

机 械 制 造 系 统

南京航空学院航空制造工程系 编译

上海科学技术出版社

机械制造系统

南京航空学院航空制造工程系 编译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

总发行所上海发行所发行 江苏溧水印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 414,000

1984 年 3 月第 1 版 1984 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1—41,500

统一书号: 15119·2298 定价: (科五) 2.35 元

前 言

制造系统的概念于本世纪六十年代后期开始形成,随即受到广泛的重视。后来在七十年代,得到迅速的发展,逐渐形成了一门新的学科,并不断充实与提高。制造系统是运用系统的观点和方法来研究制造过程和制造手段的,它把计算机技术、数控技术、控制论及系统工程的理论和方法与制造结合起来,使制造建立在更加科学的基础上,还为多品种、小批量生产的自动化开辟了途径。近年来,国外的许多企业按照制造系统的原理与方法,运用多种技术,建立了具有各种特点的制造系统,在生产中获得了显著的成效。国外的一些高等院校,也先后开设了制造系统课程,把制造系统作为培养学生的重要方向之一。

1979年11、12月间,我院邀请皮克伦尼克(J. Peklenik)教授系统讲授了制造系统(Manufacturing Systems)课程。J. Peklenik教授系英国伯明翰大学制造系统教授和南斯拉夫卢布尔雅那大学控制论与制造系统教授,国际生产工程研究协会(CIRP)1979~1980年度理事会主席。他在英国伯明翰大学首先开出制造系统课程,在制造系统、控制论以及磨削方面造诣颇深。

为了向国内介绍制造系统的概念和有关技术,我们在J. Peklenik教授讲学内容的基础上,参考国内外有关文献,编写了本书。它可作高等院校本科生及研究生的选修教材,亦可从供事机械制造、数控技术及计算机技术的工程技术人员参考。本书涉及的制造系统的有关问题,均以机械制造为对象,为确切起见,书名定为《机械制造系统》。由于《机械制造系统》一书所涉及的理论与技术非常广泛,而编者受到水平的限制,书中难免有不妥或错误之处,尚希读者不吝指正。

参加本书编译工作的有李建康、尤祖成、邹守仁、徐悦新、顾泉龙、范炳炎、王宁生,其中李建康为主编。原稿曾请西北工业大学彭炎午教授审阅,提出了许多宝贵的意见和建议,在此谨致衷心谢意。

南京航空学院

1982年10月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 机械制造领域的发展	1
一、材料及制造方法的发展(1) 二、制造精度的发展(2) 三、生产类型方面的情况(3)	
四、产品、生产方式和科学理论的发展及其相互关系(4)	
§ 1-2 电子计算机的发展及其在工业中的应用	7
一、电子计算机的发展(7) 二、计算机在工业中的应用及其发展趋势(9)	
§ 1-3 生产系统和机械制造系统	12
一、生产系统的基本概念(12) 二、机械制造系统的概念(14) 三、机械制造系统的革新途径(18)	
第二章 CAD/CAM 系统的数据库和信息系统	20
§ 2-1 数据库的基本概念	20
一、CAD 系统的信息(21) 二、CAM 系统的信息(22) 三、其它信息(23)	
§ 2-2 CAM 系统的基础——成组技术	23
一、成组技术的概念(24) 二、应用成组工艺的理想条件(25) 三、零件的分类编码系统(27) 四、零件分类的方法(34)	
§ 2-3 工艺数据库	41
一、操作卡(41) 二、材料卡(42) 三、刀具卡(44) 四、机床卡(44) 五、夹具卡(47)	
六、工作人员的编码(47)	
§ 2-4 数据库在 CAM 系统中的应用	49
一、常规生产中制造系统的输入信息(50) 二、以成组工艺为基础的制造系统输入信息(51)	
三、以制造单元为基础的单元制造系统输入信息(52) 四、分族加工的经济效果(53)	
§ 2-5 数据库在 CAD 系统中的应用	54
一、COMPAC 语言系统(54) 二、COMPAC 系统在自动绘图方面的应用(57) 三、CAD 系统的软件(60) 四、其它语言系统的应用(61)	
第三章 制造过程的识别及优化	69
§ 3-1 制造过程的发展概况	69
§ 3-2 制造过程的识别	71
一、制造过程识别的概念(71) 二、刀具耐用度的判据(73) 三、刀具耐用度公式的建立(83) 四、刀具耐用度的估算(88)	
§ 3-3 制造过程的优化	93
一、最佳切削速度 v_0 和进给量 f_0 的确定(93) 二、机床条件对优化的约束(95) 三、制造过程优化实例(96)	
§ 3-4 用系统分析方法识别制造过程	97
一、用刀具磨损的系统分析方法识别制造过程(97) 二、用能量原理识别制造过程(105)	
§ 3-5 制造过程的拓扑分类	108
第四章 机械制造系统的适应性控制	111
§ 4-1 机械制造系统适应性控制的基本概念	111
§ 4-2 切削效能适应性控制	116

第一章 绪 论

§ 1-1 机械制造领域的发展

近二百年来,世界科学技术的巨大进步,大大推动社会生产力的迅速发展。今天,无论是工业、农业、交通运输业,还是通讯、宇航等各个领域,其发展速度和取得的成就都是前所未有的,甚至是二百年以前人们所不可思议的。机械制造业,二百年前的个体手工劳动的生产方式,已经由大规模的机械化、自动化生产所代替。过去产品的质量和性能,完全依赖于劳动者个人的经验和手艺,而现在已经可以做到由电子计算机对生产过程进行自动的适应性控制,使得生产的产品质量好,成本低。人类在自己的生产活动中,不断地总结经验和采用最新的科学技术来推动生产向前发展;同时,在发展生产的过程中,又不断向科学技术提出新的课题,促使科学技术的进步。研究机械制造领域的发展过程,以及这种科学技术与生产互相促进、共同发展的历史,不仅可以理解今天的科学技术同发展生产的关系,而且能够预测未来的生产及其所依赖的科学技术的发展方向。

一、材料及制造方法的发展

材料的发展与产品的发展密切相关。关于材料伴随着产品发展的情况如图 1-1 所示。从图中所表示的产品发展过程可以看到,继 1770 年瓦特发明蒸汽机以后,陆续出现了

