

# 哈佛管理全集

之 生产与作业管理

法律·经济大全  
青苹果电子图书系列

哈佛管理全集

# 生产与作业管理

# 目 录

## 第一章 企业生产与业务管理系统

- 一、生产与业务管理的概念 ..... (3)  
生产与业务管理
- 二、生产与业务管理的发展历程 ..... (5)
- 三、生产与业务管理系统 ..... (8)  
生产管理系统与其它业务系统的关系 / 生产系统的生命周期 / 生产系统的管理流程 / 生产系统的目标与重大权衡决策 / 案例:杜洛公司

## 第二章 设施选址

- 一、设施选址程序 ..... (21)
- 二、设施选址的决定因素 ..... (21)  
主要的成本因素 / 主要的非成本因素
- 三、综合因素的评价方法 ..... (26)  
分级评分法 / 积点法 / 位置量度法
- 四、成本因素的评价方法 ..... (32)  
盈亏平衡点法 / 重心法 / 线性规划法 / 直接推断法 / 引力模型法
- 五、设施选址的发展趋势 ..... (42)

### 第三章 物质系统的布置

- 一、布置决策的依据 ..... (46)
- 二、布置决策 ..... (47)
- 三、基本的布置形式 ..... (49)
- 四、布置的定量分析 ..... (50)
  - 工艺布置 / 系统布置的计划工作 / 产品的布置——装配线 / 定位布置 / 销售布置 / 货栈布置 / 工程项目布置

### 第四章 产品设计与工艺过程的选择

- 一、产品设计 ..... (71)
  - 产品的选择 / 初步设计 / 最终设计 / 计算机辅助设计 / 可维修性与可靠性 / 组合设计
- 二、工艺过程的选择 ..... (77)
  - 工艺过程选择中的技术决策 / 专用设备的选择 / 工艺流程的选择

### 第五章 生产计划系统的设计

- 一、生产计划的策略 ..... (89)
  - 对需求的消极响应 / 积极影响产品需求量
- 二、预测方法 ..... (91)
  - 影响需求的因素 / 简单移动平均法 / 加权移动平均法 / 指数平滑法 / 线性回归分析法
- 三、生产计划方法(技术) ..... (99)

图表法与图示法

四、计划的实现 ..... (112)

主进度表

## 第六章 作业计划系统的设计

一、单件生产的作业计划 ..... (115)

项目作业计划 / 单件小批车间作业计划 / 任务分配方法

二、成批生产作业计划 ..... (125)

成批生产作业计划的“耗尽时间法”

三、大量生产作业计划 ..... (129)

四、连续加工的作业计划 ..... (130)

五、标准化服务的作业计划 ..... (131)

## 第七章 工作研究与人一机工程

一、生产标准 ..... (135)

生产标准所提供的信息资料 / 劳动测定的核心 / 工作评定

二、劳动测定系统 ..... (138)

秒表测时法 / 工作抽样法 / 秒表研究和工作的比较 / 工作测定的标准数据系统

三、生产标准中的宽放时间 ..... (145)

休息的生理依据 / 生产标准中宽放时间的应用

四、人一机系统研究 ..... (147)

人与机器的比较 / 人一机系统的概念 / 人一机系统的

类型

- 五、人一机系统中人的控制作用 ..... (151)  
操作活动分析 / 动作的经济原则 / 微细动作分析
- 六、控制活动的分析 ..... (154)  
人体活动的力量大小 / 运动神经反应速度和准确程度 /  
定位因素 / 用刻度盘、曲柄和手轮定位 / 控制器编码 /  
工作区域界限 / 桌椅高度
- 七、工作环境 ..... (157)  
温度、湿度和通风 / 噪音 / 照明 / 工作环境中的污染和  
事故

## 第八章 JIT(准时生产)——改变世界的生产方式

- 一、JIT 生产方式综述 ..... (165)  
JIT 生产方式产生的背景 / JIT 生产方式的目标及其体系
- 二、JIT 生产方式中的生产计划与控制 ..... (168)  
JIT 生产方式中的生产计划的特点 / 生产计划的制定程序 / 投产顺序计划的制定方法
- 三、生产同步化 ..... (170)  
设备布置 / 缩短作业更换时间 / 生产节拍的制定
- 四、弹性作业人数 ..... (173)  
实现精简人的前提条件 / 设备的联合 U 型配置 / 职务定期轮换
- 五、实现 JIT 生产的重要手段——看板管理 ..... (177)  
看板的机能 / 看板的种类及用途 / 看板的使用方法

## 第九章 科技与产品开发决策

- 一、科学技术与企业的生存与发展 ..... (182)
  - 科学进步对企业的影响 / 企业科技管理的任务与内容 / 高科技时代的来临
- 二、技术开发——从科技到生产力的转换之门 ..... (187)
  - 技术开发的含义 / 技术开发的方法 / 技术类型、结构、配套与开发周期
- 三、新产品开发 ..... (199)
  - 新产品开发的概念及类型 / 新产品开发对企业的意义 / 新产品开发的风险 / 新产品开发的主要方式 / 新产品开发策略 / 新产品样品开发

# 第一章

# 企业生产与 业务管理系统

《生产与作业管理》

哈佛商学院 MBV 教程系列

我们不能设想生产机器将会自动地做它的工作。必须有某些人来设计生产系统以及对它进行管理所必须的信息和控制。

——埃·斯·伯法

一个现代化社会和它在物质财富方面的一切属性,是同它的特有的生产系统分不开的。在发达的社会经济中,机器、设备部分的成本相对是较低的,而劳动成本相对较高。高效率的生产系统追求单位产品耗用的资本、劳动和原料的联合成本最低,高度机械化、较少使用劳动力为此提供了一个途径。

然而,我们拥有的资源是有限并且不易支配的,因此我们并不始终期望使用已知最尖端的机械化、自动化技术,而是宁愿在多种情况下努力使资源得到最好的平衡。作为 HBS 的主干课程,生产与作业管理(POM)着眼于:计划、信息和,对需求、库存、进度、质量、产品与设备更新等方面的变化作出反应。当大规模大批量生产日益为精益生产潮流冲击的时候,资源平衡和低成本依然是生产经理们孜孜以求的目标,生产与作业管理依然是他们最锐利的武器。

## 一、生产与业务管理的概念

### □ 生产与业务管理

生产与业务管理(Production and Operations Management)与制造管理、生产管理、业务管理都是表明同样的管理子系统。这几个概念反映了现代企业经营管理的演变过程以及管理学界对于提供产品及服务这一企业经营过程研究的深化。从“制造管理”到“生产管理”,从“生产管理”到“生产与业务管理”,从“生产与业务管理”到“业务管理”这四个概念的顺序提出包含着以下几层含义:

(1)“制造管理”、“生产管理”、“生产与业务管理”、“业务管理”同指管理学的一个分支学科,反映了这一领域日益完整化、系统化的发展过程。

(2)这四个概念的发展演变与人类经济活动的发展及管理学研究发展的过程息息相关。采掘业、制造业所构成的传统工业已经历了蒸汽时代和电气时代,并完全进入了电子时代。计算机技术的普及应用导致了管理方法和技术的革命;制造和服务手段的现代化对管理学提出了全新的要求;消费者需求的丰富和选择的自由加剧了商业竞争,形成了以用户为中心的企业经营格局;第三产业的发展带来了新的管理问题,从制造业中引入的财务、人事、组织管理的方法与手段并不能解决业务过程的管理难题;制造或服务过程与其它管理子系统的联系日益紧密,单纯的以车间为中心的制造管理早已无法满足管理人员的需要;在发展制造业生产管理的方法与手段的同时,服务业的业务管理既需要生产管理领域研究成果的导入,更需要创立独特的业务管理体系;我们处在一个大变革的时代,对生产管理的研究正在向业务管理的领域发展并将形成独特的方法体系,“生产与业务管理”正是这一过渡历程的名称和联接点。

(3)基于以提供产品为主的制造业和以提供服务为主的服务业在

经营过程中的明显区别,制造业的生产管理和服务业的业务管理必将形成共存的局面,两者在研究方法和操作手段上将互相吸取成功之处,管理学的基础原理和理论将同时得到应用和发展。

(4)服务业的高速发展和急剧的行业分化在丰富业务管理内容的同时也加大了这一领域的研究难度,“业务管理”难以象“生产管理”一样形成通用性强的管理方法和手段,针对不同服务行业特点的业务管理将是这一领域研究的特色。

(5)系统论的引入成为生产管理与业务管理共同的方法论基础,计算机管理的应用成为生产管理与业务管理共同的管理技术,这两点是沟通制造与服务过程管理的普遍适用规律。

有鉴于此,这里所讲的“生产与业务管理”是指规划选址、设计选择、计划安排、实施控制以及更新改造等生产业务系统的管理活动。为方便起见,“生产管理”一词等同于“生产与业务管理”。

根据这一概念,可将上述定义具体解释如下:

(1)规划选址。是指制造某种产品或提供某项服务而选用何种方法,在何地点完成的决策。如工艺是选择铸造还是锻造,餐馆是选择自助餐还是服务上台等等。

(2)设计选择。是指根据规划所定的生产或服务类型以及规模确定具体的设备、人员、布局、流程等等。

(3)计划安排。是指在一定时期内,利用现有的设施、设备、人员和技术条件,确定未来一段时间内产品或服务的产出种类和数量,以及投入及生产顺序等的战术性决策。

(4)实施控制。是指按照设计要求和计划要求,按质按量地提供产品或服务的过程管理,主要包括短期人员及设备的调度调整,应急事件的处理等等。

(5)更新改造。是指业务系统根据需求、企业目标、技术和管理的变化进行的主要修正。如设备更新,采用计算机管理,增添服务项目等等。

(6)生产业务系统。生产业务系统的功能是将一系列的投入变为所需要的产出,主要由人、设备(机器、工具、环境)组成。这种投入产出过程主要可分为四种。

①物质——制造;②地点——运输;③交易——零售;④储存——仓储。

此外,还有生理和心理的变化,如医院给病人治病,餐馆提供可口的饭菜,音乐厅给人以娱乐等等。这些过程也可以在同一投入——产出体系中同时存在。表 1.1 是几种典型系统的投入——转换——产出关系的例子。

**表 1.1 典型系统的投入——转换——产出关系**

系 统	主要投入	组 件	主 要 功 能	需要的产出
医院	病人	医生,护士,医药供应,设备	护理(物质的)	健康的人
饭馆	饥饿的顾客	食物,厨师,女侍者,环境	精美的食物,周到的服务,愉快的环境(物质的和交易的)	满意的顾客
汽车	原料	工具,设备,工人	汽车的制作和装配(物质的)	整辆汽车
工厂	高中毕业生	教师,书本,教室	传授知识和技能(提供情况)	受过教育的人
学院或大学	顾客	陈列货物,储存货物,售货员	吸引顾客,推销产品,供应订货(交易)	满意的顾客及销售
百货公司				销量

考虑到制造业生产管理的特殊性以及本书所面对读者的广泛性,本篇仅讨论一般企业生产与业务管理所共同涉及的生产与业务管理系统及该系统的选址问题,有关制造业生产管理的详细内容请读者参见有关专业书籍。

## 二、生产与业务管理的发展历程

生产与业务管理的发展简史大致可划分为三个主要阶段:第一个阶段是 1911 年以前的生产管理的探索和研究,机械时钟的重大发明使人的活动精确地协调一致起来,零件标准化的价值逐渐得到普遍的认识,亚当·司密斯在其经典著作《国富论》中提到,采用劳动分工的方式制造针,提高了生产。其原因有三:一是提高了每个工人的熟练程度,二是节省了搬运时间,三是发明了大量节省劳动力的机器,使一个人能做几个人的工作。这些意见非常重要,为后来发展的现代的工作简化、过程分析和时间研究等打下了基础。第二个阶段以泰勒所领导的科学管理运动为特征,起到了现代生产管理理论的基础的作用。二十世纪初对

生产管理领域作出突出贡献的还有弗兰克与吉尔布雷斯夫妇的动作研究和工业心理研究,甘特的工作进度图表,福特的汽车移动装配线等等。从泰勒时代至四十年代,数学和统计在生产管理中的应用得到充分的发展。二次大战时,复杂的后勤管理和武器系统设计促进了运筹学的发展,五十年代末至六十年代初,学者开始专门写“生产管理”的教科书,生产管理作为管理学的分支已逐渐成熟,排队论、模拟、线性规划以及系统论的研究方法得到了有效的应用。第三个阶段以七十年代计算机在管理中的应用为时代特征,七十年代以后,美国和西欧的计算机制造商推出了许多优秀的管理软件包,如 COPICS,MRP 等等,柔性制造系统在工厂得到了应用,无人工厂开始出现,成组技术解决了多品种、小批量生产所带来的问题,对生产管理理论的研究拓展到服务业的管理领域,业务管理从理论上和应用上取得了突出的进展,标准化服务比比皆是,对在生生产系统中所处的地位有了更新的认识,如何在生产服务领域充分发挥人的积极性成为当前的突出管理问题。生产与业务管理的发展过程可见表 1.2。

表 1.2 生产与业务管理的发展过程

年 份	概念或工具	创始人或发展者
1370 年	机械时钟	维克(Wyck)(巴黎)
1430 年 左右	威尼斯兵工厂的船只外装备的装配线	威尼斯船厂
1776 年	劳动分工的经济利益	亚当·司密斯(英国) (Adam Smith)
1798 年	互换件	爱立·维脱耐(美国)(Eli Whitney)
1832 年	按技能高低付酬;工时研究的一般概念	查理·倍倍奇(英国) (Charles Babbage)
1911 年	科学管理的原理;正式的时间研究和工作的研究概念	泰勒(美国)(Frederick W·Taylor)
1911 年	动作研究;工业心理学的基本概念	弗兰克与利里·吉尔布雷斯(美国)(Frank and Lillian Gilbreth)

## 生产与作业管理

年 份	概念或工具	创始人或发展者
1913 年	移动的装配线	亨利·福特(美国)
1914 年	工作进度图表	亨利·L·甘特(美国) (Henry·L·Gantt)
1917 年	应用经济批量方法控制存贮	F·W·哈里斯(美国)(F·W·Harris)
1931 年	质量控制的抽样检查和统计表	瓦脱·休哈脱(Walter·Shewhart)道奇 (H·F·Dodge)罗米 (H·G·Romig)(美国)
1927~ 1933 年	霍桑研究对工人积极性的新见解	爱尔顿·梅耶(美国)(Elton Mayo)
1934 年	工作活动的抽样调查	L·H·C 铁佩脱(Tippett)(英国)
1940 年	解决复杂系统问题用的协作方法	运筹学小组(英国)
1947 年	线性规划的单纯形法	G·B·但泽(Dantzig)(美国)
1950 年	模拟理论,决策理论,数学规划,计算机硬件和软件,PERT 和 CPM 的项目进度安排等技术的进一步发	美国和西欧展与应用
70 年代	研制成各种处理车间进度计划,存贮,布置,预测,项目管理等日常问题的软件包	美国和西欧的计算机制造商及用户
80 年代	计算机管理系统应用的普及;管理权变理论的应用;业务管理的细化	从学院派为主进入企业为主的创新时代

### 三、生产与业务管理系统

#### □ 生产管理系统与其它业务系统的关系

企业是一个有机的整体,企业管理是一个完整的大系统,它由许多子系统组成。生产与业务管理作为一个子系统,在企业管理系统中所处地位需要从它和其它几个主要子系统之间的关系来考察,见图 1.1。

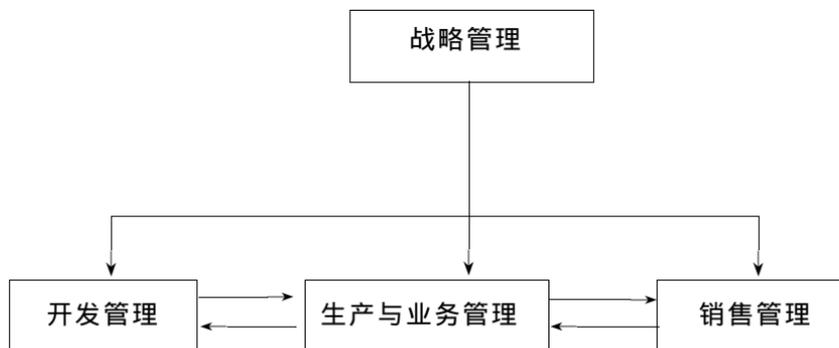


图 1.1 企业管理主要系统图

从图 1.1 可以看出生产与业务管理子系统与其他子系统的关系：生产管理和战略管理的关系。生产管理要根据企业战略经营决策所确定的一定时期内的经营意图,根据下达的生产任务,制订生产计划,组织生产活动,保证按期按质按量地完成生产任务。

生产管理和技术开发管理的关系。技术开发管理是生产管理顺利进行的前提条件。生产管理依靠技术开发管理提供的产品设计图纸、工艺方法、技术手段来完成生产过程。

生产管理和销售管理的关系。销售管理向生产管理提供市场信息、需求预测及用户意见反馈。生产管理是销售管理的后盾和基础,对销售

管理工作起保证作用。

### □ 生产系统的生命周期

开始,我们假定提出了一个产品或者一项服务的想法,然后,调查其可销售性、可生产性、资本要求等等。如果已作了决策,要生产这个产品或服务,那么,产品的最终形式、生产设备、建筑、平面布置都要详细规定;需要的设备必须购买;生产、存储和质量控制系统必须设计;要完成的工作任务必须进行设计,并配备职能部门人员,然后开始生产。在这开始阶段,很可能要改变设计,重新布置,人员调整。一旦这些设施运行后,要解决的问题就逐渐变为日常性。我们称这个运行阶段为系统的稳定状态。

实际上,大部分企业在这动态寿命周期中运行。一个系统,不管是制造厂,是服务设施或政府部门,都是从一个念头开始,经过成长阶段,并为了满足新的需求而不断地变化。当然,有时经过周密考虑后终止了。系统的寿命周期各阶段的一些关键决策范围,见图 1.2 所示。这里要强调一下,这是个动态过程,寿命周期的有些阶段可能同时发生。的确,许多企业在科研方面大量投资,以期不断地再生和恢复活力。再者,在图中没有表示其相互关系。其实,引进一个新产品就会使系统再从最基本的产品设计开始,经过工艺选择,新系统设计,人员配备,然后开始生产。

系统的诞生	企业的目标是什么？ 将提供什么产品或服务？
产品设计与工艺选择	产品的形状和外观是什么样？ 用什么工艺制造产品？
系统的设计	设备应该安置在什么地方？ 什么样的物质安排最适用？ 如何保持质量的要求？ 如何确定产品或服务的需求量？
系统的人员配备	每个工人要完成什么岗位工作？ 如何完成这岗位工作，如何衡量？如何 给报酬？
系统的试运转	如何使系统开始运行？ 需要多久才能达到要求的产量？
系统处于稳定状态	如何持续运行系统？ 如何改进系统？ 如何处理日常的问题？
系统的修正	在发现外界环境变更时如何修 正系统？
系统的终止	系统如何终止？ 如何利用废弃的资源？

图 1.2 生产系统的寿命周期中的关键决策

### □ 生产系统的管理流程

生产系统的管理流程可通过图 1.3 表示。

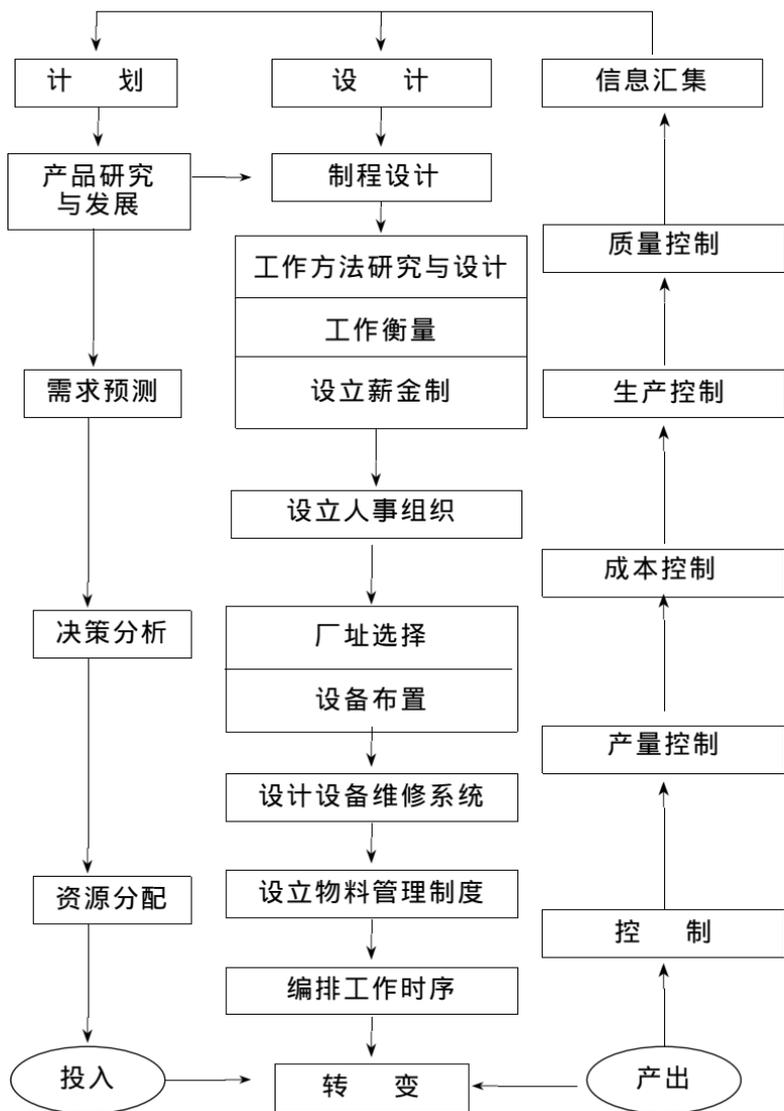


图 1.3 生产系统的管理流程

□ 生产系统的目标与重大权衡决策

一般的概念,生产系统的目标是:①生产要求的产品;②完成要求的产量;③将成本降至最低。为了运行上的目的,我们必须将目标进行分类。我们提出的分类表(见表 1.3)是将目标分成“产品”和“成本”两类。“产品”又分成“量”和“成绩”两项。“量”的目标指应该生产多少,存贮多少等等。“成绩”的目标是指系统能达到的质量、时间等标准的程度。成本的目标可分成“明的”和“暗的”两种。明的成本指用标准成本会计算得出来的,如材料、工资等。暗的成本指成本会计算不出来的,如空闲和待料等。

整个企业内,这些目标往往相互矛盾,如何平衡这些目标,常常取决于生产经理的性格。关于这一点,生产文献中习惯用“最优化”的词来表示各项目标平衡后达到的最终状态。虽然在讨论生产决策时,这个词有用,但事实上,极难甚至根本不可能获得最优的解决办法。其原因很多,试列几个如下:

表 1.3 生产系统的目标分类

产 品 目 标		成 本 目 标	
量的目标 产量	成绩目标 进度	明的成本 输入材料	暗的成本 停工待料
库存水平	质量	废料	对定额不满造成的怨言
劳动力水平	劳动、设备的 效率	返工	交货脱期
		直接人工	未利用的能力
		间接人工	机会成本
		维修	设备闲置

(1)最优化要求决策者考虑一切可能的方案。这项工作不仅艰巨,而且有许多可能的方案,决策者大概根本没有注意到。

(2)最优化要求决策者能得到一切有关数据,任凭选择。事实上,往往因时间、来源和费用等问题而不可能做到。

(3)最优化是有时间性的。在某一时间认为最优的,过后未必最优化。企业组织的周围情况变化如此迅速,作出的决策是否真的最优化,往往会引起争论,即一直到作出决策的时刻,都应不断地收集和衡量各种可能的方案。

由于这些限制,大部分经理得到的不是真正的最优化,而是争取得到一个满意的结果。他们公开地或不公开地认为要求达到最优化不太可能,因为数据不全,计算也太复杂。因此,他们自己提出,要达到的水平虽然不是很理想的,但这个目标是时间和能力允许的,是合乎情理的。这种作法一般称作“满意化”。

根据生产系统的目标,生产系统和管理过程中所需作出的重大权衡决策见表 1.4。

表 1.4 生产系统中的一些重大权衡决策

决策范围	决 策	抉 择 方 案
工厂与设备	流程的幅度	自己制造或购买
	工厂规模	建一个大厂或数个较小的厂
	厂址	靠近市场或原料产地
	投资决策 设备选择	重点放在厂房或设备或库存,还是科研 通用设备或专用设备
	刀、模具加工类别	临时的,最低量的,或“生产用的刀、模具”
生产计划与控制	储存应用的次数	生产中的临时储存是很少还是很多
	储存的规模	储量大或小
	储存控制程度	控制得很细或不太细
	控制什么	控制机器停车时间或人工成本或加工时间达最低程度;或使某项产品和材
		料的利用达最高程度
	质量控制	高可靠性、高质量或低成本
	标准的采用	正式采用,或非正式采用,或根本不用

决策范围	决策	抉择方案
劳工和人员 配备	岗位工作专 门化	高度专门化或不太专门化
	基层管理	受过技术训练的第一流管理人员或专门 受过技术训练的管理人员
	工资系统	岗位等级多或少,奖励工资或计时工资
	监督	监督严或松
	工业工程师	这种人员多或少
产品设计和 (或)工程	产品系列的 大小	顾客要求的特殊规格多或少,或根本没 有
	设计稳定性	固定的设计或多变的定货
	技术风险	采用竞争者尚未试验过的新工艺或跟着 别人走
	工程	整套完成设计或边进行边设计
	制造工程的 使用	制造工程师多或少
组织与管理	组织的种类	以职能,或以产品,或以地理或以其他条 件来分类
	时间的支配	大部分用于投资,或成本控制,或质量控 制,或其他活动
	冒风险的程 度	根据大量情报作决策,或根据少量情报 作决策
	参谋人员的 使用	参谋人员队伍大或小
	经理的类型	管得细或不细,独断专行的或用启发方 式;与组织接触很多或很少

### □ 案例:杜洛公司

杜洛公司是美国最大的家用油漆制造商之一。它的产销处遍布美国和加拿大各地。其中,最大的产销处之一“东部分厂”,设在纽约一新泽西地区的大城市里。

由于油漆生意的季节性、周期性以及工业界的剧烈价格竞争,杜洛公司经常面临着如何适应时起时落的需求和降低营业费用的问题。杜洛公司东部分厂经理弗兰克·西蒙斯在最近一次职工大会上说:

“我们总是处在顾此失彼的困境之中。销售部门每月送给我们一份逐月都有变化的需求预测表。假定我们的生产计划与需求保持平衡,那么生产就会像公园里游玩的滑行铁道那样时高时低。结果,不是由于保持职工人数不变而要付出加班费用,就是随着我们生产的增减而要雇用或解雇我们的职员。可以肯定,工会将会对此大吵大闹。另一方面,如果我们的生产不随着需求变动而维持平衡,那么,在需求上升之前,我们就必须积累大量的库存。这种做法也将给我们带来很多困难,每天在我们库房里增加额外的存货是要花钱的,不仅仓库要花钱,保管、记帐以及损耗都是要花钱的。此外,还将积压一大笔资金,这是财务人员不愿意干的事情。不久,总公司的那些人就会指责你了。”

不管你怎样干都无法取胜。这种情况就想抛个钱币‘正面你赢,反面我输’。”

西蒙斯为了证明他的看法,拿出一份今天刚从销售处送来的备忘录,里面附有最近预测的今后3年内36个月的销售额(表1.5)。西蒙斯挥动着这份备忘录继续说:“看看这些数字,你们将会明白我的意思。我们应当从这当中看到,今后12个月的销售额将在44~75万加仑之间上下波动。我当然很不愿意,再把明年的生产计划安排得表面上好看,而生产费用很大。“同事们!你们有什么好的主意”。

**表 1.5 东部分厂今后三年每月销售额预测(千加仑)**

第一年		第二年		第三年	
1月	730	1月	380	1月	640
2月	470	2月	370	2月	495
3月	570	3月	528	3月	585
4月	560	4月	720	4月	720
5月	460	5月	420	5月	865
6月	590	6月	800	6月	482

第一年		第二年		第三年	
7月	580	7月	565	7月	655
8月	440	8月	430	8月	850
9月	450	9月	360	9月	621
10月	750	10月	750	10月	450
11月	450	11月	683	11月	540
12月	630	12月	546	12月	710

西蒙斯讲完了关于安排今后 12 个月生产计划所面临的两难困境之后,杜洛公司营业部的职员、最近在东部某大学获企业管理硕士学位的欧文·M·斯马特自愿表示:“西蒙斯,如果你把你想完成的目标和掌握的整套费用数字明确地交给我,我想我能够提出一项减轻难题的计划。”

年轻的斯马特回忆起在他的经营管理课程中,他曾经搞过一项解决类似问题的实例。在那个实例中,他们那些攻读硕士学位的学生们拿到了一整套关于费用和销售的预测数字,然后要求他们就下述问题作出一系列决定:为了要在年底实现尽可能最低的累计费用总额,每月需要生产多少单位?每月需要雇用多少人?

西蒙斯说:“好极了,欧文,我真正地希望你能做出一些成绩,使我们摆脱困境。我想会计室里有你所需要的大部分数字。我所关心的是年底的最低费用数字,假使你能提出某种办法使我们在总的费用方面显得不错,其它问题我就不大发愁了。”斯马特又问:“可是,对工会怎么办?我们要不要考虑一下解雇人员的津贴或者在某一时候重新雇用他们的问题?”西蒙斯答道:“好吧,我们无论如何在这方面要付出代价的。”会议结束后,欧文说:“好,既然如此,我先调查一下费用的数字再说。”,说罢,他直奔会计室而去。

斯马特花了几天的功夫,去寻找一些与生产计划有关的费用数字,他发现四项费用是必须认真考虑的,即正规的工资费用、加班费用、增雇和解雇人员费用以及维持库存的费用。虽然另外还有一般管理费用和原料费用,但从总的意义上讲,它们同生产部门的决定是无关的。表 6.1.6 是加班费用一览表;表 6.1.7 是正规的工资费用、增雇和解雇

## 生产与作业管理

人员费用以及维持库存的费用。

表 6.1.6 加班费用一览表 (单位:美元)

(千加仑)	60	70	80	90	100	110	120
100							
200							
300							
350	1079						
400	4335	812					
450	8591	3934	563				
500	13847	8056	3551	331			
550	20103	13178	7539	3185	118		
600	27359	19300	12527	7039	2838		
650	35615	26422	18515	11893	6558	2508	
700	44871	35544	25503	17747	11278	6094	2197
750	55127	43666	33491	24601	16998	10680	5649
800	66383	53788	42479	32455	23718	16266	10101
850	78639	64910	52467	41309	31438	22852	15553
900	91895	77032	63455	51163	40158	30438	22005
950	106151	90154	75443	62017	49878	39024	29457
1000	121407	104276	88431	73871	60598	48610	37909

表 1.7 工资、增雇或解雇和存货费用

正规的工资费用		增雇或解雇费用		存货费用	
工人总数 (人)	每月正规的 工资费用(美元)	每月增雇 或解雇 (人)	增雇或解 雇费用 (美元)	净 存 货 (实际存 货减去订 货)1,000 加仑	每月净付 费用(美 元)
10	3400	1	64	-200 -150	22308 18224
20	6800	2	257	-100 -50	14553 11294
30	10200	3	579	0 50	8448 6014
40	13600	4	1029	100 150	3993 2384
50	17000	5	1086	200 250	1188 404
60	20400	6	2315	300 350	33 74
70	23800	7	3151	400 450	528 1349
80	27200	8	4115	500 550	2673 4364
90	30600	9	5208	600 650	6468 8984
100	34000	10	6430	700 750	11913 15254
110	37400	15	14468	800	19088
120	40800	20	25720		

1. 正规的工资费用

表 1.7 中说明,每人每月平均的工资费用为 340 美元。不包括加班

费。

### 2. 增雇和解雇费用

增雇和解雇费用包括诸如改组费用、训练费用或考离职费用,等等。按平均数字计算,增雇与解雇的费用是一样的。这些费用表明,增雇和解雇应当在几个月的一段时间里逐步地进行,因为无论在哪个月里增雇 3~4 个以上的人员都是相当费钱的。

### 3. 加班费用

从表 1.6 中可以看出,譬如说一支 90 个人的劳动力不需要加班可以生产 45.9 万加仑,如果生产不及此数,就会有空闲时间。平均每人每月不需要加班可以生产 5000 加仑。一支 90 个人的劳动力生产 50 万加仑,就需要 311 美元的加班费。

### 4. 库存费用

表 1.7 表明,库存量超过了 32 万加仑,库存的支付费用就要相应增大;脱销的情况出现后,接到的订货单就会增加,因此,对接受订货单所耗的费用作一估计,说明在库存不足的情况下,库存的费用会不断增加。负库存也就是接受订货单的总数。就节省费用而言,最适度的库存为 32 万加仑。

斯马特还指出,1 月 1 日在职人员为 75 人,而在上年 12 月 31 日年终结算时,手头库存的油漆为 28 万加仑。斯马特收集到所有这些情况后,就着手准备拟订一项生产计划。

# 第一章

# 设施选址

哈佛商学院  
HBS  
教程系列

《生产与作业管理》

## 一、设施选址程序

设施选址一般由专门的选址委员会来进行,这个临时性机构通常包括企业或公共事业单位负责人和外部的专家。对于国外选址和国内不同城市、地区选址往往要分两步来进行。第一步是对可能选择的国家或地区进行宏观评价,确定某一国家或地区。第二步是对这一国家或地区的可供选择的地点进行微观评价,确定设施的具体地点。而仅在某一城市或地区的选址则不需要第一步的工作,可直接选定设施的具体地点。由于这两步工作的程序基本相同,只是所要考虑的因素及相应的评价方法不同,故可参照设施选址程序图来进行(见图 2.1 所示)。

从图 2.1 可以看出,设施选址是从企业或事业单位的经营者确定选择新建设施地址的任务开始的。无论宏观评价还是微观评价都需要首先列出所需考虑的因素以及相应的要求,并在此基础上预选地址,排除不可行的方案,列出几个供选择的可行方案。接下来要进行的就是从多种可供选择的评价方法中确定一种评价方法,并对这几个预选地址针对所需考虑的因素进行评价,从而确定设施的理想位置。从这个选址程序可以看出,问题的关键在于列出各种需要考虑的因素及其要求并选择适宜的评价方法进行评价。

## 二、设施选址的决定因素

对于影响设施选址的因素,可根据它们与成本的关系进行分类。与成本有直接关系的因素,称为成本因素,可以用货币单位来表示各可行位置的实际成本值。与成本无直接关系,但能间接影响产品成本和未来企业发展的因素称为非成本因素。常用的几种成本和非成本因素见表 2.1。

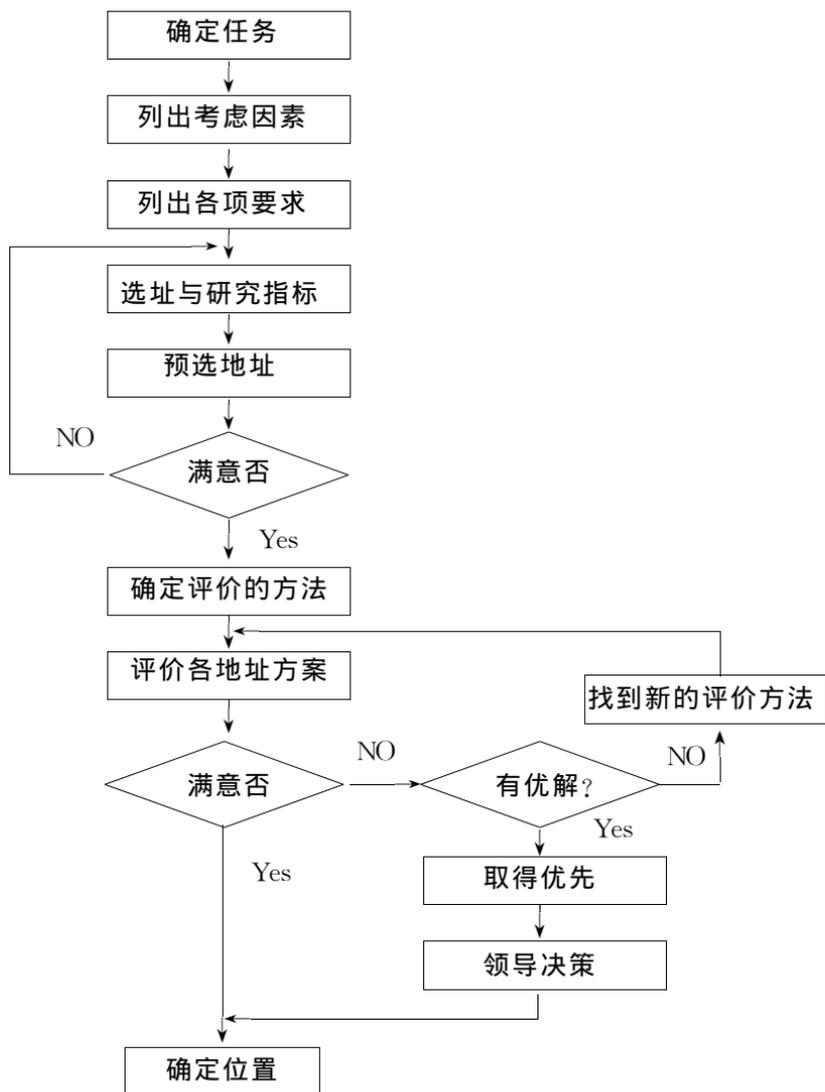


图 2.1 设施选址程序框图

表 2.1 设施选址时应考虑的因素

成本因素	非成本因素
1. 运输成本	1. 社区情况
2. 原料供应	2. 气候和地理环境
3. 动力和能源的供应量和成本	3. 环境保护
4. 水力供应	4. 政治稳定性
5. 劳工成本	5. 文化习俗
6. 建筑成本和土地成本	6. 当地政府政策
7. 税率、保险和利率	7. 扩展机会
8. 财务供应:资本及贷款的机会	8. 当地竞争者
9. 各类服务和保养费用	9. 公众对工商业的态度
.....	.....

就不同行业,不同企业而言,各种选址影响因素的权重是不同的。下面针对几种主要的成本因素和非成本因素进行说明。

### □ 主要的成本因素

#### 1. 运输成本

对于大多数制造业工厂和从事分配的企业来说,运输成本在总成本中均占有较大的比重。运输距离的远近、运输环节的多少、运输手段的不同,均对运输成本构成直接的影响。因此,通过合理选址,使运输距离最短、减少运输环节中装卸次数,尽量靠近码头、公路、铁路等交通设施,可以使运输成本最低、服务最好。

#### 2. 原料供应

某些行业对原料的量和质均有严格的要求,这类部门长期以来主要分布在原料地附近,以降低运费,减少时间阻延,得到较低的采购价格。但是目前工业对原料地的依赖性呈缩小趋势,主要原因包括技术进步导致单位产品原料消耗的下降,原料精选导致单位产品原料用量、运费的减少,工业专业化的发展导致加工工业向成品消费地转移,运输条件的改善导致单位产品运费的降低等等。尽管如此,采掘业、原料用量大或原料可运性小的加工工业仍以接近原料产地为佳。

#### 3. 动力、能源的供应量和成本

对于火力发电厂、有色金属冶炼、石油化工等行业来说,动力能源的消耗在生产成本中的比重可占到 35—60%。动力、能源的供应对于重型机器制造、水泥、玻璃、造纸等行业的影响也是举足轻重的。对于这一类企业来说,动力、能源因素的考虑将占据重要地位。

#### 4. 水力供应

不同企业对于生产用水的质量和数量要求是不一样的。中国传统酿酒工业对于水质的要求与矿泉水生产一样,几乎到了苛刻的地步;而钢铁工业、电厂、造纸厂则必须靠近江河水库,一般的城市供水是无法满足其水量要求的。

#### 5. 劳工成本

不同的产品和生产方法,所要求的劳工数量和质量是有区别的;技术密集型工业如仪器仪表生产、集成电路生产和电脑生产等对劳工的质量有较高的要求;而劳动密集型工业如纺织业、服装工业等对劳工的数量有较大的需求。许多国家劳动力资源的分布是很不平衡的。这种不平衡既表现在数量方面(有些地区供应有余,有些地区严重不足),也表现在质量方面(有些地区熟练劳工较多,有些则很缺乏)。因此,设施选址时劳工的供应状况是一个重要的条件。

另一方面,不同地区劳工工资的水平是不一致的,但是工资水平本身并不是重要的参数,这里起决定作用的是劳工成本。低工资水平或许是一种诱惑,但是若低工资水平与低劳动生产率象孪生兄弟一样联系在一起,则有可能抵销低工资水平所带来的收益。同样地,劳工供应的短缺,也会导致工资标准今后上升到超出地区调查时的标准。

#### 6. 建筑成本和土地成本

不同的设施选址方案,在土地的征用、赔偿、拆迁、平整上所花费的费用是不同的。一般来说,应尽可能避免占用农业用地,而尽量选取不适于耕作的土地作为工业设施的地址。同样,不同方案的建筑成本往往也不相同,高建筑成本将导致未来产品成本中固定成本部分加大,于竞争不利。

### 主要的非成本因素

#### 1. 社区情况

服务行业的地点往往接近于顾客。对于一家百货商店或是一家冷

饮店来说,位于客流量大的繁华商业区也许就是成功的先兆;而一家位于人口密度大的居民区的“理发店”,就有可能获得稳定的销售额;主要公路上的汽车流量将直接影响到路旁加油站的业务量大小。对于服务性行业来说,周围环境的客流量,购买力水平,人口密度,将直接影响到设施选址问题。就制造行业而言,周围的文化娱乐设施、公用设施条件,以及服务网点状况,住房及教育情况将直接影响到职工的生活条件,偏僻的山郊荒野难以吸引人员前来工作。企业为弥补生活娱乐设施缺乏所带来职工生活的不便,将不得不在这方面进行额外投资。

### 2. 气候和地理环境

有些行业受到地理环境要求的限制,造船厂应位于海边,以便造好的船只从船坞直接下水;一般制造厂要求土地表面平坦,易于平整施工,如选择稍有坡度的地方,则可利用斜面,便于搬运和建造排水系统;在地震断裂层地带、下沉性地带、地下有稀泥或流沙以及在可开采的矿床(采掘业且当别论)或已开采过的矿坑上和地下工程的区域应慎重选址。土壤结构应能承受工厂的全部载重。

气温对于产品和作业人员均要产生影响,气温过冷或过热都将增加气温调节的费用,潮湿多雨的地区不适合棉纺、木器、纸张的加工。

### 3. 环境保护

生产系统的产出包括产品也包括废物。环境保护问题日益受到人类重视,近年的博帕尔毒气泄露事件和切尔诺贝利核电站事故使人类得到血的教训。生产系统直接形成的污染包括空气污染、水污染、噪音污染、恶臭污染、放射污染以及固体废物污染等。各国和各地区纷纷制订了保护当地居区及生态环境的各种环境保护法规。民间组织也活动频繁。同时,受污染危害的工人也对企业构成极大的压力。因此,在设施选址过程中应充分考虑到环境保护的因素,应便于进行污染处理。

### 4. 当地政府的政策

有些地区采取鼓励在当地投资建厂的政策,在当地划出工业区及各种经济开发区,低价出租或出售土地、厂房、仓库,并在税收、资本等方面提供优惠政策,同时这些地区的基础设施情况往往很好,交通、通讯、能源、用水均很便利。专门的工业区如高技术产业开发区,服装纺织工业区,还有利于行业信息的迅速传播,相互刺激发展。

以上介绍了几种重要的成本和非成本因素。按照设施选址的程序,

在确定了设施选址所要考虑的决定因素之后,还需要对各个位置进行初步筛选,排除完全不可行的方案,提出几个预选地址,接下来就要确定采用何种评价方法。目前人们已研究出多种设施选址评价方法,这些方法大致可分为两大类,一类是同时考虑到成本和非成本因素的综合因素评价方法;另一类是仅考虑成本因素的成本因素评价方法。下面分别加以介绍。

### 三、综合因素的评价方法

这里的综合因素包括设施选址时所要考虑的成本因素和非成本因素。由于非成本因素往往是一些定性因素,这些因素难以和定量的成本因素用货币单位进行比较。故通常采用加权的方法进行评价。具体方法包括分级评分法、积点法和位置量度法三种。

#### 分级评分法

第一步:针对设施选择的基本要求和特点列出所要考虑的各种因素。

第二步:按照各因素的相对重要程度,分别规定相应的权数。

第三步:对每个备选方案(国家或地区)进行审查,并按每个因素由优到劣地排出各个备选方案的排队等级数,如最佳、较好、一般、最差,并相应地规定各等级的系数为4,3,2,1,将等级系数放在每个方格中对角线的左上方。

第四步:把每个因素中各方案的排队等级系数乘以该因素的相应权数,所得分数放在每个小方格中对角线的右下方,再把每个方案的这个分数相加,得出总分数就表明了各个备选方案互相比较时的优劣程度。总分数最高者为最佳方案。

#### 积点法

第一步:决定所要考虑的因素,这类因素的数目最好为五到十五个之间。

每二步:确定在决策过程中某一备选方案可得的总最高积点。通常总最高积点为五百或一千点。

第三步:将各因素按重要性依次排列,并分别确定某一因素的最高积点。越重要的因素,所分配到的积点应越多,同时两因素之间的最高积点比率与其相对重要性成正比例。各因素的最高积点总和应等于第二步中确定的总最高积点。

第四步:针对每一因素,将备选方案进行比较,依次给予适当的积点。最佳位置所得的积点最高,但不能超过该项因素的最高积点。其余方案所得积点按其优劣程度比例而分配。

第五步:就每一备选方案,可将其对应各因素所得的积点相加,求出该方案的总积点值。总积点值最高者为最佳方案。

两种方法得出的结论不尽相同,产生这种差异的主要原因是分级评分法第四步将每个因素中各方案的排队等级系数(1,2,3,4,5)与该因素的权数相乘,各方案所得分数的差额与优劣程度差距之间不成比例。而积点法第四步将每个因素中各方案按优劣程度比例确定相应的积点。因此,我们倾向于采用积点法,为避免个人主观夸大或缩小优劣程度的差距,可以考虑请数位专家同时进行评估,各备选方案的总积点值为各评估者给予该位置总积点的平均值。

### □ 位置量度法

位置量度法是评价综合因素的另一类型选址方法。它与分级评分法和积点法最大的区别是先对成本因素(客观因素)和非成本因素分别进行评价,然后再将两者综合评价。其主要步骤如下:

第一步:确定必要因素。研究所要考虑的各种因素,从中确定哪些因素是必要的。假若某一处位置无法满足任意一项必要因素,则应将它删除。如啤酒厂这样一个依赖水源的企业,就不会考虑一个缺乏水源的厂址。必要因素的目的是排除某种不适宜的位置纳入考虑范围。

第二步:将各种必要因素分为客观因素(成本因素)和主观因素(非成本因素)两大类。客观因素应能用货币或金融术语来评价。主观因素相对而言应是定性的,无法用货币单位表示的。同时应确定主观因素与客观因素的比重,以反映主观因素与客观因素的相对重要性。如果主观和客观因素同样重要时,则其比重均为0.5。

若用数学符号表示,则:

$X =$  主观因素的比重值

$1 - X =$  客观因素的比重值

$0 \leq X \leq 1$

若  $X$  愈接近 1, 主观因素比客观因素更为重要, 反之亦然。

$X$  值的确定可采用德尔菲法进行。

第三步: 确定客观量度值。对于每一可行位置, 我们可以找到它的客观量度值  $OM_i$ 。这个值的大小受该位置的各项成本的大小而影响。其计算方法用数学方程式可表示为:

$$C_i = \sum_{j=1}^M C_{ij}$$

$$OM_i = [C_i \cdot \sum_{i=1}^N C_i / C_i]^{-1}$$

式中:

$C_{ij}$ —— $i$  可行位置的第  $j$  项成本;

$C_i$ ——第  $i$  可行位置的总成本;

$\sum_{i=1}^N (1/C_i)$ ——各可行位置的总成本的倒数之和;

$OM_i$ ——第  $i$  可行位置的客观量度值;

$M$ ——客观因素数目,  $N$  为可行位置数。

若将各可行位置的量度值相加, 总和必等于 1:

$$\sum_{i=1}^N OM_i = 1$$

第四步: 确定主观评比值。各主观因素因为没有一数量化的值以作比较, 所以我们利用强迫选择法来衡量各位置的优劣。强迫选择法是将每一可行位置与其他位置分别作出成对的比较。较佳的位置配以比重值为 1, 较差的位置的比重值则为 0。接着, 我们依据各位置所得到的比重与总比重的比例来计算该位置的主观评比值 ( $S_{ik}$ )。若以数学方程式表示, 则为:

$$S_{ik} = \frac{W_{ik}}{\sum_{i=1}^N W_{ik}}$$

式中:

$S_{ik}$ —— $i$  位置对  $K$  因素的主观评比值;

$W_{ik}$ —— $i$  位置在  $K$  因素中的比重；

$\sum_{i=1}^N W_{ik}$ —— $K$  因素的总比重值。

主观评比值为一数量化的比较值,我们可以利用此数值来比较各可行位置的优劣。此数值的变化,可由 0 到 1 之间,愈接近 1,则代表该位置比其他位置佳。

第五步:确定主观量度值。在一次研究中,主观因素可能不止一个,同时,各主观因素间的重要性亦可能各异。首先,我们对各主观因素配上一个重要指数( $I_k$ )。此指数的分配方法可应用第四步中描述的强迫选择法来确定。然后,我们再以每因素的主观评比与该因素的重要指数,分别计算每一可行位置的主观量度值( $SM_i$ )。若以数学方程式表示,则

$$SM_i = \sum_{k=1}^M (I_k \cdot S_{ik})$$

式中:

$SM_i$ —— $i$  位置的主观量度值;

$I_k$ —— $k$  主观因素的重要指数;

$S_{ik}$ —— $i$  位置对于  $k$  因素的评比;

$M$ ——主观因素的数目。

第六步:确定位置量度值。位置量度值( $LM_i$ )为对一处可行位置的整体评估,其计算方程式为:

$$LM_i = X \cdot (SM_i) + (1-X) \cdot (OM_i)$$

式中:

$LM_i$ —— $i$  位置的位置量度值;

$x$ ——主观比重值;

$(1-X)$ ——客观比重值;

$SM_i$ —— $i$  位置的主观量度值;

$OM_i$ —— $i$  位置的客观量度值。

位置量度值最大的为最佳选择方案。

〔案例 2.1〕 某公司筹建一家玩具厂,合适的地点有甲、乙、丙三处。各种生产成本因厂址的不同而有区别,每年的费用归纳如下表。

表 2.2

	成本(千元)		
	甲	乙	丙
工资	250	230	248
运输费	181	203	190
租金	75	83	91
其它费用	17	9	22

在决定之前,该公司还考虑了一些主观因素,如当地的竞争能力、气候变化和周围环境是否适合玩具生产等。就竞争能力来说,丙地最强,甲乙两地相平;就气候来说,甲比乙好,丙地最好。至于环境,乙地最优,其次为丙地、甲地。如果各主观因素的重要指数依次为 0.6、0.3 和 0.1,试以位置量度法,找出一个合适的位置。

解答:

根据位置量度法,首先计算甲、乙、丙三处的位置量度值,然后再作比较。计算过程如下。

(1)客观量度值( $OM_i$ )的计算。 $OM_i = [C_i \cdot \sum(1/C_i)]^{-1}$

地区          支出运算( $\times 1,000$ )          总支出( $\times 1,000$ )

甲            250+181+75+17            523

乙            230+203+83+9            525

丙            248+190+91+22            551

$$\sum(1/C_i) = \frac{1}{523} + \frac{1}{525} + \frac{1}{551} = 0.0056317$$

$$OM_{甲} = (523 \times 0.0056317)^{-1} = 0.3395$$

$$OM_{乙} = (525 \times 0.0056317)^{-1} = 0.3382$$

$$OM_{丙} = (551 \times 0.0056317)^{-1} = 0.3223$$

(2)主观评比值( $S_{ik}$ )的计算:

根据三个不同的主观因素,甲、乙、丙三处的主观评比值的计算如下:

因素 A: 竞争能力

比较

地区	(1)	(2)	(3)	比重	SiA
甲	1	0		1	0.25
乙	1		0	1	0.25
丙		1	1	2	0.50

总比重值: 1

因素 B: 气候

比较

地区	(1)	(2)	(3)	比重	SiB
甲	1	0		1	0.33
乙	0		0	0	0
丙		1	1	2	0.67

总比重值: 3 1

因素 C: 环境

地区	(1)	(2)	(3)	比重	SiC
甲	0	0		0	0
乙	1		1	2	0.67
丙		1	0	1	0.33

总比重值: 3 1

根据各主观因素的重要指数 ( $I_k$ ) 和各可行位置的主观评比值 ( $S_{ik}$ ), 可以计算每一可行位置的主观量度值 ( $S.F.i$ )。

主观因素评比总结

地区评比值

因素	甲	乙	丙	重要性
A	0.25	0.25	0.50	0.6
B	0.33	0	0.67	0.3
C	0	0.67	0.33	0.1

$$SM_{甲} = (0.60)(0.25) + (0.3)(0.33) + (0.1)(0) = 0.249$$

$$SM_{乙} = (0.60)(0.25) + (0.3)(0) + (0.1)(0.67) = 0.217$$

$$SM_{丙} = (0.60)(0.50) + (0.3)(0.67) + (0.1)(0.33) = 0.534$$

(3) 位置量度值。由于题中没有给出主观因素与客观因素的重要比

重,所以假设二者同等重要,即主观比重值  $x=0.5$ 。

$$LM_i = x(SM_i) + (1-x)(OM_i)$$

$$LM_{甲} = (0.5)(0.249) + (0.5)(0.3395) = 0.2943$$

$$LM_Z = (0.5)(0.217) + (0.5)(0.3382) = 0.2776$$

$$LM_{丙} = (0.5)(0.534) + (0.5)(0.3223) = 0.4281$$

(4)决策。根据各位置量度值( $LM_i$ )的大小比较,丙地所得的量度值在三者中最高。该厂应选取丙地作为建厂的厂址。

## 四、成本因素的评价方法

对于成本因素的评价,大多采用数学的方法;随着运筹学规划论的发展,计算机的广泛使用,成本因素的评价方法使用复杂的模型,多个变量,由计算机计算。这里,我们打算介绍复杂的数学方法,仅介绍几种应用最为广泛的模型:盈亏平衡点法、重心法、线性规划法、直接推断法和引力模型法。

### □ 盈亏平衡点法

盈亏平衡点法是运用财务管理中的盈亏平衡分析确定特定产量规模下,成本最低的设施选址方案。这种分析是建立在产量、成本、销售收入三者的预测基础之上的,显然,这种方法只有在实际产量接近设计能力时才是有效的。

下面通过一个例题来具体介绍这种方法。

〔案例 2.2〕某公司要建厂,拟订了  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个不同建厂方案。由于各地区的原材料运输成本、原材料成本、动力成本、工资等条件不同,建厂的土地费、建筑费用也不同,从而产生产品成本结构上的差异,各方案的生产费用预测见下表,试确定不同生产规模的最优方案。

	x 方案	y 方案	z 方案
固定费用	60	130	250
单件变动费用	44	27	15

现以生产费用最低为选择标准,先求出  $x$  方案与  $y$  方案的交点 A,

y 方案与 z 方案的交点 B。

(1) 在 A 点 x、y 两方案生产费用相同, 即:

$$C_X = C_Y \quad C_{FX} + C_{V_x} \cdot Q_A = C_{FY} + C_{V_y} \cdot Q_A$$

该点的产量为

$$Q_A = \frac{C_{FY} - C_{FX}}{C_{V_x} - C_{V_y}} = \frac{1300000 - 600000}{44 - 27} = 4.12 \text{ (万件)}$$

(2) 在 B 点 y、z 两方案生产费用相同, 即:

$$C_Y = C_Z \quad C_{FY} + C_{V_y} \times Q_B = C_{FZ} + C_{V_z} \times Q_B$$

该点的产量为:

$$Q_B = \frac{C_{FZ} - C_{FY}}{C_{V_y} - C_{V_z}} = \frac{2500000 - 1300000}{27 - 15} = 10 \text{ (万件)}$$

