

高职高专机电类专业“十一五”规划教材



机械制造技术

JIXIE ZHIZAO JISHU

主编 游煌煌



郑州大学出版社

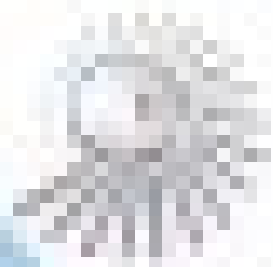
机械工业出版社 (机械工业出版社)



机械制图技术

机械工业出版社

机械工业出版社



机械工业出版社

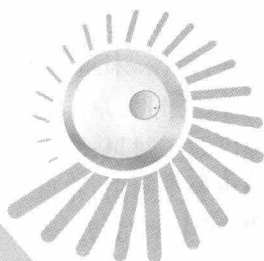
高职高专机电类专业“十一五”规划教材



机械制造技术

JIXIE ZHIZAO JISHU

主编 游煌煌



 郑州大学出版社

内容简介

本书从对机械制造过程的全面了解和其在国民经济中的地位入手,以制造过程基本理论为基础,介绍机械制造过程中常用的工艺装备和加工方法。全书共分10章,内容包括:绪论、机械制造概述、机械加工装备、金属切削规律与控制、金属切削规律的应用、典型表面的加工、机械加工质量分析、机械加工工艺规程的制定、典型零件的加工、机械制造技术的发展。本书既可作为高职高专机电类专业的教材,也可作为相关专业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/游焯焯主编. —郑州:郑州大学出版社,2008.9
高职高专机电类专业“十一五”规划教材
ISBN 978-7-81106-898-6

I. 机… II. 游… III. 机械制造工艺-高等学校:技术
学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第128836号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路40号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

开封市精彩印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:26.5

字数:631千字

版次:2008年9月第1版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

1/16

印次:2008年9月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-81106-898-6

定价:42.00元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 游煌煌

副主编 仲崇生

编 委 (以姓氏笔画为序)

仲崇生 李 军 何予鹏

孟雅俊 黄梦真 景红芹

游煌煌

在21世纪,制造业是发达国家现在和未来经济繁荣重要的动力。制造业在发达国家的科技研发投入、引进新产品、增加产值、提高生产力、扩大就业和产品出口方面发挥着重要作用。我国的机械制造业正处于跨跃式发展阶段,急需一大批掌握设计、制造、操作等方面知识较全面的人才。由于制造技术涉及的内容极其广泛,包括机床设备、工艺装备、材料、产品、零件、毛坯、标准规范等信息,同时现代制造科学发展迅速,学科跨度大,要赶上时代发展的步伐,必须在保证掌握基础知识的前提下,尽量做到全面了解新知识,学习和融入新内容。

本教材是在认真总结高职高专教育教学改革经验的基础上,根据企业生产对应用型高等技术人员在机械制造技术方面的要求,以培养技术应用能力为出发点,对机械制造过程及其重要性进行了全面阐述。学习机械制造技术时,应以掌握工艺概念、成形理论和切削理论的基础知识为重点,尽量全面了解常用典型机床、刀具、夹具的组成及工作原理,了解典型零件表面加工方法、典型零件的制造工艺、典型加工方法所能达到的经济精度以及保证零件加工质量的方法等。只有在掌握和理解基本机械制造方法及所用机床、刀具和夹具原理的基础上,才能进一步将所学的基本知识应用于不断变化的加工对象上,才能在实际生产中不断创新工艺方法、解决新问题,并随时更新知识、掌握制造技术在国内外的动态。

作者在写作中,总结了多年的教学经验,突出基础知识,着重培养学生基本素质,在阐明原理的基础上,着重表现技术的应用性,把握全面理解基础知识和重点掌握的关系,使学生在有限的时间内,获得必要的知识和实际应用能力。书中带“*”部分内容可根据学时和实际情况作为选学或了解内容。

本教材编写分工为:游煌煌,编写第1、2、4、5、10章;仲崇生,编写第3章第1、2节;何予鹏,编写第3章第3节;李军,编写第6章第1~3节和第7章第1节;黄梦真,编写第7章第2节和第8章;景红芹,编写第6章第4、5节,第9章第4、5节;孟雅俊,编写第9章第1~3节。