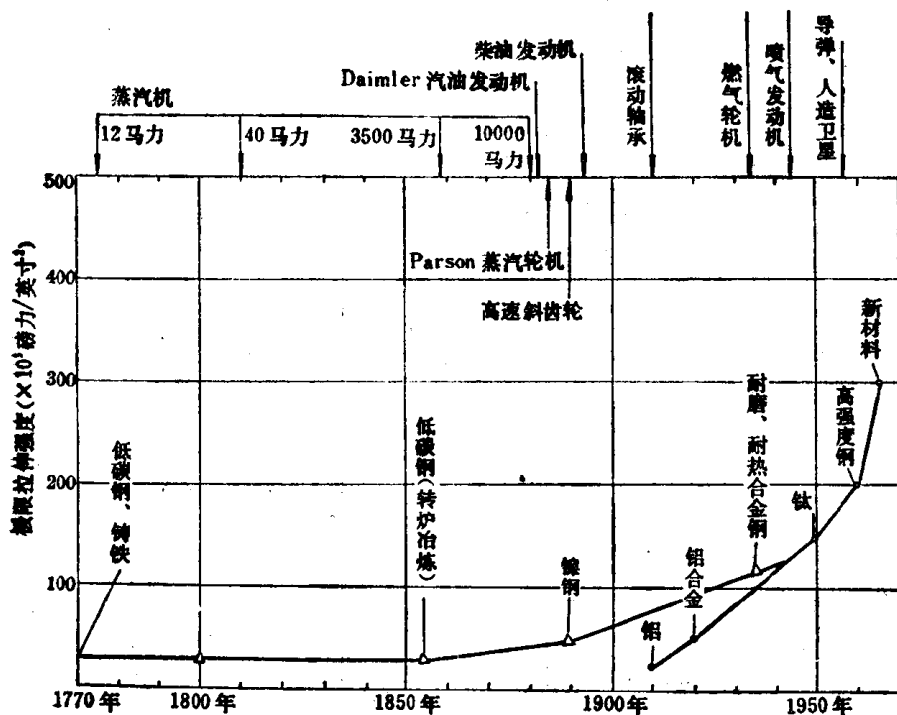


图 1-1 材料和产品的发展

Daimler 汽油发动机、Parson 蒸汽轮机、高速斜齿轮、柴油发动机。1910 年左右出现了滚动轴承，以后又发展出燃气轮机、喷气发动机等。在本世纪五十年代，则出现了导弹和人造卫星。而今天宇宙飞船已经问世，人类正在开创宇航的新时代。

随着产品的发展，材料也不断发展。由图中可见，1770 年出现的第一台蒸汽机，它所用的材料主要是低碳钢和铸铁。这些材料的极限抗拉强度很低，约为 2100 公斤力/厘米² (30×10^3 磅力/英寸²)。1770 年以后很长一段时期内，材料强度方面没有发生明显的变化。但是，随着产品性能和结构要求的提高，对材料性能提出了愈来愈高的要求。例如要制造燃气轮机，就必须要有耐热、耐磨的新材料，于是出现了耐热、耐磨的合金钢。1950 年左右，由于发展飞机和人造卫星的需要，又出现了钛和钛合金。随后又发展了高强度钢以及各种新材料，使材料的极限抗拉强度达到 21100 公斤力/厘米² (300×10^3 磅力/英寸²)，即比 1770 年提高了 10 倍。

材料的发展对制造方法的发展有很大的影响。随着材料机械性能的提高，加工方法就必须相应地改进。尤其是出现了高强度钢以后，用传统的车削、铣削、磨削等加工方法，已很难对用这类材料制造的零件进行加工。于是新的加工方法相继出现，如电火花加工、电化学加工、电子束加工、激光加工等等。可见，加工方法的发展是与材料性能的发展，产品结构的改进，以及性能要求的提高密切相关的。

二、制造精度的发展

近二百年来制造精度的发展如图 1-2 所示。在 1770 年，制造第一台蒸汽机汽缸用的 Wilkinson 汽缸镗床，所能达到的制造精度约为 1 毫米，可见当时的机械制造工业的水平是很低的。后来，随着产品性能要求的不断提高，加工方法的不断改进，制造精度也不断提高，相继出现了 Stowell 螺纹加工机床、Whitney 铣床、Fitch 转塔车床等。这些机床所能达到的加工精度见图 1-2。第二次世界大战期间，由于武器生产的需要，在 1940 年左右出现了光学比较仪。二次大战以后，在喷气发动机、导弹及其控制系统的发展过程中，出现了电子

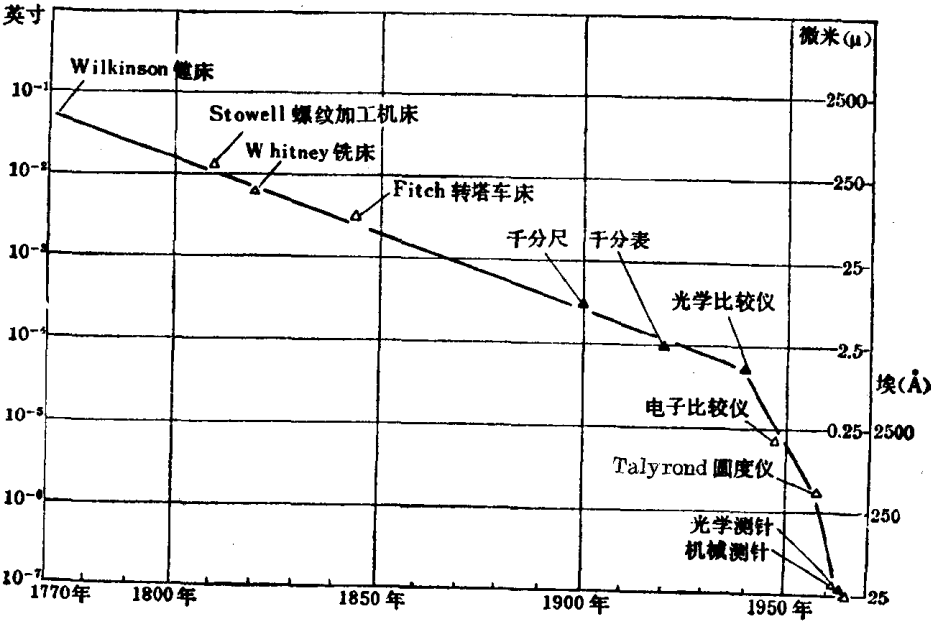


图 1-2 制造精度的发展

比较仪,继而又出现了测量精度可达0.5微米的Talyrond圆度仪。当然,Talyrond圆度仪本身的制造精度,比其所能达到的测量精度还要高一个数量级。例如圆度仪上的一个标准球,其加工精度为0.01微米。本世纪六十年代以后,由于大规模、超大规模集成电路的发展,需要能测量极小尺寸的测量仪,其测量精度要求达到20~30埃(1埃=10⁻⁷毫米),于是Talyrond圆度仪制造厂和另一家生产光洁度测量仪的公司,共同研制了一种Talystep测量仪,该测量仪所用的测量头,是一种很小的机械测针,它的测量精度可达25埃。这就是近年来发展起来的微细加工新技术。

由此可见,制造精度和测量技术是随着产品性能的不断提高而发展,同时由于制造精度和测量技术的发展,又促使产品性能的不断提高,这就是它们之间互相依赖、互相促进的相互关系。

三、生产类型方面的情况

1972年以前,国际生产工程研究协会(CIRP)曾对美国、日本、欧洲各工业部门所采用的生产类型,进行过一次调查,其调查结果如图1-3所示。

从图1-3a可见,单件生产的零件品种,占生产零件种类总数的35%左右,小批生产的零件约占50%,大批生产(指一万件至几万件)约占10%,而大量生产(指十万件以上)只占5%左右。这些比例数字有一定的变化范围,但基本上反映出当时这些国家生产类型的情况。