(3) 根据生产费用最低的标准, 不同生产规模的最优方案为: 当产量小于 4.12 万件时选择 x 方案; 当产量位于 4.12 万件到 10 万件之间时选择 y 方案; 当产量大于 10 万件时选择 z 方案。

### □ 重心法

这种方法既可用于工厂选址, 也可用于仓库选址。

对于工厂选址来说, 如果工厂产品的生产成本中, 运输费用占较大的比重, 所需多种原材料需由多个产地供应, 其产品又需提供多个仓库或销售点, 这类项目就可以用重心法选择厂址。

对于仓库选址来说, 属于分配系统的仓库可以从多个工厂运来产品, 再运往多个销售点。也可以从多个生产厂家运来原料或零部件, 再运往多个加工或装配工厂。这类项目同样可以用重心法来选择仓库位置。假设货物的运输费用等于运输量与运输距离的乘积, 所要确定的工厂或仓库位置 P 点到各点的运输量一定, 我们就可以运用重心法选择 P 点的位置, 使总运费最小。

如图 2.2 所示, 假设需建一个新厂 P, P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 两点向该厂提供原料, 产品销往 P<sub>3</sub>、P<sub>4</sub>、P<sub>5</sub> 点。从 P 到 P<sub>1</sub>……P<sub>5</sub> 的运输量为 W<sub>1</sub>……W<sub>5</sub>, 则总

运费 C 最小时  $C_{\min}^{(x,y)} = \sum_{i=1}^n W_i \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}$  i=1, 2, 3, 4, 5

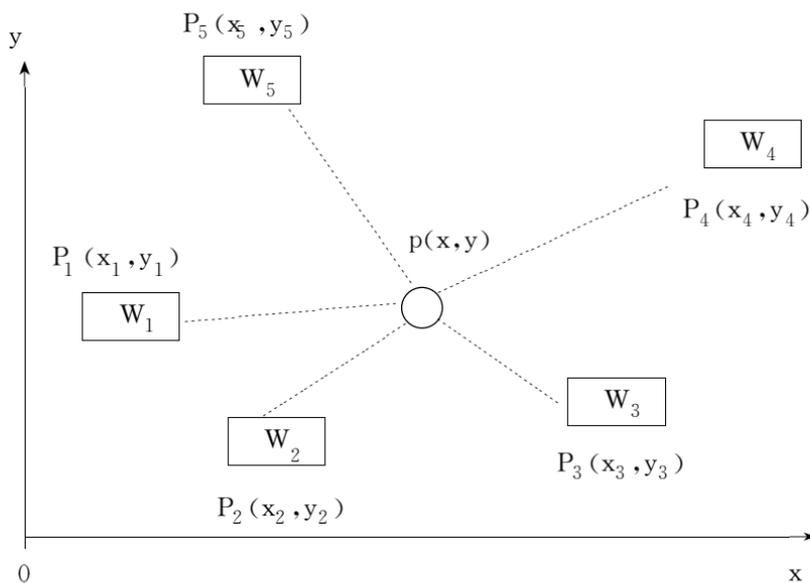


图 2.2 重心法选址

如果此题运用系统模拟的方法,可利用如图 2.3 所示的物理模型来模拟。做一个带有坐标刻度的平板,在相应的用户( $P_i$ )所在的坐标位置处钻一孔,在每一孔中穿过一绳,一端垂在板下并吊上一个法码,其重量  $W_i'$  与用户需求量  $W_i$  相适应(取一个比例值),另一端却在平板上,且与小环相联结,最后小环停留下来的平衡位置,就是总运费最小的新选择的厂址的近似位置。

此法如果用计算机进行系统模拟试验,将会缩短系统的试验周期,得到较好结果。

该法在实际运用中只能是近似的厂址,它并不考虑道路、自然条件等因素,而确定的厂址如遇这些障碍物时,则需避开。

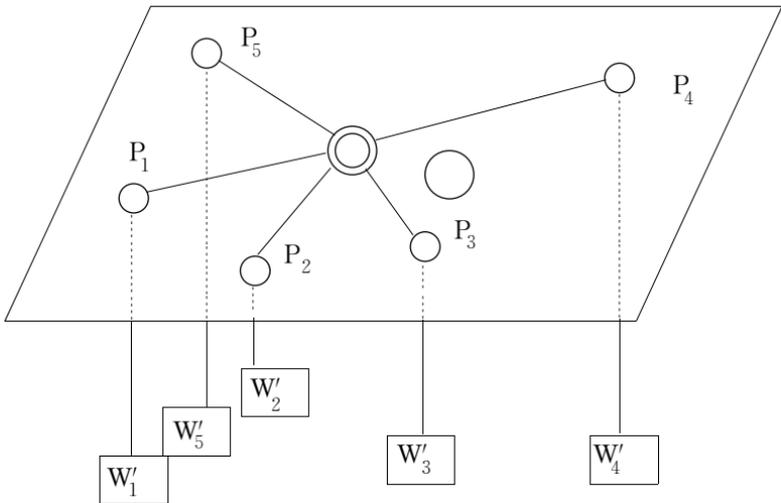


图 2.3 物理模型模拟

### □ 线性规划法

在重心法中,我们考查的是一个工厂或仓库对多个供应点或需求点(工厂、仓库、销售点)的问题,而对于这个问题上,则通常采用线性规划法加以研究,以同时确定多个设施的位置。下面的一个例题来说明线性规划法在设施选址上的应用。案例 2.3 就是一个典型的多个工厂对多个销售点的分配问题。在这个例题中,我们将确定在何处增加一个工厂,以使新增工厂与原有工厂对多个销售点总的生产——分配成本最小。

〔案例 2.3〕某公司拥有分别位于两个城市的两个工厂(X 厂与 Y 厂),生产同种类型的鞋子,运往另外五个城市销售(A、B、C、D、E 城),其中 E 城是新增加的销售地区。为了满足增长的需求,公司决定建造一个每周生产二万五千双鞋子的新工厂(Z 厂)。可供选择的建厂地分别是 B、C、E 三城。已知生产和分配成本,以及生产能力和市场需求(见表 2.3),试确定 Z 厂最佳选址地。

表 2.3 某公司的生产成本、分配成本、工厂生产能力和市场需求

	每双鞋子的分配成本、装卸、运储和运费					预计 每周 市场 需求(双)
	现有工厂		建议的厂址选址			
	X	Y	Zc	Zb	Zd	
A	\$ 0.42	\$ 0.32	\$ 0.46	\$ 0.44	\$ 0.48	10,000
B	0.36	0.44	0.37	0.30	0.45	15,000
C	0.41	0.42	0.30	0.37	0.43	16,000
D	0.38	0.48	0.42	0.38	0.46	19,000
E	0.50	0.49	0.43	0.46	0.27	12,000
正常的每周工厂生产能力(双数)	27,000	20,000	25,000	25,000	25,000	
单位生产成本	\$ 2.70	\$ 2.68	\$ 2.64	\$ 2.69	\$ 2.62	

根据表 2.3, 我们可以解三个分配矩阵, 矩阵中每一方格右上角是每双鞋子的生产加分配成本。表 2.4 显示了所得出的三个最优矩阵以及每个矩阵的总成本。经过比较, 新的工厂建在 E 城的总成本最低, E 城当选。

表 2.4 三个建议中的建厂地区的最优化生产——分配解答

工 厂 销 售 城 市	X	Y	Zc	市场需求 (千双)
A	3.12	⑩ 3.00	3.10	10
B	⑧ 3.06	3.12	⑦ 3.01	15
C	3.11	3.10	⑩ 2.94	16
D	⑨ 3.08	3.16	3.06	19
E	3.20	⑩ 3.17	② 3.07	12
生产能力(千双)	27	20	25	72

生产成本 = \$ 192500

## 生产与作业管理

分配成本 = \$ 26450

合计           \$ 218950

<div style="display: inline-block; transform: rotate(-45deg);">                     工 厂 销 售 城 市                 </div>	X	Y	Z <sub>b</sub>	市场需求 (千双)
A	3.12	⑩ 3.00	3.13	10
B	3.06	3.12	⑮ 2.99	15
C	⑧ 3.11	3.10	3.06	16
D	⑰ 3.08	3.16	⑧ 3.07	19
E	3.20	⑩ 3.17	② 3.14	12
生产能力(千双)	27	20	25	72

生产成本 = \$ 193750

分配成本 = \$ 26960

合计           \$ 220710

<div style="display: inline-block; transform: rotate(-45deg);">                     工 厂 销 售 城 市                 </div>	X	Y	Z <sub>c</sub>	市场需求 (千双)
A	3.12	⑩ 3.00	3.10	10
B	⑮ 3.06	3.12	3.07	15
C	3.11	⑩ 3.10	⑧ 3.05	16
D	⑫ 3.08	3.16	⑦ 3.08	19
E	3.20	3.17	⑫ 2.89	12
生产能力(千双)	27	20	25	72

生产成本 = \$ 192,000

分配成本 = \$ 26,400

合计           \$ 218,400

以上的例题是以目前成本、需求分类和对未来的估计为基础,静态线性规划模型进行分析的。如果上述因素的平衡改变了,则要采用动态的分析方法,针对市场需求及成本的变化改变生产能力的配置,以便产生一个对任何实际条件都是最低的总成本。关于动态的分析方法,读者可参阅有关线性规划的内容,这里不再介绍了。

### □ 直接推断法

在确定仓库位置及服务设施位置的多种方法中,库马华拉(khumawala)于1972年提出的直接推断法为我们提供了一种良好的工具,下面通过一个实例来介绍这种方法。

〔案例2.4〕某医务系统想在一个地区中部设两个医疗所。假定考虑的地点为乡镇中心,每个乡镇的人口分布均匀。又假定各个乡镇可能就诊于各个诊所的人数的权重因素(即反映相对重要性)都已明确(见表2.5)。要解决的问题是:找出两个能为四个乡镇服务的距离/人口费用最低的医疗所。

表 2.5

从乡镇	至医疗所(距离)				乡镇人口	人口的相对权重
	A	B	C	D		
1	0	11	8	12	10000	1.1
2	11	0	10	7	8000	1.4
3	8	10	0	9	20000	0.7
4	12	7	9	0	12000	1.0

步骤:

第一步:用表2.5的原始数据画出权重的人口——距离表(表2.6)。

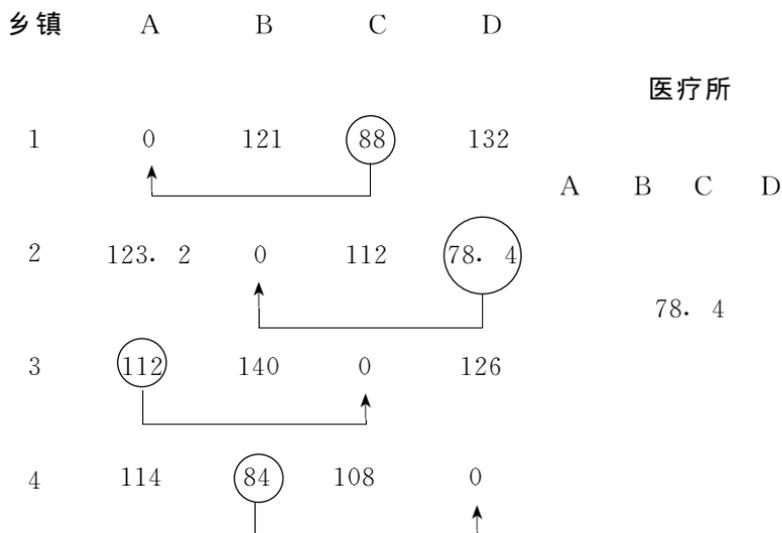


图 2.4

表 2.6 按权重的人口—距离(距离×人口×权重因素)

单位:千

从乡镇	至医疗所			
	A	B	C	D
1	0	121	88	132
2	123.2	0	112	78.4
3	112	140	0	126
4	114	84	108	0

第二步:圈出每一行中不是零的最小数。从这个数画一箭头指向同一行中的零,表示零所在的医疗所取消时需要增加的最低的提供服务费用,记下取消的医疗费用。取消后增加费用最低的医疗所的那一栏用

直线划掉,以示取消。

第三步:圈出来的最小数字自己扣除后,还从同一行中的其他数字中扣除,然后将经过取消和扣除后的数字排成矩阵(表 2.7)。如果剩下的医疗所数已符合要求,则不用再选。如果尚多,还须重复第二步和第三步。

表 2.7

乡镇	医疗所		
	A	B	D
1	0	88	132
2	44.8	83.6	0
3	112	0	126
4	114	108	0

由于还需取消一个医疗所,我们就重复第二步和第三步(表 2.8)。

第二步(重复)

第三步(重复)

表 2.8

乡镇	医疗所	
	C	D
1	0	4
2	33.6	0
3	0	126
4	108	0

现在问题解决了,医疗所 C 为乡镇 1 和 3 服务;医疗所 D 为乡镇 2 和 4 服务。这样解决的全部费用(距离×人口×权重)是  $88+78.4=166.4$ 。

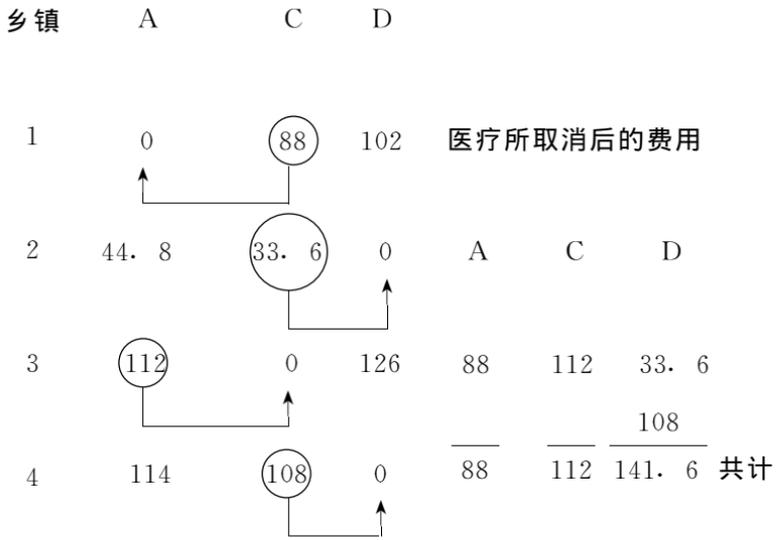


图 2.5

□ 引力模型法

引力模型法可用来确定零售商场的位置,它是“引力模型”为基础的。这种模型包含这样的假设:两个城市吸引中间市镇的零售贸易量,接近同两个城市人口成正比,同两个城市与中间市镇的平方成反比。尽管引力模型有其严格的局限性,但引力(或吸引力)概念深入这些模型,这些概念似乎简单,不过添加了一些顾客习性的新因素。

赫夫(Huft,1962年发表)编制了一个模型。说明已知的市郊商店区的利用率同系数  $S/T^\lambda$  成正比,即市郊商店区的规模对顾客从其原点到商店的时间之比。规模是以摊位占多少平方英尺计算的。走到商店的时间用符号  $\lambda$  修正, $\lambda$  是凭经验估计出来的反映到商店进行各类采购的行程的时间的影响。赫夫以明显的经验引证这两个因素对顾客选择市郊商店区所产生的影响。可能是需要预测顾客这类习性的唯一变数。

根据所有参与竞争的市郊商店区计算好的利用率,可以计算出顾客在已知原地走到市郊商店区进行采购的概率。把这个概率同一限定区域的顾客数相乘,可以得出从一个已知区来的顾客的预料数目的大概。这些顾客很可能象是要到一个已定的市郊商店区去作一次采购的。

这个模型的基本公式是:

$$E_{ij} = P_{ij} C_i = \frac{S_i}{T_{ij}^\lambda} \cdot C_i$$

$$\sum_{i=1}^m \frac{S_i}{T_{ij}^\lambda}$$

式中:

$E_{ij}$ ——从  $i$  到  $j$  的市郊商店去的预期顾客数

$C_i$ ——在  $i$  点的顾客数

$P_{ij}$ ——在原地区  $i$  某类顾客去特定市郊商店区  $j$  的概率

$S_i$ ——市郊区商店的规模

$T_{ij}$ ——从顾客基地  $i$  到市郊商店区  $j$  的行程时间

$\lambda$ ——凭经验估计得出的参数,用以反映进行各种采购的行程的影响。

根据这个模型,可以估计来特定市郊商店区作特定类型采购的顾客数。于是,使用调查数据来确定在这个地区的每户平均收入和平均家庭对各种购买品(例如家俱)的预算费用数字。把每个预算数字乘以该类型采购的预期顾客数,我们就能得到某一市郊商店的年销售量。这样,这个模型产生了关于销售潜在能力的替换方案的数据。这个推定是要选择一个可能获得最大收入的位置。如果给出在市郊商店区内的位置,课题就成为一个寻找合适场址的问题。

## 五、设施选址的发展趋势

上文分别介绍了综合因素的评价方法和成本因素的评价方法;除了文中介绍的几种评价方法之外,目前随着计算机技术的发展,计算机模拟法、分支界限法、计算机检索法也得到了广泛的应用。从设施选址的发展趋势看,有以下几个特点:

第一,计算机技术的普遍应用为复杂模型的计算提供了可能。特别是计算机模拟技术,多维准则的计算机检索技术等方面的发展,使人脑无法进行的大量计算得以通过计算机来实现。

第二,多目标决策特别是目标规划的发展,弥补了线性规划目标函数单一,求解过于严格的缺陷。设施选址往往涉及多个目标,多种约束条件。采用传统线性规划法往往仅能确定最大利润或最小成本作为目标函数,势必影响实际生产业务系统中复杂的多目标的要求,而线性规划对于可行解区的严格要求,又难以适应约束条件的复杂情况。目标规划的引入使我们在设施选址过程中得以考虑非成本因素的影响。

第三,设施选址日益向动态长期均衡决策发展。传统的设施选址往往是一次性的静态决策。所界定的产量、需求量、成本水平、竞争环境是建立在当前现实以及对未来的预测基础之上的。而现代的设施选址技术则适应了动态发展的要求,将企业的生产能力、分配方案与市场需求、成本变化、竞争局面均衡地加以考虑,不断进行修正。使工厂产量、分配方案、进度安排、库存服务水平的确定,以及厂外物料运输方案适应外部和内部因素的各种变化,并决定新建或关闭工厂和仓库的设施。这就使得设施选址这一长期决策与生产业务的中期短期决策有机地结合起来,以达到尽可能低的生产——分配总成本。

第四,设施选址的研究已由工厂选址、仓库选址,向服务设施选址方向扩展,并大量应用于实际中。特别是对于急救单位的定向问题,已取得了显著成效。(如救护车部署,消防站定位,警车部署等问题,比工厂、仓库、医院等定位更具有动态性)。

第五,设施选址技术相互融合,分步骤采用不同的方法。如采用引力模型法确定可获得最大销售量的商店区域后,再用积点法确定具体商店位置。表 2.9 列出确定工厂、仓库、医院、商店位置一般可采用的方法。

表 2.9 设施选择一般可采用的方法

方 案 \ 设 施	工厂	仓库	医院	商店	急救单位
分等加权法	✓			✓	
积点法	✓			✓	
位置量度法	✓			✓	
盈亏平衡点法	✓			✓	
重心法	✓	✓			
线性规划法	✓	✓			✓
直接推断法		✓	✓		✓
引力模型法				✓	
计算机模拟法		✓			✓
分支界限法		✓			✓
计算机检索法			✓		

## 第三章

# 物质系统的布置

哈佛商学院 MBA 教程系列

《生产与作业管理》

各种有形的生产装备都会碰到布置或重新布置的问题,要达到高效率的运行,这个问题必须解决。即使对不是从事物质生产的服务性系统,如仓库、百货公司和机械制造业的装备一样,也是同样适用的。物质设备布置将研究各种不同情况下的布置问题,并提出某些有助于布置设计的技术和指导的方针。

### 一、布置决策的依据

布置决策问题,可以定义为确定生产系统内各物质部分的最优安排。这里用“部分”这个术语而不用“机器”一语,是为了强调这样一个事实,诸如陈列架、消耗品的料箱、灯具和桌子经常是作为布置决策的一部分来考虑的。解决布置问题,主要是取决于生产系统目标,他们本身经常难以捉摸或互相矛盾。

通常,我们可以这样要求布置应达到的目标:使存贮费用、劳动力、闲置的设备和管理费用保持在一定的水平下,而达到预期的产量。我们研究每一基本的布置类型时,将发现这些因素的大部分是存在于所有布置决策中,但它们的相对重要性却完全不一致。例如,即使所有的医院均有医生、护士和病床,但不是所有都能设计成可提供相同服务的医院。再有,门诊所不同于疗养院,病人的流动模式不同,监护的范围不同,设或不设特别护理设施等。

其次,生产需求量的预测对布置决策的“目标确定”有着重要意义。在这方面,我们关心的是当前的与未来的需求量水平以及当前的与未来的产品品种搭配。如果我们预见到现有型号的产品,有一个相当稳定的市场,这与那种有显著的技术变化、市场相当不稳定或产品品种搭配有变动这些情况相比,在布置策略上将有明显不同。当然,这种区别与我们的目标是有联系的。在很多工业部门中,公司可以选择不同的策略。例如,可以组织品种多变的多品种生产,也可以是为用户的特殊需要单独安排生产等等。

加工过程的要求,是布置决策的第三个重要的依据,它是所选择的布置类型的主要约束条件。决定布置所需的数据因所制造产品的不同

而不同。在品种少且比较固定的制造业(如家具工厂)中,装配图是主要的输入。在品种繁多的制造业系统中(如常见的单件小批生产车间),机器规格说明有更重要的意义。要归纳出在非制造业设施中的过程数据的总数和种类,是困难的。因为这里有大量不同的转化过程。例如,对于商业性的洗衣房布置需要的主要的过程数据,如过程图、流程图和设备性能说明书等,而一个百货商店布置规划人员则很少需要这方面的信息。

布置决策需要的第四种主要依据是要进行布置的建筑物或场地的有效空间总数。典型地说,布置一般是约束在建筑物的实际范围以内(虽然也有例外)。为了确定工厂的料场、路旁餐厅和百货店的草坪与花园商店,布置决策时应包括内部与外部两者所需的空間。另一方面,公路、油库和墓地,则是在整个结构的外部。但是它们本身有明显的空间限制,用作界限的是地图的形式,而不是墙与天花板。

## 二、布置决策

一旦当公司目标、用户需要、加工要求和空间有效利用率的输入确定以后,下一步就是要把这些因素转变为需要容量和有效容量的数量估算。“需要容量”指两方面:一是必须满足生产系统当前需求的生产能力,二是满足经过一段时间后的未来需要的生产能力。“有效容量”指的是另一种生产能力,即通过重新布置现有设施而获得的生产能力,或是通过布置新的装置而获得的生产能力(在预算限度内)。

要想获得对能力的数量估算,首先,要适当地选择生产能力的测定单位。不是所有单位都是显而易见的,从表 3.1 中,可看到各种不同生产系统中所用的典型的计量单位。

表 3.1 所选择生产系统的能力(容量)测量单位

系 统	单 位
钢铁公司	吨数/时间周期
炼油厂	桶数/时间周期
航空公司	可用飞机数/时间周期
纺织公司	织物码数/时间周期
饭馆	座位容量
医院	病床数
机械车间	机器小时数
大学	学生数/年
百货商店	销售收入/平方英尺场地

用合适的测量单位,定出生产能力最好水平,乃是把现有生产能力与目前及未来需要的能力相比。这一比较的结果,是使实际选定的能力水平,在生产设施寿命期间,介于最大的可能需求量与平均预期需求量之间的一个折衷数字。这种决策显然由于对未来需要不明确而变得更困难。

与生产能力问题密切有关的是适应能力的概念。最理想的是,使布置能适应环境状态的变化,使得布置的计划工作,除了考虑到现有产品当前与未来的需求的变化外,还要必须考虑到新产品。此外,它有可能适应工艺与材料方面的技术突破,而不必花很多钱去作重新布置。以下各项可以使更多形式提高其适应性:

- (1)独立的机器或工作单元;
- (2)特殊建筑结构(可移动的墙,高应力地板,高平顶,设置数量较多的功率输出口);
- (3)从多方面选择物料搬运装置,如选择高架运输机;
- (4)有预定流程以便将来扩建而标出的面积。

### 三、基本的布置形式

一个部门或一个部门内部组成部分的布置形式,可以根据工作流程或生产系统的功能来安排。

首先要看工作流程形式,我们可列举三种基本型式:产品布置、工艺布置与定位布置。

(1)产品布置。是根据产品制造的步骤来安排各组成部分。从理论上讲,流程是一条从原料投入到成品完工为止的连续线。这种布置形式的例子有汽车装配线、食品加工过程和家具制造业。

(2)工艺过程布置。是根据所执行的一般功能,对各工艺组成部分进行布置,并不考虑到任何特殊产品。如单件小批加工车间、百货商店和医院通常是这样安排的。

(3)定位布置。是根据体积或重量把产品保留在一个位置上。设备是围绕着产品而转,而不是相反。影院的听音场所、飞机装配车间和造船厂,是作为这种布置方式的典型。

其次,关于按生产系统功能布置分类,可以列举三种类型:存储布置、销售布置和工程项目布置。

(1)存储布置。是指在仓库或储藏室内安排各组成部分的相对位置。它不同于其它布置类型,即只起到储存的功能,不对产品进行直接加工或服务。

(2)销售布置。是对组成部分的布置只考虑便于产品的销售而不考虑其生产。这种布置类型可用于零售商店、超级商场、展览会及顾客展览室。

(3)工程项目布置。是指对组成部分作一次性的排列。如开发建筑、拦河坝和公路等建设场地。虽然项目布置在很多方面同定位布置,但后者的特点在于有固定的设备,这些设备可用来设计加工多种产品。另一方面,项目的布置必须围绕着从事工作的特定的地点。在很多情况下,随着工程进展而改变其位置。

这些差别,从经济上看有其重要的意义。例如,投资于专用的不可移动的设备并建造房屋来保护它,一般说来这对固定位置的布置是有理由的,而在工程布置的条件下就不行了。

应该指出的一点是,各类布置往往考虑到具有多种功能,功能的综合是常见的。例如,超级市场,主要是从销售的准则来布置,但在货架上却陈列多种商标的货物,而且还有一部分作库存布置。此外,工作流程和功能安排的综合也是很常见的。在地窖里的库存葡萄酒,不仅是作为库存功能的布置,而且也是按工作流程的布置(可能是生产性布置)。

### 四、布置的定量分析

在上述讨论的几种形式中,工艺布置以及装配线平衡(生产布置的特殊情况)要进行大量的分析工作。为了有助于解决这些繁重的工作,已研究出若干数量方法。这些方法已得到广泛注意,不仅因为它们在生产系统中广泛采用,且因它们成为当前综合数学方法方面的繁难理论问题。我们将简单地深入讨论一下这些方法。

#### □ 工艺布置

在进行工艺布置时最常用的方法是按相同的组成部分来构成与安排部门,使它们的相对位置达到最佳。在很多设备安排中,最佳位置通常意味着妥善安置那些相互间有大量运输量的部门,使总的物料运输管理费用达最小。例如,生产从钢厂来的订货项目,按其原理,可以先规定精加工设备的位置(如高精度六角车床),其次规定粗加工设备,因为很多项目是按机械加工的顺序进行加工的。但在很多情况下,物料搬运费用的概念应扩充到个人物料搬运的费用。例如,可能的话,应在熟练机工的近旁留工具箱位置,目的是使他们在操作机器时所花时间最少。在大型保险公司,最好是把保险人的文件紧靠着办公桌。

对工艺布置的一般方法和提出某些独特的问题,可用下面图解的例子说明。假设我们需要安排一个玩具工厂的八个部门,要使各部门间物料搬运费用最少。为了简化,假定所有部门有相同的面积,譬如说 40 英尺×40 英尺。建筑物宽 80 英尺,长 160 英尺(于是与前面的面积不矛盾)。第一件事,我们需要知道各部门间流程特性和物料运输方法。如果公司已有另一工厂制造类似的产品,有关流程方式的信息可以从记

## 生产与作业管理

录中取得。如果这是一个新品种,则信息将来自工艺流程或根据诸如工业管理工程师或工艺师那样有知识的人员的估算。当然用这些数据作建议布置时,不管他们的来源如何,应加以修改,使之符合未来品种发展的需要。

表 3.2 各部门之间流程

部门间流程		部门								活动范围
(流动数量)		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	/	175	50	0	30	200	20	25		1 发运与收货
2	/		0	100	75	90	80	90		2 塑性铸造与 冲压成型
3	/			17	88	125	99	180		3 金属成型
4	/				20	5	0	25		4 塑料熔合部门
5	/					0	180	187		5 小型玩具装配
6	/						374	103		6 大型玩具装配
7	/							7		7 涂漆
8	/									8 机械装配

这里假设,信息是具备的,所有物料是用标准尺寸柳条箱来运输,用铲车将柳条箱逐个装上卡车(构成一个“装载量”)。假设在邻近的部门之间运输费用是搬动一装载量为1元,而其他部门之间另外收费1元。运行第一年的部门之间预期的装载量列入表3.2。工厂面积见图

3.1。



图 3.1 工厂面积

给出了这些信息,第一步是用简单模型图说明各部门的流程特性,如图 3.2 所示。它构成基本的布置型式,下面我们将加以改进。

第二步是决定布置费,其方法是把每一部门装载量乘以物料运输费用,表 3.3 所示即此信息。其求法如下:部门 1 与 2 之间每年物料运输费用是 175 元(1 元 $\times$ 175 个装载量),部门 1 与 5 之间是 60 元(2 元 $\times$ 30 个装载量),部门 1 与 7 之间是 60 元(3 元 $\times$ 20 个装载量)等。

第三步需要研究由于部门布置的变化,而将缩减搬运费用。检查费用矩阵,表明需要适当地把部门 1 与 6 安排得靠近一些,因它们间的搬运费用昂贵。然而使这些部门靠拢则需要移动几个别的部门,从而影响它们的移动距离的费用与第二解的总费用。图 3.3 表明由于改变部门 6 与其邻近部门的布置(部门 4 是任意选择的)而得到的结果。表 3.4 中带有圆圈的为变化了的费用,从而得到修正后的费用矩阵——其总费用较之最初解高出 262 元。显然,这是由于部门 6 与 7 之间的距离加了一倍,这是形成费用增加的主要原因。这说明,即使在一个很小的问题上,根据偶然的检查,很难作出正确的“清楚的移动”。

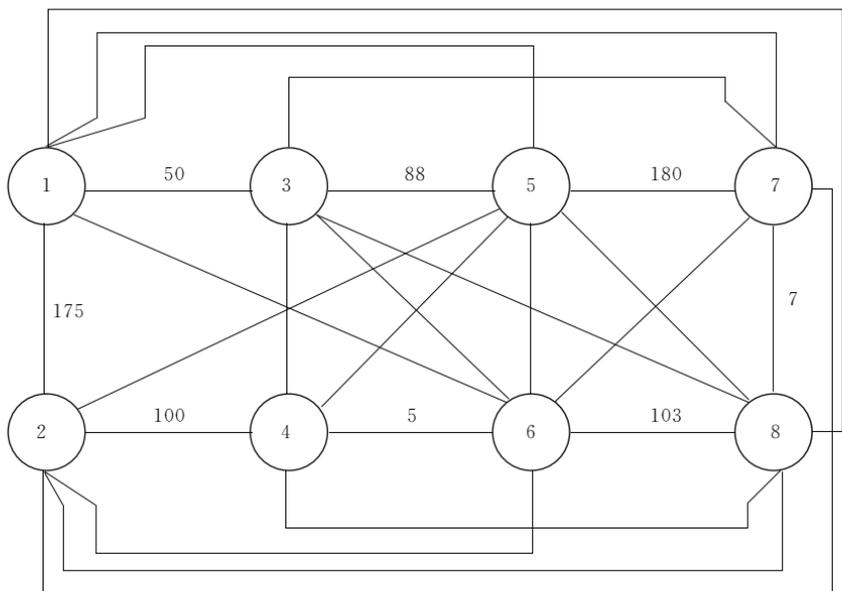


图 3.2 各部门之间流程曲线图与每年的运输总量

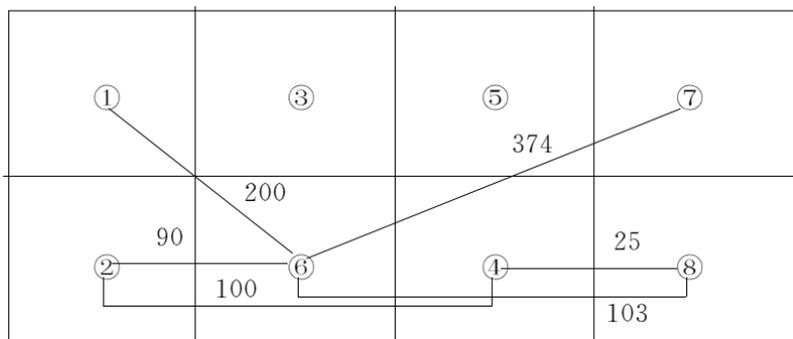


图 3.3 校正后的各部门之间流程曲线图  
(仅描述影响费用的各部门之间的流程)

表 3.3 费用矩阵——第一解

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		175	50	0	30	200	20	25
2			0	100	75	90	80	90
3				17	88	125	99	180
4					20	5	0	25
5						0	180	187
6							374	103
7								7
8								

至此,我们仅进行了大量的可能变换中的一个。事实上,对于八个部门的问题,可能存在的布置是  $8!$  (或 40320)。所以说,通过合理的试验次数,才能求得一个最优布置,上面所取步骤仅具有很微小的可能性。我们的问题到此也没结束。

假设,在只考虑物料搬运费的基础上,我们得到一个好的试凑解,如图 3.4 所示(总费用是 3244 元)。首先我们注意到,发运与收货部门是接近工厂的中心区——这样布置多半是不容许的。同时也应注意到塑料熔合部门紧接在油漆部门后面,会带来这样的危险,即棉花纤维及布织物微粒可能飘到油漆物品上。另外,小型玩具装配与大型玩具装配是位于工厂的两端,这将增加装配工的行走时间,他们很可能在同一天不同的时刻需在两个部门工作,同样,也要增加车间主任的行走时间,他们可能同时要管两个部门。

小型玩具装配 5	机械装配 8	发运与收货 1	大型玩具装配 6
金属成型 3	塑性的模压与冲压 2	塑料熔合 4	油漆 7

图 3.4 可行的布置

可能还会向这个例子的其他基本假设提出挑战：

(1) 部门规模的相等。这一条对大多数工厂来说，是一种例外，而不是一般规则。即使不同部门有同样大小面积，L 或 U 形比正方形或长方形可能更合适。

(2) 对设备的安装无约束。例如，成型与锻模设备，可以安装在地面能承受高压力的专用房子里。

(3) 通向部门场地出入口没有限制。按惯例，对于物料搬运，可能只有一个或两个入口。因此，实际输送距离可能与作为邻近部门的距离的简单假设有较大的出入。

(4) 物料搬运方法。物料搬运方法的多样化完全是可能的。物料的装载量较小时用手推车而不用铲车搬运。在某些场合中用皮带运输机或滚道式运输机。不论采用这些方法中的那一种，都将影响各个部门间的搬运费。

表 3.4 费用矩阵——第二解

	1	2	3	4	5	6	7	8	净费用变化
1		175	50	0	60	200	60	75	-200元
2			0	200	150	90	240	270	+40
3				17	88	125	198	360	
4					20	5	0	25	-25
5						0	180	187	
6							748	206	+374元 +103元
7								7	
8									

+262元 总费用:3736元

### □ 系统布置的计划工作

在布置问题的某些形式中,欲获得部门之间物品的流动数量,或是不实际,或则不能真正显示质的因素,而这些对于布置决策可能是关系重大的。在这种情况下,常采用称作为系统布置的计划工作(SLP)的方法。这方法要求建立一种能说明每一部门与其邻近的其他各部门位置的重要程度的相互关系图。从这个图可推导出相互作用关系图。这图相似于用来说明部门间物料运输的各部门流程图。相互作用关系图通过误差试凑法的调整以获得满意的邻接模型。随着一个部门一个部门地顺次修改这种模型,以符合面积的限制。

它明白地指出,要完成一个好的过程布置,需要同时作出数学上、

经济上和技术上问题的解答——这些问题中任一个,就它自身来说可能是极为复杂的。为了掌握这些问题,研究人员用计算机模型进行工作,这种模型就如我们简单例子中遵循的那一种。此外,他们还提供复杂的流程测量,并允许对不同约束条件进行调整,如建筑结构特性(例如,楼梯井与升降机)与固定部门的布局。这些模型也有处理重新布置问题的能力,通常比我们已讨论过的最初布置情况有更多的要求。

(1)自动化布置设计程序(ALDEP)与计算机处理的关系布置计划(CORELAP),采用优先评价法。这方法的优点是把车间布置中重要的一切特性包括在内。另一方面,在这些方法中应用的计分技术,要求以数量表示主观的优先选择,这本身是有风险的。

(2)计算机处理的设备相对分配技术(CRAFT)要求使用者提供一个初步的可行的布置。程序以每次变换二个或三个部门的方式来修改布置,直到不能进一步降低物料搬运总费用为止。然后第二个初步的布置可能得出,程序可继续运行。这种相互影响的过程是重复地进行,直到获得满意的布置为止。

ALDEP 或是在程序内产生一系列随机布置,并选择一个优先记分中的最好的,或是产生一个随机布置,并使部门成对地变换,直到在优先记分中没法更进一步改进为止。

CORELAP 只不过产生若干预先规定的随机布置;并选择一个最好的“全面接近的评定”(优先分数)的方案。

(3)ALDEP、CORELAP 与 CRAFT 都是推断式程序,这些程序并没有探查一切可能的部门的布置方案,也没有提供最优解。因此,不论采用什么方法,如果我们搞出大量可供选择的布置方案,那么获得一个好的布置方案的机会大大增加。

总之,工艺过程布置提出了实质性的问题,表现在有许多可能的安排方案,以及在方案设计上如何选择与利用布置的准则。计算机技术用于布置要比“人工”方法有明显的优点。计算机技术处于严格的假设基础上,把它们用于特定的情况以前,必须细微地审查这些假设。由于这些原因,在处理工艺过程布置问题时,要强调选择合适的尺度。

### □ 产品的布置——装配线

产品的布置与工艺布置之间明显不同的特性是工件流程的模式。在工艺过程布置中,模式是高度可变的,而产品布置中,则是高度可预测的,因为它本身是产品制造过程的函数。由于这个缘故,在一个产品系统内,其各部门的相对位置安排以及生产部门内的各部分的定位所出现的困难比在工艺布置中来得小。然而,在特殊情况下的产品布置如装配线的布置,工厂设计人员将面临着复杂的问题。这种布置目标是达到产品装配的均衡流动,使在生产线上操作的工人停机时间最短。

在多数场合,装配线布置的最初出发点是以这条线的出产量为根据。一旦这条装配线建成后,装配线平衡问题在很大程度上是作业计划问题。这是两个相反的出发点,即给定出产量要求与给定已建立的装配线——可用表现为以下装配线平衡问题的公式:

求(a),在给定的周期时间内工作地点的最小数量。

或求(b),在已定的工作地点数量范围条件下最小的周期时间。

(一个“工作地点”通常是为完成给定工作量的特定的位置,不一定总是由一个操作人员操作。“周期时间”是指相邻产品在装配线上通过所需的时间。)

如果我们研究(a),由于我们必须确定工作地点的数量,以达到特定的周期时间,因此我们的问题是一个布置问题。如果我们研究(b),由于我们已知工作地点数及布置的基本状态,所以,是一个编制进度表问题。而实际上,这些设计装配线系统的人员是很少区分这种布置与进度表的差异,因为一旦装配线的形式和长度确定后,求解过程是将(a)与(b)合并处理的。

表 3.5 J 型手推车装配步骤与时间

任 务	完成时间 (秒)	说 明	先行工序
A	45	安置后轴支架并用手将 4 个螺母紧固在 4 根丝杆上	—
B	11	插入后轴	A
C	9	拧紧后轴支架螺母紧固在丝杆上	A,B
D	50	安置前轴装配并用手将 4 个螺母紧固在 4 根丝杆上	—
E	15	拧紧前轴装配螺钉	D
F	12	安置 1° 后车轮且紧固轮壳轴承盖	A,B,C
G	12	安置 2° 后车轮且紧固轮壳轴承盖	A,B,C
H	12	安置 1° 前车轮且紧固轮壳轴承盖	D,E
I	12	安置 2° 前车轮且紧固轮壳轴承盖	D,E
J	8	沿前轴装配手推车手轮旋转轴,且用手紧固螺栓与螺母	A,B,C,D, E,F,G,H,I
K	9	紧固螺栓与螺母	J

周期时间的确定:

每天需求量(D):500 辆车

每天生产时间(p):420 分钟

所有任务总计时间(T):195 秒

$$\text{周期时间(C)秒数} = \frac{60P}{D} = \frac{60 \times 420}{500} = \frac{25200}{500} = 50.4 \text{ 秒}$$

$$\text{理论上最小的工作地数(N)} = \frac{DT}{60P} = \frac{500 \times 195}{25200} = 3.87$$

我们再采用玩具工厂的例子,说明装配线平衡问题的特性及其解决问题的方法。无论如何,此时我们考虑问题的中心点是大型玩具装配部门。在那里,我们将考虑如何在传送带上装配玩具车。为了进行分析,

需要一张进行产品装配任务的表。它们的操作时间和它们的顺序规定，此外，我们需要一个估算的周期时间。这些信息一般根据装配卡数据与需求量预测资料得出，现列入表 3.5 中。为了更易观察顺序关系，在图 3.6 中表示出前后关系图。

在平衡作业线以前，我们对于需用的周期时间进行了观察。如果没有把工序分散由两个或更多工人来作，任务 D 需占用的最短周期时间是 50 秒。而全部装配任务的周期时间为 195 秒（假设没有额外的工具搬运和操作人员移动），若由一个操作者完成整个装配，这数字就是装配时间。最后，如果这个问题没有程序上的限制，可能发生的任务操作排列应是  $11!$ （或 39,916,800）然后，在这种情况下，由于程序上的限制，大大减少了可能排列的数量。

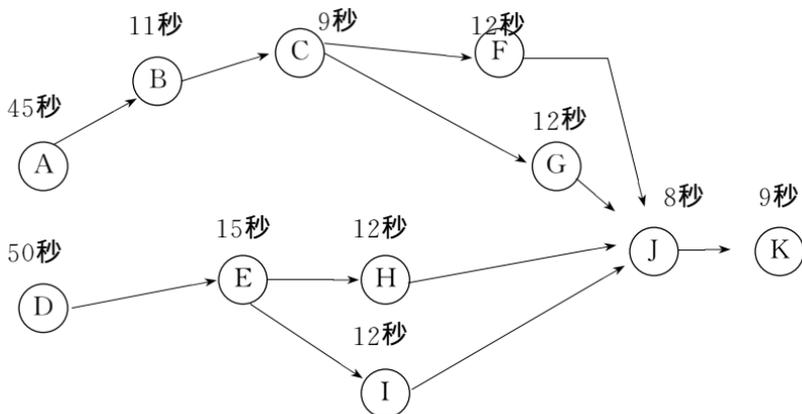


图 3.5 J 型手推车工序关系图

参照表 3.5，我们注意到为了达到每天 500 单位需求量周期时间应该是 50.4 秒。因此我们的目标是求满足这个周期时间的最小实际工作地点数（强调“实际”是因为——尽管在表 3.5 中理论上的最小工作地点数已被我们计算出来——由于工作地点数必须是整数，按计算出总数我们不可能精确地平衡）。另外，前后关系的限制与试图合并全部动作在每个工作地点内的问题，使实际工作地点数比理论上算出的更多。已知周期时间后，平衡生产线第一步是选定一个规则，以便把任务

划归给各不同的工作地。在此例中已选择两个简单规则：

- (1) 首先分配以后任务数量大的任务。
- (2) 首先分配操作时间最长的任务。

为获得第一个平衡,我们将采用规则 1,并不受规则 2 的约束。对于第二个平衡,将把这顺序颠倒过来。

利用规则 1,我们最初排列任务如以下次序(表 3.6):

表 3.6

任 务	下面的任务数目
A .....	6
B 或 D .....	5
C 或 E .....	4
F,G,H 或 I .....	2
J .....	1
K .....	0

按工作地顺序分配任务,分配时要服从前后关系限制(这种限制是要待所有前道任务分配后,才能分配这一任务),服从周期时间限制(任务时间必须小于留下未分配的工作地时间),所获得的平衡与工作地点停机时间如表 3.7 所示。

利用规则 2,任务的最初安排应是 D,A,E(F,G,H 或 I),B(C 或 K),J。规定的工作地点和停机时间如表 3.8 所示。

分析这两种平衡结果,可以看到:用规则 1,辅以规则 2,对工作地点平衡引起停机时间总计为 57 秒;而用规则 2 辅以规则 1,得出四个工作地点的平衡,其停机时间总计为 6.6 秒,这种情况显然是较好的,在这方面,明显的问题是:在其他平衡线问题上我们能否得到类似的结果?有关这些,我们只能说:“视情况而定”。

视情况而定,主要取决于所考虑的任务的数量和它们的安排次序,即前后关系制约程度。很遗憾,这种相互作用的程度,还不可能提供一般的指导准则。再者,也可用其他有用的探索的规则,如任务权重技术,也许比规则 2 完成得好得多。实际上,如果问题是相对地少,例如说少

于 30 项任务,也许最好策略是试验几种不同的规则。经验证明,对于较大的问题,可使用较复杂的权衡程序的计算机技术或数学程序方法。

表 3.7 根据使以后任务数目最大的规则所作出的平衡

	任 务	任务时间 (秒)	剩下的未分 配时间(秒)	可行的 遗留任务	最多的后 道任务	操作时间 最长的任务
工作地点 1	A	45	5.4 停机	没有	没有	
工作地点 2	D	50	0.4 停机	没有	没有	
工作地点 3	B	11	39.4	C,E	C,E	E
	E	15	24.4	C,H,I	C	
	C	9	15.4	F,G,H,I	F,G,H,I	F,G,H,I
	F*	12	3.4 停机	没有		
工作地点 4	G	12	38.4	H,I	H,I	H,I
	H*	12	26.4	I		
	I	12	14.4	J		
	J	8	6.4 停机	没有	没有	
工作地点 5	K	9	41.4 停机	没有		

\* 表示任务任选其中最長操作時間中是同數的。

表 3.8 根据最长操作时间规则作出平衡

	任 务	任务时间 (秒)	剩下未分 配时间(秒)	可能留下 的任务	最长时间的 任务	后道任务 最多的任务
工作地点 1	D	50	0.4 停机	没有	没有	
工作地点 2	A	45	5.4 停机	没有	没有	
工作地点 3	E	15	35.4	B,H,I	H,I	H,I
	H*	12	23.4	B,I	I	
	I	12	11.4	B		
	B	11	0.4 停机	没有		
工作地点 4	C	9	41.4	F,G	F,G	F,G
	F*	12	29.4	G		
	G	12	17.4	J		
	J	8	99.4	K		
	K	9	0.4 停机	没有		

\* 表示任务任选,当以下任务数量中是同数的。

上述例子,我们研究出了针对具体周期时间的最好的平衡方法。然而,管理人员非常关心的是生产线对于生产率和工作地点数量的变化将有什么影响。通过改变周期期限和劳动力多少,能推导出生产线停机时间与生产时间的效率关系,这就需要在周期时间范围内进行一系列的平衡,并从数量上求解效率测量(measures of efficiency)。一旦完成

这些计算,可由此绘制出一张图,从图中可以决定任何周期时间内的劳动力组合效率。

用于玩具车生产线,比如说,我们可以试验,从 50 秒(每分钟 1.2 辆)到 70 秒(每分钟 0.86 辆)的组合。效率测量可从下面式子获得:

$$\text{效率}(E) = \frac{\sum_{i=1}^{11} t_i}{nc}$$

式中:

$t_i$  = 每项任务的时间,  $i = 1, 2, 3, \dots, 11$ ;

$n$  = 工作地的实际数目;

$c$  = 选择的周期时间。

因此,为了达到平衡,按规则 1,

$$E = \frac{195}{(5)(50.4)} = 0.77 \text{ 或 } 77\%$$

对于规则 2:

$$E = \frac{195}{(4)(50.4)} = 0.97 \text{ 或 } 97\%$$

其他因素也影响到生产线最终的时间平衡。从劳动力方面来考虑,如果保持劳动力不变,可以确保生产线能按出产量水平来运转,但这将形成大量停机时间。如果零件和部件装配要满足每天可达到 420 辆手推车水平,这个产量对于三个工作地的生产线来说是负荷太大了。但选择一个更高速的运转的生产线,可能又不到一整天就引起存贮量增加与协调问题。根据丰富的实践可能得出这样的论据,问题如此重要,工艺选定前最高级管理应具备平衡生产线的较完整的知识。

关于平衡的其他考虑。时间只是几个准则中的一个,根据这个准则,把作业分配给工作地点。其他准则可个别地采用或部分地同时间结合起来采用。通常,这些准则将被列入“可行余留的任务”表中,其方式,如同前后关系或时间准则的一样。

(1) 操作员工资率:由于这是普通的惯例,按照操作人员的最熟悉的工作付给他们工资,在一个工作地点上完成超量工作,可使成本下降。

(2) 设备布置:需要同样工具或机器的任务,可以分配给一个专用设备的工作地点。

(3) 零部件堆放场地: 分配任务时, 不要使任何一个工作地点上堆放大量零部件。

(4) 同类零件: 需用同样零件的任务, 可以合并在一起, 使生产线的存储位置数降到最小。

(5) 社会心理的因素: 为了达到使操作者有完整意义的工作, 许多任务可组合成有意义的整体, 以便于两个人一起工作。

6. 任务特征: 脏的工作, 如油漆、油或油脂可以放在同一地区; 而不相容的工作, 如油漆和砂, 应予分开来。

最后, 我们假定处于平衡条件下的工作时间是确定的; 然而, 由于装配线不是用机器而是人工操作, 这种假定会与实际有出入。的确, 我们期待发现一个工人执行同样任务有时间上的变化, 而不是期待一个固定的时间重复出现。再说, 这种变化的大小随操作人员而不同, 即使对同一个操作人员, 在不同天数里也是不同的。

### □ 定位布置

定位布置, 与工艺过程和产品布置形式相比, 其特征是生产单位数目相对地少。在应用定位安排时, 我们可以把产品看作是个轮毂, 而物料和设备以它们使用的顺序以及移动的困难程度, 环绕产品作同心圆安排。例如, 在船坞中, 采用铆钉连接整个结构时, 铆钉要放在靠近或在船壳内; 沉重的发动机部分, 只须一次移至船壳内即告完成, 可放在较远的位置上; 常常要用的起重机可把它安装在接近船壳的地方。

在定位布置中, 一般是高度地安排作业顺序, 达到这样的程度: 由前后关系决定其生产阶段。定位布置, 按照它们的工艺优先次序安排材料。这种过程可用来对大型机床作安排, 像大型冲压机, 其制造是沿着一个严格的顺序安排布置的; 从基础往上装配, 大部分零部件按建筑型式加到基础上去。从定量布置技术来看, 虽然此法已用了几千年, 但定位布置形式的文献资料却很少, 缺乏进行研究的原因, 大概是由于产量少这一特点及定位布置产品所具有的高度的工艺顺序。

### □ 销售布置

销售布置的一般目标, 是使每平方英尺陈列面积的净利(纯利润)最大。工作方面, 这个目标通常转为这样指标, 如“最小存储费用”或“最

大产品展示”。尽管它们是简单的,在布置设计工作中使用这些指标与类似指标,会形成像仓库这样的存货,并要求购货人像定货挑选者或展览柜保管员那样来处理工作。这一指标不是针对零售商而是针对顾客的。这一建议已得到实现,产品不按其物理性能或货架空间和服务需求分类,而是按照购货人能看到有关商品的角度来进行分类。这种联合分类原理的流行从百货商店增加金银首饰品的出售与超级市场增加时装部分的最新趋向中可以看到。

除了产品分类,通道特性在市场平面布置中是特别重要。除决定通道数目多少外,还要决定通道的宽度,因为这是所要求或所希望的通行的直接功能。为了开阔顾客对商品的视野,让顾客经过主要通道时,可使第二类、第三类通道按斜角设置。

长方形的布置可节省需用的陈列用具,并可包含更多的陈列空间。如果从存储管理角度来看,储存量是重要因素,那么,应选用这种布置方案。另一方面,斜角布置给顾客提供较清楚的商品视野。并且,如果其他情形都一样,那么,应展示一个更合需要的销售环境。

当然,还有其他布置形式,有些是这两种型式的混合,其他还有:由环形或任意型式组成的“特别设计的”形式,它可能要比这两种基本布置形式更为合适,必须说明进行平面布置不只是简单地在陈列场地间进行选择 and 便于检查的问题。其他如定价政策、仓库地点、仓库设想、产品品种的考虑以及其他许许多多的因素都是决策时应予考虑的。

从前面所述的可以推测,行为因素的影响,使得在销售布置中严格与迅速的规则,成为一个需要研究的问题。然而,从销售研究中得出不多的几个指导准则,值得提到的是:

(1)在超级市场,在购物时人们倾向于采纳圆形方式,因此,沿着商店的墙,放置一些高额利润的物品,将提高他们购买的可能性。

(2)把要“减价商品”放在超级市场通道的末端,通常要比放在通道中间容易售出去。

(3)为顾客服务的或需要顾客等待的如赊购或其他非销售部门,应放在铺面层,也可放在“末端”地区。

(4)在百货商店中,最靠近商店入口处,以及靠近陈列橱窗的位置,从销售潜力来看,是最有价值的地方。

### □ 货栈布置

货栈布置,特别是仓库布置,在决策准则上,有其独特的重要性。要获得一个最佳的布置,涉及多方面权衡斟酌;诸如存储面积的高度和深度、存储物品的变化、物品存取的需要、建筑物占用的费用和水平距离的运输费用等方面要联系起来考虑。由贝里(Berry)开发的解决这问题的一种方法是采用有几何根据的方程式,这些方程式把这许多因素(和其他变量,如要求的入口处宽度和货架尺寸)加以数量化,以及对一个具体的布置达到一个最优的解决。虽然贝里(Berry)的方程是复杂的,但他的发现是十分有价值,特别是用于校核不同布置方案和存贮品种的搬运费用、存贮费用和仓库体积的需要量方面。

贝里(Berry)从他的布置方程式得到几个较为重要的结论:

(1)能使仓库空间得到最大程度利用的布置方案,不一定能使运输费降到最低限度。

(2)如果通道数目小于最佳值,这建筑物的成本费愈高(同货物在建筑物内的搬运费相比而言),则其通道长度也越长。假如通道数多于最优数,则由于建筑物——费用比上升,通道长度将越短。

(3)如果一个仓库将来还准备进一步扩大,那么不仅需要知道储藏体积是否会增加,还要知道将来吞吐速度和储备品种是否会变化。

(4)如采用长方形贮货块,仅当采用最优数通道时,最优平面布置才近似于正方形。通道数量距最优数越多,最优布置越不接近于正方形。

(5)如果储存地点用于存放特殊贮备物品,可能是一种不对称布置,将使总费用降低。

(6)当存储品种数不多时,采用对角线通道,比一个最佳长方形块状布置的总费用要低些。当容量费用或面积费用与运输——距离费用相比较低时,则也会导致总费用下降。

### □ 工程项目布置

如装配线平衡中那样,一个工程项目的布置,是实物布置和作业进度活动的结合。然而,在工程项目布置中,需要的空间数量在很大程度上受发货进度表编得紧凑与否的影响。确实,在那堆放物料的极其有限的地方,例如在一个拥挤的商业区,建筑一个大的建筑物,进度表问题,

也就是一个布置问题。在具有堆放物料的适当空间时,对物料时间进度问题的压力就减小,允许管理部门通过仔细布置物料和设备来实现项目的经济性要求。

在建筑施工的工程项目中,其中工程指挥人员首要责任是准备好一个按比例尺寸绘制的工程图,在上面画出工程项目的位置、指出办公室、仓库、物料储存、设备、地面、建筑物形式和钢筋。实际上,不幸的是有效的措施和绘制比例画所提出的准则是有一定程度的主观性。这一点可由以下指导原则得到说明,这些原则引自有关建筑施工布置的著作。

