、动力车间、成品库、主要生产单元和办公大楼等的定位。这些工作通常是在工厂的初步设计时完成的,它需要布置规划的定性和定量分析资料的支持。一个工厂的生产单元的布置,一般在长时期内不会改变。所以,工厂布置的任何不当,都会带来巨大的经济损失。这里讲的工厂布置的原则和方法,也适用于其他组织的布置。

5.3.1 工厂布置的目标

工厂布置所追求的目标,概括地说有下面 4 项:

(1) 可行性原则,即生产系统设计必须满足生产工艺的要求。

(2) 经济性原则,即要节约生产费用,包括合理安排工艺路线、物流路线,使路线最短;物流停滞时间最小。此外,还要考虑车间的建筑费用等固定费用。

(3) 安全性原则,即维持良好的作业环境,设置安全通道等。

(4) 可调整原则,虽然设备布置在短期内不会轻易改变,但考虑到当前市场需求的多变性,设备布置保持一定的柔性是很必要的。

5.3.2 工厂布置的原则

为了达到上述目标,工厂布置需要遵循一些基本原则,这些原则可概括如下。

(1) 尽量保持物流向前、不回流、不滞留的原则,这里的物流,主要指加工中的毛坯、半成品、零配件和成品。物流的连续性就是工艺的连续性。

(2) 尽量减少物料搬运的距离,尤其是大宗和大重量的物料运输。

(3) 流量大的上下道工序和生产单元要尽量靠近。

(4) 尽量节约空间,但必须设置畅通的通道,以使作业安全、方便。

(5) 应用人因工程学原理,合理安排工位,提高作业效率和舒适性。

(6) 保留空间的可扩展和设备的可调整性。

5.3.3 工厂布置的步骤

工厂布置一般可按如下几个步骤进行。

(1) 确定工厂的生产模式。工厂布置的最重要工作,是根据市场预测和企业预定的规模,对今后较长期生产产品的结构类型和产量进行分析和分类,根据产品同类型确定生产模式。生产模式一般可分为3类:

第1类:流水生产模式,其特点是品种很少但每一种产品产量很大,生产可以不断稳定,重复地进行。

第2类:单件生产模式,其特点是产品品种繁多,很少重复生产。

第3类:成批生产模式,其特点是产品品种较多,每种产品产量不大,轮番生产。

除非一个企业的产品非常单纯,很容易判别其生产模式,否则都需要对企业的产品进行分析和分类。有的工厂很可能3类产品都有,因此工厂布置的第一步是对本厂的产品进行分类。一般可分为A、B、C3类,见图5.2。图中Q表示产量,P表示品种。其中,A类是产量很大的少数几种产品,这类产品是属于大量生产类型,按流水生产模式组织生产;C类是种类多、很少重复生产的产品,它属于单件生产类型,按单件生产模式组织生产;B类是介于二者之间,属于成批生产类型,按成批生产模式组织生产。

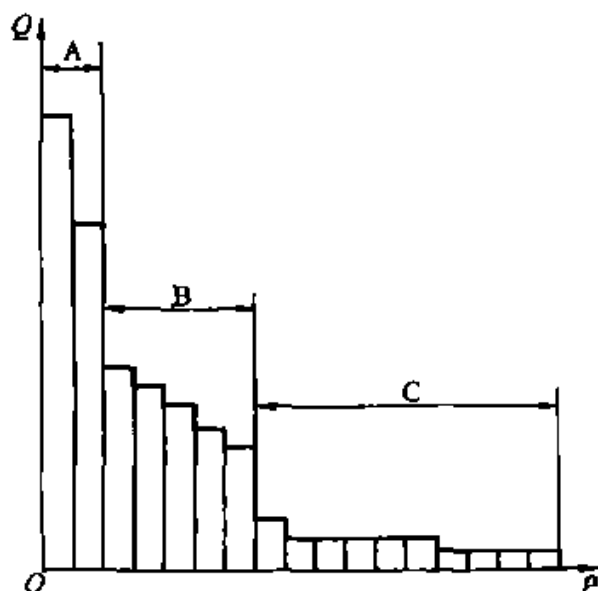


图 5.2 产品产量分布图(P-Q 曲线图)

(2) 分析。生产模式确定之后就可按下一小节介绍的工厂布置的基本类型,选择一种或几种生产模式,进行“活动关系图”的定性分析,以确定工厂中各车间的位置。对于物流系统较为复杂、布置优劣对成本有重大影响者,还应该做定量分析。分析时应考虑实际需要和可能提供的面积。

(3) 设计几种布置方案,进行比选,最后选定较好的一种布置方案。

5.3.4 工厂布置的基本类型

工厂布置与生产模式有关。根据上述的 3 种生产模式,工厂布置有下面几类。

(1) 工艺专业化布置。对于多品种、小批量类型零部件的加工生产,一般按工艺专业化的方法组织生产。以机械制造厂为例,通常是把同一类型的设备放在一起,构成一个生产单元,如:锻造车间、铸造车间、机械加工车间和热处理车间,等等,而机械加工车间又分为车床工段、铣床工段、磨床工段等。它的优点是,设备和操作人员的负荷率相对较高,部分设备停歇不影响整个生产。图 5.3(a)表示机械加工车间,它是按工艺专业化的设备布置的,图中 A, B, C, D, E, F 表示 6 种类型的机床,零件 1 经 A, B, D 完成该车间的作业;零件 2 经过 D, E, C 完成;而零件 3 则通过 E, F, A 完成。从图可见,加工件在车间来回运输,增加运输费用并增加在制品的滞留时间。另外,这种生产模式对操作人员的技术水平要求较高,组织和管理工作的难度也较大。

(2) 产品专业化布置。对于大量生产类型,最有效的生产模式是流水生产,就是按某一种产品的加工工艺过程布置设备。就是说每一种产品都有自己的生产线。这就是产品专业化布置,见图 5.3(b)。这张图表示的也是 3 种产品,不过,在这种布置下,每一产品都按自己的工艺流程布置设备,因此加工件经过的

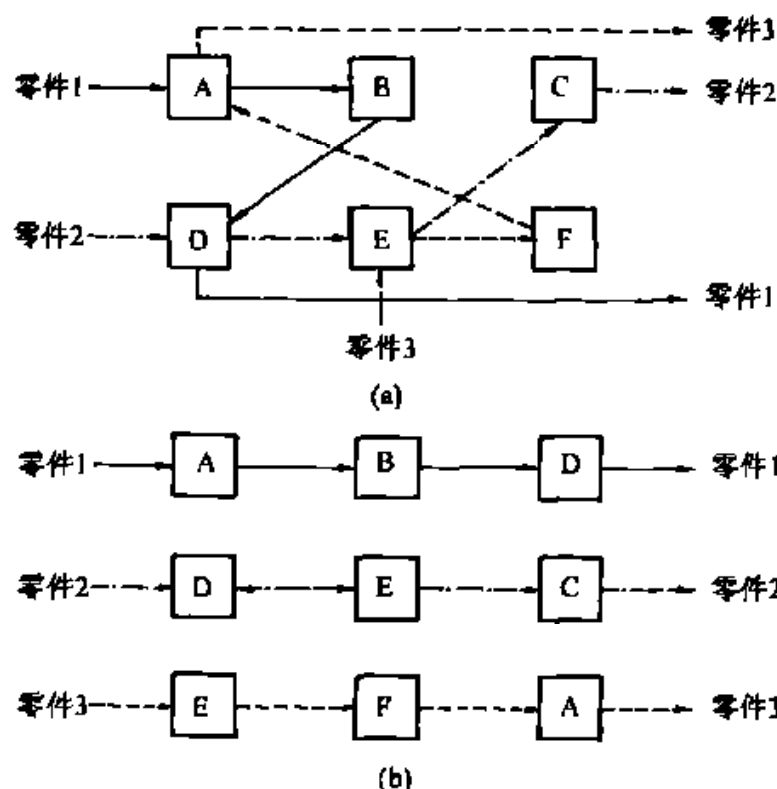


图 5.3 两种不同的生产组织形式示意

路程最直接、最短,无用的停滞时间也最少,由于操作人员只做一种产品的一个工序,故效率高;但它要求较多的设备,而设备的利用率相对较低。按产品专业化布置的管理工作,主要是解决生产线平衡问题。所谓生产线平衡,就是使生产线中的每一工作中心的操作时间尽可能与生产线的节奏相等。

(3) 应用成组技术的布置。由于顾客需求的多样化,多品种、少批量生产模式已成为当前生产的主流。如果应用通用加工设备进行生产,不但速度慢,而且成本高。成组技术正是适应这种需要而发展起来的。简单地说,成组技术就是识别和利用产品零部件的相似性,将零件分类。从制造观点来说,就是按加工方法的不同分为:轴类、法兰类、圆筒类、壳类,等等。这样,可以将同类零件组织加工生产线。所以,它具有大量生产所具备的效率高的优点。

(4) 定位布置。定位布置适合于特大型产品的加工,如大型柴油机的装配、船舶舾装等。由于产品重量大而移动困难,因此将装配用的工具、设备沿产品周围布置,操作人员也流动作业。

以上我们分析了工厂布置的种种类型。下面我们介绍几种布置方法。按产品生产流程的设备布置,是生产线的设计问题,主要是流水线的平衡问题,这里不做介绍。

5.4 工厂布置方法

5.4.1 “活动关系图”法

由 R Muther 提出的活动关系图法^[7]是一种定性的布置法。例如,我们要设计一个办公楼,那么,办公楼中各个办公室位置是如何确定的呢?为此,首先要做调查,对各个办公室间的人员来往的次数统计出来,根据人员来往次数的多少,就可确定各个办公室之间的密切程度,依此即可画出活动关系图。这个方法也可用来确定工厂中各个车间的位置,下面我们举一个例子来说明这一方法。

用这种方法绘制布置图,通常有如下三个步骤。

第一步绘制活动关系图:

图 5.4 表示某工厂 10 个部门之间联系紧密度的“活动关系图”。图左侧是 10 个部门的名称,图右侧的大三角形被分成许多菱形小方格,在每方格上方,用字符 A,E,I,O,U 分别表示两两相交单位间的紧密程度,X 表示不希望靠近,其含义在该图的右上侧说明。每一方格下方的数字 1,2,3,4,5 表示关系的理由(图中只有部分方格作了表示),数字的含义在图右下侧说明。

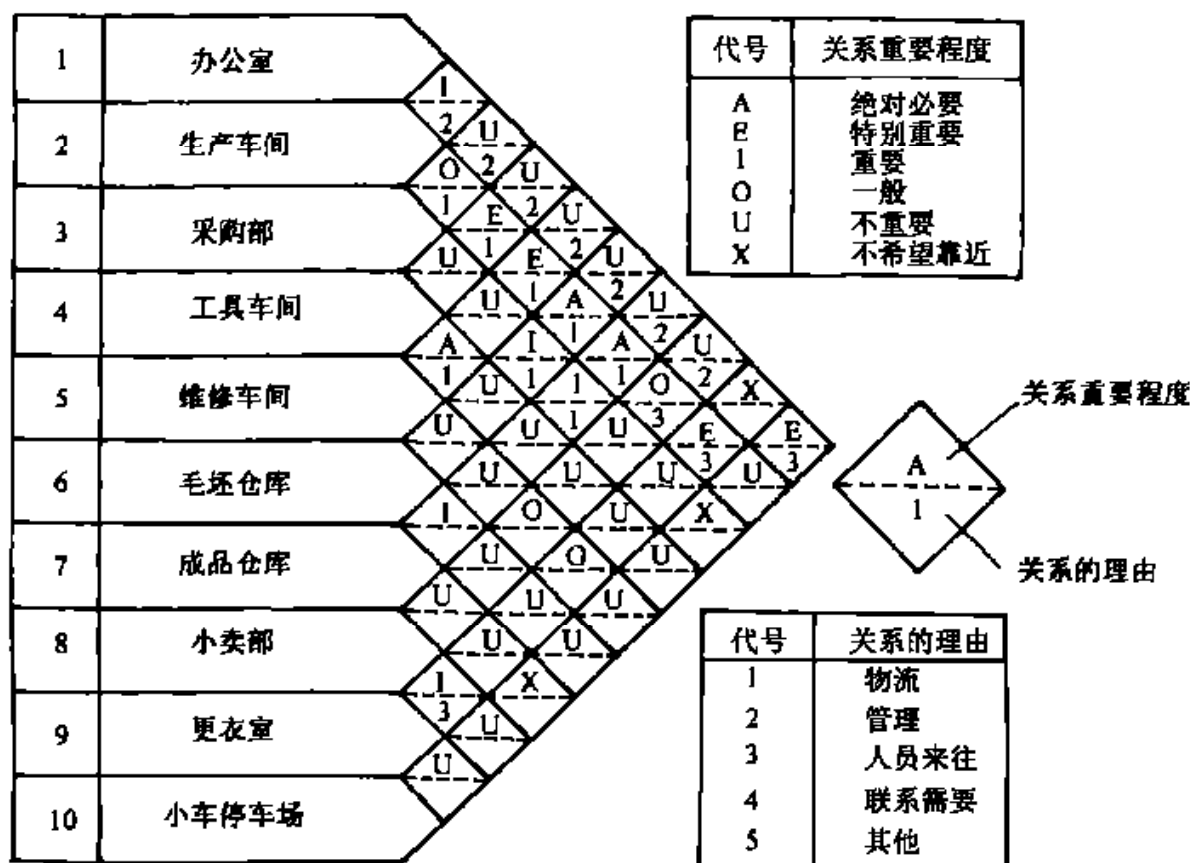


图 5.4 部门间的活动关系图

第二步绘制关系族图：

根据图 5.4 的关系密切程度,可进一步分别绘制关系族图,见图 5.5。其中,A 族是具有“绝对必要”的联系单位,用粗实线表示它们间的关系,在本例的情况下,A 族有两个独立的组,就是说,两组之间并没有“A”级的联系;E 族是具有“特别重要”联系的单位,用次粗的实线表示,也有两个相互独立的组;I 族是具有“重要”联系的单位,用实线表示,共有 3 个独立的组;U 族表示单位间的联系是“不重要”的,它们之间的联系用虚线表示。

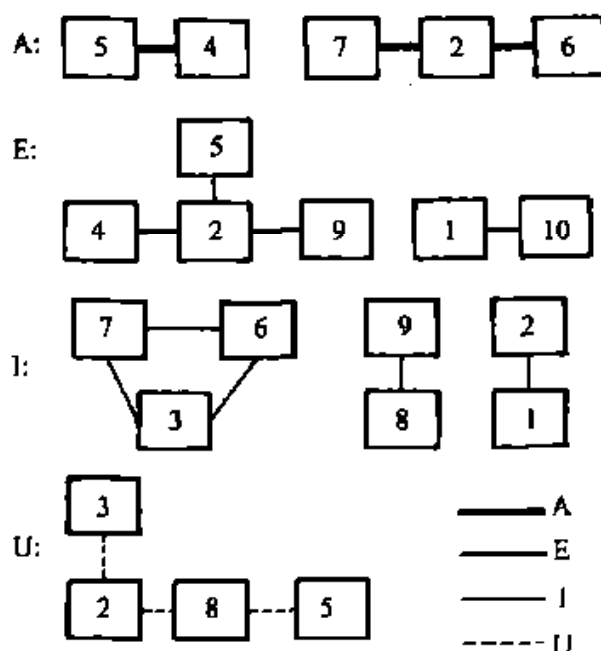


图 5.5 关系族图

第三步绘制整体布置图：

将图 5.5 表示的关系族图合成起来就可构成整体布置图。在合成时不仅要考虑单位间的关系,而且还要考虑单位的面积,因此需要不断试凑。

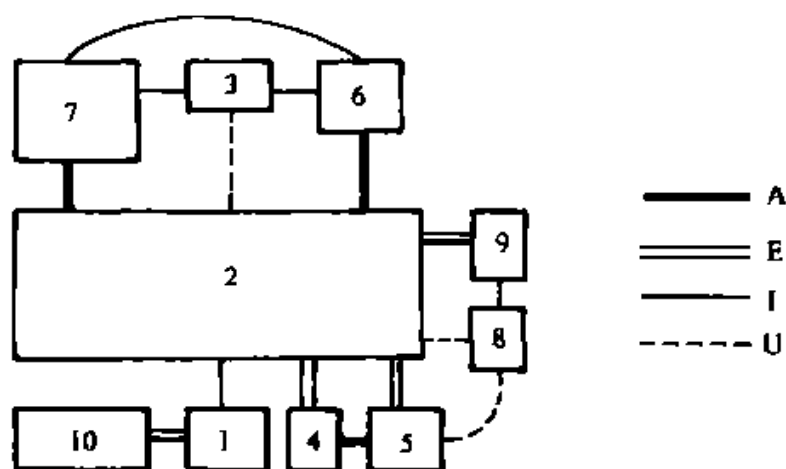


图 5.6 整体布置图

5.4.2 工厂布置的定量方法

当部门之间有大宗物流(如工厂车间内或车间之间的在制品),或有大量人员流动(如医院的病员)的情况下,布置优化问题可以应用定量的方法。优化的目标可以是物流成本最低,或是病员通过时间最短。布置问题定量化,就是使下式表示的量值最小:

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij} C_{ij} D_{ij} \quad (5.9)$$

式中

C ——总成本;

T_{ij} ——从 i 到 j 的往返次数;

C_{ij} ——从 i 到 j 的每一次行程的单位距离成本;

D_{ij} ——从 i 到 j 的距离;

n ——部门的个数。

在式(5.9)中 C_{ij} 和 T_{ij} 都是常数,只有距离 D_{ij} 才是变量,它随布置的不同而不同。利用上式进行计算时,应用“从至表”(from-to)相乘的方法是很方便的。“从至表”有多种种类,如:“距离从至表”是表示部门之间距离的大小;“单位距离成本从至表”是表示部门之间单位距离成本,而“次数从至表”则是表示在一定时间内部门之间来往的次数。将这3种从至表制成矩阵表,于是公式(5.9)的计算就变成3个矩阵相应元素的相乘,计算相当简单。

例 5.3 现在我们举例说明公式(5.9)的计算方法。图 5.7 表示 A, B, C, D, E, F 等 6 个部门之间的关系。从图可见, B—D, B—E, C—E, E—F 之间的运输量较大,初步可按图 5.7 来布置 6 个部门的位置。为了简化,我们假定:相邻部门之间的距离为 1,相隔一个部门的距离为 2,相隔 2 个部门时距离为 3。于是它们之间的距离就如表 5.8 中元素的分子所示。表 5.9 是单位运价从至表。将运量、距离及单位运价三者相乘,就得到部门之间运价总额从至表,见表 5.10。从表可以看到,部门之间的运价没有特别高的,这说明布置是基本合理的。这个布置方案的总运输成本为 459 000 元。读者可以试着将 C 与 D 两个部门对调,看看运输总价是否增加。

A	B	D
C	E	F

图 5.7 部门位置关系图

表 5.8 部门之间的运货量/运货距离从至表

	A	B	C	D	E	F
A	—	1 000/1	1 000/1	800/2	800/2	500/3
B		—	1 000/2	1 200/1	1 200/1	800/2
C			—	0	1 200/1	800/2
D			500/3	—	800/2	1 000/1
E					—	1 200/1
F						—

表 5.9 部门之间单位运价从至表

	A	B	C	D	E	F
A		30	30	20	20	15
B		—	10	30	30	20
C			—	0	30	20
D			15	—	20	30
E					—	30
F						—

表 5.10 部门之间运输总价从至表

	A	B	C	D	E	F
A	—	30 000	30 000	32 000	32 000	22 500
B		—	20 000	36 000	36 000	32 000
C			—	0	36 000	32 000
D			22 500	—	32 000	30 000
E					—	36 000
F						—

5.5 供应链管理^[8]

5.5.1 供应链管理概述

在制造全球化和市场竞争日益激烈的态势下,一种新的生产管理——供应链管理已经在 20 世纪 90 年代初发展起来。自从 1989 年 Stevens 提出集成供应链概念以来,许多管理专家对供应链管理的内涵或范畴做过不同的论述,归纳起来可以做这样的表述:“供应链管理是在满足一定服务水平下,把供应商、制造商、仓库和商店有效地合成一体来生产商品,并把正确数量的商品在正确的时间内配送到正确地点,以达到系统成本最小、各个成员均能得到相应利益的一套管理方法。”从这个定义可以看出,供应链管理具有如下特征:

(1) 由供应链组织的“生产”不光是制造商的事。供应链是以制造商为核

心,向两头延伸,向上游,延伸到供应商和供应商的供应商;向下游,延伸至经销商和经销商的经销商。就是说,供应链是把制造厂、供应商、仓库和商店作为一个整体来考虑成本和效益的。要把优势互补、损益与共又有利害冲突的各方组织在一个供应系统中和谐地运作,选择供应链成员是首要任务。

(2) 供应链管理的目标是:在保持一定服务水平的条件下,把成本降到最低并使各成员都得到相应的利益。供应链的总成本,也就是商品的用户成本,不仅包括制造成本,而且还有上游成本和下游成本。这上、下游成本包括交易成本、物流的运输、存储、搬运等的成本。降低制造成本是运作管理的任务,而降低上、下游成本主要是设计好运输网络。

(3) 把制造厂、供应商、仓库和商店作为一个整体来考虑成本、效益和效率,实际上是困难的。因为,供应链成员之间存在不同的、相互矛盾的利益。但只有做到这一点,才能使供应链很好地运转。

5.5.2 供应链管理的关键问题

供应链管理有如下7个关键问题:

(1) 供应链网络的构造。最主要的是:管理层如何在最优化生产、库存、运输总成本和满足服务水平的条件下,选择各仓库的地点和容量,确定每一工厂的生产水平,安排设施之间的运输流量。

(2) 库存控制。主要是如何根据变化的需求确定订货点,以求得最小化的订货和库存总成本,应该采用多大的库存周转率,等等。

(3) 配送战略。主要是采用中心仓库供应商品,还是直接把商品运输到商店,或者采用经典的中间仓库配送,或者采用三者混合的方法,如采用混合方法,他们的比率以多大为好,等等。

(4) 供应链集成和战略结伴。由于供应链伙伴间的目标各不相同甚至相互矛盾,但为了适应市场需求而不得不联合。在此情况下,如何集成成功?

(5) 产品设计。市场变化要求产品设计更新,但重新设计通常代价昂贵。何时重新设计对减少物流成本及缩短供应链提前期最有利?为了利用新产品设计,须对供应链作怎样的修改?

(6) 信息技术和决策支持系统。信息共享是供应链存在的前提和保证。基本问题不在于是否可以获得信息,而是如何传递信息?哪些信息应该共享?如何共享?

(7) 顾客价值。顾客价值是衡量一个企业对社会贡献大小的重要指标。在不同的行业,是什么因素决定着顾客的价值?如何衡量?供应链管理如何作用于顾客价值?

这些关键问题涉及许多方面,包括战略层、战术层和作业层。就是说供应链

管理牵涉到核心企业与合作伙伴的战略决策和整个链的运作管理问题。例如,在采购方面就需要对所需零部件、原材料的价值进行分析,以通过协商或竞标方式获得优惠的采购价格;在选择供应商方面,要确定选择的策略,是竞争还是双赢,还要对供应商进行评估,必要时对供应商进行重组,等等。本章前几节讨论了企业选址、设备布置原则及其定量计算方法等,都对供应链设计有用。本章后面的讨论将针对供应链设计补充一些关键内容。

5.5.3 物流网络构建概要

(1) 构建的一般原则。我们假定工厂地址已经选定,供应商和零售商的分布状况业已调查清楚,现在要选择仓库、配送中心,以便构成运输网络。当然也可以是生产企业已经存在,仓库也有,但是有的租期已到,要另选地址;有的需要扩容。总之要重新构建网络系统。

构建运输网络要做的事包括:

①确定合理的仓库数目;②确定每一个仓库的地理位置;③确定每个仓库的容量;④确定各个仓库为哪些顾客供应哪些产品。

在做这些事的时候要在运输成本和服务水平之间进行权衡。明显的影响是由于运输距离的缩短,不仅降低了成本,而且提高了服务水平;由于安全库存的增加,服务水平可以提高,但库存成本增加了;由于仓库的增加,缩短了商品与顾客之间的距离,但增加了成本。

(2) 顾客群的划分。要确定仓库的地理位置,必须对供应商和顾客的分布状况做调查。供应商的数量相对较少,物理位置也比较容易确定;顾客的数量很多,地理分布也不均匀。可以根据顾客的分布密度将顾客分区,每一区顾客群用一个顾客代表;对于大城市来说,也可以按邮编区号划分,还可以按送货频率划分。

(3) 产品的运输分组。将要输送的产品按配送方式或产品本身特性分组。配送方式是指,送往同一顾客群的产品放在一起;产品特性是指按产品包装、防震、防火、防潮、防爆等不同要求而分组的。

(4) 确定运输费率。供应链成本的构成中,运输费用占大部分。所以,确定运输费率是很重要的。运输费率一般与运输距离成正比。对于自备车辆的,费率计算比较简单,企业运输部就可以提供所需的信息。对于应用第三方物流的,因为目前我国运输主管部门还未对跨省、跨地区间的运输费率作出统一的规定,因此,要通过多家比较才能找到较低的费率。

(5) 运输里程估算。我国铁路和公路运输部门都给出了大城市间的运输里程,对于小城镇也不难估算出运输里程。国际间的运输里程,如果没有现有资料,可以通过经纬度数估算。

(6) 库存成本。库存成本的计算见“库存管理”章。这里要指出的是,仓库的固定成本与仓库的规模大小有关,但在一定的范围内不变。

(7) 仓库的容量。仓库的容量包括存货的空间和辅助空间。存货空间等于平均库存加安全库存的两倍;而辅助空间则包括:运输车辆、取货装卸设备的运动空间,分检、处理货物用的空间等,在初步设计时,可以认为辅助空间约等于存货空间的两倍。平均库存和安全库存是根据生产要求和库存管理策略确定的。

(8) 服务水平。服务水平可以用时间或距离来定义。对于设计运输网络来说,比较好的做法是规定仓库与顾客之间的最大距离。这里的顾客主要是指用到你的商品的经销商。对于顾客稀疏地区和农村地区,距离可以增大,并规定仓库辐射到95%的顾客(举例而言)。

5.5.4 供应链网络设计技术

根据前面所确定的基本数据,就可以设计最优化运输网络。通常是根据供应商布点、顾客群和服务水平,确定仓库的位置和容量。可以先确定几种方案,然后根据运输成本最小的原则,进行比选,最后确定配货中心的位置或修改仓库的布点。最常用的最优化方法是线性规划和整数规划。运输模型是适合网络优化的实用算法。另外,仿真是一个有力工具,可以在设施规划和网络设计中应用。

运输模型是解决若干配货中心向若干仓库或若干销售点送货问题较好的工具。通常,配货中心的送货量、销售点的需求量都是已知的,运输单价也是一定的。运输问题可用下式描述:

目标函数:

$$\min C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (5.10)$$

约束条件:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n X_{ij} = s_i, & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} \leq d_j, & j = 1, 2, \dots, n \\ X_{ij} \geq 0, & \text{对所有的 } i \text{ 和 } j. \end{cases} \quad (5.11)$$

式中

C ——总成本;

X_{ij} ——从 i 出发地到 j 目的地的运输量;

C_{ij} ——从 i 出发地到 j 目的地的单位运输量运价;

s_i ——市场 j 的年需求量;

d_i ——工厂 i 的年能力。

由式(5.10), (5.11)描述的运输模型, 可以用任何一种运筹学软件求解, 但当节点很多时, 计算效率将大大降低, 故须寻求经济的算法。有的软件提供图表作业法求解。

第6章 工作研究和工作设计

应用科学,合理的操作方法以降低工时定额,是提高生产率的重要方法。工作研究(work study)包括动作研究和时间研究。动作研究是研究操作人员合理和科学的操作方法。研究时,通常把所要研究的某种操作(如拧螺栓)分解成若干“动素”,然后研究这些动素是否可以取消、合并或重组,以便对这个动作进行简化。经过这样的简化,可以得到一个合理、科学的操作方法,并把它定为“标准工作方法”。时间研究就是挑选按标准工作方法训练过的操作人员,对他们的操作时间进行记录、统计分析,定出标准时间作为该项操作的工时定额。工时定额又称为工作标准(work standards)。工作系统设计是根据合理的工作方法,应用人因工程学的原理,合理地设计操作人员的工作场所和操作设备,这是工作研究的发展。本章仅就工作研究和工作设计的一些重要概念做一简要的叙述。

6.1 工作研究

工作研究是“管理科学”之父泰勒和吉尔布雷斯夫妇开创的研究方法,其目的是用科学和合理的操作方法替代老的不合理的方法,以节约时间,从而达到提高生产率的目的。泰勒的方法在美国的工厂生产发展中起过巨大的作用。即使到了今天,泰勒的工作研究仍然是工厂改善操作、提高效益的重要手段。但在实施过程中也曾遭到工会的反对,认为这必将增加工人的劳动强度并会导致工人失业。后来的研究也说明,泰勒的方法也有局限性,这就是只强调技术的一面,不大注意人的精神需要;过于强调标准化,忽视人的灵活性;只强调个人的方法改进,忽视团队合作。后来的一些研究(包括第1章提到的霍桑试验等)弥补了泰勒的不足,这便产生了工作系统设计。工作系统设计是在工作研究中注入人的行为理论和人因工程的研究结果。

工作研究是传统工业工程的基本方法之一。工作研究经过不断发展和改善之后,今天已成为一个企业提高生产率、实行有效管理的基本方法。发展工作研究方法,就可以发展更好的操作方法,正确估计操作时间,平衡装配流水线,估计人工成本,发展有效率的工具,选择适当的设备,合理布置工厂,训练工人以便使他们高效地工作,等等。作为一位工业工程师,工作研究方法掌握得如何,是他基本功是否扎实的重要体现。在国外,有许多关于工作研究的著作已出版,许多企业也提供了各式各样的图表可供应用。

工作研究包括动作研究和时间研究,下面分别予以介绍。

6.2 动作研究

6.2.1 动作研究的步骤

动作研究又称方法研究,是由吉尔布雷斯(Gilbreth)与他的夫人首先开创的。他原是一位泥匠,在砌砖比赛中,把砌砖的速度从每小时150块提高到350块。后来他与擅长心理学的夫人丽莲(Lilian)共同进行动作研究。他们将工人的操作分为17个动素(therbligs,这是新创造出的单词,是他名字的倒写),包括:伸手、寻找、选择、抓取、取回、预对、放置、装配、拆卸、放手、应用、握持、检查、迟延、故延、计划和休息等。每一动素给定一标准时间。合理地确定一个操作的组成动素,就能正确地确定动作的时间。

装配一台机器需要制造很多零件,一个零件还有许多工序。如果每一零件、每一工序都要进行动作研究,那是很费时的。由于经验的积累和前人的研究,有

许多零件和工序的动作是不需要再研究的。所以,对一个工业工程师而言,只有那些新产品的重要零件的关键工序需要进行动作研究。

动作研究一般有如下步骤:

(1) 记录,就是记录训练有素的工人操作的每一个动素,包括动作起始点、路线和时间。记录可以用照相和录像。目前,研究人员已经制作出一些专用的图表工具,可以帮助研究人员快速、方便、准确地记录操作人员的动素。

(2) 分析,就是根据记录资料,仔细分析研究每一动素是否必要,哪些可以去掉,顺序是否合理,要不要改变。通常采用所谓 5W1H 的分析方法,反复使用,不断找出“更好”的方法。5W1H 方法含义如下:

① Why——为什么它是必不可少的?为什么是这样的顺序?为什么需要这样素质的工人?为什么需要这样的工具?

② What——这项动素的目的是什么?结果是什么?

③ Who——谁做这个工作最合适?

④ Where——在哪里做这个工作最合适?

⑤ When——何时开始这个工作最合适?

⑥ How——如何做这个工作会做得更好?

(3) 设计,就是在上面分析的基础上设计新的方法。为了使设计的新方法确实有效,必须经过设计、试做和评价三个步骤。任何一个新方法总是在现有的基础上,经过“取消—合并—重排—简化”4 项技术而得到的,这 4 项技术简称 ECRS 技术,基本内容如下:

① 取消(elimination),取消多余的动作或步骤,尽量不用手固定、搬运物件,尽量不用手克服惯性和动量,取消工作中的怠工和闲置。

② 合并(combination),将多个突变的动作合并为一个连续的动作,将多个工具合并为一个多功能工具。

③ 重排(rearrangement),对工作顺序进行合理重排,使工作顺当,左右手负荷均衡,相互协调。

④ 简化(simplification),减少目光搜索范围和变焦的次数,工作时尽量减少身体的移动,减少动作的幅度,简化复杂的动作,减少把手、按钮的数量。

(4) 实施、评价并改进。根据 ECRS 技术设计好工作方法之后,要请操作人员试做,然后对新方法进行评价,是否达到预定的目标,就是看是否达到省力、省时、高效的目的。在试做时还可以不断改进,直至满意为止,接着就把它标准化。

6.2.2 动作研究的图示法

用图表表示一个工作流程,不但其依次的顺序可以一目了然,而且可以看出哪些动素是空行程,哪些动素是闲置,等等,有利于研究改进。图 6.1 表示双手

拧螺栓的动作过程。动作对象是螺母、螺栓和垫片,它们被放在操作工人身旁的3个容器中。图的左右两侧依次表示左、右手的动作名称,图的中部两列表示作业名称,它们各用图标表示,每一行均有4个空心的图标供选择(涂黑)。4个图标中,圆圈表示作业,箭头表示移动,方形表示检验,半圆形表示闲置。从图中可见,在装配的整个过程中,左手大部分时间处于闲置,主要是右手在动作;此外,手取的动作次数几乎与安装次数相同。这些都是不合理的。请读者考虑一下:

双手操作图

总括:

符号	现行		建议		差别	
	左	右	左	右	左	右
○	2	6				
→	3	4				
□	0	0				
◐	10	5				
总计	15	15				

过程: 螺栓螺母装配

研究编号: 9

作业者: SR

分析员: DB

日期: 1988年12月10日

方法: 现行

页码: 第1页 共1页

备注:

草图

螺栓

垫片

螺母

工作区

左手		作业	作业		右手
伸手取螺栓		○→□◐	○→□◐		空闲
抓住螺栓		●→□◐	○→□◐		空闲
将螺栓带回工作区		○→□◐	○→□◐		空闲
手举着螺栓		○→□◐	○→□◐		伸手取垫片
手举着螺栓		○→□◐	●→□◐		抓住垫片
手举着螺栓		○→□◐	○→□◐		将垫片拿回到螺栓旁
手举着螺栓		○→□◐	●→□◐		将垫片装在螺栓上
手举着螺栓		○→□◐	●→□◐		松开垫片
手举着螺栓		○→□◐	○→□◐		伸手取螺母
手举着螺栓		○→□◐	●→□◐		抓住螺母
手举着螺栓		○→□◐	○→□◐		将螺母拿到螺栓旁
手举着螺栓		○→□◐	●→□◐		将螺母拧在螺栓上
手举着螺栓		○→□◐	●→□◐		松开螺母
将装配好的螺栓放在一旁		●→□◐	○→□◐		空闲
伸手取螺栓		○→□◐	○→□◐		空闲
		○→□◐	○→□◐		

图 6.1 双手拧螺栓操作图

有哪些可以改进的呢?