前 言

在本教材编写过程中,得到了有关院校、企业专家和学校领导及同事们的大力支持和帮助,并提出了许多宝贵建议,在此向他们表示衷心的感谢。

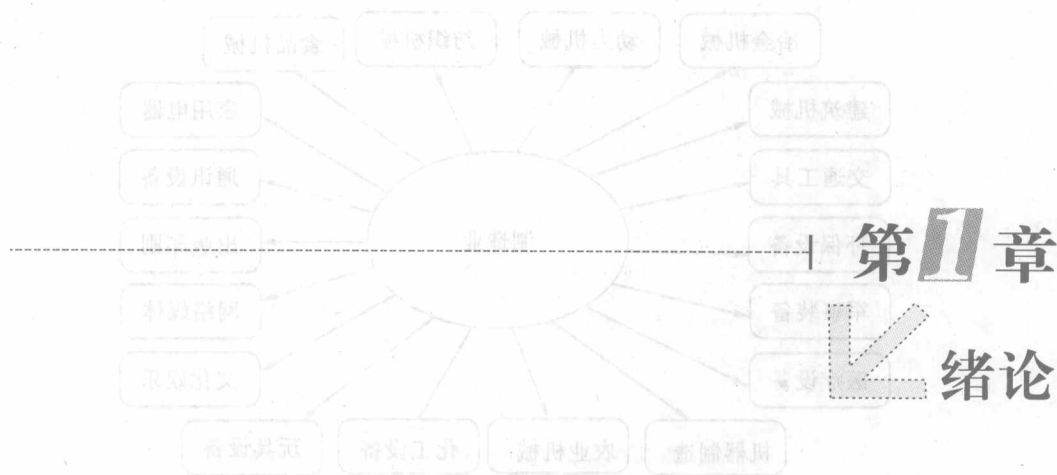
由于我们水平有限,编写时间紧迫,书中难免存在不妥之处,恳请各兄弟院校的专家、同行和广大读者批评指正。

编者

2008年3月

第1章 绪论	1
1.1 机械制造业在国民经济中的地位和作用	1
1.2 机械制造业的发展	3
1.3 本课程的主要内容和学习方法	5
第2章 机械制造概述	7
2.1 机械产品的开发与构成	9
2.2 制造过程与生产组织	11
2.3 获得零件的基本方法	19
2.4 切削的基本定义	23
第3章 机械加工装备	38
3.1 金属切削机床	38
3.2 常见切削刀具	69
3.3 机床夹具	97
第4章 金属切削规律与控制	134
4.1 金属切削过程与切屑类型	134
4.2 切削力	143
4.3 切削热与切削温度	150
4.4 刀具的磨损、破损及耐用度	157
第5章 金属切削规律的应用	165
5.1 刀具材料及选择	165
5.2 工件材料切削加工性的改善	171
5.3 切削液的机理、分类及选用	174
5.4 金属切削条件的合理选择	178
5.5 切屑的控制	187
5.6 磨削过程与磨削机理	190
第6章 典型表面的加工	197
6.1 外圆表面的加工	197
6.2 内孔表面的加工	209

6.3	平面加工	221
6.4	螺纹的加工	230
6.5	渐开线齿面的加工	237
6.6	特种加工制造技术简介	252
第7章	机械加工质量分析	262
7.1	机械加工精度	262
7.2	机械加工表面质量	287
第8章	机械加工工艺规程的制定	299
8.1	概述	299
8.2	零件图的分析	303
8.3	零件毛坯的选择	308
8.4	工件定位基准的选择	311
8.5	工艺路线的拟定	315
8.6	加工余量和工序尺寸的确定	321
8.7	机床和工艺装备的选择	329
*8.8	专用夹具装置设计方法	330
8.9	机械加工中的生产率和经济性	334
8.10	CAPP 简介	336
第9章	典型零件的加工	340
9.1	轴类零件的加工	340
9.2	套筒类零件的加工	356
9.3	箱体零件的加工	363
9.4	机体零件的加工	377
9.5	叉杆类零件的加工	382
第10章	机械制造技术的发展	390
10.1	机械制造系统自动化	391
10.2	精密和超精密加工	406
10.3	可持续发展制造	409
	参考文献	415



