

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械制造技术基础

张世昌 主编



163

1116-42

2240

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机械制造技术基础

张世昌 主编



A1032645

天津大学出版社

内容简介

本书主要介绍机械制造技术的基础知识、基本理论和基本方法。内容分为7章:包括机械制造基本理论,机械加工方法与机械加工系统、切削原理、机械加工质量分析与控制、机械加工工艺过程设计、机械装配和机械制造技术的最新发展等。

本书主要作为高等学校“机械设计制造及其自动化”专业的教材,也可作为普通高等院校其他相关专业的教材或参考书,还可作为自学考试、职业大学、函授大学相关专业的教材或参考书,亦可供从事机械制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/张世昌主编. —天津:天津大学出版社, 2002.8
ISBN 7-5618-1602-2

I. 机… II. 张… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 039155 号

出版发行	天津大学出版社
出版人	杨风和
地址	天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电话	发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印刷	河北省永清县印刷厂
经销	全国各地新华书店
开本	787mm×1092mm 1/16
印张	17.5
字数	437 千
版次	2002 年 8 月第 1 版
印次	2002 年 8 月第 1 次
印数	1—3 000
定价	24.00 元

前 言

1998 年教育部颁布了新的专业目录,并于 1999 年正式实施。在该专业目录中,将原有的机械设计、机械制造及自动化、机械电子工程、流体传动与控制及汽车与拖拉机等专业均并入“机械设计制造及其自动化”大专业中。新的专业目录的制定和执行是贯彻“通才教育”的一项重要举措,必将对高等教育的改革产生重大影响。

根据“机械设计制造及其自动化”专业的培养目标和业务要求,“机械制造技术基础”是机械制造系列课程中的主干课程,计划学时为 64 学时,与之相配合的还有实验、习题、生产实习及课程设计等教学环节。本书即为该课程的课堂教学而编写的。

编写本书的指导思想是:

①作为一门学科基础课,主要目标是通过本课程的学习,使学生掌握有关机械制造技术的基础知识、基本理论和基本方法,这也是本书的重点内容所在;

②通过本课程的学习及相关的实验、练习、生产实习及课程设计等实践环节的训练,使学生掌握分析和解决有关机械制造问题的基本能力,这是本课程的另一个重要目标,也是本书主要着力点;

③机械制造技术具有极强的实践性特点,为使学生便于掌握课程的基本内容,本书力求理论联系实际,尽可能多地引用典型实例进行分析,以加深对所述内容的理解;

④考虑到当今机械制造技术的迅速发展,本书在重点介绍有关机械制造技术的基础知识、基本理论和基本方法的同时,还兼顾了机械制造领域的最新成就和发展趋势,以使學生通过本课程的学习对机械制造技术的发展有一个全面的了解和正确的认识;

⑤贯彻“少而精”的原则,尽量多用图、表来表达叙述性的内容,力求以较少的篇幅完成对所需内容的介绍。

本书的主要内容包括:制造技术与制造系统的基本概念、机械制造基本理论、机械加工方法与机械加工系统、切削与磨削加工原理、机械加工精度分析与控制、机械加工表面质量的分析与控制、机械加工工艺过程设计、机械装配工艺过程设计、机械制造技术的发展等。

本书由张世昌教授主编。各章编写人员为：第1章张世昌；第2章任成祖、张世昌；第3章任成祖、林滨；第4章倪雁冰、张世昌；第5章张冠伟、张世昌；第6章张世昌；第7章张世昌。全书由曾庆福教授主审。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2002年5月

目 录

第 1 章 机械制造技术概论	(1)
1.1 制造与制造技术	(1)
1.2 制造业的发展及其在国民经济中的地位	(5)
1.3 制造哲理	(7)
1.4 机械制造工艺方法	(22)
思考题	(27)
第 2 章 机械加工方法与机械加工系统	(28)
2.1 机械加工方法与机械加工工艺过程	(28)
2.2 基准与装夹	(37)
2.3 机械加工系统与机床	(39)
2.4 机床夹具	(48)
2.5 切削刀具	(60)
2.6 工件材料的切削加工性	(70)
习题与思考题	(76)
第 3 章 切削原理	(79)
3.1 切屑形成过程	(79)
3.2 切削力	(88)
3.3 切削热与切削温度	(95)
3.4 积屑瘤、残余应力与加工硬化	(98)
3.5 刀具磨损与刀具耐用度	(101)
3.6 切削用量的选择	(107)
习题与思考题	(115)
第 4 章 机械加工质量分析与控制	(116)
4.1 机械加工质量概述	(116)
4.2 工艺系统几何精度对加工精度的影响	(121)
4.3 工艺系统受力变形对加工精度的影响	(135)
4.4 工艺系统热变形对加工精度的影响	(148)
4.5 加工误差的统计分析	(155)
4.6 保证和提高加工精度的途径	(168)
4.7 影响加工表面粗糙度的工艺因素及改善措施	(172)
4.8 影响表层力学物理性能的工艺因素及改善措施	(174)
4.9 机械加工过程中的振动	(180)
习题与思考题	(189)
第 5 章 机械加工工艺过程设计	(192)
5.1 工艺过程设计概述	(192)