(1)减少物料的二次运输工作量,其方法是把物料送到接近使用的地点。

(2)用途相似的物料,应紧靠一起贮存。

(3)总办公室的布置应靠近主要进口处,从而使那些来接洽业务的人可以避免在厂区走很多路。

(4)仓库的布置靠近入口处,以便于物料的交货和验收。

## 第四章

# 产品设计 与工艺 过程的选择

哈佛商学院 HBS 教程系列

《生产与作业管理》

进行产品设计,必须从市场、有关工程技术学科(指生产物质产品时)以及生产职能等三个方面取得大量的资料与信息。由于在产品设计阶段要全面地确定整个产品的规格,生产系统因而也就基本定局了。如果,一个产品的设计缺乏生产观点,那么生产时就将耗费大量费用来调整与更换设备、物料和劳动力。如果产品设计得好,将大大降低产品成本,使企业增加利润并增强它的竞争能力。一个好的产品设计的重要作用会迅速地体现出来。但由于其它企业也逐渐掌握这种技术,企业便不再能独占因使用这种工艺过程所获得的利益。许多在市场竞争中占优势的企业,都十分注意产品设计的细节,以便设计出造价低而又畅销的产品。

工艺过程的选择(即选择从原材料投入到产品出产的制造方法),同样会影响到生产系统和企业经营的成败。在制造业和连续生产工业中,选择主设备是一项主要的经济决策,必须考虑到和权衡需求增长情况、技术上的新发展,以至于某些社会心理因素。在服务行业和其它劳力密集的工业中,生产的主力是劳动力,工艺过程选择的重点是转向研究操作程序。而在有些服务系统中,选择适当的设备往往比制造业还重要。例如,自动洗车业、航空公司及洗衣铺就是这样的一些行业,几乎全靠正确地选择好设备。

在制造业和服务业中,除了要做好同生产直接有关的工艺过程选择外,辅助过程的选择也同样会影响到企业的成败。最常见的辅助过程要算是广泛应用的数据处理系统,它需要购置或租用计算机。选择计算机却始终是件充满困难的事情,这不仅是由于它费用昂贵,还由于它的选择与运行,需要一套与一般组织工作所不同的特种技巧。一般说来,一个经营成功的企业都知道在它的主要技术方面,哪些能够做到,哪些则做不到:一个钢厂知道如何生产钢材;一家信托公司知道如何借款和投资,但唯独只有计算机制造厂才知道这种高级产品的来龙去脉。

## 一、产品设计

在生产主管人员的眼中,产品设计活动的关键是输出产品的规格。这些规格为一系列决策提供依据,包括购买原材料,选择设备,配备工人,甚至包括决定生产设备的规格与布置。

一般认为产品规格就是蓝图式工程图(工作图),其实它有很多不同形式,从高度精确的数量说明直至相当灵活的指导准则。

我们把产品的设计过程用流程图的形式加以描述如图 4.1 所示。

它是从一些产品设计方法中综合而成的,开始可以把它作为一种理想的情况来理解。但也必须说明,产品设计和研制,很少会象图中所示那样截然地分阶段来进行。它们往往是环环相扣,某些活动常常是同时完成的。再者,在不同工业中这些阶段的划分与定型也是不相同的。一般说来,对于那些要进行大量研究工作和进行工具准备的企业、或是要进行大量创新工作以维持它在市场上的竞争能力的企业,它们比别的企业更需要有定型化的程序。

### □ 产品的选择

产品品种的选择与产品设计的决定是完全不同的,但这两者往往又是互相交叉、缠合在一起的。例如,对一个钢铁企业,增加一个新的合金钢品种,既要进行产品的选定,又要进行产品的设计工作。从另一方面看,更为典型的是,产品选择阶段只是得出最终产品的“骨架”。冷藏设备制造厂,可能认为分设一个家用冰箱制造部份对企业将是有利的,或者一个烟厂认为增加一种“小雪茄”的新品种是合适的。然而,在这两种情况下,由于企业大致上已经掌握生产这些新品种的一般技术,在选定产品时不需对产品设计要素进行详细的调查。

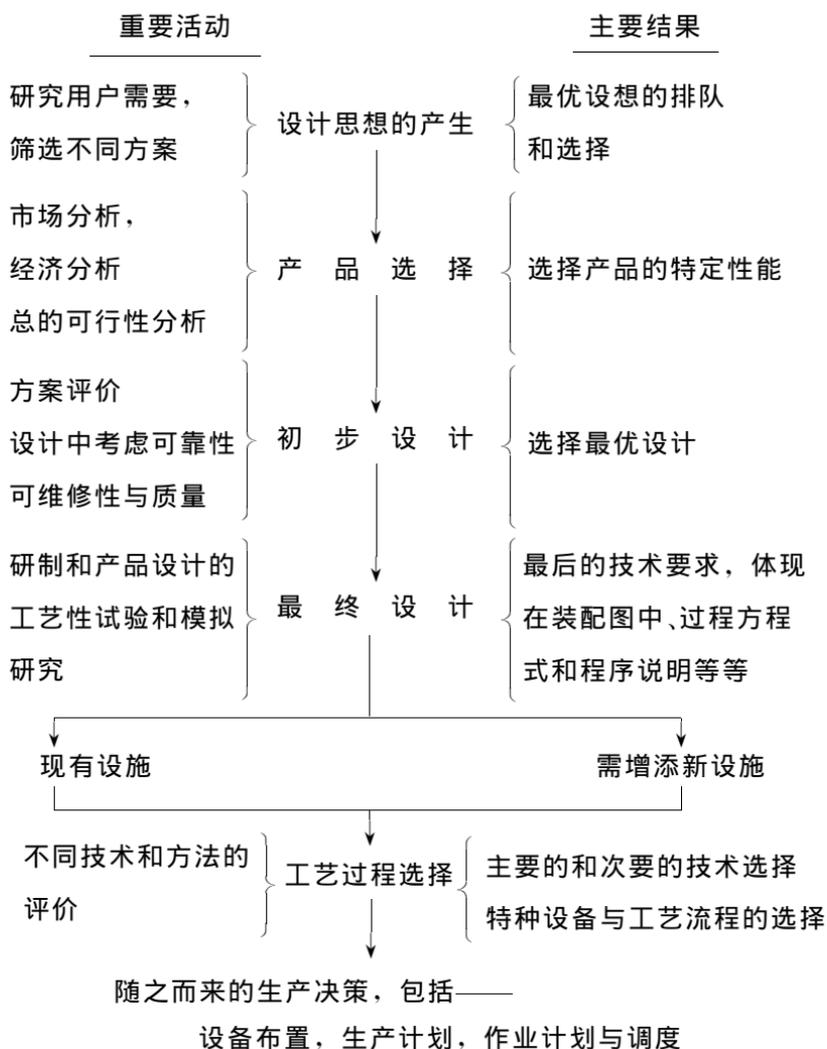


图 4.1 产品设计与研制程序

### □ 初步设计

不论产品设计程序中有没有这么一个独立的阶段,初步设计阶段往往要拟订出若干个能概括所选产品特征的不同方案。如果冷藏设备制造厂决定准备生产冰箱,那么它将遇到冰箱形式、贮藏容量、所用电机尺寸等方面的问题。在初步设计中一般地要确定产品的重要特性,如可靠性、可维修性和使用寿命等。

### □ 最终设计

在最终设计阶段,要研制和使产品定型,并修改设计中的“缺陷”,从而在工程上确保产品的完美。因此,产品最终设计的输出包括:产品的整个规格,零部件,如系制造产品则还应包括装配图纸,后者提供进行生产时所需的尺寸依据。此外,产品设计的详细程度要考虑到产品的类型而有所区别。当生产汽车时要精确规定汽车底盘所用钢材的张力、发件零件的公差、闸衬的构成与厚度等等。相反,在医院治疗患者所作的最终设计就不能如此预先作详细的规定,因为对患者的确切治疗必须在“生产”(即治疗处理)的过程中逐步具体地明确。

这时,还必须从成本、费用的角度考虑不同方案的效果,并且,要进行权衡得失的比较。在选择产品的结构与材料时,更是如此。这种权衡得失的复杂性是可想而知的,即便不算很精密的产品如家用冰箱,就有约 500 个零件。可以想象到,每个零件都有不同制造费用的方案供选择。进行分析时,典型的考虑是零部件的可配合性和简化。“可配合性”是指零部件在运行中的配合与适当的联接。配合性问题,不仅发生于需要紧密配合的场合(如冰箱门上的销子),也发生在受应力作用下需要有同样反应的场合。吊桥的部件不仅要很好的装配,并且,要求它们在遇大风侵袭时,有相同的张力,而且有相似的膨胀系数,以便在冷热变化时能作相同的胀缩。“简化”是指消除那些会引起生产费用增长的因素。简化问题主要发生在制造方面,例如那些无关紧要的圆边和非标准化的孔径尺寸会造成生产中的“薄弱环节”,并在使用过程中给维修带来不方便。在服务行业中,“简化”主要同这样一些问题有关:如职业介绍所中表格的设计;旅客行程路线的安排如空车站中的行李提取等。

除了上述的比较共同的活动以外,某些组织还采用较正规的产品

试验方案,并在最终设计阶段中安排重新设计的活动。对于消费品,产品的试验可以采用市场试销的形式;对于武器系统来说,可采用试射(试爆)的形式。无论是那种情况,事先必须作好充分的计划与必要的准备。产品重新设计一般在样品试验后进行,工作量大小要根据试验结果来决定。如果再设计工作量大,产品设计必须从初步设计开始,重新进行一个循环;如果变化不大,可稍作修改后即投产。应注意的是,有时小的局部的修改,可能导致整个结构的变动。

### 计算机辅助设计

产品设计中的一个新发展,是人和计算机组成一个协同工作的统一体,从事产品的设计。这种称之为计算机辅助设计的方法(CAD),可以帮助设计师搞出一个产品的轮廓设计,并迅速地反馈到产品技术要求上去,以便达到符合运行条件和其它结构上的要求。从程序角度看,这种设计方法要求设计人员使用“光笔”,在计算机控制的阴极射线管荧光屏上绘图形,计算机通过预先输入机内的程序对图形进行译释。程度执行完毕后,计算机将显示出一个简单的图形,工程师可将它放大或从任何角度加以剖视。需要时,设计人员可直接修改图形、或是增减一些线条、或是改变参数、或是变更方案的说明。如果认为所显示出的图形是合用的,那么可以借助于图象处理的装置,产生一个永久性图形的复本(副本)。设计工作完成后,工程师可以命令计算机制出自动绘图机或机床所使用的控制带。计算机辅助设计(CAD)已广泛地用于各种设计工作,包括飞机、汽车、船舶、变器与电路等各方面的设计。目前,软件与硬件两者价格都较昂贵,一般只有大企业才用得起,很可能在CAD的研制费被摊完(吸收)以及分时的大计算机价格下跌后,计算机辅助设计才能被小企业普遍使用。

### 可维修性与可靠性

“可维修性”是指经用户适当的努力可以保证产品或系统处于良好运行状态。要达到这一要求,需要制造厂或特约修理部门提供所必需的服务,保证用户有一定的备件储备量,以及有现成的维修文件。维修性好的产品往往体现在产品易于拆装、便于到达需要经常进行维修和更换零件的部位。开关、阀门、带刷的电动机、油杯等应处在易于到达

的地方,并装有便于开启的盖子。对于确保“可维修性”的方案,要作“保守设计”,亦即要使用比正常功能更好的零件。这种做法减少维修工作量,但会增加生产成本。

对用户感到不满的可维修性的考虑往往是在事后进行的。虽然,好的产品设计要求在设计阶段就考虑到好的维修性,但常常还要针对用户的意见修改相应的产品模型。显然,这种做法会给生产带来不利影响,因为要重新换工具、增加检验和进行某些修改以补偿维修性方面存在的缺陷。

“可靠性”可定义为:产品在规定条件下能运行一定时间的概率或可靠程度。例如,一个继电器的可靠性可定为 0.9999(即在 10,000 次试验中失败一次),但其试验必须符合以下各项条件:运行时的输入电压为直流 24 伏,环境温度为  $0^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ,温度小于 90%,外壳保持封闭,工作次数不超过 100 万次,寿命不超过五年。

如果零部件是互相独立并且数量极大,那么要使这个产品达到高的可靠性是异常困难而艰巨的。这一点可以从如下的基本统计概念上去理解。当一个系统运行的结果(输出)取决于一系列统计上相互独立的串联单元的工作状况时,那么输出结果能获成功的概率是这一系列独立单元成功概率的乘积。因而,如果一个运作的结果取决于两个串联继电器的工作情况,并且这二个继电器的可靠性(或概率)为 90%,那么成功的概率是  $0.90 \times 0.90$ ,即 81%。现在我们来讨论一个零部件更多的更大的系统,譬如像宇宙飞船。假如说它有 1,000 万个“零件”(包括控制塔、运载火箭、座舱、跟踪装置以及环境的保证和人们的操作效能,等等),为了简单起见,又假定在本例中所有零件都是统计独立的。要使宇航成功机会达到 90%(宇航员完成任务与安全返回),则这一千万个零件的平均可靠性( $x$ )必须达到  $x^{10,000,000} = 0.90$ ,即  $x = 0.99999999$ 。这只是假设每个零件只起一次作用。现在,假设每个零件起作用的次数为 100 次,那么每个零件的可靠性必须增加到 0.99999999996。

由于大部分零件的制造达不到那么高的可靠性,并且某些部件对系统的功能是很重要的,于是在设计上常常采取冗余的策略。其方法可以是采取并联重复部件,如增加油箱和电源装置,或者是采用多种措施,例如除自动控制装置外再增添手动的人工代用装置。

为了安全起见,很多设计人员往往不考虑按照统计上所要求的可靠性来建造某些系统,而去追求更高可靠性。历来的传统,人们往往嘲笑工程师,特别是结构工程师,他们在设计桥梁时,花了很多时间作应力计算,直至小数点后四位,然后为了安全又乘上一个大达四倍的安全系数。

### □ 组合设计

仅仅生产一种型号产品的企业是非常少见的。在美国,特别是在竞争日益剧烈和市场被分割争夺的情况下,大多数制造厂家都生产很多品种。这显然要影响到产品设计的机能。生产管理必须要寻求新的途径,使企业的一系列产品能以最低的成本设计并生产出来。解决这个问题的有效方法之一就是组合设计。这种方法的精髓在于研制出一系列标准设计或积木组件,它们由各种零件或支组件组成,并广泛地应用于各种产品设计中(表 4.1 中指出了某些典型的应用)。从分析的观点来看,“组合设计问题”包括研究每一个积木式组件应包括多少零件和支组件,在采用组合设计时每种积木式组件需要多少。其目的是作出这样的设计,使得生产成本、存贮费用、用户耗费、维护和修理费用都能达到最低。

表 4.1 采用标准组合件的优缺点

优 点	例 子
对任何一种销售来说,只需要存贮少数几种标准化的设计	程序设计的组合往往只包括几种子程序,它们可用来组成很多程序;少数几种子程序所占的存储位置要比存贮若干完整程序节省得多
对于少数几种标准零部件,可以进行较严格的质量控制和采用标准化的试验程序	由于大量使用同种电路板,这就意味着可采用标准化的试验程序;研制这种程序所化费用,可以分摊到产量很大的电路板上去

优 点	例 子
由于采用更换零部件的方法,使修理工作简化	修理人员只需保持少数几种类型的标准组合件以加速修理工作
由于可以从一台机器上拆下零件去修理另一台机器,使检修机器变得方便	标准化的积木式组件,可以从一架不能修复的飞机上拆下来,用来修理另一台雷达拖车
便于增加产品品种	可以用已设计和试验好的标准化的支组件,来制造和装配新型号的计算机
便于适应各类市场的需要	采用不同选型以适合各种汽车销售的需要
缺 点	例 子
多用了可以省去的零件	在配套零件中要浪费多余的螺钉螺帽
多用了零件,增加了运输费	多余螺钉螺帽一样要花钱来加以包装和运输
积木式组合件的内部连接往往比较复杂	计算机中的积木式组合件的底板连线很费工,要使它可靠,要增加费用

## 二、工艺过程的选择

### 工艺过程选择中的技术决策

工艺过程选择可以看作是同下列问题有关的一系列决策:产品制

造在理论上的可行性,工艺过程系统的一般特性,专用设备的选用,产品特有的工艺流程。这些决策,包括大的(主要的)技术选择、小的(次要的)技术选择、专用部件的选择、特有的工艺流程的选择,综合于表 4.2。

表 4.2 工艺过程选择中的技术决策

一般工艺决策	决策问题	决策变量	决策依据
主要技术选择	转变的潜力	产品选择;物理、化学等定律;科学知识状态	技术专家
次要技术选择	不同转变过程的选择	设备和技术方面的工艺情况;环境因素,如生态学与法律的约束;主要的组织工作;总的财务与销售力量	研制报告;技术专家;组织目的;长远的市场预测;数学规律;模拟
特种部分选择	专用设备的选择	现有设施;不同设备方案所需费用;预期的产量水平	工业报告;投资分析,包括:自制~外购,损益分析,现值法;中等期限的预测
工艺流程的选择	生产路线的选择	目前生产布置状况;产品的统一性;设备的特点	产品规格;装配卡;路线卡;流程卡;设备手册;工程手册

### 1. 主要的技术选择

基本出发点是:产品能否制造出?是否具有制造产品所需的技术?这些问题都没有考虑到经济上的可行性;它仅研究了自然科学方面的

规律,但是经济上的问题是必须回答的,哪怕是笼统一些,也必须在选定产品前予以回答。在投产前,则必须作出具有结论性的回答。

由于技术复杂性增长得非常迅速,使得考虑问题的出发点往往超出了学术上兴趣。确实,当前的大量研究工作侧重强调作出正确决定,通过技术上的突破使企业从无能为力的危机中解脱出来,取得经营上的成功。然而,从可能性达到可行性,往往还得经历一段漫长的道路。人们固然可以点铁成金、石中取水并漫步于火星之上,但这些从经营角度来看,是无利可图的。一般说来,在生产较新奇的产品企业里,生产厂长在很大程度上要依赖于技术专家,在小的技术选择未作出之前,他往往是无能为力的。

### 2. 次要的技术选择

关于次要的技术选择上的复杂性,可以从下例看出,这个例子是两片金属材料的成型、连接和精加工过程的不同工艺方案。根据表 4.3 所列出的材料,可以有十一种不同铸造和造型方法,可以有八种切削加工方法,十种成型过程,七种不同的装配程序、八种光整方法,或者说总共有 44 种加工方法。如作为 5 个顺序阶段的加工过程来评价将有  $(5) \times (11 \times 8 \times 10 \times 7 \times 8)$  或 246400 个决策方案(假设在一种工艺方案的某阶段中选用某一种工艺过程,并不排斥另一工艺方案的某阶段仍选用这种工艺过程),显见在寻求最优的工艺方案时,工作量是很大的。实际上,这种假定显然是违背工艺过程,相互间合理结合的规律的,因为某几种工艺过程不能同时在一个金属件上实现的,例如砂型铸铁件与锻造。另外,经训练有素的技术专家的鉴别可以剔除大量不合理的工艺方案。如果材料本身也是一个可变的因素,那么问题就更加复杂和难办。在许多制造业中,都有与此类似的选择问题。

表 4.3 制造硬件的基本工艺过程

铸造与造型	切削加工	成形法	装配(组合)	光整(完工)
砂型铸造	车	锻造	焊接	清洗
壳型铸型	钻	拉伸	铜焊	喷砂清理
模浇铸法	铣	穿孔	电焊	倒角
压铸	成形	冲边	机械固定	油漆
永久铸型	切断	拉制(轧制)	粘结	电镀
粉末冶金造型	镗	滚压	压装	热处理
压实造型	磨	成形	冷缩配合	抛光
连续铸造	珩磨	精压		精抛光
挤压成型		成型锻		
喷射造型		旋压成形		
层压成型				

在我们明确了小的技术决策必须依靠技术专家以后,还必须了解到以下这一点的重要性:生产、市场和总的经营管理方面,通过预测和拟订长期销售目标所提出的方针,对所选设备的复杂性与高级程度是有密切的制约作用的。实际上,在确定是选择自动化或非自动化工厂时,在确定用专用的提炼装置还是用通用化的提炼设备时,作为决策的出发点,决不是仅仅限于考虑工程技术上的可行性。企业可能同时拥有通用的与专用的设备。例如,机械加工工厂既有通用的车床、钻床等,同时又有专用的自动化的连续加工设备。又如,一个医院既有在同一时刻只能进行一种血液检查的通用分光光度计,同时又可能拥有在同一时刻内可以完成多种检查项目的、专用的、多用途扫描装置。再如,一个汽车修理工厂既有通用的量具,同时,又具备一个专用的检测中心。影响选择通、专用设备的一些因素,总结归纳在表 4.4。

计算机模拟是一种经常用来产生技术数据和经济数据的工具(方法)。工艺师在获得有关费用资料(这种资料是企业很多部门都要用到的)后,可以用模拟法对不同系统的功能进行试验。

表 4.4 通、专用设备的选择

决策变量	通用设备	专用设备
初始投资	由于供应来源多,且有现成型号,所需投资较低	
出产率		由于减少搬运,快速装卸,又不一定需较快的运行速度,而使出产率提高
直接劳动耗费		较低
灵活性	根据定义,它有较广泛的应用范围	
调整时间	较少,问题比较清楚	
维修	修理时不需很复杂的设备和高级技工,但要较多的备件	
产品质量		由于减少了在多台设备上的多次装夹,质量较为均匀一致
过时(陈旧)	由于易于改装和适用于其它场合,所受影响较小	
生产过程中在制品		生产过程中间断少,因此形成的在制品储备也少
所需设备数量	由于每种设备可以完成多种作业,因而不需要很多冗余设备	
操作技术上的要求	取决于设备的运行、监督和调整	

### □ 专用设备的选择

在工艺过程确定以后,下一步要考虑的是设备型号与制造方案的选择。在某些场合下,“小的技术选择”所提出选用的设备或系统,仅仅只有一个供应厂商,而在另一些场合中可能有各种型号的设备(新的或已有的)供选择。特别是在后一种场合中,要应用投资分析法的一些重要概念进行评价,如初始费用,单位运行费和折旧期限等。除了上述这些考虑以外,经营管理方面还须注意到下列的重要的主观因素:

- (1)在产品变换时的灵活性以及同其他设备配合上的适应性;
- (2)是否具备可替换的零件和特种工具(尤其是当设备由国外购入时);
- (3)供货厂帮助安装与排除故障的情况。
- (4)工人操作设备所需的特种训练;
- (5)正常的维修;
- (6)设备的安全状况。

自动化是在专用设备选择方面的一个重大发展。自动化主要表现为:首先,人对于机器和生产过程的监控,已为自动监控所取代;其次,实现这种取代需要一个闭环或反馈控制,以便在任何时刻控制机器或过程的动作,其方法是向监控操作过程的“自动”控制装置输入数据。按照这个概念,自动化是与控制有关的一组概念,并且从下述意义上讲还在发展着:它是在设备与过程的发展中的一个逻辑的和可预见的步骤。自动化的一般分类:下面的分类方法有助于把实际工作中的自动化范围加以归纳。

(1)原材料生产的自动化。它主要围绕原材料加工工业的应用,这里的最终产品不是性质截然不同的物件而是材料。这里所见的特种工业是农业、化学加工、采矿与石油钻探。

(2)成形与装配自动化。它应用于这样一些工业部门,这些部门把处理过的原材料转化成可辨认的实体。钢铁和汽车业是采用这种自动化的主要部门。

(3)后勤与运输自动化。它包括航运与存储方面的应用,并包括自协化装卸,公路交通的控制,管道输送的远距离控制以及仓库的自动化。

(4)服务业自动化。它包括在教育、医药和邮电部门中采用自动化系统。

(5)数据处理自动化。它与上面所讲的不同,这种自动化的对象不再是物质产品,而是有关数据的输入与输出。显然,在这里数控处理的自动化只是作为工业部门中的辅助工作系统,而这以外,还在它的产品生产方面应用其它形式的自动化。

### □ 工艺流程的选择

对于产品在工厂中的流程,如果没有充分的考虑,那么很难决定所需用机器的型号和数量。在这一点上,工艺流程与其它的选择不同,它要体现出所出产产品的品种搭配的变化。例如,在单件小批生产车间中,不同产品的制造各有不同的路线,某些产品往往跳过现有设备的许多道工序。所以,在这种生产类型中,进行设备选择时,只能对工艺流程进行估计,故而在工厂设计中它是一个相当棘手的问题。

研究工艺流程时要使用某些生产管理工具,最常见的是装配图、装配卡、路线单以及工艺流程卡。必须注意:每种卡片都是有用的指导性文件,在生产系统处于稳定状态时,它可以用来提高操作水平。

装配图是一种简单的部件分解图,把产品或部件分解为零件;装配卡(Gozinto卡),利用装配图所提供的信息,如何把零件装在一起,装配的次序,并且还常常有总的材料流动的模式。工序卡和路线单诚如其名字所指出那样,规定了一个特定零件的操作与工艺路线。它传输这样一些信息如:所用设备的型号、工具以及所应完成的操作。

图3-9所示的流程卡,典型地采用ASME(美国机械工程师协会)的标准符号,它指出了产品经过各个生产设备时,应如何加工。作为一种规则来讲,在生产过程中迟延愈少、储备愈少,则流程愈好,虽然也有某些例外。举例说,某种产品在过程中没有一点迟延,那么说明这个系统没有达到其生产能力,因为必定存在着闲着的设备和人员。

生产过程中不同产量下的策略,是同上述的一系统的决策是相互作用的。在生产系统中这些策略主要指不同的产量或运转量的方案;而在服务系统中主要是不同的服务方案。

制造业中三种生产类型:单件、成批、大量生产,提出了工艺决策过程的一项参考依据,如表4.5。

对服务业来说,产量决策也可有根据地加以区别清楚,因为它们可以按照服务是否要因人而异来加以区别。一般说来,为顾客提供一批多样化的服务会提高运营费用,因为这要求用更多的人力和限制应用标准化的程序。同顾客的高度直接接触和一般的直接接触的行业对策中,突出强调了这一事实:某些服务机构不同最终的顾客见面,而是利用一些中间环节如零售商和服务代办处。一般规律是,不需要同顾客直接接触,那么对于广告、顾客服务部、吸引顾客的销售设施等的配备就可以大大减少。这就相应地影响到服务的性质,并且,最终要影响到工艺过程的选择。

表 4.5 不同产量下的策略

	主要特点	典型例子	典型的人力与设备比
制造业			
单位的	一种产品一件一件制造	办公大楼建造,专用机床,卫星,船舶	高
成批的	一定数量产品,一般按定货生产	定制的服装与家俱	高
大量的	质量均匀,产量极大(或无限)的制品	汽车,圆珠笔	中等
连续的	主要物料连续生产	化工,石油产品,伐木	低
服务业			
定制的	与顾客高度的直接接触 与顾客一般接触	根据顾客身材裁剪,乡村商店,医师诊所,批发商店存贮顾客的商品,保险中间人(代理人)	
标准化的	与顾客高度的直接接触 与顾客一般直接接触	服装商店,超级市场,保险公司 批发商,医院的实验室,邮购服务	

我们以六十年代中期一个煤气灶制造厂进行的工艺过程选择,作为一个例子。该厂为了取得竞争优势,正在寻求大的技术创新。它可以考虑在它系列产品的某些型号中应用自动清洗炉或引进微波技术。为了取得竞争中的优势地位,它必须采用自动清洗炉灶。为了取得优势,它必须研究应用微波炉的可能性(可以根据表 4.2 中所提出的纲要,来分析问题和研究应用微波灶的潜在可能性)。

(1)主要的技术选择。对一个煤气灶制造厂来说,应用微波炉是一项全新的技术(用微波进行加热和烹调的性能,是在雷达研制过程中附带地被注意到和研究出来的)。微波的能量很容易透过玻璃和塑料,但一遇到金属表面就反射。当它被含有水份的物体(如食物)吸收时,其能量即转化为热。微波穿透食品,使所有部分同时得到烹调。而传统的烹调炉灶,是由表及里的。

实践表明微波烹调是可行的,已经在饭馆和自取食品的食堂中使用了几年了。虽然,煤气灶制造厂可能还没有技术专家,但是它很容易从工程学院、空间宇航企业和军事部门中聘到所需的技术人材。

(2)次要的技术选择。设计中的第一个问题是如何产生出微波,在烹调方面最普通的方法是采用频率为 2,400 兆赫的磁控管。虽然,有一个企业已研制出能产生 900 兆赫的三极管,但是磁控管已使用较久,并且看来是一个较好的方案。磁控管是昂贵的,由于它会产生大量的热,从而需要有一个水冷或空冷系统来控制温度。

微波技术系无线电能,要受政府通讯委员会所颁条款的管辖,微波炉的最后设计必须保证其辐射的泄漏不会干扰无线电通讯。此外,过多的微波辐射对人体是有害的,会引起白内障,并可能损害神经系统,因而卫生、教育和福利部是很关注微波炉的辐射问题(正如人们关心彩色电视机的辐射那样)。故而最后的设计也还要符合卫生、教育和福利部的辐射泄放标准。

微波炉也属于电气装置,它还须经过保险公司的试验室的鉴定(试验室是为这种试验特地建立起来的)。因为炉内不发热,即使在使用中也是如此,而用户往往疏忽了这一点,不经心地把手伸了进去以致造成危险。因而制造厂必须设计好安全联锁装置来避免这种事故的发生。

技术上与法律上的问题是可以解决的,但还必须确保将来在市场上能获得畅销。从家庭主妇的兴趣方面来考虑,微波炉是有销路的。因

为对主妇们来说,最重要的是时间,而使用微波炉后至少可以节省一半时间,使她们有更多时间去做别的事情。它能加速调煮冷冻食品,这一点也是有利于销售的。

对微波炉的性能进行评定时发现这种技术不能使食品变褐色,从而无法使某些食品(如上等牛排)获得煤烤的色味,而这恰恰是一些食品所必不可少的。制造厂必须进行试验,使炊具具备这种性能,以迎合对这种烹调技术的需要。而且,由于微波炉需使用玻璃或陶瓷的炊具,为了使用户获得合适的炊具,最好的办法是在供应炉灶时附带供应一套炊具。

由于制造厂还没有生产微波炉所需的设备,而这又是很贵的生产设施,因而搞一个试销计划是不切实际的。制造厂应该先搞市场预测,或者进行市场模拟。

无论如何,从长远看会有一个潜在的市场,而且,不仅国内有竞争,还有来自日本的进口货。为了取得盈利和竞争,煤气炉制造厂必须在它的产品品种中增加微波炉。

(3)特种部件的选择。在产品品种中增加微波炉的最简便方法是,单独地生产这种炉灶,挂上工厂的商标。然而,单独地搞一种装置,像桌面炉那样,看起来象是另一种电气用具,它不属于原有的品种系列。一种更适当的安排方法是把微波炉作为一个完整煤气灶的组成部份之一。

这种处理方式还可进一步细分,最直接的方法是用微波炉来取代原有的煤气炉。另一种较为昂贵的方法则是改为两个炉头,既有煤气的又有微波的。第三种可能的方案,是在一个炉灶内把煤气的与微波的合成一个单一的系统,即合并成一个两用炉。这种合并的方案实行起来也并不困难,问题在于煤气部份的余热会使微波炉的电子设备过热,也就要增加防止过热系统或冷却系统。这种结合为一的系统的优点,是可以使食品外表发褐,使它做到同烹调书上所要求的那样。

要确切的选择一种产品型号,必须作好市场研究,并考虑现有设备的改装问题,以得出多种可供选择的方案。

不论选择那一方案,制造厂都要考虑本厂应完成多大的工作量。可以肯定地说,该厂决不能连微波管也由自己来制造,这将变得太复杂化。但它必须选择和决定,余下来的部份有多少应由本厂自制。如果工

厂认为调整生产线和训练人员并不困难,可以保证盈利,那么整个底架结构和全部电子器件的装配都可以在本厂进行。也可以购入组装所需的元器件,然后由工厂进行连接和装配。再有一种方案就是从日本的企业进口用于煤气灶的成套装置,也可以贴上本厂的商标作为单独的微波炉向外销售。

装配工作量的最后抉择取决于:市场需求的缓急程度以及预计能销售出去的数量。如果市场需求发展很快,那么最好购入成套元器件或组装件,以免使生产耽误过久。同样,如果缺乏潜在的市场,那就不宜化很多投资去建立自己的生产线。这里,可以应用损益分析、现值分析等工具进行经济分析。

(4)工艺流程的选择。工艺流程的选择应使所得出的微波炉生产路线,同现有的生产线上的设备相适应。拟订过程卡、路线单、装配图等标准文件往往要用到工程师手册和设备手册。

# 第五章

# 生产计划 系统的设计

哈佛商学院 MBV 教程系列

《生产与作业管理》

生产计划工作,关系着一个生产系统能否在一段较长时间内发挥其应有作用的问题。一般说来,它包括对企业的生产品种进行预测,对人力和物质资源进行合理调配和使用,达到最有效地生产出所需产品。用较专门的行话来说,生产计划要寻求这样的一种生产率。它能满足需求,同时又使因劳动力变动所发生的费用以及存贮费用均能降到最低限度。

生产计划工作常被称之为综合进度安排,以资区别于实现生产计划所使用的日程计划(作业进度表)。综合进度安排所涉及的都是比较大的、总的计划项目的安排,例如考虑所生产产品的品种与类别、进行特种销售、现有人力(工作能力)的变化趋势,资源供应来源的变动,等等。进行长的计划安排的目的,是为了在一定期间内最有效地按排系统的能力,包括人力,材料与设备。综合计划的运用,乃是通过安排一个标明各个确切的项目和生产日期的主进度表。根据主进度表,可以制订日程计划,开出具体的工作单和投料安排。

## 一、生产计划的策略

生产计划工作可以有两种作用。一种是只起消极被动的作用,即企业只是单纯地响应和试图满足对产品的需求。另一种作用是积极主动的作用,亦即企业力图影响或控制(操纵)需求。

### 对需求的消极响应

在很多情况下企业往往是“被动”的,只是满足既经提出的需求,并不企图去改变需求。一个新建的资本不雄厚的企业,可能没有足够的资金与人力去改变价格。而另一种情况是一个迅速发展中的公司,其新产品有需求量很大的市场,它的主要问题是尽量地增加产量,和获得扩大生产所需的资金。第三种情况是许多企业进行着经济上的竞争,在产品分工上相对协调,各个企业的产量在整个市场中所占的比重不大,每个企业仅能获得合理的利润,并且各自能在接近最优生产率的情况下从事生产和经营。

在企业只起被动作用的场合中,企业力图改变下列因素(变量)的大小及其组合以满足需求,这些变量(因素)是劳动力的多少,存贮水平,生产率,订立分包合同与产品品种搭配。

有时用纯策略和混合策略的术语来说明如何运用这些变量。“纯策略”的含意,是指在只改变一个变量(其他变量保持不变)情况下的生产输出。例如,当需求变化时,劳动力可以增加或减少,它与需求直接有关。这种策略特别适合于劳动量大的产品。另一个纯策略是在保持其它变量不变情况下改变生产率。而且劳动力变动的结果将会引起停工(工时利用不充分)或加班加点(负载过重)的现象。

其余的纯策略是通过调节存储来满足需求,需求大时动用存储,需求小时补足存储,利用分包合同可以做到使储备降到最低的情况下满足需求,或用来解决“高峰”需求。例如,使生产设备保持恒定的生产率以满足最低需求量,对于超过这需求量的部分则通过分包合同来解决。改变产品的搭配可以使其它变量保持稳定。往往会发生产品品种供需不协调的情形。某些产品需求大,另一些需求量小。因此,要根据需求的变化重新分配各品种生产所需的资源,以平衡协调供需之间的矛盾。这是多品种生产的一个主要论据。

“混合策略”是同时变动两个变量。例如,在需求量下降时,可以同时实行两个措施:减少人力和降低生产率。

### □ 积极影响产品需求量

到此为止,我们只是把企业作为只起消极被动作用的因素来看待的,但是在大多数情况下企业却在影响(改变)环境和适应环境两方面都起着积极主动的作用。例如,企业可以主动影响需求量,或选择一个非周期性的产品搭配方案,或者对某些定货缓期交货。

在需求量小的时期,可以通过降价,加紧推销,采用各种刺激、鼓励办法与搞运动等方法来增加销售量。汽车在车型变换时进行削价,有利于刺激需求量上升。休假旅游胜地可采取减价办法来招揽顾客(例如有时旅游者并非休假者而是出席会议的人)。

通过选择非周期性的产品,有可能稳定生产设备的负荷。虽然在冬季也可以借助于削价和别的刺激办法来提高对空调设备的需求,但更好的方案是在这不当景的季节中改变品种,如生产家用取暖用具。

缓期交货,对保持生产稳定性是很理想的。它的成败取决于顾客是否同意接受所定的交货期限。在某些情况下,顾客不愿等待;有时,即便交货期比预定的要来得短,顾客也还要求提前交货。所以销售人员的一项重要才能,就是如何能说服订户乐意接受一个范围变动较大的交货期。此外,还可以采用一些刺激办法来影响用户,如打折扣和采用对过早交货与脱期交货处以罚款的条款等。

## 二、预测方法

为了拟订生产计划中的产量,首先必须进行需求的预测,这是计划的基础。有了这种预测就可以规划所需人力、材料、生产率和存储水平。

预测方法有两类。一类是统计方法,它包括数量分析;另一类是主观的或直觉的判断方法,它主要依靠估计和判断。统计方法建立在这种假设的基础上;它认为历史资料可用来预测未来并可运用过去数据预测未来的需求量。

判断的方法要采用这样一些手段,如顾客的调查、销售人员的估计、与经济或消费趋向间的相互关系、技术进步以及舆论方面。实际上这两类方法是结合运用的。一种预测的方法是先进行统计预测,然后根据那些导致偏离历史发展趋势的影响因素来作修正。或者是相反,先撇开企业历史资料进行预测,然后把它与统计分析进行比较,以确认或说明其间的重大差别。

应用过去数据作预测的最通用而又较方便的方法是简单移动平均法,加权移动平均法,指数平滑法与回归分析法。这些方法使用方便,管理人员只消应用一台计算器就足够了。即便是技术复杂而又费钱的预测方法,如复杂的曲线拟合、时间序列分析或蒙特卡罗模拟方法,在运用时也同样要依赖于这些因素,如市场的大小、潜在的利润、现有的分析人员。

### 影响需求的因素

在大多数场合中,对产品或服务的需求可以分解为六个要素:一段

时间的平均需求、趋向、季节影响、周期要素、随机变动和自相关(Autocorrelation)。图 5.1 说明一个为期 4 年的需求,指出了平均需求量、趋向、季节性影响以及围绕光滑需求曲线的随机变动情况。

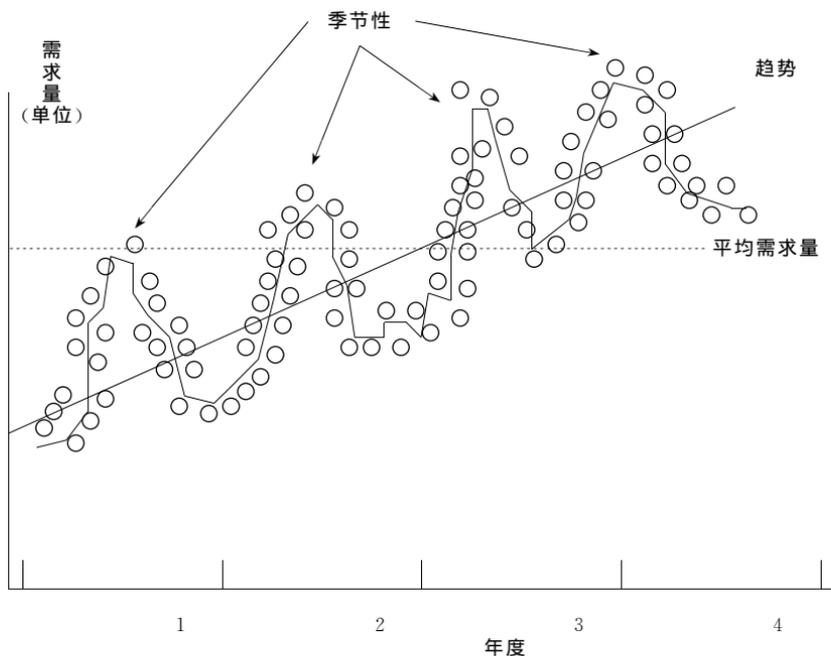


图 5.1 历年产品需求的季节性变化和趋势

周期性的因素比较难于决定,因为间隔的周期长短是未知数,或者是形成周期的原因无法知道。对需求的周期性影响可能来自这样一些事件,如政治上的竞选,战争,经济情况或社会压力。

随机偏离是由自然的偶然变动所引起的。当我们从总需求中把那些已知原因的需求因素剔除以后(如剔除平均、趋向、季节、周期性 with 自相关),所剩下的无法解释的那部分,就属随机引起的需求。当无法把引起这一需求的原因归入某特定源由时,那么它就属于自然的随机性。

自相关表示事件的持续性——在任何一时点的期望值是同它的过

去值密切相关的。在排队论里,队的长度是高度自相关的。也就是说,如果在某一时点上队是相当长的,那么经过很短暂的时间后,可以认为队仍然是很长的。

当需求为随机时,一周的需求量同另外一周的需求量可以相差很大。如若存在高度自相关时,这一周同下一周的需求量是不能相差很大的。

### □ 简单移动平均法

当对产品的需求不具有迅速增长之势和季节影响时,可用移动平均法来消除预测中的随机变动。虽然移动平均值常常是“有中心的”,但是它可以较方便地运用过去的的数据直接作下一时期的预测。下面来说明。一月、二月、三月、四月和五月的五个月平均中心在三月份,这就要求具有这五个月份的数据。如果我们的目标是预测六月份,那么我们必须重新安排移动平均值中心,从三月份推移到六月份。如若平均值不在中心而在前期,那么预测就方便了,当然这时精度可能差些。因此,我们若要应用五个月的移动平均值来预测六月份的需求,我们可以运用一至五月份的平均值。六月份过后,我们再用二至六月份的平均值来预测七月份的需求。表 5.1 和图 5.2 就是用这种方法计算出来的。

表 5.1 以 3 周与 9 周为期间用简单移动平均法预测需求

周	需求量	3 周	9 周	周	需求量	3 周	9 周
1	800			16	1700	2000	1800
2	1400			17	1800	1833	1811
3	1000	1067		18	2200	1900	1911
4	1500	1300		19	1900	1967	1933
5	1500	1333		20	2400	2167	2011
6	1300	1433		21	2400	2233	2111
7	1800	1533		22	2600	2467	2144
8	1700	1600		23	2000	2333	2111

周	需求量	3 周	9 周	周	需求量	3 周	9 周
9	1300	1600	1367	24	2500	23617	2167
10	1700	1567	1467	25	2600	2367	2267
11	1700	1567	1500	26	2200	2433	2311
12	1500	1633	1556	27	2200	2333	2311
13	2300	1833	1644	28	2500	2300	2378
14	2300	2033	1733	29	2400	2367	2378
15	2000	2200	1811	30	2100	2333	2344

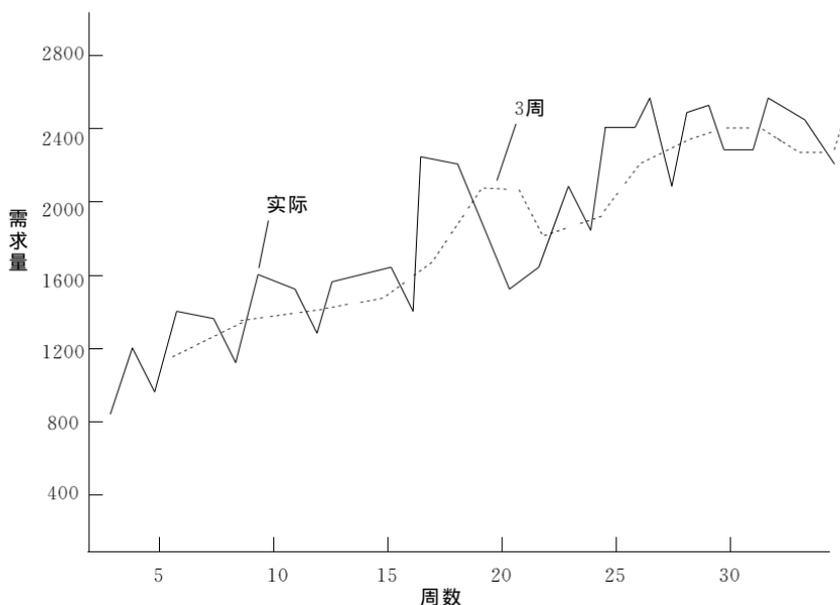


图 5.2 以 3 周和 9 周为期的平均移动与实际需求量

虽然在应用移动平均法时选择最优的基期是很重要的,但在选用不同长度的期限时会出现某些相互矛盾的结果:移动平均期愈长,对随

机变动的平滑效果愈好(这是我们所希望的)。然而,当数据中存在着需求上升或下降的趋向时,平均移动值会表现出迟后于趋向的不良特征。因此,当期限短时会产生出振荡现象,但却较为接近实际的变化趋向。相反,取较长的平均期固然能得到平滑的响应,然而却迟后于变化的趋势。

图 5.2 是根据表 5.1 的数据绘制的,它表明了采用不同移动平均期的结果。从图中可以看到的第 23 周时恢复到水平增长趋势。虽然从总的看来 9 周的平均值比较平滑,但是 3 周的移动平均值(比之 9 周的移动平均值)能更好地反映出变化的趋势。

计算移动平均值的主要缺点在于:所用数据必须包括所有的各个要素,因为计算每一个新的预测期的平均移动值要加入一个新的数据和删去一个最早的数据。对于一个 3 月或 6 月为期的移动平均值,这还不太严重;但对于一个长的期间来说,譬如说,纽约证券交易所的为期 200 天的移动平均值,那就需要费用很大的数据量。

### □ 加权移动平均法

在简单移动平均法中,把构成移动平均数据基础的每个要素,都视为具有相同的作用(效果),而在加权移动平均法中,允许在每个要素上进行加权,当然所有权数之和为 1。例如,一个百货公司根据为期四周(28 天)的数据来源作迎期预测,把前四周同一天的销售结果加权 40%,余下 24 天的平均值加权 60%。

可用一个更简单的例子加以计算和说明。假设在进行一个以四个月为期的最佳预测中,最近月份的实际销售量取其 40%,二月以前的取 30%,三个月以前的取 20%,四个月以前的取 10%。若实际销售额如下:

表 5.2

第一个月	第二个月	第三个月	第四个月	第五个月
100	90	105	95	?

对第五个月的预测为:

$$\begin{aligned}
 F_5 &= 0.40(95) + 0.30(105) + 0.20(90) + 0.10(100) \\
 &= 38 + 31.5 + 18 + 10
 \end{aligned}$$

$$= 97.5$$

假如第五个月的实际销售量为 110,那么对第六个月的预测将是:

$$\begin{aligned} F_6 &= 0.40(110) + 0.30(95) + 0.20(105) + 0.10(90) \\ &= 44 + 28.5 + 21 + 9 \\ &= 102.5 \end{aligned}$$

加权移动平均的优点是肯定的,可以体现历史数据的不同作用,但其缺点是容易“遗忘”过去时期的整个历史。

### □ 指数平滑法

上述两种预测方法(简单平均法与加权移动平均法)的主要缺点,是要求不间断地掌握大量历史数据。下节要讲到的回归分析法也有同样的缺点。在这些方法中,在进行一次新预测时,必须加进一个新数据和剔除一个最早的数据。可以说大多数情况下,反映最新情况的资料比之过去的老资料,更能预示未来。如果这个前提成立的话,资料愈老其重要性愈差,于是指数平滑法就显得最合适,从而最早获得了应用。

应用指数平滑法预测未来时,只需要三个数据:最近期的预测量,预测期的实际需求量及平滑常数( $\alpha$ )。平滑常数决定平滑的水平对于预测量与实际数之差的反应速度。常数的取值是任意的,其值的大小取决于二个因素:一是产品性质,二是企业经理为了取得良好的响应而作出的判断。例如企业生产的是一种需求量相对稳定的标准产品,实际需求与预测需求量之差的反应速度趋向于减小——可能只要百分之几。相反,若是企业根据经验感到需求量要增长,那么就应规定一个较高的增长率,以突出最近的增长趋向。增长量愈大,反应速度应愈高。

一次指数平滑预测所用的公式很简单,表示如下:

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

式中:

$F_t$  = 第七月的指数平滑预测量;

$F_{t-1}$  = 前期的指数平滑预测量;

$A_{t-1}$  = 前期的实际需求量;

$\alpha$  = 所需的响应速度,或称平滑常数。

这公式表明,一个新的预测量等于老的预测量再加上一个调整量,这个调整量是前期所作的预测量和实际量之差的一个比例数。

为了说明这种方法,我们假定对产品的需求从长远来看是相对稳定的,平滑常数( $\alpha$ )取值 0.05 比较合适。如果用指数方法作为持续的决策方法,那末要对最近一个月作出预测。假定最近月份的预测( $F_{t-1}$ )是 1050 件,如果实际需求量是 1000 件,而不是 1050 件,那么这个月的预测为:

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 1050 + 0.05(1000 - 1050) \\ &= 1050 + 0.05(-50) \\ &= 1047.5 \text{ 件} \end{aligned}$$

由于平滑系数小,新预测对一个为 50 件的“误差”所作的反应,乃是把下月的预测量减少 2.5 件。

实际上,这种方法可以看作是对过去若干时期进行指数平滑加权,用方程式扩展如下:

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}); \\ F_{t-1} &= F_{t-2} + \alpha(A_{t-2} - F_{t-2}) \\ F_{t-2} &= F_{t-3} + \alpha(A_{t-3} - F_{t-3}) \end{aligned}$$

当扩展到七个时期后,一般模型变为:

$$F_t = \alpha[A_{t-1} + (1-\alpha)A_{t-2} + (1-\alpha)^2A_{t-3} + (1-\alpha)^3A_{t-4} + \dots + (1-\alpha)^{t-1}A_0] + (1-\alpha)^t F_0$$

可见,这方程式是进行指数加权,对过去时期的每一次增量乃是减少  $(1-\alpha)$ , 或者可表示如下:

表 5.3

	$\alpha = 0.05$ 时的权数
最近期的权 $= \alpha(1-\alpha)^0$ .....	..... 0.0500
早一期的权 $= \alpha(1-\alpha)^1$ .....	..... 0.0475
早二期的权 $= \alpha(1-\alpha)^2$ .....	..... 0.0451
早三期的权 $= \alpha(1-\alpha)^3$ .....	..... 0.0429

### □ 线性回归分析法

线性回归分析虽然计算起来比移动平均法难些,但当过去的数据是直线时,它是一种非常有用的预测技术。不过,这方法中如何估算直

线与数据拟合的程度,构成为程序的一个部分。

线性回归法把一个变量“回归”到另一个变量上去。例如,大家知道消费是收入的一个函数。如果我们以  $Y$  表示消费(应变量),以  $x$  表示收入(自变量),线性模型为:

$$Y = a + bx$$

$y$  或  $Y$  = 消费

式中:

$a$  —— 纵轴上的交点

$b$  —— 直线的斜率

$x$  —— 收入

大写的字母  $Y$  用来表示由公式计算得出的消费,小写的字母  $y$  用来表示由直接观察所得到的消费量。

用来确定最合适的线的方法为最小二乘法。其方法乃是寻找从每一数据到所取假定直线上相应点的距离的平方和的最小值。图 5.3 中五个数据点规定了相当于各特定收入值( $x$ )的消费水平( $y$ )。如果我们通过这些点的范围作出一条直线,我们可以表示出实际消费量( $y$ )与直线上相应点( $Y$ )的距离。这些数据点与线上点的差距的平方和为:

$$(y_1 - Y_1)^2 + (y_2 - Y_2)^2 + (y_3 - Y_3)^2 + (y_4 - Y_4)^2 + (y_5 - Y_5)^2$$

当此值为最小时,就是最佳的直线。

我们不打算深入钻研方程的推导,只准备略加说明。直线的方程是  $Y = a + bx$ ,问题在于决定  $a$  与  $b$  的值。以数学方法表示,为

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

式中:

$a$  ——  $y$  轴上的截距;

$b$  —— 直线的斜率;

$\bar{y}$  ——  $y$  的平均值;

$\bar{x}$  ——  $x$  的平均值;

$x$  —— 每一个数据的  $x$  值;

$y$  —— 每一个数据的  $y$  值;

$n$  —— 数据的点数;

$Y$ ——用回归方程计算的应变量的值。

估计值的标准误差,也即直线拟合数据的程度见图 5.3。

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n}}$$

这是相同于算术平均值的标准差的公式。

当有多个因素影响到一个我们所关心的变量时(这里所讨论的变量就是销售量),采用多重回归法作预测是非常合适的。其困难则在于数据的收集,特别是数学上的计算。大部分计算机都已配备有多重回归分析的标准程序,从而解脱了繁重的手工计算。

### 三、生产计划方法(技术)

生产综合计划的目的是确定存储的规模、总的劳动力和整个产量(用统一的单位来表示的产量,如产品的吨位、机床小时数)。最常用的方法仍然包括图表方法。但也化了很大力量去发展数学方法和直觉推断的方法,以帮助计划人员解决繁难的日常事务。

#### □ 图表法与图示法

作出了计划期的预测后,生产计划人员可以根据累计的产品需要量建立图卡。为了满足这个需求量,计划人员可以通过变动劳力、生产率和存储量拟订出不同的策略方案。选择方案的准则是要求费用最低。

费用包括下述各个方面:

由于储备量变动而发生的费用:

存储费(因储备、陈旧、变质、失窃、利息等所引起的费用);

由于生产率变动而发生的费用:

工时利用不足(工人有过多的闲余时间);

加班加点(由于加班加点支付的津贴);

或开两班、三班而引起的费用;

由于劳动力变化而发生的费用:

增加劳动力(雇佣和训练费用);

减少劳动力(解雇费,失业保险金支出、因工人间摩擦、与工会或整个社区发生摩擦而引起的费用)。

计划人员有时宁可不增加出产量,而通过外包或从对手或其他承包者那里购入产品,以满足用户的“高峰”需求,从而使本企业的生产稳定在合理的生产率水平上。外包费用是外购费用超过本厂自制成本之上的增加额。

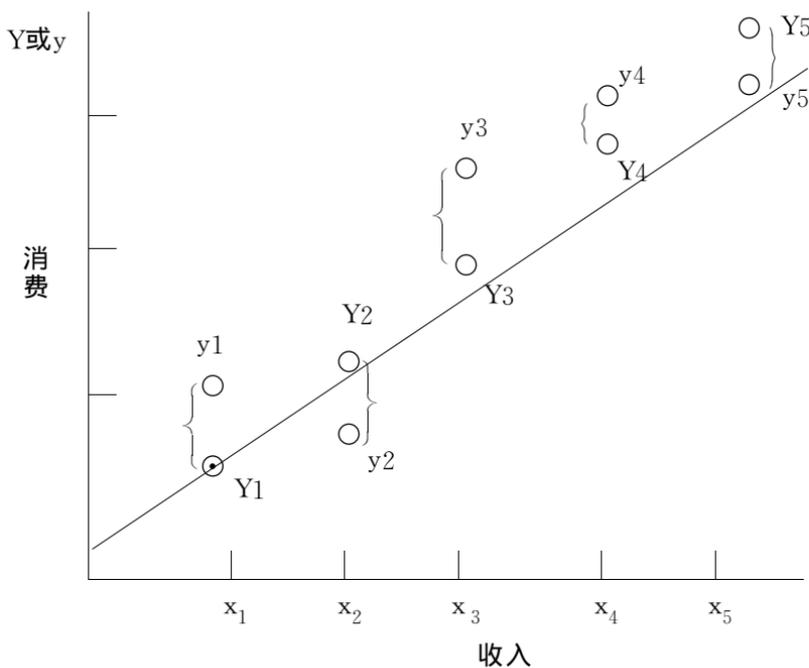


图 5.3 对消费为收入函数的数据所作最小二乘法回归线

为了简短起见,我们用了为期六个月的进度安排。实际上,12个月的进度安排是比较正常而合适的,因为12个月度的计划能够展现出整个一年内的需求变动情况。假定我们已经得出了每月需求的预测,现有