第1章

绪论

1.1 机械制造业在国民经济中的地位和作用

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造技术是研究这些机械产品的加工原理、工艺过程和方法以及相应设备的一门工程技术。机械制造技术的发展水平和它所提供的专用和通用设备,从一定意义上讲,决定着其他产业的发展水平。

从人类的起源开始,制造就与我们的日常生活息息相关。制造是创造人类物质财富的源泉。原材料经过制造就变成具有一定功能的零件,简单的产品由单个零件组成,如螺钉、螺母等,而绝大多数产品如自来水笔、洗衣机、冰箱、汽车的发动机、大型飞机等,需要先制造出几个零件到几百甚至几百万个零件后,再经过装配制造成所需要的产品。

所有产品的制造都要从产品的设计、原材料的选择到根据企业所具备生产工具和条件安排将其如何变成所需要的产品等方面着手。现代生活中,制造业是全面建设小康社会的支柱产业,也是国家高技术产业的基础和国家安全的重要保障。在这个领域中,聚集了当代科学技术发展的成果,也是当代科学技术在实际应用中的体现。它更是市场产品更新、生产发展、市场竞争的重要手段。

机械制造业是国民经济的基础和支柱,是向其他各部门提供工具、仪器和各种机械技术装备的行业。机械制造业发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一,因为有些产品虽然可以设计出来,但是由于制造水平的限制,很难制造出达到产品设计所需要的功能水平。一个国家经济的独立性和工业自力更生的能力也在很大程度上取决于制造技术水平。在国际国内的激烈竞争中,一个企业如果具有适应市场要求的快速响应能力,并能为市场提供优质的产品,就具备了市场竞争能力非常重要的因素,而快速响应市场能力和产品质量的提高,主要取决于企业的制造技术水平。因此,一个国家的制造技术水平越高,其人民的生活水平就越高。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,而且已成为为人类提供生活所需的物质财富和精神财富的重要基础。制造业在社会中的作用见图 1.1。

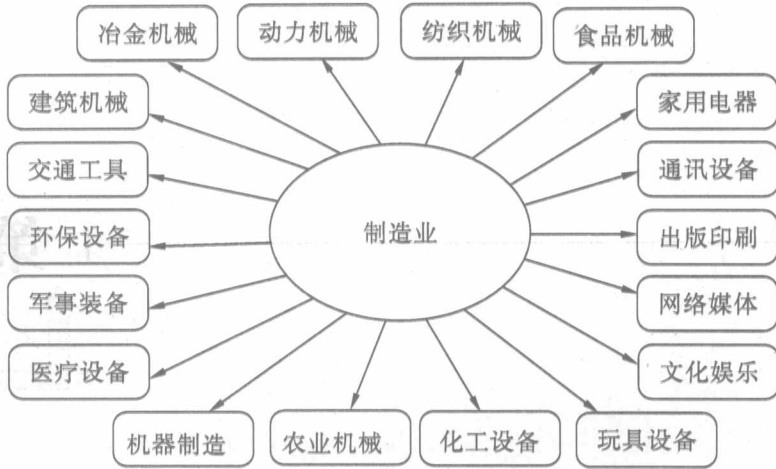


图 1.1 制造业在社会中的作用

在先进的工业化国家中,美国 60% 以上的财富来源于制造业,约有 1/4 的人口从事制造业,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。

制造过程不仅包含将原材料直接改变形状和尺寸的加工过程,也包含将其变为具有特定功能且可以使用的产品,更重要的是通过制造可以使原材料具有一定的附加值,从而在市场中获得利润。例如作为原材料的黏土,原本具有的价值有限,但是当黏土经过制造变成可以切削加工金属的陶瓷刀具或电器绝缘产品后,就使黏土的附加值大大提高。甚至有些经过制造的产品会成为高附加值产品,如计算机芯片、齿轮和发动机箱体零件等。因此,通过机械制造可以创造价值。

机械制造过程是一个较复杂的过程,其涉及范围广且内容丰富。它不但包含了产品设计、加工设备及工具的使用,还包括生产调度、材料的选用、原材料及设备采购、制造工艺的安排、生产过程控制、营销策略、交货方式和售后服务等。