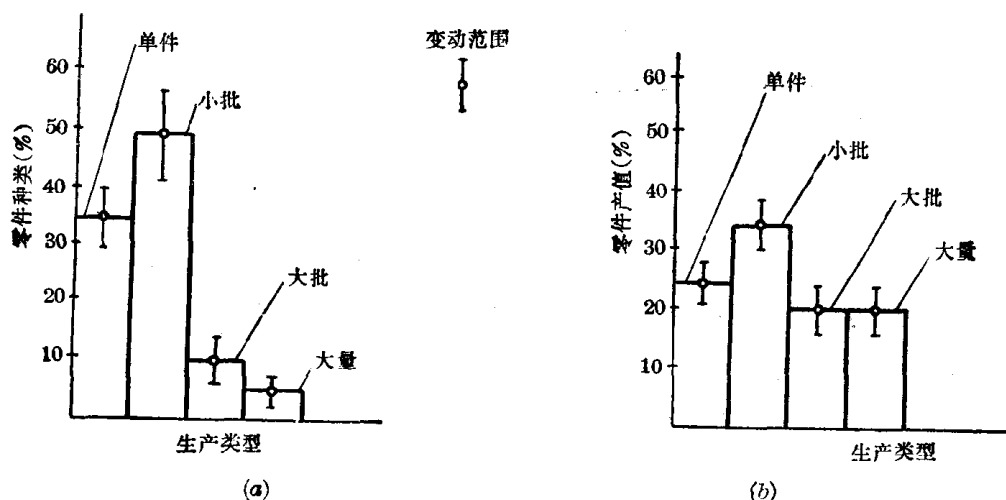


图1-3 生产类型的分布

我国对机械工业的统计表明,批量为10~100件的零件约占生产零件种类总数的70%,单件生产还不包括在内。由此可见,无论在国际或国内,单件、小批生产的零件占大多数。这种情况今后必将继续存在。随着科学技术和生产技术的进步,产品更新换代的周期越来越短,同时由于市场竞争的需要,以及人类生活需求的多样化,产品的品种规格,将会不断增加。因此,多品种、小批量生产在今后不仅不会减少,而且还有增长的趋势。

从产值来说(图1-3b),单件、小批生产所占的比例也很大,约占全部零件产值的60%。

为了提高生产率和降低生产成本,对如何组织各种批量的零件生产,已进行了许多研究和实践。这些研究和实践表明,对于大批生产,应尽可能采用专用机床、组合机床、专用工装

并按流水线组织生产,而对大量生产,则应组织机械化、自动化的生产线。自动线的生产是按节拍自动地、连续地进行的,这不仅大大减少了工件的装卸、换刀、测量等辅助时间,而且减少了工序之间的运输和等待时间。此外,还减少了生产工人数量和对工人体力和技能的依赖。例如美国底特律福特汽车公司,它是世界上第一个采用自动化生产线进行大量生产的公司。该公司采用自动线生产 10~12 年后,不仅大幅度地提高了生产率,而且使得每辆汽车的制造成本降低为原来的 1/3。

至于单件、小批生产,传统的生产方式大都采用普通机床和通用、专用工装进行生产,因此生产率是很低的。据统计,小批生产中工件在车间内停留的时间如果为 100,那么工件在机床上的时间仅占其中的 5%,其余的 95% 时间是材料、工件的运输和等待时间,如图 1-4 所示。在这 5% 工件在机床上的时间中,实际进行切削、磨削等的机动时间又只占 30%,而 70% 的时间是花费在工件的装卸、定位、换刀、测量等辅助工作上。

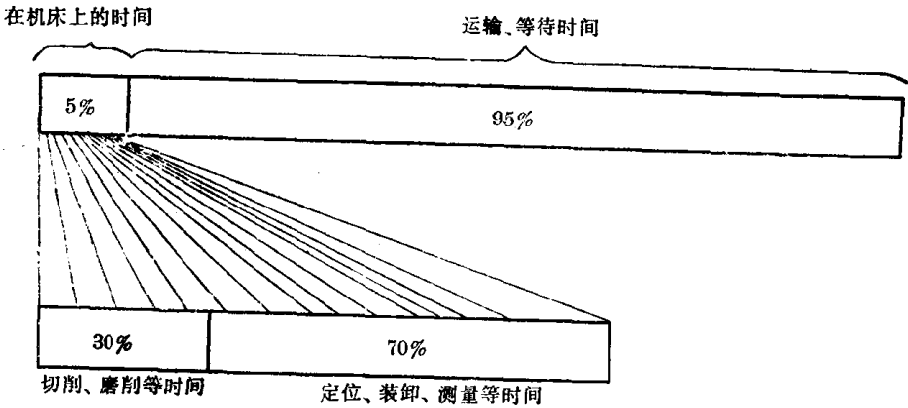


图 1-4 小批生产中零件制造过程的时间分配

由此可见,要提高小批生产的生产率,缩短生产周期,不仅要不断地提高切削、磨削等机械加工效率,努力减少工件的装卸、定位、换刀、测量时间,改变机动时间与辅助时间的比例关系,尤其重要的是要尽量扩大工件在机床上的时间比例,减少生产中材料、工件的运输和等待时间。现在由于计算机技术在机械制造中的应用,已经能够借助计算机把若干台数控机床连接在一起,组织成柔性制造系统(Flexible Manufacturing System),这种制造系统使工件在机床上的时间比例扩大到 70~80%。这是小批生产制造方法的一大进步。

四、产品、生产方式和科学理论的发展及其相互关系

制造技术和生产方式是随着产品生产的需要而发展的,同时又是建立在科学理论发展的基础上的。产品、生产方式和科学理论三者之间是密切相关,互相促进的。图 1-5 表示了近二百年来这三方面的发展情况,以及它们的相互关系。

1. 产品的发展情况 从瓦特发明蒸汽机开始,科学技术进入了一个新的阶段。为了满足人类社会生产和生活的需要,不断要求工业提供性能越来越好的新产品(图 1-5)。特别应该指出的是,自从四十年代末五十年代初电子计算机问世并逐步得到广泛应用以后,大大促进了空间运输、原子能利用、集成电路以及生物力学系统的发展。预计到 2000 年,将会出现各种具有学习功能和适应性功能的系统。