5.2 定位基准的选择	(198)
5.3 加工路线的拟定	(201)
5.4 工序尺寸的确定	(205)
5.5 工艺尺寸链	(209)
5.6 工艺过程经济分析	(221)
5.7 计算机辅助工艺过程设计	(225)
习题与思考题.....	(232)
第6章 机械装配	(237)
6.1 机械装配概述	(237)
6.2 装配尺寸链	(243)
6.3 装配工艺规程的制定	(250)
习题与思考题.....	(253)
第7章 机械制造技术的发展	(254)
7.1 机械制造自动化技术的发展	(254)
7.2 精密与超精密加工技术	(257)
7.3 非传统加工技术	(262)
7.4 先进制造技术	(266)
习题与思考题.....	(270)
参考文献	(271)

第 1 章 机械制造技术概论

本章首先介绍大制造的概念,然后从大制造的概念出发介绍与机械制造密切相关的一些制造哲理,最后对机械制造工艺方法进行论述。

1. 1 制造与制造技术

1. 1. 1 制造的含义

制造通常被定义为把原材料通过加工变为产品的过程。但这个定义并不是很确切。实际上对制造存在着多种不同的理解,概括起来主要有两种:一种是广义上的理解,另一种是狭义上的理解。

从广义上理解,制造与生产的定义密切相关。从系统观点出发,生产可被定义为是一个将生产要素转变为经济财富,并创造效益的输入输出系统,见图 1-1。

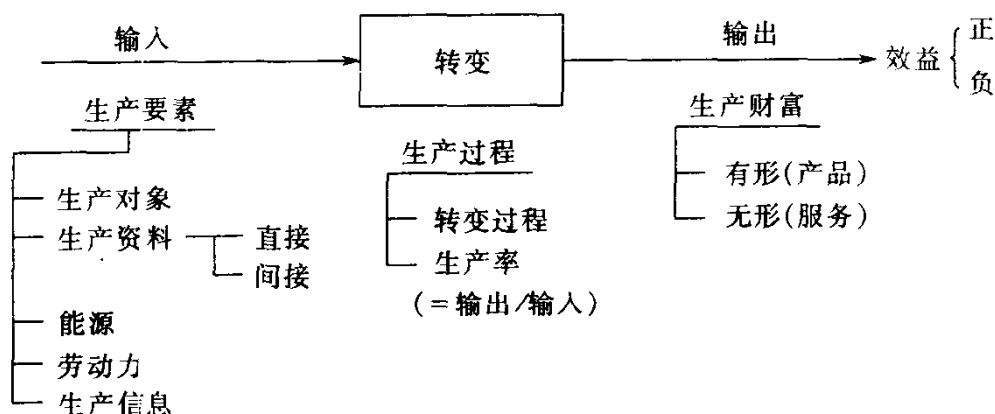


图 1-1 生产的定义

生产系统的输入是生产要素,根据其基本作用可分为五类。

- 1)生产对象 指完成生产活动所需的原材料,包括主要材料和辅助材料。
- 2)生产资料 指生产过程所需的手段,包括直接生产资料(例如设备、工具等)和间接生产资料(如厂房、道路等)。
- 3)能源 指生产过程中所需的动力来源。
- 4)劳动力 指生产过程中,生产者所付出的脑力劳动和体力劳动。
- 5)生产信息 指有效进行生产活动所需的知识、技能、情报、资料等。在科学技术高度发展的今天,生产信息在生产活动中所起的作用越来越大。

在上述五类生产要素中,前三类要素属于硬件范畴,生产信息要素属于软件范畴,而劳动力要素既有硬件特性,又有软件特性。在诸生产要素中,人的要素是最重要的,处于主导地位,其他要素都要通过人来起作用。

生产系统的输出是生产财富,包括有形的财富(产品)和无形的财富(服务)。在创造生产财富的同时,必然伴随着一定的经济效益和社会效益的产生。效益有“正效益”和“负效益”之分:正效益指生产的财富能够满足人们物质生活和精神生活的需要,生产活动本身能够促进社会健康发展;而负效益则指生产活动给社会带来的负面影响,如对于自然生态环境的破坏,各种各样的污染(其中也包括精神污染)等。对于生产活动中的负效益,政府及社会必须加以严格的限制。

如何将生产要素有效地转变成生产财富,是生产活动要解决的基本问题。转变过程效率的度量标准是生产率,生产率可以被定义为系统输出与输入之比。获得尽可能高的生产率,始终是生产经营者追求的目标,也是生产企业在激烈的市场竞争中得以生存和发展的重要条件。

根据生产财富的不同形式,生产可分为工业、农业和服务业三大类。前两者生产的是有形财富,即产品;而后者生产的是无形财富,即服务。

在工业生产中,根据其生产过程的特点,又可分为连续型生产、离散型生产和混合型生产。

1)连续型生产 如石油、化工、冶金、发电等企业,其生产方式为连续型,即从原材料到成品的转变过程呈流水方式,连续不断。连续型生产企业所生产的产品通常是经过加工的、可供其他企业直接使用的原材料或能源。

2)离散型生产 如机械、电子、轻工等企业,其生产的产品由离散的、相互联系的零部件组装而成,最终产品具有直接使用价值。此类生产的转变过程较复杂,生产工序及中间环节较多,工序之间一般有在制品存储,产品生产周期较长,管理难度较大。