我国机械工业的主要任务是为国民经济各个部门的发展提供所需的各类先进、高效、节能的新型机电装备,并努力提高质量,保证交货期,积极降低成本,使我国机械加工工业提高到新的水平。

我国是制造大国,但各地区制造业发展水平还不平衡,经济处于工业化的发展中期,要成为制造强国还任重道远。为了提高经济实力,我国的战略目标是在 2020 年基本实现工业化。目前我们的制造技术基础薄弱,创新能力还不够强,产品技术含量还有待提高,制造过程中资源、能源消耗较大,污染也较严重。鉴于以上状况,为了提高我国的中制造业水平,国务院在 2006~2020 年《国家中长期科学和技术发展规划纲要》对我国制造业的发展思路是:

(1) 提高装备设计、制造和集成能力。以促进企业技术创新为突破口,通过技术攻关,基本实现高档数控机床、工作母机、重大成套技术装备、关键材料与关键零部件的自主设计制造。

(2) 积极发展绿色制造。加快相关技术在材料与产品开发设计、加工制造、销售服务

及回收利用等产品全生命周期中的应用,形成高效、节能、环保和可循环的新型制造工艺,使制造业资源消耗、环境负荷水平进入国际先进行列。

(3)用高新技术改造和提升制造业。大力推进制造业信息化,积极发展基础原材料,大幅度提高产品档次、技术含量和附加值,全面提升制造业整体技术水平。

1.2 机械制造业的发展

制造业对我国国民经济的重要作用不容置疑,而先进的制造技术是保障制造业高水平持续快速发展的基础。机械制造科学的发展是支撑和产生先进制造技术理论、方法和技术的基石。

1.2.1 机械制造业发展的特征

(1)将传统制造技术的工艺方法贯穿于从产品设计、加工制造到产品销售及使用维护等全过程,成为“市场—产品设计—制造—市场”的大系统;

(2)从学科专业单一、界限分明,向各专业、学科间不断交叉融合,其界限逐渐淡化甚至消失方向发展;

(3)引入计算机技术、传感技术、自动化技术、新材料技术以及管理技术等,与传统制造技术相结合,使制造技术成为一个能驾驭生产过程的物质流、信息流和能量流的系统工程;

(4)重视工程技术与经营管理的结合,重视制造过程组织和管理体制的简化及合理化,追求生产规模的扩大与最佳技术经济效果,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,并取得理想的技术经济效果。

1.2.2 机械制造业发展的主要表现

首先,机械制造与现代设计技术的结合日益密切。包括:采用产品动态分析和设计,产品摩擦学设计,产品防蚀设计,产品可靠性、可维护性及安全设计,产品优化设计,智能设计等;大量运用计算机技术,进行产品造型和工艺设计,进行工程计算分析、模拟仿真,进行多变量动态优化,达到整体最优功能目标,实现设计自动化;采用中国民族特色与世界流派相结合的造型设计,增强产品的国际竞争力。

其次,对传统的制造工艺技术不断优化,发展现代单晶、掺杂、扩散、离子注入、外延、溅射、化学沉积(CVD)、光刻、表面贴装、自动化组装和纳米制造工艺等,在此基础上使传统工艺提升改进、集成组合,如离子植入和等离子掺杂技术、薄膜沉积技术和激光热处理技术。依托精密加工技术,在摩擦学、表面工程、真空工艺、焊接技术、热处理等传统领域普遍应用的工艺技术基础上,针对新需求做到更精细、更实用、更完善。

第三,制造自动化技术普遍采用机电设备工具取代或放大人的体力,甚至取代和延伸人的部分智力,自动完成特定的作业,包括物料的存储、运输、加工、装配和检验等各个生产环节的自动化。制造自动化技术涉及数控技术、工业机器人技术和柔性制造技术,是机械制造业最重要的基本技术之一。其目的在于减轻劳动强度、提高生产效率、减少在制品



数量、节省能源消耗以及降低生产成本。

第四,运用现代管理技术使企业在从市场开发、产品设计、生产制造、质量控制到销售服务等一系列的生产经营活动中,将制造资源即材料、设备、能源、技术、信息以及人力等进行总体配置优化和充分利用,采取各种计划、组织控制及协调的方法和技术使企业的质量、成本、交货期等综合效益得到提高。