除了上述的双手操作图法外,尚有作业程序图法、流程程序法和人-机操作图法等,此处从略。

6.3 时间研究

6.3.1 时间研究的意义

时间研究的结果就是确定一种操作的工时定额。确定工时定额是工业工程师的经常性工作。

工时定额的重要性在于它可用于解决下面一些问题:

- (1) 确定机器和工具的数量;
- (2) 确定操作人员的数目;
- (3) 决定制造成本及产品售价;
- (4) 安排机器设备和人力,以进行生产线的平衡;
- (5) 可以找出生产线的“瓶颈”;
- (6) 决定对操作工人进行怎样的奖励;
- (7) 评价整个生产线的绩效,了解可以进一步改善的地方,等等。

由此可见,工时定额的正确确定非常重要,工时定额的减少对降低成本、提高效益是非常有效的。

6.3.2 工时定额确定的方法

已经开发出多种确定工时定额的方法,主要有下面几种:① 实际测定法;② 标准资料法;③ 预定动作标准时间法;④ 工作抽样法。究竟采用哪种方法应由工作的性质决定。现简述如下。

1. 实际测定法(时间研究法)

实际测定法须花较多的测量时间,通常用于要求非常详细而且有很多重复作业的时间测定。

实际测定法按下列步骤进行:

- (1) 选择要测量的作业对象,再将整个作业划分成若干动素。如果测量的目的只是为了确定整个作业的循环时间,那么,动素的划分可以粗些;如果测量的目的是为了确定各个动素的时间,那么,动素的划分要仔细些。
- (2) 选择已经按标准工作方法训练过的操作人员为测量对象。
- (3) 确定测量的作业数(采样数)。这与要求的精度、可信度等有关,作业数

可按下式计算:

$$N = \left[\frac{z\sigma}{a\bar{x}} \right]^2 \quad (6.1)$$

式中

z ——由置信度确定的分位数,假定为正态分布,见表 6.2;

σ ——样本的标准差;

a ——希望精度(以百分比的小数表示);

\bar{x} ——样本均值。

为了选定公式中的样本均值和标准差,要预先做一个小样本测定,一般取 $N=10\sim 20$,测量后可得小样本均值和标准差,再代入公式(6.1)进行计算,可得新的 N 。

(4) 进行测量。一般以一个作业循环为测量单位,进行连续测量,记下整个作业的循环时间,但记录时要分别记下各动素的时间。

(5) 对每一动素进行多次测量,做算术平均,得到每一动素的测量平均时间,再将整个作业的所有动素的平均时间累加,就得到这个操作工人的整个作业的测量平均时间。

(6) 确定工时定额。上面得到的平均时间是对一个操作人员所做的统计。必须将被测量工人平均时间化为一般工人的平均时间。这可根据研究人员对被测对象的观察,定出修正系数进行修正。另外,还要考虑工人适当的休息和生理需要的时间。于是,适合一般工人的工时定额可按下式计算:

$$T_n = T_m k_v (1 + k_p) \quad (6.2)$$

式中

T_m ——测量的平均时间(作业循环的或动素的);

k_v ——速度修正系数,与被测量的操作人员的操作速度有关,按表 6.1 选择;

k_p ——考虑个人生理需要和适当休息时间的修正系数,通常取 $k_p=0.15$ 。

表 6.1 速度修正系数 k_v

被测人的操作快慢	很 快	较 快	正 常	较 慢	很 慢
速度修正系数	1.25	1.10	1.00	0.90	0.80

2. 标准资料法

当操作在固定的设备上进行时,应用标准资料法比较方便。因为,标准资料是取自以前的研究而且可以从手册中查到。当然,应用这个方法的前提是,企业必须对本企业的常用设备做时间研究并编制详细的手册。应用标准资料法的步

骤如下:

(1) 将作业分成各个基本动素,这些动素在手册中有类似动作的标准时间记录。

(2) 从表中查出相似动素的标准时间。

(3) 根据新作业的特点,调整动素的标准时间,作为新作业的动素的正常时间。

(4) 将各个动素的标准时间累加,并考虑放宽系数,就可得出工时定额(标准时间)。

显然,用这种方法可以节省成本,但企业必须做预先的工作研究,或有成熟的经验。

3. 预定动作标准时间法

预定动作标准时间法(PMTS)与标准资料法类似,也要用到已有的时间研究资料。但是,标准资料法主要用于特定企业的机械设备上的作业,而预定动作标准时间法则更加通用化,它将动作细分到动素,对每种动素列出时间图表。例如,伸手(指空手移动)这一动素,移动 1 in 需 0.001 6 min,移动 6 in 需 0.004 2 min,等等。通常,对每一动素制作一张图表并考虑种种因素予以修正。预先的研究工作是大量的,但如果做成了,使用非常方便。在国外,有专门研究预定动作标准时间的公司。

4. 工作抽样法

工作抽样法主要用来确定某一特定工作的时间。例如,管理者要了解设备的运行或闲置的情况,就要知道机器闲置时间所占的比例;又如,要确定机器的维修时间,也要根据机器的复杂程度和其他特点,分别进行测量;又如,一位经理需要了解他的秘书平日各种类型工作所占的比例,以便计算酬金,等等。工作抽样也可以用来确定工时定额,主要是确定那些循环周期长、重复频率低的作业。要用抽样方法确定工时定额,则需要有丰富经验的工作人员进行测试。除了要注意挑选工人与正确进行时间记录之外,重要的是确定采样的样本数量(即抽样的次数)。另外,还要注意抽样的随机性。

工作抽样的抽样次数由下式确定:

$$N = \frac{z^2(1-p)}{pE^2} \quad (6.3)$$

式中

z ——由置信度确定的分位数,见表 6.2;

p ——最短的动素时间占整个作业循环时间的比例；

E ——绝对误差。

表 6.2 分位数与置信度的关系

置信度	90%	95%	99%
z	1.65	1.96	2.23

6.4 学习曲线

学习曲线表示一个工人或一个组织通过经验的积累,使其做某项工作或生产某种产品的时间,会随着工作次数或产品产量的增加而有规律地减少。最早应用这一规律的是飞机制造业,他们发现:当飞机的产量增长2倍时,生产飞机的劳动时间就降低20%。在其他行业也存在类似现象,只不过减少的规律不尽相同。后来,人们以纵坐标表示单位产品直接劳动时间、以横坐标表示积累的产品生产数量,把上述的变化画成曲线,称为“学习曲线”,如图6.2所示。学习曲线在生产管理中有很重要的作用,除了在确定工时定额方面的作用外,在产品价格决策、投资决策等方面也都有重要的作用。但如果运用不当,例如,若对一种新产品接受大批订货,而对学习曲线的下降率估计过大,以至于到期交不了货,或只能采取特殊措施赶工,这样势必造成经济损失。美国某大公司就曾因为过于乐观地估计学习曲线的下降率,大批订货无法按期交出,最终导致公司倒闭。因此,学习曲线的绘制必须十分慎重。企业必须根据自己的经验,就是说,要根据不同产品的历史数据来绘制。

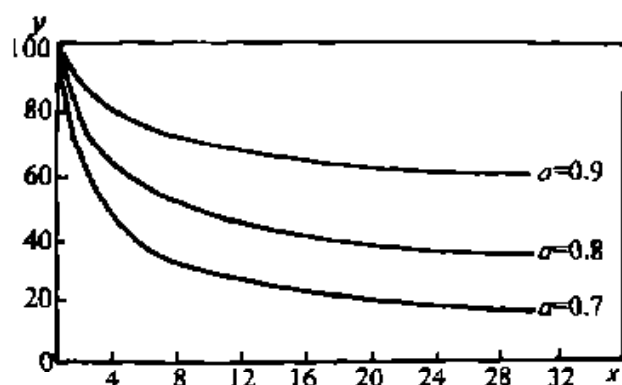


图 6.2 学习曲线的一般形式

学习曲线的一般数学表达式如下:

$$y_x = kx^b \quad (6.4)$$

式中

y_x ——生产第 x 个产品的直接劳动时间(h);

k ——生产第 1 个产品所需的直接劳动时间(h);

x ——产品生产数量;

b ——常数,它用下式表示:

$$b = \log a / \log 2$$

式中, a 称为学习率。

关于学习率的确定及曲线的绘制方法请读者参阅文献[11]。

6.5 工作设计

6.5.1 工作设计中的行为因素

好的工作系统设计,能为操作人员指明好的工作方法,以满足技术要求和操作人员的生理需求。为此,必须应用工作研究、人的行为理论和人因工程等的研究结果进行工作系统设计。

泰勒等人的工作研究在后继者的努力下,有了很多改进。这些方法得到管理者的高度重视,并在生产中发挥了很大作用,这些研究者被称为“效率学派”。但随着生产力的巨大发展,时代的飞速进步和人民生活普遍提高,工人们对于整天只做一种单调工作,表现出了厌倦情绪;他们也要求对工作有更多的自决权利。同时,实际调查也表明,由于厌倦情绪影响了产品质量;在流水线工作站上操作的工人,如果发现质量事故苗子而无权停止流水线的话,质量事故就会发生。因此,系统设计不仅要应用工作研究的成果,而且还必须考虑人的行为因素。据此,现代企业的工作系统设计,注意了下面几点:

(1) 确定合理的专门化程度。专门化意味着知识、技术和技巧的单一和深入。例如,一位专家或教授,对某一专业有精深的研究和掌握;一位技术工人,对某项操作的熟练掌握。福特首创的汽车装配流水生产线,是典型的按高度专门化的原则设计的。高度专门化工作系统的显著优点是:工人只须用很少的时间进行培训;正因为对工人的技能和受教育的程度要求较低,工人来源充足、劳动力价格便宜,总之,聘用熟练工人的好处就是低成本、高产出。但另一方面,正如前面所说的,一个人成天重复一种简单的操作,就会产生单调、乏味的感觉,长此以往,就会反过来降低生产效率和产品的质量;另外,由于工作过分分细,环节多,配合和协调困难,容易造成前后脱节和忙闲不均。因此,一个企业或一个工艺流程的各个工序的专门化程度,应按实际情况,权衡利弊后确定。

(2) 让员工工作丰富化。与专门化相对的是工作扩大化。工作扩大化可以进一步发展为工作丰富化,这就是让一个操作工做几种工作的基础上,赋予他处理一定生产问题的权利,例如,决定何时检修设备,在出现事故苗子的时候,有权

停工检查等。在很多情况下,专门化与丰富化可以统一起来。例如,将大量简单而重复的动作机械化等。让操作人员负起更大的责任,可以提高他的责任心。工种轮换也是一种好方法,这可提高他对工作的兴趣。随着社会的进步,今天工人的文化水平已经有了很大的提高。有了高的文化水平,加强技术教育也就省力许多。由于责任感和满足感的提高,员工就会增强工作的动力,因而,生产效率和产品质量就会随之提高。

(3) 工作团队。近年来,工作团队开始流行起来。将做一个相对完整工作的一些人组成一个小组,每人除完成他负责的那一部分工作之外,小组成员还在一起讨论并决定与生产有关的问题,如怎样才能更好地完成计划,怎样解决生产中出现的质量问题,任务如何分配,如何轮换,甚至包括奖金的分配等。这样的工作小组,国外称为“自主工作团队”。这就是说,自主工作团队实际上做了一些过去由管理人员做的事。在实际推行这种团队工作方式时,如何处理管理人员与团队的关系,是一个值得注意的问题。

除了自主工作团队这种方式之外,还有其他的团队形式。如为了开发一种新产品而组织的团队,为解决一个重大的质量问题而组织的团队,等等。这些团队具有临时性质,需要解决问题时组织起来,问题解决之后就解散。

从长远看,工作团队可能是未来社会工作的主要组织形式。

6.5.2 工作设计中的体力限制

人的能力是很大的;但从生理学角度看,人的能力又是有限制的。人因工程这一学科研究的是:“可应用于设计的人的能力、限制或其他特征的知识”。“人因工程”(human factor engineering,或 human factor),是美国流行的专业术语,这一学科在欧洲称为 ergonomics,我国也有译成人机工程学或工效学的。人因工程研究的内容是:人的行为(心理)与生理上的特征,包括人体各部分尺寸、体力、肌力,人的反应与行动控制能力等。人因工程原理可应用于系统和产品的规范、设计、评估、操作与维修等许多方面。我们所说的系统泛指:人与工具、人与电脑、人与机器的人-机系统,交通系统,通信系统,防空系统,政府机关系统等。产品可大可小,小到牙刷、剃胡须刀,大到航空母舰。但系统和产品不管大小,它们的设计,特别是与操作人员有关部分的设计,都应该应用人因工程学原理。

在工作设计中,心理因素是非常重要的。但是,如果操作牵涉到人的生理限制时,生理因素就成为第一位重要的了。例如,如果要用手操作,不仅操作范围有限制,而且随着手的操作范围的增大,手的操作力、操作灵敏度和反映速度也就变小。这些范围和力的限制数值,可以在人因工程手册中查到。人的疲乏是和人的劳动消耗的能量大小直接相关的。“工作生理学”专门研究这种问题。应根据工作中的体力消耗和工作的繁重程度,设计工作-休息循环。表 6.3 是一些

例子,从此可了解有关人力劳动耗能的一些概念,仅供参考。

表 6.3 不同工作所需消耗的能量举例

工作类型	每分钟的能量消耗(cal) ^①	工作 1 min 需要休息的时间(min)
操作机床	3.33	—
打铁	4.4	—
繁重的装配工作	5.1	1
伐树	7.5	2
挖地道	8.9	3
司炉	12.0	4
上楼梯	12.0	3

① $1 \text{ cal} = 1 \text{ cal}_{IT} = 4.1868 \text{ J}$

第7章 质量管理

生产运作管理要解决的三个基本问题(即 QDC 管理)中,质量是居首位的。在今天经济全球化的激烈竞争中,一般认为质量问题已经解决,但这并不意味着质量问题已不再重要。对我们国家的许多组织来说,不管是制造业还是服务业,质量问题还远未解决。质量管理经历了操作人员负责、领班负责、检验员负责、统计过程控制和全面质量管理五个阶段。我国虽然在 20 世纪 60 年代就开始实行全面质量管理,但像统计过程控制这样最基本、最重要的质量管理并没有引起重视,多数企业也没有认真做过。这是质量管理的基本功。本章从质量管理的基本问题讲起,一直讲到具体的方法。包括:质量管理的内涵、体制和组织机构,质量改进过程及常用的质量改进工具,统计过程控制方法,质量标准和质量奖。对统计过程控制(SPC)这样的方法,我们从原理到具体操作都做了详细的介绍,以期引起重视。

7.1 质量的定义与意义

7.1.1 质量的定义

什么样的产品是优质品,这对产品的使用者来说是不言自明的问题,但要对产品的质量下一个确切的定义也不容易。我们可以从一些著名的质量管理专家的论述中得到启示。Crosby说:“质量是符合要求和规格。”这是质量管理历史中“符合标准”(fitness to standard)时期所提倡的观念。Juran认为“质量就是适用性”(fitness for use),他认为“任何组织的基本任务就是提供能满足用户要求的产品。”田口(Taguchi)说:“质量是指产品出厂后对社会造成的损失大小,包括由于产品技能变异对顾客造成的损失以及对社会造成的损害。”后二者都是从用户出发,是以“用户第一”为指导的,显然比“符合标准”的要求高。Deming说:“质量是低成本下的可预测的吻合度和可靠性并符合市场需求。”这种观点把质量与成本联系起来,即一定的质量是与相应的成本相适应的。

ISO 9000的2000版把质量定义为:“产品、体系或过程的一组固有特性具有满足顾客和其他相关方要求的能力。”这个定义是一种比较严密的表述。在这个表述中,“产品”是指过程的结果,而“过程”是指:使用资源将输入转化为输出的活动系统的运作;“要求”可以是明示的,习惯上隐含的或必须履行的需求或期望。

对质量下定义强调顾客的要求是非常必要的。顾客是指接受产品的组织和个人,包括最终使用者、零售商、受益者和采购方。以后,当我们提到“组织”的时候是泛指一切单位,如公司、工厂、商店、银行、学校和政府机关。

顾客可以是组织内部的(如下道工序)和外部的。从本质上说,质量是指一种产品或服务持续地满足或超过顾客需要的能力。近年来,顾客满意(customer satisfaction)常被当作衡量产品质量的重要指标。顾客满意是由产品特性和无缺陷两个重要因素构成的。产品特性是指设计的质量(quality of design),而无缺陷指的是产品符合设计要求质量的程度,即符合性质量(quality of conformance)。

虽然一件产品形式多种多样,其质量的内涵也存在一些差别,但总括起来说,质量的内涵包括如下一些内容:

- (1) 性能指标,指由产品使用功能所决定的主要特性;
- (2) 安全性,指产品对用户和环境有无危险、伤害或其他有害影响;
- (3) 可靠性,指产品性能所具有的稳定性;
- (4) 寿命,指产品正常发挥功能的持续时间;

- (5) 美感,指用户对产品外观上的感觉,如色、香、味、形等;
- (6) 认同程度,指用户对产品满足他需求的程度,以及间接评价等;
- (7) 售后服务,指处理顾客抱怨的及时程度和满意程度。

这里所说的“产品”是一种广义的概念,包括:

硬件(如一台机器或机械零件);

软件(如计算机程序);

服务(如运输、银行、医院、政府职能部门所提供的服务等);

流程性材料(如润滑油等)。

7.1.2 质量的意义

美国质量管理界有一名言:“我们国家的未来系在我们能否提供高质量的产品和服务。”著名的管理专家 Juran 说:“我们生活在质量堤坝的后面。”确实,产品质量的好坏是关系到国计民生、国家强盛的大事。我们不妨从下面几点来分析。

(1) 质量是组织赖以生存的基础。当今消费者的文化教育水平很高,各种知识相当丰富,他们的收入日益增加。他们选购产品时考虑的主要因素是产品质量。他们对产品质量的内涵十分清楚。你想要让顾客掏腰包,你的产品质量就要比别人的好。产品质量是企业市场竞争中最有力的武器,是企业赖以生存的基础。一个企业如果是以质量为经营战略,它就可以经由有效的途径,即通过质量管理和质量改善活动,获得质量投资的回报。如果你的产品优于你的竞争对手,就会获得消费者对你产品的向心力,就会有回头客。这样市场占有率增加了,利润也就增加了。据统计,一种产品相对质量处于前三名的企业,它的利润是后三名企业的 3 倍。品牌效应就是一个很好的例证。据我国百家亿元商场 100 种主要产品的调查显示,在大多数商品品种中,销售额排在前三名的品牌商品的占有率为 50%。所以,以质量为经营战略,就可以赢得市场份额,赢得产品信誉,赢得公司信誉,从而可以有效地占领国内以至国际市场。

(2) 质量是消费者权益的保障。ISO 9000 系列标准将满足顾客需求的程度作为质量管理追求的目标,也是考核质量结果的最根本的标准。从产品设计开发到生产制造及最后检验全过程,都应把顾客需求放在首位。这个标准对顾客需求的识别,企业是否具有满足顾客要求的能力的评审,与顾客的沟通,以及处理顾客投诉等都做了规定。保证产品质量是保障顾客权益的基础。

当前,无论在国际还是国内的市场上,产品数量一般都可以满足需求,大多数商品是供过于求。因此顾客需求主要是在产品质量方面。顾客的需求是多方面的,可分为生理需求和心理需求两大类。这两类顾客需求得到满足的程度可用“顾客满意度”来度量。“满意”是指一个人通过对产品的可感知效果与他的期

望值相比较后所形成的感觉状态。强调产品质量的“顾客满意”度量,就能在最大限度上保证顾客的权益。

(3) 质量是振兴民族产业的战略因素。我国已经加入世界贸易组织(WTO)。大家知道,从1947年签订关贸总协定以来,经过多轮的双边及多边谈判,按现在WTO的要求,发达国家的关税已降到4%,发展中国家的关税也将下降到12%。在这种情况下,由关税和配额决定的国与国之间的贸易壁垒,已让位给主要由质量和交货期决定的贸易技术壁垒。为此,WTO制订了贸易技术壁垒协定(WTO/TBT)。这个协定要求它的成员必须采用ISO已有的或即将公布的法规、标准,以便能在公平的条件下开展国际贸易。这就是说,我们要想阻止国外产品进入我国市场,惟一的途径是使我们国家的产品质量优于国外产品,我们的新产品要能更早地投放市场;同样,我国的产品要想进入国际市场,惟一的办法也只能是更快地开发出质量优于他人的产品。否则,我们不仅不能占领一部分国际市场的份额,而且连国内市场也有可能被国外厂商所占领。因此,质量将关系到我国民族产业之命运。

近20年来,我国国民经济有很大的发展,GDP每年以7%~10%的比率增长。我国实施全面质量管理(TQM)已经21年;ISO 9000认证也进行了多年,我国已有34家质量体系认证机构获得国家认可,已发出13 000多张认证证书。这几年我国产品质量有较大的提高,但与先进国家的产品质量相比,差距还很大。据上海市的一项权威调查,上海质量管理总体水平还不到“良好”水平(百分制的71.29分);“质量领导”的得分虽然略好(76.73分),但“职工参与”却只能勉强及格(60分)。可见,质量领导的重视并未见于结果。TQM十分强调的“全员参与”还远没有实现。应该说,就全国平均水平来看,上海产品质量还是较好的,由此可见我国产品质量的状况了。近几年来,国家技术监督部门抽查的产品合格率长期徘徊在75%~78%之间,而且这些被抽查的产品都是经过工厂检验认为合格的产品,有的待售,有的已经进入市场。还有大量产品根本就没有经过任何检验就进入了市场。一些直接关系人身安全的产品合格率也很低。据国家质量技术监督局2000年2季度抽查的19类直接涉及人体健康及财产安全的产品,合格率仅为70.3%。国产产品不能让顾客满意的另一种表现是:产品结构老化,形式单一,功能差,满足不了顾客的多方面的需求,因此造成大量库存积压。另外,一些重大工程质量事故时有发生,如九江长江大堤决口,重庆綦江县彩虹桥断塌等。另一方面,市场行为不规范,致使假冒伪劣产品充斥市场,越是名牌产品,冒牌货就越多。虽然我国部分企业的质量管理已接近世界先进水平,但产品质量的总体水平还是不能令人满意。如果能认识到我国目前产品质量问题的严重性,采取先进国家应用过的各种方法和有力的管理措施,我们就能像当年日本那样,从提高产品质量入手,全面提高管理水平,从而使我国民族产业跨

入世界先进水平。

7.2 质量管理内容、体系和组织

7.2.1 质量管理的内涵

按 ISO 9000 的定义,“质量管理是指导和控制一个组织的与质量有关的相互协调的活动。”这些活动包括:质量方针和质量目标的建立、质量策划、质量控制、质量保证和质量改进。下面略加说明。

(1) 质量方针。根据 ISO 8402 的定义,质量方针是指“由组织的最高管理者正式发布的该组织的质量宗旨和质量方向;质量方针是企业总方针的一个组成部分,由最高管理者批准。”质量方针应当易于被管理人员理解和记忆并符合实际,全体员工应该熟悉本企业质量方针的关键信息和关键词语。为此,应把这些关键词语广为宣传,印在公司的文件、文具或名片上。

质量方针也是企业高层领导对组织的全体人员及顾客的承诺。

(2) 质量策划。质量策划致力于设定质量目标并规定必要的作业过程和资源的分配,以实现质量目标。此外,还要规定验收准则。

(3) 质量控制。质量控制是致力于达到质量要求的工作。质量控制包括:设计控制、过程控制、包装储存和搬运,以及售后服务等的控制。设计控制就是使所开发的产品能确保满足用户或顾客的要求(明确的和隐含的)。过程控制是设计后的活动,包括制造、安装调试等的控制,过程控制还包括生产设备的定期校准。对于那些不能通过随后的检验或试验完全验证的特殊过程,须进行持续的过程监控。包装、运输、储存过程控制的目标,在于防止产品交付给顾客的过程中不受损害和不会变质。产品必须在受控的状态下开发和生产,这个要求也应该应用到产品维修和其他售后服务中。

(4) 质量保证。质量保证致力于对达到质量要求提供信任,目标在于达到满足顾客要求之目的。质量保证是通过贯彻国际质量标准而实现的。国际标准化组织的第 176 技术委员会(ISO/TC176),即质量管理和保证技术委员会,于 1987 年制订了质量管理和质量保证标准:ISO 9000 系列标准,最近又公布了它的 2000 版。质量保证工作就在于制订具体的组织措施,保证贯彻执行 ISO 9000 系列标准。

(5) 质量的持续改进。持续改进是一种经常性、有效的提高质量的活动,关键在于要有纠正和预防措施,以保证管理体系持续有效,并符合内部(如质量计划 and 目标)和外部(ISO 9000)要求。将不合格产品的控制,统计技术的应用,内部审核,以及纠正和预防措施结合在一起,构成了持续改进体系的基础。

7.2.2 质量管理的历史发展

美国质量管理专家 Feigenbaum 将质量管理的历史发展分为五个阶段:

(1) 操作者负责阶段。生产操作人员负责产品检验,而产品的质量标准也全由其负责确定。

(2) 领班负责阶段。一组操作人员集合在一起,完成相似或特定的工作,由一位领班负责监督其工作以保证产品质量。

(3) 检验员负责阶段。由专门设立的检验员负责产品的质量检验,而操作人员则全力负责生产工作。

(4) 统计质量控制(statistical quality control, SQC)阶段。将统计学方法应用到产品质量控制上,及时发现过程质量问题的苗子,并查出原因予以改进。

(5) 全面质量管理(total quality management, TQM)阶段。将质量管理扩展至包括:市场调查、研究开发、产品设计、进料管理、制造过程管理、质量管理、售后服务、顾客投诉处理等全过程管理,同时要求公司各部门人员共同关心和参与质量管理工作。全面质量管理是 Feigenbaum 于 1950 年提出的观念,当时称为全面质量控制(TQC),旨在预防产品偏离预定的设计要求。1960 年日本引进 TQC 理念,经过改进后称之为全公司质量管理(CWQC),强调全员参与和全过程控制。日本的 CWQC 更讲求人性化、社会责任、防止质量损失和重视顾客之心声。显然,日本的质量管理是与他们的民族文化传统相联系的。经过许多学者、管理专家的不断改进,到 20 世纪 80 年代 TQC 发展得更为全面,TQC 便改称为 TQM。

7.2.3 质量管理体系

顾客要求产品具有满足其需求和期望的特性,这些需求和期望在产品规范中表述或由合同规定。由于顾客的需求不断变化,这就驱使组织持续地改进其产品和过程。质量管理体系方法应能不断分析顾客的要求,规定有助于实现顾客要求的过程,并保持这些过程受控。体系还应提供持续改进的框架,并向顾客提供承诺。

1. 质量管理的原则

质量管理是一个组织的各项管理工作之一项。为了实行有效的质量管理,必须建立一个良好的质量管理体系。根据历史经验,一个好的质量管理体系运作应遵循以下原则:

(1) 以顾客为中心。组织依存于顾客,因此组织应理解顾客当前的和未来的要求,努力满足顾客要求,并争取超过顾客的期望。

(2) 重视领导作用。组织的领导者应将本组织的宗旨、方向和内部环境统一起来,创造出使员工能充分参与实现组织质量目标的环境。

(3) 全员参与。组织内的各级人员是组织之本,只有他们的充分参与,才能使他们的才干为组织带来最大的收益。

(4) 过程管理。应将相关的资源和活动作为过程进行管理,以达到更高效的期望结果,进而针对设定的目标,将各相关联的过程组成一个体系进行综合管理,以提高组织的有效性和效率。

(5) 持续改进。工业工程的方法是强调持续改进的,如前所述,质量管理也是一种持续改进活动。持续改进是一个组织追求的永恒目标。

(6) 基于事实的决策方法。有效的决策方法是基于事实的,包括所收集到的数据和信息。凭经验的直觉也是决策的基础。

(7) 互利的供求关系。与供求方建立互利关系,可以增强双方创造价值的能力。

2. 质量管理体系建立的步骤

建立和实施质量管理体系有如下的步骤:

- (1) 确定顾客的需求和期望。
- (2) 确定组织的质量方针和质量目标。
- (3) 确定实现质量目标所必需的过程和职责。
- (4) 对各过程实现质量目标的有效性,确定测量方法并进行测量。
- (5) 确定防止不合格并消除产生原因的方法。
- (6) 寻找提高过程有效性和效率的机会。
- (7) 确定并优先考虑那些能提供最佳结果的改进。
- (8) 为实施已确定的改进方案,对战略过程和资源进行策划。
- (9) 实施改进计划,监控改进效果。

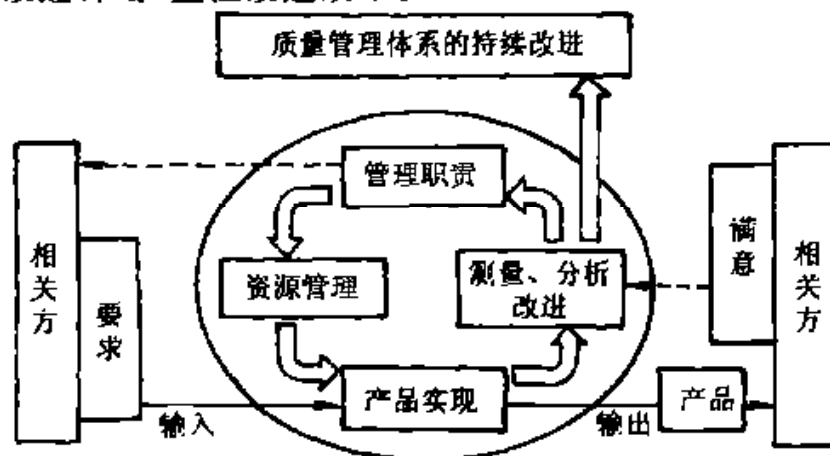


图 7.1 质量管理过程模式

(10) 对照预期效果,评价其实际结果。

(11) 评审改进活动,确定适宜的跟踪措施。

ISO 9000 推荐的质量管理过程模式可用图 7.1 说明。

7.2.4 质量管理的组织、机构

前一节提到,质量管理的发展经历了三个阶段,但只是发展到第四个阶段,即统计质量控制阶段,企业才开始建立专门的质量管理组织机构。这种机构的结构形式、人员数量及分工,与企业的规模,产品的特性和管理文化等情况有关。组织原则是:管理层级要少,管理的幅度要大。但如果企业很大,层次就会多一些,分工就会细一些,图 7.2 是典型的质量管理组织层次结构,可供参考。



图 7.2 典型的质量管理组织层次结构

发展到目前的全面质量管理阶段时,质量管理强调企业领导重视,强调全员、全过程和全体员工参与,因此企业除上述质量管理部门之外,还有其他质量管理组织。例如,质量管理组织有以下几种:

(1) 质量管理委员会(quality council),由企业高层经理人员组成,其职能是制订整个企业的质量方针,确立质量目标,并对各部门的质量管理工作予以支持和推动。

(2) 质量改善团队(quality improvement team),由各部门选出的代表组成,以团队合作的方式解决与质量管理有关的问题。质量改善团队一般由对产品或质量影响最大的部门代表领导。团队的工作包括:分析质量成本构成,研究顾客对产品的反映,讨论管理人员及现场人员的建议,以及一些较重大的质量问题。质量改善团队一般为特定问题而组织,完成任务即行解散。

(3) QC 小组,由同一部门操作人员代表组成,自觉地以合适的方式解决本部门、本部的质量问题。实践证明,QC 小组的活动对质量管理工作很有帮助的,特别是质量改进工作。

7.2.5 质量成本

质量成本是 20 世纪 50 年代之后形成的概念,但关于质量成本的定义,看法并不一致。一种观点认为:质量成本就是目前实际成本与为达到完美质量所需成本之差,但完美质量所需成本是很难确定的。另一种观点认为:目前产品不是百分之百的合格,为达到全部合格所需的成本就是质量成本。为了能够计量,在实际工作中常将质量成本分为如下 4 类:

(1) 预防成本,包括为了达到质量要求而进行的有关质量规划、新产品测试、产品开发、过程管理、质量数据收集分析等所花费的成本;

(2) 检验成本,包括检验和测度外购原材料的成本,产品检验及测试、试验所需之材料消耗,以及测试仪器维护等的成本;

(3) 内部损失成本,包括报废、返工、重检、怠工、次品降价、影响产量等造成的成本;

(4) 外部损失成本,包括处理顾客投诉、回收及退货、保修,以及失去顾客和公司商誉等损失造成的成本。

一般认为,随着要求的质量水平的提高,上述(1)、(2)类成本将会快速增加,而后两种成本将迅速降低,因此综合成本曲线的最低点就是最佳质量水平,见图 7.3 的实线表示。图中 L 表示质量水平, C_0 表示单位合格品成本。按照这种观点,为了不增加质量成本,质量水平不能提得过高。这与目前激烈的市场竞争形势不相适应。但是,图 7.3 的内外部损失只是考虑一些有形成本(如退货损失等),而无法估计无形成本,例如,由于质量水平低于竞争对手的水平,就有可能失去相当数量的顾客,直至影响公司的商誉,最终导致公司销售额的下滑,这就从无形损失导致了有形损失。另外,从具体工作来看,质量的提高靠的是持续的改善和点滴的改进,这并不会导致大幅度增加成本。只要质量管理工作做得好,预防成本和检验成本并不会随质量水平的提高而大幅度增加,如图 7.3 虚线所示。

讲完质量和质量管理的一些基本概念之后,下面就转入质量控制的具体方

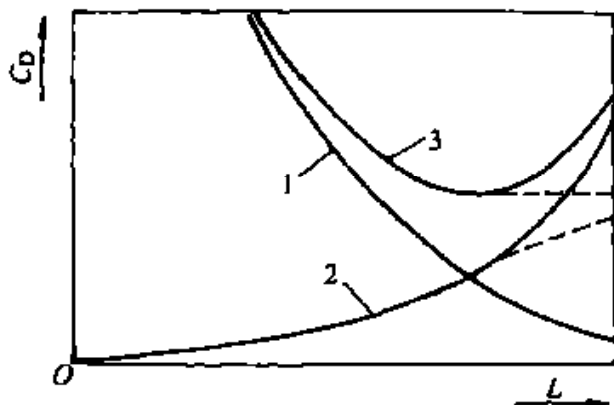


图 7.3 质量成本

1—内外部损失成本 2—预防和检验成本 3—综合成本

法,我们将详细讨论统计过程质量控制方法,简要介绍质量改善活动和常用工具、抽样检验等。

7.3 统计过程控制

实际生产出来的产品,其质量参数(性能参数)相对于理想的目标值,会有些偏离,这是由于生产过程的某些变异造成的。统计过程控制(Statistical process control, SPC)就是应用统计学的方法,分析过程的样本统计数据,以此判断制造过程的变异是否处于可接受状态,在必要时,调整过程参数,以避免产品性能参数过多地偏离目标值。统计过程控制方法可从图 7.4 得到清楚的了解。这种方法是属于预防性的,它比检验法控制更为有效。SPC 应用于制造过程中,又称工序质量控制。下面就统计过程质量控制的主要问题作一介绍。



图 7.4 统计过程控制图

7.3.1 过程变异

一个制造过程得到的一种零件或一种产品,其参数和其质量特性不可能都完全等于目标值。即使同一操作人员使用同样的生产工具,其结果也不可能完全相同。此种性能之差异来源于制造过程的变异,制造过程的变异来源于多种因素,如操作、方法、设备、材料和环境因素等。从性质特征看,变异有两类。

(1) 可归属的原因或称特殊原因产生的变异。例如,测量工具没有调零,操作人员失误,设备没有正确维修,用错了原材料等,这种变异虽只偶尔发生的,但造成的影响可能比较大,因此必须及时找到原因并予以消除。

(2) 随机因素造成的变异,这是除上述原因之外的随机原因,如设备微小的振动,环境(灰尘、湿度、光线)微小变化,测量工具的正常误差等。这种原因种类多,随时存在,难以消除,其产生的变异也小,对质量的影响也小,但还应该不断设法减少变异,以持续改进质量。

美国质量管理专家 Deming 认为,过程变异的 1/3 是可归属的变异,过程控

制的重要任务是找出可归属的变异原因并设法予以消除,以获得稳定的过程(即只存在随机变异)。获得稳定过程非常重要。稳定的制造过程产生的产品,其质量相对稳定,管理者可以预测质量水平、成本,生产率高而成本低。过程是否稳定可以从产品性能参数的概率分布图判别;若产品的一些重要性能参数的概率分布曲线形状不随时间而改变,则过程是稳定的。

7.3.2 质量控制图

美国贝尔实验室的工程师 Shewhart 于 1924 年提出了统计过程控制(SPC)的概念,但早期它在美国并未得到广泛应用。1950 年 Deming 将它带到日本加以推广并取得很大成功。20 世纪 80 年代后,美国各大汽车公司及其他行业开始大规模推广应用 SPC,从而使美国的产品质量与日本的差距逐步缩小。因为 SPC 方法简单、效果显著,很值得在我国企业推广应用。以下较详细地叙述它的原理和方法。

1. 控制图的统计学原理

控制图是统计假设检验的图解法。将样本统计量绘在控制图上相当于做一次假设检验。如果所描的点在界限之内,这表示不拒绝过程是受控的假设;若点落在界限之外,则相当于拒绝原先的假设。设过程质量的某一特性参数的总体均值为 μ , 标准差为 σ 。现在我们以这两个参数绘制控制图,其中心线 CL、上下限线 UCL 和 LCL 的纵坐标值用下式表示:

$$\begin{cases} CL = \mu \\ UCL = \mu + k\sigma \\ LCL = \mu - k\sigma \end{cases} \quad (7.1)$$

式中 k 为分位数。根据经验,当取 $k=3$ 时,可以得到最佳的控制,即控制的上界为均值加 3 倍的标准差,下限为均值减 3 倍的标准差,这就是所谓 3σ 控制。按 3σ 选择上、下限时,从正态分布表可知,测量点落到界限外的概率为 0.27%,也就是说,若做 1 万次测量,将可能有 27 次落到界线之外。另一种情况是,检测数据的均值 μ_x 与总体均值 μ 有较大的偏离,这时出现出界的概率虽然较大,但仍有相当多的数据处于界内,但数据点一般偏于一侧。因此,通常把判断异常的准则规定为如下两种评判准则:

(1) 数据点出界。如前所述,如果生产正常,质量特性参数点落在界外的概率是微乎其微的。因此,出现数据点出界情况时,就认为生产处于异常状态。

(2) 数据点虽然连续在界内,但它成非随机排列。这说明检测数据的均值 μ_x 与总体均值 μ 有较大的偏离,可判定过程处于异常状态。

为了做控制图,可对过程的某一质量参数按时间序列进行多次测量采样,然

后将测量值标在图上,如果出现上述两种情况之一,说明过程出现异常。

上面讲了控制图的一般原理。将一般原理与实际经验相结合,就出现了许多不同类型的实用控制图。下面介绍最常用的3种。

2. \bar{x} - R 控制图

所谓 \bar{x} - R 控制图是绘制两张控制图,一张是 \bar{x} 控制图,另一张是 R 控制图。

质量特征参数计数方法有“计数值”和“计量值”两种。计数值如缺陷数、合格与不合格等,计量值如轴的直径和长度等。

现在我们把控制图应用于计量值控制。

首先,我们必须选择需要控制的某一质量参数,制作一个标准控制图。由于在实际工作中 μ 和 σ 是未知的,因此,要从稳定的过程中按时间序列测量若干样本值来估计。标准控制图就是包含中心线 CL 、上下界限线的图。下面简单叙述一下具体做法,步骤如下:

(1) 将测量数据分成 N 组(一般 N 不小于 25),每组为 n 个测量值,它的平均值为

$$\bar{x}_i = (x_1 + x_2 + \cdots + x_n)/n \quad (7.2)$$

通常,取 $n=4\sim6$ 。

将每一组的测量值的最大与最小值相减,可以得到每一组的“极差”:

$$R_i = x_{\max} - x_{\min} \quad (7.3)$$

(2) 确定 \bar{x} 控制图和 R 控制图的中心线和上、下界限:

设每一组 x 的均值为 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \cdots, \bar{x}_N$, 则 N 组 x_i 的均值为

$$\bar{\bar{x}} = \sum_{i=1}^N \bar{x}_i / N \quad (7.4)$$

设每一组极差为 R_1, R_2, \cdots, R_N , 则 N 组的极差均值为

$$\bar{R} = (R_1 + R_2 + \cdots + R_N) / N \quad (7.5)$$

将所得到的 $\bar{\bar{x}}$ 值作为 \bar{x} 控制图的中心线的纵坐标, \bar{R} 作为 R 控制图中心线的纵坐标。 \bar{x} 控制图的上、下限可按下式计算:

$$\begin{cases} UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \end{cases} \quad (7.6)$$