3)混合型生产 如食品、造纸等企业,兼有上述两种生产类型的特点,其最终产品一般也具有直接使用价值。

离散型的生产企业及多数的混合型生产企业,由于其产品具有直接使用价值,通常被称为“制造业”。因此,从广义上制造可以理解为离散型和混合型生产,即制造也是一个输入输出系统,其输入是生产要素,输出是具有直接使用价值和离散特征的产品。

这是“大制造”的概念,是对“制造”的广义理解。按照这样的理解,制造应包括从市场分析、经营决策、工程设计、加工装配、质量控制、销售运输直至售后服务的全过程。在当今的信息时代,广义制造的概念已为越来越多的人所接受。

但是,制造也常常被理解为从原材料或半成品经加工和装配后形成最终产品的具体操作过程,包括毛坯制作、零件加工、检验、装配、包装、运输等。这是一个“小制造”的概念,是对“制造”的狭义理解,按照这种理解方式,制造过程主要考虑企业内部生产过程中物料形态的转变过程,即物质流,而较少涉及生产过程中的信息流。

由于在新型的生产模式中,信息流和物质流是一个有机整体的两个侧面,是相互交融和密不可分的,因此狭义理解制造存在着严重不足。尽管如此,从专业和技术的角度出发,制造的狭义理解仍然是合理的,因为物料形态的变化始终是生产活动的核心,如何使物料形态按照人们预期的目标发生转变,是生产技术研究的永恒主题。

1. 1. 2 制造技术

制造技术是完成制造活动所施行的一切手段的总和。这些手段包括运用一定的知识、技能,操纵可以利用的物质、工具,采取各种有效的方法等。制造技术是制造企业的技术支柱,是制造企业持续发展的根本动力。

与大、小制造概念相对应,对于制造技术的理解也有广义和狭义之分。广义理解制造技术涉及生产活动的各个方面和生产的全过程,制造技术被认为是一个从产品概念到最终产品的集成活动,是一个功能体系和信息处理系统。在新的生产模式中,广义理解制造技术得到广泛认同和采纳。

狭义理解制造技术则重点放在加工和装配工艺上,即从原材料或半成品经加工和装配后形成最终产品的过程以及在此过程中所施行的一切手段的总和。狭义理解制造技术主要是从专业和技术角度出发,研究如何使物料形态按照预期的方向发生变化以及如何使这种变化更加有效。

本章主要采用“大制造”的概念,旨在给读者一个全局的观点。而在其余部分内容讨论中,则以“小制造”概念为基础,这是由本课程的内容和性质决定的。

1. 1. 3 制造系统

制造作为一个系统和所有的系统一样,由若干个具有独立功能的子系统构成,见图 1-2。主要子系统及其功能如下。

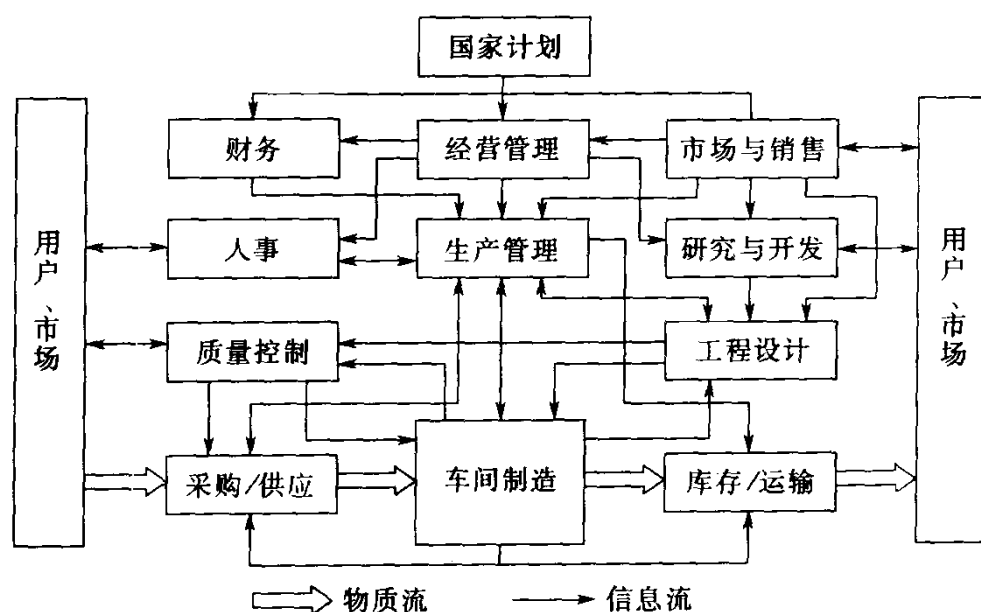


图 1-2 制造系统的结构

- 1) 经营管理子系统 确定企业经营方针和发展方向,进行战略规划、决策。
- 2) 市场与销售子系统 进行市场调研与预测,制定销售计划,开展销售与售后服务。
- 3) 研究与开发子系统 制定开发计划,进行基础研究、应用研究与产品开发。
- 4) 工程设计子系统 进行产品设计、工艺设计、工程分析、样机试制、试验与评价,制定质量保证计划。
- 5) 生产管理子系统 制定生产计划、作业计划,进行库存管理、成本管理、设备管理、工具管理、能源管理、环境管理、生产过程控制。
- 6) 采购供应子系统 负责原材料及外购件的采购、验收、存储。
- 7) 质量控制子系统 收集用户需求与反馈信息,进行质量监控和统计过程控制。
- 8) 财务子系统 制定财务计划,进行企业预算和成本核算,负责财务会计工作。
- 9) 人事子系统 负责人事安排、招工与裁员。
- 10) 车间制造子系统 进行零件加工,部件及产品装配、检验,物料存储与输送,废料存放。