另外,新型的现代生产制造系统是面向企业生产全过程,将现代信息技术与生产技术相结合的一种新思想,其功能覆盖企业的预测、产品设计、加工制造、信息与资源管理直至产品销售和售后服务等各项活动,是制造业的综合自动化的新模式。其最大的特点是柔性渗透到企业的各个方面,包括计算机集成制造系统(CIMS)、敏捷制造系统(AMS)、智能制造系统(IMS),以及精益生产(LP)、并行工程(CE)等先进的生产组织管理和控制方法。

机械科学与信息科学、生命科学、材料科学、管理科学的学科交叉是机械工程科学发展的趋势,也是现代制造科学形成和发展的必由之路。生物科学、信息科学、纳米科学、制造科学和管理科学是21世纪的主流科学,与此相关的五大技术及其产业将改变我们的世界。

20世纪90年代以来,各发达国家和地区,如美国、日本、欧共体、德国等,都针对先进制造技术的研发提出了国家级发展计划,旨在提高本国制造业的国际竞争能力。我国对制造自动化技术的研究十分重视,近年来已在研究和应用上做了大量工作。例如,国家863计划CIMS主题专门设置了“制造自动化”技术专题,围绕制造自动化主题做了大量研究。

从全球范围来看,一个更加激烈的竞争环境正在形成,消费者的价值观正发生结构性变化,呈现出多样化和个性化的发展。与此同时,随着更加广泛范围内持续变化的新产品流的出现,市场演变和变革更加迅速,消费者不仅要求购置高质量、低成本和高性能的产品,而且希望产品恰好体现其个性,满足其对产品的独特感受。新的质量概念意味着满足消费者心理上对一个产品的要求,让用户使用产品时觉得是一种享受。在未来消费者导向的时代,如何对市场环境的急剧变化做出快速反应,即掌握用户需求、有效地生产和提供令用户满意的产品和服务,是21世纪制造业面临的挑战。其特点如下。

(1) 产品开发周期缩短,进入市场更加快捷。这是市场和用户消费观的要求,也是赢得竞争的关键。从美国制造业策略的变化——从21世纪50年代的“规模效益第一”,经过70~80年代的“价格竞争第一”和“质量竞争第一”,发展到90年代的“市场速度第一”——可以看出制造业的发展趋势是:时间因素被提到首要位置。

(2) 具备基本竞争能力,提高市场占有率。基本竞争能力是指:

- 1) 时间竞争能力:产品上市快,生产周期短,交货及时;
- 2) 质量竞争能力:产品性能可靠,用户使用满意;
- 3) 价格竞争能力:产品生产成本低,销售价格适中;
- 4) 创新竞争能力:产品有特色,生产有柔性,竞争有策略。

其中最重要的能力是创新竞争能力。企业的创新不仅指产品设计和生产工艺上的创新,还包括制造观念的更新,组织和经营的重构,资源、技术和过程的重组。其综合创新能力是推动企业发展的动力和手段。

(3) 生产过程更加精良,时间成本消耗降低。产品开发、生产、销售、维护过程更加简化,生产工序更加简单,从而降低成本,提高劳动生产率,缩短上市时间。

(4) 柔性程度大幅提高,以应对瞬变难测的市场。由于市场情况瞬息万变,很难预测,企业不仅要具备技术上的柔性,还要具备管理上的柔性和人员组织上的柔性,通过快速改造或重组来捕捉不可预见的机会。

(5) 全面理解产品质量,保证产品生命周期。产品质量的完整概念是顾客的满意度。可靠性仅是质量的一个指标,具备一定的使用寿命也是产品质量的一个方面。可以将产品质量全面理解为:用户占有并使用产品的一种综合主观反映。它包括可用、实用、耐用、好用、宜人。它是产品整个生命周期内的产品、服务和信息的动态组合,以达到逐步代替单纯的产品买卖和有限的担保关系。

(6) 人员素质全面提高,体现信任协作精神。由于制造业要求全体职员具有更高的技术、管理和协作素质,每个人都应掌握多种技术,胜任多种工作,对企业状况和市场环境有一定的了解,员工之间要有高度的信任和协作精神,充分发挥企业的群体优势。