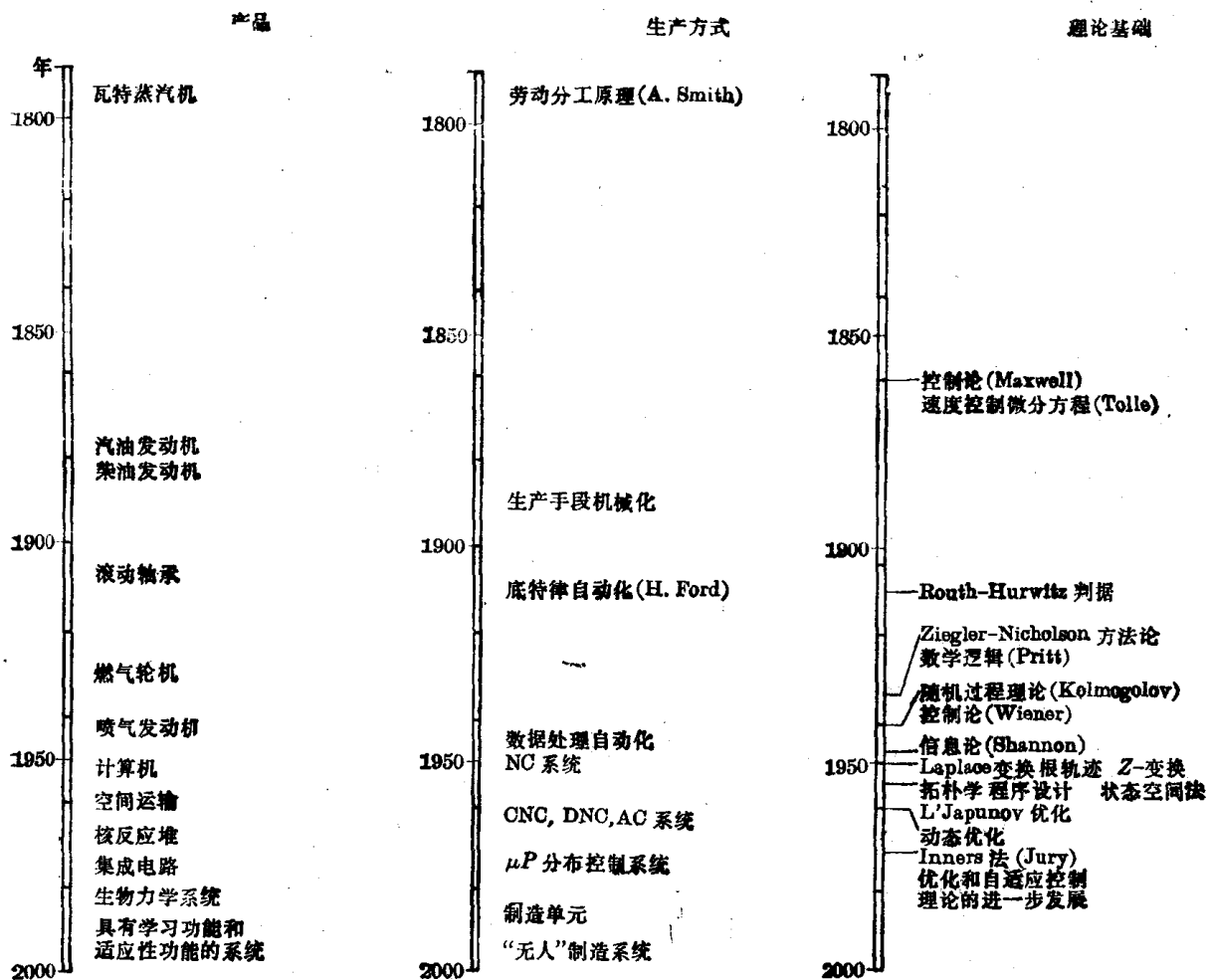


图 1-5 重要产品、生产方式和科学理论的发展

2. 科学理论的发展情况 产品设计和制造的发展是以科学理论为基础的,而科学理论的研究课题,又往往是从新产品的设计和制造中提出来的。因此,它们的发展是相互促进,密切相关的。

在十八世纪末,Maxwell 为了替瓦特蒸汽机设计转速调节器,第一个建立了控制理论。后来,大约在 1910 年,Tolle 第一个用微分方程对速度控制进行分析。接着出现了 Routh-Hurwitz 判据(Criterion),这是控制理论方面的稳定性判据。1930 年左右,又有 Ziegler-Nicholson 方法论出现。在四十年代中,有许多重大发展,如 Pritt 的数学逻辑、苏联人 Kolmogorov 的随机理论、美国数学家 Wiener 的著名的控制论以及 Shannon 的信息论等。五十年代里,在控制论方面又发展了 Laplace 变换、根轨迹、Z-变换等。由于电子计算机程序设计的需要,出现了拓扑学,这是计算机程序设计和操作系统设计的理论基础。到了六十至七十年代,新的状态空间法、L'Japunov 优化法和动态优化法产生了,接着美国数学家 Jury 发明了一种新的分析法——Inner 法,等等。预计今后在优化和适应性控制理论方面,肯定会有进一步的研究和发展。

3. 生产方式的发展情况 十八世纪末,亚当·史密斯(A. Smith)在产业革命中发明了劳动分工原理。企业家采用了这种分工原理以后,使工业生产的劳动生产率大大提高。例如当时有一家制针厂,制针过程要经过切断钢丝、锻造成形、钻针眼、热处理、磨、抛光等八道

工序。实行劳动分工前,每个工人都要进行这八道工序的全部操作,结果每个工人每天只能生产12至14枚针。采用劳动分工后,每个工人只负责一道工序的操作,结果每个工人每天可生产1万至4万枚针,生产率提高了几千倍。这种劳动分工原理,直到今天仍在所有的生产中被广泛地采用。

采用劳动分工原理组织生产,可以大大提高劳动生产率,这是它的最大优点。但是,由于分工很细,使得工人整天整年地重复做同样单调的工作,这在某种程度上是忽视了人的价值和尊严,妨碍工人智慧的充分发挥。这个问题,目前已引起越来越多的人的注意。当前解决这一问题的趋势有两种:一种是尽可能地提高生产自动化程度,减少工人的手工劳动,特别是繁重的和有损于工人健康的工作;另一种是为工人的工作进行“工作设计”(Job Design)。所谓工作设计,就是在一个工作系统内,定期地交换工人的工作,或者扩大和充实工人的工作内容,使得每个工人的工作内容多样化,从而改变或改善单调重复的劳动性质。

劳动分工促进了生产的发展。到了十九世纪末,生产方式由手工劳动发展到机械化生产。二十世纪初,美国人亨利·福特(H. Ford)运用劳动分工的概念,在底特律首先建立了大量生产汽车的自动化生产系统。这是机械制造自动化的开端。本世纪五十年代初,由于计算机技术的发展,出现了第一台数控(NC^①)机床。此后,数控机床得到广泛的发展,陆续出现了数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控车床、数控焊接机、数控弯管机等等。在六十年代以后,计算机技术不断深入到制造工业,出现了用小型计算机或微处理机(μP ^②)控制的各种计算机数控(CNC或MNC^③)机床、适应性控制(AC^④)系统以及把数台NC机床连成一个系统,由一台计算机进行过程监控的直接数控(DNC^⑤)系统。这种NC, CNC, DNC系统具有相当的柔性(Flexibility),能够很好地适应不同形状和尺寸的多品种、小批量零件的生产,使得原来单件、小批量生产有可能利用成组技术组织成自动化的成批生产,从而大大地提高劳动生产率。在NC, CNC, DNC系统和计算机技术的基础上,目前正在努力发展制造单元(Manufacturing Cells),它是未来“无人工厂”(实为少数人管理生产的工厂)的基本模块。

产品、生产方式和科学理论三者的发展不是彼此孤立的,而是密切相关、互相促进的。特别是最近四十年来,它们的发展非常迅速,互相促进的关系也非常明显。今后这种互相推动、共同发展的关系,必将进一步加强,发展速度也将更加迅速。

这里应该特别强调指出的是,计算机的出现,大大推动了制造技术的发展。现在计算机在机械制造工业中,无论在生产的数据处理和生产的过程控制方面,还是在企业的技术、经营管理方面,都发挥着巨大的作用。它在机械制造工业中的应用,已经越来越广泛和深入,成为发展制造技术不可缺少的设备。尤其对小批生产来说,计算机技术是实现柔性自动化的基础。因此,在研究制造技术发展的时候,必须同时密切注意电子计算机技术的发展和应用的趋势,以及它对机械制造工业发展的影响,以便更好地发挥计算机技术在机械制造工业中的作用,使生产更加现代化,管理更加科学化。

① Numerical Control.