与处理。

制造作为一个系统,具有一般系统的共性,包括结构特性、转变特性、程序特性等。

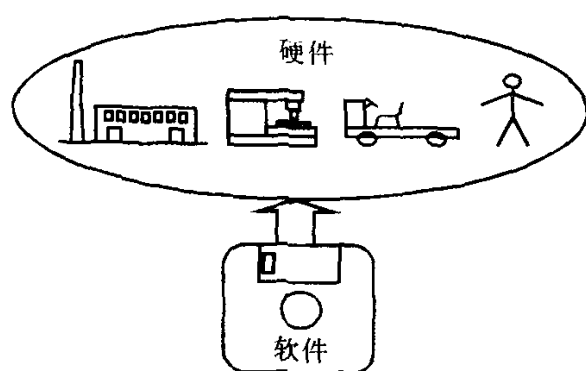


图 1-3 制造系统结构特性

(1)结构特性

制造系统可视为若干硬件(生产设备、工具、运输装置、厂房、劳动力等)的集合体,为使硬件充分发挥效能,必须有软件支持,见图 1-3。工厂设计中,有关人员和设备的合理配置与布局等,即是从系统结构方面对制造系统进行研究。

(2)转变特性

如前所述,制造系统是一个将生产要素转变成离散型产品的输入输出系统,研究制造系统的转变特性,着眼于系统的物质流,见图 1-4。研究系统的转变特性的目的主要是从工程技术角度,如何使转变过程更有效地进行。

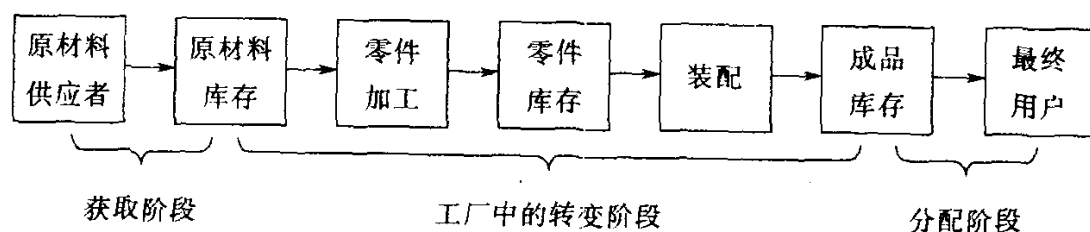


图 1-4 制造系统的物质流

(3)程序特性

所谓“程序”系指一系列按时间和逻辑安排的步骤。从这个意义出发,制造系统可视为是一个生产离散型产品的工作程序,见图 1-5。研究制造系统的程序特性,着眼于制造系统的信息流,主要从管理角度研究如何使生产活动达到最佳化。

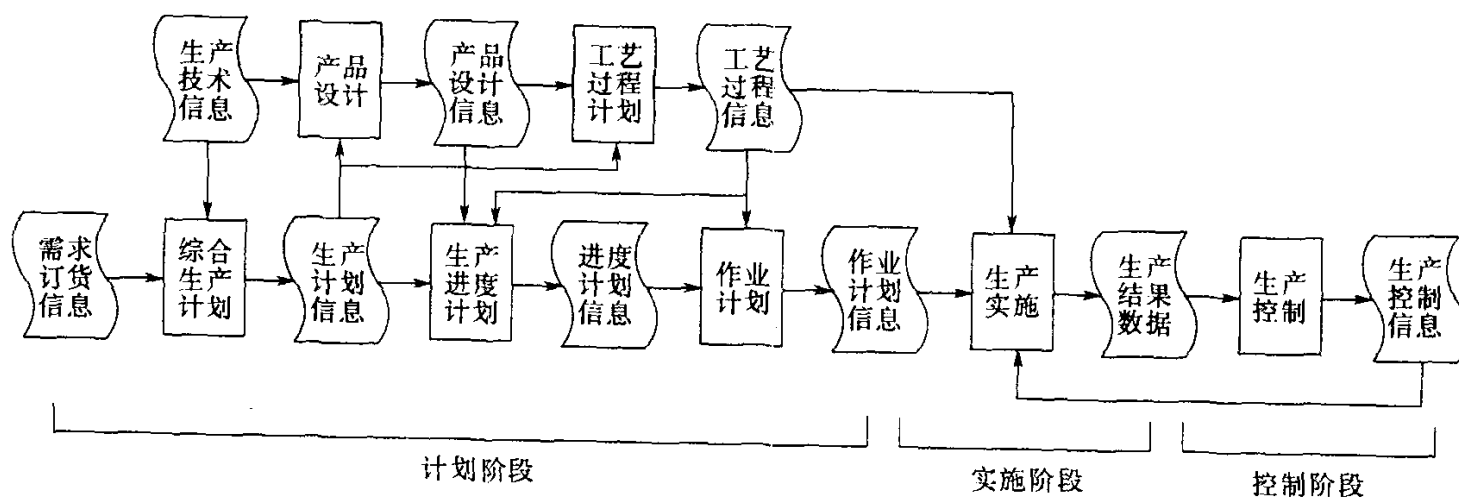


图 1-5 制造系统的程序特性

制造系统的各项功能及其活动按参与生产流程的职能和流向,可概括为物质流和信息流两类,见图 1-2。物质流用于改变物料的形态与地点,信息流用以规划、指挥、协调与控制物料的流动,使制造系统有效地运行。