R 控制图的上、下限可按下式计算:

$$\begin{cases} UCL = D_4 \bar{R} \\ LCL = D_3 \bar{R} \end{cases} \quad (7.7)$$

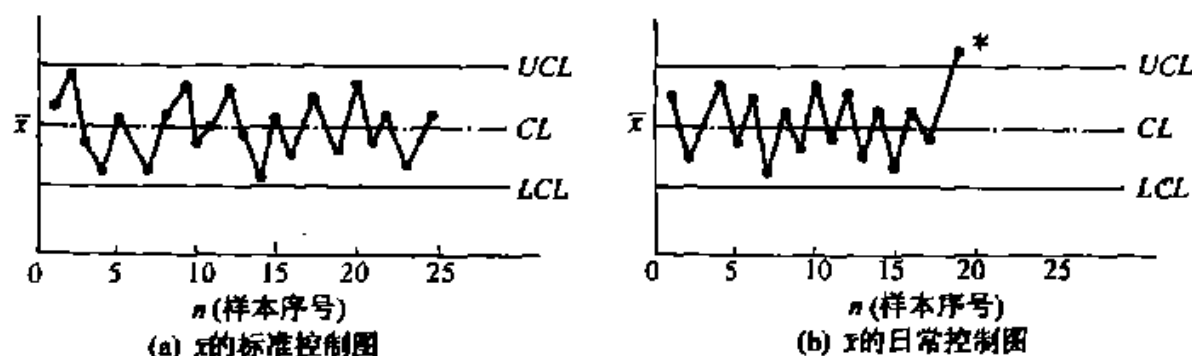
式中系数 A_2, D_3, D_4 与小组样本数 n 有关,可按表 7.1 选择。

表 7.1 系数 A_1, D_1, D_2 的选择

N	A_1	D_1	D_2
2	1.18	—	3.27
3	1.02	—	2.57
4	0.73	—	2.28
5	0.58	—	2.11
6	0.48	—	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78

(3) 绘制标准控制图。根据上述的特征数据,就可以分别绘制 \bar{x} 控制图和 R 控制图的 CL, UCL 和 LCL 线,然后将经过统计计算的 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N$ 和 R_1, R_2, \dots, R_N 画到相应的控制图上,并检查数据点在图上的分布情况。如果没有出现数据点出界的,则表明系统是稳定的。这样就做成了一张标准控制图。值得注意的是,如果在制作标准控制图时发现数据点出界,则必须予以改进,然后重新计算 CL, UCL 和 LCL 的值。

标准控制图做成之后,日常的过程控制就可以用这张标准控制图了。图 7.5 是 \bar{x} 控制图之一例。

图 7.5 \bar{x} 控制图之一例

3. 区间测试法和连串测试法

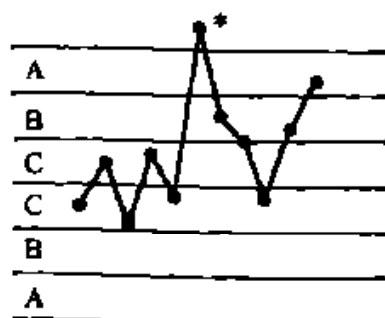
上述 \bar{x} - R 控制图是应用最为广泛的一种控制图。在实际工作中也常用如下两种经验评判法:

(1) 区间测试(zone test)法,这是 Western Electric 公司在 1958 年提出的。这一方法见图 7.5,它将控制图的每一侧分为 3 个等区间,分别为 C, B, A 3 个区,将测试的数据点画在此图上进行观察,只要下列一个条件成立,就可判断过

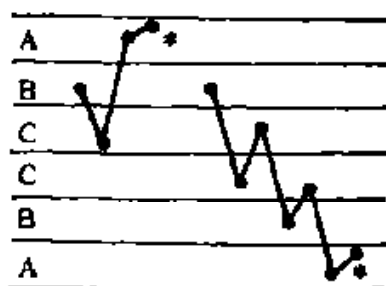
程处于控制之外：

- 有一点落在 A 区之外(即落在大界外)；
- 连续 3 点中有 2 点落在 A 区或 A 区之外；
- 连续 5 点中有 4 点落在 B 区或 B 区之外；
- 连续 8 点同处于中心线的一侧。

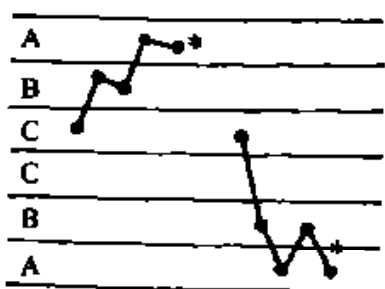
可以看出,这种测试法有的判断是按前述的评判准则(1),有的判断是按评判准则(2)。



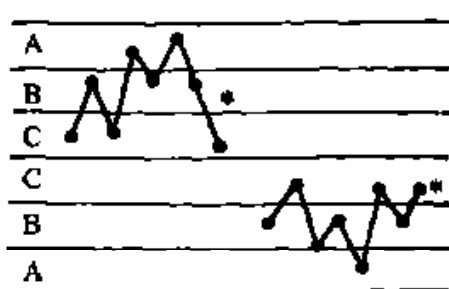
(a) 一点超出控制界限



(b) 连续3点中有2点落在A区



(c) 连续5点中有4点落在B区或B区之外



(d) 连续8点在中心线一侧

图 7.6 区间测试图

(2) 连串测试(ran test)法,这是 Grant 和 Leaven worth 等人于 1988 年提出的。它的规则是,当有下列之一成立者就可判断过程处于控制之外:

- 连续 7 点落在中心线的一侧；
- 连续 11 点有 10 点落在中心线一侧；
- 连续 14 点有 12 点落在中心线一侧；
- 连续 17 点有 14 点落在中心线一侧；
- 连续 20 点有 16 点落在中心线一侧。

可以看出,连串测试法是按评判准则(2)进行的。

如果根据控制图判断,过程是非控制的(即不稳定过程),就必须分析原因然后予以解决。分析原因需要经验的积累。针对不同过程做过大量控制图分析之后,就会得到一些规律性的经验。

7.4 质量改进活动及其常用工具

美国质量管理专家 Juran 提出,以质量规划(quality planning)、质量控制(quality control)和质量改进(quality improvement)作为质量管理的三个基本程序。这三个基本程序是相互关联的,其中质量控制与质量改进之间的关联更为密切。前面我们已经简述了质量和质量管理概念,并讨论了统计质量控制。本节将叙述质量改进,并着重介绍几种质量改进的工具。

7.4.1 持续改进的一般过程

质量提高是持续改进的过程。美国管理专家 Shewhart 用 PDCA 图(图 7.7)形象地说明质量改进活动是周而复始的不断循环的过程。每一次循环包括计划(plan)、实施(do)、检查(check) 和处理(action)四个阶段,这就是 PDCA 图名称的来历。每完成一个循环,质量水平就上一个台阶。现简要介绍如下:

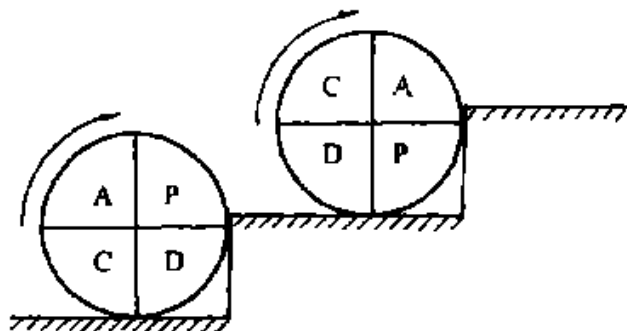


图 7.7 质量持续改进的 PDCA 图

(1) 计划阶段。这个阶段的首要工作是确定质量目标,即根据市场需求、企业资源及成本等因素,确定质量的水平。其次,还要确定达到此目标的方法,包括确定原材料规格,选用何种设备和工具、操作方法和检验标准等。

(2) 实施阶段。这个阶段就是按计划阶段确定的质量目标和方法进行。但是,一开始还有一个很重要的工作,就是进行教育和培训,让员工熟悉新的标准和方法。在以后的进行过程中,就是检查员工是否按标准操作了。

(3) 检查阶段。这个阶段主要是对产品的质量特性进行测量,用统计方法或其他方法进行数据分析,判定过程是否稳定,产品实有的特性是否与目标值存在不允许的差异,这种差异通常是可归属原因造成的。

(4) 处理阶段。这个阶段的主要工作是深入研究造成这种差异的原因,采取有效措施,防止差异的再发生。在实施改进措施后要对产品做抽样检查,判定所采取的措施是否奏效。如果无效,则必须另拟对策。如改进措施被证明有效,则应将所修改的作业方法予以标准化,并以此标准训练员工。

7.4.2 持续改进的工具

质量持续改进的工具,除了上节介绍的质量控制图外,还有散布图、直方图、柏拉多图和特性要因图等。下面分别介绍。

1. 散布图(图 7.8)

散布图又称关系图或 x - y 图。它表示两种变量的关系。应用于质量管理的 x - y 图,通常以横坐标 x 代表原因变量(自变量),纵坐标 y 代表质量结果变量(因变量)。将测量所得的点画在此坐标图上,一般呈 3 种状态:

- (1) 正相关,即当自变量 x 增大时因变量 y 也随之变大;
- (2) 负相关,即当自变量 x 增大时因变量 y 却变小;
- (3) 不相关,即因变量 y 与自变量 x 之间不存在上述关系之一种,数据点杂乱成一片,近似圆形、多边形或方形这样的平面图形。

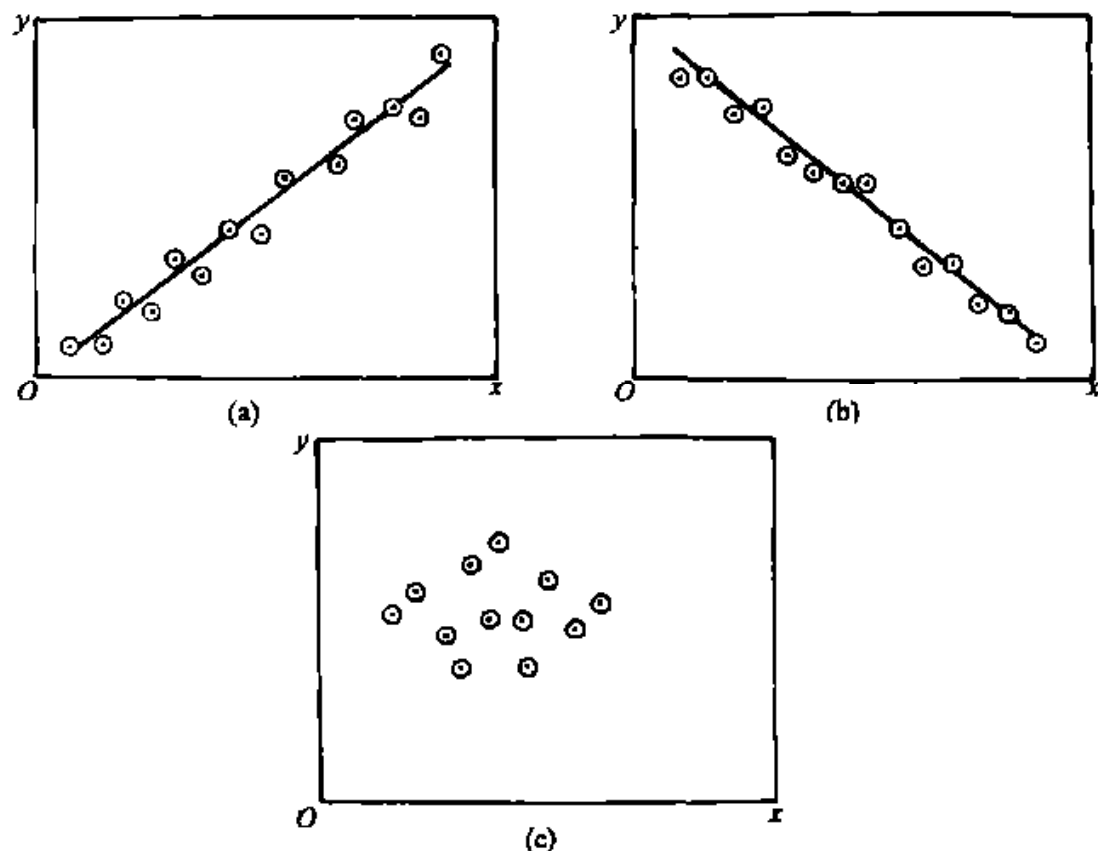


图 7.8 散布图

散布图在质量管理中有如下的用途:

- (1) 判断质量问题与某些因素有无关系。通常是先凭经验列出可能与问题有关的因素,收集数据,然后分别画出散布图,以确定与哪些因素有关。
- (2) 判断是否有异常状况。对画出的散布图进行观察,如发现有些值偏离众值较多,就表明存在异常状况。这种异常状况多半是由于作业失误、测量失

误、记录或转录失误等所致。

(3) 有时画出的散布图表明变量间存在一种趋势关系,这可能是一种特殊的因果关系,分析时要加以注意。

2. 直方图

直方图是统计学中常用的一种表示频次分布的图形。图的横坐标表示测量值的数值,通常以测量值的最大值与最小值之差,即区间值 R 表示。为了画直方图,将 R 分为 k 个等分,就得到横坐标每一小区间的宽度 $b=R/k$ 。图的纵坐标表示测量值处某一小区间范围内的数据个数。这样得到的图就称为直方图。

在质量管理中也经常用到条形图。条形图与直方图在外形上有点相似,但却有原则的区别。在条形图中,条形的宽度是不具备任何意义的,而在直方图中,条形的宽度则表示小区间的数值范围。此外,条形既可直画也可以横画,但直方图总是直画的。

现举例说明直方图的做法:设加工 100 根轴,名义直径为 40 mm,允许公差为 ± 0.1 mm,加工后实测这些轴的实际直径在 39.89 mm 到 40.11 mm 范围内。尺寸差 $R=40.11-39.89=0.22$ mm,将它分为 11 个小区间,每个区间宽度 $b=R/k=0.02$,100 根轴的实际尺寸落在各区间的个数见表 7.2 的分布 a,另有 100 根轴,加工尺寸及公差要求相同,但操作人员不同,测量的结果数据见分布 b。按表 7.2 数据可画成直方图,见图 7.9。

表 7.2 轴径测量数据及其分布

尺寸	从	39.8	39.9	39.9	39.9	39.9	39.99	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
	至	9	1	3	5	7	39.99	1	3	5	7	9
		39.9	39.9	39.9	39.9	39.9	40.01	40.0	40.0	40.0	40.0	40.1
		1	3	5	7	9	40.01	3	5	7	9	1
分布 a		1	1	3	6	20	39	19	7	2	1	1
分布 b		5	11	11	13	18	11	8	8	4	5	6

在质量管理中,直方图有如下的用途:

(1) 观察质量参数的分布,以便与预期分布进行比较,或者凭经验判断其质量水平。例如,从图 7.9(a)可见,占 39% 的轴径处于名义尺寸(40mm)的小区间,只有 2% 不合格。可见,该批轴的加工比较正常。

(2) 研究离散或偏离的原因。例如,从图 7.9(b)可见,尺寸分布比较分散,分布数最多的不是在名义尺寸的那个小小区间,多数工件的误差落在负公差带上,而且不合格品高达 10%。可见,该批轴的加工工人操作水平较差,同时测量工具没有调零,加工过程是不正常的。

(3) 确定不合格品率。从直方图可得知不符合质量要求的产品所占的比

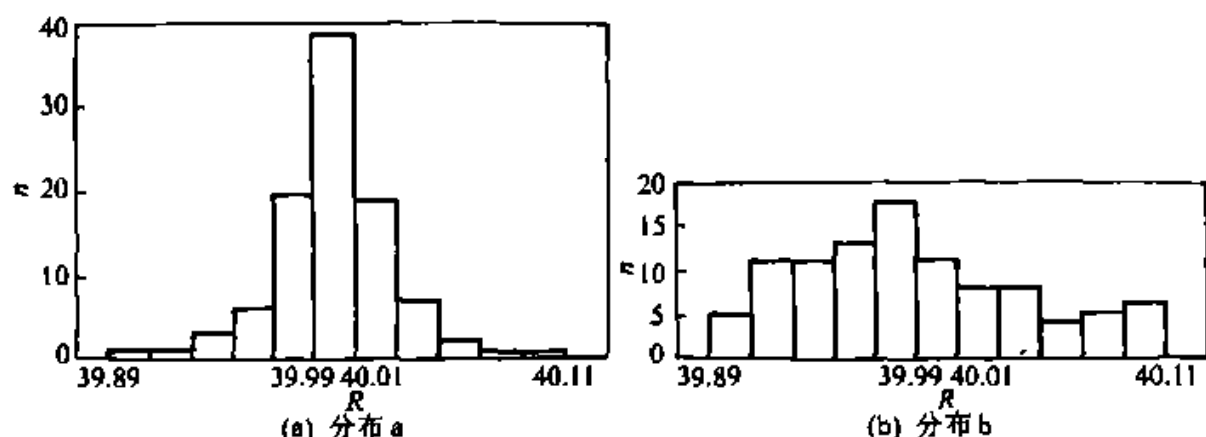


图 7.9 典型的直方图

例。

(4) 比较质量改进措施前后质量水平的变化,以便确定该项改进措施是否有效。

从直方图的形状,可以判断质量变异的原因,有如下几条规则:

(1) 钟形分布。像图 7.9(a)这样的分布图称为钟形分布图,它的中央有一高峰,整体形状近似对称,接近正态分布。如果钟形曲线窄而高,说明数据比较集中。只要不合格品比例较小,那么,质量测量值成钟形分布说明过程稳定,产品质量比较好。

(2) 双峰分布。这种分布图的形状的特征是:有两个高峰,中间有一低谷(见图 7.10(a))。这种分布可能是由两种不同数据的混合所造成的,例如:由两台不同的机器、两位不同的操作人员、两种不同的原料、两种不同的生产线所生产的产品。

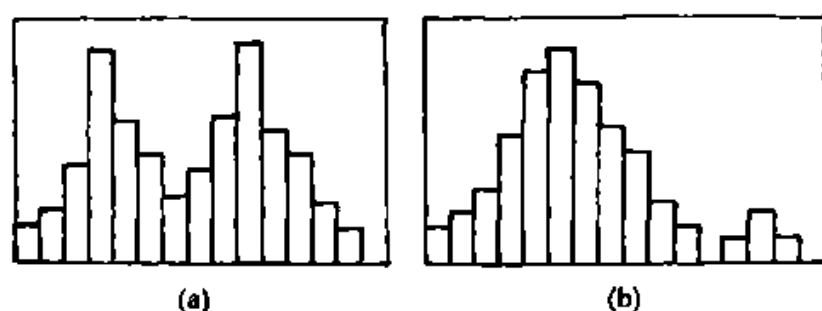


图 7.10 直方图的不同形状

(3) 扁平形分布。这种分布图的形状特征是:各小区间纵坐标值变化不大,形状扁平。造成这种分布的原因是,无标准的作业程序,或操作人员各行其是,造成质量特性的较大分散。

(4) 离岛型分布。这种分布见图 7.10(b),也有两个峰值,其中较低峰及其附近的数据可能来源于不同机器、不同的操作人员。这表明这批产品质量较低,应研究其原因。还有一种情况与此类似,就是在钟形曲线的尾部突然出现某一

高峰。这种情况很可能是由于数据记录错误所致。

3. 柏拉多图(Pareto diagram)

柏拉多图是根据意大利经济学家 Pareto 的理论而提出的。Pareto 曾对米兰市的财富占有状况进行统计,发现社会财富的 80% 掌握在 20% 的人手里,因此,他认为只要控制好这 20% 的人,就可以控制整个城市的经济,这就是柏拉多原理。100 多年来,这一原理在管理的各个领域得到广泛应用。1960 年, Juran 将柏拉多原理应用于质量管理,将造成的质量问题按重要程度分为 A, B, C 3 类,其中 A 类为产生缺陷数最多的原因,应对它进行重点管理。经验表明,如果一个企业生产的产品质量较差,应用这种管理方法会在较短的时间内取得明显的效果。

制作质量管理的柏拉多图时,图的横坐标一般选取为材料类别、机器类别、缺点类别、加工方法等;纵坐标一般选为不合格率、故障次数、损失金额、灾害事件数、延误交货期等。

图 7.11 是根据某品牌汽车检测结果绘制的柏拉多图,其中灰尘和耐碰撞的缺点数共占 74.76%,因此应对这两个问题进行重点分析并加以改进。纵坐标有时也可用由于质量问题产生的经济损失表示,这能反映问题的经济价值。

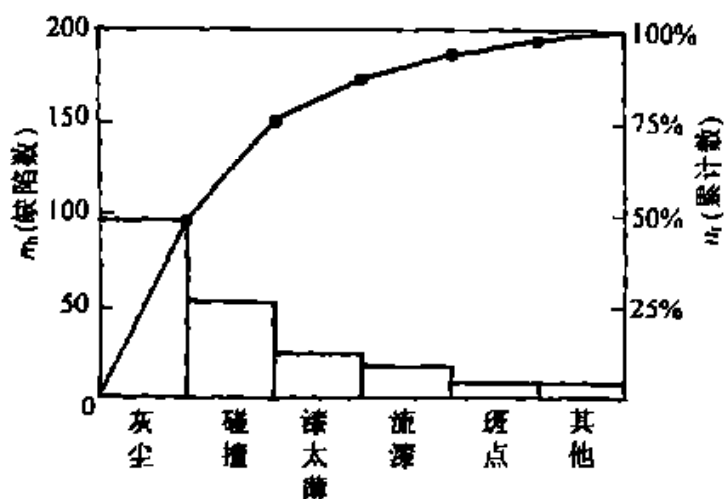


图 7.11 质量控制的柏拉多图

4. 特性要因图(cause-and-effect diagram)

特性要因图是日本石川馨(Ishikawa)博士于 1943 年提出的。因为它的形状很像鱼骨,故又称为鱼骨图(fishbone diagram),见图 7.12。此图用来分析并寻找质量问题的原因。从总体框架上讲,制造业质量问题的要因是 4M,即:材料(material)、设备(machinery)、操作人员(manpower)和工作方法(method)。质量问题(即结果描述)包括:产品性能(外观、尺寸、重量、性能参数、不合格品率

等),交货期,成本(材料费、加工费、赔偿金等),安全性(灾害率、意外事件数、职伤害害数据等)和“工”气(出勤率、建数)等。服务业质量问题—制造业类似,例如,乘客对某航空公司服务量不满意,其要因可以分解为4个M:饮食(材料)、服务态度(人)、飞机(机器)、行李丢失(方法)。

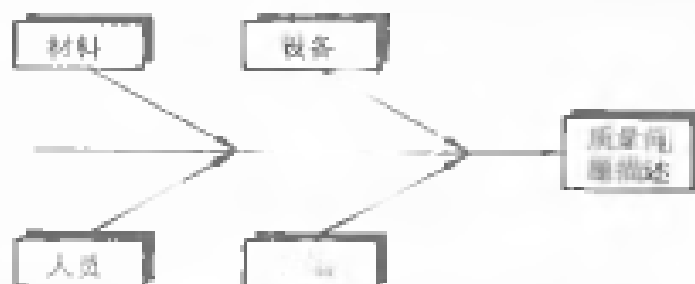


图 7-1 特性要因图

除了以上几种方法之外,还有“统计分类”法和“数据分层”法。统计分类表法与鱼骨图有些类似,也将问题分类,不过它是用表格的形式统计不同问题发生的频数,以此确定重要程度。数据分层法是将可能导致质量问题的因素分别类地列举出来,加以分析。例如,可以分为员工层面、组织层面、销售层面、量测层面和材料层面等。每一层面再细分,如原料层面再分为制造商、供应商、产地、性质、形状、批量、成分、尺寸等。

这样,本节介绍了6种工具,再加上上节介绍的控制图,共有7种工具,这在质量管理中称为“QC 7种工具”,成称“QC 的大手法”。近年来,量改进又出现了一些新方法,有把它总结为新7种工具。这里就不做介绍了。

7.5 验收抽样检验

7.5.1 验收抽样检验

1. 抽样检验的必要性

检验是产品质量保证的最后“道关”。它虽然“被动的”,就是说产品已经制造出来了,检验不合格也“好”炉重报废了,但为了杜绝“合格”品流入顾客手中,这种检验还是非常必要的。只有那些具有良好质量信誉的产品,在顾客获得足够关于该产品质量的情报和技术判定后,才可以免检。

检验有全检和抽样检验两种。全检就是对全部产品进行检验,即100%检验。全检在很多情况下是有必要的。当出现下列两种情况时才需要全检:①任何不合格产品流到顾客手中将造成安全上和经济上的巨大损失;②企业的产品质量水平在下降,急需改进制造过程而恢复原有的质量水平。抽样检验

(sampling inspection)定义为:从一批产品中随机抽取部分样本进行检验,根据样本检验的结果,决定该批产品是接收还是拒收。

抽样检验的必要性在于:

(1) 检验具有破坏性,即产品经过一次检验会降低它的寿命,甚至导致产品失去使用价值,如灯泡的寿命试验。

(2) 产品批量很大,全检的检验费用与产品价值相比较,如螺钉等。

抽样检验是介于免检和全数检验之间的一种检验方式,它的优点是节省人力和费用,而且不会因为检验之搬运而导致货物损坏。它的缺点是不能完全反映产品质量状况,有时会拒收良好的产品;反之也存在接受不良品之风险(详见下一小节)。

2. 抽样检验的种类

按抽样方式,抽样检验分为3类:

(1) 单次抽样(single sampling)。从一批产品 N 中随机地抽取 n 件样本,当 n 中的不合格品数 d 大于判定数 c 时拒收。 N, n, c 由买卖双方协商同意的抽样计划确定。

(2) 双次抽样(double sampling)。就是分两次抽样,先做第一次抽样,抽取 m_1 ,其结果有3种可能:① 若不合格品 $d_1 \leq c_1$,则接受;② 若 $d_1 \geq c_1$ 则拒收;③ 若 $c_1 < d_1 < c_2$ 则须做第二次抽样检验。第二次抽取 m_2 ,不合格品为 d_2 ,若 $d_1 + d_2 \leq c_2$ 则接受;若 $d_1 + d_2 \geq c_2$ 则拒收。 c_1, c_2 是经买卖双方同意的抽样计划规定的判定数。

(3) 多次抽样(multiple sampling)。可以3次、4次或更多次数的抽样,原理与双次抽样类似。下面只讨论单次抽样检验存在的风险问题。

7.5.2 单次抽样检验

先讲一个例子。某公司要进两批货,每批批量 $N=1000$,规定 $n=150, c=2$ 。为了实际判断一下供货商产品的实有质量,以及单次抽样检验存在的风险,对这两批货分别做了抽样检验和全数检验,检查结果如表7.3所列,其中 D 表示每一批货中全检的不合格产品数, d 表示抽取150件检验时的不合格产品数。假设由单次抽样检验结果来判断是接收还是拒收。从表中可以看出,第一批产品全检的不合格品数为25,第二批货全检不合格数为5,可见第二批货优于第一批货,然而从抽样的结果看(判定数 $c=2$),第二批货被拒收,第一批货反而被接受。这就是抽样检验存在的风险问题。

表 7.3 单次抽样检验

批 号	D	d	实际质量	是否接受	风 险
1	25	2	不好	接受	买方风险
2	5	3	好	拒收	卖方风险

从上例可以看出:第一批货质量并不好,但却接受,这种状况称为买方风险;第二批货质量好,但却遭拒收,这就是卖方风险。

好的抽样方案应该是:一批货不合格率低的产品接受概率应该高,而不合格率高的产品其接受概率应该低。卖方和买方都很关心的问题是:不合格率为 p 的一批产品被接收的概率有多大? 设接收概率记为 $L(p)$, $L(p)$ 表示 n 件中 $d \leq c$ 的概率,即

$$L(p) = p \quad (d \leq c) \quad (7.8)$$

当具体的参数 (N, n, p, c) 给定时, $L(p)$ 可以用概率论方法计算出来。从概率论可知,当 $N \geq 10n$, $p \leq 0.1$ 时, $L(p)$ 可用泊松分布近似。例如,已知不合格率 $p = 0.05$, $n = 10$, $c = 1$, $np = 10 \times 0.05 = 0.5$, 通过查泊松分布表,可得 $L(p) = 0.303$ 。典型的 $L(p)$ 曲线示于图 7.13 中。接受概率曲线 $L(p)$ 又称为操作曲线或 OC 曲线。曲线形状与 n, c 的大小有关,有如下规律:

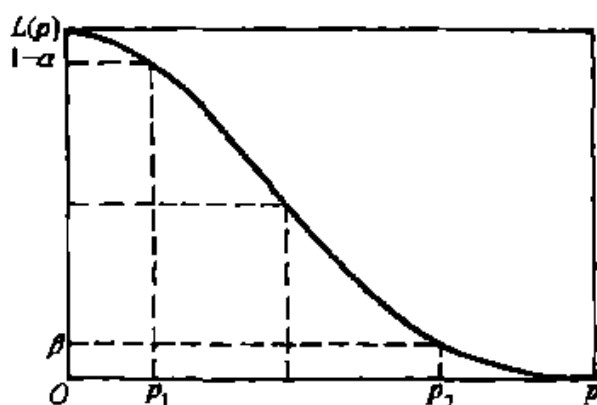


图 7.13 接受概率曲线图

(1) n 值越大,曲线越陡峭,这更能反映真实情况,即不合格率增加时,接受概率迅速下降。当 n 值降低,保持 n/c 之比例,则卖方和买方风险均增加。

(2) 若 n 值不变, c 值减小,则 OC 曲线向坐标原点越靠拢。

另外,判定数 c 减少时,卖方风险增加,买方风险减少。

OC 曲线上有两个点是非常重要的,现说明如下:

① 卖方风险(或称生产者风险)点。图 7.13 横坐标的 p_1 是可接受不合格率,通常又称为可接受质量水平,记为 AQL。从 p_1 点做垂线与 OC 曲线相交的点称为卖方风险点,卖方风险点的纵坐标记为 $1 - \alpha$,此乃不合格率为 p_1 的接收概率,也就是说,此时的被拒收概率为 α , α 称为卖方风险或生产者风险。 α 值为 $0.01 \sim 0.1$,通常取 $\alpha = 0.05$,这意味着在送检的 100 批货物中将有 5 批被拒绝,

这就是统计概念。

② 买方风险(或称顾客风险)点。在 OC 曲线图横坐标右端的点 p_2 , 是拒收的不合格品率, 称为批量允许最大不合格率, 记为 LTPD。与 p_2 相对应的纵坐标值 β 是不合格品被接收的概率, 称为买方风险, 或顾客风险。 β 一般为 0.01。 α, β 值通常是给定的。与 α 对应的 p_1 或 AQL 以及与 β 对应的 p_2 或 LTPD 则与抽样的计划有关。若固定 α 而变化 β 值, 那么会有很多 OC 曲线; 同样, 如果固定 β , 改变 α 也可以有很多曲线, 但若 α, β 同时固定, 则只有惟一的一条曲线。

如果一批货经过抽样检验而被拒收, 那么卖方必须对这一批货进行全数检验, 将合格品替换不合格品, 然后再交给顾客。

7.6 顾客满意度

在 ISO 9001(2000 版)的“管理职责”中提出了“以顾客为中心”的要求, 即“最高管理者应以实现顾客满意为目标, 确保顾客的需求和期望得到确定并转化为要求予以满足。”近年来在质量管理实践中, 越来越强调顾客需求的满足, 即追求高的“顾客满意度”(customer satisfaction indexes, CSI)。在美国国家质量奖评比的各项指标中, 顾客满意度的比重约占 30%。顾客满意度高, 带来了高的顾客忠诚度, 即更多的回头客。

何谓顾客满意? 按照目前质量管理界的共识, “满意”是指一个人通过对产品和服务感知的效果(或结果)与他的期望值比较后形成的感觉状态。按照这个定义, 要确定顾客对一种产品或服务的满意程度, 必须了解顾客在购买前对产品的期望质量与实有质量进行比较后形成的感觉如何。要测量这些感觉状态是比较困难的。为了研究 CSI 与各个因素的关系, 以及计算 CSI, 近年来, 许多学者从不同的角度提出了 CSI 的计算和分析模型。图 7.14 是 Fornell 提出的、被许多国家所采用的顾客满意度理论模型。模型设有 6 个元素(通常称为隐含变量), 其中前三个变量是前提。为了定量测量这些感觉状态(隐含变量), 必须分别确定若干可测量变量。例如, “顾客期望”的可测量变量可定为: 顾客在购买前对产品的功能、可靠性、寿命及外观等的要求; “可感知质量”的可测量变量可定

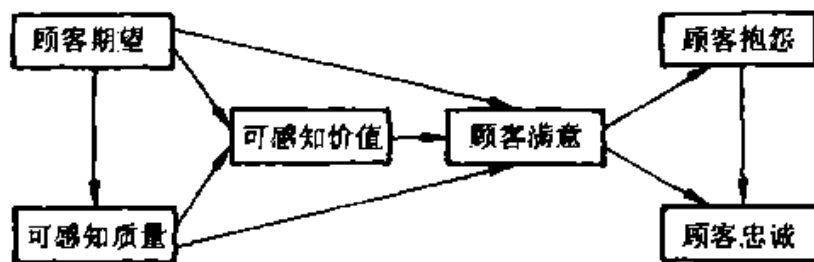


图 7.14 顾客满意度理论模型

为:顾客在购买后对上述性能的评价;“可感知价值”主要是在调查顾客购买后,对在给定价格下的质量及在给定质量下的价格所作的评价。从三个前提就可以得到“顾客满意”。但为了了解三个前提与“顾客满意”的关系,也要对“顾客满意”这个分项做调查。顾客满意程度则直接决定“顾客抱怨”和“顾客忠诚”。顾客满意度的调查和分析,要用到社会统计分析法中的“路径法”和“结构模型”法。

对顾客满意度进行测评,最直接的目的是测评一种产品或服务质量的顾客评价,以让企业了解自己产品的质量与顾客要求存在哪些差距,从而可以找到改进的方向。对一个产品做调查,调查对象必须买过这种产品;其次,调查对象必须从大量购买过该产品的顾客中随机地抽取。

顾客满意度测评的重要性还在于,CSI已被许多国家作为整个国民经济运行质量的主要尺度。它将比传统的经济衡量指标,如生产率、国内生产总值(GDP)、消费价格指数(CPI)、就业率等,能更直接地反映一个国家的经济运行状况。这种调查工作是大量而复杂的。瑞典在首次开展国家顾客满意度测评时,从国家250个具有垄断性质的企业和4000多家竞争型企业中,随机地抽取10万名顾客,然后再筛选出2万多名曾经购买过被评企业产品的顾客进行调查,一般是几分钟的电话访谈或面访。从调查中得到了许多有用的数据。他们的结论是:5年中如果企业产品的顾客满意度增加1%,那么,这期间企业的平均资产收益率将增加11.33%。德国在1992年建立了德国顾客满意度测量的标准。美国在1994年完成了迄今涵盖面最广的顾客满意度测量系统。美国的ACSI的指标体系则分为4个层次:①国家的CSI,即ACSI;②能代表美国国民经济的7个重要经济部门的CSI,即行业顾客满意度;③7个重要经济部门中的29个行业的CSI;④29个行业中的200多家企业和组织的CSI,这些企业和组织总收入占美国GDP的30%左右。他们每季度滚动更新统计数据并在《财富》杂志公布。统计研究表明,ACSI与账面资本回报率有重要关系;与普通股市值也有重要关系;甚至能够对道琼斯股市指数变化做出精确度较高的预报。

我国实行社会主义市场经济后,如何评价我国经济产出的质量问题,已成为一个急需解决的重要课题。1999年,国务院在一个关于加强产品质量工作的文件中指出:“要研究和探索产品质量用户满意度指数评价方法,向消费者提供真实可靠的产品质量信息。”我国的一些研究机构正在积极研究“中国顾客满意度”(CCSI)测评体系,大规模的“顾客满意度”调查工作已经开始。上海质量管理协会也已就上海市出租车行业 and 上海市旅游业的“顾客满意度”进行了测评并定期予以公布。这对该行业的服务质量的提高将会有很大的推动作用,也会为我国“顾客满意度”测评工作提供经验。

7.7 质量管理的国际标准和质量奖

国际标准化组织的第 176 技术委员会(ISO/TC176),即质量管理和保证技术委员会,于 1987 年制订了质量管理和质量保证标准:ISO 9000 系列标准。这个系列标准目前已公布的有:ISO 9000:2000(质量管理体系—基本原理和术语);ISO 9001:2000(质量管理体系—要求);ISO 9004:2000(质量管理体系—业绩改进指南)。对于企业来说,质量管理工作就在于制订具体的组织措施,保证贯彻执行 ISO 9000 系列标准。我国国家质量标准是同等采用 ISO 9000 系列标准的。一个企业是否已建立了合乎 ISO 9000 国际标准的保证体系,可通过 ISO 9000 的“认证”加以判定。2000 版标准的一大特点是,大量采用美国国家质量奖和欧洲质量奖的内容,而这些质量奖评比又与全面质量管理(TQM)相结合。这样,“认证”、“贯标”、“评奖”和日常 TQM 工作就完全统一起来了。

7.7.1 ISO 9000 认证

如果一个组织通过 ISO 9000 认证,那就表明这个组织有比较完整的质量保证体系和规范它的过程。ISO 9000 认证方式有 3 种:

- (1) 第一方认证,一个组织按照 ISO 9000 标准,对自己组织进行的评审;
- (2) 第二方认证,顾客对一个组织进行的评审;
- (3) 第三方认证,经权威机关审核批准的认证机构进行的评审。

第三方认证是系统、全面而又权威的认证,可作为达到 ISO 9000 标准而被注册登记。第三方认证要花几个月的时间而且很费钱。但是,一个组织通过认证,它的生产或服务过程就规范化了;就是说,ISO 标准规范了这个组织的行为方式及它的质量标准、交货时间和服务水平等。因此,它的产出质量就有了管理体系的保证。单从竞争的观点来看,已认证的企业比没有认证过的企业更有希望拿到订单。从法律的角度看,如果制造商选择经过 ISO 9000 认证的供应商,则当产品出现伤害时,制造商就可以减轻或免除在这次伤害中的责任。

我国已经建立了 30 多家经过权威机构批准的 ISO 9000 标准的认证机构。

7.7.2 质量奖

为了推动和鼓励产品质量的不断提升,目前,全世界已有 50 多个国家建立了国家质量奖。其中最著名的是美国、日本国家质量奖和欧洲质量奖。

(1) 鲍德里奇奖。鲍德里奇(Malcolm Baldrige)是一位工业家和美国商业部部长,长期为推动美国产品质量的提升做出了巨大贡献。因此,美国国会通过设立国家质量奖法案时,就以鲍德里奇的名字作为美国国家质量奖的奖名