② Microprocessor.

③ Computer Numerical Control 或 Microcomputer Numerical Control.

④ Adaptive Control.

⑤ Direct Numerical Control.

§ 1-2 电子计算机的发展及其在工业中的应用

第一台电子计算机是在 1946 年研制成功的。三十多年来,它以惊人的速度向前发展。现在的电子计算机无论在体积、价格方面,还是在功能和应用范围方面,都已经发生了巨大的变化。为了对它的过去、现在和未来有一个初步了解,下面就它的发展历史和应用情况作一简单介绍。

一、电子计算机的发展

1. 计算机体积的变化 众所周知,计算机信息位的信息是用“是”或“非”来表示的,或者说是用“0”或“1”来表示的。从 1946 年研制成功第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 起至 1958 年,这个时期的计算机属于第一代。这个时期的计算机,它的信息位都是用电管来实现的,因此体积很庞大。例如五十年代初期的一台通用电子计算机,其占地面积约为 8.5 平方米,如图 1-6 所示。晶体管出现后,计算机进入第二代。这时候的计算机,它的信息位是用晶体管来实现的,因而计算机的体积明显地缩小。到了 1964 年以后,由于微电子学的发展,出现了集成电路,并且集成

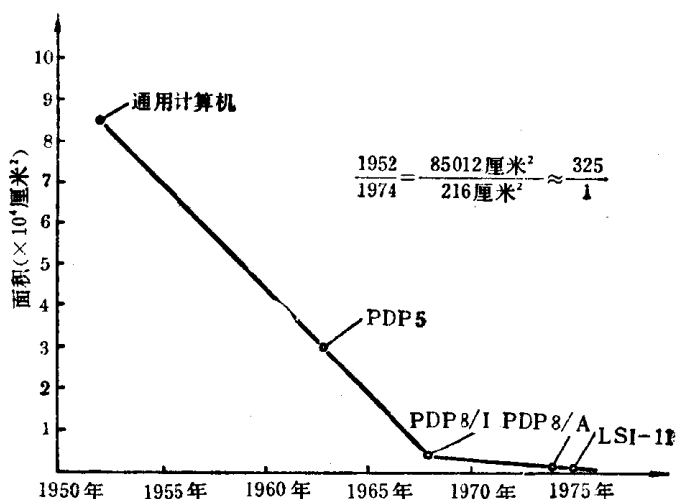


图 1-6 计算机的微型化。

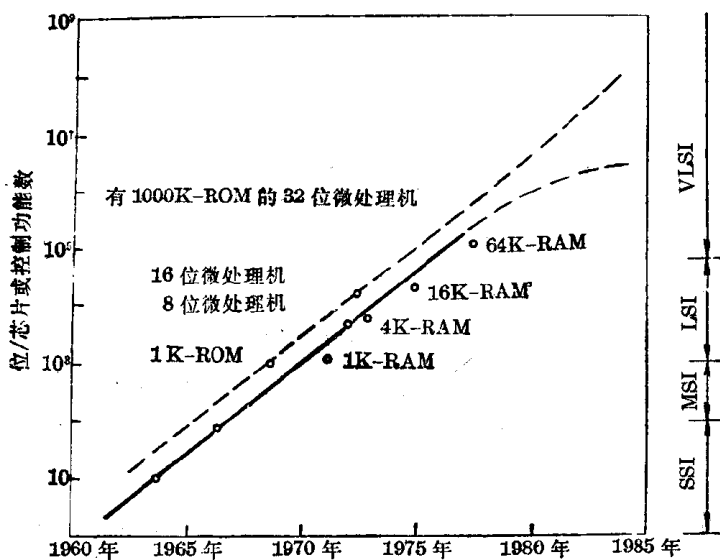


图 1-7 集成电路的发展

2. 集成电路及微处理机的发展和计算机价格的变化 集成电路自六十年代初出现以来,发展极其迅速。从小规模集成电路发展到中规模、大规模,一直到超大规模集成电路,如

度越来越高,从小规模集成电路,发展到中规模、大规模、超大规模集成电路。使得有可能把几万个信息位做在 1 平方厘米的晶片上。由这种高集成度的大规模、超大规模集成电路做成的计算机,体积就更加缩小。这是第三代计算机。由图中可见,从 1952 年到 1974 年这二十二年中,相似功能和容量的计算机,其电路组件面积缩减到 1/325 左右。而今天已经可以做到把一台有一定功能的微型计算机装入衣袋里。由此可以看出,计算机向着微型化方向发展的总趋势。

图 1-7 所示。

在 1964 年前后, 一个小规模集成电路的 RAM①(随机存取存储器)只有 10 位左右, 即一个芯片上只有 10 个信息位, 而今天超大规模集成电路 64 K 位的 RAM 已经商品化。在 1969 年前后, 一个 ROM②(只读存储器)只有 1 K 位左右, 而现在的 ROM 可达 1000 K 位。有人预测, 到 1985 年, 将有可能把 32 位字长微处理机的有 1000 K 字节的存储器做在一个芯片上。

集成电路的发展, 导致以大规模集成电路为基础的微处理机和微型计算机的出现。自从 1971 年美国 Intel 公司研制成功第一台微处理机以来, 微处理机和微型计算机的发展突飞猛进。现在, 美国、日本、法国、西德、英国和加拿大等国家中已有八十多家公司研制和生产了近二百种微处理机, 有的公司已建立了自己的系列, 如 Intel 公司、Motorola 公司、Zilog 公司等。

微处理机的种类, 按字长分有 4 位、8 位、12 位和 16 位型; 在集成度及性能方面, 它已经历了三代的发展过程。表 1-1 表示了它们在不同时期的典型产品和性能情况。

表 1-1 微处理机发展情况

	年 份	集成度和性能	字长位数	典型产品	指令周期 (微秒, μs)	构成微型计算机 最小系统所需元件数
第一代	1971~1974	集成度较低; 性能较低	4 位	I-4004	20	50~60
			8 位	I-8008		
第二代	1974~1976	集成度较高; 性能较好	8 位	I-8080 A M-6800 F 8	2	15
第三代	1976~	集成度更高, 达到单片微处理 机; 性能更好	8 位	Z-80	1.6	5
				I-8085	1.3	3
				3870		1
				Z-8		1
				6801		1
			16 位	6809 I-8086 Z-8000	0.4 0.75	

集成电路随着集成度的提高和制造工艺的发展, 制造成本越来越低。图 1-8 所示为最近十年来计算机随机存取存储器 RAM 每位价格的变化情况。

假设七十年代初容量为 1 K 的 RAM, 其每位的相对价格为 1000, 那么现在 256 K 位容量的 RAM, 每位相对价格只有 3~4。也就是说, 现在每位的价格仅为原来价格的 0.3~0.4%。

随着计算机及其元、器件制造工艺水平的提高, 计算机的价格不断地、大幅度下降。例如美国通用自动化(General Automation)公司 1977 年生产的 GA/330 小型计算机, 价格仅为 3500 美元, 它的功能超过了该公司 1970 年生产的售价 35000 美元的小型计算机; 而在 1965 年生产的具有相似功能的计算机, 其价格高达 350000 美元。可见计算机价格变化之迅速。预计在 1978 年以后十年中, 计算机价格的变化将如图 1-9 所示。

① Random Access Memory.