研究制造系统的体系结构和系统特性,目的都是为了使制造系统中的物质流与信息流有

机地融为一体,使系统的硬件和软件合理地进行匹配,使制造工艺和生产管理紧密地结合起来,以达到系统的最佳配置、最佳组合和最佳运行状态,以获得整体最优效果。这便是从系统的观点和对制造的广义理解出发,研究制造和制造技术的基本思路和方法。

1.2 制造业的发展及其在国民经济中的地位

1.2.1 制造业的发展

人类文明的发展与制造业的进步密切相关。早在石器时代,人类就开始利用天然石料制作工具,用其猎取自然资源为生。到了青铜器和铁器时代,人们开始采矿、冶炼、铸锻,并制作纺织机械、水利机械、运输车辆等,来满足以农业为主的自然经济的需要。在绵延近万年的农业经济发展进程中,制造技术的创新与进步始终是农业生产发展和人类文明进步的支柱和推动力。但由于农业经济本身的束缚,当时的制造业只能采用作坊式手工业的生产方式,生产原动力主要是人力,局部利用水力和风力。

直至18世纪70年代,蒸汽机的改进和纺纱机的诞生,引发了第一次工业革命,产生了近代工业化的生产方式,手工劳动逐渐被机器生产所代替。到了19世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而迎来了电气化时代。以电力作为动力源,使机器的结构和性能发生了重大的变化。与此同时,互换性原理和公差制度应运而生。所有这些使制造业发生了重大变革,并进入了一个快速发展时期。

20世纪初,内燃机的发明,使汽车开始进入欧美家庭,引发了制造业的又一次革命。自动生产线的出现和泰勒科学管理理论的产生,标志着制造业进入了“大批量生产”(Mass Production)的时代。以汽车工业为代表的大批量自动化生产方式使生产率获得极大的提高,从而使制造业有了更迅速的发展,并开始在国民经济中占据主导地位。

第二次世界大战后,通信技术的发展,电子计算机和集成电路的出现,以及运筹学、现代控制论、系统工程等软科学的产生和发展,使制造业产生了一次新的飞跃。传统的自动化生产方式只有在大批量生产的条件下才能实现,而数控机床的出现则使中小批量生产自动化成为可能。科学技术的高速发展,促进了生产力的提高和生产方式的重大变革。市场的全球化和需求的多样化,使得市场竞争日益激烈。传统的大批量生产方式已难以满足市场多变的需要,多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流生产方式。

进入21世纪,制造业将与其他高新技术更加紧密地结合,并不断朝着自动化、精密化、柔性化、集成化、智能化和清洁化的方向发展。

1.2.2 制造业在国民经济中的地位

生产活动是人类赖以生存和发展的最基本活动。如前所述,制造业是生产离散型产品的企业,而离散型产品又是具有直接使用价值的产品,与生产活动和人民生活息息相关。当今制造业不仅是科学发现和技术发明转换为现实规模生产力的关键环节,并已成为为人类提供生活所需物质财富和精神财富的重要基础。良好的人居环境,充分的能源供给,便捷的交通和通信设施,丰富多彩的出版印刷、广播影视和网络媒体,优良的医疗保健手段,可靠的国家和社区安全以及抵抗自然灾害的能力等,均需要制造业的支持。图1-6显示了当今制造业的社会功能。

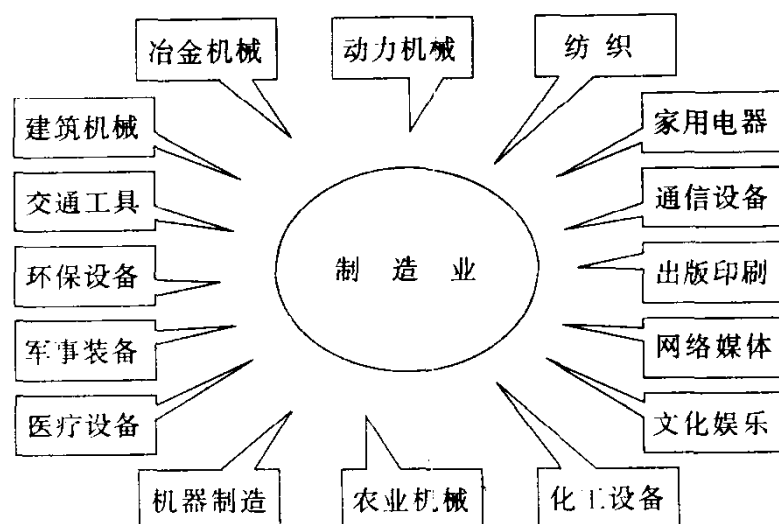


图 1-6 当今制造业的社会功能

制造业及制造技术在国民经济中的地位可以用以下几个简单的数字说明：在先进的工业化国家中，国民经济总收入的 60% 以上来源于制造业。从就业人口比例来看，约有四分之一的人口从事制造业，而在非制造业部门中，又有约半数人员的工作性质与制造业密切相关。据美国国家生产力委员会调查，在企业生产力构成中，制造技术的作用约占 62%。