(Malcolm Baldrige award)。鲍德里奇奖每年评比一次,名额限定6名,其中制造业2名,服务业2名,小企业2名。评奖工作由国家标准与技术研究院管理。鲍德里奇奖既得到赞誉也受到批评。赞誉者认为它大大推动了产品质量的提升,批评者认为,评比浪费了申报企业的精力和金钱。

(2) 戴明奖。日本国家质量奖以戴明的名字命名。戴明(W E Deming)是著名的美国质量管理专家,曾为日本的质量提高和工业振兴做出了巨大的贡献。戴明奖每年评比一次,奖项授予那些在质量管理方面取得巨大成就的公司,但也授予对质量管理做出过巨大贡献的个人。戴明奖是日本公司梦寐以求的质量奖励。戴明奖是早期设立的质量管理奖项,它虽然也考虑高层及职工的参与和顾客满意度,但强调的是统计质量控制方法的实施。

欧洲质量奖的条例及评奖方法与美国国家质量奖有些类似,这里就不介绍了。

第 8 章 项目管理

“项目”是不大可能重复的一次性的任务或工作,它的过程计划和控制特别重要。自从 20 世纪 50 年代末、60 年代初,关键线路法(critical path method, CPM)和项目计划评审技术(program evaluation and review techniques, PERT)提出之后,项目管理的方法走上了科学和有序的阶段。近年来,随着市场多样化和顾客个性化需求的发展,出现了像大规模订制这样客户化的生产模式,不少产品的生产管理有向项目管理发展的趋势。因而,对项目管理知识的需求也就愈来愈迫切。本章除介绍项目管理的一般概念、项目管理的任务和项目管理组织的一些知识之外,重点叙述 CPM 的绘制法和 PERT 的时间估计法。对网络计划的控制和优化也做了简单的介绍。

8.1 项目和项目管理的概念

所谓“项目”，指的是不大可能重复的一次性工作。例如：开发一种新产品，组织一次演出活动，举办一个大型的展览，编写一个大型软件，使一个工厂现代化，建一座大桥，做一次大型的外科手术，发行一种新的货币，等等。所有这些工作都是一次性的，不大会重复。例如：开发一种新产品，首先从理解顾客需求入手，列出新产品所必须具有的功能要求，然后进行产品创新设计，再进行试制，最后进行试销以确定该新产品是否可能转入正常生产。可见新产品的开发是一个一次性的不重复的工作。一旦转入正常生产，就要按试制中总结出的生产过程进行标准化生产，尽管在重复生产过程中也需要一些改进。

仔细分析上面列举的项目例子，可以归纳出项目具有以下特点：

- (1) 项目有一个明确界定的目标，在多长的时间内，花多少钱去完成一个有怎样预期的结果或产品；
- (2) 要完成预期的目标，必须完成一系列依次的相互联系的活动；
- (3) 这些活动要运用一定的资源，包括人力、设备、原材料和场地等；
- (4) 有明确的期限，即规定了开始时间和完成任务的时间；
- (5) 具有独特性，即使是组织一次聚会也会因为时间、地点的不同，出席对象的不同，以及豪华程度的不同而存在区别；
- (6) 每一项目都具有顾客，由顾客规定目标，由顾客提供资金，并由顾客评价项目结果的满意程度；
- (7) 最后，项目存在一定的不确定性，包括进度计划、项目预算和资源的匹配和利用，等等。

所有这些特点表明，要很好地完成项目，需要事先的详细的调查研究，周密的计划安排和仔细的预算，以及在项目进行过程中对进度和成本进行有效的控制。这些过程就是“项目管理”。

由于项目是一次大型的活动过程，做错了要纠正，就要花很大的代价。因此，管理者必须十分注意，事先做好精心策划、仔细地制订计划和经常检查并调整计划。项目管理与一般生产管理的最大不同之处是：对项目的整个过程或过程中的每次活动都是一次性的，不像生产管理那样，能在下次生产中予以纠正。

制约项目是否成功的因素包括：由项目的期望结果面决定的、所有的工作目标是否明确；为完成项目制订的计划是否切实可行；成本是否是顾客可以接受的额度；最后是顾客是否满意。

值得注意的是，由于项目是一次性工作，有可能出现预先没有估计到的情况，这种意外情况可能导致计划的拖期或成本的超出，或者二者兼有。管理者的

工作在很大程度上要放在预测和防止意外情况的发生。管理者的另一个重要工作是使顾客满意,为此必须经常与顾客沟通,把项目进程告诉顾客,让顾客也参与进来。这样就不会出现到项目完成时,才发现过程中产生的某些与顾客期望值有差距的问题。

8.2 项目生命周期四个阶段的任务

项目生命周期可分为四个阶段,即:识别需求,提出解决方案,执行项目,结束项目。现将这四个阶段的内容简述如下。

8.2.1 识别需求

识别需求就是做市场调查,了解顾客的需要。这种市场调查对新产品开发特别重要,它可以从顾客对现有产品的不满得到启示,以判别顾客对某类产品的潜在需求是什么。进行市场需求调查,尤其是识别顾客的潜在需求,对经营者决定今后经营方向具有重要的参考价值。

对一个具体项目的顾客需求,通常是由顾客在一个“需求建议书”(request for proposal, RFP)文件里填写清楚。根据 RFP,承包商向顾客提交一份申请书,在这个申请书里说明如何在规定的日期和成本约束下完成规定的目标。RFP 必须提得具体,这样承包商才能把申请书做得具体。RFP 通常包括下列内容:

(1) 工作表述(statement of work, SOW)。包括项目的工作范围,工作任务。例如:顾客要求修建一座大桥,是否包括大桥选址(地质勘察等)、大桥设计,还是只根据已设计的图纸在指定的地点进行施工。

(2) 项目的规格和特征。例如:如果要求开发一种新产品,那就必须指明产品的功能要求、尺寸大小、外观要求(油漆颜色等)、物理性能参数,以及使用环境要求等。在商业中使用的设备有许多自动记录、累计、打印等要求。

(3) 项目的最终提交物。例如:如果开发的是一台自动化程度很高的包装机,客户要求的提交物不仅是这台包装机的硬件设备,还包括操作系统、操作平台,甚至包括操作人员的培训教材。对于开发的专用设备,可能有一些易损件,因此客户要同时提供备件的数量。

(4) 付款方式。通常都是分期付款,项目开始前预付一部分款项,以便购买一些设备或用品,中期则视计划完成情况再付给另一部分款项。最后在项目完成并通过验收后付清并结账。

(5) 其他。包括进度计划、完成日期、验收或评审标准等。

8.2.2 提出解决方案

提出解决方案就是根据客户的 RFP, 提出应答申请书。但如前所述, 承包商不应该被动地响应顾客的 RFP, 更不应该等到客户发出正式的 RFP 时才开始做申请书。要与顾客保持密切的联系, 了解他们的需求, 甚至可以引导他们提出潜在的需求。这些工作就是市场开拓工作。这些工作做好了, 当顾客提出 RFP 时, 你就很可能成为项目的中标者。

在决定是否投标, 即是否应答客户的 RFP 时, 必须考虑一下中标的可能性。因为做标书或者提出申请书是需要花人力、时间和费用的。考虑的因素包括: ① 竞争的态势, 即在投标者当中你的竞争优势如何; ② 风险大小, 项目进行过程中的不确定性的 大小决定了风险的大小; ③ 企业内部条件, 包括所要承接项目的性质与以往做过的项目是否类似, 是否有类似之经验, 与经营目标是否一致, 能力(包括人力和设备)是否足够, 如果不够, 通过项目是否可以添置一些设备, 即通过项目的收益扩大你的能力; ④ 对客户真正意图的了解, 如果客户仅仅有一种设想而并非真正要投资此项目, 或者他主观愿望是要做此项目, 但他的资金并不充足, 这些也是考虑的因素。

申请书的内容一般包括技术方法、成本预算, 以及项目管理方法。技术方法部分包括对客户提出问题的理解, 只有正确了解客户的问题, 才能提出正确的技术方法。技术方法本身无非包括方法的基本原理, 过去的经验, 以及目前研究和实验的情况, 论证这些方法能够满足客户在 RFP 中提出的要求。最后还须说明你的方案对客户的好处。例如: 如果一台设备, 那就要认证你的设备操作简单、维修方便等。成本预算部分要向客户证明, 你的成本预算是合理的、可信的和符合实际的。

在成本预算中可考虑有一部分是可选的。就是说分为基本部分和附加部分, 以便客户选择。成本无非包括: 劳动力、设备折旧费、场地费用、材料费、管理费、意外开支等。管理部分应使客户相信: 你的单位能按计划完成项目并达到预期的结果。内容包括: 任务的描述、交付物、进度计划和项目组织。

8.2.3 执行项目

项目执行在项目进行的四个阶段中是时间最长, 投入人力、物力最多的阶段。这个阶段的管理任务也很重。

(1) 制订项目计划。项目执行阶段从制订计划开始。对于一个大型的项目, 制订一个较详细的执行计划, 包括进度计划和成本计划, 这是至关重要的。没有计划的行动是盲目而杂乱的行动, 其结果必然会导致返工乃至导向失败。计划包括以下内容:

① 定义项目目标,这在前一节已讲过。

② 工作分解(work breakdown structure, WBS),最常用的方法是“工作分解结构树法”,就是工作分为不同层次的工作包,并落实到人。这将在下面详述。

③ 将前后关联的全部“活动”用网络图描绘出来。网络图是由项目的全部活动串联和并联而成的。由若干前后有序的活动串联起来,形成从开始到结束的一条条并行的线路。网络图是计划和控制的主要工具,后面将详细讨论。

④ 对网络图的每一“活动”,估计完成所需要的时间和所用到的资源。

⑤ 对每一“活动”做成本预算。

经过以上这些步骤所做的计划,就可说明能否在预定的时间内,按给定的成本完成预期的目标。反复进行多次调整就可达到预定的时间和成本的要求。

(2) 项目控制。项目控制是项目进行过程中必须经常去做的事。主要工作是定期进行检查,包括测量实际过程,并与计划过程进行比较,测量和比较主要是两方面:一是一个活动的开始和结束时间;二是每一活动总共的费用。如果存在时间的延误或预算的超支,就必须采取措施,使过程回到原计划过程上来。比较时间和费用有无超出,只有在活动符合技术要求的前提下才有意义。纠正它有几种途径,例如:增加人力、增加设备、改进工作方法等。但在这样做的时候要注意是否导致成本的增加,这种增加是否意味着已超支。缩短两次检查的时间间隔,也就是增加检查的频率,这样可以及时发现问题,并能及早采取纠正措施。例如,5年总周期项目应该每月做一次检查,若出现有拖期或超支的苗头时,应进一步将检查的频率增加,可以每周检查一次。

8.2.4 结束项目

项目结束工作主要是编写和存档项目文件,结清项目付款,承包方和客户进行项目评估等。项目结束对项目管理者来说也是一种经验的总结。

8.3 项目组织结构

项目开始前,公司的高层领导必须首先确定:采取何种组织结构对该项目进行管理最有效。项目经理、项目团队及组织结构形式,是如期、优质完成项目的关键因素。技术和程序是协助人员做好工作的工具。

8.3.1 项目经理

项目经理的职责是,确保项目的全部工作都如期在预算期限内优质完成。项目经理要能有效地组织和领导整个项目团队,去按计划完成工作。简而言之,项目经理的任务就是计划、组织和控制。他的能力包括:领导能力、人员开发能

力(培训)、沟通技巧与人际交往能力、解决问题的能力;特别需要具有在困难时能承受压力,保持冷静,从困境中寻找出路的能力。项目经理要善于授权,给团队成员以责任和权利。

公司的高层领导应善于根据项目性质的不同,选拔最合适的人为某项项目经理。

8.3.2 项目团队

能否组织一个相互依存、团结互助的项目团队,是直接关系到项目能否如期、优质完成的重要因素。项目团队是在工作中逐步形成并达成和谐统一的团体。看法不一致、工作中有冲突是经常会发生的,尤其在开始阶段。通过对共同目标的讨论、理解,通过不断的“磨合”,应该能在不长的时间内达成统一。

在项目管理中,特别要强调项目团队的建设,因为参加项目工作的工作人员一般是临时从不同部门抽调来的。他们或者不认识,或者虽然认识但未合作共事过,而且任务又是全新的。所以,项目经理团结、带领全体团队成员协调地工作,是完成项目的关键。

根据项目的规模,团队成员人数有很大的差别。大的团队要分成若干小的团队。

8.3.3 组织结构

如8.1节所述,项目类型多、规模不一、性质各异,很难找出一种通用的最优组织结构。例如组织一次大型联欢活动和开发一种新产品,显然是两种不同性质不同规模的项目,对前者的最佳组织形式可能并不适合于后者。下面列举常用的三种基本结构形式,说明它们的各自特点和优缺点。

(1) 项目型组织。项目型组织是专门为某项目组建的一个项目团队。在这一团队里配备了为完成项目所有工作所需的人员和设备,项目的所有工作都由这个组织机构完成。当项目完成后,团队成员被分配到别的团队,或者回到他原来的组织。如果是为这个项目而专门招聘来的,那项目完成后也可能被解聘。

项目型组织的优点是:项目经理对团队成员和其他资源有充分的支配权利,因而较容易掌握进度计划;这种组织是一种扁平化的结构,如果一个公司有若干项目的话,项目经理只向一个上司汇报,领导层次少,信息传递迅速,决策快,整个团队只有一个目标,团队成员有自豪感,士气高。

项目型组织的缺点是:资源不能跨部门共享;项目与项目之间缺少交流;团队成员对公司的整体战略目标较少注意。

有了以上的优缺点分析,就可根据项目的类型和性质判断这种组织形式是否适用。

(2) 职能型组织。职能型组织形式是我国国有企业新产品开发常用的组织形式,见图 8.1。总公司下属有三个部门:产品研发部、工程部和生产部,有 A, B, C 3 种新产品开发项目,三个部门都参加 A, B, C 3 个项目的工作:研发部负责顾客需求的调查、确定产品型式和总体性能;工程部(或技术部门)负责新产品的的设计;生产部门负责新产品的试制。

职能型组织的优点是:资源共享并得到充分利用;能够发挥整个职能部门的作用;工作人员通常是兼职完成项目,仍属原部门领导,无后顾之忧。

职能型组织的缺点是:难以控制计划进度,难以调配各职能部门的资源;工作人员多头领导,精力不易集中;信息沟通不畅,决策迟缓,可能还会相互推诿甚至发生矛盾。

职能型组织适合于公司内部的项目。

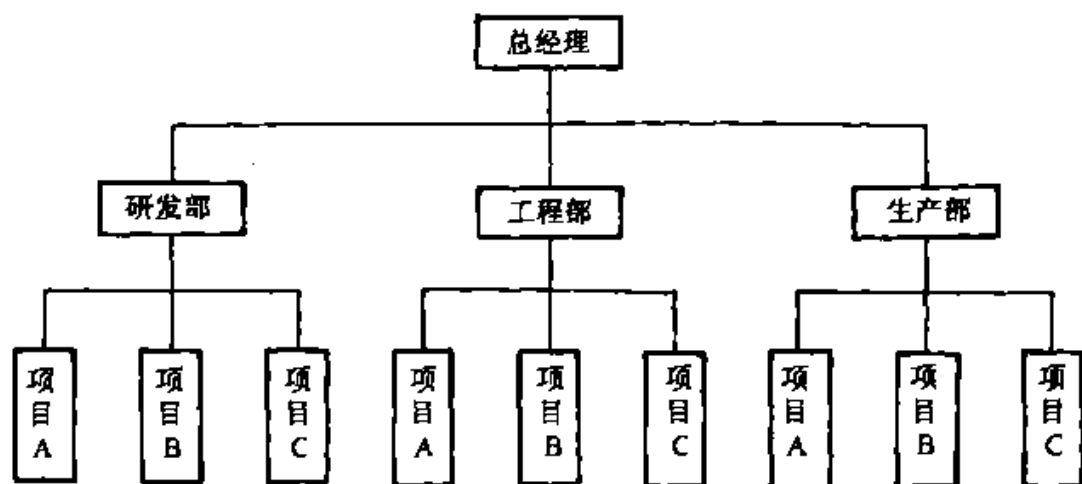


图 8.1 项目管理的职能型组织

(3) 矩阵型组织。矩阵型组织的结构见图 8.2。这种组织综合了职能型和项目型两种组织的优点,是专业化的项目管理组织形式。它与职能型组织不同之处在于,每一项目都由公司高层领导委派 1 位专职的项目经理管理,他对完成项目负全责;由各职能部门抽调来的工作人员组成一个项目团队,由项目经理领导。对一个工作人员来说,他既属于团队也属于职能部门,即双重领导。但在一定时间段内,他主要是做项目工作,由项目经理领导。自然有时也会发生冲突,需要项目经理和职能经理之间的沟通 and 理解。因此,矩阵型组织既能发挥职能部门业务精通的优势,又有项目团队及项目经理构成的强有力的队伍,为按期、优质完成任务提供了组织保证,充分实现了公司资源的最优配置。矩阵型组织形式适合于对外部客户提供产品或服务的项目。矩阵型组织的缺点是:每一员工存在两个领导,常有无所适从之感,多数情况下也许更注重接受职能经理的领导。重要的是必须委派强有力的项目经理,他不仅要有很强的对外联系和谈判的能力,而且还要有很强的内部组织和指挥能力。

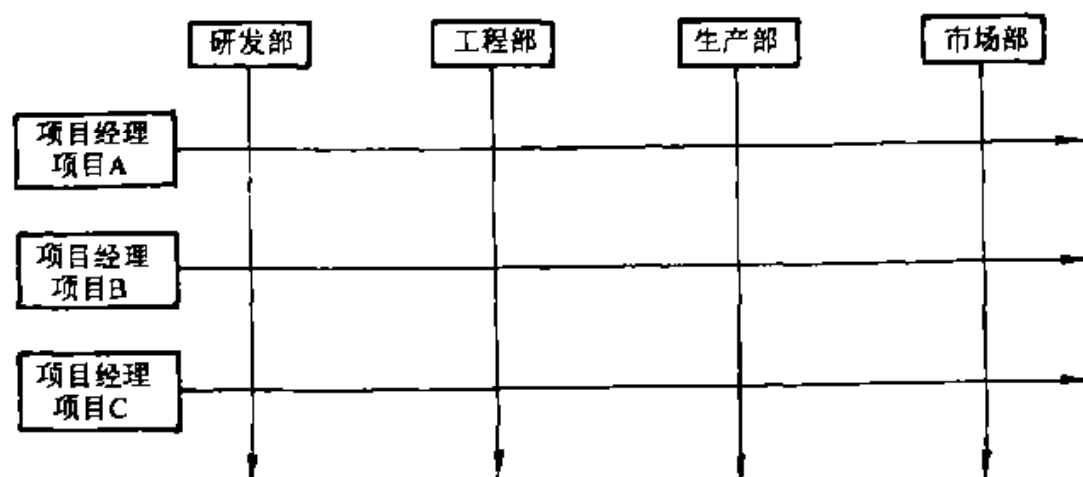


图 8.2 项目管理的矩阵型组织

8.4 项目计划的制订

8.4.1 项目目标的描述

项目目标是计划制订的依据(出发点)。前面已经讲过,项目目标包括三个内容:工作范围、进度计划和成本预算。一个典型的项目目标描述可以是这样的:“从合同签字日起,在3个月内根据所提供的图纸和说明书,将中山路48号301室住房室内装修完毕,装修总费用为10万元人民币。”在这个描述里,工作范围就是将指定的住房室内装修好,装修的性能要求由图纸及说明书规定。工期为从合同签字后3个月,费用为10万元人民币。这样的项目目标描述是明确而完整的。

8.4.2 工作分解

目标明确之后就要制订进度计划。但为了把计划制订得详细而又切实可行,要把项目的工作范围进行细分。对于小型的项目,只须经团队成员进行讨论后,即可形成一份一览表;对于大型项目,由于内容多、层次复杂,最好应用“工作分解结构”(work breakdown structure, WBS)方法制成层次结构图,图8.3表示它的一般型式。从图可见,计划分成0,1,2,3,……多层,0层表示项目名称,1层表示项目所有的工作要素或活动,3,4……层是再分解的子任务(活动)。工作分解图的详细程度,决定于各工作任务能明确地分配给小组或个人,预算也能明确的分解。

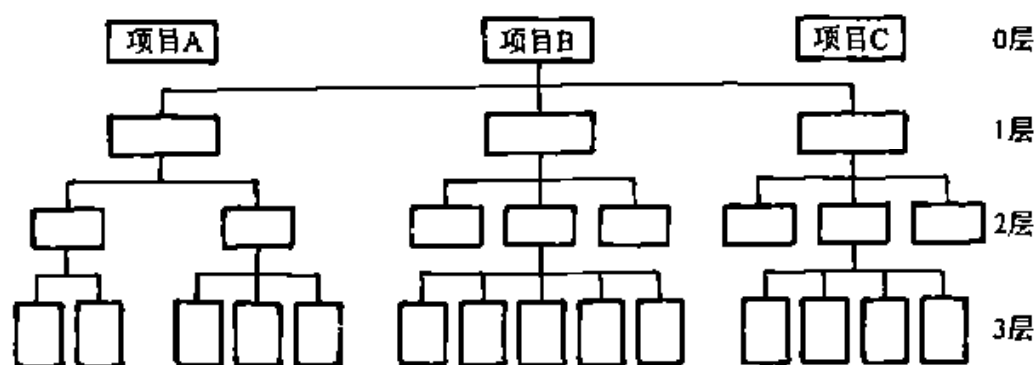


图 8.3 工作分解结构图

8.4.3 责任矩阵

根据工作分解图所得到的各级活动,制订出各级活动的分工(即任务分配),这是责任矩阵所要做的。矩阵的最左两列是项目编号及活动名称,包括1层、2层……各层的任务,矩阵最上一行是执行这些任务的小组名称或执行人的名字。矩阵的元素的字母P表示主要责任人,S表示次要责任人。每一有字母的元素是某一行(活动)与某一列(责任人)的交点,表示那项活动由那人负责。

我们把项目中分解出的工作任务(子任务)称为“活动”。活动是需要消耗一定时间的一项明确的工作,但不一定要消耗人力,例如,一只热处理过的机械零件要做时效处理,就要花一定的时间但并不需消耗人力,这在计划进度安排中却是需要明确规定的。每一活动的内容要明确界定。

8.4.4 计划制订

当各级活动内容已经明确制订、活动的责任人也已确定,接下来的工作是制订进度计划。对于较大型的项目,最好的方法是网络计划图。最有效的网络图是关键线路法(critical path method, PDM)和项目计划评审技术(program evaluation and review technique, PERT)。这两个方法虽然都是20世纪50年代末独立发展出来的网络图技术,但却有类似之处,我们将在下一节详细讨论之。

甘特图(Gantt chart)是更早发展出来的一种简便的计划管理图表法,它把活动、活动责任人及计划进度结合起来。由于它简单而实用,至今还广泛应用于计划管理。图8.4是消费者市场研究项目的甘特图,图的最左一列是活动的名称,图的横坐标表示时间进程。图中粗黑条表示每一活动起、始及时间长度。从图中可以看出各项活动之间的顺序关系。在这一图中还可列出活动的责任人。因此这是项目计划的完整图示。当然,这种简单的图示法也有缺点:各项活动的关系并不十分清楚,如果前一项活动被延期了,将会影响后面的活动,必须重新

制作甘特图。

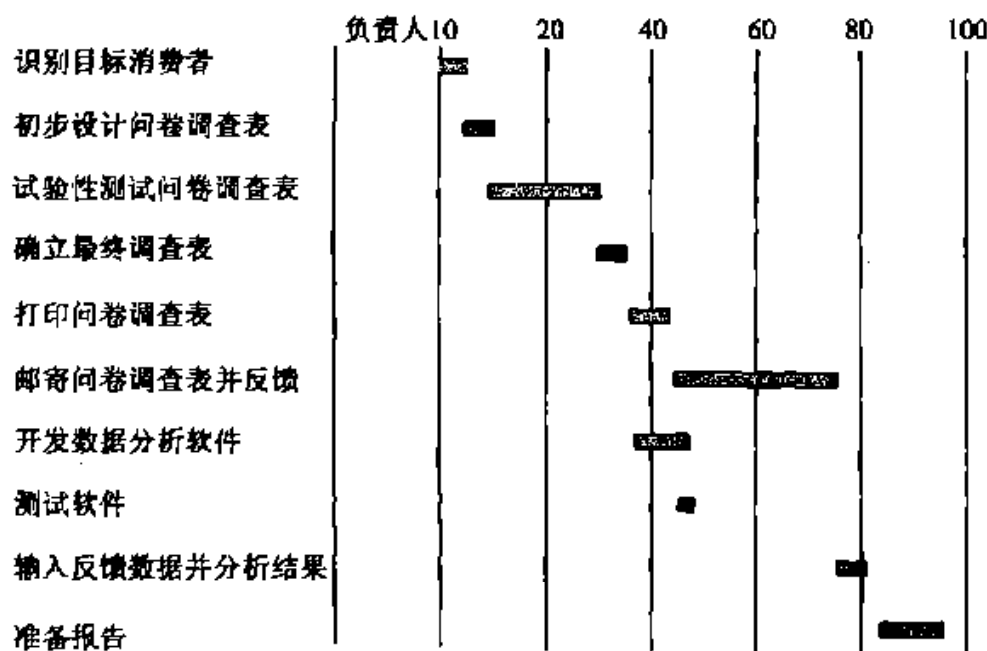


图 8.4 消费者市场研究项目的甘特图

8.5 计划的网络图示法^[1]

8.5.1 活动、事件和网络

前一节我们把各项任务包括子任务叫做“活动”。为了能把项目计划画成网络图,我们把活动用箭头表示。每一活动都有开始和完成的时间,我们把“开始”和“完成”称为“事件”,用圆圈表示,圆圈内的数字表示事件的编号。

例 8.1 设有一项目,由 A~I 共 9 个活动组成,每一活动所需的时间(天)见表 8.1 所列。

表 8.1 项目的活动时间

活动	A	B	C	D	E	F	G	H	I
时间(天)	8	20	33	18	20	9	10	8	4

各子任务(活动)相互关联、互有前后。先后顺序如下:

- (1) A,B,C 三个活动同时开始。
- (2) 在 A 活动结束后,D,E 两个活动开始。
- (3) B 活动结束后,F 活动开始。
- (4) F,E 活动完成之后,I 活动开始。
- (5) C 活动结束,G 活动开始。
- (6) D 活动结束,H 活动开始。

(7) H、I、G 活动结束, 整个项目完成。

根据以上先后顺序关系, 可画出本项目的网络图, 见图 8.5。

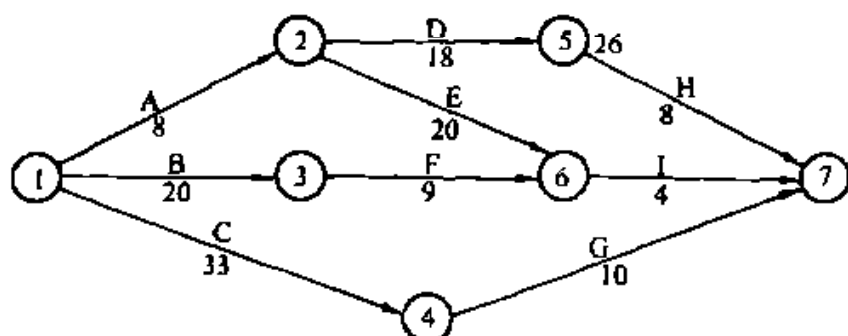


图 8.5 项目管理的网络图

8.5.2 关键线路法的画法

从图 8.5 可以看出, 为了完成该项目, 有下面 4 个平行的、由依次活动串接的线路:

① A—D—H; ② B—F—I; ③ A—E—I; ④ C—G。

每一条线路都由若干活动串成, 每一活动都有时间定额, 又由于各活动之间有先后顺序, 故每一活动都有一定的开始时间和完成时间。从计划进度来分析, 如果规定了项目的完成时间, 那么, 从完成时间沿着每一条线路依次往后推算, 就可得到每一活动最迟必须开始的时间; 另一方面, 知道了项目开始的时间, 从开始时间往前推算, 就可得到每一活动最早可以开始的时间。从这一段的叙述, 我们可以得到关键线路法画图的规则:

(1) 每一活动用一个箭头表示, 箭头的上方标明活动的名称, 箭头的下方标明完成本活动所需的时间, 而箭头的长短是没有意义的。

(2) 每一箭头的始端和末端各有一个圆圈, 始端圆圈表示该活动“开始事件”, 末端圆圈表示该活动“结束事件”。

(3) 一个圆圈既表示前一活动的结束事件又表示下一活动的开始事件。可能有多条箭头的始端从同一圆圈开始, 也可能有多条箭头的末端同时指向同一圆圈(事件)。

(4) 每一圆圈(事件)均有两个时间: 最早开始时间和最晚结束时间。最早开始时间是从项目开始时间向前推算出来的, 这称为正向线路; 最迟结束时间是从项目结束时间向后推算得到的, 称为反向线路。

现将正向线路和反向线路及关键线路分别介绍如下:

(1) 正向线路。图 8.6 表示活动开始事件 i 和结束事件 j 的网络图。其中 k 表示活动名称; t 表示活动过程时间的长短; ES 表示活动最早开始时间, EF 表示活动最早结束时间。

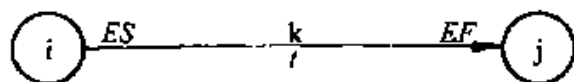


图 8.6 网络图的符号

于是根据前例的数据,可画出图 8.7 表示的正向线路网络图。在这一图中,圆圈内的数字表示事件编号,箭头上部左侧的数字表示活动最早开始时间。所谓最早开始时间就是上一活动已经结束,本活动可以开始了。箭头上部右侧的数字表示活动最早结束时间。在网络图中的箭头上部字母代表活动代号,下方数字代表该活动过程时间长短。要注意的是,在图 8.7 中有两个箭头 E, F 指向事件 6,活动 E 最早结束时间为 28, F 的最早结束时间为 29,故选大值。

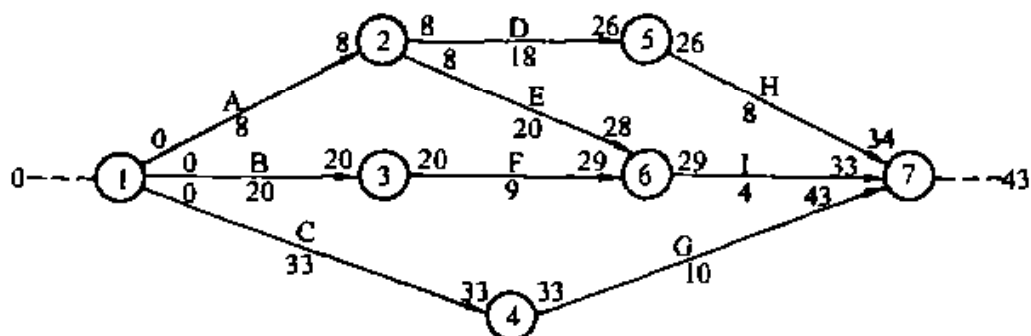


图 8.7 正向线路图

(2) 反向线路。按类似方法可画出网络图的反向线路。所不同的是,反向线路是从整个项目结束事件(即本例 7 事件)开始向后倒推,以确定每一事件的允许的最迟开始时间和允许的最迟结束时间。在反向线路图中,最迟时间是标在箭头下部的两侧,见图 8.8。

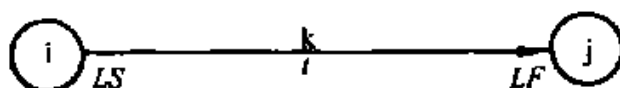


图 8.8 反向线路符号

(3) 找出关键线路。将正向线路和反向线路图合在一起就构成了整个项目的关键线路图,见图 8.9。

比较图 8.9 中各箭头起始的上下两个数字,我们发现,大部分事件的两个数字是不同的。就是说大多数事件的最早时间和最晚时间是不同的,而且一定是最晚时间的数字比最早时间的数字大。这就是说,允许这两个活动之间有一间断时间。这个间断时间用 S 表示, $S = LS - ES$ 。例如活动 H 最早可以从第 26 天开始,但最晚也可以在第 35 天开始,因此就有 9 天间隙时间。

另一方面,我们从图 8.9 看到,事件 4 的最早时间和最晚时间都是 33。就是说,活动 C 一结束,活动 G 必须马上开始,没有间隙时间。因此,由活动 C, G 组成的线路,其时间必须很好控制,不允许有延期情况发生,否则将会影响整个

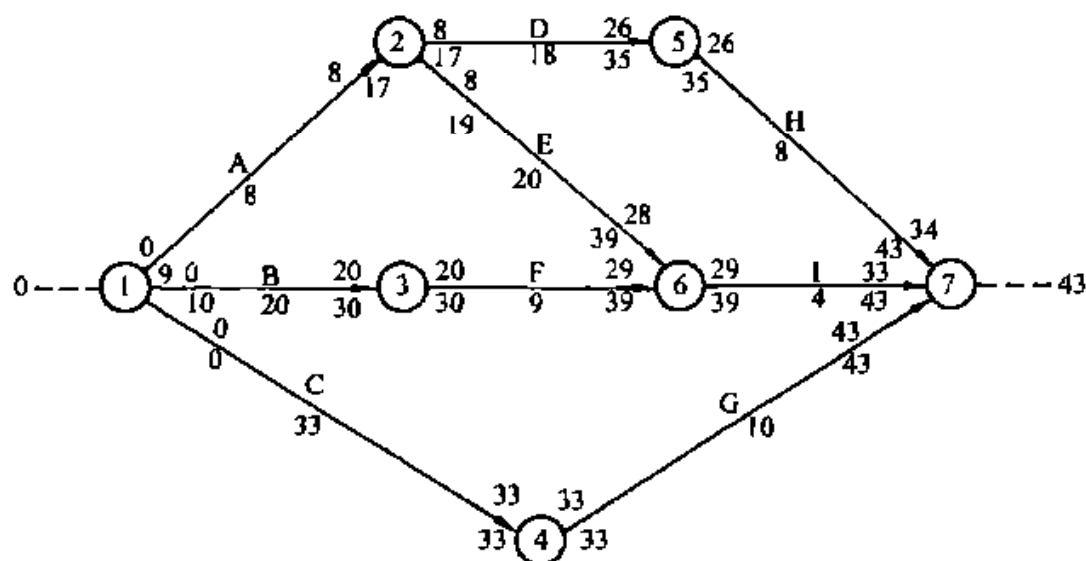


图 8.9 完整的关键线路图

项目的完成时间。这一条线路就是关键线路。在我们所举的例子中,情况比较简单,一眼就可看出哪条是关键线路。但是,当项目的活动很多、层次结构比较复杂时,用关键线路图是一个比较好的方法。通过网络图还可以看出整个项目各条线路的情况,除了关键路线之外,哪些活动之间的间隙时间较短,需要特别注意控制进度等。在项目进行过程中,还可以记录实际完成情况,以便与原先的计划进行比较,必要时对计划做修改。

8.5.3 活动时间的概率估计法

1. 3种时间估计法

网络计划中每一活动的时间估计是很重要的,它决定了整个项目的总工时。通常是凭经验估计的。对于那些存在许多不确定因素的活动,PERT 提供了一种估计工期的方法。它给出 3 种工期估计,然后根据概率理论将它们转化成一个确定的工期。这 3 种估计的时间是:

(1) 乐观时间 (optimistic time, t_o), 这是指在各项工作进行得都很顺利,没有遇到什么困难的情况下完成该项活动所需的时间。经验表明,实际完成时间小于 t_o 的可能性只有 10%。

(2) 最可能时间 (most likely time, t_m), 这是指在正常情况下完成该项活动最经常出现的时间。如果类似的活动过去已做过多次,那么最可能完成该活动的时间是可以得到的。

(3) 悲观时间 (pessimistic time, t_p), 这是指该活动在最不利情况下完成所需要的时间。经验表明,一个活动超过 t_p 时间的概率只有 0.10。

2. 综合时间估计

在随机的情况下,通常假定上述3种时间估计都服从 β 分布。在此假定下,每一活动工时的期望值(平均值)可用下式计算:

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

工时的方差可按下式计算:

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

3. 预估工期完成的概率

上面我们叙述的工时估计方法是一种概率方法,即我们假定每一活动的工期都是按 β 分布。按概率论原理,将服从 β 分布的若干活动串联起来构成关键线路,总工期却是按正态分布。正态分布的期望工期等于各活动工期期望值之和,总工期的方差(variance)等于各活动工时方差之和,即:

$$t_c = \sum_{i=1}^n t_{ei}$$

$$\sigma_c^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

式中

- n ——关键线路上活动的总数;
- t_c ——关键线路上的总工期期望值;
- σ_c ——关键线路上的总工期标准差;
- t_{ei} ——第 i 个活动的工期估计值(期望值);
- σ_i ——第 i 个活动的工期标准差。

对于正态分布来说,只要确定 t_c 和 σ_c 值,分布曲线的形状就确定了。因此,对一个项目,就可用概率的方法,估计以给定的工期完成任务的可能性有多大。

令 t 代表给定的工期,则下式给出正态分布中的分位 z :

$$z = \frac{t - t_c}{\sigma_c}$$

求出 z 值后就可计算给定工期 t 完成项目的概率。根据正态分布表,不同的分位数 z ,完工的概率如表8.2所列。

可以认为当 $z \geq 2.5$ 时完工概率已接近100%了。为了说明这个问题,我们不妨举一简单例子。设有一项目,它的关键线路由A,B,C,D四个活动组成,它们的 t_o, t_m, t_p 见表8.3,各活动的期望工期和方差的计算也列进表8.3。

表 8.2 完工概率与分位数的关系

z	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
完工概率 p	0.8413	0.9332	0.9772	0.9938	0.9987

表 8.3 活动的期望工期与方差的计算

活 动	A			B			C			D		
预估工期(天)	t_o	t_m	t_p	t_o	t_m	t_p	t_o	t_m	t_p	t_o	t_m	t_p
	6	10	14	10	15	20	6	12	18	14	20	26
工期期望值(天)	10			15			12			20		
方差	1.778			2.778			4			4		