② Read-Only Memory.

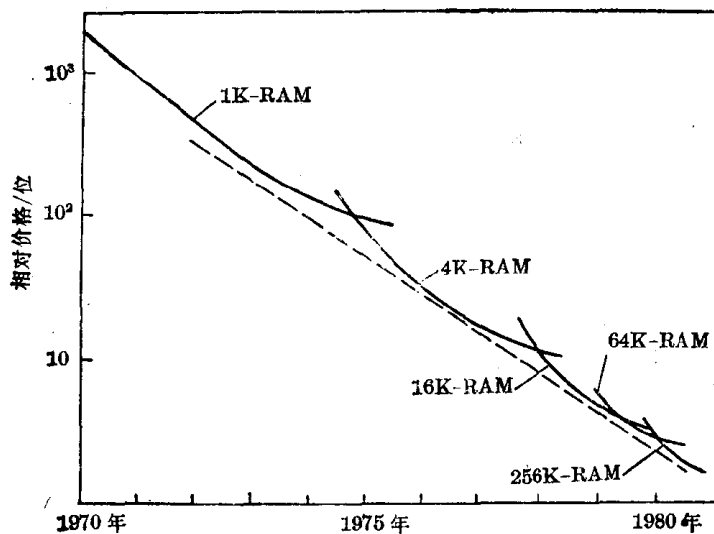


图 1-8 RAM 价格的变化

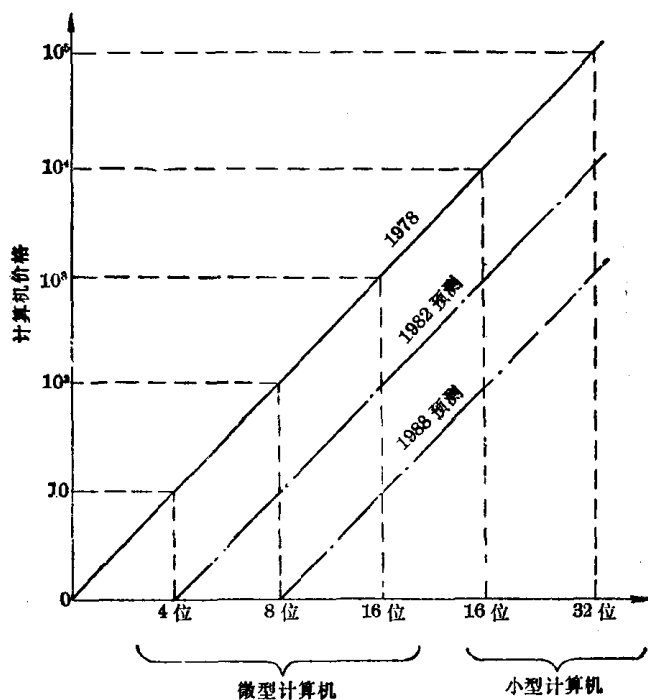
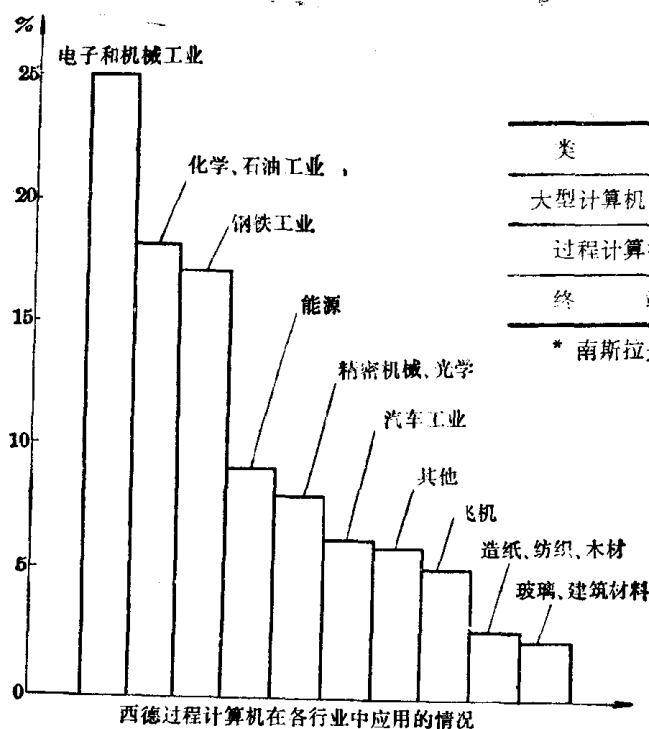


图 1-9 计算机价格的变化趋势

假设 1978 年一台 16 位字长的微型计算机价格为 1000，那么到 1982 年，将降为 100 左右，而到 1988 年大约只需 10 左右。全功能的小型计算机的价格变化也与此相似。一台 32 位字长的监控计算机，在 1978 年价格为 100000，1982 年降为 10000 左右，而到 1988 年大约仅需 1000。这就是说，计算机价格将下降为 1978 年的 1/100。这种估计是很有可能实现的。

二、计算机在工业中的应用及其发展趋势

计算机已在各个工业部门中得到广泛应用，现以西德为例加以说明。图 1-10 所示是西德 1977 年至 1978 年拥有的计算机数量及在各工业部门分布的情况。其中以机电工业、石



类 型	数 量	价 值
大型计算机系统	19500	330×10 ⁷ 第纳尔*
过程计算机	19900	
终 端	120000	

* 南斯拉夫货币单位, DIN。

图 1-10 西德在 1977~1978 年计算机的应用情况

油化工工业和钢铁工业所占比例较大, 其他工业部门也有一定的数量。

由图可见, 当时西德拥有的大型计算机为 19500 台, 主要分布在高等院校、工厂(用于管理)以及保险公司等。过程控制机为 19900 台, 主要是机床、化学等工业部门用以对生产过程进行监控和数据处理。此外, 还有 120000 台小型计算机(不包括微型计算机)及与大型计算机相连接的终端(在终端可以进行计算, 所以也算作小型计算机)。

与此同时, 美国所拥有的计算机数量约为西德的五倍, 日本约为西德的两倍, 而英国则与西德相当。

在各工业部门中, 计算机主要用于通讯、数据处理、控制和经营管理方面。图 1-11 表示在这些领域中计算机目前的应用情况以及将来应用的发展趋势。图 a 表示在 1977 年前, 计算机在通讯和数据处理方面的应用占绝大多数; 图 b 预计到 1985 年, 计算机在数据处理方面的应用仍会有较大的增长, 但在控制技术(指对机床、运输、能源系统等的控制)和管理方面的应用将会更加迅速发展。