纵观世界各国，任何一个经济强大的国家，无不具有发达的制造业，许多国家的经济腾飞，制造业功不可没。其中，日本最具有代表性。第二次世界大战后，日本先后提出“技术立国”和“新技术立国”的口号，对制造业的发展给予了全面的支持，并抓住制造领域的关键技术——精密工程、特种加工和制造系统自动化，使日本在战后短短 30 年里，一跃成为世界经济大国。

与此相反，美国自 20 世纪 50 年代以后，曾在相当一段时间内忽视了制造技术的发展。美国政府历来主张产业技术通过市场竞争，由企业自主发展，而很少进行干预和给予必要的支持。美国学术界则只重视理论成果，忽视实际应用，一部分学者还错误地认为制造业是“夕阳工业”，主张将经济重心由制造业转向高科技产业和第三产业。结果导致美国经济严重衰退，竞争力明显下降，贸易逆差大增，日本家电、汽车大量涌入并占领了美国市场。直到 20 世纪 80 年代初，美国政府才开始认识到问题的严重性。白宫的一份报告指出：美国在重要的、高速增长的技术市场上失利的一个重要原因是没有把自己的技术应用到制造业上。自此，美国政府在进行深刻反省之后，重新确立了制造业的地位，并对制造业给予了实质性的和强有力的支持，制定并实施了一系列振兴美国制造业的计划。其效果十分显著，截至 1994 年，美国汽车产量超过了日本，并重新占领了欧美市场。

1. 2. 3 我国机械制造业面临的机遇和挑战

在整个制造业中，机械制造业占有特别重要的地位。因为机械制造业是国民经济的装备部，国民经济各部门的生产水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所提供的装备的技术性能、质量和可靠性。因而，各发达国家都把发展机械制造业放在了突出位置。

我国是一个文明古国，在机械制造领域有着悠久的历史。早在 50 万年以前的远古时代，我们的祖先就已开始使用石器和钻木取火的工具。公元前两千年左右，制成了纺织机械，并出现可转动的琢玉工具。车（旋）削加工和车床雏形在我国出现也早于欧洲近千年。到了明代（公元 1368～1644 年），在古天文仪器加工中，已采用铣削和磨削加工方法，并出现了铣床、磨

床和刀刃磨机床的雏形。

但近百年来,由于帝国主义的入侵和腐朽的半封建半殖民地的社会制度,严重束缚了中国社会的发展,使中国几千年的文明失去了光芒。中华人民共和国成立以前,中国的机械制造业基础十分薄弱。从1865年清政府在上海创办机械制造局起到1949年近百年间,全国只有屈指可数的少数城市有一些机械工厂,且只能修配和生产一些简单的机电产品。

解放后的50年间,我国机械制造业有了很大发展,开始能够独立自主地生产汽车、机床、飞机、工程机械、农业机械、石油化工机械、仪器仪表等重要机械产品,并初步形成了一个门类比较齐全、具有一定规模和技术水平的机械制造工业体系。特别是改革开放以来,我国机械制造业充分利用国内外两方面的资金和技术,进行了较大规模的技术改造,使制造技术、产品质量和水平及经济效益有了很大的提高,为推动国民经济发展起了重要作用。

但与工业发达的国家相比,我国制造业的水平还存在阶段性的差距。主要表现在产品质量和水平不高,技术开发能力不强,基础元器件和基础工艺不过关,生产率低下,科技投入严重不足等。例如,我国机械制造业拥有三百多万台机床和二千多万职工,堪称世界之最。但由于产品结构和生产技术相对落后,致使我国许多高精尖设备和成套设备仍需大量进口,机械制造业人均产值仅为发达国家的几十分之一。

面对越来越激烈的国际市场竞争,我国机械制造业面临着严峻的挑战。我们在技术上已经落后,加上资金不足,资源短缺,以及管理体制和周围环境还存在许多问题,都需要改进和完善。当今,制造业的世界格局已经和正在发生重大的变化,欧、亚、美三分天下的局面正在形成,世界经济重心开始向亚洲转移,制造业的产品结构、生产模式也在迅速变革之中。所有这些又给我们带来了难得的机遇。挑战与机遇并存,我们必须正视现实,面对挑战,抓住机遇,深化改革,把握方向,奋发图强,以使我国的机械制造业在不太长的时间内赶上世界先进水平。

1.3 制造哲理

本节从“大制造”的概念出发,阐述对整个制造过程具有全局性指导意义的一些重要制造哲理。

1.3.1 批量法则(Batch Rule)

1. 大批量生产方式的产生

工业革命以后至20世纪初,以机器代替人力成为生产的主要方式,大大促进了生产力的发展,并形成了现代意义上的机械制造业。但生产方式仍以作坊式的单件生产为主,由于机器精度不高,产品质量主要靠从业人员的技艺来保证,故称为“技艺”型生产时代。此时的工厂组织结构仍较分散,管理层次仍较简单,通常由业主或代办直接与顾客、雇员和协作商联系。这种生产方式的生产率仍然较低,且生产周期较长,产品价格居高不下。

20世纪初,美国福特汽车公司首先在底特律建立了世界上第一条自动生产线,标志着大批量生产方式的开始。由于机器精度的提高,工件加工质量容易得到保证,工人的技艺变得不再那么重要了。加上互换性原理的推行,汽车装配不再使用锉刀或刮刀,工人只需进行一些诸如按按钮、拧螺丝、焊接、涂漆等基本操作。装配流水线按一定的节拍运转,每个工人日复一日地重复一种简单的机械动作,完成一种固定的操作。与“技艺”型生产方式相比,在大批量生产