根据上表,由 A,B,C,D 构成的关键线路的期望工期为:

$$t_c = 10 + 15 + 12 + 20 = 57(\text{天})$$

方差 $\sigma^2 = 1.778 + 2.778 + 4 + 4 = 12.556$

标准差 $\sigma = \sqrt{12.556} = 3.543(\text{天})$

根据正态分布的原理,在期望工期 57 天完成项目的概率仅为 0.50,因此通常不能以期望工期作为计划进度的依据。可以根据希望的概率,计算出完工工期。例如,如果我们希望有 93% 的把握完成项目,相应 93% 概率的分位数 $z = 1.5$,因此有 93% 把握的工期就是:

$$t = t_c + z\sigma = 57 + 3.543 \times 1.5 \approx 63(\text{天})$$

上面讲了按概率方法估算工期的方法。但并不是所有的活动的工期都要按概率方法估算。对于较大的项目,较大的工程的关键线路,由于不稳定性因素较多,为了对工期的预估做到心中有数,我们推荐应用上面所说的概率方法。

应用网络方法可以使管理者得到量化的有用信息,可以让管理者知道哪些活动具有延误整个项目工期的潜在危险,并给予特别的关注。对于那些有间隙的线路,其中活动的延误并不影响整个工期。这样可以有效地分配资源。网络图还有直观的优点,它比甘特图更能看出各活动之间相互依存的关系,所以网络图是项目管理的有效工具。

但是,数字只是在作为参考和提醒时才显得有意义。在任何时候都要注意它们是会有差错的。经验往往更为直观和实际。

8.6 网络计划的修改和优化

用网络图制订出来的计划只是一个初始的计划方案,还不是最合理和最经济的方案。通常须经过若干次调整、修改,以达到相对比较合理的计划。考虑的主要因素,一是看资源配置是否有冲突、利用是否合理,二是看成本有否可能降

低,或者说成本与工期之间的关系是否达到合理折中的程度。下面分别做简要讨论。

8.6.1 资源配置

所谓资源,包括人力和设备等。资源与工期之间有密切的关系。一般说来,多投入人力和设备,项目工期就会缩短。但合理配置也非常重要。例如,在不影响任务先后次序的情况下,将使用同一设备和同一工种的工人错开,就可以在不影响工期的情况下减少人力和设备。资源配置着重考虑下列三个问题。

(1) 资源的约束。在网络计划图中添加进每一活动所需的资源数量及其需要的时间跨度,就可得到按时间排出的资源需求表。从这张表上就可以看出,由于项目活动的先后依从关系产生的资源约束。如果是在非关键线路上的活动,由于它们具有时间间隙,因此可以从最早开始时间到最晚结束时间这个时间跨度来考虑资源,这样尽可能抽出资源支援关键线路(如果从技术上看是可能的话)。另外,有些活动并无先后依存关系,但由于资源不足而不得不把几个活动串起来依次进行。这样,由于资源的约束,把项目的工期延长了。例如,某出版社要出版一本小型手册,把从原稿输入到印刷、装订完成的全过程简化一下,如图 8.10 所示。从图可见,项目的第一阶段有三个活动同时进行,显然原稿的录入及插图的计算机绘制的工作量最大。如果人力资源较多,那么录入及绘图可以分章平行进行,时间就可以缩短,这就是资源对工期的约束。

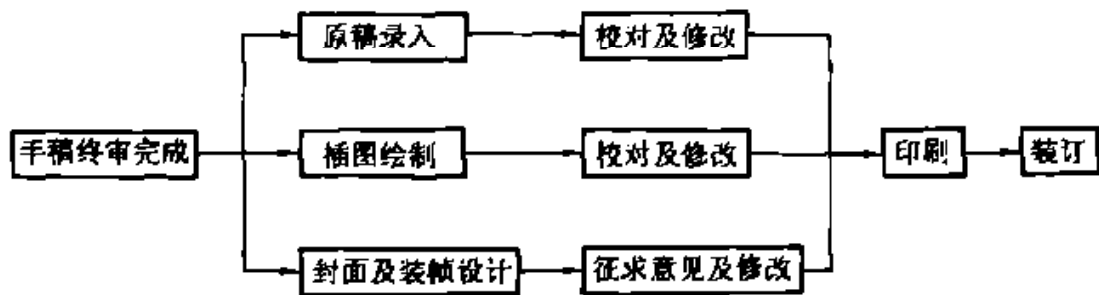


图 8.10 印刷品计划安排

(2) 资源的利用。根据网络图或流程图,把每一活动所需的资源考虑进去,再考虑每一活动的时间长度,就可画出以时间为横坐标的资源利用甘特图。例如,对图 8.10 所示的项目,各阶段的工作量见表 8.4。

表 8.4 项目各阶段工作量的计算

封面及装帧	原稿录入及修改	绘图及修改	印刷	装帧
20 人·天	120 人·天	50 人·天	5 天	4 天

如果录入和绘图都只有 1 个工作人员,那么项目总时间为 129 天。显然,在第一阶段三个活动的人力资源配置是不充分的。其中绘图工作最早开始时间是

第一天,最晚结束时间为第 120 天,存在 60 天的间隙。封面和装帧设计的时间间隙就更多了。

(3) 资源的平衡。从上面提到的出版一本小型手册的例子可以看到,资源利用是不平衡的。显然,在第一阶段中,绘图员和封面装帧设计人员的资源很浪费。对这样简单的例子,解决方法比较简单,将打字员增加 6 人,绘图员增加到 3 人,就能很好地解决资源平衡问题。如果一个出版社出版各种不同的手册、画册等,那么问题就变得很复杂。但平衡原理是相似的,如果用手工做,往往也只能用试凑法,不断地调整。调整的约束条件是工期和现有的资源数量。

8.6.2 时间-成本权衡

资源、时间、成本三者密切相关。要缩短工期,可以通过投入较多的资源予以实现,这样成本就相应地提高了。但从另一角度看,工期缩短了,资源就可以转入别的项目。缩短工期不光可以赢得信誉,对新产品开发这样的项目来说,缩短工期意味着占领市场,取得竞争的主动权。从间接成本看,缩短工期的好处就是减少成本。这里存在一个时间成本的权衡问题。图 8.11 说明时间-成本权衡的原理。图中横坐标表示项目的时间,纵坐标表示项目成本。通常将项目分为两类:一类是直接成本(直接费用),包括雇用工人的费用、加班费和增加工人的费用,以及购买和租赁附加设备和辅助设备等的费用。另一类是间接费用(间接成本),是维持项目正常运行所需的费用,包括:日常的管理费用、设施维护费用、资源的机会成本等。容易明白,间接费用是随着工期的增加而增加的,而直接成本则随着工期的增加而减少,因此从理论上说,这二者相加的总成本(综合成本)成凹形曲线,就像图 8.11 所示的那样。因此存在总成本的最低点,这就是时间-成本权衡原理。实际情况可能不像图 8.11 所示那样理想化,但最佳时间成本点是存在的。在处理实际问题时,必须考虑费用随时间可能发生的变化,在计算直接费用时,正常的时间费用和赶工(如加班费用)是不同的。对于具体问题,可以

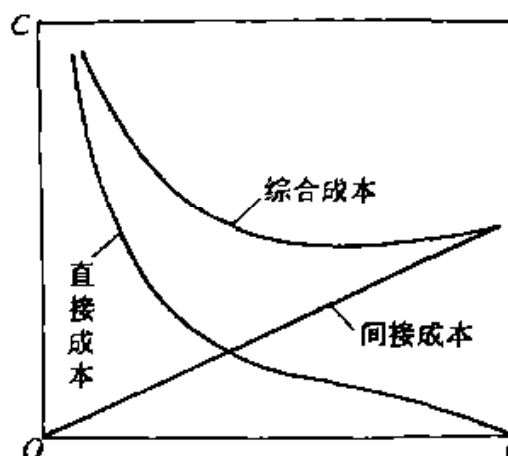


图 8.11 时间-成本曲线

做出像图 8.11 那样的曲线。

8.7 项目的控制

当项目计划初步制订出来并得到客户同意后,项目计划就可以开始执行。项目计划包括进度计划和成本计划两大部分。客户关心的是项目质量和工期,承包方关心的除了工期和质量之外,相当重要的是成本。工程或项目的质量应专门制订质量保证体系,实行全面质量管理,这与一般质量管理方法是相同的。

为了保证项目在预期的工期和预期的成本下高质量的完成,项目的过程控制相当重要。首先要对一个具体项目定出检查周期的长短。一般说来,项目的总工期越短,检查周期就应该越短。例如:如果项目总工期为 1 个月,检查周期应为天,即每天要检查一次;如果项目总工期为 5 年,那么检查周期可以是月。检查内容包括:收集项目的实际进度和成本,与该时期计划的进度和计划成本进行比较,如果出现不允许的偏差(包括进度和成本),就要研究纠正的措施,制订出新的项目进度和成本计划并作预测。当认为新调整的计划可以实行时则付诸实施,然后在后一检查期再次进行检查。如果检查结果显示实际进程与新的计划吻合,就不必研究新的纠正措施。

对于小型项目,无论在制订项目计划还是检查计划进行状况,一般都可以用手工完成。但对于稍为大一点的项目,用手工作业不仅效率低甚至是不可能的。因为手工编制调整的计划要比检查的周期还长,这就失去了编制新计划的意义。目前市场上已有不少项目管理软件供应。利用这些项目管理软件编制项目计划的速度非常之快,以至于小项目的计划,人们也喜欢利用计算机来做。当然原始数据的收集还是依靠项目管理人员去做,这是不可省的工作。

第9章 库存管理

在历史上,库存被认为是财富的象征;但按“准时生产”(JIT)的观点,库存是不增值的,应予以尽可能去除的,但如何减少库存乃至到“零库存”,是大有文章可做的。20世纪60年代在美国实行的MRP II计划管理方法,则把库存作为调节生产的主要手段。所以,现代生产管理总是把控制库存放在重要的地位。本章讲的是在MRP II下的库存管理。企业库存是指企业所有资源的储备,是具有经济价值的任何物件的滞留或储存,是企业在规定时间内有形资产。库存管理就是控制库存水平、决定订货量和订货时间,以便在给定服务水平下降低成本。本章主要讨论制造企业的生产库存管理,讨论库存的基本原理,包括库存的必要性和类型,ABC分类法,库存成本,经济订货模型。对需求不稳定的控制策略等。

9.1 独立需求和相关需求

自从1965年IBM公司的工程师Oricky提出,将需求分为独立需求(independent demand)和相关需求(dependent demand)后,库存管理进入了分类、分析和计算的有序管理阶段。独立需求是由市场预测而确定的需求,例如:汽车的年需求量为20万辆,这20万辆就是独立需求;相关需求则是独立需求确定之后,根据产品结构组成而计算得到的需求,例如:20万辆汽车需要的20万台发动机,80万只轮胎,则是相关需求。经过这样的分类,需求预测就可以导致科学的物料管理。在以后的物料需求计划(MRP)中要讲到,根据产品的结构组成和工艺要求,每种产品的所有零件都有物料表(BOM),一旦主生产计划中的独立需求数量确定之后,每一种零件的相关需求就可以根据BOM表计算得到。这样,当独立需求一旦发生变化时,在计算机软件的支持下,相关需求的变化就立即可以算出。这就为计划的经常性变更提供了可能条件。在市场瞬息变化的今天,计划调整的时间愈来愈短,如汽车生产计划调整时间已由每月到每周甚至每天。由此可见,独立需求概念的提出,使得物料需求计划更容易调整。本章的库存管理讲的是独立需求的库存管理。

9.2 库存的功能和类型

在很多情况下,有一定量的库存还是必要的。下面列举库存的5种类型,这5种类型也就说明库存的5种功能。

(1) 中转库存。这是指货物运输过程所必需的停顿。例如:需要改变运输工具、集散等。库存管理目标在于进行合理的规划,使得物料的中转量尽可能少,停留的时间尽可能短,但不能取消中转库存。

(2) 周期库存。这是考虑生产批量的需要,也就是考虑规模效益而引起的。考虑的原则是,由批量产生的效益高于库存费用。例如:某装配厂每天都需要一定数量的标准齿轮箱,但从运输的经济性考虑,可改为每周运输一次。

(3) 季节库存。有些产品的市场需求具有明显的季节性,但考虑到生产设备的利用率和人员的充分发挥作用,通常是在淡季多生产,留到旺季销售。如空调器、电风扇等产品。

(4) 安全库存。这是为了满足市场需求的突然增加,或在供应商供货不稳定时能不中断生产的需要。顾客增加的需求如果不能满足,将会失去企业的信誉,从而失去顾客。供应的短期不足,会导致生产中断,最终导致满足不了市场的需要。

(5) 缓冲库存。生产车间为了保证各工序连续生产,在工序与工序之间都设有缓冲库存。原材料库和半成品库也属于缓冲库存。研究表明,目前缓冲库存占用过多的资金和场地,有优化和减少的潜力。

尽管库存有上述的种种必要性,但库存占用了大量的资金和生产空间,是一种不增值的环节,应尽量地减少。此外,库存掩盖了管理存在的问题,例如:预测错误,领导决策失误,计划不周,设备没有定期维修,工人缺勤,等等。JIT 生产所采用的拉动生产方式就是以市场需求为出发点,层层按需、按时向上道工序领取物料,这样就可以取消生产中的缓冲库存。

9.3 库存成本

与库存相关的 3 种基本成本是:保存成本、订货成本和缺货成本。

(1) 保存成本,它包括保存物料所花资金的利息、保险、折旧,物料的耗损,与保存数量有关的仓库费用等。保存成本的另一种算法是:由于库存物料占用的资金可能用做其他投资的机会成本,但后者难以定量计算。保存成本是与库存量有关的直接成本,又称为可变成本。根据统计,年保存成本约占物料价格的 20%~40%。可见,保存成本是很高的。

(2) 订货成本,这是与订货交易活动直接有关的成本,包括运输成本、转运暂存成本、人员出差等订货管理成本。订货成本与订货次数有关。

(3) 缺货成本,这是由于备货不足、不能满足市场需要影响信誉的损失,不能保持生产连续性的损失,以及未能实现销售的机会成本。缺货成本是比较难以量化的。

9.4 库存管理的 ABC 分析和非成本分析法

一种比较复杂的产品,它的组成零部件有成千上万甚至几十万,所以一个企业的库存中的原材料、半成品、零部件的数量是惊人的。对大量的物料进行定期盘点、发出订单和接受来货,要花费大量的时间和金钱。我们在下面要介绍订货模型,但对这么多的物料,每一种都要制订订货模型也是不现实的。库存管理的目标是在降低成本的情况下提高服务水平。要实现这一目标就要分清主次,抓住重点物料予以管理。在这里用得上管理中经常使用的“关键的少数、次要的多数”的 Pareto 原理。对具有大量库存的物料进行统计,发现一种普遍规律,就是总可以找到几种品种只占 20% 左右,而它们的金额却占总金额的 80% 的物料,它们是大金额物料,是“关键的少数”,通常称为 A 类物料;第 2 类是占总数 30% 的物料,它的金额约占总金额的 15%,这称为 B 类物料;第 3 类是占总数为 50%

的物料,它的金额只占总金额的5%,这称为C类物料。B类和C类加起来就是“次要的多数”,是小金额物料。

ABC分析告诉管理者,要把自己的目标集中于“关键的少数”,即对A类物料实行严格管理,包括定期盘点,对历史数据进行统计分析,以便确定合理的订货量点和提前期。

ABC分析是从经济(成本)角度进行的分析,这是非常重要的。在库存管理中有一些非成本因素也是非常重要的,如提前期、有效性、废弃、可替代性等。Flores和Whybark研究了库存管理中的维修备件的非成本评价问题。考虑了诸如备件库存对停工的影响,能否很快地采购到,是否可以替代等有关因素。他们认为,有些因素甚至比成本因素更重要,就像“鞋匠的鞋钉”。因此,要从非成本因素中选择最重要的一两个因素与成本因素混合考虑,就是低成本非关键项与低成本关键因素的结合。他们举了一个制造耐用品的工厂的例子^[4],成本因素用A,B,C分类,非成本关键因素选为维修库存,并根据其重要程度依次用I,II,III分类,其中I类是指缺了该项物料,将会导致工厂停工,或没有可替代品,也不能很快找到供应商;II类物料则是指缺了它影响不大;III类则是处于中间情况。表9.1列入这个厂128种物料的分类。从表中可以看出,A类物料共有15种,但I类物料总共只有5种。进一步的分类(见表9.2)表明,在5种A类物料中只有两项是I类关键物料,而C类物料中却有两项I类关键物料。这个矩阵表对决策者是有用的。

表9.1 库存物料按ABC分类及按关键因素分类所占的比例 %

ABC分类	物料项数	项数比例	价值比例	关键因素	物料项数	项数比例
A	15	11	94	I	5	4
B	25	15	15	II	48	39
C	88	74	1	III	75	57
总和	128	100	100		128	100

表9.2 物料按ABC分类及按关键因素分类的关系

	I	II	III	总数
A	2	12	1	15
B	1	19	5	25
C	2	17	69	88
总数	5	48	75	128

9.5 经济订货模型

Harris于1915年根据订货成本和保存成本总和最小的原则,提出了著名的

经济订货模型,一直沿用至今。经济模型原理见图 9.1,图的横坐标是时间,纵坐标表示库存量的变化。经济模型有如下的几个基本假定,这样建模就比较容易。

- (1) 每次订货量 Q 不变;
- (2) 每次进货是瞬时的;
- (3) 单位时间的用货量 R 不变;
- (4) 根据以上两点,可以导出订货周期 T 不变;
- (5) 当库存降到零时立即补充进货;
- (6) 每次订货成本以及每年的单位货物保持不变。

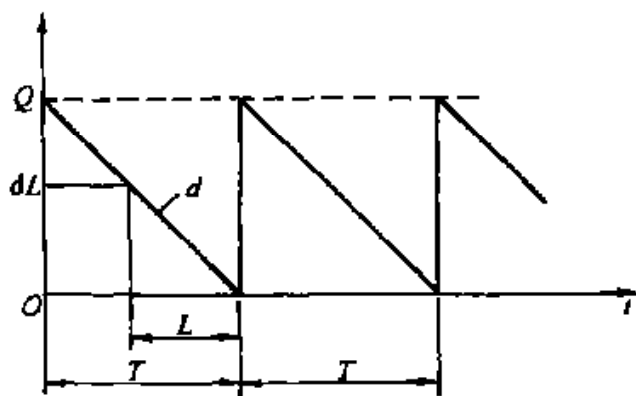


图 9.1 经济订货模型

假定每次订货的交易成本为 C_T , 单位货物的年保存成本为 C_1 , 全年的用货量为 D , 那么, 年库存总成本可表示为:

$$TRC = C_1 Q/2 + C_T D/Q \quad (9.1)$$

将上式对 Q 求导, 并令它等于零并整理之, 得经济批量如下:

$$Q^* = EOQ = \sqrt{\frac{2DC_T}{C_1}} \quad (9.2)$$

在经济批量下的总成本为:

$$TRC^* = \sqrt{2DC_1C_T} \quad (9.3)$$

公式(9.2)确定的批量 Q^* 就是经济批量。库存成本随批量的变化见图 9.2。

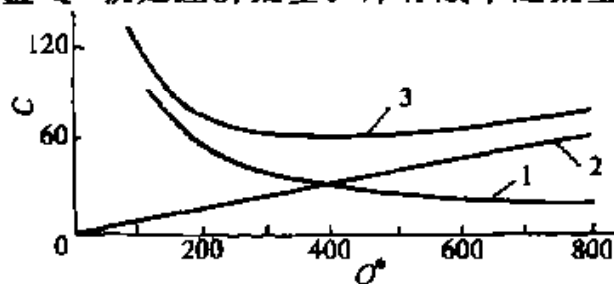


图 9.2 成本与订货量间的关系

1—订货成本 2—保存成本 3—综合成本

后来的研究表明,批量大小对订货的成本影响不大,例如,实际批量为经济批量的1.5倍时,订货总成本的增加为8%,实际批量为经济批量的两倍时,成本增加25%。所以,实际批量往往是参考 Q^* 并根据运输的经济性、加工的经济性决定的。

在经济订货模型中,一次进货量为 Q ,然后按斜率 R (即单位时间用货量)直线下降。当货物的存量降到零时,瞬时补充到 Q 。但考虑到从发出订单至达到仓库需要时间(包括交易、运输和装卸等时间),所以需要提前一段时间发出订单,这段时间称为提前期(lead time,用 L 表示),在提前期 L 内的库存量为 $R_L = dL$, R_L 称为重订货点(reorder point),用 ROP 表示,在经济订货模型时, $ROP = R_L$ 。

9.6 边使用边进货模型

对于消耗量大的物料,应用边进货边使用模型比较节省。这种模型见图9.3。在此图中应用如下符号:

- Q_p —— 一批进货总量;
- t —— 一批连续进货的时间;
- p —— 单位时间供货量,简称进货率;
- d —— 单位时间用货量,简称用货率。

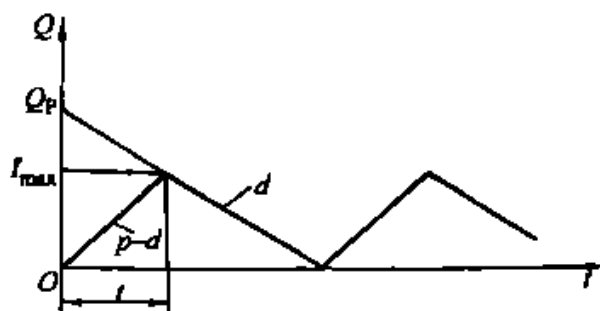


图 9.3 边进货边使用模型

虽然一批进货总量为 Q_p ,但是因为边进货边使用,故最高库存水平却比总进货量小。在图上最高库存水平用 I_{max} 表示。据图不难得到:

$$I_{max} = Q_p \left(1 - \frac{d}{p}\right) \quad (9.4)$$

用同样的方法可以得到边进货边使用模型的经济批量:

$$Q_p = \sqrt{\frac{2DC_T}{C_1 \left(1 - \frac{d}{p}\right)}} \quad (9.5)$$

例 9.1 某商店经常销售某种商品,年需求量为 $D=10\,000$ 单元,每次订货

成本 $C_1 = 1000$ 元, 保存成本每件每年为 $C_t = 50$ 元, $p = 80$, $d = 60$, 用经济批量模型和边进货边使用模型分别计算总成本。

解

(1) 用公式(9.2)计算, 得经济批量为:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 10\,000 \times 1\,000}{50}} = 632$$

$$TRC^* = \sqrt{2 \times 10\,000 \times 1\,000 \times 50} = 31\,623(\text{元})$$

(2) 用公式(9.5)计算得:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2 \times 10\,000 \times 1\,000}{50(1 - 60/80)}} = 1\,265$$

最大库存水平:

$$I_{\max} = 1\,265(1 - 6/8) = 316$$

总成本:

$$TRC_p^* = 316 \times 50/2 + 10\,000 \times 1\,000/1\,265 = 15\,605(\text{元})$$

可见, 边进货边使用模型的库存总成本只有经济模型的一半。

9.7 在随机需求下的库存模型

前述的两种订货模型都假定库存为零时就立即瞬时进货。在用货率 d 不变、提前期 L 也不变时, 当经过时间 L 之后, 库存正好降到 B 点。但如果用货率 d 增加到 d_1 (如图 9.4 中的虚线所示), 那么, 经过时间 L 之后, 库存就降到 C 点。如果把 B 点设为零库存点, 那么, C 点就是负库存了, 也就是说, 这时出现缺货, 缺货量为 BC 。为了保证用货率增加到 d_1 时仍不缺货, 就要增加储备量 BC , 这个储备量称为安全库存。安全库存通常用 SS 表示。

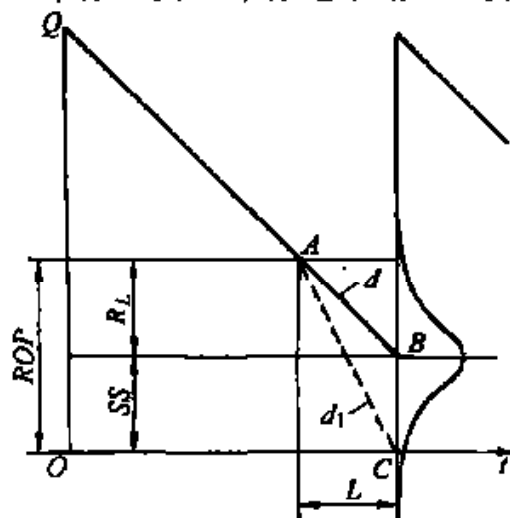


图 9.4 提前期和安全库存

用货率的变化实际上是反映了市场需求的变化,产品寿命周期的缩短、顾客需求的日益多样化,导致需求的不确定性,这个不确定性就是随机性。实际问题可能比上面所说的还要复杂,因为提前期 L 也可能是一个随机变量(供应商的变化、运输的变化等),也就是说实际上有两个随机变量(d 和 L)。这里为了把问题处理得简单一些,我们把 d 和 L 的乘积看成是随机变量。从库存控制策略来说,这属于对库存量进行连续监控的情况:当物料降到重订点时就发出订单,而不管时间是多少。

需求的随机性问题可以应用统计学的方法来解决。为了能用统计学方法处理,需要需求的历史记录。需求的历史记录是间断进行的,也就是说,以周或以天为记录的周期。在处理统计数据时,我们假定它服从正态分布。对于最一般的情形,不同预测周期的均值和标准差会有些差别。但去除趋势项和季节因素之后,均值和标准差可以认为是一样的。这样处理问题比较方便。对正态分布,只要知道两个变量:均值和标准差。我们设 R_L 表示在提前期内需求的均值, σ_L 表示它的标准差。现在我们再用图 9.4 来说明,应用统计学原理处理随机需求的库存问题。如前所述,在这种情况下设有安全库存,重订点 $ROP = R_L + SS$ 。在图的右侧画了正态曲线 $f(x)$,这条曲线反映了需求量的理论分布。从图可见,如果按平均需求 d 设定提前期库存量,那只能满足需求的 50%,这相当于分布曲线的均值线。当设有安全库存 SS 时,满足需求的概率也随之增加,缺货概率也就减少。在提前期 L 内,需求不大于重订点的概率用 CSL (cycle service level) 表示。根据统计学原理, CSL 由下式计算:

$$CSL = \int_{-\infty}^{R_L + SS} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_L} \exp\left[-\frac{(x - R_L)^2}{2\sigma_L^2}\right] dx$$

引入如下新的变量:

$$z = (x - R_L)/\sigma_L, \quad dx = \sigma_L dz$$

上式变为:

$$CSL = \int_{-\infty}^{z = SS/\sigma_L} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz \quad (9.6)$$

上式是用标准正态累积函数表示的不缺货概率。只要知道安全库存 SS , 从 $SS = z\sigma_L$ 可得到 z , 于是从标准正态表可查到累积函数, 即不缺货概率。反过来, 也可以给定不缺货概率再求 z , 从而得到安全库存。表 9.3 是从正态表上摘录下来常用的 z 与累积函数的关系。

表 9.3 分位数 z 与累积函数的关系

分位数 z	1.3	1.48	1.65	1.75	1.89	2.06
累积函数	0.90	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98

例 9.2 表 9.4 是某电脑商店过去 9 周家用电脑的销售量记录。现要求确定下一周期的安全库存,要求满足需求的概率为 95%,提前期为 2 周。在整理表 9.4 数据时,我们假定销售量服从正态分布,它的均值和均方差可用下面两式计算:

$$\bar{x}_0 = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (9.7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x}_0)^2}{n-1}} \quad (9.8)$$

表 9.4 某商店过去 9 周的电脑销售量记录

周	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合计
x_i	23	28	24	50	32	28	42	24	46	297
$x_i - \bar{x}_0$	-10	-5	-9	17	1	-5	9	-9	13	
$(x_i - \bar{x}_0)^2$	100	25	81	287	1	25	81	81	169	850

解 根据上面公式计算,周均值为:

$$\bar{x}_0 = 297/9 = 33$$

周标准差为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{850}{9-1}} = 10.03$$

因为提前期 $L=2$,故

$$R_L = 2 \times 33 = 66$$

$$\sigma_L = \sqrt{2}(10.03) = 14.18$$

根据表 9.3,当不缺货概率为 95%时, $z=1.65$,因此安全库存为:

$$SS = 1.65 \times 14.18 = 23.4$$

取安全库存为 24,重订点 $ROP=66+24=90$ 台。从表 9.4 的数据可以看出,过去 9 周最高的销售量是 50 台(第 4 周),其次为 42 台,这两周连在一起也只有 92 台。如果今后销售的波动保持在过去的水平,用 24 台作为安全库存量是足够的。

第 10 章 综合生产计划

从这一章开始,我们讨论与生产计划有关的问题。按通常的分类,生产计划分为长期规划、中期计划和短期计划 3 种。长期规划是决定一个企业长远的生产目标、新产品的类型和数量,以及企业的投资方向等。中期计划是具体安排生产和销售计划的,包括人员的雇用、设备的增添、库存计划、外购件计划、质量控制计划,以及设备维修计划等。短期计划主要是车间作业计划安排、设备调整、工人班次安排等。在现代生产管理中,例如,在美国实行的 MRP II 生产方式,把在企业战略规划以后的计划称为生产计划,这个生产计划大致上相当于中期和短期计划,它又分为综合生产计划、主生产计划、物料需求计划、能力计划和生产排序等几个计划阶段。整个生产计划的构成见图 10.1。下面几章将按该图分类依次择要讲解,首先是综合生产计划。它是根据企业长期战略目标而制订的生产规划,它的任务是把市场的需求与本企业的能力进行匹配,以确定今后一两年的最佳产品组合和产量。

10.1 综合生产计划概述

10.1.1 综合生产计划的目标和任务

综合生产计划 (aggregate production planning) 的主要任务是对大类的产品生产数量进行规划,而不是具体到产品的不同型号。综合生产计划的计划期一般是 3~18 个月,根据产品的生产周期的不同而定。

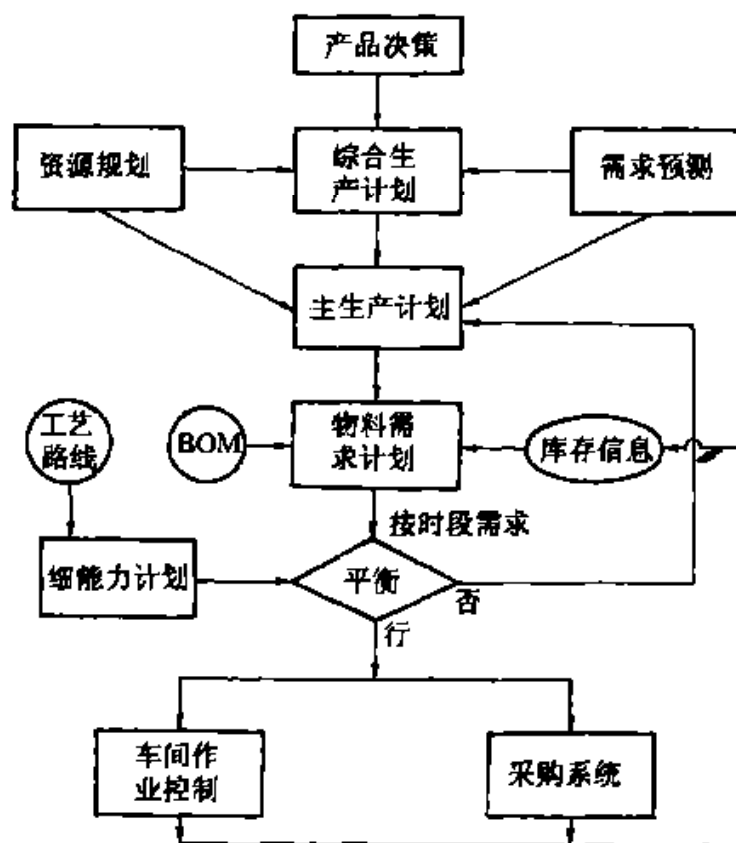


图 10.1 生产计划的构成

综合生产计划的目标是:给出综合计划期内的需求预测,确定计划期内各个阶段的生产水平(产量)、库存水平,以使得企业在整个计划期的总利润最大化。

要达到这个目标,首先要对市场需求做出预测,接着要对企业的能力(包括设备和劳动力)进行分析,以确定综合生产计划的正确策略。企业的能力总是有限的,充分发挥能力的作用是综合生产计划的主要任务。设备能力可以用一班、两班或三班制的方法解决,劳动力的安排却是关键的。是加大劳动力的规模,以便在旺季的产量也能满足市场需求呢,还是按平均需求安排劳动力,以库存来满足旺季的需求;是临时雇用工人、加班加点呢还是外包;是采取新聘工人、解雇工人还是稳定劳动力策略;是自制还是外购;库存的服务水平怎样,这些问题都是综合生产计划要回答的。

10.1.2 综合生产计划所需的信息

综合生产计划是在满足市场需求的情况下,充分利用企业的能力,使企业的利润达到最大化。因此,除了掌握市场需求信息外,还需要生产成本有关的信息:

- (1) 劳动力成本,包括固定工人、外包、加班的成本。
- (2) 每单位产品所需的劳动力、设备的小时数。
- (3) 库存保存成本(每件每年)。
- (4) 缺货或补偿的成本。

此外,还需要知道企业的生产限制。

- (1) 工时和超时限制。
- (2) 解雇限制。
- (3) 可用设备时数的限制。
- (4) 缺货和补偿的限制。

10.1.3 综合生产计划平衡战略

市场需求是变化不定的,企业的能力是有限的。如何在满足市场需求情况下,使企业利润最大化呢?根据企业自身条件和环境条件,可以有种种对应的战略。归纳起来有下列4种。

(1) 追踪战略,就是说,用改变企业的设备能力和劳动力数量的办法,使企业的产量与市场需求保持同步。这个战略是一种积极的战略。这种战略是否可行,决定于这种生产技术是否容易招聘到合格的工人,工人是否容易培训。这对高技术产业似乎是不合适的。另外,增加设备是很花钱的,解雇工人则会影响队伍的士气。

(2) 增加企业的生产柔性,这是一种好方法,例如,增加设备的可重组性,减少设备的调整时间,装备自动的工夹具,在不同的季节组合不同的产品等。变换设备的班数、实行操作工人的弹性上班时间,也是一种最容易实现的柔性。

(3) 改变库存水平战略。这意味着不采用解雇工人的方法进行调节,这对稳定工人队伍是有利的。但要权衡一下库存的成本,尤其是资金积压所损失的机会成本。

(4) 影响需求。影响需求就是在生产能力富裕的时候,通过广告、降价、季节差价等手段促销。也可以采取延期交货的办法,但这会降低服务水平。

10.2 综合生产成本的手工计算

下面用一实例说明综合生产成本计算的手工计算方法。

例 10.1 某纸品厂要生产糕点盒,表 10.1 是今后 6 个月的市场需求的预测;生产成本如下^[9]:

库存费用:5 元/月/件;固定工人工资:40 元/天;

加班工资:7 元/h;转包成本:10 元/件;增聘工人工资:10 元/件;

解雇成本:15 元/件;加工工时:1.6h/件。

按下列 3 种方案计算总成本:

- (1) 库存调节,6 个月保持稳定的劳动力水平;
- (2) 满足最低月(3 月份)生产水平,其他月份的不足部分用外包方法解决;
- (3) 采取加班与外包结合的方法。

表 10.1 未来 6 个月糕点盒的需求预测

件

月 份	期望需求	生产天数	日平均需求
1	900	22	41
2	700	18	39
3	800	21	38
4	1 200	21	57
5	1 500	22	68
6	1 100	20	55
总 和	6 200	124	

解 用手工计算上述 3 种方案的总成本,计算结果如下:

- (1) 库存调节,6 个月保持稳定的劳动力水平。

平均需求 = 预测总需求 / 生产总天数 = $6\,200 / 124 = 50$

这个方案是:按平均需求(每天生产 50 件)配备工人,头 3 个月多生产一些,多余部分放在仓库里,待以后需求旺时供应。因为每位工人 8 h 可做 5 件,所以固定工人为 10 人。库存总数可按表 10.2 计算得到。

表 10.2 糕点盒库存量的计算

件

月份	月天数	生产量	需求	每月库存改变	每月库存
1	22	1 100	900	+200	200
2	18	900	700	+200	400
3	21	1 050	800	+250	650
4	21	1 050	1 200	-150	500
5	22	1 100	1 500	-400	100
6	20	1 000	1 100	-100	0

库存总数:1 650 件

劳动力成本为： $10 \times 124 \times 40 = 49\,600$ (元)

6个月库存总成本为： $1\,850 \times 5 = 9\,250$ (元)

生产成本 = $58\,850$ (元)

(2) 按最低月份(3月)产量配置劳动力,不足月份用外包补充。

所需工人数为： $38/5 = 7.6$,取工人数为 8

工人工资为： $8 \times 124 \times 40 = 39\,680$ (元)

外包件数 = $6\,200 - 8 \times 124 \times 5 = 1\,240$ (件)

外包费用 = $1\,240 \times 10 = 12\,400$ (元)

总成本 = $39\,680 + 12\,400 = 52\,080$ (元)

(3) 用临时解雇和雇用新工人办法平衡生产。

这种方案成本计算见表 10.3。

表 10.3 临时雇用及解雇方案的成本计算

元

月份	每月需求 N	固定工人工资 $8 \times N$	增聘工资	解雇费用	总费用
1	900	7 200	—	—	7 200
2	700	5 600	—	3 000	8 600
3	800	6 400	1 000	—	7 400
4	1 200	9 600	4 000	—	13 600
5	1 500	12 000	3 000	—	15 000
6	1 100	8 800	—	6 000	14 800
总和		49 500	8 000	9 000	66 500

表 10.4 列入 3 种方案的比较。从表中可见,成本比较低的是第 2 种方案,即外包方案,这是稳定工人队伍的方案,但有失去顾客的潜在危险。

表 10.4 3 种方案成本的比较

元

成本项目	方案(1)	方案(2)	方案(3)
库存	9 250	0	0
固定工人工资	49 600	39 680	49 600
临时雇用工资			8 000
解雇费用	0	0	9 000
外包费用	0	12 400	0
总和	58 850	52 080	66 600

10.3 计算综合生产计划的线性规划法

10.3.1 混合生产的线性规划图解法实例

为了更好地利用资源,可以将两种或多种产品混合生产。这里举实例说明,

如何利用线性规划的图解法来解两种产品的混合生产问题。

例 10.2 某家用电气厂为了充分利用资源,多得利润,拟将电冰箱与空调器混合生产。在这两种产品中,机箱的冲压车间和装配车间是生产瓶颈。两种产品的工时约束及利润见表 10.5。问如何安排每周的产量能取得最大的利润?