(7) 智能制造全面渗透,采用信息技术预测市场。信息技术与制造技术的进一步融合将传感技术、计算机技术、软件技术“嵌入”了制造业。在产品设计和制造过程中广泛应用人工智能技术,可使各种设备的智能化程度大大提高。网络信息化可为制造企业的设计、生产、管理与营销等提供跨地域的运行环境,使制造业走向全球化、整体化和有序化,提高对海量和不完整信息的处理能力,以及相互间的主动协调和协同能力。

(8) 注重资源回收利用,绿色制造全面实施。面对日趋严峻的资源和环境约束,世界各国都在制定可持续发展规划,推行绿色制造技术:德国制定了《产品回收法规》,日本等国提出了减少、再利用及再生的3R(reduce、reuse、recycle)战略,欧盟将颁布“汽车材料回收”法规,美国提出了再制造(remanufacturing)及无废弃物制造(waste-free process)的新理念。例如,美国现在汽车工业零件的75%是回收再利用制成的。绿色制造技术不只是从考虑环境出发,而是包括资源、环境和就业三个方面的可持续发展。

(9) 企业组织横跨地区,虚拟公司动态联盟。互联网为虚拟或动态联盟的实现提供了基础,使制造分布范围更广,并行化、集成化程度更高,不仅包括信息、技术的集成,而且包括管理、人员和环境等。中小企业加入动态联盟公司也可以参与全球的市场竞争。它把分散在不同地区的现有生产设备资源、智力资源和各种核心能力,按资源优势互补的原则,迅速地组合成一种没有围墙的、超越空间约束的、靠电子手段联系的、统一指挥的经营实体——网络联盟企业,以便快速推出高质量、低成本的新产品,迅速占领市场。

机械制造业发展的总趋势是信息化、柔性化、敏捷化、智能化、绿色化和微型化。

1.3 本课程的主要内容和学习方法

1.3.1 主要内容

任何产品的制造,一是要满足零件使用的质量和物理性能要求,二是要尽量满足生产时消耗物质和劳动量最少,即生产率高、成本低,或者说是优质、高产、低消耗。为了适应



制造技术的发展趋势,机械类专业的学生必须具有合理的知识结构并且不断地更新自己的知识才能与时俱进。本课程内容是专业知识结构中机械技术知识的重要组成部分,其中包括制造过程的生产形式、使用的工具设备、常用的加工方法、影响工件加工质量的因素、提高生产率和降低生产成本的途径。

1.3.2 学习方法

通过本课程的学习,应掌握制造技术的基本加工技术和基本理论,再通过相关课程的学习,进一步掌握先进制造技术的有关知识,从而为将来胜任不同职业和不同岗位上的专业技术工作、掌握先进制造技术应用手段、具备突出的工程实践能力奠定良好的基础。由于本课程涉及的内容较庞杂,知识面广,并随着生产的发展在不断地变化,所以在学习过程中应该注重不断联系生产和生活实际。本课程是长期生产实践的理论总结,只有通过教学、录像或到工厂去观察实际加工,结合动手操作,才能加深对知识内容的理解。学习时应注意以下几点:

- (1)掌握机械制造过程中表面成形、切削加工和工艺系统的基础理论;
- (2)掌握常用加工方法及工艺装备的基本知识和基本理论;
- (3)掌握常用加工方法的综合应用,初步掌握工艺装备的选用;
- (4)了解现代制造技术的知识、应用和发展;

思考与练习

- 1. 机械制造在国民经济中的地位和作用如何?
- 2. 如何学习机械制造技术?

第2章

机械制造概述

机械制造可以简单地理解为将原材料转变为产品的全过程,包括生产准备、毛坯制作、零件加工、检验、装配、包装运输等。

在现代的生产模式中,信息流和物质流是密不可分的。随着科学技术的发展和市场需求的变化,现代制造正在不断吸收信息论、控制论、材料学、能源及管理等技术成果,并将其综合应用于从产品设计、加工制造到产品销售及售后服务等生产活动的全过程,形成了制造系统的概念。一个产品制造的全过程如图 2.1 所示。