方式下,多数从业人员不再需要很高的技术水平,而只需进行简单的培训,即可上线工作。这种生产方式大大缩短了生产周期,提高了生产效率,降低了生产成本,并使产品质量容易得到保证。大批量生产方式的推行,促进了生产力的巨大发展,使美国一跃成为世界一流经济强国。大批量生产方式也一度成为先进生产力的代表和当代工业化的象征。

2. 大批量生产的特点及批量法则

大批量生产与多品种、中小批量生产相比具有以下特点。

①生产的产品产量大而品种少,重复生产一种或少数几种相类似的产品,工艺过程和生产条件稳定,大多数工人固定地完成一、两道工序,专业化程度高。

②多采用专用、高效设备和工艺装备,生产过程机械化、自动化程度及设备利用率较高,生产周期较短,零件加工质量易于保证。

③工人作业分工细,多数工人长期从事一两种简单和重复性的操作,对工人的技术水平要求不高。

④产品设计通用化、系列化、标准化程度高,零件互换性好,广泛采用互换装配法装配。

⑤产品社会需求量大,需求稳定。企业根据用户需求和科技发展水平,进行产品设计和制造。订货程序通常是先设计、生产,再面向用户。

⑥按对象组织专业化生产,多采用流水生产、自动生产线等生产组织形式,生产计划细致周密,生产过程易于控制。

⑦毛坯制作广泛采用金属模机器造型、压铸、精铸、模锻、精锻等方法,毛坯精度高,加工余量小,材料利用率高。

由于以上特点,使得大批量生产可以获得较高的生产效率和较低的生产成本。当市场竞争以产品质量和生产成本为决定因素时,大批量生产方式显示了巨大的优越性。与中小批量生产相比,大批量生产可取得明显的经济效果,这就是所谓的“批量法则”。

批量法则以成本分析为基础。产品在其全生命周期内的总生产成本

$$C_A = C_D + B \cdot C_B + B \cdot Q \cdot C_S \quad (1-1)$$

式中 C_A ——产品全生命周期总成本;

C_D ——生产某种产品所需一次性费用;

B ——产品全生命周期内生产批数;

C_B ——生产某种产品每批次所需的费用;

Q ——批量;

C_S ——生产某种产品的单件费用。

其中一次性费用系指产品开发与研制费用(市场调研、产品设计、样机试制、修改设计等),工艺过程设计与工艺装备(包括专用设备)设计费用,工艺装备(包括专用设备)制造费用等;而每批次费用指机床的调整、工夹具的准备与调整等费用。

单件费用的构成较为复杂,各企业的计算方法也不完全一致。但通常分为两部分,即直接成本和间接成本。直接成本系指与零件或产品制造直接有关的那一部分成本,如材料费,直接生产工人工资及工资附加费,设备使用费(设备动力费、设备维护保养费、工艺辅助材料费、设备附带工具消耗和保养费等)及折旧费,工夹具使用费及折旧费等。直接费用在一定范围内随产品产量的变化而成比例变化。间接成本系指与零件或产品生产过程没有直接关系的那一部分成本,如均摊到每件产品上的行政人员、管理人员、工程技术人员的工资,厂房维护及折旧费

用,销售费用(销售人员工资、广告费、交际费、外勤费等),企业办公费用及其他杂费等。在通常情况下,间接成本与产量关系不大。单件费用可近似表示为

$$C_S = C_{VM} + C_{VP} + C_{VE} + C_{VT} + \frac{C_1}{B_1 \cdot Q} \tag{1-1a}$$

- 式中 C_{VM} ——每件产品材料费;
 C_{VP} ——直接生产每件产品的工人工资及工资附加费;
 C_{VE} ——均摊到每件产品上的设备使用费及设备折旧费;
 C_{VT} ——均摊到每件产品上的工夹具使用费及工夹具折旧费;
 C_1 ——均摊到每种产品上的全年间接费用;
 B_1 ——年投产批数。

单件产品生产成本计算公式为

$$C_P = \frac{C_D}{B \cdot Q} + \frac{C_B}{Q} + C_S \tag{1-2}$$

由式(1-2)可得,单件产品生产成本图解近似为一双曲线,见图 1-7。由图可见,产品生产批量越大,单件产品生产成本越低。进一步分析可见,图中 AB 段对应于生产批量很小或生产批量远低于设计水平,设备负荷很低的情况,此时年产量的微小变化将引起单件产品生产成本的很大变化。而图中 CD 段曲线已趋近于水平线,此时生产批量的变化对单件产品生产成本的影响很小。对应于一定的生产规模和设备投资,存在着一个合理的最小生产批量 Q_{OP} (图中 C 点对应的生产批量)。当 $Q < Q_{OP}$ 时,单件产品成本将增加;而当 $Q > Q_{OP}$ 时,单件产品成本虽可减小,但减小幅度很小。此时若要进一步降低成本,则应扩大生产规模和增加设备投资。