表 10.5 电冰箱和空调器所花工时、工时约束及利润

部 门	x (电冰箱)	y (空调器)	每周工时约束
冲压车间	4	2	240
装配车间	2	3	180
利 润	700	500	

解 首先列出目标函数如下:

$$\max F = 700x + 500y$$

式中

x ——电冰箱产量变量;

y ——空调器产量变量。

其次列出车间的工时约束条件:

$$4x + 2y \leq 240$$

$$2x + 3y \leq 180$$

$$x \geq 0$$

$$y \geq 0$$

最后用图解法求 x, y 值。根据线性规划的图解理论,线性规划的解一定在由约束条件直线构成的多边形顶点上。为此作多边形,见图 10.2。图中 4 条直线由 4 个约束条件决定(令它们等于零而得到的)。这 4 条直线围成了一个四边形,通过代人验证可以知道,其中 $b(45, 30)$ 就是本优化问题的解,即

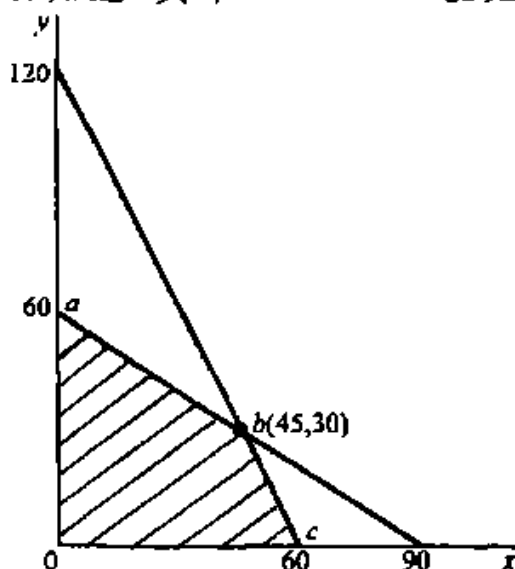


图 10.2 线性规划的图解

$x(\text{电冰箱})=45, y(\text{空调器})=30$ 。

10.3.2 线性规划的一般表达方法

线性规划的图解法只能解两个变量问题,如果我们要求解如例 10.2 的多种变量问题,就必须应用线性规划的一般算法。为此,我们给出下列决策变量的符号:

- W_t —— t 月劳动力数量;
- H_t —— t 月份开始时新雇用的工人数;
- L_t —— t 月份开始被解雇的工人数;
- P_t —— t 月份生产的产品数;
- I_t —— t 月末库存量;
- S_t —— t 月末缺货数;
- C_t —— t 月份外包的产品数;
- O_t —— t 月份超时数。

在应用上述决策变量建立线性规划的目标函数时,单位成本是常数。例如,按例 10.1 的数据,劳动力的每月工资(每月平均按 20 天算)为: $5 \times 8 \times 20 = 800$ 元,新雇工人的工资为: $6.25 \times 8 \times 20 = 1000$ 元。现将决策变量的成本予以计算,结果列入表 10.6。

表 10.6 各决策变量的成本

元

W_t	H_t	L_t	I_t	P_t	S_t	C_t	O_t
800	1000	1500	5	10	5	10	7

在上表中, P_t 的成本 10 是产品的材料费。根据以上的数据,我们可以建立线性规划的目标函数如下:

$$\begin{aligned} \min C_{\text{tot}} = & \sum_{i=1}^n 800W_i + \sum_{i=1}^n 1000H_i + \sum_{i=1}^n 1500L_i + \sum_{i=1}^n 5I_i + \sum_{i=1}^n 10P_i \\ & + \sum_{i=1}^n 5S_i + \sum_{i=1}^n 10C_i + \sum_{i=1}^n 7O_i \end{aligned} \quad (10.1)$$

约束条件是:

(1) 劳动力约束: 每个月在使用中的劳动力数 W_t 是根据下式平衡得到的:

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \quad (10.2)$$

(2) 能力约束: 这里只是计算劳动力的约束,不包括外包。按照上例的数据,每人每天能做 5 件,故平均每人每月能做 100 件,加班每小时可做 5 件,故有:

$$P_t \leq 100W_t + O_t/5 \quad (10.3)$$

(3) 库存平衡约束：每一生产周期末要进行库存平衡。 t 周期的净需求应等于当月的需求 D_t 加上上月的缺货 S_{t-1} ，而这些需求是由当月的生产量 P_t 、外包 C_t 及上月库存 I_{t-1} ，及本月缺货 S_t 所平衡的。于是，库存平衡方程如下：

$$I_{t-1} + P_t + C_t = D_t + S_{t-1} + I_t - S_t \quad (10.4)$$

(4) 超时约束：一般对工人的加班是有限制的，假定每一工人每月加班不得超过 10 h，于是约束变为：

$$O_t \leq 10W_t \quad (10.5)$$

(5) 变量非负约束：从物理上讲，所有的决策变量都应是非负的。

上面我们给出了综合生产计划的线性规划模型，包括目标函数和约束条件方程。这样，我们可以应用任何的运筹学软件求解。应用 Excel 软件是个方便的方法，详见文献[8]。

第 11 章 主生产计划

本章讲述主生产计划(master production scheduling, MPS),它是将综合生产计划具体化,其内容为:生产什么型号的产品?数量多少?何时交货?就是说要把综合生产计划变为今后一段时间内可以实行的进度计划。这就是主生产计划的任务。本章论述如何根据生产模式,计算确定产品的毛需求量,再根据库存信息和预期到达的计划接收量,确定净需求,然后再考虑产品的装配时间,确定提前期,从而可以决定订单下达的时间。这就是主生产计划表的编制过程,它的输出是具体产品的交货期及交货量。根据主生产计划,还可以进一步制订产品和零部件的制造和采购计划,这是下一章要讲的物料需求计划。所以,主生产计划是承上启下的计划。

11.1 主生产计划的功能

传统的生产计划一般都只有台份计划。例如：今年要生产多少台柴油机，但又不指明什么型号，也不规定具体的交货期。多数的国有企业过去就是如此。台份计划过粗、过早，未能按市场变化进行及时的调整。现代的生产计划系统，层层逐步具体化。具体化就是从主生产计划开始的。

主生产计划与相邻计划的关系可用图 11.1 表示。主生产计划的输入包括：综合生产计划、合同、市场预测，以及能力的限制。它的输出是产品的型号、数量和交货期。

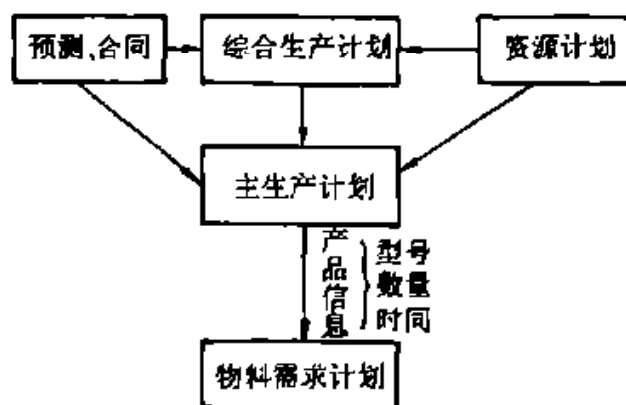


图 11.1 主生产计划与相邻计划间的关系

具体地说，主生产计划有如下几项功能：

(1) 根据综合生产计划制订的生产大纲，并与客户合同及市场预测协调，便可具体化到产品型号，并做粗能力平衡，以确定交货期和进度。

(2) 对本企业的能力与生产任务进行平衡，以确定能力的补充或生产任务的调整。

(3) 主生产计划的输出包括：产品的型号、数量和交货期，这些为物料需求计划的制订提供依据，可作为确定订单优先级和安排生产提前期的依据。

(4) 主生产计划提供的产品型号和交货期，为销售部门提供了准确的生产 and 库存信息，并为向客户承诺提供了保证。

(5) 主生产计划是企业与配套厂、企业内部各个部门联系的纽带，为他们间签订合同提供了基础。

(6) 根据市场和能力的变化，对原计划进行修改。

主生产计划最大的特点是计划的可行性，因为主生产计划是可执行的计划。要做到可行性，一方面，在主观上要采用客观可靠的数据，而不要把计划看成是主观的愿望，可执行才是可相信的，另一方面，在编制计划时一定要与粗能力计划平衡。

11.2 主生产计划的对象

前面讲过,主生产计划的输出是具体型号的产品,具体地说包括下列诸项:

(1) 终端产品。就是综合生产计划规定的、产品系统具体化后的型号产品,也称为终端项目(end item)。

(2) 独立需求的备品、配件。这是指在市场上出售的物件,不属于最终产品中的配件。

(3) 变形产品。也是终端产品,是(1)项中的产品的种种变形和组合,难以在最终产品表上一一列举的。

(4) 选装件、套件。这是指在模块产品系列中大量引用的选配件、通用件。估计一下这些配件在总需求中的比例,就可从总装计划(final assembly schedule, FAS)中得到。

11.3 主生产计划考虑的生产模式

主生产计划的安排要考虑企业采取什么样的生产模式。这里所说的生产模式是指:订货生产、备货生产和订货装配生产等3种。可以只有上述的一种模式,或几种混合生产。主生产计划的层次结构与这些模式有关。

(1) 备货生产。这类生产模式的产品大多数是大量需要的,生产厂根据市场预测确定产量,出产的产品暂时存在仓库里,以供应市场需要。

(2) 订货生产。比较大型或比较费重的产品,一般采用这类生产模式。一般由顾客与生产厂签订合同,工厂按合同规定的产品规格、数量和交货期生产。订货生产模式没有成品仓库,成品生产好后直接供应给用户。

(3) 订货装配生产。这是以上两种生产的混合,就是说产品的类型很多,但都是由一些相同的部件组装而成。产品虽然是按用户订货生产,但标准零部件则是根据预测购买或自行制造的,然后放在仓库里,供应车间。这种生产模式也没有成品库存,产品直接供应给客户。

主生产计划的毛需求量计算与这些生产模式有关。

11.4 主生产计划的时变性和相对稳定性

主生产计划虽然是要执行的计划,但为了适应市场的变化,必要时要对计划做修改。变化的原因有内部的和外部的两种。内部原因包括:设备的临时故障,质量事故,待料停工等;外部原因包括:市场需求的变化,顾客取消订单等。这些

变化导致主生产计划原定产量的增减,时间的提前或延后。但修改也要有个限度,修改计划不能导致生产混乱,要处理好时变性和稳定性的关系。为了做到这一点,通常的做法是将主生产计划分为几个时区。

时区的划分见图 11.2。在这个图中特别需要注意“时区”和“时界”两个概念。

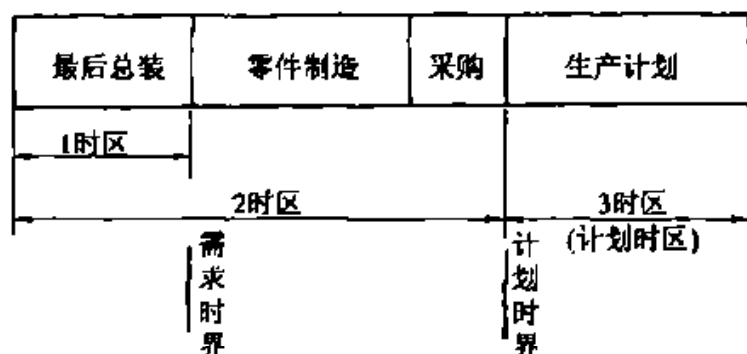


图 11.2 计划时区和时界的定义

11.4.1 时区(time zone)

时区又称时段,是一个时间段的概念。在 MRP II 计划中,将计划期分为 3 个时区:

(1) 1 时区,这是最后总装的那个时间段。

(2) 2 时区,又称累计提前期时区。它包括 1 时区,但向后延伸到原材料的采购、零部件的制造等,共三个阶段。

(3) 3 时区,又称生产计划时区。这是紧接在 2 时区的一个阶段。在这个时区,主要任务是确定最终产品的毛需求量,它根据合同和预测,由计算机求得,计算方法见后。

11.4.2 时界

时界是时区与时区间的界线,是没有时间长度的。在 MRP II 计划中,有两个重要的时界:

(1) 计划时界(planning time fence, PTF)。这是 2 时区与 3 时区的分界线。这个时界提示计划员注意:一旦超过这个界线,生产计划已经确定,采购正在进行,制造周期较长的零部件已经备料,资金已经投入,能力已经开始耗用。因此,计划一般不做变动。如果确实需要修改,必须由计划人员手工输入。

(2) 需求时界(demand time fence, DTF)。这是进入最终装配阶段界限,也就是进入 1 时区的开始时间线。这个界线提醒计划员注意:生产已进入最后总装,除特殊情况外,计划不能再作修改。

11.4.3 计划的计算机生成、手工调整和冻结

为了使主生产计划既能适应市场的变化又保持相对稳定,在 MRP II 的执行过程中,一般规定在不同的时区采取不同的处理。如前所述,通常把计划期分为 3 个时区,见图 11.2。它们的任务和对计划的修改权限如下。

(1) 3 时区,在这个时区,根据市场的变化,由营销人员或物流管理人员提出,可以对计划做任意修改,并可由计算机自动生成改变过的计划。

(2) 2 时区,当生产进入 2 时区但还没有进入 1 时区时,在必要的情况下,允许用另外一个最终产品代替计划中的产品,只要所需的零部件是可用的,而且不影响综合生产计划。但在这个时区计划的修改只能由主生产计划员手工输入。

(3) 1 时区,当生产进入 1 时区时,主生产计划已经不能再做变动,这称为冻结(freezing)。当然,绝对的事情是没有的,在万不得已的情况下,就是在冻结时区,在最高决策人员的决定下,对计划做变动的事偶尔也有,但这会打乱整个生产线的生产,这是很少有的事。

时区的长短根据生产周期而定,譬如说,以前汽车装配生产的时区是:1 时区大约为 8 周,2 时区为 16 周,但目前已在缩短。

11.5 主生产计划毛需求量的计算方法

毛需求量(gross requirements)是主生产计划的最基本,最原始的数据。它是决策人员根据企业收到的合同订单或市场预测所确定的每一计划单元的需求量。因此,毛需求量是生产信息。

毛需求量的确定与企业的生产模式有关,并根据合同量和预测量的合适组合确定,有下列 3 种方法:

(1) 对备货的生产模式:

$$\text{毛需求量} = \text{预测量}$$

(2) 对订货的生产模式:

$$\text{毛需求量} = \text{合同量}$$

(3) 对备货和订货的混合生产模式:

$$\text{毛需求量} = \max(\text{预测量}, \text{合同量})$$

另外,对不同的计划时段,毛需求量的确定方法也是不同的:

(1) 在进入需求界之前:

$$\text{毛需求量} = \text{预测量}$$

(2) 进入需求界,即处于 1 时区内:

$$\text{毛需求量} = \text{合同量}$$

11.6 主生产计划的编制

主生产计划的输出是净需求。净需求是根据毛需求量、现有库存、提前期,以及过去计划申请量等情况,计算出每一生产周期的净需求,所谓生产周期(计划单元)是指将计划期划分为最小时间段,以计算计划量。为了了解主生产计划表,须对几个术语解释如下:

(1) 计划接收量(scheduled receipts)。指已从外部供应商订购的、在规定时间内到货的物料数量,也就是正在执行由向外订单所确定到货日期的到货量。

(2) 计划产出量(scheduled produced)。指已被确认的由本企业生产的、按规定日期的到货量。也有的主生产计划将这一项归并到计划接收量中。

(3) 预计可用库存量(projected available balance)。指每一计划单元的产出、计划接收量与上一单元库存的平衡结果。

(4) 净需求(net requirements)。本单元的毛需求量扣除上单元末的可用库存和本周单元初计划接收量(如果有的话)就是本单元的净需求。当净需求量为负时就要有新的物料达到。不过考虑到生产和供货都是有批量的,因此,这时达到的物料数量要大于净需求、等于批量的整数倍。这就是计划订单量。

(5) 订单下达。订单下达就是把计划订单下达到制造部门或采购部门,不过考虑到生产或采购都有提前期,订单下达的数量与计划订单是一样的,但在时间上要比计划订单早一个提前期。

表 11.1 是主生产计划的一个例子。这是混合生产的企业,因此,每一计划单元的毛需求量,用该单元的中预测量和合同量的大者。

表 11.1 主生产计划示例

计划单元	1	2	3	4	5	6	7	8	9
预测量	23	28	40	50	32	28	42	36	46
合同量	25	20	22	28	23	25	30	25	32
毛需求量	25	28	40	50	32	28	42	38	46
计划接收量	100								
可用库存	15	90	62	22	40	12		22	
净需求	—	—	—	28			30		76
计划订单				100			100		100
订单下达		100			100		100		

11.7 主生产计划优先级的确定

通常一个工厂都有几十种、上百种产品。因此,在安排生产时就存在产品先

后次序问题,或称优先级问题。下面举一例说明如何决定生产的优先级^[4]。

表 11.2 是 A,B,C,D 4 种产品的统计数据,包括:每周开始的库存、预测量、生产批量和每批量所需的加工时间(本例是以周作为计划单元的)。

表 11.2 4 种产品的基本数据

产品	开始库存	每周需求预测	批量	每批量耗时(h)
A	20	5	50	20
B	50	40	250	80
C	-30	35	150	60
D	25	10	100	30

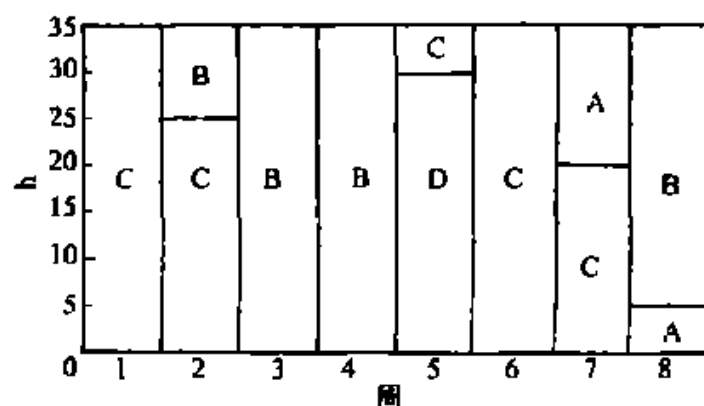


图 11.3 产品 A,B,C,D 在 1~8 周的先后安排

表 11.3 产品 A,B,C,D 的优先序列

产品	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
A	4	3			0		-2	4.5
B	1.25	0.25			3.5	1.5	0.5	
C	-0.86	0.64			-0.57		0.29	0.71
D	2.5	1.5			-1.5		6.5	5.5

判断哪种产品优先级有各种不同的标准,譬如:先来先做,急用先做,储备量少的先做,等等。现在按照开始库存数量与周需求比数来决定,比数越小说明储备量越少,库存量为负表示上一周的产品拖期。我们先看第 1 周的优先级:产品 A 的比数为 $20/5=4$,B 产品的比数为 $50/40=1.25$,等,现把计算结果填入表 11.3 的 P_1 列。从这一列的数字可以看出,产品 C 的优先级最高(-0.86)。图 11.3 表示 1~8 周的生产次序,假定每周平均按 35 h 计算。由于产品 C 的批量为 150,每批花 60 h,故产品 C 除了花第 1 周的 35 h 外,还要花第 2 周的 25 h。我们再看第 2 周的次序,产品 A 开始库存为 20,第 1 周需求为 5,到第 2 周只剩下 15,故它的比数为 $15/5=3$;现在计算产品 C 的第 2 周的比数,产品 C 在第 1 周

的生产数量为： $150 \times 35 / 60 = 87.5$ ，扣除拖欠的 30 及第 1 周的 35，剩下为 22.5，将它除以周需求 35，得比数为 0.64，以此类推，可得到表 11.3 的 P_2 列的比数。表 11.3 的其他比数可按类似方法计算得到。现在我们来看一下图 11.3，由于产品 B 的批量为 250、耗时为 80 h，因此，除了第 2 周的 10 h 外，第 3, 4 周的 70 h 全部安排 B，故第 3, 4 周就不必排序，第 6 周也是一样。

第 12 章 物料需求计划

自从 20 世纪 60 年代提出将需求分解为独立需求和相关需求之后,制造企业的成千上万种原材料、在制品、零部件和产品的管理走上了有序的计划阶段。主生产计划的产量是根据市场预测做出的,这是“独立需求”。当一种产品的产量确定之后,它的零部件可以根据产品结构,通过计算得到,这是“相关需求”。物料需求计划(material requirements planning, MRP)是根据主生产计划展开的相关需求计划。物料需求计划后来发展为制造资源计划(manufacturing resource planning, MRP II),这时 MRP 成为了 MRP II 的核心内容。本章将 MRP 作为 MRP II 的核心内容来讲解,它上接主生产计划,下接能力计划和车间生产排序。MRP 的任务首先是对产品进行结构分解,制订物料清单(BOM),然后,根据主生产计划的数量和时间要求,利用与主生产计划类似的方法计算主需求、净需求和订单下达计划。

12.1 从 MRP 到 MRP II 再到 ERP

从历史上看,美国早期的生产计划是订货点计划,就如我们在第 9 章所讲过的。一种物料要规定一个订货点。过去,由于独立需求和相关需求混在一起,不仅大量的数据处理靠人工计算非常困难,而且独立需求的变化引起了相关需求的订货点计划的混乱,导致了物料不是积压就是不能满足生产需求。这个问题在把需求分为独立需求和相关需求后得到了较好的解决。按照 Orlicky 原理,首先要制订按时段的独立需求计划(即主生产计划),然后根据产品的构成,以及构成零部件的制造和购买的提前期,分解出各种相关需求的时段计划。因为,对一种产品而言,相关需求与独立需求存在着固定的数量和时间段的关系,例如,一辆轿车需要 1 台发动机、5 只轮胎(1 只备品)等,它们的提前期也是相对固定的。因此,根据主生产计划的变动,很容易计算出相关需求的变化,尤其是在计算机普及之后,计划的修改计算就更容易了。

作为生产控制计划的手段,MRP 经历了 30 多年的发展,已从最初的 MRP,闭环 MRP 到制造资源计划(MRP II)再到 ERP 这样四个阶段,下面简要叙述之。

12.1.1 物料需求计划(MRP)

物料需求计划(MRP)的初始阶段首先在美国 IBM 公司开发和实行。MRP 输入的是主生产计划,就是说 MRP 的计算依据是主生产规定的按时段的需求量。MRP 的第 2 个输入是物料清单(bill of material, BOM),BOM 是根据产品的构成和生产工艺过程编制的,根据 BOM 和各种物料的提前期,就可以编制出按时段要求的物料需求计划。这里所说的物料是指与产品有关的全部物资,例如:原材料、半成品、外购零部件,甚至包括产品说明书、工具、能源等。根据主生产计划和 BOM 表计算得到的分时段的物料需求量称为毛需求量,毛需求量减去现有可用库存和已计划的到达量就是净需求量。考虑提前期的净需求量就是下达到车间或采购部门的计划。概括地说,MRP 回答下列问题:

- (1) 要生产什么(由主生产计划决定);
- (2) 要用到什么(由物料清单决定);
- (3) 已有什么(由可用库存决定);
- (4) 还缺什么(何时生产和订货)。

MRP 运作框图比较简单。

12.1.2 闭环 MRP

初始阶段的物料需求计划经过一段时间的实施后,发现了一些问题。主要

是 MRP 如何适应企业内、外环境变化的问题。市场多变不是今天才有的现象。企业不但要有高的生产率,高的产品输出率,而且一定要把产品卖出去。企业只有好的销售率,才有好的效益。所以根据市场需求的变化(包括订单的改变),调整主生产计划是必要的;另外,在初始 MRP 中并未考虑本企业的能力是否足够。这些问题的出现和解决,导致了闭环的 MRP。闭环 MRP 与初始阶段的 MRP 的区别是:首先,根据主生产计划与 BOM 和库存信息进行平衡后得到的物料需求计划,要与能力需求计划进行比较,看看是否可行,如果不可行,则须将有关信息反馈到 MRP,同时也反馈到主生产计划,对主生产计划做必要的修改;如果可行,则执行物料计划。其次,在计划执行过程中,要及时将信息反馈到主生产计划和物料计划,以便考虑是否要调整原有的计划。闭环 MRP 的运行框图见图 12.1。

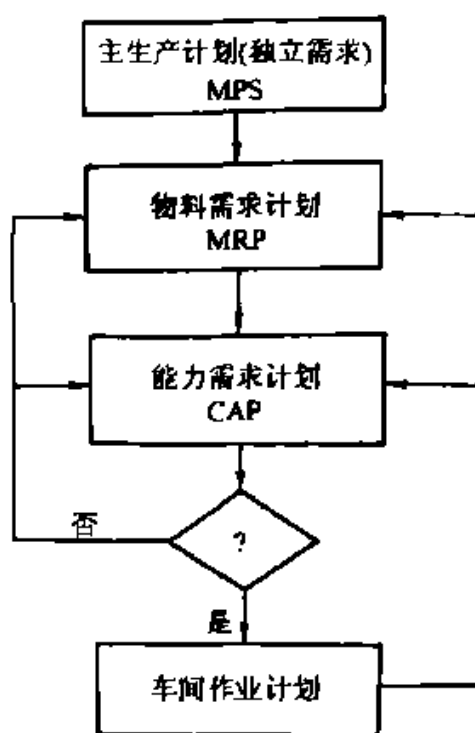


图 12.1 闭环 MRP 的运行框图

作为一种生产计划手段,闭环 MRP 是一个有效的控制系统,它体现了计划的可调整性(可随市场的变化而调整)、适应性(能将外部的需求与企业的能力相匹配)。但是,要推行 MRP,使它取得效益,必须做很多准备工作,包括对市场进行预测,编制复杂的物料清单,对库存进行有效的管理,等等。这些工作只有在高层领导重视下,有适用的计算机软件,并有训练有素的计划管理人员实施,才能奏效。在推行的初期,由于不具备这些条件,所以没有取得明显的经济效益。在 20 世纪 70 年代,美国生产及库存管理协会(American Production and Inventory Control Society, APICS)做了大量的宣传普及教育工作,还组织大批

专业人员去众多的企业组织推广 MRP,这样就出现了一批带头实施 MRP 的企业,并取得了很大的成功。

12.1.3 制造资源计划(MRP II)

一个企业的最终维持和发展取决于企业能否取得经济效益。光有产品输出是不够的,有高的生产率也还不够。只有把生产的产品销售出去,取得利润,才能使企业不断发展,实现企业的总目标。所以,一个完善的生产计划控制系统,除了生产信息外,还应该有产品销售的信息和财务信息。以前的计划,包括闭环 MRP,企业的各个部门没有统一起来,不同的部门有自己的成本数据和财务数据,当这些数据汇总到财务部门时,数据常常是相互矛盾的。产品的设计和其他技术部门,对自己设计的产品是否符合市场需要也不很清楚。把这些部门的信息联系起来,用货币这个统一的尺度来评价各部门的工作,并指导整个生产经营活动,使各个部门的工作都能围绕企业的整体目标,这应该是计划所追求的目标。这样要求闭环 MRP 有更进一步的发展。事实上,在闭环 MRP 的实行过程中,有许多企业已在闭环 MRP 中加入了财务模块,加进了成本、工资、管理费

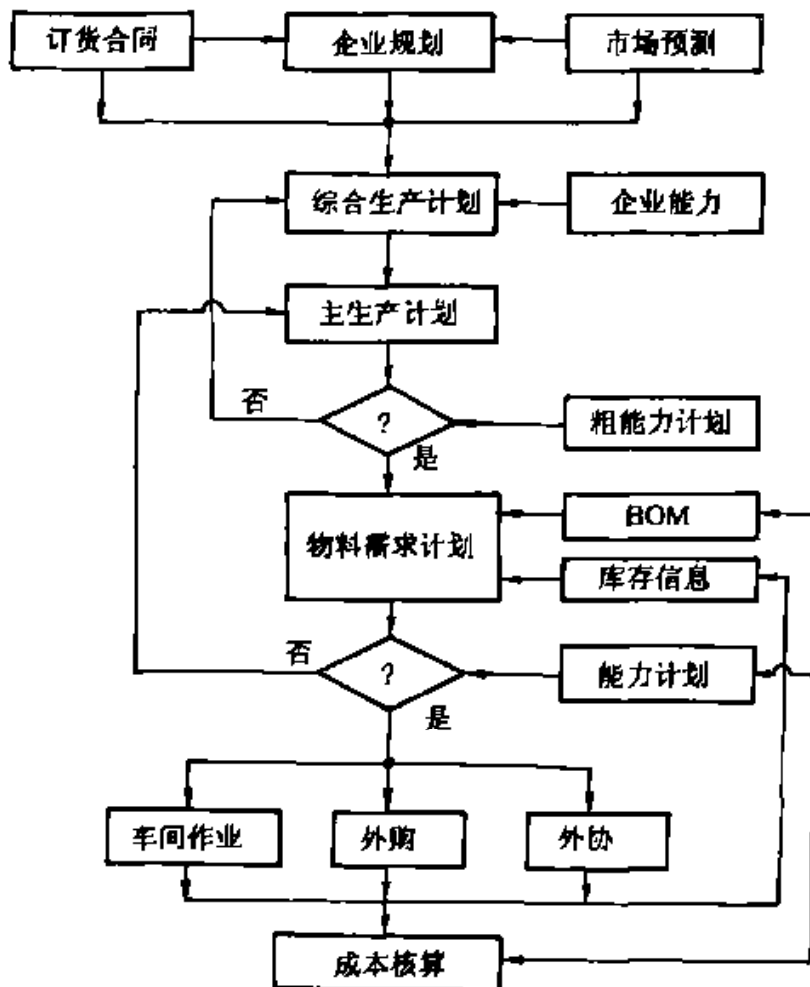


图 12.2 MRP II 运行的主要环节

用、支付账目等内容。1977年,美国著名管理专家 Wight 建议将已经发展了的 MRP 给予一个新的名称:制造资源计划,同时将英文缩写改为 MRP II。MRP II 主要运行过程见图 12.2(该图略去财务部分)。

MRP II 与闭环 MRP 的不同是增加了销售、成本和财务模块,而且与各个生产部门建立了联系。可以认为,MRP II 是制造企业各种资源和生产过程的集成。像 MRP II 这样的大集成系统,要计算和运行,非得依靠计算机软件不可。现在,国际上已有许多 MRP II 软件,如 SAP 公司的 R/2, R/3 等。因此,有时人们常常把 MRP II 看成一个计算机软件。

MRP II 在美国的众多企业中实行了 20 多年,已取得了明显的经济效益。据统计,在库存管理方面,可降低库存资金的占用,提高资金周转率和减少库存盘点的误差;在合理利用资源方面,可减少装配面积、减少加班时间和减少短缺件;在服务质量方面可大大提高交货准确率。总之,在降低成本和增加利润方面都有明显的效果。另外,在经营管理理念方面的作用甚至效果更好。

12.1.4 JIT 与 MRP II 的结合

20 世纪 70 年代末和 80 年代初,在石油危机的冲击下,日本发展了一种以杜绝一切浪费为目标的生产管理模式——准时生产方式(JIT)。这种生产方式有如下一些特点:

(1) 准时生产(JIT)——只在需要的时候才生产,就是说它是按顾客的订单安排生产的。这与 MRP II 按预测安排计划生产是不同的。

(2) 在计划控制上采用拉动制(pull system),就是说,它是根据客户的订单,从装配线末端需求,逐级向上拉动需求。这与 MRP II 的推动制(push system),即根据预测和订单制订计划,然后逐级下达计划是不同的。

(3) 在计划信息传递上采用一种实用的工具——看板(日语 kanban 的音译,信号的意思)。看板与运货车辆一起,在上下道工序间移动,当下道工序拿走多少待加工品时,上道工序就补充生产相同数量的待加工品。

从此可知,JIT 是一种节约、高效的生产方式。JIT 曾创造日本制造业的辉煌业绩,使得日本于 1980 年在汽车、家电等许多产业赶上和超过美国。JIT 生产方式引起普遍的重视,被认为是 20 世纪 80 年代到 90 年代最好的生产模式之一。美国的 MIT 教授们经过长时间的考察并总结这种生产模式后,把它定名为精益生产(lean production, LP)。

由于 JIT 生产模式是按订单安排生产的,当一条流水线要改变产品型号时,就需要调整生产设备,所以 JIT 适合于重复生产的情况。但是,由于 JIT 在生产管理上采取了几项重要的措施,包括从管理和技术上采取措施,使设备的调整时间尽量缩短;应用多种产品混合生产;加强车间管理,合理布置车间生产设备等,

JIT 在日本汽车及家电等的生产中,可以适应多品种、小批量生产。如果市场变化频繁,需求很不稳定,设备的累计调整时间就很长。MRP II 是一种以预测和订单相结合的方法确定产量的计划模式,它的特点是以库存控制手段进行调节,适合于多品种、小批量生产。当然,与 JIT 追求的零库存相比,库存费用相对较高。说明这两种生产模式各有自己的优点和缺点。如果能够把这两种生产模式结合起来,就有可能创造更好的生产模式。最近 10 多年来,许多人研究了将 MRP II 与 JIT 结合的问题。最主要的结果是:在计划阶段,包括预测、库存控制、生产计划、资源和能力计划、物料需求计划等,按 MRP II 来编制;而底层生产计划,包括车间作业计划、能力控制、采购与供应商管理等,应用 JIT 方法,运行模式如图 2.3。

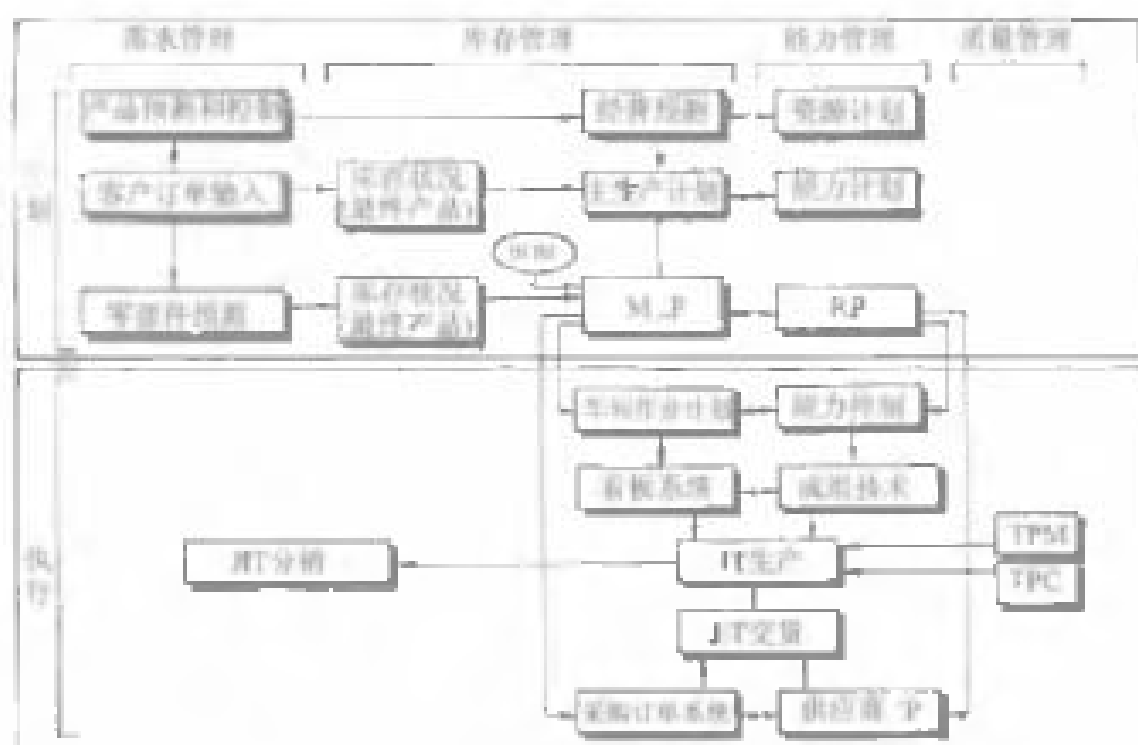


图 2.3 MRP II 与 JIT 结合的运行框图

12.1.5 企业资源计划(ERP)

从 20 世纪 90 年代以来,世界经济形势发生了巨大的变化。信息技术的迅速发展、互联网的普及和交通运输的发达,缩小了世界地域间和国与国之间的距离,这为全球制造业提供了物质基础。近 10 年来,跨国公司不断增加,企业间的合作和竞争不断出现。今天,任何一个企业要谋求在国际上发展,不寻求国际合作是不可思议的。为了获得数量而又相对价廉的外购件,企业要在全球寻找供应商;为了推销产品,必须到世界各地去开拓市场。适应这种形势,一种新的管理模式——供应链管理应运而生。至此,一个企业的计划信息系统不可能只是企业

内部的。另一方面,最近一二十年来,许多新的管理理念,新的管理模式不断出现,许多情况说明,计划管理模式需要不断更新和发展。在此背景下,美国 Gartner Group 公司于 20 世纪 90 年代初首先提出 ERP(enterprise resource planning)的新概念。与 MRP II 相比,ERP 增加了分销管理、人力资源管理、设备管理,以及决策支持系统等,它具有如下特点:

- (1) 面向全球的供应链管理:多语种、多币制、多税制,多国工厂管理;
- (2) 最新网络通信:图形界面、关系数据库、不同平台互连;
- (3) 企业业务流程重组(BPR):包括企业内部和外部重组;
- (4) 与其他先进管理制度结合:如 J1T,OPT,LP,AMT,SCM,Agile 等。

尽管 ERP 与 MRP II 相比有了很大的发展,但 ERP 的基本模块与 MRP II 相同,MRP 仍是它的核心部分。本章的以下篇幅将讨论作为 MRP II 的核心部分的 MRP。