图 2.1 机械制造过程

从广义上讲,机械制造的过程可以理解为是将社会资源(物料、能源、设备、信息、人力等)转化为产品的全过程。它是一个综合的系统,也可以将制造系统理解为是覆盖产品全生命周期的制造活动所构成的系统,即设计、制造、装配、营销直至再回收利用的全过程,见图 2.2。

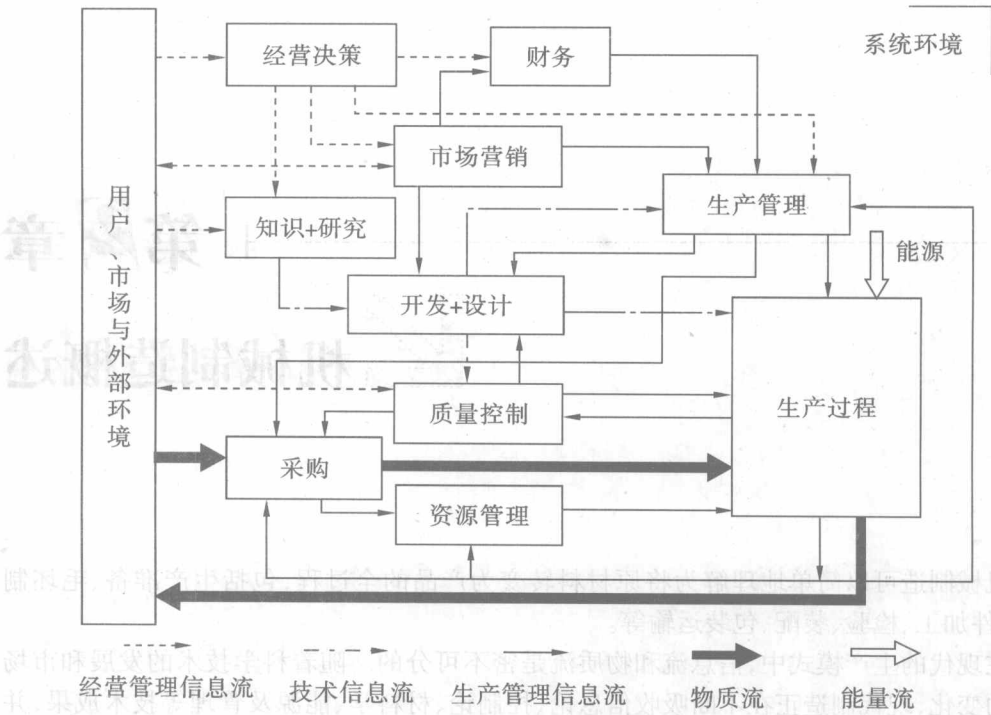


图 2.2 制造系统功能模式

在制造系统中,实现经营决策的目的是对企业所要生产的产品进行战略规划、决策,确定企业经营方针和发展方向。市场营销是指在以顾客需求为中心的思想指导下,企业所进行的有关产品调研预测、销售、进入流通领域的方式和售后服务等与市场有关的一系列经营活动。开发和设计的主要目的是针对企业的发展前景制订开发计划,进行产品的基础性研究、应用性研究和新产品标准设计、成熟产品外观设计、产品成本核算、舒适度设计、售后服务开发等。生产管理是对作业执行计划、原料及产品库存等进行控制,是对生产设备、工具、能源、环境等的资源管理。生产过程是把产品设计的技术信息转化为实际产品的关键,它对经营决策后果的实现具有至关重要的影响。生产过程的具体内容包括原材料的运输保管和准备、毛坯制造、零件制造过程、部件及产品装配、检验、物料存储、质量检验和喷漆包装等工作。

由于计算机的广泛应用,以及自动控制、自动检测等技术深入加工领域,使制造过程自动化程度不断提高。为了实现制造系统最佳化,不能只考虑从毛坯加工到各工序加工、存储和检测的物质流动过程(也称为“物质流”),还必须充分重视并合理编制加工工艺文件、数控程序和适应控制模型等,从而形成资源共享,达到控制物质系统工作的信息流程(称为“信息流”)。在对待自然资源上,要进行合理的开发利用,全面考虑可持续发展制造和虚拟制造问题,节约能源并合理利用能源成为当今制造业应该注重的能量流动(也称“能量流”)问题。