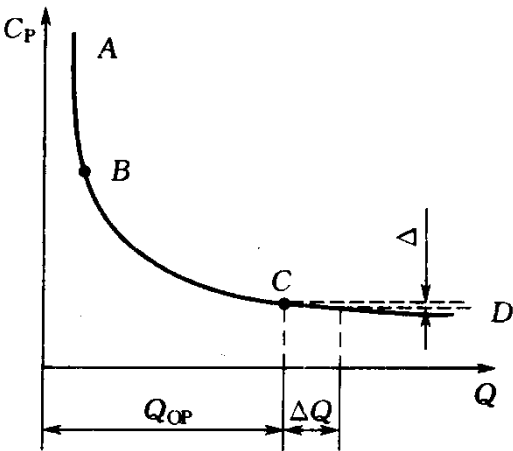


图 1-7 单件产品成本与生产批量关系

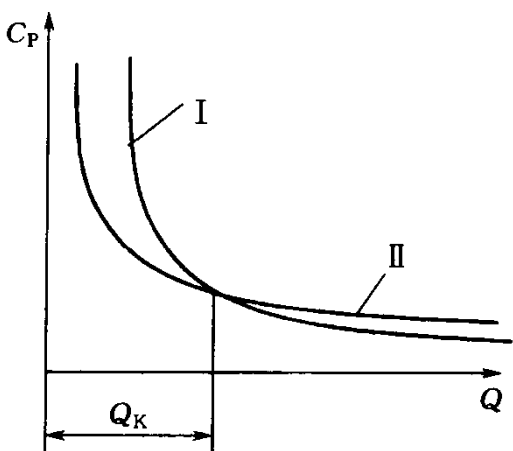


图 1-8 不同设备投资方案单件产品
生产成本比较

图 1-8 显示了两种不同生产规模和设备投资方案所对应的单件产品生产成本随生产批量变化的情况。图中曲线 I 对应的设备投资和生产规模较大的方案,而曲线 II 对应的设备投资和生产规模较小的方案。由图可见,当 $Q > Q_K$ 时,采用曲线 I 的生产规模和设备投资方案,可获得更低的单件产品生产成本;而当 $Q < Q_K$ 时,则采用方案 II 更合理。

对于某一特定的产品,根据其生命周期、复杂程度和制造过程所需的设备等因素,存在一个合理年产量的临界值。比较多种生产规模和设备投资方案,可确定出这个临界值,即最小年产量的合理数值。当产品年产量高于这个数值,才能获得较低生产成本,产品才有竞争力。

3. 专业化协作与扩散生产

根据批量法则,为了取得良好的经济效益,除合理地扩大产品的产量外,组织专业化协作生产是一种行之有效的方法。

我国过去一直按“全能工厂”模式进行工业建设,工业企业或是“大而全”,或是“小而全”。实践表明,这种生产模式投资大,效率低,管理困难,经济效益差。究其原因,这种全能工厂模式不符合“批量法则”。为扩大生产批量,提高工作地专业化程度,应全面理解和实施“批量法则”。通常可采取如下方法。

①在全面规划、统筹安排的原则下,积极开展和大力推进工业生产的专业化协作,包括产品专业化、零部件专业化、工艺专业化和辅助生产专业化等多种形式的生产协作,以减少重复生产,增加同类产品的产量。

②根据市场需求,进行产品结构分析,改进产品设计,加强产品及零部件系列化、标准化、通用化工作。合理减少零部件种类,扩大同类零部件产量,并广泛采用标准件和通用件。

③采用成组技术(详见 1.3.2 节),按零件工艺相似性,组织同类型零件的集中生产,实施成组工艺。

④加强生产计划、作业计划和生产调度工作,力求做到“同期大批量、少品种”安排。改善生产过程组织,按对象专业化原则建立生产单位,改进劳动组织,增加必要的设备和工人,提高工作地专业化水平。

专业化协作与扩散生产可以有多种形式,经常采用以下形式。

①组织各种专业化的基础零部件生产厂,如紧固件、液压件、气动件、密封件、减速机、变速箱、齿轮、离合器、传动轴等。这些基础零部件需求量较大,通用化、标准化程度较高,宜组织专业化生产。各企业应根据本企业和专业厂的情况,尽可能采用协作生产方式。

②本地区、行业集中组织专业化的铸造厂、锻造厂等毛坯生产厂。各主机厂和零部件厂不设毛坯生产车间,而与生产毛坯的专业化工厂协作。

③根据地区不同条件,可将中小件生产扩散至地方中小企业或乡镇企业进行,主机厂应致力于主要关键零部件的生产和整机装配。

④实行工艺性协作,如电镀、热处理等。

⑤设备大修、工模具的制造等,采用协作方式解决。

⑥氧气、乙炔、二氧化碳、煤气等动力来源实行协作供应。

⑦组织厂外运输能力的协作。

⑧食堂、托儿所、招待所等生活福利设施实行社会化。

在市场经济条件下,专业化协作与扩散生产的有关各方以共同获得利益为基础而联系在一起。主机厂和协作厂完全是一种经济的关系,主机厂可以根据质量、价格、交货期等条件,自由选择配套厂,相互关系不一定长期不变。配套厂为了能长期稳定用户,必须千方百计提高服务质量,满足主机厂的要求。主机厂为了获得稳定的、优质配套件供应,也要给配套厂技术上和经济上的支持和指导,以建立长期、稳固的协作关系。

1.3.2 成组技术(Group Technology —— GT)

1. 成组技术的由来和发展

随着市场需求多样化和多变性的不断增长,多品种、中小批量生产在各类机器生产中所占