存储量为 400 个单位产品,对保险储备量所采取的政策是:维持在月预测值的四分之一的水平上,并得出了每月的有效工作天数。这些用来计算生产需求量的数据已列入表 5.4。第 4 行按每月预测值的四分之一计算。第 5 行是每月需生产的数量。对一月份来说,该月总需求中要扣去期初的存储量 400 个单位产品:需求量+保险储备-期初储存=一月份的需要量(1800+450-400=1850)。从计划目的来看,假定预测需求量是同实际需求量相同的。在很完美的预测情况下,可以不要保险储备,因而期初储备量可供下月之用。所以,二月份的需要量是:需求预测(1500)+保险储备(375)-期初储备(450)=1425。其他月份的计算与此相似。短缺的数量则通过以后补足或从下月的生产初储备(450)=1425。其他月份的计算与此相似。短缺的数量则通过以后补足或从下月的生产中来补足。

表 5.4 综合生产进度安排

行次		一月	二月	三月	四月	五月	六月
1	期初储备量	400	450	375	275	225	275
2	预测需求量	1800	1500	1100	900	1100	1700
3	累计需求量	1800	3300	4400	5300	6400	8100
4	保险储备	450	375	275	225	275	425
5	生产需要量 (行 2+行 4 -行 1)						
6	累计生产量	1850	3275	4275	5125	6275	8125
7	有效工作日	22	19	21	21	22	20
8	累计工作日	22	41	62	83	105	125

现在,我们接着要试评一下能满足需要的不同生产计划方案。由于不同方案的生产率、存储量、劳动力数量和分包合同各不相同,各个计划草案的费用是不一样的。

假定,有关费用的补充情况如下:

生产成本=100 元/单位

存贮费用(陈旧过时、机会成本,等) = 每月生产成本的 1.5% (每月每个单位产品 1.5 元)

标准工资率 = 每小时 4 元

加班费 = 150% 或每小时 6 元

储备脱节的边际费用 = 每单位产品每月 5 元

合同分包的边际费用 = 每单位产品 2 元

(分包费用 102 元减去生产成本 100 元)

雇用和培训费 = 每人 200 元

解雇费 = 每人 200 元

解雇费 = 每人 250 元

单位产品所需人一时 = 5 (小时)

因为,最好的生产计划是通过对现有方案进行一系列试验而得出的,我们不想求最优的计划,只拟通过对比这三个可能的生产计划方案来说明这种方法,见表 5.5。

第一个计划方案的策略思想是:在正常工作班次下,通过增减工人数目来生产出确切的需要量。第二个计划方案的策略思想:是固定生产工人数,工人数目则是根据六个月的平均产量来确定  $[(8125 \text{ 件} \times 5 \text{ 小时/件}) \div (125 \text{ 天} \times 8 \text{ 小时/天}) = 41 \text{ 人}]$ ;允许存储短缺,并通过下月的生产来补足。第三个计划方案的策略是:按需求量最低的四月份来确定所需工人数,并稳定在这个水平上  $[(850 \text{ 件} \times 6 \text{ 月} \times 5 \text{ 小时/件}) \div (125 \text{ 天} \times 8 \text{ 小时/天} = 25 \text{ 人}]$ ,此外,通过外包的方法来解决产量不敷需求的部分。

表 5.5 三种生产计划方案

方案 1 月份	(1)生产 量	(2)所需 工时(1) ×5	(3)每人 每月工 时数(天 数×8)	(4) 所 需 人 数 (2) ÷ (3)	(5) 所 雇 人 数	(6) 雇 工 的 支 出 (5) × 200 元	(7) 解 雇 人 数	(8) 解 雇 费 用 (7) × 250 元
一月	1850	9250	176	53	0			
二月	1425	7125	152	47	0	0	6	1500
三月	1000	5000	168	30	0	0	17	4250
四月	850	4250	168	25	0	0	5	1250
五月	1150	5750	176	33	8	1600	0	0
六月	1850	9250	160	58	25	$\frac{5000}{6600}$	0	7000 元
方案 2 <sup>≠1</sup> 月份	(1)积计 产量	(2)有效 生产工 时(天数 ×8×41 人)	(3)出产 数量(2) ÷5	(4) 累 计 出 产 量	(5) 不 足 的 产 量 (1) — (4)	(6) 缺 货 损 失 (5) ×5 元	(7) 过 剩 产 量 (4) — (1)	(8) 存 贮 费 用 (7) × 1.5 元
一月	1850	7216	1443	1443	407	2035		
二月	3275	6232	1247	2690	585	2925		
三月	4275	6888	1378	4068	207	1035		
四月	5125	6888	1378	5446			321	482
五月	6275	7216	1443	6889			614	921
六月	8125	6560	1312	8201		5995	76	$\frac{114}{1517}$

## 哈佛管理全集

方案 3 <sup>≠2</sup> 月份	(1)生产 量	(2)有效 生产工 时(天数 × 8 × 25)	(3)出产 数量(2) ÷ 5	(4) 外包 数量 (1) — (3)	(5) 外包 费用 (4) × 2 元			
一月	1850	4400	880	970	1940			
二月	1425	3800	760	665	1330			
三月	1000	4200	840	160	320			
四月	850	4200	840	10	20			
五月	1150	4400	880	270	540			
六月	$\frac{1850}{8125}$	4000	$\frac{800}{5000}$	$\frac{1050}{3125}$	$\frac{2100}{6250}$			

这三种计划方案在表 5.6 中分别列出并加比较。从表中可以看出，运用外包的方法可以使成本降到最低(见方案 3)。

表 5.6 三种方案的比较

(单位:元)

	方案 1	方案 2	方案 3
策略	变动工人数;生 产确切的需要量	固定工人数;变 化存储量,允许 缺货	保持最低限度人 数,不足量外包
雇用费支出	6600	0	0
解雇费	7000	0	0
超储费用	0	1517	0
缺货费用支出	0	5995	0
外包支出	0	0	6250
总成本	13600	7512	6250

很明显还有其它的可行方案,其中的有一些方案需要加班加点,或者是结合地使用加班、改变雇员人数与任务外包等方案。最佳的方案要

经过对很多不同方案进行透彻的研究而后得出。

目前,还没有在一般情况下求这个问题最优解的数学方法。但是有些数学方法适用于某些特定情况,我们将讨论其中的两种:用线性规划的运输方法来制定生产计划和用线性决策规则制定生产计划。

### 1. 用线性规划法的生产计划

波尔曼(Bowman)引进了关于产品需求量结构的思想和用运输矩阵模型规划需求量的有效方法。把各个时期的产品需求量作为目标,而获得产品的各种手段作为供给的来源。在前例的情况下,1月到6月的需求量即运输方法中的目标,产品来源是:正常工作情况下的人力,加班工作时间,外包和期初制品存储量。

为说明如何运用这种方法,我们利用与前例相类似的例子,按照表5.4第5行规定的产品需求量。假定在允许加班、外包的情况下,工人人数是固定的。如果每个时期的产品需求量需通过本厂生产或外包来满足(不允许缺货),线性规划模型就容易建立。从线性模型的解中可得出。在规定的产品来源(正常工作时间下的工人数,加班时间或外包)下的最优计划和月度的生产和采购进度表。

考察这个问题的数据是:

储备和存储费=每月每件产品1.50元。所以如果第一个时期生产的产品到第二时期还未使用就要增加1.50元的维持费,如果积压到第三个周期要增加3.00元,到第四时期为4.50元等等。

本厂自制的材料成本=每单位产品40元。

正常工资=每小时4元。因为生产每件产品需要5小时,所以在正常工作时间生产一件产品应付给工人20元。

加班工资=每小时6元,这样生产一件产品应付给工人30元(5小时 $\times$ 6元)。

外包费=每单位产品72元,包含了外部加工时的人工费用与材料费用。

加班能力=正常工作时间生产能力的25%。

外包产品可以无限制供应。

期初存储量=400件。

固定有30名工人。

每项费用产生的理由及结果方程描述如下(用习惯的下标规则:第

一下标表示行,第二下标表示列)。

(1)期初储存量。产品如果在第一时期使用则无存贮费,如果第一时期没有使用,则每延一个月增加 1.50 元费用,如果一直保存到 6 个月,则费用为 6 个月  $\times$  1.50 元 = 9.00 元。所以,

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} = 400$$

$$0(X_{11}) + 1.50(X_{12}) + 3(X_{13}) + 4.50(X_{14}) + 6(X_{15}) + 7.50(X_{16}) + 9(X_{17}) = \text{费用}$$

(2)正常工作时间。一月份,30 名工人在正常工作时间内可生产的单位产品量为 1.056(30 人  $\times$  8 小时/天  $\times$  22 天  $\div$  5 小时/每件产品)。产品若在 1 月份出售了,每件成本为 60 元(20 元人工成本 + 40 元材料成本);假如转移到 2 月,则为 61.50 元(60 元 + 存储费 1.50 元),到 3 月为 63 元等等。因为生产工人是固定雇佣的,若停工劳动力的停工损失为每人 20 元。

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} = 1056$$

$$60X_{21} + 61.50X_{23} + 63X_{23} + 64.50X_{24} + 66X_{25} + 67.50X_{26} + 20X_{27} = \text{成本}$$

(3)加班时间。其允许限度为正常工作时间的四分之一。除了要多付给工人 50% 的加班津贴以外,计算方法与正常工作时间相同。一月份允许加班时间为正常工作时间的四分之一,或  $\frac{1}{4}(1056) = 264$ 。

(4)外包。费用为 72 元,如果购入后在本期内没有使用则要加存储费。为了减轻建立矩阵模型的工作量,可放弃通过外包获得任意产量的规定,选一个大于计划间内总需求量的任意数即可。若无产品外包,外包费为 0,则

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} + X_{47} = 10000$$

$$72X_{41} + 73.50X_{43} + 75X_{43} + 76.50X_{44} + 78X_{45} + 79.50X_{46} + 0X_{47} = \text{成本}$$

以后各月可作类似计算,因为不允许缺货,用这个月的产品去抵补上个月的需求量的方案就不是一个可行的方案。这点在矩陈图中用斜线部分表示之。用而后时期内的外包量来抵补前面时期的需求量的不合理方案也用斜线部分表示。因为外包费保持不变,就没有理由把三月或四月的发货量在一月份外包出去。最好的决策是等这个月到了,然后按照当时的需要而外包。然而若外包费可以变动,例如提前可打折扣,

则将来的外包量应一并包括在计划期内。

最优解列在矩阵模型内。例如，二月份在正常工作时间内生产的产量为 912 件，由加班时间生产的为 228 件和外包的为 285 件。另外两个解得出同样的成本，这些由围绕矩阵中心的虚线路径的位移来表示。

## 2. 线性决策规则

线性决策规则早在五十年代初由卡尼基(Carnegie)理工学院的洗特(Holt),毛迪格列尼(Modigliani),马斯(Muth)和西蒙(Simon)等创造和发展的。这种方法的目的是推导线性方程组或线性决策规则,用来在一些规定的生产计划范围内确定其最优生产率和劳力数。在一篇著名的论文中,方法的创造者在一家油漆公司应用了这种方法,他们为该公司设计了为期一年的逐月生产计划。其研究目的使总成本( $C_T$ )的期望值达最小。 $C_T = \text{正常人工成本} + \text{雇佣和解雇费} + \text{加班费} + \text{存储费}$

他们论证了每一种成本都可以近似地用一条单独的二次成本曲线来表示(如图 5.4 所示)。基于这个理论,对方程进行微分,并求解极小值。

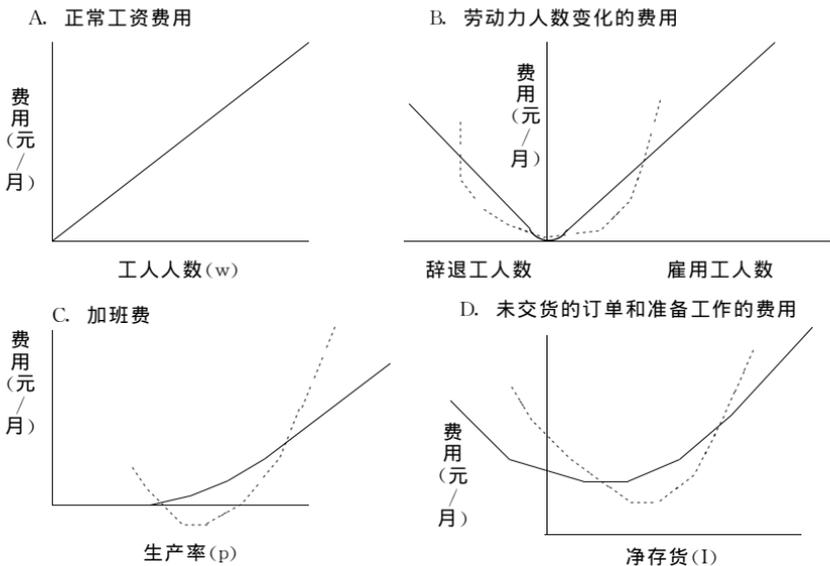


图 5.4 线性决策规则中的二次成本假设(用光滑的线表示)

虽然这种方法,特别是这种方法的证明复杂一些,但用实际数据代替变量时,可得到用来确定劳动力数量及生产率的两个方程式。

值得看一看从有关成本详细分析所得到的两个方程式:(取材于油漆厂的研究)

$$P_t = \begin{cases} +0.463O_t \\ +0.234O_{t+1} \\ +0.111O_{t+2} \\ +0.046O_{t+3} \\ +0.013O_{t+4} \\ -0.002O_{t+5} \\ -0.008O_{t+6} \\ -0.010O_{t+7} \\ -0.009O_{t+8} \\ -0.008O_{t+9} \\ -0.007O_{t+10} \\ -0.005O_{t+11} \end{cases} + 0.993W_{t-1} + 153 - 0.464I_{t-1}$$

$$W_t = 0.743W_{t-1} + 2.09 - 0.010I_{t-1} \begin{cases} +0.0101O_t \\ +0.0088O_{t+1} \\ +0.0071O_{t+2} \\ +0.0054O_{t+3} \\ +0.0042O_{t+4} \\ +0.0031O_{t+5} \\ +0.0023O_{t+6} \\ +0.0016O_{t+7} \\ +0.0012O_{t+8} \\ +0.0009O_{t+9} \\ +0.0006O_{t+10} \\ +0.0005O_{t+11} \end{cases}$$

式中:

$P_t$ ——下一个月(七月)内应生产的产量;

$W_{t-1}$ ——月初(上月底)雇佣的劳动力人数;

$I_{t-1}$ ——月初存贮量减去暂时无法定的定货;

$W_t$ ——本月(t月)需雇佣人员数(本月新雇人员数应为  $W_t -$

$W_{t-1}$ ;

$O_t$ ——预定在 t 月内提货的产品量的预测数;

$O_{t+1}$ ——预定在(t+1)月内提货的产品量的预测数,等等。

数字方程如此别致,有人可能会对方程提出非议。如在劳动力方程中,下个月的劳动力数量( $W_t$ )是下列各项的函数:上月的劳动力和数量( $W_{t-1}$ ),上月的储存量( $I_{t-1}$ ),后12个月( $O_t$ 到 $O_{t+11}$ )的预测需求量,再加上2.09。方程式中加2.09名工人似乎有点过于精确了。但这却是作者创造的应用成本表示所得出的最优解。然而有一点麻烦的地方,可以注意到在生产方程中产品未来的定货数从 $O_{t+5}$ 开始都是负数。这说明本月对产品的需求量对下个月的生产计划有抑制作用。作者是这样来解释此现象的:处理未来定货的最好方法是,首先缓慢增加劳力,然后逐渐地增加生产率。

线性决策规则有三个主要缺点。第一,由于要应用二次成本关系曲线,所以具有很大的局限性。第二,在于要从企业经营中取得成本信息可能是相当困难的。第三,由于对变量没有限制,可能在计划进度中得出负的产量与劳动力需要量(负的需求量意味着顾客为工厂提供产品)。

(1)推断法。推断法原来是一个逻辑分支,其目的是用来探求新发现新创造的方法。近来,推断法对行动已具有有效的指导作用。推断法有时也称为经验法则,不过,并不是所有的规则都是好的或一定是合乎逻辑的。举例说明:一个好的决策例子是:为了避免淋湿,在雨中散步时应带把雨伞。另一个好的决策例子是:为了能在组织中得到加薪,其办法是努力工作以便在同级中处于先进地位。坏的决策例子是:一个人为了长寿应喝酒,吸烟,参加汽车比赛。一个好的推断规则未必是合乎逻辑的。假如有人在赛马与彩票中连续获胜是由于他用了这样一个公式:“用他妻子的重量乘以他的年龄除以他们的孩子数”(在所得的数字上下赌注)。那就应该说,在这一连串发生的事件中,这种不合理的推断规则却使他干得很出色。

(2)管理系统理论。现实世界中,大部分决策是用直接推断法制定的,已有许多研究项目专门研究制定供决策人员使用的有效的推断法则。这方面一个被广泛地认为有效的方法是波尔曼提出的管理系统理论。该理论是:管理者应用过去的成功经验作为拟订生产计划的有效的决策规则。

利用管理在固有的成就作为指导方针,在于依靠管理人员对于形势和环境的敏感性或先觉。一个经理人员或许会制定出一个连他自己

也不能充分说清楚的决策——由许多偶然因素综合产生的总和，有些是他下意识得出的，或者是根据他的教育训练所作出的推测。波尔曼认为：主要困难在于一个经理人员可能延滞了对形势作出反应，当他作出反应时，又可能过了头。这样当在平均值上作出一个好决策时，这里面已包含了一个显著的误差而且造成了损失。因为大多数成本关系曲线是比较平缓的呈盘状的，所以与最优值的偏差不致于造成成本的急剧上升。这个偏差可能是仅仅由于管理人员的偏见而造成的，是可容许的。但由于他偏见产生的偏差大小却是真正的关键所在，管理系数理论就是企图使这个偏差压缩到最小。

制定出一个以管理固有的特性为基础的规则的程序，要涉及到对过去类似决策中管理行为的多元回归分析，这种回归分析为方程中的各个变量提供了系数值（根据过去的决策）。这个方程就可用来指导将来的决策——虽仍具有偏差，但偏差是最小的。对波尔曼理论的具体假设可概括如下：

①有经验的管理人员对系统的准则非常了解和敏感。  
②经验丰富的管理人员熟悉影响到这些准则的系统变量。  
③通过自然筛选而取得目前地位的经理人员以其判断力与直觉制定决策（即无条件执行决策规则），这种判断力与直觉同准则的变量有关——但是他们往往摇摆不定而不是偏向某一方面。

④作为决策变量的函数，大部分成本或评定准则曲面的底部（顶部）是平缓的、呈盘形的，即使管理人员的行为是有些偏见的，会引起一些偏差，但这种偏差远不足以酿成巨大的损失和灾难。

⑤假如经理人员的行为一般说来已经近似于决策规则（平均系数也相近了），那么按照这个准则，他们的经验将能起较好的作用。

（3）搜索法则。如前所述，波尔曼的方法利用管理特性决定生产计划的系数。另一个可选择的方法是在可行解范围内搜索最低成本的系数值。以下是三种搜索法的简单说明：

①琼斯（Jones）参数生产计划。模型把暂时不能满足的定货，存储、劳动力变化以及加班工资假设为二次成本，并利用逐步格点搜索法求得系数。

②涛伯特（Taubert）搜索决策法。这个方法允许对一时无法满足的定货，存储，劳动力变化及加班工资等采用二次型成本或其他类型的成

本结构;用逐步搜索法求得最低成本系数。

③维琴(Vergin)的模拟进度表。这个方法通过模拟和搜索方法制定生产计划。采用线性的,二次的与公步成本。

表 5.7 比较了本章讲到的制定生产计划的三种方法:用线性规划制定生产计划,使用线性决策规则制定生产计划和用管理系数探索模型制定生产计划。

表 5.7 三种生产计划方法的比较

方法	模型的基本假设	评 述
HMMS 线性决策规则	成本函数为二次方程(这是为了便于进行数学计算而假设的,是这个方法的基础)	可能会造成严重误差。例如:把雇佣和解雇费用作为二次方程来假设,是违反数量经济学的见解的
波尔曼管理系数模型	经理人员基本上好的决策者。 统计学的回归分析以消除不稳定的管理行为来制定较稳定的决策	被模拟的具体的经理人员事实上可能不是一个好决策者 模型适用于具体的管理人员或小组 人员变动使模型失效,需建立新模型 统计的回归分析是解释管理行为的有随机性的方式,可能有误差
线性规划模型	成本函数是线性的 需求和供应的预测是确定型的	忽略了小批量的附加费用和大批量的数量经济学 忽略了预测误差的影响,虽然逐月的预定计划允许用最新得以的真实数据来修正预测误差

## 四、计划的实现

### □ 主进度表

在产品生产或服务工作中,继需求量预测和生产计划之后,要制定主进度表。生产计划要考虑到生产能力的约束、正常的工作班次、节日和假期等情况,拟订出一个可行的进度表(通常按产品组)。主进度表把生产计划进一步具体化,并通过按实际的订货(而不是预测的订货)和实际的出产(而不是计划的出产)来修正落实它,并拟订措施以保持进度的切实可行。修正的主进度表又成为详细进度计划的输入(依据)。详细的进度表规定了工作何时开始,在何处进行,需要哪些物资、设备,需要多少人力。在电子计算机化的系统中,主进度表是物料需求计划系统(MRP)的输入。

哪些可称为生产计划,哪些该归入生产进度表,在许多方面是有明确界限的。期限是区分二者的最有效的标志。大部分工业生产进度表是以日、星期和月为基础的。如果对一个月以上的生产率、存储量作出决定,特别是涉及到劳动力数量的变化时,称为计划就更为恰当。当时间缩短到天甚至以小时为单位则成为调度,这里必须明确规定生产或服务将在何地地进行,何时由何人执行。所以,按照时间顺序,计划变成了进度表,进度表又变为调度。调度之后还有加急处理。这就是必须准时完成的特急定货或者是赶出误期的急等着要的定货。本书把调度包括在进度计划中。

生产计划中对外部条件的假设如果不符实际,那么计划就不可能实现。例如这一章中讨论的生产率和劳动力数量的不同模型。这些模型是假定可以任意雇佣或辞退工人的。但实际上并不如此。因为劳力来源可能有限制;或受到工人技术专门化的限制;工会合同也可能限制雇佣或任意辞退工人。进一步来讲,劳动力的稳定是信誉和团结的象征。把这些因素联系起来,可以认为在模型中所假设的雇佣和辞退可能是有问题的,而最好的决策可能还是维持劳动力的稳定。

# 第六章

# 作业计划 系统的设计

哈佛商学院 MBV 教程系列

《生产与作业管理》

作业计划是完成任务、利用资源或配置设施的一张时间表。作业计划的编制过程可以看作是生产计划的实施方面,并作为贯穿在生产系统中的持续不断的活动。作业计划的目的是将总的生产计划按时间进度分解成为周、日、时的任务,也就是说在短期内确切地对生产系统安排计划的工作负荷。

在设计作业计划系统时,必须保证有效地完成下列职能:

- (1)对各工作中心或其他指定的工作点分配工作任务单、设备及人员。这基本上是以需要能力和实有能力的平衡为基础作出决策。
- (2)决定完成工作任务单的次序,这也就是安排任务的优先顺序。
- (3)根据日程安排,投入计划任务,这通常称为工作任务单的调度。
- (4)检查各工作任务单在系统中的进行状况,这通常称作“跟踪”。
- (5)督促脱期的或关键的工作任务单。
- (6)在工作任务单的实际情况发生变化时,调整作业进度表。

涉及这些因素以信息流为基础的一般的作业计划系统结构如图

6.1

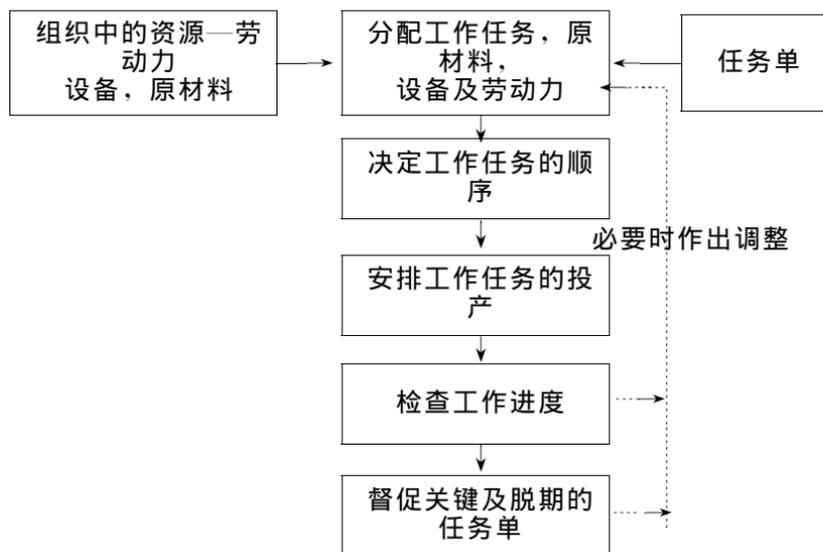


图 6.1 一般的作业计划系统

## 一、单件生产的作业计划

单件生产的作业计划可分为工程项目作业计划和单件小批车间作业计划两种情况。

### □ 项目作业计划

一个项目通常是指一些需要较长时间才能完成的大型产品所包括的一系列有关工作。在宇宙航空工程、造船、大型建筑和重型设备制造中可看到典型的项目的作业计划的情况。就绝大部分项目而言,作业计划主要工作是对资源——人力、材料、设备——的协调,无论何时何地需要时均应保证供应。况且,由于象公路、水闸、管道以及建筑物的建造要受各构件的支配,控制作业计划的进度将会加倍地困难。

近年来,在单件生产作业计划中,特别是在建筑及宇航事业中已广泛使用了网络技术,例如关键路线法(CPM),计划评审技术(PERT)。

在建筑业和其他行业的作业计划中,最常用的安排进度的方法是H.L. 甘特在1917年发明的条形图或称甘特图。由于它是在历史上第一个把时间和工作任务联系起来的尝试,这种方法是具有其历史意义的。图6.3说明了应用于建筑业的典型的甘特型图表。

一种经常用来保证项目实现的作业计划方法是里标图(Milestone chart)。一个“里标”表示完成项目中的一个重要事件,并可以按其重要程度对里标作进一步区分,例如分成“重大里标”、“尺标”和“寸标”。负责管理各里标活动的经理们在提出的报告中一般将各种里标图结合运用。

### □ 单件小批车间作业计划

当一生产车间握有一些定单,并把承接的一项定单作为一个“小型工程项目”处理时,就是单件车间作业计划的情况。这种情况是:每项定单的生产路线应分别制订,每项任务要保持单独的记录,在系统中每项任务的进度都要严格地加以监督。这并不是说在这种系统中这种产品不能与其它产品一起成批地加工;确实,在许多情况下个别定单在经过

各个加工阶段时,是与其他定单结合在一起的。但是,由于它们的完成进度要求不同,在过程中投入的材料和服务不同,在通过系统时它们不太会在同一个时刻里取同样的加工路线。

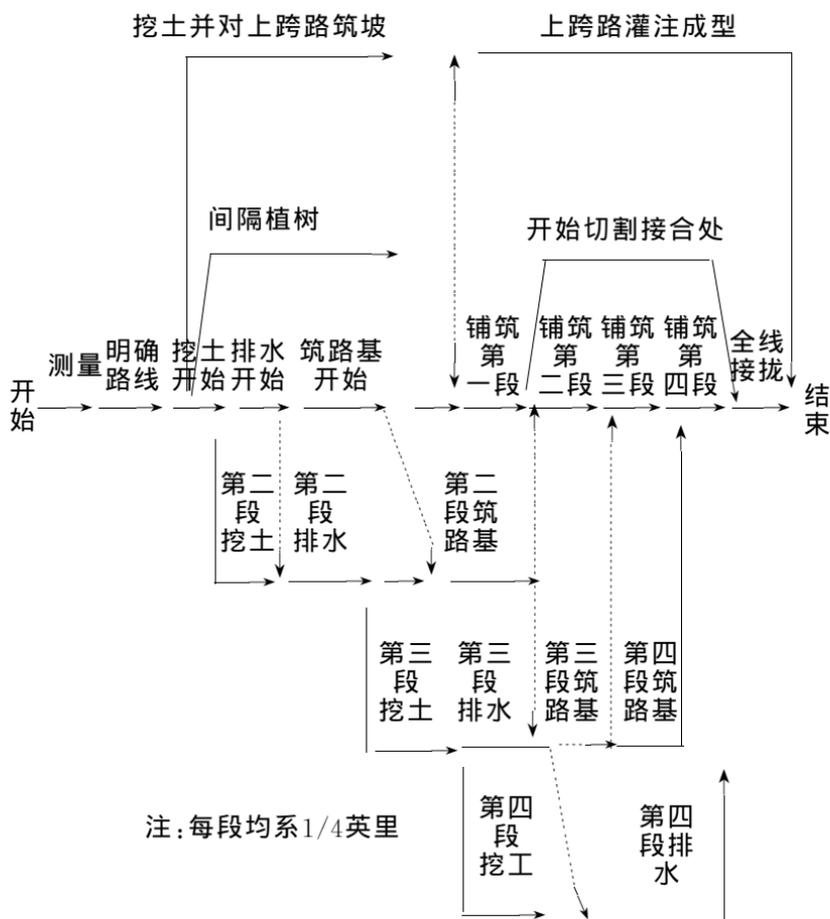


图 6.2 公路建筑基本生产流程图

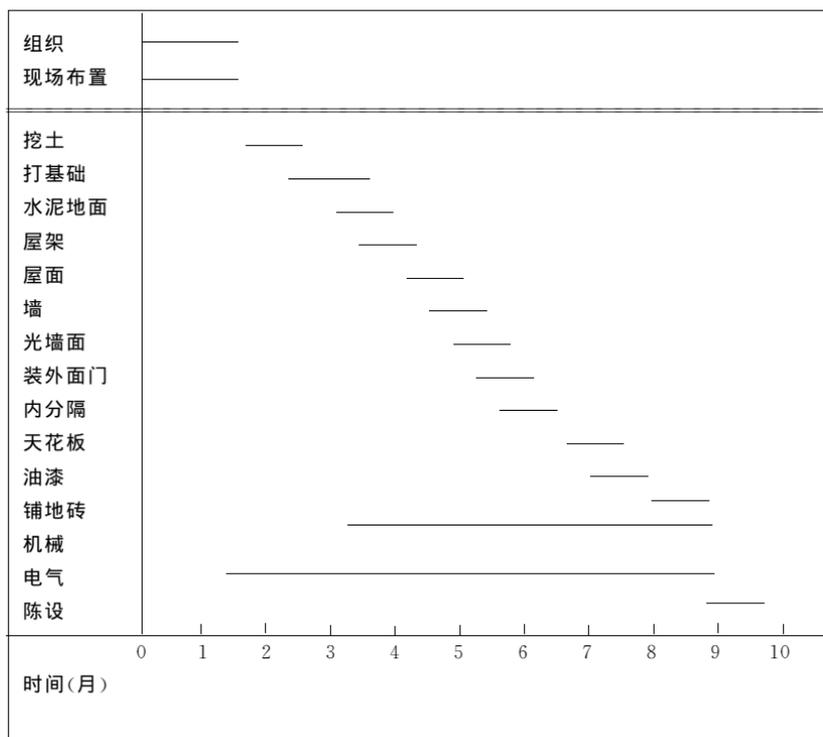


图 6.3 建筑大楼的条形图

对单件小批作业计划来说,有六个重要项:

- (1)任务到达的方式;
- (2)车间中机床的数量和种类;
- (3)车间中的人员数;
- (4)车间中生产任务流动的模式;
- (5)对机床分配任务的优先规则;
- (6)作业计划评价标准。

事件号	里 标	1965			1966												1967		
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
12	完成维修设备的制作			↑															
13	完成操作工人训练			↑															
14	完成操作台及测试设备安装			↑															
15	完成导弹架设设备制作			↑															
16	完成导弹运载车辆制作			⊆		●													
18	完成导弹制作											⊆							
19	完成就位设备制作											⊆	○						
20	完成测试设备安装及操作台试车																		
21	完成地面设备的制作									⊆	○								
30	完成场地建筑											⊆							
33	完成导弹安装																		⊆
35	完成第一个操作单元																		⊆

符号：↑ 任务按计划完成(任务完成)；● 任务未按计划完成(实际下降)；⊆ 计划安排(或重新安排)的任务日程；○ 预计任务将延缓(预计下降)。

图 6.4 里标图

1. 任务到达的方式

在计划员的办公桌上,任务成批(指一批定单,不要与成批作业计划相混淆)到达,或在一段时间间隔内按某种统计分布到达。前者称为静态到达型,而后者称为动态到达型。静态到达并不意味着顾客们在同时提出订单,而只是说把这些订单放在一起安排进度。一个生产管理员工一周安排一次作业计划,在为下周安排的订单未到达齐备前他不再安排任何任务。在动态到达的情况下,生产任务随到随安排,对生产车间的总计划进度表要不断刷新以反映这些追加的生产任务。

2. 车间中机床的数量和种类

车间中机床数量的多少明显地影响作业计划的程序。如果只有一台机床,例如一台计算机,作业计划安排问题将非常简单。反之当机床数量及种类增多,如果各种生产任务将经由几台机床的加工才能完成,则作业计划安排问题将变得更为复杂。

3. 车间中人员数

不同的单件小批车间的一个关键性的区别点是工作中可用的人数与机床数的对比。如果人多于机或人机数相当,则该车间属于有限机床系统。如果机多于人,那就属于有限劳动力系统。对有限机床系统进行了颇为大量的研究,然而近年来的调查表明在实际工作中有限劳动力系统更为普遍。在研究有限劳动力系统中,主要考虑的是利用一人多机操作以及确定对机床配备工人的最优方法。

#### 4. 车间中生产任务的流动模式

由于车间中任务流动模式的不同,可从定流车间一直到随机路线车间等。所有的生产任务按照同样的路线从一台机床到下一台机床,这种情况称为定流车间。从一台机床到下一台机床的流动都不一样的流动模式称为随机路线车间。在现实生活中处于这两种极端的情况是罕见的,绝大多数车间介于两者之间。一个车间在多大程度上是定流车间或随机路线车间,能够用生产任务从一台机床流向下一台机床的统计概率来确定。

#### 5. 对机床分配任务的优先规则

在某些机床或工作中心上先安排哪一个生产任务的规则就是优先规则。简单在优先规则有:例如,先承接的任务先做,最短加工周期的任务先做,最先交货的任务先做等。

更为复杂的规则有:例如“每项未完成作业的松弛时间”(松弛在这里的定义是指为保证如期完成任务必须投产的时间前还余下的时间)，“对总工作时间具有最短的加工时间”(即标出那些加工时间对未完成工作有最小的加权比的),以及“迟后费用与加工时间比”(COVERT)。

工业中常用的是哪些规则?理查·康威认为当考虑的是工作必须如期完成时,以下的规则是广泛使用的:

(1)最早交货的任务优先安排。

(2)最少松弛时间的任务优先安排。松弛时间是交货期前还余下的时间减去待加工时间。

(3)在该机床上规定完工期最早的任务优先安排。容许在车间中加工的时间在该生产任务的各道工序中等分配,从而得出在加工过程中各道工序的完工期。

(4)每项未完成的工序具有最少松弛时间的生产任务优先安排。

虽然如此,在实际工作中许多分配任务的规则差不多都归成为最

长加工时间的规则,即最长的任务第一,次长的第二,以此类推。理由是由许多任务的安排顺序以它们的相对重要性为基础,而重要性又往往与加工时间成正比,因此需要较长时间的工作应较优先安排。

没有一条规则能对每种状况来说都是最好的。最后的抉择依赖于按照作业计划评价标准来检验某条规则的效果的优劣。

#### 6. 作业计划的评价标准

一个特定的作业计划能以生产任务的出色完成程度、生产设备的利用程度以及达到企业整个目标的程度来评价。对作业计划的研究大部分集中在生产任务的出色完成方面,用的是所谓局部标准。特别是大量研究了不同的优先规则在达到如下这种评价标准中的优缺点,例如安排一定数目的任务由一台或几台机床加工使平均工作流程时间及平均任务延误时间达到最小(对这两者将在下面作出定义)。

以下我们就一个包含四项任务必须在一台机床上加工的简单的作业计划考察其评价标准。用作业计划的术语来说,这类问题叫作“ $n$ 种任务——一台机床问题”或简单地写做  $n/1(n=4)$ 。这类问题在理论上的困难随着机床数增多而增加,而不是随任务数目的增加而增加,因此对  $n$  的唯一限制是它必须是一个确定的有限数。

表 6.1

任务	完工期	加工时间(天)	松弛时间(天) (完工期—加工时间)
A	4 天以后	3	1
B	9 天以后	6	3
C	5 天以后	5	0
D	9 天以后	7	2

各任务加工时间如下表所列。优先规则是:(a)根据任务的最小松弛时间安排各任务的次序,松弛时间指在保证任务完工期必须投产前还剩下的时间数;(b)根据最短加工时间安排各任务的次序。评价标准是:(a)最低平均流程时间。流程时间指该任务花费在车间中的时间;

(b)最低平均延误时间,延误时间指的是任务交货期前剩下的时间和流程时间的差。

根据最小松弛时间优先安排的规则,任务将按 C、A、D、B 顺序安排。应用这些规则以评价标准表示的结果见表 6.2,表内的流程时间是借助于图 6.5 中的进度图而得出的。

表 6.2

任务	流程时间	应完工时间	延误时间完工期—加工时间
按最小松弛时间规则*			
A	8	4	4
B	21	9	12
C	5	5	0
D	15	9	6
合计	49		22
按最短加工时间规则†			
A	3	4	0≠
B	14	9	5
C	8	5	3
D	21	9	12
合计	46		20

\* 平均流程时间:  $49/4=12\frac{1}{4}$  天, 平均延误时间:  $22/4=5\frac{1}{2}$  天。

† 平均流程时间:  $46/4=11\frac{1}{2}$  天, 平均延误时间  $20/4=5$  天。

≠任务提前一天完成。

回过来看作业计划的效果,可注意到最短加工时间得到的效果较好,无论是以流程时间为标准或以延误时间为标准都较好。这是偶然的吗?不是的,因为能用数学证明最短加工时间规则不仅比最小松弛时间规则能得到较短流程时间和较短延误时间的作业计划,而且对这两项

标准而言都是最优解。不仅如此,对  $n/1$  情况而言,最短加工时间规则所得的解,即使从其它标准(诸如平均等待时间和平均完成时间)来看,也是最优解。事实上,这个简单的规则是如此权威以致它被称为“所有排序课题中最重要的概念”。

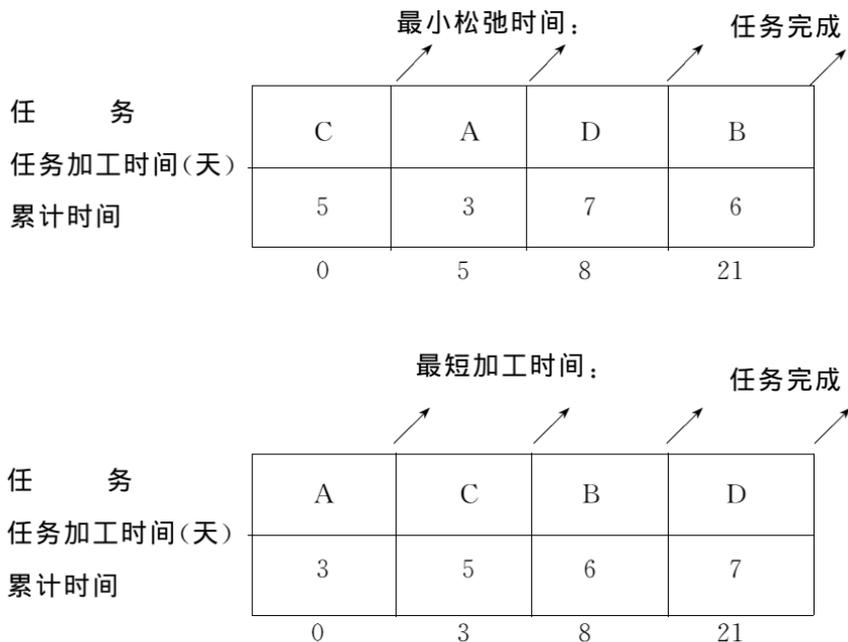


图 6.5

再复杂一点的是  $n/2$  型车间流程形式,即两种或更多的生产任务必须以同样的加工顺序在二台机床上加工。如  $n/1$  情况一样,根据一定的评价标准有一种能得出最优解的方法。这种方法称作约翰生(Johnson)法,包括以下步骤:

(1) 排出每项任务在每台机床上的加工时间。

(2) 选出最短加工时间。

(3) 如果最短时间是在第一台机床上,则最先做这项任务,如果最短时间是在第二台机床上则最后做这项任务。

(4)重复(2)、(3)步骤直到所有任务都安排完毕。  
 这些步骤可以用四项任务经过二台机床来说明。  
 第一步:列出加工时间。

表 6.3

任务	在第一台机床上加工时间	在第二台机床上加工时间
A	3	2
B	6	8
C	5	6
D	7	4

第二步和第三步:选出最短时间并进行安排。任务 A 在第二台机床上加工时间最短,因此先安排它放在最后做。

第四步,重复二、三步,任务 D 在第二台机床上时间次短,所以安排它在倒数第二做;任务 C 在第二台机床上第三短,所以安排它在最先做,任务 B 在第二台机床上最长,所以安排它在第二做。

归纳起来,安排顺序的解是 C→B→D→A,而总流程时间 25 天为最短。同时总空闲时间及平均空闲时间也是最短。最后的作业计划安排见图 6.6。

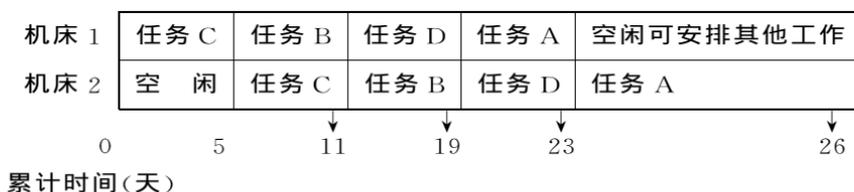


图 6.6

约翰生法能扩大应用于  $n/3$  情况以求得最优解。当定流车间流程安排问题超过  $n/3$  时(情况常会是这样),就不能用分析方法求最优解,原因是即使这些任务到达第一台机床时是静态的,但作业计划安排问题接下来就变成是动态的,并在后道机床前形成了一系列排队。

本章补充中的排队论讨论了在“动态到达”情况下的作业计划方法问题,不管怎样,无论在静态或动态下,蒙脱卡罗(Monte Carlo)模拟法往往是在实际工作中确定各种优先规则的相对优缺点的唯一方法。

### □ 任务分配方法

线性规划中解决运输问题的特殊方法能用在单件车间作业计划中,将任务安排到工人、安排到机床等。像约翰生(Johnson)法一样,这种方法是既“快而烦”的,它能应用于具有下列性质的问题:

- (1)有几件事要安排到几个对象。
- (2)每件事必须安排到一个对象,而且只安排到一个对象。
- (3)只能以一个标准衡量——最低成本、最大利润或最短完工时间等。

例如,有五项任务可在五台机床上加工( $n=5$ ),每台机床上加工各项任务的费用如表 6.4。计划员希望在分配中达到最低费用(全部可能分配的方法有  $5!$  即 120 种)。上述问题能用任务分配法求解,它包括以下步骤:

表 6.4

单元:元

任务	机床				
	A	B	C	D	E
I	5	6	4	8	3
II	6	4	9	8	5
III	4	3	2	5	4
IV	7	2	4	5	3
V	3	6	4	5	5

(1)从每横行各数字中减去这行中最小的数字(这样每行中至少有一个零)。

(2)从每纵列各数字中减去这列中最小的数字。

(3)确定覆盖所有零的必要的最少的直线数是否等于  $n$ 。如果等于  $n$ ,则已找到最优解,因任务必须分配到成为零项的机床上去,此时这

要求已能达到。如必要的最少的直线数少于  $n$ , 则应进入第(4)步。

(4)划出经过零的最少的直线(这些直线可与第3步中所划的相同), 在所有未覆盖的数字中减去其最小的数, 并把它加到直线的每一个交点的数字上。再重复第(3)步。

任务分配法的一种非数字的基本原则是达到最小的机会成本。例如, 如果我们决定把任务 I 分配到机床 A 而不是分配到机床 E, 我们将失去节约 2 元(5 元 - 3 元)的机会。而这只是一对一的比较, 而本分配法的算法实际上通过第一步和第二步中所讲的行与列的减法对所有的分配方法作了比较。在第四步中又作了类似的比较。显然, 如果分配是在零位上作出的, 那么对整个矩阵来说不会招致任何机会成本。

## 二、成批生产作业计划

成批生产是为完成某项特定订货或满足某种持续的需求而制造有限数量的同种产品。当这批产品生产完成后, 生产系统可用来生产其他产品。

艾龙(Eilon)列出三种类型的成批生产:

- (1)一批产品只生产一次;
- (2)一批产品根据需求的提出不定期地重复生产;
- (3)一批产品为满足持续的需求每隔一定时间间隔定期地重复生产。

第一种成批生产的作业计划问题非常类似于单件生产的情况, 主要的区别是制造一批产品比制造一件产品占用某些设备的时间较长, (同时由于调整时间可分摊到较多件产品上去, 单位制品的成本较低)。其它影响作业计划系统的区别是: 在成批生产中有把批量分小的可能性(即先生产若干件, 然后再生产若干件, 如同系统中有另一个工作任务单在起作用一样), 以及在成批生产中可选择先完成任务的一部分(即在全部产品完成前先交货一部分以方便顾客)。

另外两类成批生产通常同为本厂成品储存进行生产的系统相联系, 在这里订单或者是直接来自储存点或批发部, 或者——更多是这种

情况——是在消费发生几个星期或几个月前由生产计划规定的任务。这种情况下的成批生产,使经理们在确定恰当的作业计划中具有一定程度的灵活性,因为必须满足客户交货期的压力解除了。但另一方面却对产生作业计划增加了复杂性,因为不仅要作出进度决策,而且还要作出批量决策,而这些决策相互又有联系,批量大小决定生产周期,生产周期又进一步影响生产作业计划以及其他产品的批量。

### □ 成批生产作业计划的“耗尽时间法”

“耗尽时间”法可用来确定共同使用同种设备的一组产品的生产时间。“耗尽时间”是指已安排的产品生产时间,加上库存中已有的产品足以满足这项产品的需求。这种方法的基本目标是平衡生产能力——如设备台时——的利用,以达到对所有产品使其“耗尽时间”都是一样的,因而在这组产品生产上所作出的努力是均衡的,而不是只集中注意几种产品而忽视了其它产品。

这种方法的步骤见表 6.5 和表 6.6,共有六种产品,在一周中可用来安排的台时数为 96.5。然后,累计的“耗尽时间”(2.72 周)用于表 6.6 的 2.1 栏中以确定本周末的必要库存量,在这里假定每项产品都要求达到一个 2.72 周的“耗尽时间”。2.3 栏表明为了达到这一存储要求而必须安排的产量数。

$$\begin{aligned} \text{累计耗} & \quad \text{以台时表示的实有库} \quad + \quad \text{可以利} \quad \text{预计每周耗尽量} \\ \text{尽时间} & = \frac{\text{存量累计〔1.4 栏〕} + \text{台时} - \text{累计〔1.5 栏〕}}{\text{预计每周耗用量(累计)〔1.5 栏〕}} \\ & = \frac{213.95 + 96.5 - 83.54}{83.54} = 2.72 \text{ 周} \end{aligned}$$

表 6.5 耗尽时间计算

产品名称	期初实有 库存(件) (1.1)	生产时间 (台时/ 件)(1.2)	预计耗用 (件) (1.3)	以台时表 示的实有 库 存 (1.4) = (1.1) × (1.2)	预计每周 耗用(以 台时表 示)(1.5) = (1.2) ×(1.3)
A	125	0.2	60	25.00	12.00
B	250	0.08	85	20.00	6.80
C	75	0.5	30	37.50	15.00
D	300	0.09	96	27.00	8.64
E	239	0.15	78	35.85	11.70
F	98	0.7	42	68.60	29.40
合计				213.95	83.54

在很多情况中,批量的确定是对在机床调整费和存储费之间作权衡达到最佳的结果,但在另一些情况中它的确定却只是由于机床生产能力的物质条件的限制。

“耗尽时间”法在这两种情况的生产作业计划中均可应用。例如,上节的例子中假定各产品的批量如表 6.7 所示。

表 6.6 达到要求的耗尽时间所必须的作业进度安排

	产品名称 期末计划库 存 2.1 = $1.3 \times 2.72$	产品总需要 量 2.2 = $1.3 + 2.1$	计划产量 (件) 2.3 = $2.2 - 1.1$	以台时表示 的产量 2.4 = $2.3 \times 1.2$
A	163	223	98	19.6
B	231	316	66	5.3
C	82	112	37	18.5
D	261	357	57	5.0
E	212	290	51	7.7
F	114	156	58	40.6

目标是确定每项产品的耗尽时间(即已安排的产量加上实有库存数能满足本项产品需求的时间),然后以上述批量安排生产作业计划,从具有最短的耗尽时间的产品开始,直到 96.5 台时全部排足。这些耗尽时间在表 6.8 中以库存数加生产数被预计周耗用量除而确定。

96.5 台时将依次分配给 A、F 和 C 产品,由于这些产品耗尽时间最短。注意如果按相应批量生产这三项产品总共需要 102 台时(见表 6.7)。由于本期只有 96.5 台时可供安排,对产品 C 所缺的 5.5 台时将在下期进行安排。

表 6.7 批量安排表

产品名称	预定批量		
	件数	每件台时数	总台时数
A	90	0.2	18.0
B	150	0.08	12.0
C	70	0.5	35.0
D	160	0.09	14.4
E	100	0.15	0.15
F	70	0.7	49.0

表 6.8 已确定批量的产品的耗尽时间的确定

产品名称	实有库存或在 产库存(4.1)	预计每周消耗 (4.2)	耗尽时间(周) $4.3 = (4.1) /$ $(4.2)$
A	125	60	2.08
B	250	85	2.94
C	75	30	2.5
D	300	96	3.12
E	239	78	3.06
F	98	42	2.33

### 三、大量生产作业计划

虽然大量生产常被当作是汽车生产的同义语,但在其它方面看来使用得也很广泛——这里只例举一小部分,如电子元件中的电阻器(采用自动设备生产)的制造,器械和钟表的制造和装配,可把大量生产看作是成批生产的一种极端情况。在大量生产中常见的是专用设备、专用工具以及流水生产。

对这点可能有不同意见。但是纯粹的大量生产是罕见的,因为即使是很大规模的经营也允许在制造的产品上有差异。就这样,当通用汽车厂制造并装配雪弗兰牌汽车时,每辆汽车可能有某些特点使它与生产线上的、前一辆或后一辆车有些不同。因此,在定义大量生产时不能对产品质量的均匀性作过分严格的要求。

大量生产作业计划所用的方法在很大程度上取决于产品的生产技术。如果主要是手工操作或使用生产线,如电话制造的装配阶段,作业计划安排成为一个为达到要求的出产速度,确定对操作者的工作时间,并且随即在生产工人中均匀地分配工作的问题。在这种情况下,第四章中讨论过的平衡装配线的方法将是适用的。

除了在许多大量生产经营中提出的平衡问题以外,还有物资流在变换(加工)点进出的协调问题,也就是这种物料变换是在一台大型机床上进行,还是在不同部门中经过几个阶段,或是在一条装配线上。从管理上看,力求避免在开始的加工点上过量的原料储存,在各个加工阶段过量的在制品储存,以及加工结束后过量的成品储存。同时管理又要求原材料、零部件及成品有足够的数量,能经常用来保证生产的顺利进行,以满足顾客的需求。要达到这种平衡,需要提出一些关系到原材料订货、零部件完工期以及成品运用入库的分支作业计划。在储存费用昂贵的大型产品生产中,生产作业计划必须与厂外装货单位如铁路、货船安排的运输作业计划相紧密衔接。

在大量生产作业计划中广泛应用的方法是平衡线法(LOB),它使用了“例外管理”的概念。它力图在生产过程中及早发现落后因素以避免最后成品的延迟发货。由海军特种工程办公室提出的LOB由下列四个要素组成:

- (1)一个称作“目标”的表示累计交货的作业进度表；
- (2)一个生产计划；
- (3)一张进度图；
- (4)进度与目标的比较——涉及到进度与目标的平衡线。

这些要素正常地是依次应用,但其最核心的组成部分是生产计划。生产计划是以树形显示的计划作业进度,它表示了原材料、零件、制造阶段、组装和总装及其有关的提前期资料。

## 四、连续加工的作业计划

在连续加工工业中要把作业计划从综合生产计划中引伸出来是极端困难的,因为所要求的产品种类构成及生产次序一般都由生产计划决定了。例如在一个炼油厂中,一个最优的作业计划能够根据线性规划的单纯形算法考虑生产能力、存储费用和利润以得到各种燃料油的产量及其搭配。这样,作业计划问题就成为一个从原油蒸馏经过混和和储存到控制炼油的过程的问题。典型的作业计划问题如优先问题、顺序问题、评价标准问题基本上在事先就已经解决了。

一些公用事业例如发电厂在作业计划中遇到一些有兴趣的问题。这种运营的一个共同特点是出产的产品不能贮藏,但它又必须总是能满足持续而又变化着的需求。

某发电厂可能经历一个一周的需要模型,如图 6.8 所示。要做的工作是对发电机作出进度安排,使为了适应这些需求的变动所必须的启动、调整、关闭操作的运转费用达到最小。作出这种决定的一般基础是在各个出产水平上的递增费用与改变运转水平的递增费用相适应。这种费用的比较用计算机来作是很合适的。事实上许多电站使用计算机操纵系统一负荷的情况,决定在各机组内发电量的分配,并输送控制脉冲至各个机组。

地下采矿也有一些颇有意思的作业计划问题。因为操作必须沿着一个变动的工作面循环地进行。例如,打眼、爆破、装料、支棚顶、以及机器移动等,它是一个操作接着一个操作循环进行的,但是,由于每个采

矿操作的时间随着矿层性质而变化。这些操作占用的时间不是固定的而是随机的。幸而对循环的时间差异给以足够的观察,有可能得出统计分配,这种分配能用作排队论分析或模拟分析的输入。用这种分析得到的数据能制订出有效地在工作面分配人力机器的作业计划,并以此确定运输设备的时间及顺序表。

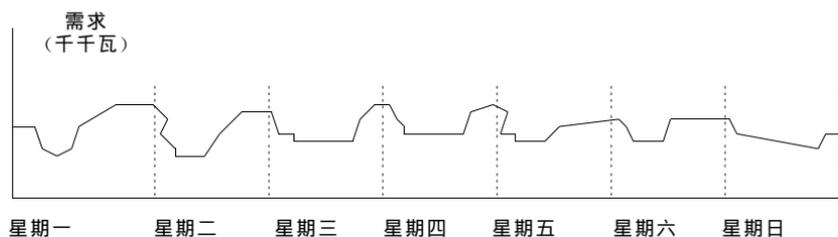


图 6.8 发电厂的一周需求模型

## 五、标准化服务的作业计划

标准化了的服务的作业计划,是以设施来定位而不是针对特定的顾客。运输行业就是这种情况,它的到站或离站时刻表——至少在理论上——是必须严格执行而且很少具有为了满足任何个别顾客的要求的机动灵活性。在为机关学校成员(例如:监狱、部队、大学宿舍)提供的伙食服务以及政府部门的服务例如邮递、街道修建、清除垃圾等的运行中也有类似的非机动性。

作为服务系统作业计划的举例,我们最后考察两种很不相同的运输问题,而这两者又是公众所极为关心的。它们是校车及航空线的作业计划。

### 1. 校车作业计划

校车作业计划的总目标是使路线的数目最少,单位里程费用最低,没有超载的车辆,并保持每班运行时间不超过某种可接受的水平。安吉尔(Angel)和其他人对解决这种问题提出了一种分二步进行的方法。

第一步是搜集有关学生(等级程度、地址及学校)的资料,并将学生分至各搭车点。然后从地图上查得各车站之间的距离并算出运行时间。然后再应用数学规划算法求得各成对的停车站之间的最短路程。还要取得车辆的数量和容量,以分钟表示的最大路程时间,每个学生的上车(装载)时间,以及每个车站允许的额外时间。第二步是实际安排作业计划,它基本上是用数学规划程序,使各成对的停车站能以最低的时间和运行距离相组合。作业计划的输出标明了每停车站的学生数、车辆到达时间、停靠时间。它也包括有关路线安排的各种因素的摘要数据,例如路程时间,装载时间、行驶速度、学生总数、停车站总数和行驶里程。

### 2. 航空线作业计划

运输行业中的航空部分遇到的是一种最复杂的标准化服务情况。航线作业计划基本上是排出单线航线,并对此指定特定的飞机飞行路线。由于飞机的飞行时间、加油时间、维护时间等都是可变的,安排的起飞和到达时刻并不是经常准时的,除非容许时间大大地超过这些活动所需的平均时间。常言说:“安排得越紧,完成情况就越差”。

航空线中遇到的作业计划问题还超出设备本身的范围以外,例如空勤人员的进度安排就是一个大问题。驾驶员的工资很高,因而对经理来说必须使他们的飞行技术在每月中都得到充分发挥。同样,也需要使女乘务员的工作保持和合同规定的工作量相符,并且一般说来还要避免空载返航,以及避免航线上工作人员在运输途中因临时过夜留宿而支出费用。

按照作业计划的特定技术,许多航空线上都正在使用计算机化的蒙特卡罗模拟模型作为安排其设备、人力和维修力量的基础。这些模型具有同时处理各有关因素的能力(这些因素有飞机的容量及其可用性,维护要求,顾客需求,每次航程费用,空勤人员现有数),并可进行实时模拟以迅速作出有关进度的决策。用例子来说明:假定有一架飞机在运输途中,由于暂时要小修理而着陆。作业计划系统注意到这点并借助于模拟决定:是否应调度另一架飞机去完成这一航程。进入这项决策(和模拟)的将有:原有空勤人员如何处理(是参与继续航行还是另行安排),后备飞机动用后对其他航程的影响,当然还有完成修复预计需要多少时间。

飞机起飞和着陆的作业计划也能够加以模拟,飞行控制人员使用

示波管显象装置按实际存在的空中交通及气候条件评价不同的到达路线、跑道、盘旋型式。采用这些系统的先进技术可能得到模拟的飞机在空中和地面上的变化位置的连续不断的图象显示。

# 第七章

# 工作研究与 人机工程

哈佛商学院  
HBS  
教程系列

《生产与作业管理》

企业产品的产出是由其生产系统根据需求转化的,也是由生产计划、调度人员通过指挥、协调、控制实现的,但更是由工人按照工艺要求用一个个劳动、操作动作完成的,要提高产品产出率、实现生产系统的基本功能,就离不开对生产作业过程、操作方法、人一机关系、乃至每个作业动作及其时间标准的分析、评价和设计。这些工作虽然属于基层管理范畴、不含有很多的决策性质,但正是它们在过去创造了整个工业化社会的文明和劳动生产率,从最基层的每一项工作着手,建造着整个工厂乃至公司经营的大厦;即使在现在和将来,只要社会的进步仍需生产力的发展来推动,那么这些提高生产率的方法、措施就将继续发挥作用,并在企业的市场竞争中扮演一个极为重要的作用。

工作研究和人一机工程以生产作业中人的健康、安全和效率提高为目的,使得生产作业过程变得更科学合理,也更富于人情味。

## 一、生产标准

### 生产标准所提供的信息资料

生产标准可以为生产中的许多决策提供基本的资料。生产标准的重要性源于劳动成本这个生产中至关重要的因素,这个因素影响到许多决策的制定。举例来说,产品的自制与外购、设备是否需要更新,以及选择某一特定生产过程的决策,都需要估算出劳动成本(以及其它成本),即对每单位时间的产量进行估算。

生产标准还可以为企业的日常经营过程提供基本的数据资料。例如,如欲设定机器的日程或者负荷,就需要了解各类定单的计划时间。对应于这种情况,我们需要向可能的顾客提供报价和交货日期,报价是在劳动成本、原材料成本以及间接费用等预期成本的基础上加上利润而得到的,其中,劳动成本往往是最大的组成部分,而为了获得劳动成本,就需要估算出各项劳动作业所占用的时间。

最后一点,劳动标准还可以应用于劳动成本控制。通过将工人的工作与生产标准进行比较,就可以得出单个工人、整个部门、分厂甚至整

个工厂的有关参数,利用这些参数可以对类型完全不同的各类工作进行绩效比较,标准的劳动—成本系统线和工资奖励体系就是以生产标准为基础的。正因为生产标准在整个生产的设计、运行和控制等方面有如此广泛的应用范围,所以我们不应忽视这些基本的资料。

很容易发现,每个单位都有各种各样的生产标准。即使这些标准并不以正式的形式存在,企业的管理人员也往往基于他们的知识和经验在头脑里对不同的工作设定标准。虽然这些标准形式上是非正式的,但是只要将它们变成文字上的东西,并且承认它们就是预定的工作标准,则它们也就成为正式的标准了。然而,这种基于猜测和过去的经验数据得到的标准是有缺陷的。首先,几乎对所有的这种情况而言,劳动方法都不是标准化的,这样,根据过去记录的资料很难说明究竟什么样的生产效率是合理的,因为过去的工作可能采用的是不同的方法。事实上,生产效率在很大程度上取决于所采用的工作方法,以过去记录的资料确定的生产标准当然就有可能不那么可靠。这种方法的第二方面的缺陷在于,其制定的生产标准受记录时期中单个工人工作速度的影响很大,究竟是选择效率高的工人还是效率低的工人来确定生产标准呢?