研究计算机发展时, 不仅要注意硬件的发展, 而且必须注意软件的发展。一台计算机的费用, 包括硬件费用和软件费用。硬件和软件费用的比例, 随着计算机技术的发展而不断发生变化。图 1-12 表示从 1950 年至 2000 年计算机硬件和软件费用的相对比例的变化情况。

由图可见, 1950 年时, 硬件费用约占计算机总费用的 90%, 而软件费用只占 10%。这是因为初期的计算机, 其硬件费用高, 而计算机的应用范围小, 配备的软件比较少。后来它们之间的比例关系, 不断地、迅速地发生变化。预计到 2000 年, 硬件费用(包括外围设备)将只占计算机费用的 10%, 而软件费用(包括固件)则要占 90% 左右。

1979 年以后, 软件发展进入了一个重要阶段, 出现了一种把软件与硬件相结合的固件(Firmware)。所谓固件, 就是把各种公式、方程式或标准算法编成程序, 制成各种固定模

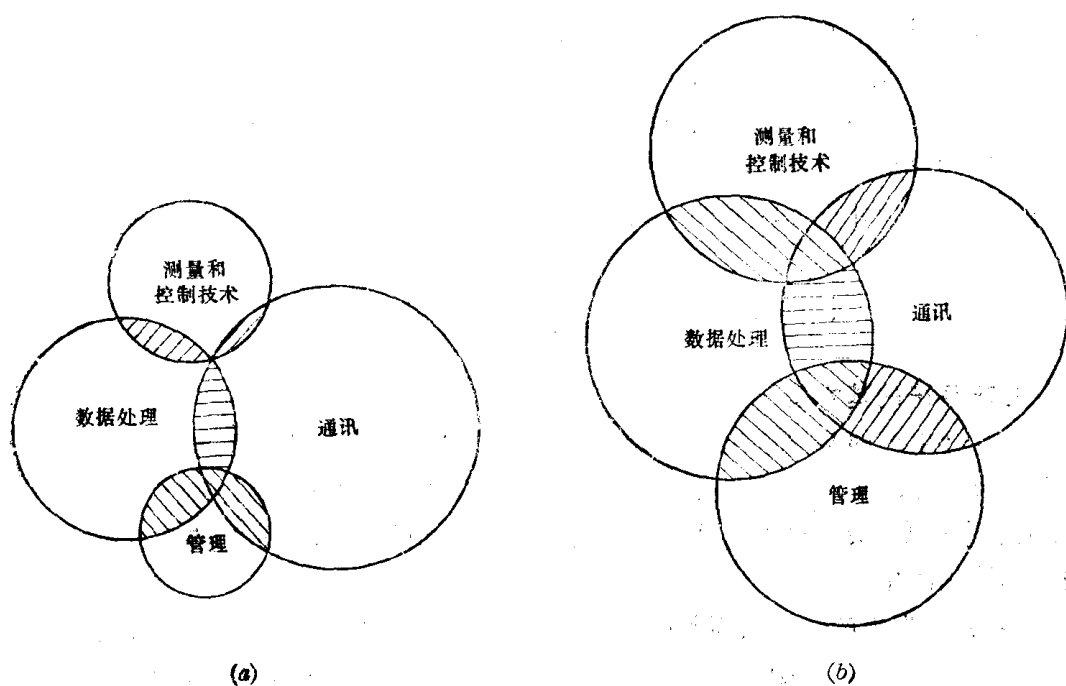


图 1-11 计算机在工业中应用的变化

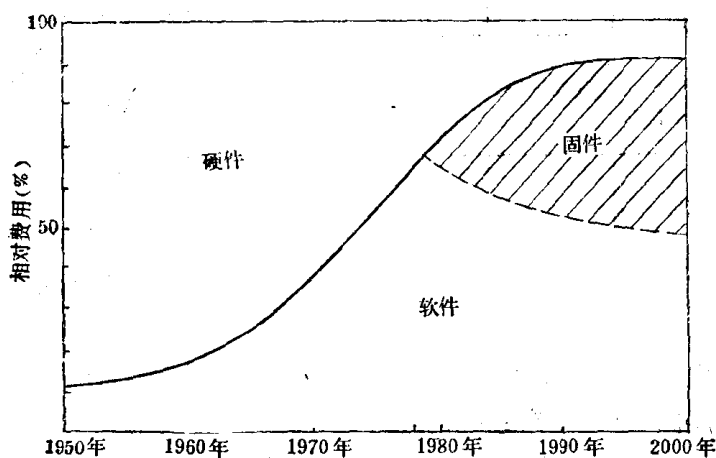


图 1-12 计算机硬件与软件费用比例的变化

块。将这种模块装入计算机，计算机就具有该软件的功能，可以在开机后就进行控制、数据处理或其它操作。现在世界市场上已经有物理、力学（包括流体力学、材料力学等）及飞机工程等方面的各种程序模块出售。有了固件，可节省大量的编程工作时间、能源和费用。当然，不可能把所有程序都做成固件，编程工作在许多情况下仍然需要花费大量的精力，但软件固化肯定是今后的一种发展趋势。

编程方面的另一个重要发展方向是发展语音编程。直到目前为止，人们要使用计算机，必须要遵守计算机的许多规则，受计算机的很多约束。程序设计时，要花费相当多的时间和费用。这些缺点必须设法克服。目前正在发展的语音编程，正是企图改变这种状态的一种好方法。

随着电子语言识别系统的出现，现在已经可以直接利用存储在计算机存储器内的词汇（一般是 30~50 个单词，根据用户需要，词汇可以更换），直接对计算机“讲话”了。可以用语

言的声音向计算机输入数据和程序,命令计算机执行所希望的操作,从而使编程工作变得十分简单,大大节省了编程的时间和费用。

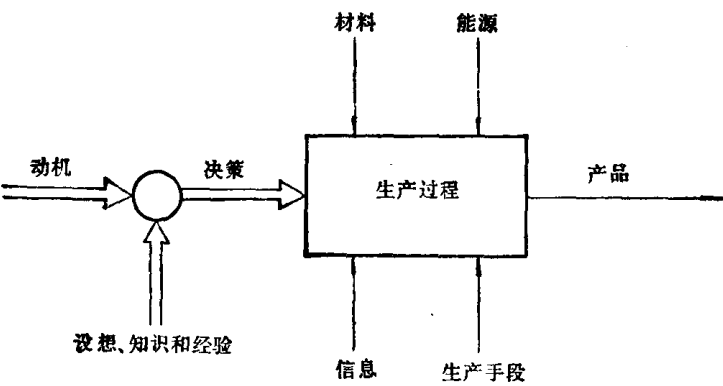
现在世界上有许多语言学家、心理学家以及工程技术人员正在努力进行这项研究工作,并已取得一定的成果。中国科学院声学研究所等单位,在语音编程方面也已开始研究,并取得了可喜的成果。预计不久的将来,语音编程将会得到广泛的应用。

§ 1-3 生产系统和机械制造系统

一、生产系统的基本概念

工厂是社会生产的基层单位。在社会主义国家里,工厂应该根据国家的生产计划、市场供销情况以及自身的生产条件,决定自己生产的产品类型和产量,制订生产计划,进行产品设计、制造、装配等,最后输出产品。所有这些生产活动的总和,用系统的观点看,就是一个具有输入和输出的生产系统。