12.2 MRP 的基本构成

作为 MRP II 核心部分的 MRP 运算逻辑框图可参见图 12.2。主生产计划提供的按时段终端产品的需求,是 MRP 的主要输入,也是 MRP 的基本依据。另外两个输入是产品的物料清单(BOM)和库存信息。根据这三个信息,通过 MRP 的运算,可以得到各种物料的按时段需求。然后将各种物料的需求汇总到各个工作中心,计算出各个工作中心按时段的总需求,这就是能力计划所要做的事情。各个工作中心的需求计算出来后,要与工作中心的实际能力进行比较,看看是否可行?这就是能力平衡。在平衡过程中可以做些调整,如果经过平衡,表示计划可行,就下达到车间和采购部门,如果不可行,就要返回到 MRP 或主生产计划,对原计划做一定的调整。

从上面所述可知,MRP 主要做三件事情:

- (1) 给出准确的库存信息;
- (2) 编制物料清单(BOM);
- (3) 计算出按时段要求的各种物料需求。

可以看出,物料需求计划(MRP)具有如下一些特点:

- (1) 处理的相关物料,是由主生产计划决定的独立需求所分解得到的;
- (2) 所有物料需求都有时段要求,要考虑制造提前期;
- (3) 由时段性决定了物料处理的优先级;
- (4) 由于市场或企业自身条件的变化,引起了计划的变化,因此,MRP 是需要滚动重排的;
- (5) 由于物料种类很多,计划的计算工作量非常大,而计划周期又比较短,

因此,MRP 的计算和重排,只有依靠计算机才有可能。

下面分别叙述这些问题。

12.3 库存信息

库存管理的有关问题已在第 9 章做过仔细的分析。为了能够得到准确的库存信息,这里从 MRP 的要求出发,再强调几点。

12.3.1 物料部和物料统管

在 MRP 中所定义的材料是指生产中用到的所有有形的物资,包括原材料、半成品、在制品、各种工具、各种设备,以及电力、煤气、水、车间和土地等。在过去的生产管理中,这些材料是分属于不同部门管理的,不能统一调度,对生产的有效执行非常不利。在 MRP II 的生产管理模式中,生产中用到的所有材料由物料部(Logistic Department)统一管理,物料部设材料经理,或称材料统管。所有有关的库存控制、材料搬运、厂内外运输、采购供应、厂内仓库,统一由材料统管领导和指挥。现代材料管理特别强调材料存储、移动、数量记录、状态变化等的信息管理。

12.3.2 材料编码

为了统一管理,所有的材料都要进行统一编码。材料编码的主要注意点是:编码的惟一性。就是说,一种材料只有惟一的一个码号,一个码号也只有惟一的一种材料。值得注意的是,一种零件在加工过程中的不同状态属于不同的材料。例如,同一零件油漆前和油漆后应属于两种材料。

编码最大可达 15 位。通常用 6 位也就够了,6 位编码是从 000 000 到 999 999,共 100 万种,在一般制造业是够用了。

12.3.3 项目主文件

为了记录每一种材料的信息以备查考,与每一个材料编码相对应的有项目主文件。项目主文件记录了每一种材料如下的信息:

(1) 设计管理信息,包括图号、名称、材料、重量、体积、设计日期、修改信息等;

(2) 存储管理信息,包括计量单位、ABC 码、存放地、分类码、现货量、安全库存、盘点时间、最大库存量等;

(3) 计划管理信息,包括独立需求还是相关需求、需求时界、计划时界、提前期、计划员码等;

- (4) 销售信息,包括价位、折扣、佣金、销售员码等;
- (5) 成本管理信息,包括采购费、单位成本等;
- (6) 质量管理信息,包括批号、待检期、复检期、最长保存天数等。

项目主文件是对一种物料的详细说明,由于物料是时变的,因而项目主文件也要时常滚动修改的。

12.4 物料清单(BOM)

12.4.1 物料清单的特点

物料清单具有如下一些特点:

- (1) 物料清单上的物料有一个惟一的物料编码;
- (2) 一种产品有多少物料不仅与产品结构有关,而且与零部件的工艺过程有关。所以,BOM 应由设计和工艺部门共同制订;
- (3) 物料清单既包含最底层的原材料,还包括工具、水、煤、气等物料;
- (4) 物料清单与产品无关性,就是说一种物料不专属于哪一产品;
- (5) 物料清单有时段要求的说明;
- (6) 由于市场的变化、企业内部情况的变化,导致了 BOM 的变更。

12.4.2 物料清单的作用

物料清单编制的工作量很大,但一旦编制之后,它的作用也是非常大的。主要作用有:

- (1) 是沟通各个业务部门的纽带。例如,库存部门可根据 BOM 规定的到货日期,向采购部门催货;销售部门可以根据 BOM 给出的可销售量,决定销售计划,等等;
- (2) 可以返查和追溯。下面可以看到,物料是从产品这个顶层向下逐级展开得到的,因此,每一物料都可以从它所从属的下层逐级向上查询,直至顶层的终端产品,即物料的使用点;
- (3) 可以作为产品成本编制的依据,并赋以成本信息,就可形成成本 BOM。

12.5 产品的分解

12.5.1 BOM 的结构树表示

物料清单是由各种产品分解归纳得到的。产品由各种部件构成,部件又由

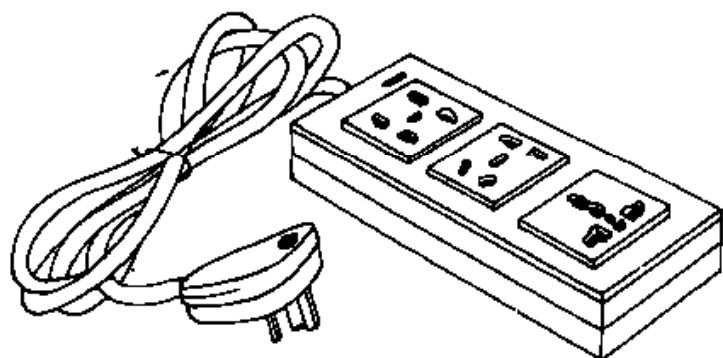
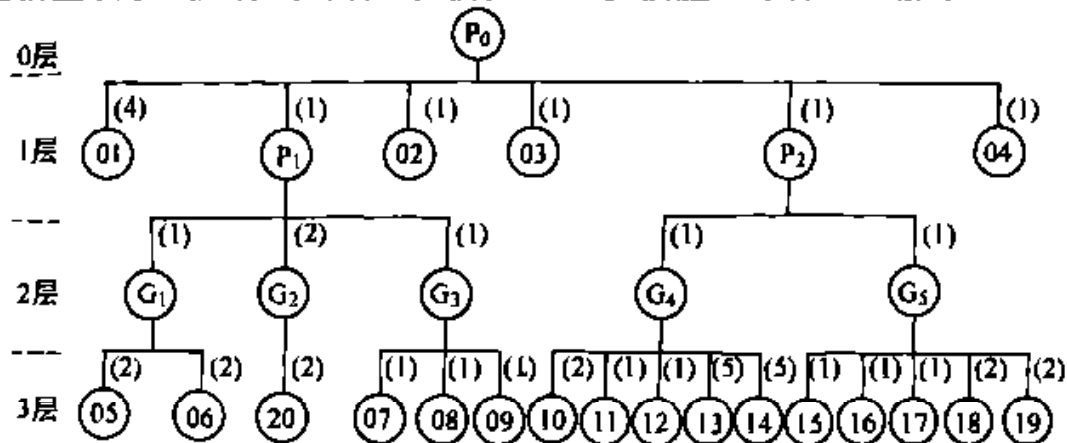


图 12.4 三联电源插座的外形图

组件构成,组件又由零件构成,等等。可以用图解的方法表示产品的构成,这就是产品结构树。图 12.4 是三联电源插座的结构外形图,图 12.5 是它的产品结构树图。这种树形结构层次分明地表示了产品的构成。这个产品的结构树分为 4 层:终端产品属于 0 层,产品代号用 P_0 表示;一次直接装配则相差一层,所以,1 层包括直接装成产品的部件 P_1 (插头)和 P_2 (插座),零件 01(螺钉)、02(三股电



符号说明

代号	P_0	P_1	P_2	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	01	02	03	04	05	06
名称	三联电源插座	插头	插座	插脚 a	插脚 b	保险丝座	两用插口	多用插口	螺钉	三股电源线	出线夹	小螺钉	铆钉	保险丝夹 a

代号	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
名称	保险丝夹 b	接线座	止动螺钉	螺钉	塑料盖 a	塑料座 a	插座片 a	焊片	插座片 b	塑料盖 b	塑料座 b	插座片 c	螺钉	止动螺钉

图 12.5 三联电源插头的结构树图

源线)……1 层是 0 层的子层,反过来说,0 层是 1 层的父层;2 层是直接装配到 1 层部件的组件或零件,例如,直接装配到部件 P_1 的组件有 G_1 、 G_2 、 G_3 3 个组件;同理,3 层是 2 层的子层,也是直接装配的关系。图中直线右侧括号内的数字表示上层父件对子件要求的数量,例如: P_1 需要 1 个 G_1 、2 个 G_2 、1 个 G_3 ,等等。利用结构树,很容易计算任何一个部件或零件的需求数量,例如,如果 P_0 需求量为 100,那么零件 20 的需求量可计算如下:

$$20 \text{ 号零件需求量} = 100 \times 2 \times 2 = 400$$

12.5.2 BOM 的列表表示

BOM 也可以用列表的方式表示。列表的形式有多种。表 12.1 表示三联电源插座的 BOM 表,分别是层次式排列、缩进式排列和单层式排列。读者容易看出这三者的优缺点。

表 12.1 三联电源插座的 BOM 表的 3 种排列

层次式排列	缩进式排列	单层式排列
P_0	P_0	P_0
$P_1(1)$	• $P_1(1)$	$P_1(1)$
$G_1(1)$	• • $G_1(1)$	$P_2(1)$
05(2)	• • • 05(2)	01(4)
05(2)	• • • 06(2)	02(1)
$G_2(2)$	• • $G_2(2)$	03(1)
20(2)	• • • 20(2)	04(1)
$G_3(1)$	• • $G_3(1)$	$P_1(1)$
07(1)	• • • 07(1)	$G_1(1)$
08(1)	• • • 08(1)	$G_2(2)$
09(1)	• • • 09(1)	$G_3(1)$
$P_2(1)$	• $P_2(1)$	05(2)
$G_4(1)$	• • $G_4(1)$	06(2)
10(2)	• • • 10(2)	20(2)
11(1)	• • • 11(1)	07(1)
12(1)	• • • 12(1)	08(1)
13(5)	• • • 13(5)	09(1)
14(5)	• • • 14(5)	$P_2(1)$
$G_5(1)$	• • $G_5(1)$	$G_4(1)$
15(1)	• • • 15(1)	$G_5(1)$
16(1)	• • • 16(1)	10(2)
17(1)	• • • 17(1)	11(1)
18(2)	• • • 18(2)	12(1)
19(2)	• • • 19(2)	13(5)
01(4)	• • • 01(4)	14(5)
02(1)	• • • 02(1)	15(1)
03(1)	• • • 03(1)	16(1) 18(2)
04(1)	• • • 04(1)	17(1) 19(2)

注:括号中的数字表示每单位父项对它的需求量。

12.6 BOM 的计算

所谓 BOM 的计算,就是计算出有时间段要求的每一种物料的需求数量。现在我们以一个简单的产品为例,说明 BOM 的计算过程。在图 12.5 中 P_0 代表这个产品,它属于 0 层,下面 1,2,3 层是它的零部件。这样的简单产品就有几十个零件。为了说明 BOM 的计算方法,我们只选择其中的插头部件,把它展开。假定在未来的第 6 周, P_0 的需求量为 100,插头 P_1 的提前期为 1 周,那么第 5 周就有 100 个插头的需求量。插头 P_1 由 1 个 G_1 、两个 G_2 和 1 个 G_3 等 3 个部件构成,等等,可以编出表 12.2 的时段需求表。为了使表更简明起见,我们只考虑第 5 周有 P_1 的需求;BOM 表的计算与主生产计划中的内容有些类似。下面就用 P_1 及 G_1 等部件为例子,说明 BOM 需求表的编制方法,见表 12.2。

表 12.2 三联电源插座部件 P_1 的 BOM 计算过程

项目 标号	现有 库存	批量	提前期	父项需 求量		1	2	3	4	5	6
P_1	20	50	1	1	毛需求					100	
					计划到达				50		
					可用库存				20		
					净需求						③0
					订单下达				50		
G_1	10	30	2	1	毛需求				50		
					计划到达			30			
					可用库存			10			
					净需求						①0
					计划下达		③0				
05	15	100	1	2	毛需求		⑥0				
					计划到达						
					可用库存	15					
					净需求						④5
					计划下达	100					
06	20	100	1	2	毛需求		⑥0				
					计划到达						
					可用库存	100					
					净需求						⑤0
					计划下达	0					

12.7 能力需求计划(CRP)

从主生产计划和物料需求计划产生的对物料的需求,已经是按时段、按数量

的需求计划。这个计划是否可行,需要与企业内部的能力进行比较。在现代化的加工车间中,为了计划管理及工时计算方便,通常把能力抽象为“工作中心”,而工作中心的能力大小量化为“工时”。为了做能力比较,要将每个产品的各个零部件所需的加工工序分配到工作中心。对一个工作中心而言,将每一时段所有需求工时叠加起来,就可得到某一时段的总工时;另一方面,某一工作中心在该时段能够提供的能力是已知的。这样就可以进行比较。这就是能力计划的平衡过程。下面再具体说明。

12.7.1 能力的一般概念

能力的一般定义是:一个企业在一定的时期内能生产一定产品的数量。这也称为产出率。在能力需求计划中,能力可指:一台设备、一个班组、作业面积,等等。

能力利用率一般定义为:单位能力的产出,即

$$u(\text{能力利用率}) = \frac{\text{平均产出}}{\text{能力}}$$

能力缓冲定义为:

$$B = 1 - u$$

对一个企业来说,能力利用率的大小能说明企业发挥设备潜力的程度,但不是越高越好。因为,留有一点余力可以应付市场的变化。例如发电厂,它的生产能力裕度应在 15%~20%(0.15~0.20);资本密集型企业,能力利用率应该比较高。近 40 年,美国平均能力利用率为 82%,最好的年份是 1966 年,为 91%,最低是 1982 年(就是被日本超过的年份),为 73%。

能力是一种动态的概念。同一台设备在熟练程度不同的工人手里,能加工的产品数量是不同的,因而能力是不同的。在做计划时,是以训练有素工人的平均能力为基准的。学习曲线表示一个工人经过学习,加工某一工序的产品所花的时间随学习时间的增加而减少的趋势。这无论是对制订工时定额还是制订企业的发展计划,都有十分重要的意义。

12.7.2 工作中心(work center, WC)

所谓能力平衡,实际上就是工作中心负荷的平衡,也就是工作中心的能力需求和能力供给的比较。能力需求是指各种物料在某个时段对某个工作中心所需的加工总工时;能力供给是指某工作中心所能提供的工时。能力是一种泛称,泛指企业在制造过程中所需的资源产出能力。为此,在 MRP II 中对能力做了两个抽象:

(1) 将人力、设备、作业面积等抽象为一种逻辑单元,即工作中心。

(2) 将工作中心的能力量化为工时。

工作中心具有很广泛的范畴,如一台功能独特的设备,一条生产线,一个机组技术单元,一个工人班组,一定的车间作业面积,一个设计组,一个运输队,等等。之所以这样来定义工作中心及其统一量化为工时,都是为了编制计划方便,所以,工作中心是计划范畴的概念。

另一方面,制造过程就是物料流过工作中心的过程。物料流过一个工作中心都要发生费用,产生成本。因此,工作中心又是一个成本核算范畴的概念。在MRPⅡ中,一般把工作中心作为成本核算的最小单位,因此,工作中心也就是成本核算中心。

工作中心能力按下式计算:

$$T = \eta \times \beta \times n \times h$$

式中

T ——工作中心能力(h);

η ——工作中心利用率(与设备完好率有关);

β ——工作效率(与操作人员熟练程度有关);

n ——每日工作班数;

h ——每班可用工作小时数。

工作中心可用工作能力按下式计算:

工作中心可用工作能力 = 工作中心能力 - 已下达计划对能力的占用

12.7.3 工艺路线(routing)

要计算工作中心所需的工时,必须知道哪些物料经过哪些工作中心。这得依靠零件加工的工艺路线。工艺路线通常用工艺流程图表示,它表明某个产品的组成零部件的加工及装配顺序,同时,包括:工作中心编号、设备名称、加工时间、工具、检验要求等。在传统的企业工作中,工艺路线是用工艺卡表示的。在MRPⅡ中,工艺路线由一个文件规定。这个文件包括:加工、装配的顺序,各工序的加工定额(准备、加工、检验、运移时间),应用的工作中心号,可替代的工作中心,设备和工具的编码;有的还包括成本。

12.7.4 工作中心能力需求的计算

工作中心能力需求的计算,就是计算出各个产品对不同工作中心每一时段所需的工时。下面举例说明,一般可以按以下步骤进行。

(1) 绘制产品结构树图。图12.6表示一种产品A的结构树,它由1,2,3等3层零部件构成,其中用方框表示的零部件是由本企业制造的,由圆圈表示的是外购件,不需要耗费本企业的能力。

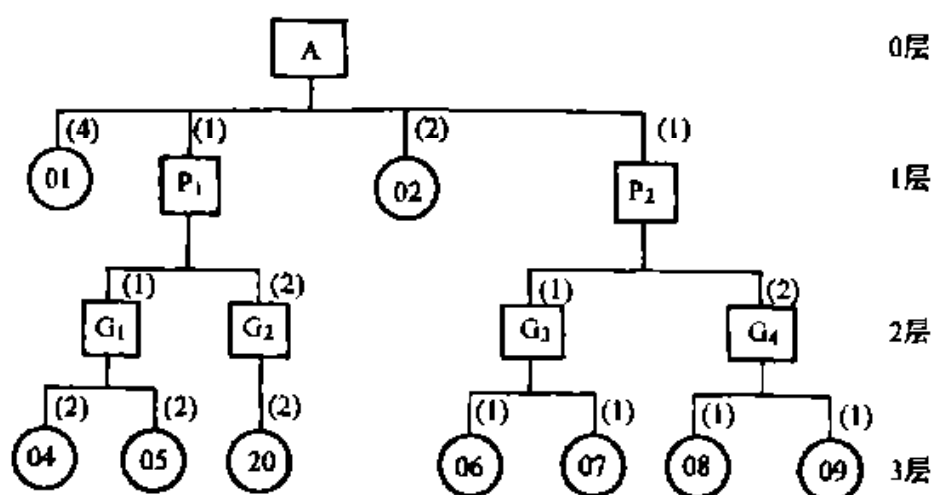


图 12.6 A 产品的结构树

(2) 根据加工和装配的顺序,我们绘制了图 12.7 所示的工艺路线图。从图可见,这个产品一共有 7 个工序,用到 10 号、15 号、1 号和 5 号等 4 个工作中心。

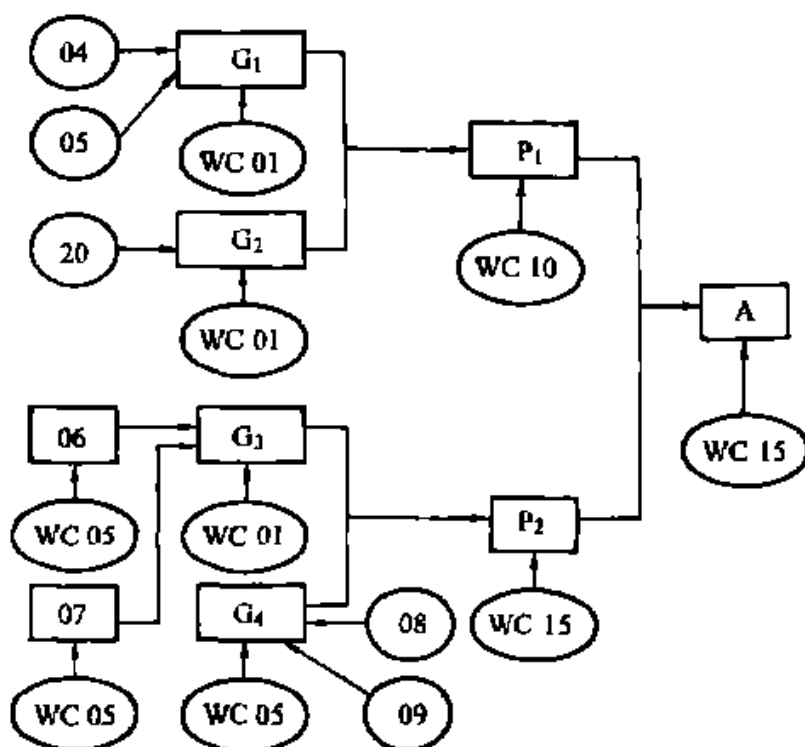


图 12.7 A 产品的工艺路线

(3) 根据主生产计划提供的信息,确定各种产品在各个时段的需求,在做粗能力计划时可以只考虑毛需求。表 12.3 是产品 A 的 1~6 周的需求量,这是主生产计划所提供的毛需求量。

表 12.3 A 产品的毛需求量

周	1	2	3	4	5	6
毛需求量	80	100	90	100	90	100

(4) 确定各个产品所用到的工作中心及单件总工时。表 12.4 表示 A 产品各工序所用到的工作中心号及单件工时。

表 12.4 A 产品所用到的工作中心号和单件总工时

项目	A	P ₁	P ₂	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	06	07
工作中心号	15	10	15	01	01	01	05	05	05
单件总工时(min)	0.210	0.150	0.150	0.080	0.080	0.145	0.182	0.120	0.120

(5) 汇总 A 产品对各个工作中心的需求工时。根据表 12.4 的单件工时,以及单件 A 产品对下级部件数量的要求,可以计算出单件产品 A 对各工作中心的总工时,见表 12.5。

表 12.5 A 产品对各工作中心单件工时需求

工作中心号	01	05	10	15
单件总工时(min)	0.385	0.422	0.300	0.210

(6) 按主生产计划的毛需求,汇总各工作中心的工时需求。因为主生产计划的毛需求是按时段的,因此,对工作中心的需求工时也是按时段的。

(7) 当所有产品对各工作中心的时段需求得到之后,就要对各个工作中心的现有能力进行平衡。通常是对各关键工作中心画出负荷(工时)图表,如图 12.8 所示。在 MRP II 中,能力计划是由人工调整的。方法无非是车间内部调整(如调整班次、分批作业、加班、减时等),调整主生产计划,增加设备或增加工人等。

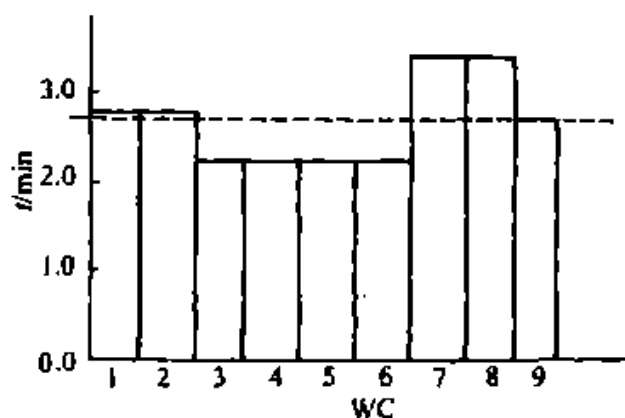


图 12.8 工作中心负荷平衡图

以上就是做粗能力计划时的步骤。可以看出,这时并没有考虑提前期、现有库存量、批量等因素,因此相对地比较简单。另外,粗能力计划一般只考虑关键工作中心的需求。在 MRP 阶段的能力需求计划(有时称为细能力计划),要考虑提前期、现有库存、批量等。在上述的基础上,也不难得到。

第 13 章 车间作业计划

物料需求计划的输出是各种零部件、半成品、原材料的按时段的需求量。这些需求分别去两个部门：采购部和车间。到车间的就是自行生产的物料。车间的生产计划是物料生产的基层实施计划。车间作业计划是对完成整个计划的一种保证，其有重要的意义：它要控制作业的进度，使计划实施不偏离 MRP 和 MPS；如果出现偏离，要及时采取措施予以纠正，不能纠正者要及时反馈到上一级计划。本章介绍车间作业控制的基本内容，制造装配型生产车间作业的一般程序。对许多制造车间，生产排序（决定加工的优先级）是个重要问题，本章将重点介绍作业排序的目标、类型和排序的优先规则，并以实例讲解单机排序方法。

13.1 车间作业控制的基本内容

车间作业控制是使用车间的各种数据及数据文件,来维护和传递有关车间加工单和各种中心信息的系统。

车间作业控制的目的是,控制生产作业在执行中不偏离 MPS/MRP 计划。出现偏离时,采取措施,纠正偏差;若无法纠正,则反馈到计划层,报告生产作业执行的结果。具体地说,就是要保持加工设备完好和较高的人员出勤率;控制加工件在工作中心按排定的工序加工;保持物流稳定;控制投入和产出的工作量;控制加工成本,结清订单,完成库存事务处理;确定批量;压缩排队、等待及传送时间;调配人力,如加班加点,等等。

车间作业控制的基本内容可以概括为如下几个方面:

(1) 发放加工单。加工单是由物料需求计划生成的,是经过能力平衡的,因此,它是可以实行的计划。但车间管理者下达给工作中心或操作者时,还应该对备料、设备、人员、提前期和工艺文件等进行查询和复查。

(2) 决定加工件在工作中心的加工优先级。其实,按提前期排定的时段需求就决定了优先级,但在提前能满足的情况下,还可以根据批量、运输、库存等因素决定优先级。

(3) 控制在制品库存与物流的畅通和稳定。

(4) 控制成本。

在订单下达到各种中心前,车间计划人员一般可按图 13.1 的流程进行工作。

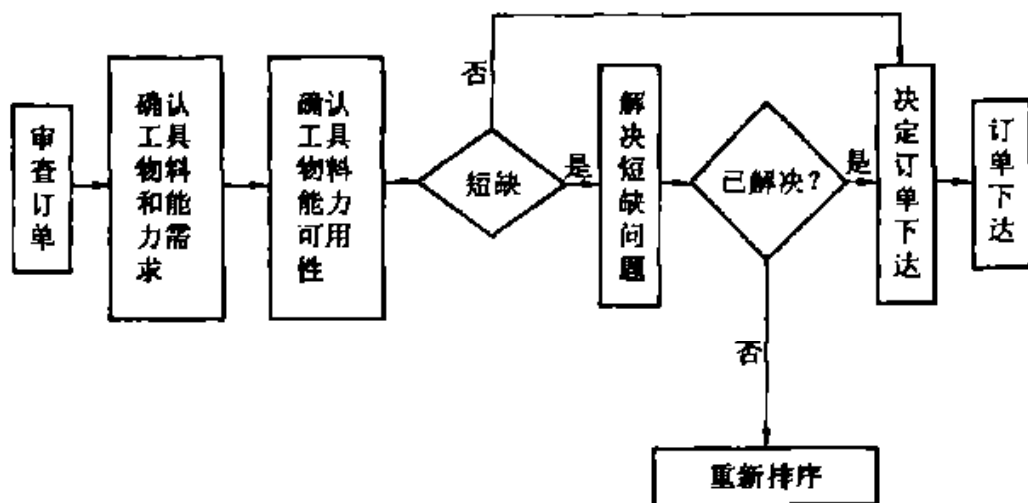


图 13.1 车间任务下达流程图

车间作业控制的主要文件有加工单(work order)和派工单(dispatch list)。

加工单是对每一个零件按零件工艺顺序编制的,每一工序包括:工序号、工序名称、工作中心号及名称、工时、开始日期和完成日期等。

派工单是对每一工作中心编制的,发到工作中心。表头写明工作中心号和名称,表中的内容包括:加工件的物料号、物料名称、加工单号、数量、开始和完成日、剩余时间及上下工序的工作中心号等。

车间作业控制一般要做如下 3 种报表:

(1) 加工单状态报表——按已下达、已发料、短缺、部分完成、完成未结算、完成已结算等分别报告;

(2) 工序状态报表——说明需求量、完成量、报废量、传送量,同时说明材料和工时消耗,以及发生的成本;

(3) 输入/输出控制报告。

输入/输出控制(input/output control, I/O)或称投入/产出控制,是控制能力计划执行的方法;它也可以用来计划和控制排队时间和提前期。投入/产出报表要用到的数据是:计划投入、实际投入、计划产出、实际产出、计划排队时间、实际排队时间,以及投入、产出时数的允差。这是一种需要逐日分析的控制方法。

当输入超过输出时,一定是在工作中心发生了积压,这反过来又使得上游作业的提前期估计值增加。另外,当工作中心的作业积压后,就会出现阻塞,作业效率就会降低,而且使流向下游工作中心的工作流变得时断时续。

控制过程将能够找出问题的原因,并相应地调整能力和输入。简单的基本方法是:或者是提高瓶颈部位的生产能力,或者是减少瓶颈部位的输入。

13.2 制造装配型生产的车间作业控制一般程序

以前,我们曾根据生产流程的特点,将生产类型分为流程型和制造装配型两种。

流程型生产包括:钢铁生产、石油化工生产、药品生产等。这类生产具有的特点是:生产流程与工艺方法密切相关、过程相当稳定且不变;生产设备专用化和自动化程度高、操作人员的熟练程度也高;多数采用在线质量检测、生产过程中各种参数采用自动检测和记录等。由此可知,此类生产的流程在工艺过程设计时就已经确定,因此生产作业控制工作比较简单。

制造装配型生产的特点是:产品由众多的零部件装配而成,而这些零部件有一部分是自行制造的,另一部分则是外购的,相当的一部分是标准零部件。因此对生产企业来说,制造可分为两大部分:零部件制造和整个产品的装配。在现代化的生产企业中,装配通常是在装配线上进行的。装配线生产与前面提到的流程型生产有些类似,就是说装配流程相对稳定,但又与流程型生产不同,在流水

线流动的过程中有各式各样的零部件不断流入。如前所述,这些众多的零部件的相当大的部分是自行制造的,它们各有自己的制造计划、提前期等。我们在第 12 章所介绍的 MRP II 正是针对这种生产类型的。本章的车间生产作业控制也主要针对这种生产类型的。其中流水线的生产流程也在工艺过程设计时确定了,包括流水线平衡计算等都是事先设计好的。车间作业控制主要是流水线所需零部件、原材料的及时供货、缓冲库存控制、人员调配、在线质量控制、设备调整 and 维修等。

比较困难的车间作业控制是制造车间的生产控制。通常,加工车间是按工艺专业化布置的,也就是说在一个车间或工段里布置着类似的加工设备,不同产品的同类零部件在同一车间或工段内制造,所加工的零件按工艺流程流过不同的车间或工段,就完成了加工任务。这就需要根据零部件的轻重缓急,安排加工顺序,这就是生产排程问题,我们在下一节将要讲解。

正如第 12 章所描述的,MRP 的出口分为两个部分:一部分是外购件的采购计划,另一部分就是车间作业计划。车间计划一般用“scheduling”一词描述,它只是根据 MRP 来安排生产,一般不能改变 MRP(当然可以反馈到 MRP)。因此,通常也把车间作业计划称为车间作业控制。车间作业计划做得好坏与 MRP 中的能力平衡有很大的关系。车间作业状态必须及时反馈到 MRP,以便及时了解能否完成下达的任务,能力是否足够,等等。

在 JIT 生产模式下,车间作业计划的方法则不同。在 JIT 模式下,是按照客户订单“拉动”生产的,就是说,装配车间的生产是根据当前的成品订单进行的,并通过“看板”一级一级地向上游传递需要的生产信息,每一级工序都是按下一级的需求按时定量生产的。因此,车间只有成品和原材料库存,而无中间缓冲库存。在 JIT 生产模式下,供应商管理变得十分重要,因为外购件也是没有库存的。

现在我们回到 MRP 下的车间作业控制。这里用一个例子说明车间作业控制的一般概念。图 13.2 表示产品 A 的结构树,它分为 0,1,2,3 共 4 层。根据第 12 章讲过的工艺过程(参见图 12.4),产品 A 的加工和装配过程是从第 4 层逐层往上,直至 A 的最后装配。在图 13.2 中的方框中的符号表示零部件的名称,方框外侧 L 表示该零部件的提前期。关于提前期的概念我们在第 12 章已经讲过,这里再说明一下。

所谓提前期是指一个工作中心从接到加工订单开始到完成加工任务并送到下一工序的总时间。提前期通常包括下列几个部分:

- (1) 加工时间(run time);
- (2) 设备调整时间(setup time);
- (3) 运输时间(move time);

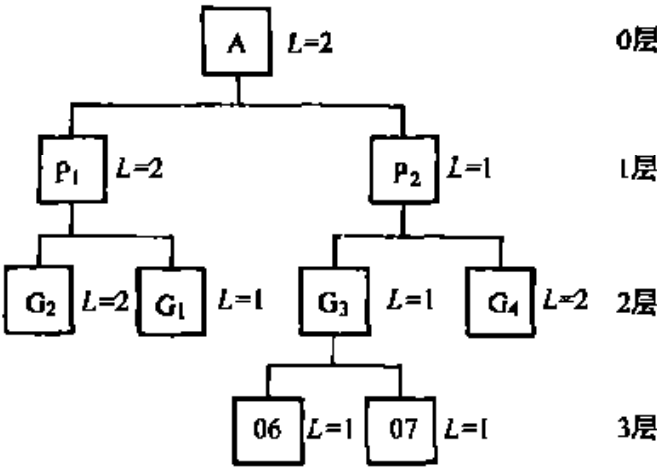


图 13.2 产品 A 的结构树及提前期

(4) 等待时间(queue time)。

表 13.1 表示图 13.2 中零件 G₁, G₂ 所需的提前期的构成。在这里为了说明简单,这两个零件只需一个工作中心就可完成加工任务。通常一个零件需若干个工作中心才能完成加工任务。从表可见,在整个提前期中,加工时间(有效时间)占的比例并不大,等待时间占的比例不少。这一方面说明,由于设备负荷的不均匀,造成排队,浪费了时间;另一方面,由于存在运输和等待时间这样的空隙,也给车间排序留有灵活的余地。此外,调整时间也是无效的时间,为了减少调整时间的影响,加工应有一定的批量。

表 13.1 G₁, G₂ 所需的 WC 01 的提前期及其构成 h

零件代号	工作中心	加工时间	调整时间	运输时间	等待时间	总时间
G ₁	01	1.5	0.3	1.2	2.0	5.0
G ₂	01	3.0	1.0	2.0	3.0	9.0

图 13.3 是根据图 13.2 所示的产品结构树和提前期,按照工艺流程倒排的

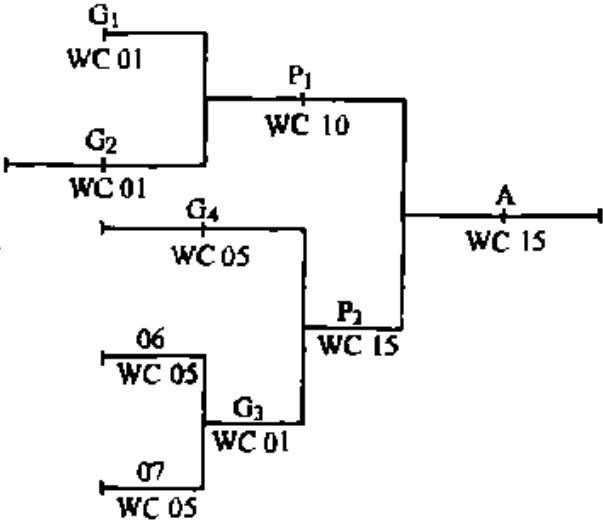


图 13.3 产品制造的时间进程

“时间进程图”。在这个图中,每一线段代表一个零件(代号画在线段的上方)和工作中心(画在线段的下方),线段的长度代表提前期的大小。这个图与甘特图有些类似,能清楚地看出每一工作中心在哪个时间段有加工任务,哪个零件必须在哪个时间界限前加工完成。将一个计划时段中所有需加工的零件都画出时间进程图,再将加工信息汇总到各个工作中心,就可以安排各个工作中心的加工任务,这就是“排序”。图 13.4 是在工作中心 WC01 上的任务安排。从图可见,由于加工和调整的时间只占整个提前期的不大部分,所以给排序带来灵活性,但也增加了半成品的积压。

周次	第 1 周					第 2 周				
星期	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
任务				G ₁						
	G ₂									G ₂

图 13.4 工作中心的排序示意

13.3 作业排序

13.3.1 作业排序的目标

作业排序(sequencing)是车间作业计划的重要部分,它的重要性是不言而喻的。好的排序可以用如下指标予以评价,这也是排序要达到的目标。

- (1) 缩短作业流程时间(尤其是排队时间);
- (2) 减少交货的延误时间;
- (3) 减少工序间的缓冲库存和总库存;
- (4) 提高设备的利用率;
- (5) 加速资金的周转。

13.3.2 生产排序的种类

有一批加工件到达车间,如何安排加工顺序,才能达到某种最佳效果?这就是生产排序问题。有各类排序问题,如:劳动力作业排序和设备排序。劳动力作业排序要解决的是工作人员如何安排工作;设备排序是确定一些工件安排到哪个设备加工、加工顺序如何。人员是跟设备的,因此这二者排序是结合在一起的。当然,在服务业中,人员安排却变成主要的了。从加工件流动的情况看,有静态和动态排序。在制造业中常用静态排序;而在服务业主要用动态排序,在那种情况下,要用到排队论。从车间设备看,生产排序有如下几种:

(1) 单机排序: 即有一批加工件到达一台机床, 如何决定该台机床加工程序以达到某种最佳效果。

(2) 双机排序: 即有一批加工件到达两台机床, 如何决定每台机的加工程序以达到某种最佳效果。

(3) 多机排序: 即有一批加工件到达多台机床, 如何决定每台机的加工程序以达到某种最佳效果。

本章主要介绍单机静态排序。

13.3.3 作业排序的优先规则

作业排序优先规则应以上述评价指标的优劣来选择。已经提出了多种优先规则, 常用的有如下几种。

(1) 先到优先(FCFS), 即按订单送到的先后顺序安排加工; 在服务业中, 先到先服务是最常用的规则。

(2) 作业时间短者优先(SPT), 下面例子表明, 这个规则无论在减少平均作业时间还是缩短交货时间方面都是最好的优先规则。

(3) 交货期短者优先(EDD), 即最早交货期者早加工。

(4) 剩余时间短者优先(STR), 剩余时间是指交货期减去加工时间所得的差值。

(5) 随机排序(RAN), 主管或操作工通常随意选择一种他们喜欢的进行加工。

(6) 后到优先(LCFS), 该规则经常作为缺省规则使用。因为后来的工单放在先来的上面, 操作人员通常是先加工上面的工单。

13.3.4 单机排序示例

下面举例说明单机排序方法。

现有 1, 2, 3, 4 四个工件, 到达某台机床进行加工, 在这台机床上的加工时间分别为: 6, 5, 8, 16min, 交货期分别为: 8, 16, 26, 21 天。现按 4 种不同方法计算平均流程时间和平均提前交货天数如下。