### □ 劳动测定的核心

我们所希望得到的生产标准是应当适用于广泛的生产者而不仅仅是其中的某几个人。从某种意义上来说,我们所研究的设定生产标准的问题可以比喻为设计一个适合于人们能力的具有一定机械效能的杠杆,但这种杠杆并非对所有的人都适合,大约有 95%—90%的人能拉动它,这样,大部分来干这项工作的人都会具有所需的臂力。如果这个杠杆需要人们都具有超常的力量,那么我们将不得不去寻找那些有限的能胜任这项工作的人。

上面所述的两种制定生产标准的方法都在实际中被采用,但在实践中,采用最小认可值比采用平均值更普遍些。

我们将在后面讨论上式中几个宽放时间的概念,而现在我们来讨论这样一个问题:在通常的只有一个或几个工人从事一项工作的情况下,如何确定正常时间?实际上,众多的工人从事同一工作的情况是不多见的,所以我们通常也就无法得到一个统计分布。没有关于分布的资料,我们怎样能找出 95%的工人都能达到或超过的工作水平(也就是

所说的正常时间)呢?用于解决这一问题的方法称为工作评定。

### 1. 作为一个劳动测定系统的工作评价

为了测定某些事物的特性,无论是测量一条线段的长度、容器的内部压力还是一个人的工作速度,我们究竟需要知道些什么呢?这是一个非常简单的问题。我们基本上需要知道两样东西:

- ①公认的比较标准;
- ②测度的单位或尺度。

这两者都可以是由主观确定的。举个例子来说,在长度测量中,我们的基本标准是保存在华盛顿特区标准局中的一根铂铱合金棒。而它也是以国际标准为依据的。英制(码、英尺、英寸)和米制(米、厘米、毫米)是两种经常使用的长度体系,它们是以划分合金棒的不同方法为依据的,其它任何的尺度也是基于同样的基本标准。而其它划分合金棒长度的方法也可以作为长度的基本标准,以此为基础来测量长度。目前同时使用两种基本标准的原因是它们都已被普遍公认。

使用了这些测量体系是否还需要人为的判断呢?是的,即使使用最精确的测量工具也需要进行人为的判断。例如,在使用千分尺时,一个人必须对调节轴的松紧度作出判断。这种“感觉”的重要性是不容忽视的。

### 2. 工作评定有多大的精确性

在实际的工作测定中,有必要将我们头脑中的“正常工作”与实际观察相比较,并记录我们的工作评定。这种评定将作为一个要素参与到生产标准的判定中去,并且这种评定与最终的标准同样准确。有经验者的评定有多大的准确度呢?普遍接受的数字是5%,在利用影片进行评价的受控研究中会有7%—10%的标准差。换句话说,有经验的人大约在68%的时间内保持这个限额。因此,判断的要素在近期工作测定中的影响是应加以考虑的。这一事实对我们在本章开始时所讨论的工作标准的运用是十分重要的。一般而言,通过测定(包括评价)而得的标准比基于过去的记录而得的标准要好,因为它们给定了一个特定的工作方法并且它们校正了工人的工作速度。而基于过去记录的标准可能由于前面提到的原因极易发生200%—300%的误差。相比较而言,±7%—10%的误差已经是很适度的了。

## 二、劳动测定系统

### □ 秒表测时法

所有实际的劳动测定系统包括：(1)对实际观测所得的时间的测定；(2)运用工作评定的方法对实际观测所得的时间进行修正所得到的“正常工作时间”。我们今后还将讨论运用一些不同的方法综合使用这些因素的其它测定系统。

到目前为止最常运用的工作测定的方法是同时利用秒表测时和工作评定来确定正常工作时间。总的程序如下：

(1)使工作方法标准化。也就是制订标准的工作方法，安排工作平面布置、工具及工作要素的次序等。并记录标准化的结果；

(2)为进行研究选择操作者，用标准的方法去培养和训练他们；

(3)为测时的目的设定工作的要素结构。这包括将工作分解为若干要素。并将每个周期都发生的要素与定期或随机发生的要素分离开。例如，每 100 个周期可能需要重新削磨工具以确保质量标准，而机器的调整则可能在随机的时间间隔里发生；

(4)观察和记录每一个工作要素所需要的实际时间，并同时进行速度评定；

(5)确定观察数目，以第 4 步所取得的样本数据为基础求得符合预期精确度的结果，在需要时也可选取更多的数据；

(6)计算正常时间：

$$\text{正常时间} = \text{平均的观测实际时间} \times \frac{\text{平均速度评定值}}{100}；$$

(7)确定个人需求、工作延迟以及疲劳的宽放时间；

(8)确定标准时间：

$$\text{标准时间} = \text{各要素的正常时间} + \text{宽放时间}$$

#### 1. 要素划分

在实践中，更常用的作法是将整个工作过程划分成各个要素，而不是将整个过程作为一个整体来考察。这样做有如下几个原因：

(1)要素划分在研究中有助于更细致地观察工作过程，并指明工作

中各步骤的先后程序。

(2)取得更多的信息,这些信息对于不同工作的相似要素的时间比较,以及对制定一本各种工作的共同要素所适用的标准时间数据手册是十分有价值的。有了要素的标准时间,就无需进行更多的研究而直接预测出工作的周期时间。

(3)在一个周期的不同阶段工人的工作水准可能有所不同,有了要素划分,便可在一个周期长得足够可以对其分别进行评定的情况下,将不同的工作评定值赋于不同的要素。

在进行要素划分时,通常的做法是将要素划分成一个周期的逻辑的组合。正如图 12-3 所示,要素 1“拿起工件并置于夹具中”是一个性质趋同的工作。再看要素 4“钻 1/4 英寸的孔”,这是一个机器要素。通常要将机器时间与操作时间划分开来。最后,也要把稳定的要素与那些因尺寸、重量和其它一些特性而变化的要素划分开来。

### 2. 获取和记录数据

### 3. 适度的取样规模

从统计的角度考虑工作测定问题,我们试图以观察到的样本时间及工作评定来估测工作的正常时间。首要的问题是要确定需要做多少观测。例如,如果我们要期望一个基于抽样的结果在 $\pm 5\%$ 以内,且可信度水平达到 95%,我们将依据我们抽样数据的均值和标准差的数据计算所需的样本规模。如果我们想要取得更高的可信度和更精确的结果,样本规模就需要扩大。

### 4. 保持样本数据的一致性

一次单独的研究常会遗留下这么一个问题:“这些数据能代表通常的操作条件吗?”如果在一周中的其它日子或一天中的其它时间做相似的研究。结果是否会有所不同?这一问题建议我们可以将总样本划分为随机时间抽取的子样本,然后根据最初取样来设置控制界限,从而确定连续取样所得的数据前后是否一致。也就是,这些数据是否来自同样的一个总体。

这个过程与质量控制很类似,如果散点落在 $\pm 3S$ (正负 3 个标准差)的界限以外,我们就知道存在误差因素的可能性是很大的。我们就是根据明显过高或过低的散点读数来做出这一判断的。这些原因可能是对生产时间产生影响的任何因素,如材料差异、工具的不同、工作地

或工作方法的变化、工作环境的改变等。正如在质量控制中一样,我们将试图确定导致差异的原因的性质,并消除那些已得到解释的非正常数据。

总体程序如下:

(1)如同先前所述,进行工作方式的标准化,选定操作者,确定要素划分。

(2)作一个最初的样本研究。计算得出  $\bar{X}$  和  $S$  的初始估值;确定所需的总体样本规模;为了进行研究,依据  $\bar{X}$  和  $S$  的初始估计值确定控制界限。

(3)设计并实施该项研究。以样本总体除以子样本规模从而得到子样本数;子样本规模通常为 4 到 5 个;可利用随机数表使子样本的选取随机化;在随机情况下,获取子样本读数并将其标在控制图上,如果散点落于控制线处,立即查明其原因,如果这些数据的原因是可以查明的,在计算生产标准时要将它们排除掉;在研究完成以后,需做最终检查以保证结果的精度和可信度至少达到预期的水平。

④如同前面所述的一样,计算正常时间、确定宽放时间和标准时间。

### □ 工作抽样法

工作抽样法的独特之处在于它可以不用秒表而获得其结果。虽然这种表述并未在任何意义上反映出工作抽样法的优缺点,它却表明了工作抽样法确实有不同之处。

工作抽样法早在 1934 年就开始进入到工业生产中,但直至 1950 年才得以普遍采用。我们可以用一个简单的例子来说明工作抽样法的基本思想。假设我们要估算一个工人或一组工人用于工作与非工作的时间比例。我们可以通过长期的秒表研究来测定工作时间或是空闲时间或是两者都测定,这大概要用一天或更长的时间。而且在测定以后,我们也还不能确定我们为了研究工作状态或是空闲状态而选取的时期是否具有代表性。

相反地,假设我们进行大量的随机观察,同时简单地记录工人是工作还是空闲着,并将结果汇总(如图 7.2 所示)。在“工作”和“空闲”两栏

中记录的加总结果的百分比就作为对工人实际工作或空闲时间的估算。工作抽样法基于一个基本的统计原理：观察到的（工作或空闲）的次数与工人用于工作和空闲的时间成比例。估计的准确度依赖于观察的次数。我们可以事先设定精度标准和可信度水平。

	记数	次数	百分比
工作	 	96	88.9
闲空	"	12	11.1
合计		108	100.0

当观察按随机时间进行时，其百分比就是估计工人处于工作状态和闲空状态的时间百分比。估计的准确度随观察的次数而增加。

图 7.2 工作时间和闲空时间劳动抽样记数

### 1. 需要的观测次数

工作抽样的统计方法基于比例的分布，正如质量控制中的控制图 and 计数抽样一样，我们可以回想一下下述两个公式：

$$\bar{P} = \frac{x}{n} = \frac{\text{分类的观测数}}{\text{观测总数}} \text{ 和 } S_p = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

我们注意到所需要的观测数目是相当大的。举个例子来看，在 95% 的可信度水平下，要保持对  $\bar{P}$  值的估算精度维持在  $\pm 1.0\%$  的幅度内。如果  $\bar{P}$  值在 50% 左右，要有 95% 的概率相信估算的  $\bar{P} = 50$  在 49% 和 51% 之间，就需要 10 000 次观测。如果估算  $\bar{P} = 10\%$  在 90% 和 11% 之间，就需要 3 600 次观测，即较低的精度要求只要较少的抽样。虽然，该观测的数目看起来是很大的，但是我们要记住，观测的目的就是为了确定工人是否在工作，或者在可能的情况下，对工人的空闲时间分别进行原因归类。

### 2. 延误时间和宽放时间的测定

工作抽样的一个通常的用途是用来测定工人实际用于个人需要的时间和延迟时间的百分比。这部分时间也是工作时间的一部分。所得出的信息资料可以作为设定宽放时间百分比的基础,这部分宽放时间也是要计入标准时间的。

让我们考虑一个在机械厂车床加工部门的延迟时间和个人需求宽放时间的测定的例子。共包括 10 个工人,我们所说的工作延迟也是工作的一部分。如停工待料、等待指令、机构清理、质量检验、变换工作、机械的微小故障。我们希望测定工作延迟程度以及工作花费多少时间用于个人需求。我们的程序如下:

### (1)设计工作抽样研究。

①基于过去的经验、分析和预测,以及先前的工作研究,对用于工作、延迟和个人需求的时间的比例作出初始估算。这些初始的估算对于确定数据收集时间是必要的。

### ②确定估算的精度要求。

### ③估计读数的总数。

### ④设计在研究期间全部读数的数目。

⑤计划研究的实际方面的有关内容。”这包括一张适当的数据表,以及决定实际的行为路线、观测点等,从而使得结果不致因为工人看到观测者的到来而相应地改变其活动而导致工作差错。

### (2)依据计划选取数据。

### (3)重新检验结果的精度和数据的一致性。

### (4)确定生产标准。

上面的这个例子告诉我们可以利用工作抽样来确定非周期性要素,如延迟和个人需求的宽放时间的百分比。为什么不把这个思想再推进一步,并通过对单位工作时间的观测从而建立生产标准?这需要增加哪些新的资料呢?如果我们知道:①在整个研究期间内共生产多少产品;②每个观测工作时间的评比绩效;我们就可以计算正常时间如下:

正常时间 = (以分钟计的总体研究时间 × 以分数表示的工作抽样中的工作时间 × 以分数表示的工作评比绩效) ÷ 生产的产品总数

标准时间的计算同前。

标准时间 = 正常时间 + 延迟、疲劳及个人需求的宽放时间

我们已经看到如何利用工作抽样来确定延迟和个人需求的宽放时间,这里我们看到不使用精确的计时装置也能确定生产标准。而所需的全部材料不过是一张普通的日历,通过它我们可以计算全部的可用时间。

虽然用工作抽样方法来进行工作测定可以用于大多数的情况,但其应用效果最佳的领域是对非周期类型的工作进行工作测定,这类工作包括很多不同的任务并且没有固定的周期模式和规律性。其中任务的发生频率基于一个随机的需求函数。举个例子,一个仓库管理员可能要填写取料单、拆除包装拿出存货、把物料发往生产部门、清理货仓等。这些任务出现的频率和所需的时间取决于仓库管理员所无法控制的外界因素。利用秒表研究方式来确定生产标准将是很困难的或是不可能的。而工作抽样法则特别适用于这种情况,因为通过随机抽样的过程,可以得到对这些随机发生的任务及其所需时间作出一个可靠的估计。

### 秒表研究和工作抽样的比较

或许最后要提出的问题是:“秒表研究和工作抽样是否可以互换呢?”就最终结果的一般准确性而言,显然是可以的。用秒表法和工作抽样法对 14 项不同的活动进行正常时间估算的结果的比较。这两种方法的差异都在比率误差的范围以内。但这并不意味着两者有相同的应用领域。当然,对于工作抽样不使用秒表这一优势我们怎样评价也是不过分的。使用秒表对人的心理作用从来没有测定过,但很多人认为其影响是很大的。如果除此以外没有其它原因的话,显然工作抽样的实际应用范围将会增大。

### 工作测定的标准数据系统

我们在讲述工作设计和过程规划的时候已经讨论过标准数据系统。目前应用中有两种标准数据系统:一种是基于动作要素的通用数据(经常被收作微观的数据),一种是工作系列的标准数据(经常叫作宏观的数据或要素标准数据)。

#### 1. 通用的标准数据

通用的标准数据给出了基本动作类型的时间数值。所以,完整的周期时间可以通过对这项任务所需的动作加以分析,然后叠加起来就可

得到。这些基本的时间数值可以象建筑材料一样组合起来以预测作用始终重要的时间标准。

但这要求所提供的时间数据的收集量是恰当的,并且对任务本身所需要的工作要素的分析是合理的。泰勒制定了一些与此相类似的东西,管理咨询专家也提出了许多可选择的方案。他们提供的服务包括:提供基于它们的数据而建立的系统,以及培训人员来使用这些数据。这些可供选择的时间数值系统包括:方法—时间—测定(MTM)、工作因素和基本动作时间研究。

综合这些标准所得到的结果只是对工作的正常时间的估测。要计算标准时间就得象以前一样再加上延迟、疲劳和个人需求的宽放时间,那么在利用通用数据所得到的工作标准中是否考虑了工作评价呢?并非对每个工作标准都考虑工作评价,这是因为分析员只是简单地利用表上针对某一特定动作而给出的时间数值而未经过调整修正。但是,表中时间数值的制定还是利用了工作评价。所以,系统中也包含了评价的因素,但并不是在任何情况下都对数据进行了修正。

许多人感到利用通用标准数据更能保持标准的一致性,因为这样做并不要求分析员为了制定标准而对工作速度作出判断。但这并不意味着在使用通用标准数据系统时无需判断。相反,在对生产过程进行分析时要选择适应的动作分类。而这要求做出大量的判断,一个没有经验的人在判定生产标准时是无法作出准确的选择的。

虽然我们曾讨论过标准数据系统作为一种手段帮助进行工作设计,这种系统还能帮助预测工人工作时的预期产量。这种预测被认为是很重要的。工业管理人员对特定工作的劳动内涵一直很感兴趣,所以,希望能有对工作标准的估测,然而,这些工作标准通常都包括了工作时间、休息时间、延迟和个人需求的宽放时间,而所讨论的标准数据系统则只对工作时间作出了估测。

### 2. 工作系列标准数据

工作系列标准数据对工作的主要要素给出了正常的时间数值(宏观标准数据),而且,也给出了机器安置和各种手工要素的时间数值。所以,对于一项新工作,我们可以通过对它进行总体分析,看其需要哪些特殊材料,要作怎样的切削,怎样把工件固定在机器上等等,从而计算出它需要的正常时间。但是,与先前讨论的通用标准数据不同,这些重

要的时间数值是在工作系列中先前的实际秒表研究和其它工作测量的基础上得到的。

在以前的研究中,生产过程被划分为通用要素,直至最终得到一个数据系统,它能显示“正常要素时间”怎样随工件尺寸、切削深度、所用材料、工件在机器上的装夹方式而发生变化。在这种程度上,就可以无需对每个不同的部分分别作实际的研究,而利用上述数据本身来对生产标准进行估测。再有,虽然在运用标准数据时并没有进行个别的工作评价,但当初在制定这些数据时是使用了工作评价的。如前所述,从标准数据得到的正常周期时间加上延迟疲劳和个人需求时间,就能得到最终的生产标准。

宏观数据的应用十分普遍,特别是对有着划分工作系列传统的机械行业更是如此。但这并不意味着这种标准数据的应用仅限于机械行业。在任何可以进行工作系列划分或产品、部件有着多种型号和尺寸的行业都可以运用。宏观数据在产品或部件的小批量订货的情况下也有广泛的应用。在小批量定货的情况下,如果我们试图通过实际测量制定工作标准,那么在依制定出的时间和工作标准完成这批定货以后,除非再有相同的定货,否则这些标准将不再具有价值。

### 三、生产标准中的宽放时间

#### 休息的生理依据

计算出的正常时间往往要加上延迟、疲劳和个人需求的宽放时间。延迟和疲劳的宽放时间取决于生产的性质,有些生产活动并不存在宽放时间,通常的作法是将宽放时间表示为总体时间的百分比。所以,8小时(480分钟)工作日的10%的宽放时间是48分钟。

延迟宽放时间:延迟宽放时间要基于对延迟时间的实际测量。虽然秒表研究也可以应用,但工作抽样法是获取准确数据的更有效的办法,原因在于延迟常常是随机发生的。工作抽样可以直接用总体时间的百分比来表示延迟宽放时间。

疲劳和个人需求宽放时间：对于一些非常繁重的劳动。一个人可以劳动 20 分钟，然后休息 20 分钟。某著名汽车制造厂“分摊”铁铸件的工作就是这样的例子。这是一项连续性的工作。它需要工人打开含有已经凝固的但非常热的铸件的铁制模箱。这项工作在一个振动栅上进行，这样模砂可以掉落到下面的传送带上，铸件则传送到下一道清洗工序。工人然后把模箱的上半部分挂到头顶链式传动带的钩子上，下半部分挂在另一个钩子上，模箱每半年部分重达 50 磅。这项工作是在高温、多尘砂和高噪音的条件下进行的。工作 20 分钟休息 20 分钟的安排或许并不宽裕。这种繁重的劳动现今已不太普遍了。但还是经常发生以至于人们仍很有兴趣研究疲劳和休息的宽放时间。

最近的研究表明，生理学的测理方法在测量劳动强度和最优环境设计中是相当有用的。生理学方法的一个应用是德国的 E·A·穆勒 (Muller) 把它用于长期存在的疲劳宽放时间的研究。

基于他的研究，穆勒提出了每分钟 4 大卡 (千卡) 能量消耗是普遍人能连续工作而无需休息的最大界限。(这是穆勒所制定的每分钟 1 千卡的基本代谢率以上的一种能量消耗)。他把这种能量消耗水平叫做耐力界限。如果劳动的能量消耗超过了耐力界限，人就得动用他的能量储备，穆勒提出人的标准能量储备为 24 千卡。所以，他必须休息以使肌肉疲劳得到恢复。那么在 24 千卡的能量储备消耗完后，人们就需要在工作后有休息和恢复的时间。穆勒进一步把工作时间和休息、恢复时间结合起来，说明如果疲劳的后果不积累的话，那么劳动时间加上休息时间的平均能量消耗不能超过 4 千卡/分钟。举个例子，一项每分钟消耗 6 千卡的工作需要每小时 20 分钟的休息时间，或者说疲劳宽放时间为全部工作时间加上休息时间的 33.33%。

生理学家对大量不同的工作做了能量消耗的测定。其中很多是工业上的工作。各个工厂的工作条件和任务都不相同大多数的活动并不需要疲劳宽放时间。但这并不意味着这些活动不需要任何形式的个人休息宽放时间。它只是意味着并不需要休息宽放时间以恢复生理疲劳。但是由于厌倦和工作单调使得休息宽放时间也是人们所需要的。

能量消耗超过耐力界限的工作需要休息宽放时间以恢复体力疲劳。由此，按照穆勒的标准，我们看到象挖土、各种采煤工作，以及一般工业劳动这些工作都需要疲劳宽放时间。然而，所有的办公室工作、轻

松的装配工作和轻松的机械加工工作则不需要疲劳宽放时间。

当今,疲劳宽放时间的测定并非依据所讨论的穆勒研究中的对于能量消耗的测定。这是由于还没有存在适用于实际工业中的测量工具。部分是由于穆勒和其它人关于疲劳问题的观念还未被接受。

个人需求的宽放时间提供了工人能够离开工作的最低时限。个人需求时间允许工人从工作包含的身体和心理压力中解脱一下。所以,在这种意义上说,这是一个最低的疲劳宽放时间。最低的宽放时间是总体时间的 5%。

### □ 生产标准中宽放时间的应用

对于宽放时间百分比的通常解释是它们在总体时间中所占的比例。在一个正常 8 小时工作日中,5%比例的个人需求宽放时间可换算为  $0.05 \times 480 = 24$  分钟。如果每件产品的正常时间测定为 1.20 分钟,那么个人需求时间应通过计算每件标准时间按比例分摊进正常时间。

$$\begin{aligned}\text{标准时间} &= \text{正常时间} \times \frac{100}{100 - \text{宽放时间百分比}} \\ &= 1.20 \times \frac{100}{95} \\ &= 1.263 \text{ 分钟/每件}\end{aligned}$$

如果所有的延迟、疲劳和个人需求宽放时间都表示为总体时间的百分比,则它们可以汇总起来得出一个总的疲劳宽放百分比。然后就可以用上面的公式通过一个简单的计算从正常时间中得到标准时间。

## 四、人一机系统研究

计算机和自动化技术的飞速发展已使有关人在生产系统中职能的基本概念发生了改变。虽然在目前的工业生产中仍存在着大量的手工劳动成分,但对大多数的工作而言,它们都至少包含着某些机器的辅助工作,因此,这里所讨论的人—机系统的基本概念适用于所有包含有人的操作的工作环境。

即使是自动化系统,也需由工人来执行监督工作。在这种情况下,

操作员可能是坐在控制板前,监视着上面不断显示的有关生产工艺过程的信息。这里很重要的一点是,在设计显示板时,应使其传递过程信息的差错率为最小。

同样,大多数的手工作业中也都包含着人与机器的某种结合。对于多数使用机床的加工过程,它们大都存在着固定的机器周期,机器与操作者的关系如何设计极其重要。控制部分的位置及设计、工作台高度、信息显示、工作流程、安全特性以及一个周期中人与机器的使用,都直接决定着质量、生产率和工人对工作环境的接受程度。

有不少工作严格说来是手工劳动,例如装配、维修保养、重体力劳动等,在这些情况下,使用辅助的机器或工具是很普遍的,所以应当从使用者的角度出发来设计这些工具。除此之外,我们需要加以考虑的因素还有:工作场所的平面布置、工作流程,以及由实际环境引起的工人生理疲劳和心理疲劳。在有些情况下,有些环境因素如温度、湿度、噪音、危险性等,会严重影响人的疲劳程度、生产率、质量、工人身体健康以及工人对工作的接受程度。因此,在研究人一机系统时我们假定工作的内容问题已解决得很好,而把重点放在详细的工作设计上。

### □ 人与机器的比较

人具有一定的生理、心理和社会特征,这些特征既决定了他的能力,同时也决定了他在所处工作环境中的局限性。这些特征并不是一成不变的,而且因人而异。但是,这并不是说我们不能对人的行为作出预测,而是说人类行为的预测模型一定会反映这种差异。现在我们来举个例子:男子臂力的分布情况表明的是能够发出一定力量的男性占男性总人口的百分比是多少。这一分布情况同时也表明了对臂力要求的限度。一般男子的右手拉力可达 120 磅。如果我们设计这样的一种机器操纵杆,它要求操作者使用 120 磅的力量,那么就有一半左右的男子不能操纵它。另一方面,臂力的分布情况还表示出,大约有 95% 的男子其右手拉力可达到 52 磅。考虑到这一事实后,就可以设计出适应于大部分男性人口的操纵杆来了。

在工作中,人的作用可归纳为三大类:

- (1)通过视觉、听觉、触觉等各种感觉来接收信息;
- (2)根据所接收的信息和个人记忆中存储的信息进行判断;

(3)根据判断采取相应的行动。在有些情况下,作出判断实际上是自动进行的,因为人的习惯性反应就如同做高度重复性工作一样。在另外的情形中,判断中要包含一系列的推理,其结果可能是很复杂的。

请注意,封闭回路自动化系统的总体结构与人的作用是类似的,那么区别又在哪里呢?自动化机器象人一样吗?不错,在某些重要的方面的确是相似的,都有感觉器官、存储的信息、比较仪、判定元件、效应器和反馈回路。两者的区别在于,人的能力范围极大,同时人的心理状态以及社会的各方面因素都会对人产生限制作用。而机器所能完成的工作,其种类和范围要更专门化。机器可以很忠实地工作,它主要对物质因素作出反应。例如,轴承磨损是由于周围环境中存在尘土。相反地,人既对物质环境因素也对自身心理和社会的环境作出反应。后面的这一点要求,衡量工作设计效果的标准之一应当是工人对工作的接受和满意程度。

虽然,在对根据非经济因素来给工人和机器分配工作时,真正客观的准则还很少,但一般认为,人在以下方面的能力胜过机器:

- (1)察觉微量的光和声;
- (2)接受并组织各种声、光的型式;
- (3)随机应变,采取灵活的程序;
- (4)长期存储大量信息,并在适当的时刻回忆起相关的事实;
- (5)进行演绎推理;
- (6)进行判断;
- (7)形成概念,创造方法。

相应地,机器在以下方面的能力胜过人:

- (1)对控制信号作出快速反应;
- (2)平稳而准确地运用巨大的力量;
- (3)进行重复和常规的工作;
- (4)短暂地存储信息,然后全部予以清除;
- (5)执行快速运算;
- (6)同时执行一系列各不相同的功能。

上述所列各项向我们提出这样一个问题,为什么各工商企业和政府机关并不根据上述原则来使用人和机器呢?相反我们已经发现,人被广泛地用来做上面列出的适用于机器做的工作。答案在于,在一定的情

况下,必须对成本进行权衡。使用劳动力和机器都是要消耗资金的,当成本核算的结果显示使用机器较有利时,通常要进行换算。在一些国家中,劳动力成本相对于资本成本来说极其便宜,这就需要作出经济决策,是否在不适于人做的工作中使用人工劳动。

### □ 人一机系统的概念

如前所述,尽管人与机器各有所长,但在工作中两者却起着相同的作用。四种基本的功能是:感受、信息存储、信息处理和行动。信息存储与其余三种功能相互作用,而感受、信息处理和行动则是按次序进行的。

感受功能提的是信息的接受。人的感受是通过各种感觉器官如眼睛、耳朵等来进行的。与此相似,机器的感受功能是通过电子或机械装置进行的。但是,从性质上来看,机器的感受功能是具有的、专一的,而人的感受能力则是广泛的。

对人而言,信息存储是凭借记忆或记录完成的。而机器的信息存储则是利用磁带、磁鼓、穿孔卡片、凸轮、模板等进行的。

信息处理(类似于人的判断)功能指的是通过一些或是简单或是复杂的过程,利用感受到的或存储的信息作出判断。信息处理过程可能会很简单,例如根据输入数据在两个方案中选择其一,也可能会非常复杂,这包括用演绎、分析或计算等手段作出判断,并且向效应器发出指令。

行动功能(由效应器行使)是判断和指令的结果,它可以是由人或机器触发控制机构,或是由传送决定的。控制机构导致有关的物体运动,如通过移动手臂开动马达,从而增加或减少刀具的切削深度等等。

输入和输出是与原料及加工的工件相联系的,输出反应了输入的一些变化。这些过程本身可能是任何类型的,如化学、改变形状或形式、装配、运输、办公室工作等方面的过程。

有关输出状态的信息反馈是系统功能的重要组成部分,因为它为控制提供了依据。对人来说,反馈通过感觉和神经系统来控制最简单的手的动作。对机器而言,反馈为机器的调整提供了依据,自动化机器直接应用反馈信息进行自动的调整(封闭回路的自动系统)。如果根据信息反馈所作的机器调整是间断性的,则回路封闭但不连续了。

### □ 人一机系统的类型

下面我们将运用图 7.4 所示的功能行使方式讨论三种典型系统的基本结构:手工操作系统、半自动化系统和自动化系统。

手工操作系统包括人、辅助机械以及手工工具。在这种系统中,人提供所需的动力,并作为生产过程的控制者;工具和辅助机械则可使人的力量增大。

他和机器相互作用,感知有关生产过程的信息,并对其进行解释,应用一套控制机构来启动或关闭机器,并可能做一些中间调整。动力一般由机器提供。当然,还存在着手工操作与半自动化系统相结合的情况,这时,人仍然提供这一系统一部分动力,例如机器在生产周期中运转时给机器上料或做其它工作。在机械工业中普遍使用的车床,就是半自动化系统最常见的实例。

自动化系统按照设想是并不需要人的,因为所有的感受功能、信息处理和判断功能以及行动等功能都由机器来行使。这种系统应该能够对所有可能的意外事件充分感知并据此作出相应的反应行动。但这种高水平的自动化系统即使能够设计出来,在经济上也是不合算的。在自动化系统中人仍起着监视作用,协助控制生产过程。具体地说,就是人根据显示器所显示的生产过程的重要参数,来间断地或连续地监视生产过程。

## 五、人一机系统中人的控制作用

操作人员可以对用直接或间接手段输入的某种信息作出反应,反应的方式是进行体力工作。他可以装配物件,操纵控制器,总之是按照系统的目标,应用他的身体完成所需的工作。因而,关于手和身体动作的分析以及如何运用它们进行有效操作的分析是很重要的。

对使用控制器的操作动作已经进行过比较深入的研究,研究结果可以用来设计有效率的系统。

最后,可以根据人体测量学的知识来进行工作场所的布置,以便使操作动作能在规定的范围内进行,桌椅的高度也应适合于人的身体尺

寸。

### □ 操作活动分析

表 7.1 总结了各种不同操作活动分析方法的应用范围。在应用这里说明的任何一种分析方法以前,应通过对生产一个部件或处理一份报表时所应完成操作注顺序及相互关系进行总体研究确定出究竟是否需要进行这种分析。

表 7.1 各种人和人—机分析方法的应用范围概况

操作性质	分析方法
重复性的短周期工作	操作图或附以动作时间
低等到中等水平的产量	标准数据的操作图
重复性的短周期工作	小动作分析图,动作时间
高产量	标准数据
重复性的长周期工作	工人活动程序图,操作图
含一班人员和(或)机器的重复性工作	操作图
工作间隔不规则的作业	操作分类法

操作图适用于工作周期比较短,而生产量为小批量或中等批量的情况。操作图将左右手的动作分解为:伸、抓、送、放、安装等,并将两手的动作分别列入两个并列的栏目内,因而很容易看出两只手是怎样一起活动的。

有时操作图的数据与时间表列在一块,以便能够估算动作的相对时间值。这些时间数据来自动作时间的标准值,(如伸、抓、送、放等),或者取自对所分析的操作进行的详细的时间研究。动作时间标准的数据可能特别有助于对欲行的操作变更的预期结果进行估算。

### □ 动作的经济原则

工业工程师们提出了一套称为动作的经济原则的研究结果。这种原则关系到工作安排、人的手与身体的运用,以及工具的设计和使用。这些作业设计的原则具有普遍的适用性。

### □ 微细动作分析

这种分析将一个操作动作分解为基本的单元,即基本元素,它代表了比操作图上的动作要素更细的动作。分析结果并列在一张时间表上,以便能够检验两手一齐操作的确切的的同时性。得到的图由于表示出了这种关系,因而通常被称为“齐动图”。这种图上的数据是借助于拍摄一个熟练的操作人员的动作而获取的。

由于使用微细动作分析法需要额外的时间和费用,因此它的使用范围一般局限在由许多工人进行的相同的重复性工作内。这样,虽然成本下降的百分比可能会相当小,但节约的总量会很大。人们还发现在设计和开发新的专用设备方面,微细动作分析法也是很有应用价值的。动作分析人员和机器设计人员协同工作,常常会做出优秀的设计来。

#### 1. 工人活动程序图

工人活动程序图通常用来分析长周期工作,在这种工作过程中,工人来回移动相当频繁。这种分析应用的方法与产品流程程序图的一般方法相同,不同之处是工人活动程序图的分析人员研究的对象是工人,而不是部件,并且将工人的工作按顺序分为操作、运输(走动以及运送材料)、存储(闲暇)和检验。对得出的程序图的分析类似于产品流程程序图,分析的目的是看哪些动作可以①取消,②合并,③改进顺序,等等。班组活动程序图是用于研究班组人员的活动的,用一系列符号代表其中的每个人。

#### 2. 工作图

工作图是用来分析作业,计算出完成主要手工或机器操作各部分所需的时间,并将其绘制在时间表上。这样,我们就可以考察人与机器之间、班组成员之间的关系了。

问题是,在这种情况下怎样利用工人的空闲时间?也许首先考虑的是,操作者是否真正空闲:有些种类的机器操作需要操作人员在机器运转周期内注意监督机器,如果想要利用这段时间则会起反作用。但通常的情形是,这段时间的确空闲。当这种情况出现在大量生产的重复性作业中时,可以让工人操作两台或更多的机器。在铣削托架狭槽的操作中,操作者可以同时操作三部机器进行同样的操作,而不出现机器空闲。超过三部机器,就会出现机器空闲时间,这时就需要从经济上进行研究,是让人空闲还是机器空闲更有些利。

当不能把两项或更多的机器操作结合起来的时候,可以进行其它工作来减少空闲时间,例如,可以清除机器加工产生的废屑,或者堆放好混乱的零件,以便在下道工序中使用方便。当然,在这空闲时间内完成的任何有用的工作都不会增加劳动成本。

有时,会有技术工人反对一人同时看管几部机器。但是有时空闲时间长,工人常常会厌烦,就愿意把工作量安排得更紧凑些。一般说来,其他工人在整个工作日内的工作负荷相当稳定,例如检查员、装配工和许多不操纵有自动或半自动周期机器的工人。

班组作业对观察者来说常常是复杂的,但若借助于工作图就简单多了。由于在观察的同时进行的操作很困难,摄影机便成了收集基本数据的极好工具。事实证明,局部的改进工作只能增加操作人员的空闲时间,除非可以完全减少一个操作人员。

### 3. 不规则间隔时的作业分析

当作业(通常很多种类)以不规则的间隔时间进行时,操作分类法常常为工作分析提供有价值的信息。分析的第一步是确定几项操作中的每一项所花费的平均时间比例。有两个重要手段可以用来搜集各个操作类别的有关数据:工作取样法和慢速影片拍摄技术。

工作取样法是对动作进行随机取样,以便能够估计每一动作所耗时间的比例,这一问题将在有关时间定额和劳动测定的章节内进行详细的讨论。慢速影片摄影机也可以来获取相同的数据。这种摄影机以低于常速一秒或更低的慢速间隔来拍摄工作现场。摄影机由同步电机带动,使每个电影镜头代表一个确定的时间单位。由于拍摄速度缓慢,有可能只花费相当少的胶片便获取半天或全天的记录。

## 六、控制活动的分析

控制和控制系统的设计对人—机系统的效率有着重要的影响。了解人能够产生多大的力量是很重要的,可以在某些系统中使控制器的设计不超过这一能力范围。在操纵控制器时一般都需要有定位动作,有时还要进行控制器编码,这一点很重要,它可以使控制器不致混乱。

### □ 人体活动的力量大小

对于设计不需要超常力量操作者的机器和工具来说,了解绝大多数劳动者的体力数据是很重要的。已经详细普查测量过以下项目的体力数据:臂力(向各个方向及从不同的起点)、握力、扭力(如扭转门手柄)、肘力、肩力、背力和腿力。

这种数据的典型例子是美国莱特空中发展中心为美国空军所测定的坐姿臂力数据。测试的项目有从各种不同的角度位置所测得的最大推力、拉力、向上及向下一般来说,左手的力量总是小于右手,手臂处于侧面下方时推力和拉力都较弱。可是当手臂处于侧面下方时,其向上和向下的运动的力量都较大。拉力略大于推力,向下的力量大于向上的力量,而向内的力量则大于向外的力量。

### □ 运动神经反应速度和准确程度

运动神经反应是指身体的运动或对身体各部分的控制。它是一种肌肉活动。由于人手是完成体力工作的最重要的器官,我们发现大多数应用的数据都与手有关。因此,举例说来,在包含定位元素的工作设计中,了解工作区域中何处能够最准确地完成工作,会对劳动场所的布置产生影响。

### □ 定位因素

人们已经在进行实验来确定各种不同类型的元素怎样才能安排得最好。已经发现了一些有趣的结果,其中有些是已经预料到的,有些则是始料不及的。例如,巴恩斯(Barnes)证明,需要视觉控制的定位因素,相比于应用某种机械寻向或止动来确定身体某部分或手的准确的最终理想位置来说,需要的完成时间较长(大约 17%)。这一事实的意义在于,它确定了一种观念即任何东西都要有固定的、确定的位置。触觉系统能够实现快速的打字速度,部分根据就在于这一事实,因为按键的位置都是固定的。从概念上说,就象是这样一种区别,即从有详细索引并妥善保存的文卷内找东西和从乱纸推里找东西的区别。

布里格斯(Briggs)做过一组以速度和精确度为标准的定位试验。其做法是要求被测人拿着一根金属触针来回运动于一个蜂鸣器和一个纸制标盘之间。当金属触针触到一个 3 英寸的方块和圆块时,蜂鸣器就

发出鸣音。然后把触针移动 14 英寸触到纸制标盘,标盘即被穿透。测量的尺度是两秒钟内标盘上的穿孔数,标盘的大小与蜂鸣器的角度位置是变动的,在第二次试验中,将蜂鸣器的位置与标盘的位置互换,这样蜂鸣器紧挨于被测人之前,而标盘则放于不同角度的位置上。对于第二次试验,当标盘远离被测人的时候,速度和精确度一直较高。不仅如此,而且在大约 60° 的角度位置数值最高。在第三次试验中,运动的距离也变动了,并且从被测人左右两侧的角度进行了试验。一般说来,向右运动的成绩优于向左运动,短距离优于长距离。

当左右手同时对称地操作时,巴恩斯和蒙戴尔(Mundel)指出,这时被测人双手直接在其身前活动的定位准确度最高。

### □ 用刻度盘、曲柄和手轮定位

调整刻度盘、旋钮、曲柄和手轮的位置,是操作人员控制生产和机器的常用方法。已经进行过一些研究来确定使这些工具设计最优化的因素。例如,查帕尼斯(Chapanis)证明,无视觉控制的旋钮定位,在刻度盘“12 点钟”的位置时,其定位平均误差为最小。詹金斯(Jenkins)和康纳(Connor)则证明,进行定位所需的时间是有很大的差别的,它取决于旋钮的转动与刻度盘上指针移动的比率。比值低会减少最后调整的时间,但将指针定在近似位置的时间相当长。比值高时则情况相反。最优的比值是旋钮每转一圈指针移动约 2 英寸,系统的摩擦加大会增加移动的时间,但是对最终调整时间没有影响。

### □ 控制器编码

在应用许多控制器的复杂操作中,按照颜色、尺寸、形状或位置编码有助于区分它们,减少差错。亨特(Hunt)发现,较小的圆形按钮其大小为较大旋钮的 5/6 时,可以分辨它们。控制器的位置也可用来区分它们。例如,汽车离合器、制动器和加速器踏板,使用时无须去看它们在哪儿。这里,亨特的研究再次提供了基本的资料。他发现,若开关垂直排为一列时,不用眼看地触摸开关,其错误率要低于开关按水平方向排为一行时。对开关的垂直排列,亨特的研究结果表明,位置间 5 英寸的距离较为理想;但若水平排列,则 8 英寸的间距为宜。

亨特还对仅凭触觉来辨认的按钮形状也进行了研究。他把按钮的

类型分为三种：多倍旋转按钮、部分旋转按钮、卡销定位按钮（即按钮的位置是临界的，例如电视频道选择按钮，每次定位都“咔嚓”一声）。

### 工作区域界限

许多工作，例如安装工作、操纵各种机器以及许多文牍工作，都是坐着进行，或站在桌案边进行的。活动若超过了最大工作区域则需要移动身体。对于重复性的工作来说，这样重复地移动身体是很疲劳的。对于垂直工作面也进行过相同的测量；并指出了在长、宽、高三个方向放置材料、供应品、工具和控制器的原则。

### 桌椅高度

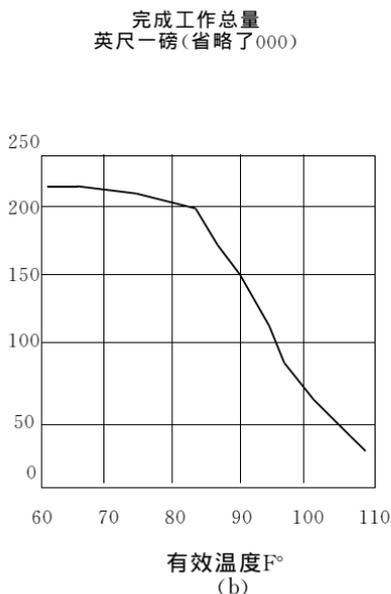
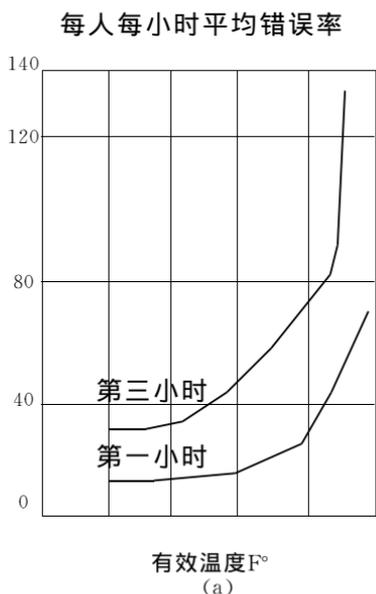
由于手工劳动和文牍工作很多，桌、椅的高度就十分重要了。这两者是密切关联的。桌子的高度通常是相对于肘的高度而设计的，所以无论是调整桌子或椅子的离地高度都可以使工作人员极为舒适。埃利斯（Ellis）的研究证实了巴恩斯的早先估计，即工作面的高度应低于肘下约 3 英寸。因而实际工作用的桌椅高度取决于是坐站两用还是专供坐用。

## 七、工作环境

工作环境包括温度、湿度、声音和照明等因素，它会显著地影响生产率、差错率、质量水平、职工对工作的接受性以及身体健康等。因此，如果不了解作业设计将处于的工作环境就不能计量作业设计的效果。工作环境是整个工作系统的一部分。

□ 温度、湿度和通风

可能大家都感受过下面的实际情况,我们感觉到舒适,不仅仅由于温度计所指出的温度。如果有阵凉风吹来,尽管温度没有变化,但我们仍会感到凉爽些。在一个闷热的天气,我们总能听到议论说:“这不是因为热,而是因为潮湿引起的。”人们对冷热的感觉就是受着这些因素中每一个的影响,这些因素综合起来形成一种单独的心理尺度,叫做“有效温度”。有效温度是静止的饱和(湿度为 100%)空气的温度,它是在气温、湿度和通风等因素的各种不同组合条件下使人们产生相同的冷热感觉时的温度。美国空调工程协会(ASHRAE)实验室做过许多实验得出了有效温度的标准。有一个因素是有效温度的标准未加考虑的,这就是环境中某些物体的温度,这些物体能直接向工人辐射热量,例如火炉。



(a)在接收摩尔斯电码时,有效温度与每人每时平均错误数的关系  
(b)在不同的有效温度下工人完成的工作量(以英尺—磅计算)

图 7.6

人体有一套自动的热量调节机制,在某一有效温度以内能够对环境进行补偿。当然,这种补偿还取决于工人的活动程度。因此,在较低的有效温度下,活动量大的人 would 感到舒适。

### 1. 温度和湿度对工作的影响

大气状况对脑力劳动和体力劳动都有着很大的影响。图 7.6 以概括的形式显示了不同水平的有效温度对接收摩尔斯电码和举重的影响,图 7.6(a)表明,当有效温度上升到华氏 90°以上时,接收摩尔斯电码的平均错误数急剧上升。而图 7.6(b)则表明,对于重体力劳动如举重,当有效温度在华氏 80°以上时,以英尺—磅计算的完成工作总量开始迅速下降。

### 2. 气温的控制

在杜邦公司工作的 L·A·布劳哈(Brouha)博士,曾经对必须在极高气温下(如靠近工业锅炉)作业的工人的防护服进行过实验。他发现简单的防护服实际上会增加热压,但是,通风的防护服则不断有流动的空气透过,极大地减少了热压。

对于靠近高温区的工人,例如在锅炉附近,主要是受热辐射的作用,可以用遮盖和隔绝热源的办法来控制温度。一般控制温度的手段是空调,但这一方法没有普遍实行。在美国的大部分地区,除了夏季中炎热的几天以外,其气候和工作温度条件都是在生理补偿的有效范围以内。目前,最经常使用空调的地点是办公室,其目的是为了提供宜人的工作环境,并有助于减少热天时的办公差错。当然,冬天的取暖对工商业的室内作业来说,早已被认为是必需的了。

## □ 噪 音

不需要的声音通常称为噪音。越来越多的证据表明,噪音能够产生破坏性的影响,特别是对长期在噪音下工作的工人,更是如此。包括噪音在内的各种声音,包含类似气压的变化,即象水的波纹一样以波的形式传播。气体压力的这种变化叫做声压。我们用分贝(db)来度量声音,但是这种量度不是声压的量度,而只是相关于声源声压和参考声压的比例。由于通常应用的参考声压不止一个,因而很可能产生相当大的混乱。图 11—18 用来辅助将典型的噪音水平用分贝等级来表示。有关噪音的量度还有一点应当注意,我们必须知道声能在音程或频率上的分布情况,以便了解它们对于人的影响。所以,通常要指出在不同频率范围内的分贝水平。

自然,工业界是关心高噪音水准对产量、错误率和质量水平等工作量度所可能产生的直接影响的。在这一问题上,有一些研究表明,一般

来说,如果进入环境中的噪音有什么不良影响的话,这些影响只是暂时的。一个肯定的反应是,较高的噪音是令人讨厌的,不过人类似乎对此还能够适应。

根据问题的性质,可以用不同的方法进行噪音控制。声学工程师们常常从声源着手控制噪音,即重新设计产生噪音的部件。或应用减震装置,或应用适当的隔音结构,使透过隔音结构的噪音量随之减少。在后一种方法中,有关声音传播的物理知识是很重要的。错误的隔音设计会使噪音的传播减小很少,或者没有减少,甚至可能加强。

其它的控制方式是使用隔音板、吸音器、隔音涂料。将吸音器安装在噪音源的附近或上方能够有助于降低噪音水平。隔音涂料用在室内的墙壁上,可以减少回声,减少声波在室内来回反射,从而降低室内的噪音水平。当然,这些墙壁涂料对从声源发生的原始声波并不能产生影响。

在噪音严重的情况下,采用适当的耳塞是有效的。应用耳塞产生的可能的最大衰减在 50 分贝以内,因为还有另一条传播途径就是通过骨骼传导至耳鼓。应用耳塞最普遍的情况,预计可衰减噪音 20 到 30 分贝。

### □ 照 明

视觉条件是工作环境的重要问题。虽然,有许多来自各方面的推荐标准,但实际上并没有一个普遍接受的照明标准。照明度的实验数据同一些已知的标准相比似乎表明,许多推荐的标准是基于这种观点,即“如果 50 英尺烛光很好,那么 100 英尺烛光的照明会更好。”(英尺烛光为照度单位在这一事实中,问题的一部分在于人们应用了各种不同的判断标准,诸如视觉的敏锐程度、眨眼率、偏重的等级和临界照明的标准。从工业界的观点来看,临界照明的标准是最有意义的,因为它是标准的实际应用类型。对于一个既定的工作来说,其临界照明度的标准是实用中的最高点,超过它的照明度并不能使工作效果提高。因此,增加照明强度使其超过临界照明度并没有价值。M·A·廷克(Tinker)列了一张表,根据临界水平标准对各种不同工作提出了推荐的照明标准。

#### 1. 照明对工作的影响

曾经有许多实验研究了照明水平对工作结果的影响。一般说来,随

着照明增加到临界照明水平,工作效果便随之迅速提高,在这一临界点上,工作效果是稳定的,如照明度增加到这一临界水平以上,则工作效果改善甚微或者根本没有改善。

在许多照明水平已提高了的实际工作环境中,改变前后的记录表明,产量和质量都有显著的改善。一些研究报告说,产量可上升4%到35%。但是,我们必须谨慎地看待这类数据。工业环境中的条件较为复杂,除了照明水平外,其它可变因素可能已经发生了相当大的变化,例如工作方法、产品设计、控制程序、监督、气候和心理状况等因素。举例说来,在美国西部电气公司霍桑工厂进行的著名的霍桑研究中,在一个实验工作组将照明值提高,工作效果也随之提高。有人想用降低照明度的办法来检验上述结果。工人再次予以配合,结果如所预料,工作效果随之下降。但是,当照明度实际上已经降低却告诉工人说已经提高亮度时,工作效果却还是提高,因而,对实验结果的乐观判断也跟着消失,后来才认识到这是工人对心理条件的反应。这些工人是实验对象,是从“普通”工人中挑选出来的,他们下意识地与那些“善良的实验家们”简单地合作。认识到了这种情况之后,研究的方向就转为对精神因素的估价,很少听到有关照明问题的研究了。

### 2. 强光的影响

强光会降低照明的效果。强光是视野之内的某个亮点产生的,如一束亮光或光亮表面上反射的光线,它会使人感到不舒服,也会降低视觉效果。图11-20表明了视觉效果下降的程度。该图表明根据实验结果,当强光光源靠近视线时,强光的影响就变得严重。

如果可能的话,可以通过移动光源来降低强光的影响。如果不能移动光源,则可以使其漫射,或提高周围的照明水平,以降低强光光源与周围亮度的对比程度。工作场所的反光面有时是可以移动的,或者设法使其变为漫射面。

### 3. 照明环境的标准

毋庸置疑,提供至少是一般的照明临界水平是值得的。虽然没有什么证据说明超过了这个水平会引起工作上的变化,但是这个水平是可以超过而又不会引起任何所知的不良后果,这样就为可能的错误留下一定的余地。这种想法似乎代表了现今实用哲学的观点。因而,一般的