图 1-13 所示为生产系统最简单的框图。首先要有生产的动机。有了正确的动机,再同



必要的设想、技术知识和经验结合起来,进行生产决策。然后根据这一决策,进行产品设计,安排生产计划,制订生产流程等。在生产过程中,则必须输入材料、能源、信息(如图纸、加工参数、市场情况等)以及生产手段(如机器、厂房、工具等)。把这些综合组织在一起进行生产,最后便得到产品输出。

图 1-14 是一个生产系统的基本框图。虚线框内所表示的是一个生产系统。虚线框外表示生产系统的外界环境。整个生产系统的生产过程分为三个阶段。第一个阶段是决策和控制阶段。在这阶段中,工厂最高决策机构根据生产动机、必要的设想、技术知识、经验以及市场情况,对生产的产品类型、产量等作出决定,同时对生产过程进行指挥和控制。第二阶段是产品设计和开发阶段。第三阶段是产品制造阶段。每个阶段的工作过程中,都需要和数据库交换必要的信息。此外,在第三阶段中,还必须从外部输入能源和材料。经过上述三个阶段的生产活动,系统最后输出所生产的产品。产品输出后,应及时地将产品在市场上的竞争能力、质量评价、改进要求等信息反馈到决策机构,以便于决策机构及时地对生产作出新的决定。

图 1-15 是一个典型的生产系统框图。整个系统分为三级,即决策级(I)、经营管理级(II)和制造级(III)。这三级的职能及其相互关系如下:

决策级: 这是生产的决策机构。它根据生产的动机和市场的情况,加上必要的设想、技术知识和经验进行研究,同时听取管理部门关于经费、材料、市场供销等情况的报告,最后作出关于生产产品的种类、规模等生产决策,并给经营管理部门以政策指示。

经营管理级: 这是生产的决定和指挥机构。它根据决策机构的决策、市场供销情况、总

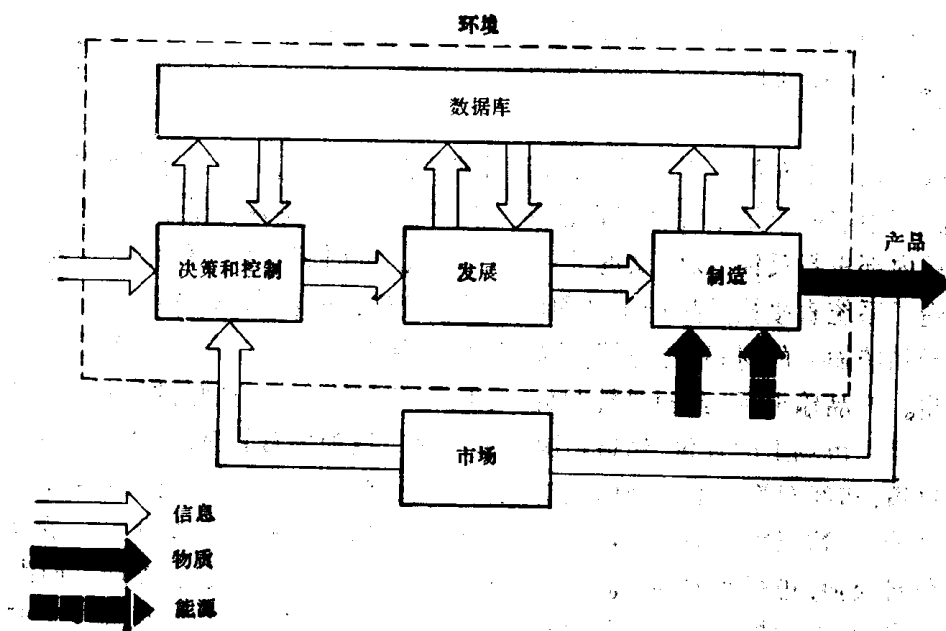


图 1-14 生产系统的基本框图

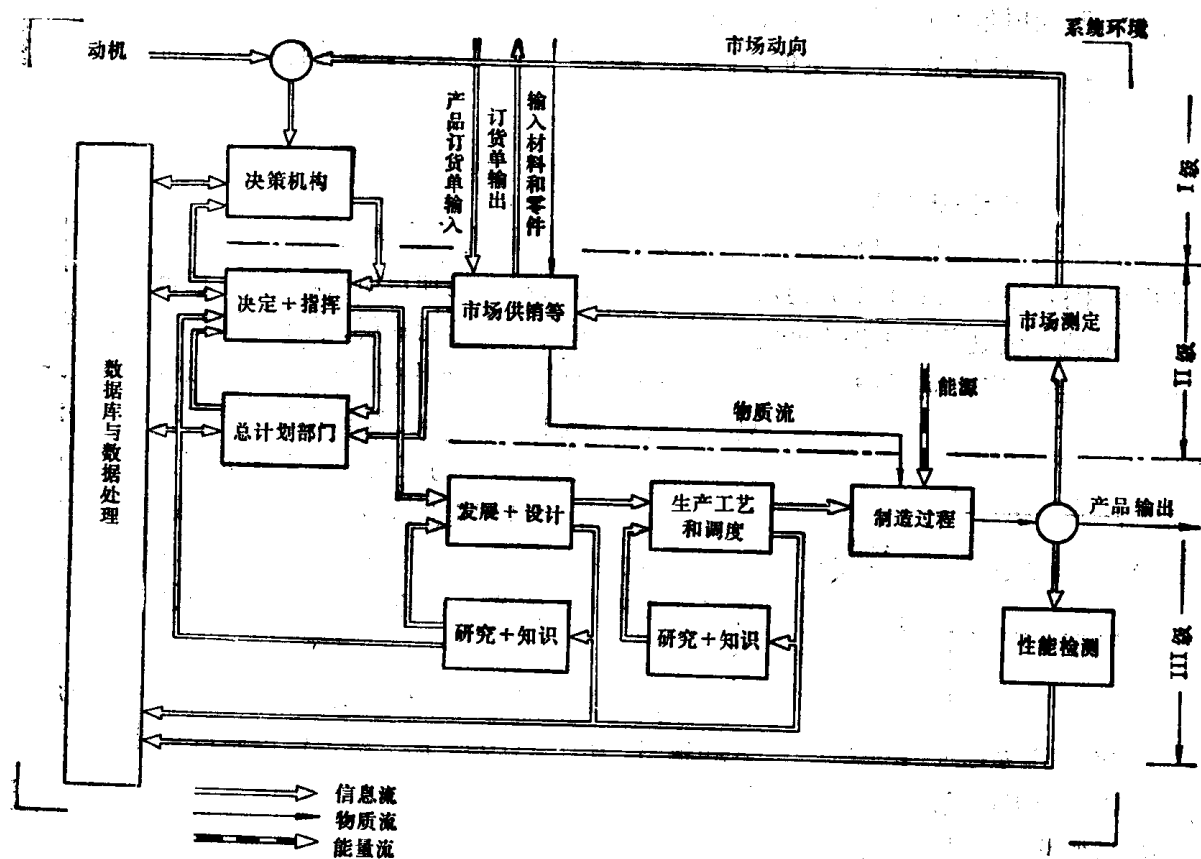


图 1-15 生产系统的典型框图