(1) 按加工时间短者优先排序(SPT):

按这种排序的工序先后及流程时间如表 13.2 所列。

表 13.2 按 SPT 的工序排序及流程时间

工序排序	加工时间(min)	规定交货日期(天)	流程时间(min)
2	5	16	5
1	6	8	11
3	8	26	19
4	16	21	35

根据上表,可计算出平均流程时间为:

$$T_0 = (5 + 11 + 19 + 35)/4 = 17.5$$

平均提前交货天数为:

$$T_L = [(16 - 5) + (8 - 11) + (26 - 19) + (21 - 35)]/4 = 0.25$$

(2) 按交货期短者优先排序(EDD);

按这种规则的工序先后及流程时间如表 13.3 所列。

表 13.3 按 EDD 的工序排序及流程时间

工序排序	加工时间(min)	规定交货日期(天)	流程时间(min)
1	6	8	6
2	5	16	11
4	16	21	27
3	8	26	35

根据上表,可计算出平均流程时间为:

$$T_0 = (6 + 11 + 27 + 35)/4 = 19.75$$

平均提前交货期为:

$$T_L = [(8 - 6) + (16 - 11) + (21 - 27) + (26 - 35)]/4 = -2.00$$

提前交货期为负值表明是延期交货。

(3) 按剩余时间短者优先排序(STR);

按这一原则排序的工序先后及流程时间见表 13.4。

表 13.4 按 STR 的工序排序及流程时间

工序排序	加工时间(min)	规定交货日期(天)	流程时间(min)
1	6	8	6
4	16	21	22
2	5	16	27
3	8	26	35

根据上表,可计算出平均流程时间为:

$$T_0 = (6 + 22 + 27 + 35)/4 = 22.5$$

平均提前交货期为:

$$T_L = [(8 - 6) + (21 - 22) + (16 - 27) + (26 - 35)]/4 = -4.75$$

(4) 按先到先加工的规则排序(FCFS);

上面给出的工序号 1,2,3,4 也是工件到达的先后顺序号。它的排序先后及流程时间见表 13.5。

根据下表,可计算出平均流程时间为:

$$T_0 = (6 + 11 + 19 + 35)/4 = 17.75$$

表 13.5 按 FCFS 的工序排序及流程时间

工序排序	加工时间(min)	规定交货日期(天)	流程时间(min)
1	6	8	6
2	5	16	11
3	8	26	19
4	15	21	35

平均提前交货期为:

$$T_L = [(8 - 6) + (16 - 11) + (26 - 19) + (21 - 35)]/4 = 0$$

以上用 4 种方法计算了平均流程时间和平均提前交货期,其结果比较列入表 13.6。从表可见,不论是从平均流程时间还是平均提前交货期,按加工时间最短优先排序都是最好的。这个结论具有普遍性。从表面上看,按交货期最短优先的规则排序能够得到短的交货期,即较高的提前交货天数,但是,由于按 EDD 法排序增加了流程时间,因此最终导致交货的延误。

表 13.6 4 种排序方法计算结果的比较

排序规则	加工流程总时间(min)	平均流程时间(min)	平均提前交货天数(天)
加工时间最短优先	70	17.5	0.25
交货期最短优先	79	19.75	-2.00
剩余时间最短优先	90	22.5	-4.75
先到先加工	71	17.75	0

第 14 章 当前工业工程的发展

如前所述,我们已将工业工程的原理、方法和应用做了简要而全面的叙述。我们主要讨论了制造业管理,尽管这些原理和方法在很多情况下对服务业也适用。我们在第 1 章讲过,工业工程(IE)的发展是与工商管理(BA)的发展同步的,在很多情况下很难把它们截然分开。例如,在 20 世纪的生产管理中发展起来的 MRP,MRP II,ERP,JIT 等理念和方法,是 IE 与 BA 专业人员共同研究和实践的产物,极大地丰富了工业工程和管理的内容。这些在前面的各章已做了详细的叙述。一般认为,工业工程更着重于企业内部的生产和技术管理,但是一个企业的生存和发展无不与市场及顾客紧紧地相连的。因此,营销和客户管理也是工业工程师必须关心的。但是我们没有对这两个专题进行讨论。另外,由于经济全球化进程的加速,管理中的一些新理念相继地出现,这些新理念对工业工程的发展是很重要的,因此我们拟在本章中做简要的介绍。

14.1 21 世纪制造业面临的新挑战

1980 年,日本在制造业的许多企业(如汽车、家电、造船、钢铁等)超过美国。这件事在美国产生了巨大的冲击波,引起了工业界、学术界和政府部门的高度重视,展开了大规模的调查和研究活动。一些著名的管理专家深入企业调查后发现,美国的许多企业在生产管理方面存在很多混乱现象。另一方面,日本企业创造的准时生产制却能做到:在需要的时候、按需要的数量给客户提供优质产品,并杜绝一切浪费。最著名的研究是美国 MIT 组织对日本和欧洲汽车业的调查研究。这次调查研究结果是总结出精益生产(LP)模式。

到了 20 世纪 90 年代初,经济全球化使得自然资源、资金、技术及劳动力等生产要素和产品,以及服务在全世界流动,市场的竞争从区域性走向全球化,制造资源从局部优化组织与利用,转向在全球范围内的优化组织与利用。精益生产模式,是以组织结构相对固定、相对集中地利用制造资源、以区域经济为主导、以面向产品为特征的,它已不太能适应新的需求。

在此背景下,美国组织国防部、工业界和学术界联合开展对未来制造技术的研究,完成了《21 世纪制造业发展战略报告》。在这个系列报告中,提出了“2020 年世界制造企业面临的六大挑战和 10 大关键技术”,现将其标题列后。

14.1.1 六大挑战

六大挑战如下:

- (1) 制造中的并行技术(concurrent technology of manufacturing);
- (2) 人力和技术资源的集成(integration of human and technical resources);
- (3) 信息到知识的转换(conversion of information to knowledge);
- (4) 环境相容性(environmental compatibility);
- (5) 可重组企业(reconfigurable enterprise);
- (6) 创新过程(innovative processes)。

14.1.2 10 项关键技术

10 项关键技术如下:

- (1) 可重组制造系统(reconfigurable manufacturing system);
- (2) 无废料加工(waste-free processing);
- (3) 新材料工艺(new material processes);
- (4) 制造中的生物技术(biotechnology for manufacturing);

- (5) 企业建模及仿真(enterprise modeling and simulation);
- (6) 信息技术(information technology);
- (7) 产品和过程设计方法学(product and process design methodology);
- (8) 增强的人机界面(enhanced machine-human interfaces);
- (9) 人员教育和培训(workforce education and training);
- (10) 智能合作系统的软件(software for intelligent collaboration system)。

这六大挑战和 10 项关键技术,指明了今后 20 年制造业的奋斗目标和实现这些目标所要解决的关键技术。可以看出,这六大挑战和 10 项关键技术中的每一项几乎都与工业工程专业有关。

14.2 敏捷制造

14.2.1 敏捷制造产生的背景

敏捷制造(agile manufacture, AM)这一制造模式,于 1988 年就由美国里海大学和美国通用汽车公司提出。这种生产模式正是适应全球性的、以灵活敏捷的组织结构、动态的控制机制、快速响应生产需求变化的新一代的制造系统。1991 年,美国政府将其作为新的生产模式而成为“21 世纪制造企业战略”的一部分。从此,敏捷制造就成为全世界制造业界的研究热点。1992 年,美国国会和工业界联合在里海大学建立美国敏捷制造企业协会(AMFF),该协会每年召开一次有关敏捷制造的国际讨论会。1993 年,美国国家科学基金会和国防部联合在 3 个州建立 3 个敏捷制造研究中心。1994 年,有近百家公司和大学的研究机构,就敏捷制造的 6 个领域的问题,进行理论与实际相结合的研究活动。

14.2.2 敏捷制造的基本特征

敏捷性(agility)是指一个企业对市场响应灵敏、快速的程度。敏捷性随着企业的适应性和创新能力的增加而增加。

敏捷制造是实现对顾客需求作出敏捷和快速响应的一种组织和活动,是通过企业的高素质员工、动态灵活的组织机构、先进适用的制造技术,以及企业内外的管理集成而实现的。有关敏捷制造许多内容还在研究界定之中。这里仅根据笔者的体会,把敏捷制造的主要特征简述如下。

(1) 敏捷制造是一种理念,其管理更应该具有仿人性,充满活力,能自主,具有自我适应和自我学习的能力。

(2) 虚拟企业或虚拟制造应是敏捷制造的主要组织形式。虚拟企业由一个核心企业(盟主)进行组织领导,在全球寻找合作伙伴,以充分利用各自的优势;

跨组织、跨边界、动态地组织团队,超时空地进行工作。核心企业的领导作用主要是:指导性的管理、支持和服务,而不是控制。当然也可以在一个企业内部实行虚拟制造,组织一个个任务团队。

(3) 凡能迅速响应市场的一切新系统模式都应该为敏捷制造所容纳。最近10年多来,制造业已经提出了多种系统模式(如14.5节所述),这些都可供敏捷制造所选择。

(4) 充分应用现有的各种先进管理方法,予以合理集成,以达到敏捷制造的目标。例如,可以应用精益生产理念,杜绝一切浪费,充分应用资源,按需求驱动生产,实行团队工作制;在虚拟企业范围实行全面质量管理,持续改进质量,等等。

(5) 敏捷制造所应用的技术很多,例如,应用并行工程技术,加速新产品的开发和研制,支持异地设计和制造;广泛应用系统建模和仿真工具及快速原型技术,不断改进系统及过程;采用优化技术,加强瓶颈资源的管理;将计算机集成制造(CIM)技术用来实现企业内部的各种技术、设备和人员的全面集成,提高生产自动化程度;实施计算机网络通信技术,实现电子数据交换标准化,等等。

14.3 虚拟企业

14.3.1 虚拟企业的特征

虚拟企业是适应经济全球化、顾客需求多样化的要求而产生的组织,因而它是最适合敏捷生产的组织形式。如前所述,虚拟企业是为了快速响应市场需求、充分利用网络信息资源、寻找资源互补的合作伙伴而临时组织起来的一种组织。因此,目前它还只是通常企业的一种补充。多数是指企业外的联合,完成既定的任务后,特定的那个虚拟企业就解散,因此虚拟企业也称为动态联盟。当然,也可以是企业内部为了完成某项任务而组织起来的一个虚拟生产系统(VPS),这只是为了完成单件生产而组织生产资源的一种生产模式。

虚拟企业目前看来还是一个临时性的组织,但是,生产的客户化需求是今后生产的发展趋势,因此,虚拟企业的这种“临时性”可能是永久的。虚拟企业目前还没有定型,看来也不可能定型。不过,我们仍然可以把虚拟企业的特征概括如下:

- (1) 目标导向,任何一个虚拟企业都有一个确定的目标和任务;
- (2) 团队工作,跨组织、跨边界,在不同的时空下工作;
- (3) 结构动态性,属支配型网络,随任务的改变而改变;
- (4) 核心企业,虚拟企业有一个核心企业,负责组织领导。但是,核心企业

的组织领导是指导性的管理支持和服务,而不是控制。

14.3.2 虚拟企业总管(CEO)的作用

虚拟企业要有总管(CEO),但与一般企业的总管不同。他的主要任务可以概括如下:

- (1) 确定总体目标,提出战略构想;
- (2) 确定所需的核心能力并对其实行管理;
- (3) 确定业务流程并制订任务交割;
- (4) 为虚拟团队提供所需的设施;
- (5) 维持核心企业内部和外部的平衡。

14.3.3 虚拟企业人员的特征

虚拟企业团队的成员具有下面一些特征:

- (1) 不受地域的限制;
- (2) 具有时间性;
- (3) 具有异构性,多重忠诚而不出卖任何伙伴;
- (4) 相对独立性;
- (5) 自组织性。

14.3.4 虚拟企业组建过程

虚拟企业的组建过程大致如下:

(1) 寻找机遇,确定目标。这个工作一般由核心企业进行。首先要捕捉市场需求信息,寻找对核心企业有利可图的任务,并初步进行可行性分析,特别是风险分析;然后考察完成任务的核心能力,以及核心企业在核心能力方面的不足,最后确定响应的方式及战略目标。

(2) 进行过程设计。这阶段主要确定主要过程的核心能力的数量以及时段要求,比较核心能力的差距,以作为选择合作伙伴的依据。

(3) 寻找合作伙伴,主要寻找核心能力不足的伙伴,并确定合作方式。一般寻找若干伙伴,进行评估。

(4) 根据选定的合作伙伴进行机构重组,确定任务分配、完成时间和验收要求,以及风险和利益分配。组织虚拟企业的工作团队,并决定团队成员参与工作的方式。

(5) 实施。

14.4 目前已提出的其他制造新模式

除了前面所述的敏捷制造和虚拟企业外,20世纪90年代以来,有些学者提出了一些新的制造模式。这些新模式是在制造业面临着如下的新形势下提出的:第一,市场需求已由大批量向小批量、多品种的转变,现有的相对固定的生产模式难以满足客户对于产品的多样性的需求。第二,经济全球化使得自然资源、资金、技术、劳动力等生产要素,以及产品和服务在全世界流动,市场的竞争从区域性走向全球化,制造资源从局部的组织优化转向全球范围内优化。组织结构相对固定、相对集中地利用制造资源、以区域经济为主导、以面向产品为特征的传统的组织形式已不能适应。第三,现代制造已不是传统意义上的单纯的制造行为,还必须考虑社会需求的制约并与社会协调发展。社会需求包括:对人类生存环境的需求,国家的发展计划、就业政策,人们意识观念与素质等的要求。20世纪90年代后期,日本的泡沫经济破灭、日元升值,使越来越多的年轻人不愿意从事制造业工作;过多的物流加剧了交通堵塞、引起能耗的增加,以及加剧了环境污染。所有这些社会问题的出现,对精益生产(LP)提出了挑战。为与市场需求变化、组织结构变化和环境需求变化相适应,新一代制造系统模式正在形成。新一代制造系统模式具有如下一些重要特征:客户化、制造过程的可变性、制造系统的自组织性、自治与协调的可控制性,以及可集成能进化。目前已提出的制造系统模式有:可重组制造系统(reconfigurable manufacturing systems, RMS)、多智能代理制造系统(multi-agent manufacturing systems, MAMS)、子整制造系统(holon manufacturing systems, HMS)以及虚拟生产系统(virtual production systems, VPS)。这些制造系统新模式包含了一些新理念和新方法,可以为敏捷制造所包容或所采纳。现简要介绍如下。

14.4.1 可重组制造系统

可重组制造系统是一种具有快速响应能力的制造系统,能够在现有系统的基础上通过系统构件的重构,改变系统的结构(configuration),从而调整系统的功能或生产能力,以适应产品品种的变化或市场需求量的变化。系统结构可在系统层上予以调整,如增加机器、改变机器之间的逻辑关系(串、并或混合连接,先后关系);或者在机器层进行调整,如改变机器硬件(增加主轴或改变刀具)或改变机器控制软件。RMS的特点是模块化、可集成性、可变换性,具有客户化柔性。RMS的另一重要特点是在整个生命周期内都保持高的“成本效益”,因为它只是在需要时才增加功能或生产能力,而不像柔性制造系统(FMS)那样,所有的功能与能力在构建系统时就一次性到位,尽管有些功能将来很少使用。

14.4.2 多智能代理制造系统

多智能代理制造系统(multi-agent manufacturing systems, MAMS)定义为:由解决问题的多个问题解决者构成的网络,它们能协调工作,以解决靠它们各自的能力不能解决的问题。这些问题解决者就是自治的智能代理(agent)。多智能代理制造系统是分布式网络制造系统,智能代理为控制与管理设备、制造单元、车间或工厂,它们都有独立控制与决策能力相关的知识,并具有相互之间协调一致的机制。通过“签约网络协议”(contract net protocol),即加工任务在制造网络上“招标”,各智能代理竞标并相互协调,最终确定订单,落实产品的生产任务。多智能代理制造系统的特点是:资源的动态自组织,分散的资源与知识利用,分布式决策。

子整制造系统(holonc manufacturing systems, HMS)是 MAMS 的发展。HMS 也是一种基于多智能代理系统的制造系统。HMS 由一系列子整体(holon)构成,子整体可以是机器、制造单元、工厂、零件、产品、操作者、工作团队及生产任务等。HMS 采用准异构(quasi-hetearchical),即若干处于同一层次的局部子整体,彼此之间可以直接交换信息、相互协调,并能够与中心子整体通信。中心子整体只是与局部子整体合作,一同为后者进行决策。局部子整体不仅能够自主地做出决策,而且可以向中心及同层的其他子整体请求咨询。中心子整体通过与局部子整体的双向合作,协调与影响整个系统的行为,实现全局的优化。

如同多智能代理制造系统那样,HMS 也具有自治与协调控制结构、分布决策机制、资源动态组合等特点。二者不同之处是,HMS 是在多智能代理制造系统的基础上增加了集中协调,有利于实现全局优化;子整体的层化结构,更便于构建结构复杂的系统;从应用的角度来看,多智能代理制造系统更适应区域分散、局部之间相对松散的制造系统结构(如虚拟企业、制造网络系统等),而 HMS 则更适应区域相对集中、局部之间联系相对紧密的系统结构(如工厂或车间级的制造系统)。

14.4.3 虚拟生产系统

前面讲过的虚拟企业实际上是一种虚拟生产系统(virtual production systems, VPS),是一种在面向用户制造环境尤其是单件生产(one-of-a-kind production, OKP)环境下组织制造的模式。VPS 是制造系统在管理逻辑上及虚拟空间上的可重构。物理意义上的制造系统(如一单件小批量加工车间)中的资源,可以组成若干逻辑上的动态生产系统(即 VPS),每一 VPS 根据某些特定用户产品的生产工艺,重新组织资源,随着所有生产任务的完成而解散。各

VPS 的控制器之间具有相互协调的功能,以解决对于资源需求的冲突,实现物理制造系统在某种准则下的全局优化控制。VPS 除了保证物理制造系统的柔性与响应能力外,还便于面向用户产品(而不是从整个系统)进行生产管理与控制,提高系统响应速度,且能实现全局优化;化整个车间的集中管理为多个 VPS 的并行管理,将大大提高系统的响应速度;在现存 VPS 的情况下,而向某些特定产品新建或刷新 VPS,可实现 RMS 生产管理系统的即插即用(plug and play),而且不同的 VPS 可采用不同的管理与控制算法,并实现异构管理系统的集成。

14.5 支持现代制造系统模式的若干关键技术

14.5.1 并行工程

在考察和研究日本汽车业生产经验时发现,日本轿车新品种的开发周期要比美国快 12 个月。这是日本汽车业能够超过美国的一个重要原因。1982 年,美国克莱斯勒汽车公司首先进行新产品的开发研究工作,接着,通用汽车公司实行了“土星规划”,福特公司也实行了“阿尔法规划”。这些实践证明,联合设计和工艺各个部门的力量,共同进行新产品开发,在新产品开发的同时就做生产准备工作,不仅可以加速新产品的开发周期,而且对设计的可制造性及改进工艺,缩短整个生产周期都有极大的好处。当时,就把这种方法称为“同时工程”(simultaneous engineering, SE)。

1982 年,美国防部开始研究在设计工程中提高各项活动并行性的方法;1986 年美国防务分析研究所首次提出“并行工程”(concurrent engineering, CE)的概念,并定义为:“并行工程是集成地、并行地设计产品及其相关过程的系统方法,这种方法要求产品开发人员一开始就考虑,产品整个生命周期中的从概念形成到产品报废全过程的所有因素,包括:质量、成本、作业调度和顾客需求。”其基本要素是:产品性能设计,产品工艺性能设计,产品可检测性能设计,产品可维修性能设计,产品依从性性能设计等。

从上面叙述可以看出,同时工程和并行工程虽然由不同研究部门提出,但就其内容、要解决的问题和追求的目标看,是类似的,在近期的文献中一般就称为并行工程。在美国科学院提出的 2020 年制造业的六大挑战中,把“并行技术”(concurrent technology, CT)列为首项,可见其重要的程度。

并行工程的主要内容可以概括如下。

(1) 以工艺带动设计,从设计阶段就考虑工艺方法,推动产品的设计改进,做到可制造设计。

(2) 改变传统的以时间顺序的作业方法为同时的并行的工作方法。

(3) 与新产品开发有关的其他人员早期介入,并参与每一环节的工作。

(4) 尽可能提前获得有关信息,以提高新产品的质量、降低成本和提高效益。

并行工程方法经过近 20 年的研究和实践,已经取得若干进展,例如:面向制造的设计(DFM)和面向装配的设计(DFA),质量功能展开(QFD,见第 7 章)。

14.5.2 业务过程再造和流程设计与再造

业务过程再造(business process reengineering, BPR),也可译成“商务流程再造”,是美国海默(M Hammer)于 1990 年在《哈佛商业评论》上发表的一篇文章中提出的理念。他认为,在竞争激烈化的时代,企业要立于不败之地,就必须重新审视自己的管理理念和经营(商务)流程,对现有流程进行改造或重新设计,从而使成本、质量、服务和响应速度等都获得巨大的改善。这是一种借助于彻底再思考、再设计、再试验的过程,重组商务流程,以达到令人瞩目的可测试业绩。再造的内容包括:企业文化、组织结构、协调分式等。对于一个具体过程的再造一般经历如下一些步骤:

(1) 目标的陈述,包括变革的必要性和要达到的目标。

(2) 识别过程,就是确定哪个过程问题最严重,从而确定要再造的对象,再造的内容、权限及成本等。

(3) 分析现有过程,分清哪些是增值活动、非增值活动和无效活动。

(4) 过程的重新设计。

(5) 实施新的过程。

(6) 对新过程的评价和改进。

从 1993 年以来,BPR 受到美国许多大企业领导的高度重视,纷纷进行实践。许多企业获得了成功,但也有失败的,对此褒贬不一。

最近几年,根据实践的经验又提出,BPR 不是要“做胖”、“做大”,而是要“做瘦”,这就是流程设计与再造(process design and reengineering, PDR)。PDR 定义为“以业务流程为中心,采用信息技术,对企业流程进行彻底的分析和根本性的再设计,从而使企业的业绩和供货时间实现预想不到的改进。”PDR 的方法和步骤与 BPR 是类似的,包括:展望、启动、诊断、再设计、重构、评价等。

14.5.3 时变制造过程的建模技术

制造系统过程建模是系统仿真、分析、调度、优化及控制的前提。离散事件动态系统(discrete event dynamic system, DESS)理论是制造系统过程建模的基本方法,它用状态集、事件集及状态转移函数描述制造系统过程的动态特性。其中,Petri 网(Petri net, PN)是 DESS 建模最广泛应用的方法。由于采用现有

的各种 PN 方法建立制造过程的 DEDS 模型,都要求系统的要素是确定的,即系统是时不变的,因此它们不适应于时变制造过程 DEDS 模型的建立。变结构 PN 方法^[16]是在 PN 的基础上发展起来的一种适合时变 DEDS 建模的方法。所谓变结构 PN 是指结构要素(位置、变迁、连接等)可按一定机理随时间变化的 PN,这些变化描述着实际系统要素随着时间的变化。由于变结构 PN 既具有一般 Petri 网的特点,即结构化、可视化及数学支持,又能应付系统要素的时变,因而是时变制造过程建模的重要方法。

14.5.4 自适应生产计划与控制技术

由于现代制造系统模式下的制造过程的时变性,制造系统的生产调度与控制要能够适应系统的主动与被动变化。这里,主动变化是指根据市场变化,主动调整、更新系统要素和子系统,以改变系统的功能和生产能力;而被动变化是指制造系统由于事先未知扰动(如设备故障、物流短缺、系统锁死)而引起的系统变化。应依据完善的系统模型,选择合适的调度算法,运用自适应控制的概念,实现自适应生产调度和控制,动态组织或重组资源,实现小批量、多品种混合品种产品生产,从而适应不断变化的市场需求和满足用户的需求。

14.5.5 现代制造系统集成技术

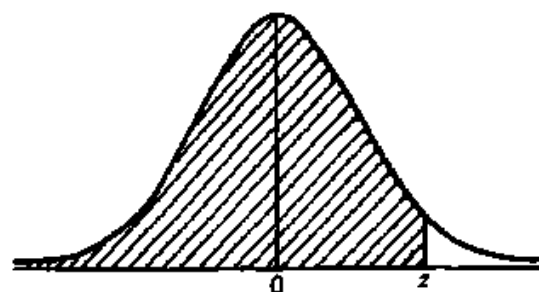
为了适应现代制造系统动态集成化、资源的高度分布、系统可变、系统的自组织构造,以及自治与协调控制等特征,要求现代制造系统集成平台是中性、开放、异构、透明的。所谓“中性平台”(neutral system platform)是指与具体的应用无关,并且能够支持不同的硬件。平台的中性,通过与应用软件连接的中性接口来实现。所谓开放性,具有两层含义,其一,系统能够通过不断集成新技术而升级改善,从而延长系统的寿命周期;其二,系统能够快速重构,改变其功能与生产能力,以适应未来产品品种的变化,以及正在生产的产品的市场需求量的变化。异构性支持跨操作系统、跨编程语言、跨通信协议。透明性是系统技术内核向应用公开。CIMOSA(CIM open system architecture)与 OSACS(open system architecture for controls within automation system)是两种典型的集成平台,前者用于企业层的集成,而后者为设备层的集成。

14.5.6 可重构企业资源计划

目前,实施企业资源计划(ERP)的一般做法是,通过业务流程重构(BPR)将不同企业的业务流程统一到 ERP 所要求的标准业务流程上。这种做法的问题是:难以使一种 ERP 系统成为一种放之四海的准则,增加了实施 ERP 的难度;因对于 ERP 的不适应,而可能影响 ERP 系统实施与应用的效果;一旦实施 ERP

后,企业业务流程将被“凝固”,难以根据市场变化做出调整。可重构 ERP 是解决上述现有 ERP 系统问题的有效途径。它在动态系统结构下,通过选择事先设计的系统功能构件并进行组合,可为企业“量体裁衣”,构造或重构出与整合及优化后的企业业务流程相匹配的 ERP 系统。这样的 ERP 系统能够适应不同的生产方式及不同的业务流程,它是支持现代制造系统模式的关键要素。

附 录

附录 A 正态分布的累计积分表(从 $-\infty$ 到 z)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	z
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359	0.0
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753	0.1
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.5026	0.5064	0.6103	0.6141	0.2
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517	0.3
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879	0.4
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224	0.5
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549	0.6
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7703	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852	0.7
0.8	0.7881	0.7810	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133	0.8
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389	0.9
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621	1.0
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830	1.1
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015	1.2
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177	1.3
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319	1.4
1.5	0.9332	0.9346	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441	1.5
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545	1.6
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633	1.7
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706	1.8
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767	1.9
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817	2.0
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9845	0.9850	0.9854	0.9857	2.1
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890	2.2
2.3	0.9893	0.9895	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916	2.3
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936	2.4
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952	2.5
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964	2.6
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974	2.7
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981	2.8
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986	2.9

(续表)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	z
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990	3.0
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993	3.1
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995	3.2
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997	3.3
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998	3.4

附录 B 英汉专业名词对照表

A

ABC analysis

ABC 分析

Acceptance sampling

抽样检验

Acceptable quality level, AQL

可接受质量水平

Activities

活动

Aggregate production planning

综合生产计划

Agile manufacture, AM

敏捷制造

APICS

美国生产及库存管理协会

Assembly line

装配线

Assembly-line balancing

装配线平衡

Assemble to order, ATO

订货组装

Available inventory

可用库存

Available-to-promise

可供销售量

B

Batch processing

批量生产

Benchmarking

标杆管理

Bill of materials, BOM

物料清单

Bottleneck

瓶颈

Bullwhip effect

长鞭效应

Break-even analysis

盈亏平衡点分析

Buffer

工序间库存

Business process reengineering, BPR

业务流程重组

Business processes

业务流程

C

Capacity

能力

Capacity planning	能力计划
Capacity requirement planning	能力需求计划
Capacity utilization rate	能力利用率
Causal relationship	因果关系
Cause-and-effect diagram	因果关系图
Center of gravity method	重心法
Client/server systems	主从系统
Closed-loop MRP	闭环 MRP
Computer-aided design, CAD	计算机辅助设计
Computer-integrated manufacturing, CIM	计算机集成制造
Concurrent engineering	并行工程
Continuous improvement	持续改善
Conversion processes	转换过程
Core capabilities	核心能力
Core enterprise	核心企业
Corporate strategy	合作战略
Cost	成本
Cost of quality, COQ	质量成本
Craft production	单件生产
Critical path method, CPM	关键线路
Customer relationship management	客户关系管理
Customization production	客户化订制生产
Customer satisfaction index, CSI	顾客满意度
Cycle counting	周期盘点
Cycle time	节拍, 周期时间
D	
Decision support and expert system	决策支持及专家系统
Decision tree	决策树
Delphi method	德尔菲法
Demand forecast	需求预测
Demand management	需求管理
Demand time fence, DTF	需求时区
Deming prize	戴明奖
Dependent demand	相关需求
Design quality	设计质量

Distribution center	配货中心
Double exponential smoothing	二次指数平滑
Drum-buffer-rope control, DBR	DBR 控制技术(优化生产技术)
E	
Economic order quantity, EOQ	经济订购批量
ECRS	动作改进法(消除、合并、重排、简化)
Elemental standard time data	标准资料法
End item	最终项目(产品)
Enterprise resource planning, ERP	企业资源计划
Ergonomics	工效学
Events	事件
Exponential smoothing	指数平滑
F	
Facility planning	设施规划
Final assembly scheduling, FAS	最终装配计划
Financial accounting	财会
Finished products	成品
Fishbone diagram	鱼骨图
Fixed-position layout	定位布置
Flexibility	柔性
Flexible manufacturing system, FMS	柔性制造系统
Forecast	预测
Freezing	冻结
G	
Gantt chart	甘特图
Graphical linear programming	图解线性规划
Gross requirement	毛需求
Group technology	成组技术
Group technology layout	成组技术布置
H	
Human resources	人力资源
I	
Independent demand	独立需求
Industrial engineering	工业工程

Industrial robots	工业机器人
Input/output control	投入/产出分析
Intermediate planning	中期计划
Inventory	库存
Inventory on hand	现有库存
Inventory records file	库存记录文件
ISO 9000	质量管理国际标准号
J	
Job design	工作设计
Job shop	按专业化布置的车间
Just-In-Time	准时生产制
Just-in-time purchasing	准时购买
K	
Kanban pull systems	看板拉动制
L	
Lead time	提前期
Lean production, LP	精益生产
Learning curve	学习曲线
Lift cycle	生命周期
Linear programming	线性规划
Linear regression forecasting	线性回归分析
Logistic department	物料部
Logistics	物流学
Long planning	长期计划
Lot size	批量
Lot tolerance percent defective (LTPD)	批量允许最大不合格率
M	
Machining centers	加工中心
Make to order	订单生产
Make to stock	存货生产
Malcolm Baldrige National Quality Award	美国国家质量奖
Manufacture resource planning, MRP II	制造资源计划
Manufacturing cell	制造单元
Market research	市场调查
Mass production	大量生产

Master production shcedule, MPS	主生产计划
Material handling systems	物料搬运系统
Material requirements planning, MRP	物料需求计划
Mixed strategy	混合策略
Most likely time	最可能时间
Motion study	动作研究
Moving averages	移动平均
Multi-agent manufacturing system, MAMS	多智能代理系统
N	
Net requirement	净需求
Non-value adding work	无附加值工作
Normal time	正常时间
Numerically controlled machine	数控机床
O	
Objective function	目标函数
Off-line quality engineering	离线质量工程
On-line quality engineering	在线质量工程
Operation research, OR	运筹学
Operation characteristic curves	接收曲线
Operation management, OM	运作管理
Optimistic time	乐观时间
PDCA cycle	质量改进循环
Pessimistic time	悲观时间
Planning time fence, PTF	计划时区
Plant layout	工厂布置
Probability distribution	概率分布
Process design and reengineering, PDR	流程设计与再造
Process manufacturing	流程型生产
Process layout	工艺原则布置
Process redesign	流程重设计
Product layout	产品原则布置
Product line	生产线
Production system	生产系统
Productivity	生产率
Product-process matrix	生产-工艺矩阵

Program evaluation and review techniques,	
PERT	项目计划评审技术
Project management	项目管理
Pull system	拉动生产制
Push system	推动生产制
Q	
Quality at the source	源头质量
Quality circles	质量循环
Quality function deployment	质量功能展开,质量功能配置
Quality house	质量屋
Queue	排队
Quick response	快速响应
R	
Raw materials	原材料
Reconfigurable enterprise	可重组企业
Reconfigurable manufacturing system,	
RMS	可重组制造系统
Reengineering	再造
Regression model	回归模型
Reorder point	重订货点
Repetitive manufacturing	重复性生产
Robust design	稳健设计
Routing	工艺流程
Rough-cut capacity planning	粗能力计划
S	
Safety stock, SS	安全库存
SAP/R3	制造资源计划软件
Scheduled produced	计划生产量
Scheduled receipts	计划接收量
Scientific management	科学管理
Seasonal factor	季节因素
Semi-finished goods	半成品
Sequencing	排序
Service level	服务水平
Service operation	服务作业

Shop-floor control	车间生产控制
Short-range planning	短期计划
Simplex method	单纯型法
Simultaneous engineering, SE	同期工程
Six-sigma quality	6 西格玛质量
Smoothing constants	平滑系数
Specialization of labor	劳动专业化
Standard time	标准时间
Statistical process control (SPC)	统计过程控制
Statistical quality control (SQC)	统计质量控制
Strategic partnership	战略伙伴关系
Subcontract order, SC	外包
Suppliers	供应商
Supply chain	供应链
Synchronous manufacturing	同步制造
T	
Taguchi methods	田口方法
Theory of constraints	限制理论, 约束理论
Throughput	产出率
Time series analysis	时间序列分析
Time study	时间研究
Time zone	时区
Time-cost model	时间成本模型
Total quality control, TQC	全面质量控制
Total quality management, TQM	全面质量管理
Transportation method	运输方法
Trend effect	趋势影响
U	
Upper and lower tolerance limits	上下允差限
V	
Value engineering	价值工程
Value-adding work	有附加值的工作
Variables	变量
Virtual enterprise	虚拟企业
Virtual manufacturing systems, VPS	虚拟制造系统

W

Waste

浪费

Work center, WC

工作中心

Work-in-process, WIP

在制品

Work measurement

工作测量

Work simplification

工作简化

Work standards

工时定额

Work study

工作研究

Workforce level

劳动力水平

Y

Zero defects

零缺陷

附录 C 英汉人名对照表

Adams J M

亚当斯

Babbage C W

巴比奇

Barnes R M

巴恩斯

Buffa E S

伯法

Crosby

克洛斯比

Drucker P F

德鲁克

Deming E W

戴明

Elton Mayo

梅奥

Fayol H

法约尔

Feigenbaum A V

费根鲍姆

Fish J

费希

Ford H

福特

Gantt H L

甘特

Gilbreth F B

吉尔布雷斯

Harris F W

哈里斯

Hawthorne

霍桑

Herzberg F

赫茨伯格

Juran J M

朱兰

Malcolm Baldrige

鲍德里奇

Maslow A H

马斯洛

McGregor D M

麦格雷戈

Oricky J A	奥列基
Pareto	帕拉多
Shewhart W A	休哈特
Simon H A	西蒙
Smith A	斯密思
Taylor F W	泰勒
Weber M	韦伯
Wight O	怀特

参 考 文 献

- 1 Wayne C. Turner etc. Introduction to industrial and systems engineering. PRENTICE HALL, Inc. 1993
- 2 G·萨尔文迪 主编. 现代管理工程手册(上、下册). 贝季瑶等译. 北京:机械工业出版社, 1987
- 3 汪应洛 主编. 工业工程手册. 沈阳:东北大学出版社, 1999
- 4 Vollmann T E etc. Manufacturing planning and control systems. Irwin/McGraw-Hill, 1997
- 5 Buffa E S. Basic production management. John Wiley & Sons, Inc. 1971
- 6 黎正中. 稳健设计之品质工程[M]. 台湾:台北图书有限公司, 1993
- 7 Francis R L etc. Facility layout and location, An analytical approach. PRENTICE HALL Englewood Cliffs, New Jersey. 1992
- 8 Chopra S, Meindl P. Supply chain management. Strategy, Planning and Operation. PRENTICE HALL, Inc. 2001. 北京:清华大学出版社, 2001 年影印版
- 9 Render B etc. Principles of operations management, Building and World-Class Operations. Allyn and Bacon, 1994
- 10 Meyers F E. Motion & time study. PRENTICE HALL Inc. 1992
- 11 理查德·B·蔡斯等著. 生产与运作管理、制造与服务. 宋国防等译. 北京:机械工业出版社, 1999
- 12 ISO 9000 系列国际标准[S]. 2000 版, 草案. 北京:中国标准出版社, 2000
- 13 郑春生. 品质管理[M]. 台湾:育友图书有限公司, 1997
- 14 Shiba S, Graham A, Walden D. A New American TQM four practical revolutions in management[M]. Productivity Press, CQM. 1993
- 15 陈启申. 制造资源计划基础. 北京:企业管理出版社, 2000
- 16 初状. MRP II 原理与应用基础. 北京:清华大学出版社, 1997
- 17 徐学军 主编. 现代工业工程. 广州:华南理工大学出版社, 2000
- 18 江志斌等. 论制造系统模式的新进展. 工业工程与管理, 2002, (4): 1~7
- 19 杜壮等译. 工作研究. 台湾:华泰书局, 1992
- 20 黄卫伟. 生产与运作管理. 北京:中国人民大学出版社, 1997



工业工程系列教材(第一版)

《工业工程——原理、方法与应用》

《物流工程概论》

《生产计划与控制》

《供应链管理概论》



ISBN 7-309-05111-1
定价：18.00元