照明水平都超过了必要程度,照明标准问题被忘却了。然而,也经常忽视了一些细致的工作对特定光线的需要以及需要消除强光。

### □ 工作环境中的污染和事故

大量的烟、尘埃、废气、废液和废物已被证明对工人是有害的。这些东西,加上由于机器运转、材料的来回运送、物体的下落等造成的一般机械事故,形成了工作环境的一个组成部分。

#### 1. 有毒物质

工业毒物的数量是巨大的。但幸运的是,在多数情况下,只存在少数的几种有潜在危险。工业医学是一个专门的领域,其本身包含着毒物诊断、治疗和控制。对于多数这类毒物,已经确定了将其最大允许浓度(MAC)作为合理控制毒物的依据。

#### 2. 控制办法

因为可能出现的污染物质种类及其性质各不相同,所以控制污染的办法也有极大差别。总的来说,在生产过程中控制这些污染物质的扩散成了重要的工程问题。为了保护工人就需要利用排气系统来收集尘埃、废气和蒸汽,以便使污染物质浓度低于其最大允许浓度。而个人防护用具如防气面具、防尘口罩则用来辅助排气系统。其它防护衣物如橡胶围裙、外套、手套、靴子和风镜等,可用于各种作业,这些作业包括化学制品的手工作业,以及雇工们的皮肤未受保护而易受伤害的场合。此外,通过详细讲解安全操作规程及防护措施来进行防范也是常见的措施。

劳动测定是制定产出标准和工作标准的基础。这些标准在生产系统的设计和运行过程中都是十分重要的。在设计阶段,劳动测定标准对估测产品的劳动成本和其它比较方案的成本,以及估计所需的产出能力方面是相当重要的。在生产系统的运行和控制阶段,劳动测定标准对安排计划生产、评价劳动过程、控制成本以及帮助比较众多的决定方案(如外购或自制、设备更新等)都是必不可少的。

我们必须考虑这样的问题:即工作标准最终所可能获得的精确度。当一个训练有素的人进行工作评定时,我们认为其精度也不会比±15%更好。当涉及到繁重的体力劳动时,精度范围可能要更大一些。

因为目前还不存在实际的、对重体力劳动所需的疲劳宽放时间的测定方法。认识劳动测定的精度局限并不是否定这种方法,而只是指出这种局限的存在。

# 第八章

## IIJ(准时生产)

# 改变世界的生产方式

哈佛商学院 MBV 教程系列

《生产与作业管理》

准时生产方式是起源于日本丰田汽车公司的一种生产管理方法。它的基本思想可用现在已广为流传的一句话来概括,即“只在需要的时候,按需要的量,生产所需的产品”,这也就是 Just In Time(JIT)一词所要表达的本来含义。这种生产方式的核心是追求一种无库存生产系统,或使库存达到最小的生产系统,为此而开发了包括“看板”在内的一系列具体方法,并逐渐形成了一套独具特色的生产经营体系。

### 一、JIT 生产方式综述

#### □ JIT 生产方式产生的背景

第二次世界大战以后,日本汽车工业开始起步。当时,从本世纪初就开始发展起来的美国汽车工业已达相当规模。例如,1950年,福特汽车公司的一个工厂日产量就达7,000辆,而丰田汽车公司从其创立(1937年)直至1950年的总产量仅为2650辆。JIT生产方式正是丰田汽车公司在一步步扩大其生产规模、确立规模生产体制的过程中诞生和发展起来的。

美国汽车工业以福特汽车公司曾20年间连续生产的T型车为典型,是依造“单一品种(或少品种)大批量生产→以批量降低成本→成本的降低进一步带来批量的扩大”这样的方式发展起来的。福特在T型车的生产过程中所创立的大量生产方式(mass production)奠定了现代汽车工业生产的基础,揭开了现代化大生产的序幕。他所创立的“生产标准化原理”以及“移动装配法原理”在生产技术以及生产管理史上也具有极为重要的意义。但20世纪后半期以后,不仅美国,不仅汽车工业,整个时代进入了一个市场需求开始向多样化发展的新阶段,相应地要求工业生产也向多品种、小批量的方向迈进。JIT生产方式就是顺应这样的时代要求,作为一种在多品种小批量混合生产条件下高质量、低消耗地进行生产的方式在实践中被创造出来。50年代以来,尤其是70年代石油危机过后,采用JIT生产方式的丰田汽车公司的经营绩效与其他汽车制造企业的经营绩效开始拉开距离,因此JIT生产方式及其

优越性开始引起人们的注目和研究。

### □ JIT 生产方式的目标及其体系

JIT 生产方式作为一种生产管理技术,是各种手段和方法的集合,并且这些手段和方法都是从各个方面来实现其基本目标的。因此 JIT 生产方式具有一种反映其目标—方法关系的体系。在这个体系中,包括 JIT 生产方式的基本目标以及实现这些目标的诸手段和方法,也包括这些目标与各种手段、方法之间的相互内在联系。

#### 1. JIT 生产方式的目标

JIT 生产方式的最终目标即企业的经营目的:获取利润。为了实现这个最终目标,“降低成本”就成为基本目标。如前所述,在福特时代,降低成本主要是依靠单一品种的规模生产来实现的。日本在 60 年代以及 70 年代初的经济高度成长期,由于需求不断增加,采取大批量生产也取得了良好的效果。在这样的情况下,实际上不需要太严密的生产计划和细致的管理,即使出现生产日程频繁变动、工序间在制品储存不断增加、间接作业工时过大等问题,只要能保证质量,企业便可放开手大量生产,确保企业利润就不成问题。但是在多品种中小批量生产的情况下,这一方法是行不通的。因此,JIT 生产方式力图通过“彻底排除浪费”来达到这一目标。

所谓浪费,在 JIT 生产方式的起源地丰田汽车公司,被定义为“只使成本增加的生产诸因素”,也就是说,不会带来任何附加价值的诸因素。这其中,最主要的有生产过剩(即库存)所引起的浪费,人员利用上的浪费以及不良产品所引起的浪费。因此,为了排除这些浪费,就相应地产生了适时适量生产、弹性配置作业人数以及保证质量这样的课题。这些课题成为降低成本这一基本目标的子目标。

#### 2. JIT 生产方式的基本手段

为了达到降低成本这一基本目标,对应于上述这一基本目标的三个子目标,JIT 生产方式的基本手段也可以概括为下述三个方面:

(1)适时适量生产。即“Just In Time”一词本来所要表达的含义——“在需要的时候,按需要的量生产所需的产品”。

(2)弹性配置作业人数。达到这一目的的方法是“少人化”。所谓少人化,是指根据生产量的变动,弹性的增减各生产线的作业人数,以及

尽量用较少的人力完成较多的生产。这里的关键在于能否将生产量减少了的生产线上的作业人员数减下来。这种“少人化”技术一反历来的生产系统中的“定员制”，是一种全新的人员配置方法。

(3)质量保证。在JIT生产方式中将质量管理贯穿于每一工序之中来实现提高质量与降低成本的一致性，融入生产组织中融入两种机制：第一，使设备或生产线能够自动检测不良产品，一旦发现异常或不良产品可以自动停止的设备运行机制。为此在设备上开发、安装了各种自动停止装置和加工状态检测装置；第二，生产第一线的设备操作工人发现产品或设备的问题时有权自行停止生产的管理机制。依靠这样的机制，不良产品一出现马上就会被发现，防止了不良产品的重复出现或累积出现，从而避免了由此可能造成的大量浪费。而且，由于一旦发生异常，生产线或设备就立即停止运行，比较容易找到发生异常的原因，从而能够针对性地采取措施，防止类似异常情况的再发生，杜绝类似不良产品的再产生。

### 3. 实现适时适量生产的具体手法

(1)生产同步化。为了实现适时适量生产，首先需要致力于生产的同步化。即工序间不设置仓库，前一工序的加工结束后，使其立即转到下一工序去，装配线与机械加工几乎平行进行，产品被一件一件、连续地生产出来。在铸造、锻造、冲压等必须成批生产的工序，则通过尽量缩短作业更换时间来尽量缩小生产批量。

生产的同步化通过“后工序领取”这样的方法来实现。即“后工序只在需要的时候到前工序领取所需的加工品；前工序只按照被领取走的数量和品种进行生产”。这样，制造工序的最后一道，即总装配线成为生产的出发点，生产计划只下达给总装配线，以装配为起点，在需要的时候，向前工序领取必要的加工品，而前工序提供该加工品后，为了补充生产被领取走的量，必然会向更前一道工序去领取所需的零部件。这样一层一层向前工序领取，直至粗加工以及原材料部门，把各个工序都连接起来，实现同步化生产。

(2)生产均衡化。生产均衡化是实现适时适量生产的前提条件。所谓生产的均衡化，是指总装配线在向前工序领取零部件时，应均衡地使用各种零部件，混合生产各种产品。为此在制定生产计划时必须加以考虑，然后将其体现于产品投产顺序计划之中。在制造阶段，均衡化通

过专用设备通用化和制定标准作业来实现。所谓专用设备通用化,是指通过在专用设备上增加一些工夹具的方法使之能够加工多种不同的产品。标准作业是指将作业节拍内一个作业人员所应担当的一系列作业内容标准化。

(3)实现适时适量生产的管理工具。在实现适时适量生产中具有极为重要意义的是作为其管理工具的看板。看板管理也可以说是 JIT 生产方式中最独特的部分,因此也有人将 JIT 生产方式称为“看板方式”。但是严格地讲,这种概念是不正确的。因为如前所述,JIT 生产方式的本质,是一种生产管理技术,而看板只不过是一种管理工具。

看板的主要机能是传递生产和运送的指令。在 JIT 生产方式中,生产的月度计划是集中制定的,同时传达到各个工厂以及协作企业。而与此相对应的日生产指令只下达到最后一道工序或总装配线,对其他工序的生产指令均通过看板来实现。即后工序“在需要的时候”用看板向前工序去领取“所需的量”时,同时就等于向前工序发出了生产指令。由于生产是不可能 100%的完全按照计划进行的,日生产量的不均衡以及日生产计划的修改都通过看板来进行微调。看板就相当于工序之间、部门之间以及物流之间的连络神经而发挥着作用。

## 二、JIT 生产方式中的生产计划与控制

### □ JIT 生产方式中的生产计划的特点

在 JIT 生产方式中,根据企业的经营方针和市场预测制定三阶段生产计划,即年度计划,季度计划以及月度计划。然后再据此制定出日程计划,并根据日程计划制定投产顺序计划。其最独特的特点是,只向最后一道工序以外的各个工序出示每月大致的生产品种和数量计划,作为其安排作业的一个参考基准,而真正作为生产指令的投产顺序计划只下达到最后一道工序。具体到汽车生产中,即只下达到总装配线。其余所有的机械加工工序以及粗加工工序等的作业现场,没有任何生产计划表或生产指令书这样的东西,而是在需要的时候通过“看板”由

后工序顺次向前工序传递生产指令。

在 JIT 生产方式中,由于生产指令只下达到最后一道工序,其余各前工序的生产指令是由看板在需要的时候向前工序传递,这就使得:第一,各工序只生产后工序所需要的产品,避免了生产不必要的产品;第二,因为只在后工序需要时才生产,避免和减少了不急需品的库存量;第三,因为生产指令只下达给最后一道工序,最后的生产成品数量与生产指令所指示的数量是一致的。

### □ 生产计划的制定程序

丰田汽车公司的生产计划由公司总部的生产管理部来制定。生产管理部下设生产规划课,以及生产计划一课、二课和三课。生产规划课的主要任务是制定长期生产计划。这里长期生产计划是指年度生产计划以及明、后两年的生产计划。这样的计划一年进行两次,主要是规划大致准备生产的车型和数量,不把它具体化。

真正准备实行的是即将到来的三个月的月度生产计划。在  $N-1$  月制定  $N$  月、 $N+1$  月以及  $N+2$  月的生产计划。这样制定出来的  $N$  月生产计划为确定的计划, $N+1$  月以及  $N+2$  的计划也只作为“内定”计划,等  $N+1$  变为  $N$  月时,再进行确定。

$N$  月的生产计划在  $N-1$  月的中旬开始时确定,到  $N-1$  的中旬结束时再根据订货进行微量调整。在  $N-1$  月的下旬,进行所需零部件数量的计算,并决定各种产品每天的生产量,生产工序的组织以及作业节拍等。这些计算都使用计算机来进行。由于汽车的零部件数字庞大,仅所需零部件数量的计算,就需要 20 多个小时。

以上的工作完成后,开始制定真正作为日生产指令的投产顺序计划,即决定混合装配线上各种车型的投入顺序。顺序计划每天制定,然后只下达给装配线以及几个主要的部件组装线和主要协作厂家,其它绝大多数的工序都通过看板来进行产量和品种的日生产管理。

在丰田,从车体加工到整车完成的生产周期大约为一天,投产顺序计划每天制定,每天下达,下达时间最早在生产开始前两天,最晚不少于 1 天半。因此顺序计划可以准确地反映市场的最新情况和顾客的实际订货,根据顾客的实际订货及其变更来安排实际生产。

这样的生产计划的制定方法,是实现适时适量生产的第一步。通过

这样的方式,能够迅速捕捉市场动向,把握市场最新情况,作到只在必要的时候对必要的产品进行必要的计划。现在丰田汽车公司能够做到,对国外的订货,在顾客订货之后的四个月内将产品交到顾客手里;国内的话,则只需 5 天到半个月。

### □ 投产顺序计划的制定方法

投产顺序计划要决定混合装配线上不同产品的投入顺序,这在不同情况下必须作不同的考虑。如果各工序的作业速度不一样,就有全线停车的可能。为了避免这种情况,就必须制定使各工序的作业速度差保持最小的投入顺序计划。很多投入顺序制定方法都是基于这种思想的。

在实际生产中制定投产顺序计划时,除了要考虑使下达给总装配线的顺序计划尽可能保持各零件的出现率不变以外,另一方面,由于在混合装配线上如果连续装配作业较复杂的产品,容易产生作业延迟,甚至会引起全线停车,所以制定投入顺序计划时还必须考虑尽可能减少作业延迟。

为了达到上述两个目的,丰田汽车公司的具体作法如下。

在保证零件出现率恒定方面,由于汽车的构成零件约有两万多个,对于全部零件使用目标追迹法来排序几乎是不可能的,所以采取以车体、大型部件等为代表的作法。另外,由于车辆种类的不同,总装工时数会相差很大,所以还必须考虑按照车的种类分别进行合理的作业分配。为此在制定投产顺序计划时,不按工序,而是按总装工时数对车辆进行分类,在零件出现率保持不变的前提下进行各种处理。实际上代表零件的出现率能保持不变时,不仅可使与其有关的各零件的出现率保持不变,而且能使有关零件的组装工时数也实现均衡化。

## 三、生产同步化

JIT 生产方式的核心思想之一,就是要尽量使工序间在制品的储存接近于零。因此,前工序的加工一结束,就应该能够立即转到下一工序去。也就是说,这样的生产同步化是实现 JIT 生产的一个基本原则。这种方法与历来的各个作业工序之间相互独立,各工序的作业人员在

加工出来的产品积累到一定数量后一次运送到下工序的作法完全不同,是使装配线和机加工的生产几乎同步进行,使产品实行单件生产、单件流动的一种方法。为了实现这一点,JIT 生产方式在设备布置和作业人员的配置上采取了一种全新的方法。

### □ 设备布置

机械工厂通常的设备布置方法,是采用机群式布置,即把同一类型的机床设备布置在一起,如按车床组、铣床组等分区进行布置。在这种布置方式下,工序与工序之间没有什么连结,各个工位所加工出来的产品堆积在机床旁,容易产生生产过剩现象,并且使工序间的生产联系和管理工作复杂化。此外,从 JIT 生产的角度来看,后工序所需要的产品在前工序其他产品的批量加工尚未结束之前就不可能开始,必定造成等待,以致使生产周期拉长。所以,在 JIT 生产方式下,设备不是按机床类型来布置,而是根据加工工件的工序顺序来布置,即形成相互衔接的生产线。

采取这种设备布置时很重要的一点是注意工序间的平衡,否则同样会出现某些工序在制品堆积、某些工序等待的问题。这些问题可以通过开发小型简易设备、缩短作业更换时间、使集中工序分散化等方法来解决。

从作业人员的角度来考虑的话,由于实行一人多机、多工序操作,布置设备时还应该考虑到使作业人员的步行时间合理。此外,还应注意场地利用的合理性。

### □ 缩短作业更换时间

生产同步化的理想状态是工件在各工序间一件一件生产、一件一件往下工序传递,直至总装配线,即单件生产单件运送。这在装配线以及机加工工序是比较容易实现的,但在铸造、锻造、冲压等工序,就不得不以批量进行。为了实现全部生产过程的 JIT 化,需要根据这些工序的特点,使批量尽量缩小。但这样一来,作业更换就会变得很频繁。因此,在这些工序中,作业更换时间的缩短就成了实现生产同步化的关键问题。

作业更换时间由三个部分组成:

(1)内部时间——必须停机才能进行的作业更换时间；

(2)外部时间——即使不停机也可进行的作业更换时间，如模具、工夹具的准备、整理时间；

(3)调整时间——作业更换完毕后为保证质量所进行的调整、检查等所需的时间。作业更换时间的缩短可以主要依靠改善作业方法、改善工夹具、提高作业人员的作业更换速度以及开发小型、简易设备等方法。有以下具体作法可供参考：模具、工夹具的准备工作预先全部完成，在必须停机的内部时间内，只集中进行只有停机时才能进行的工作；把需要使用的工具和材料按照使用顺序预先准备妥当；使更换作业简单化；制定标准的作业更换表，按照标准的作业更换方法反复训练作业人员，以逐步加快作业速度，等等。在丰田汽车公司，仅通过这样的方法，在过去的几十年间把作业更换时间缩短到了原来的十分之一到十五分之一左右。

作业更换时间的缩短所带来的生产批量的缩小，不仅可以使工序间的在制品储存量减小，使生产周期缩短，而且对降低资金占用率，节省保管空间，降低成本，减少次品都有很大的作用。如上所述，达到这样的目的并不一定必须引进最先进的高性能设备或花费其他大量的资金，而只要在作业现场动脑筋想办法，下功夫即可实现。而且这些具体作法也并不是 JIT 生产方式的首创，而是历来的生产管理学早就总结过的一些方法。所以，要使生产线具有能够实现 JIT 生产的高度柔性，并不一定主要取决于类似于 FMS 那样的高性能设备，而首先应致力于作业水平的改善。“虽然能实现柔性生产，但设备费用也随之增高”的话，几乎是没有任何意义的。这也是 JIT 生产方式的重要基本思想之一。

### □ 生产节拍的制定

实现同步化生产中的另一个重要概念是生产节拍(tact time)。所谓生产节拍，是指生产一个产品所需要的时间，即

生产节拍 = 一天的工作时间 / 一天的所需生产数量

这里一天的所需生产数量是根据生产计划决定的，而生产计划是基于市场预测和订货情况而制定出来的，所以每天的生产数量不是一定的，而是变动的。以往在生产管理中有一种观念，即由于机器设备的

造价越高,成本折旧费也越高,所以为了避免损失,应尽量使设备的开工率接近 100%,即想方设法使生产量去适应生产能力。而在 JIT 生产方式中,则认为为了提高机器利用率用生产现在并不需要的产品的话,这些过剩产品所带来的损失更大。所以,重要的是“只生产必要的产品”,而绝不能因为有高速设备和为了提高设备利用率就生产现在并不需要的产品。归根结底,机器设备的利用率应以必要的生产量为基准,即恰恰与上述的传统观念相反,应使生产能力适应生产量的要求。为此,生产节拍不是固定不变的,而总是随着生产量的变化而变化。在装配流水线上,生产节拍是与传送带的速度相一致的,所以可以很容易地随着生产量的改变而改变。在机械加工工序,则主要通过作业人员所看管的设备台数或操作的工序数来改变生产节拍。一般来说,由于设备能力以及作业人数以及作业能力的限制,生产节拍的变动范围在 $\pm 10\sim 20\%$ ,而且需要从生产能力的弹性以及有效利用两方面来适应这种变动。这种变动的控制,通过“看板”就可以实现。

### 四、弹性作业人数

在历来的生产系统中,通常实行“定员制”,相对于某一设备群,即使生产量减少了,也必须仍然有相同的作业人员才能使这些设备全部运转,进行生产。但在市场需求变化多、变化快的今天,生产量的变化是很频繁的,人工费用也越来越高。因此,在劳动集约型的产业,通过削减人员来提高生产率、降低成本是一个重要的课题。JIT 生产方式就是基于这样的基本思想打破历来的“定员制”观念,创出了一种全新的“精简人”技术,来实现随生产量而变化的弹性作业人数。

精简人技术作为降低成本的手段之一,具有两个意义:一是按照每月生产量的变动弹性增减各生产线以及作业工序的作业人数,保持合理的作业人数,从而通过排除多余人员来实现成本的降低;再一是通过不断地减少原有的作业人数来实现成本降低。

### □ 实现精简人的前提条件

精简人是通过调整或重新安排来提高生产率。当生产量增加时,当然也要增加作业人员,但具有更重要意义的,是在生产量减少时能够将作业人数减少。例如假定某条生产线有5名作业人员,进行一定量工作。如果这条生产线的生产量减为80%时,那么作业人数应相应地减为4人( $=5 \times 0.8$ ),若生产量减到20%,作业人数应减少到1人,另一方面,即使生产量没有变化,如通过改善作业能减少作业人员的话,就能够提高劳动生产率,从而达到降低成本的目的。

为了实现这样的意义上的精简,须要以下三个前提条件:

- (1)要有适当的设备配置;
- (2)要有训练有素、具有多种技艺的作业人员,即“多面手”;
- (3)要经常审核和定期修改标准作业组合。

### □ 设备的联合 U 型配置

这里首先介绍一下什么是 U 型配置。U 型配置的模型如图 8.4 所示。U 型配置的本质在于生产线的入口和出口在同一个位置,灵活增减作业现场的作业人员主要靠此实现。

JIT 生产方式的基本思想之一,即按后工序领取的数量进行生产的基本思想,也可以通过这种机械配置得到实现。因为在这种配置中,当一个加工完了的产品从出口出来时,一个单位的原材料也被从入口投入了,两方的作业是由同一作业人员按同一生产节拍进行的,既实现了生产线的平衡,也使生产线内待加工产品数保持了恒定。而且,通过明确规定各工序可持有的标准待加工产品数,即使出现了不平衡现象,也能很快发现,有利于对各工序进行改善。

在利用 U 型配置增减作业人员时,遇到的最主要的问题是,在按照生产量重新分配各作业人员的工作时,如何处理节省出来的非整数工时。例如,即使可能减少半个人的工时,因实际上不可能抽掉 1 人,所以在某个工序就会产生等待时间或生产过剩。这种问题在生产增加的情况下也同样会发生。解决这个问题的方法是把几条 U 型生产线作为一条统一的生产线联接起来,使原先各条生产线的非整数工时互相吸收或化零为整,以实现在实际上以整数形式增减作业人员。这就是所谓

的联合 U 型配置。

### □ 职务定期轮换

从作业人员的角度来说,实现少人化意味着生产节拍、作业内容、范围、作业组合以及作业顺序等等的变更。为了使作业人员能够适应这样的变更,必须根据可能变更的工作内容使他们接受教育和训练,最理想的是使全体作业人员都成为对各个工序都熟悉的多面手。这样的作业人员的职务扩大也被称为“作业人员多能化”。

#### 1. 职务定期轮换的方法步骤

职务定期轮换包括:

(1)定期调动:指以若干年为周期的工作场所(主要指班或工段)的变动,职务内容、所属关系、人事关系都发生变化。主要以基层管理人员为对象进行。

(2)班内定期轮换:根据情况而进行的班内变动,所属关系、人事关系基本不变。班内定期轮换的主要目的就是为了培养和训练多面手作业人员。

(3)岗位定期轮换:以 2~4 小时为单位的有计划的作业交替。

为了要求一般作业人员“多能化”,基层管理人员必须先作出典范。基层管理人员的定期调动计划由车间制定,主要应考虑被调动人员到目前为止的经历,尚未担任过的工作,本人希望和意愿,对现场工作的影响等几方面的因素。基层管理人员的定期调动主要是为了使他们能在新的人事关系、工作环境中学习未曾掌握的知识和技能,进一步扩大视野,提高管理能力。而且,在一个新鲜的环境中,容易发现原有人员司空见惯、引不起注意的问题,采取新的对策改善问题的积极性也较高,因此有利于促进生产率的提高。

为了实现精简人,最重要的还是一般作业人员的“多能化”,因此班内定期轮换具有更重要的意义。班内定期轮换的计划由班长制定。具体作法是把班内所有的作业工序分割成若干个作业单位,排出作业轮换训练表,使全体作业人员轮换进行各工序的作业,在实际操作中进行教育和训练,最后达到使每个人都能掌握各工序作业的目的。在具体实施中,还可制定出多能化实现率的年度计划指标,一步步有计划地进行。多能化实现率可以用下式表示:

$$\text{(班的)多能化实现率} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{各人已训练完毕、掌握了工序数})}{\text{班内作业工序} \times n}$$

式中：

n 为班内人员数。

通过实施这样的作业人员多能化，使班内流动的可能性增大后，一天中数次班内作业交替也就成为可能。所以，以 2~4 小时为单位的岗位定期轮换的另一重要意义是能够避免作业人员的这种工作疲劳。

关于交替间隔，应根据具体情况具体设定。如对生产节拍较快的工序来说，因所持有的作业区域比较窄，因此交替间隔应短一些，反之亦然。

## 2. 职务定期轮换的优点

通过实施这样的职务定期轮换，不仅能够实现作业人员的多能化，从而使弹性增减作业人数成为可能，而且还可以带来一些如下的附带结果：

(1)有利于安全生产。以小时为间隔单位的岗位定期轮换，不仅可以减轻作业人员的身体疲劳，也可以使人的情绪得到转换。一般来说，工作内容的改变本身，就是一种比什么都强的刺激，与人的工作积极性很有关系。由于情绪转换和疲劳减少，注意力提高了，因不留神、注意力分散而引起的劳动事故的现象就会大为减少。

(2)有利于改善作业现场的人际关系。制定作业交替计划表的基本原则是使全体作业人员平等。制定时既要考虑到对年龄较大、病弱者的照顾，也要考虑当天各人的身体情况、作业熟练程度，个人愿望以及相互之间的照顾等，这样就容易促成全体的协调精神。在职务调换的同时，每个人前后工序的成员不同，通过作业中的接触也就很自然地扩大了人与人之间交流的圈子。此外，因全体作业人员对各个工序都熟悉，都做过，因此即使因为某种原因在某工序发生了延迟，也容易理解别人的苦衷。因为大家都相互了解，所以也都尽量互相帮助，以避免发生作业延迟。

(3)有利于知识与技能的扩大和积累。在促进作业人员多能化的过程中，老工人和班组长教新工人和部下的机会多了，同时自己也从中得到了提高。以往被称为“本事”的诀窍、技能也公开出来，作为要领书、标准书在作业现场积累起来。职务定期轮换使彼此之间形成了一种相互

理解、互教互学的关系，“本事是自己的”这种手艺人气质渐渐减少，大家汇总起来的技能与知识通过这种方法不断迅速地传给后来的人，使这些知识和技能扩散到全体人员中去，这样就能形成一个即使有人缺勤也能够应付自如的强有力的作业现场。

(4)有利于提高作业人员参与管理的积极性。由于职务定期轮换，全体人员与作业现场的各个工序都发生了关系，因而视野扩大了，对整个作业流程的关心也提高了。这种方法使作业人员逐渐地产生一种意识，即安全、质量、生产、成本等工作目标以及班里的任何其它事情都不只是班组长或某个人的事儿，而是大家共同的问题。大家都团结一致，为了同一目标而思考、合作，采取对策，解决问题，形成了一种作业现场的自主管理，也给了每个人充分发挥自己潜在能力的机会，增加了对工作的兴趣和积极性。

## 五、实现 JIT 生产的重要手段——看板管理

JIT 生产方式是以降低成本为基本目标，在生产系统的各个环节各个方面全面展开的一种使生产能同步化、能准时进行的方法。为了实现同步化生产，开发了后工序领取、单件小批量生产、生产均衡化等多种手段。而为了使这些手段能够有效地实行，JIT 生产方式又采用了被称为“看板”的这样的管理工具。看板作为管理工具，起着至关重要的连接作用。

### □ 看板的机能

看板最初是丰田汽车公司于 50 年代从超级市场的运行机制得到启示，作为一种生产、运送指令的传递工具而被创造出来的。经过近 40 年的发展和完善，现在在很多方面都发挥着重要的机能。其主要机能可概括如下。

(1)生产以及运送的工作指令。这是看板最基本的机能。如前所述，公司总部的生产管理部根据市场预测以及订货而制定的生产指令只下达到总装配线，各个前工序的生产均根据看板来进行。看板中记载着生

产量、时间、方法、顺序以及运送量、运送时间、运送目的地、放置场所、搬运工具等信息,从装配工序逐次向前工序追溯。在装配线将所使用的零部件上所带的看板取下,以此再去前工序领取;前工序则只生产被这些看板所领走的量。“后工序领取”以及“适时适量生产”就是这样通过看板来实现的。

(2)防止过量生产和过量运送。看板必须按照既定的运用规则来使用。其中的一条规则的:“没有看板不能生产,也不能运送”。根据这一规则,各工序如果没有看板,就既不进行生产,也不进行运送;看板数量减少,则生产量也相应减少。由于看板所表示的只是必要的量,因此通过看板的运用能够做到自动防止过量生产以及过量运送。

(3)进行“目视管理”的工具。看板的另一条运用规则是,“看板必须附在实物上存放”、“前工序按照看板取下的顺序进行生产”。根据这一规则,作业现场的管理人员对生产的优先顺序能够一目了然,很易于管理。并且只要一看看板所表示的信息,就可知道后工序的作业进展情况,本工序的生产能力利用情况、库存情况以及人员的配置情况等等。

(4)改善的工具。以上所述的看板的机能可以说都是生产管理机能。除了生产管理机能以外,看板的另一个重要机能是改善机能。这一机能主要是通过减少看板的数量来实现。看板数量的减少意味着工序间在制品储存量的减少。在运用看板的情况下,如果某一工序设备出故障,生产出不良产品,根据看板的运用规则之一“不能把不良品送往后工序”,后工序所需得不到满足,就会造成全线停工,由此可立即使问题暴露,从而必须立即采取改善措施来解决问题。

### □ 看板的种类及用途

看板的分类如图 8.1:

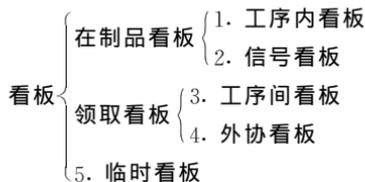


图 8.1 看板的分类

(1) 工序内看板。指某工序进行加工时所用的看板。这种看板用于装配线以及即使生产多种产品也不需要实质性的作业更换时间(作业更换时间近于零)的工序,例如机加工工序。

(2) 信号看板。信号看板是在不得不进行成批生产的工序所使用的看板。例如冲压工序、树脂成形工序、模锻工序等。

(3) 工序间看板。工厂内部后工序到前工序领取所需的零部件时使用的看板。

(4) 外协看板。这种看板与工序间看板类似,只是“前工序”不是在本厂内,而是外部的协作厂家。对外订货看板上须记载进货单位的名称和进货时间。

(5) 临时看板。进行设备保全、设备修理、临时任务,或需要加班生产时所使用的看板。

### □ 看板的使用方法

看板有若干种类,因而看板的使用方法也不尽相同。如果不周密地制定看板的使用方法,生产就无法正常进行。所以从看板的使用方法可以进一步领会 JIT 生产方式的独特性。

看板的使用方法主要有:

(1) 工序内看板:工序内看板的使用方法中最重要的一点是看板必须随实物,即与产品一起移动。后工序来领取时摘下挂在产品上的工序内看板,然后挂上领取用的工序间看板运走;该工序然后按照看板被摘下的顺序以及这些看板所表示的数量进行生产;如果摘下的看板数量变为零,则停止生产。在一条生产线上,无论是生产单一品种还是多品种,均按这种方法所规定的顺序和数量进行生产,既不会延误也不会产生过量的储存。由此也可看出,为什么说适时适量生产的前提条件是生产的均衡化。

(2) 信号看板:信号看板挂在成批制作出的产品上。当该批产量的数量减到基准数时摘下看板,送回到生产工序,然后生产工序按该看板的指示开始生产。

(3) 工序间看板:工序间看板挂在从前工序领来的零部件的箱子上,当该零部件被使用后,取下看板,放到设置在作业场地中的看板回收箱内。看板回收箱中的工序间看板所表示的意思是:“该零件已被使

用,请补充”。现场管理人员定时来回收看板,集中起来后再分送到各个相应的前工序,以便领取补充的零部件。

(4)外协看板:对外订货看板的摘下和回收与工序间看板基本相同。回收以后按各协作厂家分开,等各协作厂家来送货时由他们带回去,成为该厂下次进行生产的生产指示。所以,在这种情况下,看板被摘下以后,该批产品的进货将会延迟至少一回以上。因此,需要按照延迟的回数发行相应的看板数量。这样,虽然产品的运送时间、使用时间、看板的回收时间以及下次的生产开始时间之间均有一些时间差,但只要严格遵守时间间隔,就能够做到按照“just in time”进行循环。

使用过的看板(即工序间看板和对外订货看板)回收后,按工序或按协作厂家的再分发,其工作量有时会很大,因此,在丰田汽车公司的一些工厂里,设有专门的看板分发室,将看板上的有关信息用条形码来表示,然后用计算机来区分。

# 第九章

# 科技与产品 开发决策

哈佛商学院 MBV 教程系列

《生产与作业管理》

## 一、科学技术与企业的生存与发展

### □ 科技进步对企业的影响

#### 1. 科技进步使市场需求发生变化,市场需求促进企业技术创新

随着科学技术的不断进步,企业可以经常向市场提供比现有产品更能满足用户需要的产品,同时吸引和刺激着更多、更新的社会需要。反过来,又进一步要求企业,必须不断地有所创新,使自己的产品和服务在市场上始终处于领先地位,继续不断地把用户当中的一些潜在的、模糊的需求欲望发掘出来,并演绎开发出新的产品,不断满足并不断刺激用户新的需求,也就更加激发企业向更高的科技水平发展。因此,企业的科技进步与用户需求之间形成的是一种双向促进的关系。

#### 2. 科技进步对用户需求变化的影响

①需求变化的速度加快。由于企业科技进步不断开发出新产品(服务),形成了用户追新求异,需求变化速度加快的趋势。它要求企业的产品开发能尽快应用最新技术成果,既具有前瞻性又注意时效。例如,彩电和照相机的生产和更新换代,就是看准人们消费需求变化加快的趋势而不断开发新技术,推出一代接一代新产品的。

②新产品在用户中普及的速度加快。这是由于通讯技术、传播技术和运输业的发展,使某些新产品一经问世,在极短的时间里便风靡全国甚至全球。有时还可能引起世界性消费结构的变化。

③需求向多样化发展。科技进步同时还刺激了用户需求的多样化要求。即对同一种产品,不同的用户往往有不同的适用要求。不再满足于将就同一性能、同一标准或相同使用范围的同一产品,用户有了自己的个性化的需求。为适应这种变化,企业必须改变以往的传统设计方式或生产手段,对产品进行各种特殊设计和生产。目前国内外一些先进企业是采用柔性加工系统来应变的。

④需求的价值观念转变。随着经济、社会文化的发展和生活水平的

提高,用户对产品的价值取向也由过去的看重价廉耐用逐渐转为更重视产品的技术含量上。今后的商品市场,开发那些电子产品、光电子产品、生物工程制品等高技术产品将更具有魅力。

⑤要求产品的使用操作、维修简便。知识和技术含量高的产品,往往功能多、技术复杂。因此,会造成产品的使用方法、操作技术难于掌握、维修也不方便等副效应。如果那样,新产品有可能在不知不觉间丧失掉一大部分用户。为此企业在开发功能多样、技术复杂的产品时,应该考虑到如何以更巧妙的技术,将产品的操作、使用、维修方法等简单化,从而稳固原有市场并开拓新市场。如同“傻瓜”相机的设计那样,表明生产企业的精于此道。

⑥软件产品和无形产品的需求比重增加。软件产品一般包括技术软件产品和管理软件产品。例如:产品的牌号、商标、造型、包装、品位、信息、计划、财务软件等都是软件产品;无形产品是指企业的信誉和服务等。这两类产品的需求比重增加是由于,伴随着物质产品向高质量发展,人们的生活质量相应地在提高,所以需要更多的心理上及精神上的满足。企业就应把握住这种需求趋势,转变经营观念,开发出能满足人们这种高层次需求的新产品。

### 3. 产业革命与企业产品结构的调整

从人类的社会实践考察,科学技术对企业产品结构所产生的影响,可以追溯到18世纪。当时蒸汽机技术的发明和应用,不仅推动了所有产业由手工生产转为大机器生产,同时还促进了机器制造业、钢铁工业、交通运输等多种新兴产业的发展,使原有的产业和产品结构发生了变革,导致了世界上的第一次产业革命。它成为科学技术转化为生产力,促进经济、社会发展的起点。19世纪后30年,世界钢产量增加了120倍。它首先替代了传统的结构材料——木材,继而又取代了铸铁,成为质高、价廉、炙手可热的新材料;电力工业的兴起,又带动了电化工、电话、电冶金、电子、汽车等一大批产业的兴起,再次使产业结构发生了巨大变革,从而使世界工业总产值增加了两倍多。进入20世纪,以电学和电技术的发展为关键,新产业和新产品层出不穷,为企业的发展和壮大,增添了无限活力。40年代以生产自动化、原子能和电脑的出现为标志,实现了第三次产业革命。当时,应用新技术创造出了如,微电子、新合成材料、激光材料、光纤通讯、空间技术以及核工业等一批知识

密集型产业。第四次产业革命则以信息技术和智能技术的崛起为标志。由于计算机、材料、生物工程等技术的突破性进展,再一次使产业结构重新调整。近几十年来,技术向集约化发展,高科技产业迅速兴起,人类进入了“电脑文明”和“硅谷”时代。同时,传统工业得到改造,也在焕发新的活力。

#### 4. 生产方式的变革与空间的扩大

由于要满足产品需求多样化的要求,一些企业有必要改变生产方式,缩小某种产品的生产经营规模,以便能做出快速灵活的反应。80年代,日、美等科技发达国家的企业就已普遍采用了高度可变的自动化柔性加工系统。日本的汽车工业采用这种加工制造系统,在同一条生产线上,不必花更多的投入,就可以装配出各种车型的汽车,不仅降低了成本,还能适应各类市场的需要。与科技进步伴随而来的还有企业生产的专业化程度越来越高,分工越来越细、协作越来越广泛。生产经营协作从企业内部逐渐扩展到外部,包括外单位、外行业、外地区、甚至外国,生产经营的领域不断扩大。例如,某种袖珍计算器是由几个国家协作生产的。它的硅片产自美国,外壳由印度企业提供,而整机是在新加坡进行组装的,形成了国际间的一条龙生产序列。就企业自身而言,目前搞多种项目综合经营的企业是大量存在的,它们在生产工业产品的同时,还把经营的触角伸展到了旅游业、交通运输、餐饮等多种行业。因而要求管理必须科学化,提高管理水平。

#### 5. 科技先导型企业

科技先导型企业是一种技术—生产—市场—效益等环节,一体化的企业模式。它自觉地依靠科技进步,不断通过技术开发创造出新产品,以新产品激发用户产生新的需要,开拓潜在市场,从而提高企业的竞争能力和经济效益。所谓“科技先导”,包括两重涵义:一是指这类企业无论是发展生产还是增加效益,都一贯把依靠科技进步放在首位;二是指这类企业对其他企业具有示范和导向作用。科技先导型企业与传统的企业模式进行比较,它的特点是:①信息和智力密集。科技先导型企业重视创造、吸收和应用最新技术成果,它通过增强自身的研究开发能力,使新技术、新产品开发居于领先地位,因而更重视技术的预测和发展动向的战略研究。同时它还着重将人工智慧设计在产品中,因而它的高级科技人员在职工总数中的比例也比传统企业要高得多;②具有

不确定性。从科技先导型企业的产品来看,既可以是有形的仪器设备,又可以是无形的专利、许可证等等。既可以是产品本身,还可以是与产品配套的那些技术资料等软件。另外,由于环境的变化往往是无法预测的,以及产品的寿命周期短、替代性强等原因,使得这类新型企业,从创建开始直到生产经营的全过程都存在着种种不确定性;③高投资、高风险。由于科技先导型企业的信息、智力密集,必然要求投入大量的资金和设备,以保证企业的创立、科研开发以及生产顺利发展。同时又由于它的种种不确定性,这种高技术、高层次的技术开发,其决策往往是凭市场经验和直觉作出的,决策必须具有前瞻性,同时还要把握机会,这样便决定了科技先导型企业要准备承担诸如试制失败和环境、市场因素变化等等可能带来的一系列风险;④不断开拓新市场。科技先导型企业在不断用新技术、新产品来影响顾客需求的同时,实际上也加剧了市场竞争。企业只有随时掌握国内、外市场变化的信息,果断决策来调整自己的产品结构,不断用创新的产品去开拓新市场,才会有生命力;⑤科学研究和技术开发的管理水平高。即这类企业既要向科学技术要效益,也要向管理要效益。

### □ 企业科技管理的任务与内容

工业企业的科学技术管理包括两个基本内容:一是科学研究的管理(简称科研管理);二是技术开发和技术工作的管理(简称技术管理)。科学技术管理的任务,归纳起来主要是:

第一,加强科学技术管理,保证科学研究与技术开发的顺利进行,加速科学技术转化为生产力的进程,为发展新产品、改革老产品提供充裕的技术储备。所谓技术储备,一般是指在一个企业中,在任何时候,总是有几代产品或技术,构成一定的层次与纵深,目的是使新产品或新技术长流水、不断线地涌现出来,保证新产品或新技术能够顺当地衔接起来,以满足用户或生产的需要。后续的产品或技术,对于现有的老产品或原有技术来说,就是技术储备。例如,对于产品来说,既有批量生产的老产品,又有正在试制的新产品,又有正在研究或构思的新产品等。技术储备是提高企业经营适应性、灵活性,增强企业竞争能力,实现技术进步,提高企业现代化水平的物质技术保证。这是发展型(变革型)的科技工作管理(如科学研究、技术开发、技术改造管理)的基本任务。

第二,合理组织企业的一切技术工作,以保证产品质量、降低产品成本为重点,建立良好的生产技术工作秩序(包括建立和健全日常各项技术管理制度;及时为生产提供先进合理可靠的技术文件;教育职工严格按照设计图纸、工艺规程、技术标准进行生产;保证设备经常处于良好状态;加强环境管理、保证安全生产、文明生产等),保证生产的正常进行。总之,为生产顺利进行提供一切技术条件和保证。这是巩固型(稳定型)的科技工作管理的基本任务。这个任务必须渗透到有关技术管理的各项工作中去。

### □ 高科技时代的来临

随着 21 世纪的即将来临,世界已进入了高科技的时代,一个前所未有的高技术群正在崛起。所谓高技术,一般是指,既是其基本原理主要是建立在最新科学成果的基础上,同时又是以信息技术为中心的这样一些新兴的、高层次的技术群(应该明确的是,高技术还是个相对的概念,即,一、高技术不同于当代的一般或传统技术,它是先进的、尖端的技术;二、高技术又是与当代的经济基础和科技能力相适应的,因而是可以被直接利用的实用技术)。高技术主要包括:微电子技术、电子计算机技术、生物工程、精细化工、新材料技术、新能源技术、机器人、空间技术、海洋开发、生命技术、遥感、激光等等技术。预计在未来一个世纪中,这些高技术都将获得重大发展或突破,甚至有可能导致新的技术革命的发生。以上高技术中最具有影响的几种,它们的发展前景是:

1. 材料技术。新材料是指新发展或者正在研制的材料。一般具有优异的性能或特定功能。是传统材料所无以相比的。新材料是发展信息、生物、能源、空间、海洋开发等高技术的基础。因此,它的开发对下个世纪的科学研究和经济发展具有关键意义。新材料技术发展研究的主要趋势是,超高性能化、高功能化、复合化和智能化。主要发展领域按用途分,有信息材料、新能源材料、结构材料和功能材料。

2. 能源技术。20 世纪末,人类面临全面能源危机,能源的匮乏将制约经济、科技和社会的发展。因此,能源技术的研究发展迫不及待,能源技术的研究发展趋势包括三个方面:一是由原来的大规模集中能源系统如何向中小规模分散能源系统转变;二是发展复合能源;三是能源开发技术要兼顾环境保护问题。能源技术的重点开发领域是:核能、太阳

能、地热能、风能、生物质能、氢能等等。

3. 信息技术。人类社会将进入信息和智能时代,信息技术的应用范围会越来越广,它对各行各业及人们日常生活的信息化、自动化将发挥巨大作用。它本身也将发展成庞大的产业。信息技术的主要发展趋势是:电子技术将有连锁性的发展,前景广阔;计算机向微型化、综合功能化、网络化、智能化发展;信息获取和传输技术形式多种、光纤通信技术广泛应用。信息处理和通信技术向自动化、数字化、综合化方向发展。信息技术的主要发展领域包括:个人信息化;高音质、高清晰度的声像系统;高智能信息设备等。目前很多国家正在积极开发微电子技术,研制新一代电子计算机。

4. 生物技术。这是目前所有新兴技术中最引人注目的领域,它对解决人类种种切身利益问题都存在潜力。80年代以来,生物技术已经取得不少成果,但从总体看,尚处在开创初期。目前,竞争已很激烈。有专家预测,21世纪将有突破性进展。生物技术的主要研究发展趋势为:人脑及神经科学的研究;DNA重组技术;新的生物制品或品种的创造;环境保护;药物、化学和食品工业将有巨大变革。主要研究领域是:用生物技术发展医用酶、激素和抗生素,发展在疾病诊断和动植物育种方面的作用;微生物被利用为生物反应堆等。

## 二、技术开发——从科技 到生产力的转换之门

### □ 技术开发的含义

#### 1. 技术的概念

技术开发一词是沿用的日本国的一个词汇。该词汇在欧美等国家谓之技术创新。技术开发又可称为研制式开发研究。企业技术开发,概括地讲,是指企业为满足生产和经济的客观需要,将新科技成果的潜在生产能力转化为现实的生产能力、转化为商品的一个动态过程。这个过

程是把基础研究和应用研究的成果具体应用于一定的生产经营或管理目标上。它是从研究试制开始,到新产品(包括生产、经营、管理等各个领域)的大批量生产制造,直到推广、应用的一个创新的全过程(这里的推广、应用是指科研成果能迅速地运用于一切需要这种新技术、新产品、新材料或新工艺的领域)。技术开发应该具有明确的目的性、可行性,同时还应该具有综合性和系统性。科技成果只有经过技术开发这一过程,才能为生产和社会所接受。

技术进步是市场经济的内在要求,而技术开发(又叫技术创新)是技术进步的重要手段。任何一个发展市场经济的国家,其经济的振兴都在很大程度上依赖于工业企业的技术创新,实行科技与经济相互渗透、相互支持的科技与经济的一体化发展。而企业为适应经济发展以及社会 and 用户的需求变化,也要有围绕产品创新,积极开发、应用技术的最新成果,用先进技术代替落后技术、用先进的工艺改革落后的工艺、提高设备的利用率、开发并综合利用新材料新能源,同时降低消耗等技术开发的迫切要求。市场经济促使企业必须永远将自身置于新技术的基础之上,以内涵为主,扩大生产能力,以尽量少的投入,创造出尽可能多的产出来谋求技术进步、讲求经济效益。大量国内外的实践表明,强化企业的技术开发,对提高企业技术开发的能力,提供充裕的技术储备和产品储备;提高劳动生产率和资源利用率;提高生产现代化和管理现代化水平;对填补工业产品品种的空白,改善企业在国内、国际贸易中的地位,最终实现经济效益的增长以及促进科学技术的发展和国民经济的发展、增强综合国力,可以起到重要而切实的作用。

### 2. 技术开发的种类

鉴于企业规模的大小、技术创新或革新改造的程度,企业的技术开发一般分为以下几种类型:

①技术的发明与创新。技术发明是指对于某一种新技术、新工艺、新产品、新方法,以至新思想、新概念的创造。每种创造都既可以是由个人单独作出贡献,也可以是众人集体智慧的结晶。

技术创新,是把技术发明应用于生产经营过程中去,创造出市场满意的新产品或新的服务。

所以,技术创新是继技术发明之后,在新的科学原理指导下,第一次应用于生产实践的新技术。

②技术改造。这类技术开发是在企业坚持技术进步的前提下,综合应用技术开发成果,以先进的技术去改造或替代陈旧落后的技术的活动。技术改造可以针对企业生产的各个环节进行。

如对产品、设备、原材料、工艺、能源、节能降耗等等的技术改造。由于每一项新技术、新产品或新工艺的出现都使原有的技术变成陈旧落后的技术,丧失竞争力,所以企业要站稳脚跟,更好地满足社会需求、提高经济效益,就只有自觉地进行技术改造。

通过技术改造可以把技术资源转化为现实生产力,这种技术改造在充分利用企业自身条件的基础上,只要追加适量投资就可以以内涵为主扩大再生产。因此,技术改造对于大、小企业来说都是适用的。

然而,技术改造的过程并不是直接简单地应用技术开发的现成成果的过程,而是需要做大量相应的技术开发工作。因为任何一项新技术的普及、推广都需要有一个过程,例如,采用某种新工艺进行技术改造时,就必然要对原有设备装置进行革新。

③技术革新。这里所论及的技术革新不同于技术改造的主要内容在于,它是企业对现有局部生产技术的改进和提高。包括诸如对现有产品进行设计改造、对工艺过程和工艺方法、对工具装备或对材料技术进行改进,此外,向技术的广度和深度方向开发的极限技术也包括在内。这些都属于技术革新的范畴。

因此,技术革新通常是不改变原有的技术原理和结构而进行的。例如,大规模集成电路是在集成电路的基本结构不变的基础上革新成功的。

因而可以说,技术革新是使企业在原有基础上,通过技术进步的量的积累来逐步提高企业的生产机械化、自动化水平的。

④小革新、小“发明”。这是指对现有技术的小规模、甚至很小规模的改革,即所谓小改、小革。这类技术开发规模虽小,但是能够有效地解决生产技术中的实际问题,所费人力、物力、财力不多。

### 3. 技术开发的内容

①产品技术开发。产品技术开发是指运用技术手段来开发企业的产品。一般,从产品技术开发的状况,可以集中体现企业的技术能力与技术水平,因此可以说,产品技术开发是企业技术进步的标志,围绕产品进行技术开发,是企业技术开发工作的重点。

产品技术开发包括：发展新产品和改进现有产品；开发硬件产品和软件产品。

②新工艺的开发。工艺是指劳动者使用生产工具，对劳动对象进行加工或处理而产生产品的过程和方法。开发新工艺就是要为生产提供更先进的物理的或化学的加工处理方法，借以提高产品质量、改进产品性能、节约能源、降低成本，达到提高劳动生产率以及减轻或消除对环境的污染等目的。

但是先进工艺的开发采用，往往要求对现有的机器设备进行相应的更新改造，使之适应新的工艺方法。例如，一种可以不断开发新产品并可以实现小批量多品种的高效加工工艺，需要采用柔性加工系统和数控技术来满足。

③能源和原材料开发。节约能源和原材料，是提高经济效益的重要途径。尤其是那些能源和原材料消耗量大、在产品成本中这部分费用所占比重较大，以及来源比较紧张的那些企业，更应当从生产工艺、设备改造等方面着手，提高能源与原材料利用率，降低消耗，以及开发新能源、新材料，开发代用材料。

④设备与工具的开发。在现代的生产条件下，产品的质量、数量、消耗和成本，很大程度上是制约于设备的技术状况的。所以，设备的技术开发与产品的质量、数量、性能，与工艺的性能，与节能降耗是密切相关的。

上述技术的开发或改进，要求设备技术有相应的变革来实现。因此，加强对现有工艺装备和设备技术的开发，以此提高生产过程机械化和自动化程度，是企业提高生产现代化水平、提高经济效益的物质技术基础。

### □ 技术开发的方法

#### 1. 独创型技术开发

独创型的技术开发，是以科学研究活动作为先导的。凡是重大的技术创造和发明，一般都是科学研究的成果。

这是由现代科学技术的重要特点——科学与技术紧密结合，即所谓技术的科学化决定的。尤其是当代许多新兴技术和尖端技术，都是在基础科学有了重大突破以后产生和发展起来的。

这些新兴技术、尖端技术同以往技术的显著区别在于,它们既不是以往生产经验的概括和总结,也不是传统技艺的改造和提高,而完全是现代科学的产物。这个途径就是从基础研究、应用基础研究(定向基础研究)开始,通过应用研究取得技术上的重大突破,即发明与发现,再通过发展研究(即技术开发),提出生产性样机、样品。在工厂中进行试生产,最后投入大批量生产。

### 2. 引进型技术开发

引进型技术开发,是从企业外部(可以是外单位、外地、外国)引进转移新技术、新工艺或新设备,经过本企业消化、吸收后再开发应用的一种技术开发类型。通过引进别人的高新技术进行开发,有时可以迅速缩短企业与国内、外同行业的技术差距,实现超常规迅速发展,提高企业在更广大范围内的竞争力。它是企业技术开发的一条捷径。但引进性技术开发是要建立在企业自身具备雄厚的技术开发能力的基础上的,除此之外,搞引进开发必须注意两个问题:一是要把消化、吸收新技术与引进新技术摆在同等重要的地位上。就是说,凡是引进技术,都要从技术力量、经费、技术情报、组织实施等各方面落实消化措施,在充分消化、吸收先进技术后,再进一步开发,以此来提高本企业的技术先进水平,实现引进开发的良性循环。

引进型的技术开发,可以交叉运用下列多种方式:

(1)“移植”。引进成套或关键技术(或设备),由本企业工程技术人员掌握使用。

(2)“嫁接”。将从企业外部引进的新技术成果,与本企业的有关技术成果结合起来。

(3)“插条”。从外部引进初步研究成果,在本企业进一步加以培植,最后形成工业产品。

(4)“交配”。同外国、外地区、外单位共同协作研究开发,取得共同的科技成果;等等。

### 3. 综合型技术开发

这种性质的技术开发,是将两项或多项现有的技术进行结合或延伸,再创造出崭新的技术成果或新产品的活动。它通常是在原有的科学原理没有出现新突破的情况下,由具备很强的基础研究实力和技术综合能力的企业采用的。

技术的综合开发,其内容、难度、规模和方式都各有不同,仅从常见的技术综合方式来看,有以下几种:

第一,以内容综合。

(1)零部件或产品的综合。即由两种或多种现有的零部件或产品综合成一种新技术或新产品的方式。一般把这种技术叫做组合技术。把综合成的新产品叫做集成产品或复合产品,这种技术多用在加工装配型生产的新产品上。例如,电子表就是机械技术与电子技术相综合的结晶。

(2)材料综合。即把现有的两种或多种材料综合成一种新的材料,叫做合成材料或复合材料。例如,塑料、合成纤维、合成陶瓷、合成橡胶等等。流程型工业生产的新产品多为此类。

(3)功能综合。是把具有不同功能的几种技术组合在一起而开发出新的产品。如,医用CT扫描机、2合1录像彩电等。

第二,以难度综合。

(1)互相组配。这类技术综合的规模和工艺难度都比较小,属于低层次的综合。组配,是以某项技术为主,由几种技术搭配并有机结合成符合要求的综合技术。它的性能要比前者优越。例如,带手电筒的收音机和带激光唱盘的组合音响等属于此类。

(2)互相渗透(又叫混合)。即通过几种技术之间相互渗透的方式开发出新技术、新产品。这类技术综合的规模和工艺难度比起组配的方式要大,属于中等层次的综合。例如,电子机械设备技术的开发,是将电子技术向机械技术渗透,创造出质优价廉的崭新的电子产品。如,数控机床、机器人、机械手等等。

(3)多种技术综合,是将现有的多种发明创造成果进行综合,使其系列化,形成复杂的技术产品。这类技术综合的规模和工艺难度最大,是高层次的综合开发。例如,我国开发成功的大型火电机组仿真技术、长征2号运载火箭及其发射技术,都是多种技术在高层次上的综合开发。

4. 延伸型技术开发

这是对现有技术成果的技术深度和广度进行开发应用的方式。向技术的深度开发,包括向技术的规模、强度、密度等方向开发。例如,我国开发成功的银河—Ⅱ型10亿次巨型计算机,就是电子计算机向巨型

方向的发展;向技术的广度开发则是向其他领域移植派生而创造出新的技术成果的方式。例如,利用空间技术向材料、能源、通讯、环境等领域移植,已派生出许多新技术。和平利用军工技术亦属此类。

### 5. 总结提高型技术开发

总结提高型技术开发,顾名思义指的是,通过对生产实践经验的总结、提高来开发新技术的方式。因此,这类技术开发是指对已有技术成果的改进、完善和提高。

## □ 技术类型、结构、配套与开发周期

### 1. 技术类型

技术类型,指的是由技术的不同特征而形成的各种技术之间的质的区别。各种不同类型的技术,形成了技术的多样性。这是从分类学的角度来认识技术的一种方法。研究技术类型,对于选择合理的技术结构,正确地进行技术配套,保证技术开发顺利地进行具有重要意义。

#### ①按技术的形态进行分类

按技术的形态进行分类,可以把技术分为物质形态的技术与智能形态的技术两种。物质形态的技术(或叫物质化的技术),它是指在企业生产过程中,物质形态的劳动手段体系的总和,包括机器、设备、装置以及加工、计量和测试手段等技术装备。智能形态的技术(或叫智能化的技术),它表现为劳动者的知识和技能。是否掌握一定的科学知识 with 一定的技能,这是具有特殊劳动能力的技术人员与技术工人,同单纯具备体力能力的一般劳动者的主要区别。劳动者对科学知识的掌握,主要依靠各类学校的系统教育和自学;技能,一般是指依靠劳动者本人通过多次反复操作而获得的、能够直接或间接地对生产起作用的特有能

#### ②按技术的性质分类

按技术的性质分类,可以将技术分为硬技术和软技术两大类。硬技术是指产品、工具、设备、仪表、装置等的设计制造技术,又称硬件;软技术则是把诸如工具和设备之间相互作用的方式、程序、作用的过程以及如何运用硬技术这些所谓软件称为软技术。例如,设备装置的操作使用技术、物化了的物质载体——图纸、技术标准和其他技术资料、技术规程、规范、程序以及生产经营过程中的组织管理和经营管理技术等。对软技术还可以进一步延伸其范围,即,那些研究、处理或解决由于使用

新的科技成果而造成的各种经济的、社会的、心理上的影响的技术都属于软技术。研究这类软技术的目的是,在充分发挥科学技术的积极作用的同时,也要认真克服其负效应。

### ③按技术产生的时间进行分类

按技术产生的时间进行分类,可以把技术分为传统技术与现代技术两类。传统技术可以有两种理解:一是指由一个国家、一个民族悠久的历史形成的,从祖先那里继承下来的古老技术传统。中华民族有几千年的历史,我们的祖先在同大自然斗争中,以及生产、生活中为后代留下了丰富的技术宝库。例如,机械制造热加工的青铜铸造技术;食品加工方面的烹调技术;工艺美术方面的特艺技术等等。二是指某个领域内习惯沿用的常规技术,例如,在机械零件加工方面,为了获得一定的光洁度,经常使用的车削与磨削技术。现代技术,同样可以有两种理解:一是同传统技术相对而言,这种技术的发明较晚,一般叫新兴技术,例如,超精加工中的化学抛光、高能射束加工技术等。二是指尖端技术。

### ④按新、老技术相互关系进行分类

按新、老技术相互关系进行分类,可以把技术分为代替技术与极限技术。

所谓代替技术(或替代技术),指的是经过技术开发,产生了代替原有老技术的新技术。在这种情况下,新技术与原有老技术之间的关系是代替关系。例如,晶体管代替电子管、喷气发动机代替螺旋桨发动机。代替技术的出现,往往是在新的科学原理指导下产生的。它能够带来技术的重大突破。开发代替技术,能够带来显著的技术经济效益。

所谓极限技术,是指在原有技术基础上,向技术的极限状态进行开发而形成的新技术。包括向尺寸、密度、压力、温度、纯度、频率等的极限发展。例如,在集成电路基础上开发大规模集成电路。开发极限技术,虽然并不带来技术的重大突破,但同样需要研究解决一系列新的技术问题。这类技术开发的结果,同样会带来明显的经济效益。可见,无论是代替技术或极限技术都是进行技术开发的方向。

## 2. 技术结构

所谓技术结构,是企业不同类型技术之间的质的组合与量的比例关系。在生产过程中,每种类型的技术都不可能是孤立存在的,它们相互构成一个有机整体,这个有机整体,就是我们所称的技术结构。如果

能使各种类型的技术之间质的组合及量的比例关系匹配合理,各种不同的技术就能得到协调发展。否则,反而互相制约,阻碍发展。

工业企业技术结构的主要内容有:

①要素结构。要素结构,指的是构成技术的诸要素之间,以及要素内部各成分之间的质的差别与量的比例关系。构成技术的要素(技术要素),是指生产手段(设备、工具)、工艺、掌握一定科学知识技能的劳动者(科学技术人员、管理人员和技术工人)等。

②层次结构。层次结构,指的是不同水平的技术之间的比例,即先进技术、中间技术与初级技术之间的比例关系。先进技术,是指在一定条件下比较先进的、对生产发展起着主导作用的技术。一般说来,使用这种技术能够取得比较好的技术经济效果。初级技术,是指一定条件下比较原始的技术。使用这种技术的技术经济效果一般较差。中间技术,是指介于先进技术与初级技术之间的技术,它既不是最先进的,也不是最原始的技术,即所谓“介于镰刀与联合收割机”之间的技术。

先进技术、中间技术和初级技术相结合,反映了技术发展的一般规律和趋势。这首先是因为,企业生产技术水平提高,是一个逐步发展的过程,它总是由低级到高级,从不完善到逐步完善。其次,企业内部各部门、各生产单位的技术发展是不平衡的。再次,先进技术、中间技术和初级技术的使用,都有一定的条件、要求和约束。因此,在不同情况下,应采用不同水平的技术,以保证企业技术开发的顺利发展和技术的进步。

③相关结构。这是从技术系统内技术的相关性的角度来考察技术结构。相关结构,指的是主体技术、共有技术、相关技术之间的相互关系。所谓主体技术,一般是指构成某产业的骨干技术,多数是指加工产品的制造技术。例如,机器制造业中的冷加工技术——车、铣、刨、磨;热加工技术——铸、锻、铆、焊等。所谓共有技术,指的是对于某产业部门来说,这类技术是共有的,它通用性大、影响面广。例如,在机器制造业中的摩擦润滑技术、检测技术等等。所谓相关技术,一般是指与某行业产品生产发生相互依赖关系的左邻右舍的技术。例如,与航空技术有关的金属材料,尤其是镍、镁合金材料技术,仪器技术,自动控制技术,通讯技术等。没有相关技术的匹配,航空技术的开发与发展、进步是有困难的。

主体技术、共有技术和相关技术,在整个技术系统中各自占着应有的位置。对于国家、地区、部门领导机关来说,在制定技术发展规划时(包括科研体制的组建、科技人员的配备、科研经费的分配等),要正确处理它们之间的关系,才能保证各类技术的协调发展。对于企业来说,在技术开发时,要充分地注意到共有技术、相关技术的发展状况与水平。

①序列结构。这是在产品开发过程中,从技术的先后程序来考察技术的结构。序列结构,指的是产品的设计技术、测试技术、工艺技术、检验技术、操作运营技术、保养维修技术等等。设计技术、测试技术、工艺技术、检验技术是保证把产品生产出来所必需的;操作运营技术、保养维修技术是保证产品的正常使用不可缺少的;保养维修技术,同时又是技术服务的一个重要内容,是开发具有竞争力的产品所必需的。在新产品的开发过程中,必须全面地、妥善地安排这些技术的研究、开发,以便使高质量的新产品顺利地试制、生产出来,并做好对用户的技术服务工作。

合理的技术结构应当具有以下一些特点:

(1)能够充分发挥技术系统内各技术要素的积极作用并协调发展,从而发挥整个技术系统的最高效能。

(2)能够充分利用企业以及企业所在地区的有利条件,避免不利条件。

(3)能够充分利用企业以及企业所在地区的人力、物力、财力和自然资源。

(4)能够充分利用现有的物质技术基础,保证技术开发能够迅速发展,技术进步快,经济效益显著提高。

### 3. 技术配套

技术配套也叫技术成套,搞技术配套是为了保证企业开发出的新技术能发挥它预期的效能。这是说,任何技术项目,如果不成套,都不可能充分发挥作用。只有技术配套,企业的生产组织计划、物资供应和劳动组织调配,才有可靠的依据;也只有技术配套,企业才能最终形成预期的综合生产技术能力。技术配套正如机器配套那样,我们知道,机器一般是由动力装置、传动装置和工具机三个部分组成的,如果不是这样配套,机器就不可能运转工作。所以,在产品开发和技术开发时,强调技

术配套是必然的。技术配套的内容复杂,主要包括:

① **技术要素内部配套。**任何一个技术要素,它的内部都有配套的需要。仅设备配套就有:单机配套、机组配套和项目配套的要求。其中,单机配套是指,一部机器的各种随机工具和附件都要成套。这对于那种万能性设备来说,尤为重要。比如,万能磨床之所以具有万能性,正是靠它有齐全的随机附件、工具、部件来实现的;机组配套是要求一套机器的主机、辅机、专件、配件、器材、控制设备及其它一应设备都应该配套。例如,轧钢机、化工冶炼装置等,都要求机组配套;项目配套指新建或扩建项目中所需要的各种机械设备的成龙配套。包括工艺设备、动力设备、辅助设备的配套,任何一部分的配套都是不可缺少的。

技术要素内部的配套还应该包括工艺的和技术文件的配套等等。

② **技术要素之间的配套。**这是指各技术要素之间的配合、依赖关系。例如,机床产品中,主机与配套产品(电机、轴承、机床电器、电线)、配套零部件(液压件、标准件),以及非金属制品(胶木件、工程塑料件)等之间的配套。

③ **技术要素与其它项目之间的配套。**例如,技术改造与基建项目中,生产技术设施同非生产设施之间的配套等。

技术是一个大系统,在技术系统内部各技术要素之间,以及要素内部各部分之间是相互联系、相互制约的。因此,要注意它们之间的内在联系,包括前后、左右、直接、间接的配套关系,以便保证各技术要素之间、要素内部各部分之间的最优配合,以保证技术开发的顺利进行。

#### 4. 技术开发周期

技术开发周期,指的是一个开发项目从酝酿到投入市场为止所经历的时间。它包括最初的发明和发现阶段,以及研制、试验、技术设计、制造、市场分析、工业生产、试销等阶段。它是指商业化以前的所有研究、开发时间,是技术的前半生。技术革新周期,是衡量、评价一个企业或一个国家技术革新能力的重要标志。

随着科学技术的发展,以及企业之间竞争,技术开发周期呈现出日益缩短的趋势。例如,1928年发明尼龙到1939年完成商业产品,共花费了11年时间;而1954年发明聚丙烯到完成商业生产,不过3年时间。直升飞机是1909年发明的,到1932年才生产,中间经过了23年;而1955年发明的气垫船,到1960年就完成了商业生产,中间才经历5

年时间。

研究技术开发周期,是为了寻求缩短技术开发周期的措施和方法,加速科研成果的转化。

### ①平均技术开发周期

在其他技术经济指标都相同的情况下,企业技术开发周期的长短,会影响技术应用、推广的速度;同时会影响技术的先进性和经济效益。无论一个国家还是一个企业、一个部门都存在着技术开发能力强弱的问题。而衡量这种能力的大小,不可能以任意一项技术的开发周期为尺度,所以,一般是用平均技术开发周期的长短来衡量的。平均技术开发周期越短,当然技术开发的能力就越强;反之,平均技术开发周期长的,技术开发能力就低。随着科学技术的发展以及市场竞争机制的推动,平均技术开发周期普遍呈缩短趋势。例如,美国的IBM商用机器公司,开发计算机的周期已从3年缩短到8个月;世界上的各大汽车企业的新车开发周期也将由5年左右缩短至1年。

### ②科研周期和生产技术准备周期

在技术开发周期中,还可进一步划分为两个周期:一是科研周期(即科学研究阶段),它从选题、定题开始,一直到取得科研成果为止的全过程。二是生产技术准备周期(或叫工程技术准备周期),它是指科研成果投入批量生产以前所需的全部生产技术准备时间,包括设计工作、工艺准备、试制、鉴定等。在某些情况下,科研成果小试、中试的各种条件,与批量生产的条件完全一致。那么,两个周期中的某些工作是交叉、重叠的。因而,可以节省大量的生产技术准备工作,尤其是样机的设计、试制、鉴定等技术工作。在多数情况下,科研单位的成果主要是样机,以及样机的全套设计图纸。其中虽然也包括小试、中试、评议鉴定,但是它的工作重点在于检验样机。科研成果转移给生产企业以后,生产企业在批量生产以前的大量生产技术准备工作,则需要企业技术部门负责。要求科研单位做好批量生产以前的所有生产技术准备工作,例如,设计、制造全套工艺装备、制定全部工艺文件等,是不太可能的。因此,批量生产以前生产技术准备周期的大量工作,主要是在科研单位指导下,由接产企业负责完成。由上可见,技术革新周期中,科研周期的全部工作,应由科研单位负责完成,并力争确定接产单位。接产单位要了解科研成果的一系列技术要求,并依据科研成果的技术要求,开展生产技术准备工

作,以便使科研成果顺利地推广应用。技术革新周期中,生产技术准备周期的全部工作,主要由生产企业负责完成。科研单位应负责进行指导。

科研周期与生产技术准备周期之间的衔接,是科研成果转化为生产力的重要接合部。主管部门要深入、细致地处理成果转移过程中科研单位与生产企业之间的分工、协作关系。这是缩短技术革新周期的重要措施。

由于技术革新周期中包含科研周期与生产技术准备周期。因此,缩短技术革新周期的另一个主要措施必然是,采取一切技术组织措施,缩短科研周期和生产技术准备周期。

### ③ 技术寿命周期

技术寿命周期,从技术经济观点来考察,它指的是一项新技术从投入使用开始,直到因技术老化,或因使用费用、资源消耗不合理等原因而淘汰为止所经历的时间。这是技术的后半生。任何一项新技术,开始使用时可能不太完善,经过不断改进日趋成熟,经济效益不断提高,应用范围逐步扩大,从开始时的少数企业迅速扩大到全行业以至被移植到其它行业,普及到全社会。但是,发展到一定阶段,进一步改进的可能性逐步消失,又会出现另一种类型更为先进的技术来取而代之。就像产品需要不断地更新换代一样,技术也在不断地更新换代;就像产品有其一定的经济寿命一样,任何一种技术也有其特定的经济寿命。它经历着投入使用(投入期)、渐趋普及(成长期)、广泛应用(成熟期)、逐步淘汰(衰退期)的整个过程。

## 三、新产品开发

### □ 新产品开发的概念及类型

#### 1. 现代的产品定义

在研究企业的新产品开发时,必须先搞清楚产品的定义。现代管理学认为产品是代表顾客和潜在顾客能理解的并能满足他们需求的营销

人员的供应。这种供应是有形的和无形的利益,它们是为了满足市场的需求而设计的。所以,产品是指一种物质的实体、一种服务、一种意识(如价值观念),或者是三者的某种有机结合。总之,产品包括一切顾客乐于接受而又能满足其需求和欲望有关的属性。

现代产品定义,对搞好市场营销和新产品开发,都有着重要的意义。它体现了市场营销和以市场为中心的观点;把产品由一种物质实体扩展到了无形的各种劳务,产品既可以是一种物质实体,也可以是一种服务;对一个制造厂来说,产品所伴随的各种售前和售后服务,是产品组成中的一部分;产品是一个多属性组合,除产品实体本身外,还包括包装、品牌和公司信誉等。

### 2. 产品的三层次理论

为了清楚而又形象地说明产品的现代定义,北美一些学者提出了产品的三层次理论。他们认为,任何一种产品,从理论上都可以分为三个层次:产品核心层、产品有形层和产品延伸层。

产品的核心层代表着消费者在使用该产品的过程中和使用后可以获得的基本消费利益,即产品的功能和效用。它是消费者购买产品的本质所在。

产品的有形层是产品组成中消费者或用户可以直接观赏和感觉到的那一部分,它包括产品的外部 and 内在质量及其促销成分,即包装、质量、价格、商标、品名、色调和消费的设计风格以及工业品的布局特色等。产品有形层内各因素的综合作用,构成了产品核心的基础。

产品的延伸层是包括在供应产品时可以伴随提供的各种服务,如送货、维护、保证、安装、指导和资金融通以及企业和经销商的声誉。

综上所述,产品的三层次理论要求管理人员认识到:产品的市场地位、消费者对产品的印象是一种综合反映;产品三层次中的每一层,对企业的市场营销策略都有着不同的影响;改变产品组织中的任何一部分,甚至微小的变化,从概念上讲都可能在顾客心目中形成不同的产品。

### 3. 新产品

所谓新产品,就是指在原理、结构、性能、材质和用途等某一方面或几方面,与老产品有本质的不同或显著的差异。作为新产品,应具有新的原理、构思和设计;新的材料和零件;新的性能和特点;新的用途和市

场等等。

#### 4. 新产品分类

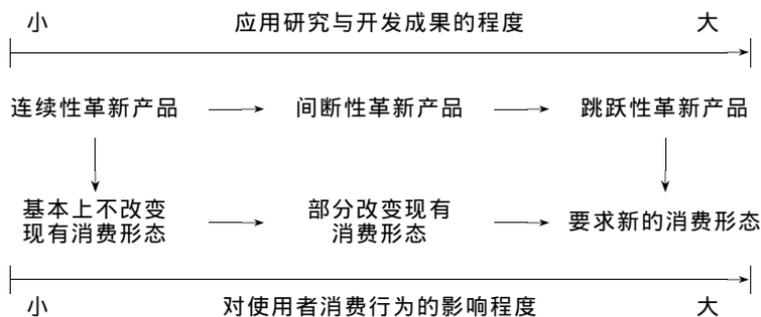
新产品可以从不同角度、运用不同的标准进行分类。这一节介绍从三种不同角度对新产品分类：消费者观点、企业的观点和政府的观点。这三个方面都应当认真对待，因为，企业确定和达到其新产品开发目标的能力、消费者对企业新产品的接受程度、所开发新产品与政府要求的吻合程度，这三项中的任何一项都可能导致一项新品种成功或失败。

##### ① 消费者观点

美国市场学学者托马斯·罗宾逊(Thomas Robertson)建议用消费者的消费行为模式的变化程度作为标准来划分新产品的新度，并以此进行新产品分类。这种分类法对新的解释是根据产品对消费者产生的效果，在多大程度上改变顾客的消费习惯。这就在新产品分类中体现市场营销观念。

罗宾逊认为从消费者的观点，新产品应分为三类。如表 9.1。

表 9.1 按消费行为变化的新产品分类



连续性革新产品。在产品组成中仅产生次要变化，对于已经形成的消费形态为特征的消费行为影响很小的新产品。例如，在北美市场上，小汽车的色调、式样每年都在变化，但它们不怎么影响用车者的消费行为。又如材料改进后的机械设备，品牌和成份部分改变了的美容化妆品等，均属这类新产品。

消费者在接受这类新产品时,基本上是沿用类似老产品时的消费行为,需要新学习的消费方式只占很少一部分。因此,开发这类新产品的企业无需进行大量的消费指导服务。对这类新产品促销的重点在于使顾客和潜在顾客了解所开发的新产品,了解给他们带去哪些新的消费利益。

间断性革新产品。在产品组成中产生了某些突变性的变化,包括产品功能和用途方面的重要变化的新产品。如电动雕刻刀、电刷、电梳和电子玩具等;工业品市场上的各类新式办公机械、专业程序控制机床等也属这一类新产品。这类新产品要求消费者在使用过程中部分地改变已经形成的消费行为和习惯。

开发间断性革新产品的企业,要认真研究新产品的性能究竟给消费者增加什么消费利益,应在新产品促销活动中增加指导消费的服务内容,使顾客和用户更快适应部分改变消费行为的要求。努力缩短顾客从试用到最后接受一项新产品的过程,加速该新产品在市场上的扩散。

跳跃性革新产品。在功能相近的同类产品中产生了实质性的变化的新产品。像电视机、计算机等。这类新产品的产生,一般都以某行业技术或若干行业综合技术的进步作为先导。由于技术发展过程中的重大突破,并把这些技术进步的成果应用在产品实体开发中才产生出跳跃性革新产品。因此它的使用一般都要求改变过去的使用习惯和消费方式,创立全新的消费行为。

开发这类新产品的企业,不仅需要雄厚的技术力量,而且需要较庞大的资金。在新产品上市期间,企业要提供广泛的消费指导和伴随服务。例如,IBM公司不仅向市场投入了IBM—PC型微机,产品质量上乘,而且同时提供了各种应用软件、安装调试、咨询和操作训练等指导性服务。

真正跳跃性革新的产品只占少数。因此,从消费者观点分类来研究新产品,企业必须十分重视对现有产品的改进;在管理新产品开发过程中,注重对消费行为的研究,以便恰当地拟定新产品的营销组合。

### ②企业的观点

凡是企业第一次生产经营的产品对本企业就是新产品。随着企业开发策略的变化,产品对于企业“新”的程度和范围都将随之改变。然而,只要是第一次生产经营的产品,企业总会在不同程度上面临技术和

管理两个方面的新问题,这些正是新产品开发工作必须着力解决的。如果把产品新的程度同企业的开发策略联系起来,要从应用新技术和开拓市场程度两个方面进行分析。佩西米尔(Pessemier)提出用八种不策略来划分新产品。如表 9.2。

表 9.2 企业观点的新产品分类

	原有技术	改进技术	新技术
原有市场		③重新设计产品 局部或部分改设计产品、降低成本、提高质量	⑥产品换代 用技术进步后的产品代替现有同功能产品
强化市场	①重新规划产品 使现有产品能更吸引目前的顾客	④改进产品 改进技术使现有产品增加效用而更适应现有顾客需要	⑦产品线延伸 采用新技术,向现有顾客提供更广泛的多种产品项目
新市场	②增加新使用者 增加现有产品的细分市场、增加新顾客	⑤市场扩展 改进现有产品增加新的细分市场	⑧产品多样化 向新顾客提供体现新技术的新产品

由上表可知,除第一方格不应列为新产品的开发策略外,其余八种都可成为新产品的策略。它们的形成是因为把应用新技术的程度和开拓市场的新度分别分成三个等级。我们用一家电视厂总装厂开发新产品的情形来说明以上八种策略。

首先,该电视机厂可以在不改变现有目标市场的前提下,采用较新技术。如用集成电路代替现有的散件组合技术(策略③),也可以用生产和总装彩色电视机代替原来的黑白电视机(策略⑥),这是企业改变其产品适用技术的结果。

其次,该企业也可以在不改变现有产品技术新度的情况下,改善其市场地位。如改变电视机造型、变更屏幕尺寸或加强零售业务管理、提高产品伴随服务的质量(策略①),增加携带式电视机使产品进入旅游市场、设计为农民喜爱的款式和色调而进入农村市场(策略④)。

第三,如图中④、⑤、⑦和⑧四种策略,则属于市场新度和技术新度都发生变化而形成更为复杂的情形下进行的。如该厂可以为其每一类产品增加遥控操作板、增加电视机的新制式、增加生产录放设备及其它家用电器产品等分别形成最后这四种新产品。

### ③政府的观点

宏观控制的目的通常是根据经济和社会要求,如维持希望的产业结构,充分利用本国或本地区资源,促进某种新技术的发展和运用等,有时也属于某种直接的政治目的。拟定这类指导性意见和制定有关法规的组织主要是政府有关部门,也有时来自行业联合机构和产业协会。宏观控制的内容涉及面可能非常之宽,首先是对新产品的“认定”,其次是对某些新产品的生产许可权的管理级别和管理程度;以及相应的控制手段,如法令性行政干预、利用经济手段等。各国的具体规定和措施可能大相径庭。

以美国为例,首先对新产品的有效期有严格规定,即一项产品只能在一定有限期间内被承认为新产品。其次是规定了政府认定新产品的条件,即从宏观控制的角度所给予新产品的定义。按照美国联邦政府贸易委员会(FTC)的规定,新产品的期限是六个月。FTC是联邦政府监督反托拉斯法执行的代理机构。FTC认为:一项新产品必须是全新的、或者在功能方面有显著变化和替代性变化的产品。当然,对于以生产导向的企业领导来说,六个月的有效期限确实很短暂,可是这项政策对促进许多产品的更新换代是有很重要作用的,特别是对于那些生命周期较短的产品。

加拿大政府对新产品的有效期规定为一年,其它同美国政府的规定大体相同。同时,加拿大政府对广告和商标法还规定,除非企业有具有说服力的产品特性证据并经有关部门验定,是不能在广告宣传中使用“新”字。

此外,在经济手段方面各国政府都常常利用资金补贴、减免税金、优惠提供贷款等方式来鼓励企业从事政府和社会所希望的产品和产业领域的开发工作。这些都是正在考虑和进行新产品开发的企业应当认真重视的外部不可控因素之一。

综上所述可以看出,当我们新产品类型时,不得不又涉及到“什么是新产品”的问题。事实上,经营型企业应当理解从三种不同观点、即消费者

和企业自身以及从宏观控制的观点,去定义新产品。以消费者观点的新产品定义,有助于正在寻求新产品市场机会的企业开扩思路选定本企业的新产品开发方向;从本企业角度的新产品定义,提醒企业结合自己所具有的生产技术和市场营销优势和劣势去权衡已经发现的市场机会并认真研究开发过程中由于技术或(和)市场新度所带来的困难和障碍。如果不能有效地越过这种障碍,开发工作就无法取得成功。从宏观控制所指出的新产品定义,促使企业的新产品开发与总体社会经济效益结合起来,至少企业必须把有关规定视为一种对新产品开发有重大影响的不可控因素,使自己的市场营销组合很好地去适应它。

### □ 新产品开发对企业的意义

#### 1. 革新——企业的根本任务

企业有关新产品的决策是总体经营战略和市场营销决策的重要组成部分。新产品开发是企业生存和发展的重要支柱,它对企业将来的经营状况和前景有重大的影响。

促进企业的成长。促进企业的成长是开发新产品最根本的意义所在。据美国《研究与管理》杂志 1980 年统计,大多数公司销售额和利润的 30~40%来自 5 年前还不属于本企业产品范围的那些产品,新产品已经在企业成长方面起了重要作用。从投资的角度看,成长即意味着成功。所以,多数企业都力图向市场投入更多的新产品,扩大本企业的市场份额。某类产品市场占有率的提高使企业获得更高的利润率和资金周转率成为可能;反过来,仅靠现有产品去提高这些衡量企业成长的比率,是很困难的,企业要负担更为繁重的市场营销费用。据统计,凡是经营得好的企业大多数都有能向市场推出更多新产品的能力。

对竞争做出反应。开发新产品可以维护企业的竞争地位。由于最先向市场投放某项新产品的企业总是少数一两家,其它企业特别是同行企业往往要对此做出反应。这种反应如扩大同类产品系列或品种、模仿或改进竞争者已经上市的产品、推出本企业的类似新产品等。反过来,前者又会对自己的新产品实行改进。总之,竞争双方都力图通过新产品开发去取得对某一特定市场的主导或支配地位。加拿大啤酒市场就是一个典型的例子,当米勒公司推出了 LITE 啤酒获得成功后,几乎所有的啤酒公司都相继投入了自己的类似新产品,参加市场竞争。在几

个月之内类似 LITE 的新产品有 40 多个。

利用剩余的生产能力。开发适当的新产品可以使企业现有过剩的生产能力得到利用,同时实现更为均衡的生产。在固定成本不变的情况下,这样开发的新产品可能使总成本降低,提高企业资源利用率。

促进其它产品的销售。当一种新产品成功地进入市场后,随着该新产品销量的增加,本企业其它相关产品的销量也随之增加。这也是开发新产品的一个重要原因,特别是在工业品市场上。例如,美国的一家计算机公司——霍尼威(Honeywell)公司在前几年开发了小型机系统,随着小型机系统销量上升,使它的传统产品大型机系统也扩大了销量。工业品用户需求的变化,比如设备更新、工艺换代,往往有向同一供货商或制造厂购进更高档产品的趋势,以便发挥他们已熟悉该产品技术的优势。因此,开发好新产品可以改善现有产品的市场地位。

对环境变化的反应。当消费者需求发生变化或者环境条件改变,预示着企业的现有产品已出现衰退可能时,企业必须寻找可代替的产品,这往往是开发新产品最直接的原因。以北美为例,城市居民对酒类的偏好,改变了过去饮烈性酒的习惯,因而大量品类繁多的低度软饮料新产品应运而生;在工业品市场上,由于能源短缺和人们对环境污染所表示的更加关注,迫使不少厂家去开发某种能效高、污染小的新机械和设备,以适应环境变化的需要。

加速新技术、新材料和新工艺的应用。开发新产品为新技术、新材料和新工艺的应用提供了途径。这“三新”的应用是新产品开发的重要基础。应用新材料、新技术或新工艺而开发的新产品不但成本低,有较高的使用价值,而且往往可以“创造”出消费者对该类产品的 new 需求。因此,这类新产品不但有较强的竞争能力、而且有更旺盛的生命力。近年来,世界服装行业大量采用各种新面料,如各种尼龙合成衣料;日用工业品和家用电器也一反过去的传统制造工艺,纷纷使用塑料、尼龙等新材料和表层喷镀新技术。应用“三新”以开发新产品已经成为各行业营销策略中的一个十分引人注目的新趋势。

激发企业管理和技术人员的革新精神和创造力。要搞好新产品开发必须依靠企业管理人员、工程技术人员和工人的革新精神和创造力,而只有在进行新产品开发的过程中才能有效地激励这种革新精神,培养更高的创造力,提高企业全体人员的素质。事实上,古今中外凡

有所作为的企业家和工程技术专家都是富于创新、探索和开拓的勇士。一旦企业高层管理者把这种创新精神注入本企业的管理体系时,其市场营销和新产品开发就如一部得到新能源的机器,会加速地运转。正如美国著名管理学家杜拉克指出的:“经营型企业有且只有两个根本任务:一是革新;二是市场营销。”

### 2. 米拉克伦公司——产品不能停留在一个样子上

这是总部设在辛辛那提市的美国最大的一家机床公司——米拉克伦(MILACRON)公司总裁讲的。他说:“作为公司总裁,从组织生产方便考虑,我希望一切永远不变,所有产品都规格化,照老样子长期生产下去,这样可以省掉许多麻烦。但是,用户是我们公司得以生存的主宰。按用户的需要造机床,让用户满意是我们生意兴隆的根本。用户的要求千差万别,用途多种多样,因此我的产品也不能停留在一个样子上。”怎样才能做到这一点呢?他说:“必须不断地改进自己的产品。一台机床有好多零部件,好多数据。按照用户提出的要求,可供改革的地方很多,从一个基型开始,这样加一点,那样去一点,就变了。从零部件变逐步达到结构变和品种系列变。像人类的进化,孩子变必然引起家族变一样。”

这个建于一八八四年,开始只生产螺钉、丝锥、板牙的工具公司,目前生产有五百多个机床品种,销往九十多个国家。其中为波音、道格拉斯等航空公司制造的加工飞机机身、骨架、叶片的机床,采用小计算机控制,有六万四千个单元,精度达到千分之一英寸。加工大型零件的九十米三轴机床,每台售价为二百万美元。生产单件产品用的最大的加工中心,配有二十五马力的动力头,九十把刀具,两个工作台,装有可编程序控制器。还有,由电子控制的卧式铣床,可记忆第一次作业程序和各道工序的转数、尺寸,以此加工同一产品,可以不再用人看管。

公司新产品的发展速度越来越快,老产品更新周期越来越短。近几年,每年更新的产品五十多种,十年左右就可以把全部机床产品更新一遍。

新型机床的发展与电子计算机结合是机床制造历史上的一次革命性变化。目前,公司出售的机床产品中,用计算机控制或程序控制的已超过一半。传统的铣床、磨床、拉床、车床都装上了可编程序控制器。每台机床的成本构成大体是三个三分之一,即电子控制设备占三分之一,外购件占三分之一,自己加工的机械配件占三分之一。一件产品在过去

的旧式机床上加工,用过去的旧式管理方法,在花费的总工时中,只有百分之五是属于机械加工时间,百分之九十五是由于管理落后造成的待加工时间。而在百分之五的加工时间里,由于加工前的准备工作需要停机来做,实际只有百分之三十的时间在切削。采用计算机控制后,自动传递部件、自动换刀,切削时间达到百分之七十。属于管理落后占用的百分之九十五时间,随着电子计算机的应用,也大大缩短。生产一件产品有加工、测试、周转、待加工等四个不同的时间,过去的管理方法是由人来进行现场调度,检查原因、发布命令,往往造成过时,遗漏;现在用计算机收集数据,进行分析,下达指令,作到及时、准确,使整个工厂的劳动生产率和产品质量出现了飞跃。

公司保证产品更新速度的主要手段是:巨额的研究发展投资、雄厚的技术力量、完备的试验手段和科学的管理方法。公司设有产品研究发展部,由副总裁直接领导。在这个拥有一万四千人的公司中,有八分之一的人员——即一千七百八十人从事产品的研究发展工作。每年投入产品研究与发展的费用占公司销售总额的百分之三。公司订有长远发展规划。重点产品的研制,早下手,早做准备。例如,他们花本钱最大,赖以起家,在市场上一直保持领先地位的磨床,早在二十年前就投入了巨大的人力、财力。目前已大批投入市场的数控磨床,可以同时加工九种零件,事先将尺寸存入计算机,全部生产过程都是自动控制,磨削线速度达到每秒八十米,精度达到零点二微米。与此同时,公司中心实验室里已经有准备在三、五年后投放市场的新产品做长期试运转。

公司设有新产品发展委员会,总经理任主席,成员包括各部门的经理。委员会定期开会研究发展新产品的方针和各种方案,衡量各项投资所带来的收益,其中包括估计新产品能占领多大市场,能卖到多高价格,能获得多少盈利。凡是决定投资发展的重大新产品,市场不能小于百分之三十,利润率不能低于百分之三十。

为产品发展委员会提供各种可供选择方案的,有公司各部门,如销售部、计划部、研究发展部。而市场调查是中心环节。既要了解现有产品还有无销路,又要了解市场提出的新的需求。要作出正确的估价,写出新产品推荐书,其中包括成本、销售量、价格和利润的估算。

为了适合用户需要,产品的初步设计由销售业务部门的工程师担任,而不是由工程发展部门的工程师担任。公司百分之八十至九十的新

产品是属于部分改进现有产品,各制造厂都设有产品发展部。这种小改小革,制造厂自己就解决了,不需要找公司的研究发展中心。美国流行着的“NIH”(No Invention Here)一词,意思是“这里没有新发明”,指的就是对现有产品作部分的小改进。凡是新发展的产品,要提前在公司的研究中心进行具体设计,制出样机,在中央实验室作长期运转试验。技术上过关以后,再交生产部进行小批量生产。选择好适当时机,才投放市场。投入市场以后,也还要不断改进,以提高产品的信誉。

新产品上市,公司要训练操作人员为顾客作示范表演。销售部印制大量产品样本,向顾客介绍产品性能、使用方法和售价。产品销售后,公司要派工程师登门指导安装,教会使用并负责供应备品配件,了解需要改进的问题。

公司对工程技术人员实行岗位轮换制。在各自部门供职的产品设计工程师、生产工程师、销售工程师,定期轮换。在经过各个岗位的锻炼之后,全面了解到产品发展中的问题,使产品不断改进。

搞一个全新的机床,一般需要三到四年的时间,其中市场调查要花四个月,产品设计要花十四个月,制造样机要花十二个月,样机试验要花六个月,发到用户安装使用要九个月。各个阶段的工作,在时间上是有交叉的。

机床的改进,包含两方面的内容,即从部分的小改进发展到研制出全新产品,也可以说是“从孩子变到家族变”这样一个发展过程的循环。

### □ 新产品开发的风险

#### 1. 新产品开发具有广泛的风险性

新产品开发的失败率。新产品开发的失败率,不同的资料有不同的说明,而且其数值变化范围还很大,失败率大体在 10—90% 之间。比如,1983 年美国全国工业会议发布的统计资料指出,大约 30% 已投入市场的新产品未取得成功。布诺尔(Buzzell)和罗斯(Nourse)在美国哈佛工商评论(67 年第 10 期)上发表了《食品工业产品革新》这篇具有广泛影响的论文,其中报导说,22% 的新产品在试销后便停止了开发,在投入市场的新产品中又有 17% 被迅速撤出。雷诺(Lazo)在对整个工业品市场营销进行分析时,认为工业新产品的失败率高达 80—90%。表 9.3 是七个最有代表性的新产品失败率的研究资料结果,它是克雷尔

对 31 份这样的资料经过分析,将引证最多的七份加以列表而成,并编入了 1983 年新版《新产品管理》一书中。

表 9.3 新产品失败率的统计

著者或咨询公司名	失败率%	失败率%
布兹、阿隆和哈密尔顿	37%	(消费品)
布兹、阿隆和哈密尔顿	38%	(工业品)
巴诺尔和罗斯	27%	(食品)
库奇雷思	30%	(综合)
格拉享	41%	(综合)
格雷弗/尼尔申	42%	(食品)
雷布金斯和贝尼	40%	(消费)
雷布金斯和贝尼	20%	(工业)
曼斯菲尔德	26%	(工业)

这些统计资料说明,工业新产品开发约有 25%不成功,而消费新产品约 30—35%未达到开发者所拟定的开发目标。

新产品开发的成功率,也有人作过统计。从产品最初设想的提出,到最终成为产品上市并能占领市场成为受欢迎的产品,一般说来,成功率大约只有 10%,即使擅长新产品开发的一些美国公司,新产品开发的成功率也只有 30%左右。美国一家咨询公司的报告也表明,企业新产品开发的风险存在于新产品开发过程的每一个环节。一般企业只有 1/4 的新产品设想能通过可行性分析这一关,其中又只有 1/2 被经济评估证明是有价值的。经过经济评估后的设想,又只有 1/3 能通过开发阶段而进入试验阶段,其中又只有 1/2 可以进入商品化阶段。经过试销,大约又只有 3/4 是成功的。这些概率汇总起来便可得知,能成功的新产品只占最初设想的 1/64。美国工业研究刊物的统计数字也给出了大致相同的结果:每 60 个设想中只有一个能落实到生产中并得到收益。

综上新产品开发的失败率和成功率可以看出,并非失败之余就是成功,在失败与成功之间还有许多中间状态。不过,有一点是十分肯定的,新产品的开发是具有广泛的风险性的。

### 2. 新产品开发风险性产生的原因

美国全国工业会议对新产品开发失败的原因进行过分类,结果如下:

- |                  |     |
|------------------|-----|
| ①市场分析不当          | 32% |
| ②产品本身不好          | 23% |
| ③成本超过预期值         | 14% |
| ④投放时机不当          | 10% |
| ⑤竞争的阻碍           | 8%  |
| ⑥销售力量、分销与促销组织得不好 | 13% |

其中,①④⑤⑥四项可归结为市场营销方面的原因,占63%。前面曾提到过的布诺尔和罗斯在他们的研究中也得出类似的结论,指出在进入市场以前而遭受失败的新产品约有80%左右出自市场营销方面的错误,由于生产和技术原因造成的失误占很小的比重。

上述情况说明,新产品开发不是一项纯属企业工程技术范畴的问题,而且,随着市场上新产品竞争的加剧,新产品开发是否成功在很大程度上依赖于企业能否自觉和有效地运用市场营销概念和技巧。

另一位美国专家、十位最著名的市场学学者之一的卡特勒(Philip·Kotler)曾从企业管理职能运用的角度,对新产品失败的原因进行过研究。他认为导致新产品开发失败的原因有八项:

- ①高层管理者自己欣赏的设想便不顾一切地投入力量进行开发;
- ②不善于对新产品开发过程进行组织和实施有机的管理;
- ③没有对新产品市场的规模进行认真的调研和预测;
- ④缺乏完备有效的产品计划(如产品定位不当,市场细分差、开发预算不足、新产品定价过高等);
- ⑤新产品与同类现有产品差异小,而产品本身所包含的消费利益不大;
- ⑥设计未达到开发目标的要求;
- ⑦新产品制造成本过高;
- ⑧对新产品市场竞争的激烈程度估计不足。

这八项内容涉及到与新产品开发有关的企业经营管理的各个方面,值得引起我们注意的是卡特勒把高层管理者按个人意愿办事而造成开发新产品的失败作为第一条原因。因此,高层管理者的介入和决策作用对于新产品开发的成败至关重要。

新产品开发风险的存在还由于有些创新类型本身就包含有风险性。这是指以知识为基础的创新和以新颖主意为基础的创新。

以知识为基础的创新过程,一般是先有一段很长的超前期,然后是一段突然发展期,随后是一场“淘汰赛”。在第一阶段中,人们往往预感到将会出现某种创新,而真正的创新又不可能立即出现。这样,人们往往会看到一点苗头就迫不及待地投入研究工作。由于缺乏其它知识,条件不成熟,这样的超前行动往往会失败。比如1856年,西门子利用法拉第创立的理论设计了第一个电机,从那以后,人们相信会出现一个“电气工业”。许多科学家发明家竞相投入工作。20多年过去了,所有的努力都失败了。1873年,麦克斯韦理论问世后,这方面的创新便进入了突然发展期,5年后的1878年,爱迪生发明了灯泡,从此开始了淘汰赛,全世界上百家公司参与竞争,到1895~1900年间,这些公司大多数都已破产消失,最后只剩下10几家。

以新颖主意为基础的创新,其风险性比以知识为基础的创新还要大。据统计,在100项这种创新专利中,充其量只有一项能赚回开发成本和专利费用;每500项中约有一项,不仅能捞回成本,还可进而赚钱的。造成这种高失败率的原因在于,作为创新根据的那些新颖主意,多是又模糊又难以捉摸的,它究竟可以满足什么需要,看起来并不直接了当。有时即使确定了需要,也常常不能详细说明解决的办法。比如遇到交通阻塞时,坐小轿车的人很需要消遣一下。这里需要是很明确的,如何满足这种需要?曾提出两种产品创新方案,一种是1965年前后由索尼公司提出的,他们为此推出了汽车用小型电视机,并满以为会成功,结果意外地失败了。另一种是轿车立体声系统的设想,它比汽车用小型电视机的价格昂贵得多,却出人意料地获得了成功,所以要想确定满足需要的解决办法是很不容易的。

### 2. 风险分析和管理

标准差公式的运用。新产品开发时风险性的存在,要求新产品开发者能对风险大小做出适当估计。估计方法是计算“标准差”R,所用公式

为：

$$R = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_j - V)^2 P_j}$$

式中：

V 为期望值；

$V_j$  为连续自然状态下的损益值；

$P_j$  为连续自然状况下的发生概率。

如果现有 A、B 两种创新产品，假定它们在市场上销售有三种自然状态（实际上其间还应有无数的过渡状态），每种状态下的损益值和概率如表 9.4 所示。根据上述公式，可分别计算出 A、B 两种创新产品的“标准差”如下：

表 9.4

损益值 创新产品	自然状态 概率	滞销	正常	畅销	期望值
			0.2	0.6	0.2
A 创新产品		40 万元	50 万元	60 万元	50 万元
B 创新产品		0 万元	50 万元	100 万元	50 万元

A 创新产品：

$$\begin{aligned} R_A &= \sqrt{(40-50)^2 \times 0.2 + (50-50)^2 \times 0.6 + (60-50)^2 \times 0.2} \\ &= \sqrt{100 \times 0.2 + 0 + 100 \times 0.2} = \sqrt{40} = 6.32 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_B &= \sqrt{(0-50)^2 \times 0.2 + (50-50)^2 \times 0.6 + (100-50)^2 \times 0.2} \\ &= \sqrt{2500 \times 0.2 + 0 + 2500 \times 0.2} = \sqrt{1000} = 31.62 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

由于 B 产品的标准差远大于 A 产品的标准差，所以 B 产品的开发风险也远大于 A 产品的开发风险。

不利影响的可能因素分析和对策制定。为了尽量减少新产品开发时的风险，在新产品开发计划实施之前，可制定抗风险计划，其内容包括对新产品开发会产生不利影响的可能因素分析和对策制定这两项工作。可能因素分析主要从以下几方面考虑：

- ①经济是否有可能发生不景气；
- ②是否有可能制定新的立法或新的防止公害的规定；
- ③竞争对手有没有可能推出新产品；
- ④产品是否有可能存在重大缺陷。

第①点主要影响产品销路；第②点影响产品需求量或涉及到追加设备投资问题；第③点影响的是产品的售价和销量；第④点涉及到用户对产品是否信任的问题。

有了上述不利影响的可能因素分析，接着就可提出相应对策。比如，当遇到竞争对手推出新产品时，就要考虑到能否改进产品的性能、能否打开新的销路、能否实现薄利多销、能否降低成本等多种可能性，以使自己的新产品能在竞争中保持优势。

抗风险对策的实施，只能相对减少风险损失，并不能完全根除风险的存在。比如 IBM 公司曾计划开发一种“未来系统的电子计算机”历时数年，集中了许多专家，花费 5 亿美元，但中途发现，该新产品开发成功的前景渺茫。他们及时实施了抗风险对策，终止该计划，并将局部成果应用到其它新产品开发上去。可这一计划的风险损失仍是巨大的，其中包括心理上产生的积淀。

对新产品开发的风险性，还要求开发者有三点清醒认识：

①新产品开发中风险虽然存在，但相对说来是比较少的。许多的历史记录都可以证明这一点。

②新产品开发者并非是“乐于冒险者”，而是在实际中力求弄清楚他们不得不冒的风险、并尽可能将它们减少到最低限度的人。许多事实证明，开发者成功的程度取决于他们对风险的认识和限制。

③企业只有迎着风险上才能获得最大的成功。这是因为现代技术的发展日益科学化，以知识为基础的技术创新的比例越来越大，几乎已很难找到一种不冒风险而又能获得发展的产品了。为了迎着风险上，许多企业把大学和产业、科研和生产、技术和市场、创业与风险结合到一块，成了名副其实的创业公司。他们大都以独创技术为资本。独立地开拓新市场，全力以赴地开发全新产品，他们的成功表明，创新能力将日益成为企业成败的关键，企业要想生存、发展、也只有冒风险，全力开发创新产品。

### 3. 埃德塞尔汽车——福特公司的败笔

埃德塞尔汽车的诞生。早在 1957 年 9 月,埃德塞尔汽车——福特汽车公司打入中等价格市场的唯一项目,就作为 1958 年的新型汽车公开亮相了。这使那些按照传统在 10 月和 11 月推出下年度新型汽车的竞争者大吃一惊。福特汽车公司委员会主席欧内斯特·布里奇为埃德塞尔分部摊派的 1958 年的生产任务占该公司全部汽车市场的 3.3—3.5%,大约 20 万辆(当时的年产量为 600 万辆)。然而公司董事们仍然认为这是非常保守的策略,期望胆子更大一些。埃德塞尔汽车的准备、计划和研究工作长达 10 年之久,看来福特汽车公司一定要生产这种汽车了。在引进该车之前和引进过程之中,做广告和推销工作就耗费了公司大约 5000 万美元。到 1957 年夏末,这种冒险似乎已稳操胜券。公司计划直到第三年才收回 2.5 亿美元的开发费用,但估计这种汽车在 1958 年就会在业务上有利可图。

制造埃德塞尔汽车的理论根据似乎是无懈可击的。因为数年以来,汽车市场上日益增长着一股偏好中档汽车的倾向。像庞蒂亚克、奥尔兹莫比勒、别克、道奇、迪索托和默库里这样的中档汽车,到 50 年代中期,已占全部汽车销售量的 1/3,而从前它们只占 1/5。

市场预测表明,汽车市场的重心已从低档向中档转移,且 60 年代期间对高档汽车的需求会持续增长。同时自由支配的个人收入(以 1956 年的美元表示)已从 1939 年的 1380 亿美元增长到 1956 年的 2870 亿美元,并预计到 1965 年可达 4000 亿美元。而且,尤为重要的是,这些个人收入中用于购买汽车的百分比已从 1939 年的 3.5%左右,增长到 50 年代中期的 5.5%或 6.0%。显然,经济气候对埃德塞尔这样的中档汽车也是有利的。

福特汽车公司恰恰在所有经济预测都表明具有最大机会的这个部门是最薄弱的。通用汽车公司有 3 种中档汽车,即庞蒂亚克、奥尔兹莫比勒和别克牌车;克莱斯勒公司有道奇和迪索托牌汽车吸引这个市场;而福特只有默库里牌汽车与其竞争,并且该车只占公司汽车生产量的 20%。

研究表明,在购买新车的顾客中,每年有 1/5 的人不再购买低档汽车,而买价格更高的中档汽车。

因此,埃德塞尔汽车的引进看来即使不是期待已久的,也是必不可少的了。

关于埃德塞尔汽车的市场调查工作,持续了将近 10 年之久。有些调查研究专门针对车主的好恶问题,另一些调查研究则专门解决市场和销售问题。早期的调查研究表明,各种牌号的汽车在一般消费者看来都有自己确定的个性特征。消费者在购买新车时,优先考虑的是符合他的或她的个性。因此,为汽车寻找最好的个性和最佳牌号这种“意象”研究,是极为重要的。所要寻找的个性,应是最大多数的人想购买的个性。福特汽车公司的研究者认为,他们拥有制造中档汽车的极大优势,这是因为他们不必非得改变现有汽车的个性不可;而且他们能重新制造出他们想制造的任何汽车。

埃德塞尔汽车并未做成小巧玲珑的轿车,它车体庞大;它的两个最大的系列产品“科赛”牌和“西塔森”牌汽车比最大的奥尔兹莫比勒车还长两英寸。它的马力很大,是人类制造的最大马力汽车之一,其引擎高达 345 马力。他们认为,这种大马力可能产生的高级性能是预先为该车设想的像运动员一样强壮而年轻的形象中至关重要的因素。

1957 年 7 月 22 日,公司开始做推销广告。《生活》杂志以横贯两页的版面刊登了醒目的广告。画面是:一辆轿车在乡间公路上飞速疾驶,由于速度太快,车子看上去竟然有点儿模糊不清了;文字说明写道:“最近,你将会看到有些神奇的轿车在公路上奔驰。”接着说明,这种速度极快的轿车就是埃德塞尔汽车。在埃德塞尔汽车公开亮相之前的其他“预先”性广告则仅仅展示遮盖着的该车的照片。直到 8 月末,该车的实际照片才公之于世。

公司拨给该车引进阶段的资金约为 5000 万美元。推销工作使用了传统的汽车广告媒介。报纸广告费占用总费用的 40%;杂志广告费耗费 20%(商业出版物作为吸收新推销员运动的一部分于 4 月 29 日开始在《汽车新闻》杂志上彩色胶印出版);电视和无线电广告费占 20%;户外张贴广告费占预算的 10%,剩下的 10%用于其他各种宣传媒介。

### 2. 快速夭折

该车于 1957 年 9 月 4 日公开出售,1200 名埃德塞尔汽车经销售人迫不及待地开门营业。

在大多数经销处,顾客潮水般地蜂拥而至。他们出于好奇,都想目睹该车究竟有哪些独特别致的优点。开业第一天,签订的订货单已达 6500 多份,这使公司的负责人们感到心满意足。但是,这当中也蕴藏着

不妙的迹象。有一位经销人在一个展室里展销埃德塞尔汽车，在附近另一展室里展销比克牌汽车，他报告说，一些很可能成为买主的客人走进埃德塞尔汽车展销厅，仔细察看了埃德塞尔之后，居然当场拍板成交，订购的却是比克牌汽车。

随后几天里，销售量猛跌。10月份的前10天，只售出2757辆，平均每天才销售300多辆。而为了完成每年销售20万辆的最低计划，每天应该销售600—700辆。

整个1958年，售出的和在汽车局注册的埃德塞尔汽车仅有34481辆，还不及销售计划的1/5。1958年11月，由于推出第二代的新型埃德塞尔汽车，形势略有好转。第二代的这种埃德塞尔比上代的车身较短，颜色明快，马力较小，售价也降低到只有500—800美元。

最后，埃德塞尔分部终于与其他分部合并，组成林肯—默库里—埃德塞尔分部。1959年10月中旬，公司推出第三代埃德塞尔，也未引起消费者的兴趣。1959年11月19日，该车终于停产了。埃德塞尔牌汽车至此寿终正寝。

1957年至1960年间，生产埃德塞尔汽车的人员和设备陆续转用于公司的其他分部，这样，弥补了1.5亿美元的投资，然而仍留下永远无法弥补的1亿多美元的最初投资和大约1亿美元的营业损失。

失败的教训。一篇讨论埃德塞尔汽车失误原因的文章说：“除真正的失误和所谓的失误以外，埃德塞尔汽车还遇上了难以预料的厄运。它被推出之时正是1958年价格开始暴跌的时期。在1958年，哪一种汽车的销售情况也不太佳，埃德塞尔汽车更甚。”

旧金山的一位经销人员这样总结说：“中等价格市场在正常情况下极为兴旺，但是在萧条时期，当我们勒紧裤带过日子时，它也是首当其冲的受害者……当他们最初构想埃德塞尔汽车时，中档汽车还有很大市场，但是到这个婴儿呱呱坠地之时，这个市场早已经作鸟兽散。”

在埃德塞尔汽车进入市场的这一年，小型进口车的销售量翻了一番还多。这种消费偏好的变化，并不仅仅是由1958年的价格暴跌引起的，其实，即使经济状况有所改善，这种变化也不会向相反方向发展。

小型外国轿车的销售量在随后几年间一直畅销，这反映了大型汽车在人们心目中普遍失宠，人们渴望得到经济实惠朴素大方的小型交通工具。

埃德塞尔汽车的失败不能归咎于缺乏市场调查研究。实际上，公司为此曾投入了大量经费。然而这些努力具有三方面的缺陷。

首先，旨在为这种新车建立一种令人向往的形象的动机研究工作，并不全是有益的。尽管这种研究对于确定消费者如何看待切夫罗尔特、福特、默库里以及其他各种牌号的汽车是有价值的，并且对于引导负责埃德塞尔汽车的董事们为其新车选择特殊的形象有些参考价值，但是实际上人们向往的这种形象并不一定能够变成产品的实际特性。譬如，尽管那些雄心勃勃的年轻企业家和专家似乎可以成为埃德塞尔汽车潜在的消费者，然而，只通过加大马力和安装高级操纵设备就能赢得他们的喜爱吗？难道其他特性就不能对这些消费者产生更大的吸引力吗？（这些消费者中许多人的兴趣，大约在这个时期已转向欧洲小型汽车，而对这种“马力竞赛”和镀铬庞然大物不再感兴趣。）

其次，大多数市场调查工作是在推出埃德塞尔汽车的1957年之前好几年间进行的。那时，对中档汽车的需求虽然强烈，但是，据此而假定这种强烈需求将会固定不变，则是不明智的。消费偏好的剧烈变动还是个尚未探明的谜——这本应引起注意。对进口汽车日益增长的需求，更应进一步做调查研究，甚至应该根据市场变化的情况重新审查各种计划。

市场调查方面应受指责的最后一个方面，是“埃德塞尔”这个车名本身。这里，主要责任不应归咎于市场调查，它从来没有首先荐举这个车名；主要责任应归之于福特公司的管理部门，是它们无视市场调查结论而不顾一切地敲定这个车名的。

### □ 新产品开发的主要方式

企业研制开发新产品，一般有自行研制、技术引进、自行研制与技术引进相结合三种方式：

自行研制，是一种独创性的研制。它根据国内外市场情况和用户的使用要求，或者针对现有产品存在的问题，从根本上探讨产品的原理与结构，开展有关新技术、新材料等方面的研究。在此基础上研制出具有本企业特色的新产品，特别是研制更新换代型新产品或全新新产品。

企业自行独立研制新产品，要求具备较强的科研能力、雄厚的技术力量。凡是具备科研开发条件的企业，都应当组织独立研制，以便充分

发挥企业的现有科学技术能力,促进科学技术的发展。

技术引进,是指企业发展某种主要产品时,在国际市场上已有成熟的制造技术可供借鉴,为了争取时间,迅速掌握这种产品的制造技术,尽快地把产品制造出来以填补国内空白,而向国外生产这种产品的企业引进制造技术、复制图纸和技术文件的一种方式。这种方式有以下优点:

1. 可以节省企业的科研经费和技术力量,把企业研制新产品的人力、物力集中起来研制其它新产品,迅速增加产品品种;
2. 可以赢得时间尽快缩短竞争企业之间的技术差距;
3. 可以把引进的先进技术作为发展产品的新起点,加速企业的技术发展,迅速提高企业的技术水平;
4. 确保发展的产品有足够的经济寿命周期。

技术引进是新产品开发常用的一种方式,特别是对于产品研究开发能力较弱、而制造能力较强的企业更为适用。但是,一般说来,引进的技术多半属于别人已经采用的技术,该产品已占领一定市场,特别是从国外引进的技术,不仅需要付出较高的代价,而且还经常带有限制条件,这是在应用这种新产品开发方式时不能不加以考虑的因素。因此,有条件的企业不应把新产品开发长期建立在技术引进的基础上,应逐步建立自己的产品研究开发机构,或与科研、产品设计部门进行某种形式的联合,发展自己的新产品。

自行研制与技术引进相结合。这是在对引进技术充分消化和吸收的基础上,与本企业的科学研究结合起来,充分发挥引进技术的作用,以推动企业科研的发展、取得预期效果。这种方式适用于:企业已有一定的科研技术基础,外界又具有开发这类新产品比较成熟的一部分或几种新技术可以借鉴。

自行研制与技术引进相结合的新产品开发方式是一种比较好的方式。第一,花钱少,见效快,产品又具有先进性;第二,能促进企业自己技术开发的发展。因此,它在许多企业得到广泛采用。采用这种方式开发新产品,又有多种多样的结合形式:

1. 企业的现有技术与引进技术相结合;
2. 企业的改进技术与引进技术相结合;
3. 对引进技术的进一步发展。

不同企业或同一企业在发展不同新产品时,可根据情况量力而行,分别采用不同的新产品开发研制方式,以取得较好的经济效果。

### □ 新产品开发策略

#### 1. 新产品开发策略概述

从开发成功的新产品中,企业可以获得巨大的收益,然而新产品开发的风险是很大的。新产品失败将使企业蒙受损失,除了少数大公司可能有财力经受住一个又一个新产品失败所造成的经济损失,直到从另外的成功新产品取得的收益进行补偿外,大多数企业却担负不起在开发新产品中出现接二连三失败的打击。因此,企业管理者极力寻求并沿着风险最小、并最有可能成功的一种途径去开发新产品,即力求采取正确的新产品开发策略。

美国著名管理学者帕西米尔(Edgan A·Pessemier)教授是这样定义新产品开发策略的:“新产品开发策略是一种发现确凿的新产品市场机会并能最有效地利用企业资源的指南。”

人们从大量的新产品失败中得到启示,认为失败的原因可以归纳为三条:(1)市场对该新产品并不真正存在着需求;(2)有需求存在,但产品满足不了该需求;(3)有需求,产品也基本满足需求,但市场并不了解该产品。即市场调研失败,生产技术失误与营销过程的管理不当。如果从管理功能深加追究,这三个方面都可归结为企业缺乏正确的新产品开发策略。制定正确的开发策略才能使新产品开发工作沿着健康的轨道前进,减少失误,取得成功。

正确的新产品开发策略,首先要服从企业总体经营战略的要求。因为包括新产品开发策略的产品决策是企业经营决策的一个部分。而战略性的经营决策应当并已经在企业资源与外部环境之间做出了最佳选择。其次,开发策略应当对开发新产品的目标予以准确的定义,这样才能约束和限定开发工作的方向,并有助于在开发过程中对执行情况作自身评价,制订正确的新产品营销计划。第三,开发策略要尽可能地对开发过程中所需的协调、控制和与子决策给以原则的指导,避免在具体开发中出现过多的争执和冲突。

现代产品管理理论认为,新产品开发策略至少要包含对以下四个方面的描述:

- (1)产品类型和目标市场；
- (2)新产品开发的目标；
- (3)取得上述目标的基本途径,如革新的来源、革新的程度和开发的时机等；
- (4)开发过程的协调与控制的基本原则。

### 2. 制定新产品策略时应考虑的因素

制定新产品策略时应当考虑的因素是：

第一,资源和机会。在确定企业的新产品开发策略时,资源和机会是两个占支配地位的要素。企业所拥有的资源涉及管理技能、技术能力和生产技能的广度、深度和素质。企业的财力可以用它所拥有的资产和取得适当投资回收率的能力来衡量。市场营销能力既指向市场提供大量可销售的品种齐全的产品,又指能设计巧妙的营销计划以吸引住大批老顾客。生产能力基本上是指有效地制造产品,迅速的供货和适应需求变化的能力。当然,在估计企业的资源时,应当相对于竞争对手的同样能力去进行比较。

市场机会是指对确定的经营业务领域或新产品项目的识别和确认。一般来说,以下各项都可作为确定市场的机会:(1)已经触及到的一种潜在需求或者对某类现有产品正在迅速扩大的需求;(2)市场由若干拥有大量购买能力的顾客群组成;(3)存在一种有重要使用价值的新产品,又能从中盈利;(4)竞争者只有满足短期需求的能力;(5)新的竞争者不易进入的市场;(6)严重的新限制可以预见时。当然,很少存在着一种包括上述各点,或者仅仅只包含上述一项的市场机会。市场机会的寻求必须与企业拥有的资源同时进行分析才能真正确定。如第二次世界大战后期,大型计算机市场就成了那些具有相应资源的企业,而不是对一般企业都适合去开发的最有吸引力的领域。

第二,战略经营计划的要求。近年来越来越多的企业认为,要持有一种清醒的总体经营思想并以计划的形式体现这种思想,对于维持企业的持续增长是十分重要的。企业的高层管理者通过战略经营计划来表达企业在未来若干年内经营的目的、目标和取得这些目标的基本方针和策略,以便在资源与外部环境之间做出最佳选择。多数管理家认为,制定战略经营计划有利于:

- (1)协同企业的力量,既可以挖掘潜力,又可以提高效率。

(2)协调作用,在直线领导和各职能部门之间保持计划的连续性。

(3)战略是组织建设的依据。

(4)分配资源,以便使资源最大限度地利用,为完成目标做出贡献。

(5)激励员工,在一个有明确目标的企业里,人们容易从所制订的经营战略计划中了解其工作的意义,受到激励。

(6)评价成果,评价的基础是将现实与期望的结果进行对比,有目标才能评价。

显然,新产品开发策略必须服从企业总体经营战略的要求,使开发工作同总目标保持一致。

第三,约束和限定开发工作的方向。如果把新产品开发工作比如为一艘船,那么开发策略必须规定出航向。正如一个企业不可能从事所有各种经营业务和产业一样,它也不能开发所有的新产品。开发策略向新产品主管人员讲明应开发什么,同时也暗示他们不应当干什么。当然,已经制订的目标和计划也可能改变,甚至重新选择一种新的经营方向,但这种变化是否适当,正是战略性的考虑,而不应当是个人机会性的行动。虽然也有少数例外,如柯达相机、施乐复印设备和电子表等以新产品而占领市场的例子恰恰证明了相反的结论。但是总的来说,多数企业家认为应当用开发策略来约束和限定开发工作的方向。

第四,新产品开发各阶段的协调与控制。新产品开发策略不仅要指明开发工作的方向,而且要对开发过程中各阶段的工作给以指导,有利于进行协调与控制。这种指导作用应当适用于开发过程的各个阶段。首先,在形成开发设想时,策略告诉管理人员从何入手。比如,一个企业正在进行某种市场需求量大的业务,那么首先应从技术方面产生设想;如果正在探讨某项技术的适用性,则寻求设想应首先从市场细分开始。总之,力求尽可能多获得符合总体经营战略的新产品设想。其次,评价工作理所当然地要紧紧围绕开发策略所拟定的目标进行,包括对备选设想方案进行评价的先后次序,评价因素的选择,加权因素的确定等,这一原则适合开发过程中所需进行的各次评价。

新产品开发策略有助于已开发产品正确地设计市场营销组合,这个道理是再明白不过的了。有了策略的指导,我们可以较为清醒地估计在初期投放市场时应承担多大的风险,占有多高的市场份额,应取得多大的投资回收比率等等。

### 3. 新产品开发策略的类型

新产品开发策略至少应包含四个内容：产品和市场、开发目标、开发途径和协调控制。这四项中任何一项的变化都可能形成一种不同的开发策略。其中每一项都可以设立出若干不同的子项目标准。因此，以不同的项目或标准来划分，将有不同的开发策略。

以产品技术与市场的组合状况为标准可分为四种开发策略。如表 9.5：

表 9.5

	现有技术	新技术
现有市场	市场渗透策略	技术开发策略
新市场	市场开发策略	多样化策略

以企业成长程度的目标来划分有：

- (1) 迅速增长策略；
- (2) 有限增长策略；
- (3) 维持性策略；
- (4) 防止过快衰退策略。

以希望取得的市场地位的不同目标来划分有：

- (1) 争取新市场机会的策略；
- (2) 扩大市场占有率的策略；
- (3) 保住市场占有率的策略；
- (4) 寻求新市场份额的策略。

以市场营销为基础的开发来源，可以形成以下四种新产品开发策略：

- (1) 改进竞争产品；
- (2) 产品重新定位；
- (3) 扩展产品线；
- (4) 改进本企业产品的品牌与包装。

以技术为基础的开发策略有：

- (1) 自主开发；

- (2)联合研制；
- (3)购买产品生产许可证或专利；
- (4)企业兼并。

以新产品将实施的革新程度来划分有：

- (1)开拓型策略；
- (2)采用型策略；
- (3)模仿型策略。

以掌握开发时机和艺术不同可分为三种策略：

- (1)抢先策略；
- (2)迅速反应策略；
- (3)后进策略。

以应用于产品的适用技术的来源不同，可以分为三种不同的策略：

- (1)基础研究；
- (2)应用技术科学研究；
- (3)开发研究与工艺改进。

此外，以产品准备进入的档次、品质优劣的程度和产品品牌的形象等仍可列出不同的开发策略。然而，任何一种新产品开发策略的拟定都会涉及上述各项标准中的大多数标准，而每一划分标准之下又有若干不同的选择可能性，按照排列组合计算，即使去除其中的重复部分，仍将得出种数百种的开发策略方案。因此，在研究新产品开发策略的类型时，有两项任务必须完成，才能为选择和拟定企业具体的开发策略有所裨益：

第一，找出在拟定新产品开发策略时至关重要的因素，并对其不同的选择方案进行比较。如果解决了主要因素的权衡和取舍，其它的相关因素的选择往往可以随之解决。经验证明，企业在拟定新产品开发策略时，最重要的是要处理好以下四个关系：(1)以市场为中心或以生产技术为中心；(2)以创新为主或以应用、模仿为主；(3)自主开发还是联合开发；(4)开发全新产品为主还是改进现有产品为主。

第二，必须对可能形成的多种开发策略进行综合分析，使对可以效仿或选择的策略方案有一个比较清楚的轮廓。当然这并不是轻而易举又能取得一致看法的事情。事实上，不同的学者在这种问题上观点往往大相径庭。现在介绍两种较有代表性的概括方式。首先介绍米尔·克

拉弗德在其《新产品管理》一书中,把不同组合的新产品开发策略归纳为三种:

(1)维持强化型策略。这种策略是由于在一个特定的范围内,企业对其经营状况基本上感到满意,尽管它也希望将来有所增长。有的学者把这种策略叫做防卫性策略,其着眼点是控制风险的出现,确定有限的最高目标,尽可能减少开发失败而造成的损失。所以,在维持强化型策略指导下制订的任何新产品计划都表现为保住市场份额,防止利润下降,维持原有经营状况。所谓维持是在环境动态变化中的相对维持,因为社会经济发展的总趋势总是在向前发展的。这种策略所利用的革新手段主要是在市场营销方面和以降低产品成本,提高质量为特征。其革新的程度通常是很有限制的,多开发市场型新产品,技术上以应用适用技术或仿制为主。与这种策略相适应的投放产品的时机,一般不采取领先或抢先进入市场,但也不愿成为落伍者。

(2)改革型策略。这种策略具有进攻性、风险更大而且在开发过程中伴随更多的创造性活动。为了使企业获得更多开发新产品的机会,在开发策略中对开发方向的规定往往采用产品的最终用途的术语进行描述。这种策略的目标很明确:通过增加销量和提高市场占有率达到较大的增长。有的企业改革型策略的实现完全依附于一、两个方面的革新成果,而大多数企业则把市场营销和技术改革相结合。技术革新的程度比较接近开拓型,也有许多企业采取采用型的前列地位,并且以自主开发为主。这种策略要求掌握市场投放时机,要么最先投放,要么紧跟第一家,以便取得足够的市场份额。总的来说,改革型策略要承担更大的风险以换取高额利润。但与第三种风险型策略相比,仍然属于有节制的冒险。无风险的改革是没有的,关键是看企业有多大的承受能力。

(3)风险型策略。当改革型策略不完全满足企业希望达到的经营目标,或不适应企业希望达到的经营目标时,或者企业确认不采取更冒险的策略就无法提高市场占有率时,可以选择第三种,即风险型开发策略。

以迅速成长为目标的风险策略,通常不仅强调产品的最终用途的新颖性,而且强调技术的进步作用,并常常以技术的重大突破作为开发工作的中心。采取这种策略需要有雄厚的资源,投放市场时机往往是抢先占领市场或者紧跟第一家投放者投放。以这种策略为指导所开发的

新产品,在技术性能、结构特征、品牌与包装等方面的异样化程度应当具有相当的独特性,否则不可能实现企业所确定的大步向前的目标。这样的新产品一旦开发成功,风险即转变为巨大的盈利机会。这正是采取这种冒险策略的企业家所追逐的目标。新产品开发策略的比较如表 9.6。

表 9.6 新产品开发策略比较

	维持型	改革型	冒险型
目标	保持现有经营的水平并略有增长	不断增加收益,企业不断成长	促进企业迅速增长
革新范围	产品或消费组群	很可能是最终消费方式与相应技术	经常是最终使用行为和相应的突破性技术
革新来源	基本上是市场营销方面	市场营销和技术进步二者结合	一般是技术进步或重大的技术突破
风险	小	大,但有控制	很大
革新程度	仿制为主	采用有效的适用技术、包含某些创新	开拓性的创造活动,全新产品
投放时机	不处领先地位,不应落后	甘居第二或迅速反应	可能抢先投放或紧跟第一

采取与上述概括分类略有不同的另一个典型代表是安巴林(Clenl · Urban)和哈塞尔(John R · Hauser),在他们合著的《新产品的设计和营销》一书中把新产品开发策略分为两类:反应性策略和预测性策略(见表 9.7)。反应性策略是基于对前期所产生的各种问题如何处理而制定的,而预测性策略是明确地将资源分配到将来准备抢先夺取的领

域为目的。安巴林和巴塞爾还对综合新产品策略的选择作了建议,他们认为反应性策略最适合于这样的企业:

表 9.7 新产品开发策略

反应性策略	预测性策略
防范	研究与开发
模仿	市场营销
居二但更好	创业
回击	引进

- (1)需要对现有产品或市场投入更多的资源;
- (2)新产品革新成果不易保护;
- (3)新产品市场太小,不能弥补开发费用的支出;
- (4)有可能因为竞争者的模仿而被挤垮;
- (5)由于其它新产品抢走本企业的分销渠道。

因为,处于上述条件下的企业如果采取预测性策略可能有过大的风险。

相反,有些企业处于非常有利于革新的地位,那么就应当采取预测性策略去开发新产品。这些企业的条件是:

- (1)持有成长型的总体战略;
- (2)乐于进入新的产品或市场;
- (3)有取得保护专利或保护市场的能力;
- (4)有进入高销量或高增值市场的能力;
- (5)拥有开发新产品所需要的资源和时机;
- (6)竞争者不能用“居二更好”的策略进入的市场;
- (7)分销渠道稳定而畅通。

#### 4. 现有产品的改进

现有产品改进的重要性。开发全新产品自然与企业采取创新策略相关联,其基本特点也与创新策略相同。这里将着重讨论改进现有产品的问题。

根据布兹、阿隆和哈米尔顿(BA&H)管理咨询公司的调查,美国

700 家公司在 1979~1984 年所投入市场的新产品的分类情况如下：

(1)世界范围的全新产品	10%
(2)企业的新产品线	19%
(3)现有产品线的新品种	26%
(4)现有产品改进或变型	26%
(5)现有产品成本降低	11%
(6)成熟后期产品的新生	8%
	<hr/>
	100%

这份统计表告诉我们，上市的新产品中大约四分之三都可归入现有产品改进而产生的新产品。因此，无论哪类企业都应当十分重视从现有产品的改进中去开发新产品。一般来说它有以下一些优点：

- (1)投入资源较少，开发周期较短；
  - (2)导致亏本的风险极小；
  - (3)易于协调新产品开发与现有产品的管理，有利于强化现有产品组合；
  - (4)能较快积累生产技术和管理经验；
  - (5)有利于充分发挥企业的优势；
  - (6)可以利用现有的分销渠道
- 改进现有产品的途径主要以下几条：

第一，产品重定位。决定产品或品牌在市场上的位置是该产品能否获利的决定因素之一。所谓产品位置是指产品或品牌相对于竞争产品，本企业其它产品给予人们的印象。

为什么产品要重定位，一般来说，是因为产品原来的定位已经出现了市场营销方面的问题。这些问题常有三种表现：

- ①竞争产品(品牌)的定位很接近本企业产品，造成在一个特定的细分市场上竞争十分激烈，并抢走部分市场使本企业市场无法扩展；
- ②原产品定位虽然正确，经过时间的推移，顾客的偏好正在或已经改变，造成本企业产品偏离原有消费组群的偏好；
- ③新的消费者偏好组群已经形成，尚未被其它企业占领。

因此，企业要改变原产品定位，使产品游离出竞争激烈的细分市场，以适应变化后的消费偏好或进入新形成的消费组群，或者上述三者兼而有之。总之，产品重定位这一改进产品的途径使得在市场营销方面

所存在的问题转变为开发新产品的机会。实际上,产品重定位是本企业产品的若干重要属性按照消费新偏好和市场知觉的转移。

如果企业有技术能力实施产品的重定位,在决策时仍必须权衡两个因素。首先是产品转移至新定位的细分市场可能发生的成本。这些成本包括改变产品特性、包装等开发费用和改变生产工艺的成本,加上改变产品形象所需的广告费用。一般来说,产品重定位的成本随着新定位与原定位间的距离的增加而增加,不但产品实体改变的成本随此距离而增加,改变产品的市场知觉所需费用也随此距离而增加。消费者不满意程度的公式为:

$$D = \sum_{i=1}^n W_i (P_i - I_i)$$

式中:  $D$ ——新市场消费者的不满意程度;

$P_i$ ——本企业产品第  $i$  个属性的知觉程度;

$I_i$ ——新市场消费者对第  $i$  个属性的期望值;

$W_i$ ——第  $i$  个属性的重要程度的加权系数。

所以,新旧定位间的距离越远,消费者的不满意程度越大,用以克服和消除不满的广告费用就越大。

另一个需要权衡的因素是通过产品改进可能得到的收益。这种收益的大小取决于:A 新消费组群的大小;B 消费者的采购率;C 拟进入和已进入该消费组群的竞争者数目及其力量;D 该市场的平均定价水平。

总之,由于产品重定位所取得的收益至少要能覆盖产品转移所需的成本,才能考虑采取产品重定位这一途径来改进现有产品。

第二,产品异样化。异样化是指企业为了使本企业产品区别于并优于竞争产品所作出的市场营销努力。产品异样化可以吸引潜在顾客对本企业产品的注意而促进销售,并且可减轻或避免价格竞争。如果说产品重定位是在一个特定的细分市场实行纵向渗透的话,那么产品异样化则是一种横向的扩展。

根据产品三层次理论,对产品组成中每一层,或其中任何一个要素实行改进,都可实现产品异样化。可以选为异样化基础的属性很多,最有代表性的是以下四个属性。

① 品牌为基础的异样化。美国曾对那些表示偏好某一品牌啤酒的

消费者做过试验(在不知啤酒牌子的情况下饮用),几次试验的结果显示出受试者无法区分出其偏好的品牌。因此,在理论上,品牌可以作为异样化的基础。从某种意义上讲,品牌就是产品。

事实上,竞争产品往往都有各自不同的品牌,并且其商标还可申请法律保护。所谓异样化,实际上就是使本企业产品(品牌)在消费者心目中优越于竞争产品。因此,营销人员必须懂得品牌(品名、符号和商标)的重要性。

②包装为基础的异样化。因为:包装是产品的一部分,又往往与产品品牌直接联系;包装是产品自带的促销媒介;精美的包装可以引起选购。产品开发人员可以利用包装改进产品。

③实体特征作为异样化的基础。改变产品的实体特征,如性能、结构与外观均可使产品异样而得到改进。消费品中有大量的类似例子,如食盐、味精、卫生纸。工业品则偏重于与功能有关的属性。这里的关键是要善于寻找一些产品特征使异样化持续并能更长久地吸引顾客。

④服务作为异样化的基础。企业在完全不改变产品实体的情况下,也可通过异样化实现产品改进,即改变产品的伴随服务,特别是工业品和成套设备的营销。如美国汽车业在1972年为求生存而提供了“购买者保护计划”。这项计划包括无条件的保证、较好的服务、出借汽车和快速排除故障。当时汽车市场占有率激烈下降,推出该计划后销售增加了67%。

第三,提高产品质量。产品质量的提高理所当然是改进产品的重要途径。就产品实体而言,质量是指制造所用的原料类型、原料等级、纯度,或者通过改变生产工艺使产品更有效、更耐用或更可靠。改变原料的水平,可能导致产品性能改进。改变生产工艺不但可以提高产品性能的指标,而且可以降低产品成本,提高竞争能力。现代营销学之所以十分强调产品质量的提高,是因为任何巧妙的营销手段,总是以上乘的产品质量为基础。恰当的营销组合可以吸引目标顾客,实现一次购买,而实现重复购买则往往要在消费者使用产品过程中的消费满足之后。产品的优质是消费满足的保证。

5. 豪尼威尔公司——要想到别人未曾想到的,要注意别人容易忽视的

这是总部设在费城市郊,在全世界拥有三十个子公司、一百四十一

个厂点,职工总数八万六千人,一九七八年销售总额达到三十五亿美元的豪尼威尔(HONEYWELL)仪器公司在经营上取得成功的两条经验。这两条中的前一条——“要想到别人未曾想到的”,是指公司在发展上,主要是在新产品发展上,要走在别人的前面,能够提前拿出适应市场需要的新的产品设计和新的产品出来;这后一条——“要注意别人容易忽视的”,是指在产品的性能质量上要找出竞争对手的弱点,设法高出对方一头。

想到别人未曾想到的,前提是要看到别人已经看到的,知道别人已经知道的。为此,公司要求自己的研究中心和高级职员、技术员对世界新技术和新产品的发展动向能及时了解;对未来五至十年世界新技术、新产品的发展趋势能作出准确的预测;要求将所收集的情报及时地提供给公司的领导和各部门。

要做到注意别人容易忽视的,首先是要注意别人已经注意的,更要注意别人还没有注意的。许多厂商在发展新产品的工作上,在相当长的一段时间里,只注意模仿制造,销售出去了事,往往忽视产品设计和连续完善。豪尼威尔公司一方面强调新产品的构思、设计和试验,另一方面注重产成品销售后的用户服务,收集反映和不断改进自己的产品。

这个公司研究发展新产品不惜工本。产品研究发展费,一般占公司销售总额百分之八左右。一九七八年支出三亿二千四百万美元,占当年销售总额的百分之九点三。他们说,搞一个新的品种系列,一般要六年时间,其中一半的时间,即三年用在构思、设计和试验上。

为了确保新产品在构思、设计上技术经济的合理性,公司设有评价工程师,专门审议设计图纸,设计质量如何,最后要由评价工程师在图纸上签字。公司一级还设有评议委员会,由公司领导、各部门负责人和高级技术顾问参加,凡是列入长期发展规划的重大新产品,都要经委员会评议。被评议的新产品,要发给评价证书。新产品试验特别严格。自动控制部分的电子元件,光敏元件,要经过四道工序,正负温差在华氏一百度以上的老化筛选,易损件要经过长期超负荷运载试验。

豪尼威尔公司认为,产品质量的改进,是设计和制造过程的延续。他们为了做好产品的不断完善,公司设有为数众多的销售服务工程师,他们跟上销售的产品到用户指导安装,培训操作人员,并帮助用户维修。销售服务工程师有三条任务:一是保证用户用好,建立产品信誉;二

是收集产品在使用中的缺陷,带回来研究改进;三是做广告宣传,扩大产品销路。销售服务工程师从产品设计工程师和生产工程师中选拔,往往是该项产品的设计工程师跟着产品来做生产工程师和销售服务工程师的。

凡事要想在前面,走在前面的经营指导思想,保证了这个公司在生产技术、产品质量和盈利方面的领先地位。豪尼威尔公司于一八八五年在明那不市开业,最早是生产阀门、温度计等产品,这在当时算是世界上最早的自动控制仪器。到本世纪,随着科学技术的迅速发展,从一九三五年开始生产自动记录仪。一九五〇年,世界刚刚进入电子技术时代,他们首先搞数据控制。一九六二年,他们又最先搞硅整流器,也是世界上最早搞固体硅片集成电路的创始单位之一。一九六九年,他们已预见到微型程序控制器即将出现,数字控制将变成整个自动控制系统的发展趋势,而只有微程序控制器才能更好地实现程序控制。一九七四年,他们与奇异公司合作以本公司生产的 TDC200 系列电动单元产品和电子计算机为主体,在亚力山大州建成全分配电站输送网自动控制系统,是世界上第一台用微处理机编程序,用同轴电缆在几英里范围内将所有信息联起来,将工厂、写字间和发电运行中的电流、电压、热量、安全报警等环境控制和模拟盘都压缩到阴极显像管上,只用少数人监视,最先实现了电站集中自动化控制。

这个公司倍加吹嘘引为骄傲的最大成就,是他们为国家宇航局设计制造了登月舱自动装置,在这个体积只有一立方英尺的容器里,装有与人脑相似的计算机控制系统和两个星球之间的信息联络系统,既能帮助飞行器安全降落到月球上,又能将各种感觉和信息反映回地球。在登月舱自动装置试制期间,在地上完全模拟月球环境作试验,模拟白昼试验时,升温到华氏二百三十七度,延续一周;模拟黑夜试验时,冷冻到华氏负一百二十度,延续一周。振动试验为十八个加速度,以考验这个装置能否适应登月需要。联邦政府肯把实验费达十亿美元的上天项目交给这个公司,证实了他们在技术和产品上的领先地位。

### 新产品样品开发

新产品样品开发,是指把经过初期开发和评价后所形成的新产品概念转变成产品样品(或样机)并加以评价的过程。这一阶段的任务是

新产品开发全过程中最具有挑战性的任务之一。完成这一任务一般包括新产品的实体、包装、品牌和伴随服务的设计、试制和试验工作。据美国科学基金会调查,开发过程的这一步平均占用开发总费用和 30%、总时间的 40%,而且技术性又很强,所以企业主管开发的人员必须着力管理好新产品的样品开发。

### 1. 影响新产品设计决策的因素

新产品设计是应用相关的专业技术理论把拟开发的新产品概念具体表达为能被生产过程接受的技术文件和图样的过程。完成产品设计同样意味着要对所开发产品的实体特征、包装、品牌和伴随服务等各个方面做决策。这四个方面的决策是彼此相关的,而且应当综合在企业总的产品策略之内。新产品设计的首要任务是使该产品的市场细分面所需要提供的基本消费利益得到保证,实现企业所拟定的产品定位。影响新产品设计决策的主要因素有以下四个:

第一,企业的市场营销目标。我们在前面部分已多次提到过这一点,实际上在新产品开发的每一步都应当把企业的目标作为第一指导标准,样品设计也不例外。而且在设计进行中要经常把所设计产品四个组成成份(实体特征、包装、牌名和伴随服务)同企业目标相对照,特别是与企业目标所希望的产品定位、产品组合方式和所希望的公司形象相对照。

第二,企业条件的限制。如同整个新产品开发工作一样,样品设计也只能在企业所能提供的条件下进行。这类限制条件主要是指:(1)给定的财务预算;(2)企业现有的技术和设备能力,虽然这并不意味着完全受约于现有技术和设备能力;(3)企业的计划安排和希望的时间期限。其中值得注意的是按照经验合理地确定本企业用于研究与开发的费用比例问题。曼斯菲尔德提出以下原则:

(1)革新产品的重要程度。按产品可能的销量来衡量,革新越重要,销量越大,分配给 R&D 的费用比例应愈大。

(2)相关技术领域的经验多少。本企业对产品的相关技术越熟悉,研究与开发所需费用占总开发费用的比例愈小。

(3)革新成本的高低。整个产品革新的成本越高,研究与开发费用占的比例应越小。

(4)开发项目所需投入的固定资产的大小。如果要为新产品增添的

设备越多或必须建专门的新厂,分配给研究与开发的费用比例将越小。

第三,经营环境的限制。对新产品设计决策限制最严格的部分来自经营环境。有关产品的法规是不容忽视的条件,在新产品设计中,从产品成份的组成到外观的各个方面都可能受到法律影响,以及包装是否安全、包装上的标签及文字说明是否符合规定等。例如,在加拿大和美国出售的任何香烟,必须在包装上醒目的地方印制关于吸烟损害健康的说明。企业对适用技术和潜在技术的熟悉程度也将影响产品设计,既影响产品实体设计,也影响包装设计。

## 2. 新产品实体特征

新产品实体设计工作,即使是对于那些极简单的产品,都包括许多决策问题。这些决策分为功能特征、结构特征和美学特征的选择三个方面。

第一,功能特征。功能特征是指消费者希望从产品中得到的利益有关的特征。例如,除臭剂应当在没有任何过敏副作用、不污染衣物的前提下提供一种对臭气的隔离作用;软饮料应当解渴;雨衣必须不透水;手表能准确地显示时间等等。

产品新功能特性的开发是对技术能力的挑战,而且往往发生在研究与开发实现技术突破的领域内。比如,无需专门照明的电影摄影机的开发、400号快速胶片的开发,快速成像照相机以及近来新出现的快速成像电影摄像机的问世,还有可洗羊毛,长效口香糖等。诸如此类新产品的开发成功都应归功于研究开发的成果,虽然其中许多产品的研究之所以在当时列入了的研究项目中是来自消费者调查、或者说消费者调查帮助企业发现了人们所期望获得的产品利益。

第二,结构特征。产品的功能特征(有关消费利益的特征)可以用不同方式去实现,或者说可以由不同结构特征的产品实现相同的功能特征。结构特征包括尺寸、形状、形式、颜色、材料、味道和触觉感等。每一产品的结构、特征的选择,其范围是很大的,而且经排列组合可能形成的结合数目几乎是无止境的。

结构上适当的(不很大的)改变经常能作为在一条产品线内开发若干相关产品的基础。例如暖水瓶,在结构上很小的改变(如颜色、图案或者实体少许改变),就可以开发出适用各种用途的暖水瓶产品线,用于野餐、划船、滑冰、慢跑、上班和上学用的不同的暖水瓶。

第三,美学特征。产品的美学特征既包括在实际设计中所使用的形状、颜色之类美学语汇,也包括无明显装饰作用的其它要求。若干美学特征巧妙的结合能创造出视觉的吸引力和先声夺人的醒目产品。

产品的功能特征、结构特征和美学特征是彼此紧密相关的。比如,计算器小型化(即尺寸这一结构特征的变化)已极大影响了计算器的功能特征、影响其使用方式和效果。尺寸的进一步小型化也给计算器带来了美学设计的革新,比如手表计算器、金笔计算器和名片卡计算器等。另外,在构成产品概念中的作用,它们的重要程度也不相同,取决于行业产品的类型。比如对于工业产品,美学特性也很重要,但更强调功能特征;相反,消费产品的功能和结构特性也很重要,但设计人员则往往更强调美学特征。然而,产品设计决不是将各单方面所需要的特征简单地堆砌而成,它是一个复杂的创造性的劳动过程。

### 3. 新产品的包装

在近代市场中,包装几乎已成为任何产品不可缺少的组成部分。有些风行世界的产品,其包装也如产品一样举世闻名,为众人所熟知。比如柯达胶卷的包装,可口可乐包装等。包括设计自然也就成为新产品开发中的一个不可缺少的内容。

包装的作用。包装对新产品的作用随产品类型而变化,有些产品的包装(如工业用低耗品、小五金等)就不如另一些产品(化妆用品、礼品等)那么重要。为了强调包装的重要性,有的管理学者称它为第五个P,即除产品(Product)、价格(Price)、分销(Place)和促销(Promotion)这四个P之外的又一个P。但是大多数人仍然认为它是产品中的一部分。

随着商品经济的发展,科学技术的进步,人们购买力的提高和市场供应充足以及竞争的加剧,包装越来越重要。包装除了是保护产品不可缺少的部分之外,设计良好的包装可以给消费者创造便利性的价值、增加消费满足,同时,设计有效的包装是创造商和经销商促销产品的一个重要媒介。

随着市场营销的发展,包装正在发挥着越来越大的促销作用,特别是对于消费新产品。其原因大概有如下几个方面:

(1)自助性销售方式的出现和增多。比如超级市场、购物中心等商业企业中所采用的销售方式,产品不是靠推销人员介绍,而是靠产品在货架上的自我介绍。因此产品包装、尤其是人们尚不了解的新产品的包

装,要吸引顾客又能通过包装上的图文对产品进行描述,给顾客以信心,才能实现销售。

(2)人们购买力和生活水平的提高。人们收入的增加,使他们愿意为实现方便购买和产品的便于携带而多付一些钱。生活水平的提高,新的物质生活方式(如电冰箱存储食品、物品在高级组合家具上的陈列和美化感等)也促进精美包装更受消费者的欢迎。

(3)竞争加剧使包装成为市场营销的竞争的手段之一。从人们为什么更重视包装的分析中,产品开发与产品设计人员应当建立新的包装概念,现代产品包装应当完成更多功能:

①保护产品。包装对产品的保护功能是指产品从制造厂到消费者之间在运输、储存、陈列的各个流通环节中保持产品质量的完好,如消费品的保鲜、不变质,工业品的不损坏和不腐蚀等。另外,还有防止误用的作用。

②区分产品。包装是产品异样化的基础之一。利用独特的包装可以使产品异样于其它同类品,使顾客能区分和辨认本企业产品。对于靠零售商货架陈列而出售的消费品,包装是顾客区分和挑选商品的重要因素。

③促销产品。在区分的基础上,通过包装设计和版面图文的吸引力使顾客对产品发生兴趣,进而了解产品的基本特征和消费利益,是促进和加速消费者购买决策过程的重要因素。

④方便购买和使用。包装可以使顾客从决定购买到使用产品这一期间,更方便地携带,搬运,存放和正确使用。

现代包装概念以产品多层次理论为基础,认为包装是产品组成中的一部分,包装质量对于产品有重要的促销作用。

包装设计。包装设计是指为产品容器和外壳的各要素而拟定制造技术的有关活动。包装一般分为三层:(1)基本包装,即产品的直接容器;(2)次级包装是产品基本包装的保护层;(3)装运包装,即为了储存、运输和认货的外加包装。在某些包装层上一般还有标签,标签是有关产品的文字和图示说明。包装设计就是要决定上述各包装组成中各项要素的制造条件。

包装设计的总要求是:一要促进产品销售,二要使包装成本低廉。促进销售不能只注重包装的精美,而忽视了产品的许诺。表达产品所含

基本消费利益、提供与产品定位紧密相关的许诺才是包装设计中最重要决策。良好的包装设计就是使包装各要素融合,统一于产品许诺之中。还要十分注意使包装设计符合产品市场区域的文化背景,特别是对进入国际市场的产品。包装设计必须符合国家有关包装的法规,比如商标法中对包装上品名、商标、标签的规定;食品卫生法对食品包装材料和卫生条件的规定等。各要素的设计要点如下:

(1)品牌与标签。品牌名在包装上要占据突出位置,标签要醒目、文字说明要简短易读。

(2)形状。包装形状要有利于搬运、储存和陈列。工业品包装要充分考虑运输过程的平稳和安全。方便是包装形状设计的第一个要点,其次才是美观,如香水瓶、化学制剂瓶和酱油瓶形状显然不同。

(3)颜色和色调。颜色是产品包装中与销售刺激联系最紧的要素之一。颜色的选用要随社会意识而变化,要符合市场地区文化背景的要求,更重要的是要使底色的运用,色调的组成和调配能加强产品的许诺。

(4)配图。包装好比产品的货架广告,而配图就好比该广告的画面。包装上的配图除了要清楚、易理解外,还要突出产品定位。

(5)材料。开发和选用新型包装是包装设计中经常性的重要工作。一种新型包装材料的开发有时可以使处于衰退的疲软产品新生。本书第四部分第一个案例所介绍的波兰布咖啡的新生就是一个典型实例。

包装研究。新产品包装设计完成之后,如同产品实体特征一样,也要通过一系列的试验,研究设计包装的有效性。包装研究通常要进行的测试有三种:

(1)工程测试。确定包装在正常使用中的适用性。

(2)视觉测试。确定包装版面说明是否易读,色调是否调合以及总的艺术效果是否对目标顾客有足够的吸引力。

(3)偏好测试。可分别对消费者和中间商进行,以判断是否符合他们对包装的偏好。

包装设计完成以后并非一劳永逸,恰恰相反,要随着环境的变化而改变。包装研究是改进包装的基础。

评价包装设计的标准主要有:

(1)可见性。引人注意的能力。在各种不同角度及光线强弱下包装

的可分辨程度越远,包装的可见性就越好。

(2)信息性。包装能传递产品信息的能力。能在最短时间内传递信息者为信息性最强的包装。

(3)定位性。包装与产品定位的同质程度。越能代表产品定位的包装,则定位性越好。

(4)可用性。指包装在产品流通、使用和用后是否方便和可利用的程度。功能完成得越好、用途越多则可用性越好。

包装的上述性能指标可以在实验室进行研究,也可在真实市场内测定,可以作为一个整体来测验,也可以分别测定包装上的某一要素。比如,在北美常用连字测验法或态度衡量法测定包装的颜色会引起何种联想。

在销售现场对包装进行测定无疑是更为重要的包装研究方法。但是,这并不意味着从产品的销量来直接推断包装设计的好坏,因为销量的增减是对企业营销努力适应市场条件的一个综合反应。因此只能以消费者对该包装的反应来度量包装的效果。为此,企业要在试销期或产品投入期来测定包装效果,拟定专门的监测系统、以收集有关数据,然后由研究人员进行分析评价。

#### 4. 新产品的品牌

新产品品牌关系着新产品开发的成败。在顾客的心目中,不同品牌的同类产品是质量和满意程度都可能极不相同的产品。从某种意义上讲,品牌就是产品。因此,新产品的品牌设计理所当然地是产品异质化的标志之一。

品牌的意义和作用。首先应了解有关品牌的几个术语。

(1)品牌。是用来辨认某一个(组)产品或服务、使其与竞争者相区别的一种名称、词语、字母、符号或者它们的组合。

(2)牌名。是品牌组合中可以口述的部分。

(3)标记。是品牌中可记认,但无法叫出来的部分。

(4)商标。是品牌组合中已注册并受法律保护的部分,它可以是品牌的一部分,也可以包括品牌组合中的全部内容。

品牌设计的决策是围绕上述各品牌成份来进行、讨论品牌的作用也往往会涉及品牌组合中的各部分。

品牌对于产品购买者的作用:

(1)品牌是区分产品的基础。由于产品的多样化和充足化,消费者越来越需要辨认产品而不是辨认生产厂家。品牌是最简易辨认产品的方法。

(2)品牌是质量的象征。不同品牌代表了不同厂家的工艺习惯和不同的质量水平。所以品牌往往是顾客选购时的参照基础,重复购买时的标准。

(3)节省购买产品的时间。在产品云集的商店里,如果不使用品牌和标签,消费者靠自己五官去鉴别的话,在当今社会是不可想象的。

(4)品牌是新产品上市的信息源。消费者可以从中了解和感知新产品所能提供的新利益,增加了消费者获得新享受和新消费的机会。

品牌对于厂商的作用:

(1)商标注册可以保护产品生产许可权,也就是通过品牌实现对新产品独一无二特征的法律保护。如无品牌和商标,竞争者则可以毫无顾忌地仿造。

(2)促进广告和陈列效果。品牌在广告和陈列方面的促销效果是同包装协调一致作用的。最终有可能形成一种产品形象和风格,是知名度传递最方便的工具。

(3)协助市场营销控制。在流动环节中处理订单、追踪市场营销问题、检查存货水平等,都得利用品牌去进行。

(4)有利于产品组合的扩展。产品线中改变现有品牌可以扩展出新产品项目,而创新产品又可利用家族化和系列化品牌。

品牌设计。新产品品牌设计包括两个方面:(1)品牌的决策;(2)决定品名、符号、标记和商标等。

品牌决策就是公司必须决定该新品使不使用品牌。按现代营销概念,当今世界绝大多数新产品都用品牌营销。如果企业决定采用有品牌策略,还要决定是采用中间商品牌、制造商品牌还是混合品牌。比如一家制造公司决定采用自己的品牌,那么它又有若干种品牌策略可供选择。

如何决定品牌组合中的各具体要素。设计这些要素的具体要求如下:

(1)有特色是对品牌特性最重要的要求,因为品牌的第一作用是区分和识别产品。有特色的名优品牌和商标更具吸引力,易引起兴趣和记

忆。所以特殊的设计和强烈刺激力的图示是许多新品牌的共同要求。

(2)品牌要与营销组合相适应。首先要与产品、产品所强调和拟建立的形象相适应。其次品牌要与所进入的市场和所服务的顾客相适应。

(3)品牌名称和商标应对产品具有提示作用。这种作用是通过唤起顾客兴趣促成其进一步了解产品的质量、效益、特色的欲望。

(4)品名应简短、易读和易记。易读即不应使顾客感到难念；简短有助于易读和记忆，例如可口可乐被消费者简称为Coke；易记的品牌和产品是迅速扩散的重要条件。

(5)品牌名称应与广告媒介相适应。如产品主要通过广播传达商品信息，那么品牌名要清晰有力；广告是印刷品或登杂志，字形要优美。

(6)企业产品组合中各品牌要相互协调和对应，有利于产品线的扩展。比如“声宝”适用于家用音响设备、电视机和录放机等与“声音”关系密切的产品，而不适合洗衣机、洗皿器和电冰箱之类的产品。在品牌和商标设计中，最重要的是针对具体情况，灵活地运用上述要点，完成统一协调的营销效果和艺术效果，而且是与包装设计同时进行的。

品牌研究。新产品品牌研究、或者说品牌术的研究，包括两个方面：如何创造新品名和如何从法律和管理的标准评价所创造的品牌。

(1)品名的创造。品牌名创造可以通过三种方式去完成：消费者研究、专家意见和严格的计算机分析。

①消费者研究用于品名创造活动，是以语言和思想的一致性为基础的各种方法。比如，为了发现词汇与消费者所希望的产品利益之联系的选择字法和完句法。此外，用消费者座谈和个别深入面谈来对消费动机进行研究的方法，也可用于品牌创造。不过公认创造品名最有效的方法是自由联想法。

②专家意见法是指在品牌设计中重视专家作用的研究方法。在品名设计中，专家的作用远没有在产生新产品设想活动中那样大的作用。因为在任何新产品的命名活动中，总会有许多管理人员和其他有关人员提建议。应当有一套办法和程序来收集各种品名建议并加以评价。

③计算机处理法用于品名研究已极为普遍，它基本上是以音节的随机抽样和系统集合为基础。比如，埃克申(Exxon)公司产品名就是由计算机建议的。现在越来越多的企业都使用简单的计算机程序来创造品名。

(2)品名评价。新产品品名的评价比以减少数目为目标的设想筛选和评价要复杂得多。有关品牌评价研究的最关键因素是独立变量的问题,即用什么来度量、用什么标准来评价的问题。比如,品名应当记住吗?应当与产品类别、公司或与竞争品名的相联系评价吗?等等,都是使研究复杂化的问题。

一旦独立变量确定,评分等级、加权值和评分表的设计就是不难完成的任务。但是,由于品牌评价与包装评价联系甚紧,往往得用结合分析法来进行才能取得较好的结果。

历来品牌术的研究和评价常常只注意了为产品命名的决策,而对品牌中所包含的数字、字符、颜色和字形等成份的确定则完全由设计人员自己去决定。其实,这些成份也有很大程度的感情作用,也应成为新产品品牌决策中不可缺少的内容。麦克沃斯(Mackworth)曾于1963年提出一份报告,他证明按帮助记忆的能力来排序,各成份的助记忆能力排列是:数字、字母(符)、颜色,最后是形状。

### 5. 新产品伴随服务

伴随服务的作用。不能认为在决定了产品实体特征、包装和品牌之后新产品设计就结束了,而应当继续拟定与提供产品有关的各种伴随服务。例如,保证、退款、信贷和融通、维修和培训等,因为这些都是消费者在购买产品时需要考虑的。由于这类伴随服务的质量而影响新产品成败的事例有很多。比如,很难想象你只卖计算机硬件给顾客,而不提供软件的营销策略会取得成功。

(1)保证。在一个市场细分面看来,对于许多产品来说,保证是一个很重要的特征。大多数耐用消费品都由出售产品的商店提供保证作为产品质量信誉的补充。当然,如果各制造厂商都提供产品保证,那么由此而体现的优势则几乎显示不出了,只不过增加了营销成本而已。产品保证这种服务对知名度低的品牌,作为提高质量信赖感是一种至关重要的方式。

(2)安装、培训、维修和服务。产品安装和使用人员培训经常成为复杂耐用用品购买决策中所考虑的一个重要因素。同样产品维修和服务在某些产品(比如工业产品和某种类型的消费品)购买决策中也有重要作用。

(3)退款保证。这是产品保险中最极端的一种形式,提供这种退款

保证的吸引力是其对与购买有关的知觉风险的心理影响。在若干对家用器具(比如地毯吸尘器和清洁器)的研究中指出,至少在一个市场细分面会把退款保证看成极重要的产品特征。

(4)信贷和资金融通。对某些市场面来说,信贷和资金融通对昂贵的产品,如耐用消费品决定购买的重要因素。常用手段有发信贷证、分期付款、赊销和对中间人的财务资助等。

伴随服务研究方法。从产品伴随服务的重要程度考虑,新产品研究应包括有助于产生和评价伴随服务的各种备选方案的研究。这方面的研究活动与产品特征、包装和品牌的研究可能很协调,也可能不易协调起来,应当运用不同的市场营销调研方式加以解决。

如何选择产生伴随服务的方案并对各种方案进行评价的研究方法,应当说与别的任何研究方法的选择并没有什么根本不同,比如前一讲所介绍的用于产生和评价新产品设想的各种方法,其基本观点和过程都可用于对伴随服务的研究。在具体运用上的区别仅仅是将项目改为某一项伴随服务、评价标准也应随之改变而已。事实上,对产品包装和品牌的研究也可以包括对伴随服务的研究。当进行这类综合性评价时,结合分析法是很有效的。

### 6. 新产品设计

新产品设计又分为初步设计、技术设计和工作图设计三个阶段。

第一,初步设计。它一般是为下一步技术设计作准备。它的主要任务是对新开发的产品结构方案、组成整机的零部件,以及与之相关的新原理、新工艺等方面进行专题试验研究,或进行模拟试验,以便取得一批设计时必要的技术参数;或通过试验证实某些方案实现的可能性,并为新产品的设计规范、设计计算方法、选择合理的允许应力及安全系数提供科学上的依据。由于这些研究试验是在产品正式设计前进行的,其结果又在很大程度上决定了新产品的性能,所以也把这一阶段叫作“先行开发阶段”。

在初步设计中还要画出产品的结构草图,确定产品的轮廓尺寸及有关基本要求,确定产品各组成部件和组件以及它们的结合方式和尺寸。重要产品的初步设计还要进行必要的技术经济论证,进行方案比较,从中选择最佳方案。

第二,技术设计。技术设计是新产品的定型阶段。它是在初步设计

的基础上,确定新产品各个部件、组件的详细结构、尺寸及其配合关系和技术条件,计算结构和零件的强度与刚度;制定验收和交货的技术条件;画出产品总图、部件和组件的结构装配图、传动系统图、润滑系统图,以及电气原理图等;计算产品主要技术经济参数,对新产品进行技术经济分析,并检查其性能、成本是否达到产品开发方案的要求。

技术设计完成后,必须组织有关部门对产品结构的先进性、工艺性及使用操作性能进行审查,改进设计。

第三,工作图设计。它是产品设计的最后一步,其任务是提供试制和生产所需的全套图纸,提供试制、制造和使用所需的全部技术文件。其主要内容有:绘制零件工作图(包括详细尺寸、公差、材料、热处理及其它技术要求)和部件图、总图;编制零部件、备件及附件明细表;提出通用件、标准件、外协件、自制件,以及原材料、毛坯等综合明细表;编制产品说明书及使用、维护、保养和操作规程等。工作图设计完成后,应按设计标准条例,经有关部门和人员审核批准。

设计工作在生产技术准备工作中占有突出的地位,缩短设计工作周期,对于加快新产品试制与生产速度具有很大作用。设计工作既要快速,又不能随意省略和超越必要的设计程序,因此必须寻求科学的合理的加快设计的途径。

### 7. 新产品试制

新产品试制是为实现新产品技术文件和图样所要求的实际样品的过程。这一过程不仅直接为了获得样品,而且也为了对若干因素进行验证,检验产品设计与市场所要求的产品概念的一致性;检验产品设计与本企业生产技术能力的真正适应性;验证新产品所需材料和配件的可获得性;以及检验管理新产品能力的有效性等。认真总结新产品试制的经验,将为产品设计积累许多有价值的资料,也为商品化阶段全面投产拟定生产技术准备计划打下基础。

新产品试制又分为样品试制和小批试制。

样品试制。它的目的是考核产品设计质量,考验产品结构、性能及主要工艺,验证和修正设计图纸,使产品设计基本定型,同时也要验证产品结构工艺性,审查主要工艺上存在的问题。为此,必须严格地按照设计图纸和试制条件进行。样品试制一般在试制车间或试制工段上进行,不新建生产线,也不大量制作新的工装。样品试制可以不限于一台,

也不限于一次。试制数量要根据试验考核项目多少、试验方式、产品性质和生产类型等多种因素决定。样品试制阶段的工艺准备,应该力求简化,一般只对样品生产必需的工艺进行准备,例如关键零件的工艺准备,与样品试制质量有重大关系的工装准备。这样,可以避免因为设计的修改而造成不必要的损失。设计人员要做好有关样品试制、样机试验的详细记录,并根据试制和试验结果对原设计进行必要的修改或重新进行设计。样品试制是产品设计定型阶段。

样品试制是新产品从设计到正式投产的必要步骤,无论是自行设计的还是仿制的产品,都需经过这项工作,否定这个步骤,会给生产带来很多隐患,影响正常生产。一些技术复杂的产品可能要进行多次样品试制才能成功。同时,有的产品经样品试制也可能证明没有发展前途,即产品设计是失败的,因而停止对其进一步开发。考核设计质量的指标是新产品设计成功率。它是设计成功的产品数与全部设计产品数的比率。

小批试制。这一阶段的工作重点在于工艺准备,主要目的是考验产品的工艺,检查图纸的工艺性,验证全部工艺文件和全部工艺装备,并对设计图纸再一次进行审查修改。工艺文件及工装的验证工作,主要是验证它在正常生产条件下(即在生产车间生产条件下)能否保证所规定的技术条件、质量和良好的经济效果。因此,小批试制要在正式生产线上进行,要使用设计所要求的各种工装,要采用正常的生产组织和劳动组织。这就要求在小批试制前要做好充分准备,包括:(1)调整或改建生产线;(2)经过验证的生产所需的全部工艺文件及工装;(3)需用的原材料和各种配件;(4)培训管理和操作人员;(5)调整好生产劳动组织。上述一切都要达到正式生产的要求。小批试制后要做好总结和调整工作,这主要有:(1)进行试制总结;(2)对生产线和工装、工艺文件作出鉴定,并根据情况对其作必要的调整;(3)修改和补充工艺规程;(4)整理出全套工艺文件。总之,要为生产定型和正式生产作好一切准备。小批试制的批量,依产品和企业情况不同而异,少则几台,多则也可能上千台。

新产品设计和试制这两阶段是把产品开发方案变成为具有使用价值的实体产品的过程。新产品开发的这一过程各类产品并不完全一样,如机器设备与化工产品,一个是绘制图纸,一个是研究配方。但除按外单位图纸开发的产品外,无论那类产品,包括测绘的产品都需要经过这

一过程。

### 8. 新产品样品试验

新产品样品试验是新产品样品开发阶段中的最后一步,它是指按产品设计对样品进行的性能试验、使用试验和市场试验。由于新产品开发步骤的划分多少有点人为的作用,新产品从概念、样品到商品的过程中所经历的期间长短,不同的行业和产品有很大的不同。

新产品试验的类型,按新产品的成熟性可以分为:(1)概念试验;(2)偏好试验;(3)使用试验;(4)市场试验。按试验要素划分有:(1)产品性能试验;(2)包装试验;(3)品牌试验;(4)伴随服务试验;(5)综合试验。

此外,试验场地不同,参试单位不同又可形成不同的试验种类。在选定试验种类和程序时,研究人员面对的选择是:(1)刺激物(所试验产品的)性质;(2)试验条件与环境;(3)独立变量的性质;(4)样本与抽样;(5)资料的分析。这五项中的每一方面都包括了若干子项目和可能不同的选择,产品管理人员进行决策时应考虑七个标准。(1)管理工作所需的决策;(2)产品的类型;(3)市场的类型;(4)试验的可靠性;(5)试验的可持续性;(6)费用;(7)标准化。

(1)概念试验。概念试验常常在前期开发中进行,有时也用在样品开发中对新产品设计说明书进行评价。管理人员将新产品的具体设想加以概括描述,然后用市场调研的方法获取消费者对产品概念的反应。产品概念的描述除了常用卡片式的文字说明以外,有时也包括初步设计的照片、模型,以便在小范围内向顾客展示产品概念并征求意见。

概念试验中调查的重点是,被调查者(消费者样本)对该新产品的购买意愿及其理由。像这样的分组调查一般要经过多次。根据第一次调查结果,修改产品概念并校正相应的文字说明、图片和模型,然后再进行另一组顾客调查,直到首购率显示出满意的结果为止。

在被调查者观察文字图片的同时,如果有初样时还应进行操作表演,使顾客完整地得到对该新产品的印象。这样,顾客不仅能对概念产品的基本功能和主要消费利益提出看法,而且也能对产品组成中的包装、价格、品牌和外观等提供有价值的情报。

(2)偏好试验。偏好试验的目的是为了比较消费者对产品不同特征与不同质量等级的反应。比如,让被调查者尝或试两种不同特征的产品

样品,然后寻问他们喜欢哪一种,为什么。以便挑选出消费者最喜欢、最偏好的产品特性。

进行偏好试验,还可以发现什么是消费者最重要的特征、估计喜欢不同特征或不同质量等级的潜在顾客量,以便同本企业新产品、竞争品的同类特征和质量等级相比较,从而判断该新产品的市场地位。

(3)使用试验。新产品使用试验一般应在试制出样品(或样机)之后再行进行,目的在于检查该样品是否符合设计要求,是否满足消费者的需要。

使用试验可以在实验室或现场进行,也可同时在两处进行。实验室是模拟性的,但能比现场试验更快地获得试验结果。比如,电饭锅在实验室可以短时间内完成数万次起闭和装容试验,以检查电器元件是否安全可靠,锅体搪瓷是否易裂,外观是否变色变质等。

现场使用试验对许多产品来说是不能完全用实验室试验代替的,比如消费品中的药物,化妆用品,工业品中的水轮机、大型管道运输系统等。现场使用试验才能获得最可靠的使用情况的信息。当然,进行现场试验比实验室试验要难一些,时间和花费也大一些。

(4)市场试验。新产品市场试验是在一个小范围的真实市场条件下对产品地位进行的综合性试验,又叫试销。试销是在新产品全面上市以前,对销售前景进行估计的重要方法。可以根据试销结果决定是否将该新产品投入市场,或者应当进行重大改进,甚至停止开发。