



应用型本科规划教材

MECHANICAL
MANUFACTURE ENGINEERING

机械制造工程学

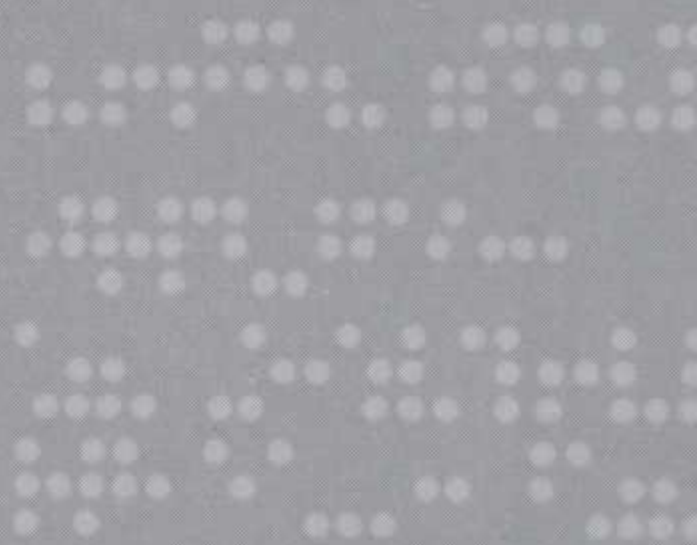
◆ 主 编 马 光
副主编 修树东 贾志欣
孙树礼 沈剑英



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

应用型本科院校机械专业规划教材

- * 控制工程基础
- * 机械工程测试技术及应用
- * 公差配合与检测技术基础
- * 工程材料及成形技术基础
- * 机械制造工程学
- * 数控技术与数控机床
- * 数控机床操作与编程实践教程
- * 液压和气压传动与控制
- * 机械设计实践与指导
- * 机械制图
- * 机械制图习题集



ISBN 978-7-308-05798-1



9 787308 057981 >

定价：29.00元



应用型本科规划教材

机械制造工程学

主 编 马 光

副 主 编 ~~马 修~~ 树 东 贾 志 欣

马 树 礼 沈 剑 英

浙江大學出版社

内 容 提 要

本书为应用型本科教材。全书共分为八章,内容包括机械制造概论、机械制造过程基础知识、金属切削原理、切削机床与刀具、机械加工工艺规程制定、机械加工质量、机械装配工艺和先进制造技术等。

本书从应用型人才培养要求出发,以机械制造工艺过程为主线,将其所涉及的金属切学基本理论、机床、刀具、夹具等基本知识进行合理整合,突出应用型人才培养要求。

本书可作为应用型本科院校机械工程及自动化、机械设计制造及自动化、工业工程、材料成型及控制工程等专业的教材,也可供从事机械制造行业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程学 / 马光主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2008. 1
ISBN 978-7-308-05798-1

I. 机… II. 马… III. 机械制造工艺—高等学校—教材
IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 011128 号

机械制 造 工 程 学

马 光 主 编

丛书策划 樊晓燕
责任编辑 王 波 王元新
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>
<http://www.press.zju.edu.cn>)
电话: 0571—88925592, 88273066(传真)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江中恒世纪印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 19
字 数 463 千
版 印 次 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数 0001—3000
书 号 ISBN 978-7-308-05798-1
定 价 29.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

应用型本科院校机械专业规划教材

编委会

主任 潘晓弘

副主任 刘 桦 陈俊龙 胡夏夏

委员 (以姓氏笔画为序)

马 光 文和平 孙树礼

朱根兴 张玉莲 张 伟

张美琴 陈志平 胡国军

徐 立

总 序

近年来我国高等教育事业得到了空前的发展,高等院校的招生规模有了很大的扩展,在全国范围内涌现了一大批以独立学院为代表的应用型本科院校,这对我国高等教育的全方位、持续、健康发展具有重大的意义。

应用型本科院校以着重培养应用型人才为目标,开设的大多是一些针对性较强、应用特色明确的本科专业,但与此不相适应的是,作为知识传承载体的教材建设远远滞后于应用型人才培养的步伐。应用型本科院校所采用的教材大多是直接选用普通高校的那些适用于研究型人才培养的教材。这些教材往往过分强调系统性和完整性,偏重基础理论知识,而对应用知识的传授却不足,难以充分体现应用类本科人才的培养特点,无法直接有效地满足应用型本科院校的实际教学需要。对于正在迅速发展的应用型本科院校来说,抓住教材建设这一重要环节,是实现其长期稳步发展的基本保证,也是体现其办学特色的基本措施。

浙江大学出版社认识到,高校教育层次化与多样化的发展趋势对出版社提出了更高的要求,即无论在选题策划,还是在出版模式上都要进一步细化,以满足不同层次的高校的教学需求。应用型本科院校是介于普通本科与高职之间的一个新兴办学群体,它有别于普通的本科教育,但又不能偏离本科生教学的基本要求,因此,教材编写必须围绕本科生所要掌握的基本知识与概念展开。但是,培养应用型与技术型人才又是应用型本科院校的教学宗旨,这就要求教材改革必须有利于进一步强化应用能力的培养。

为了满足当今社会对机械工程专业应用型人才的需要,许多应用型本科院校都设置了相关的专业。而这些专业的特点是课程内容较深、难点较多,学生不易掌握,同时,行业发展迅速,新的技术和应用层出不穷。针对这一情况,浙江大学出版社组织了十几所应用型本科院校机械工程类专业的教师共同开展了“应用型本科机械工程专业教材建设”项目的研究,共同研究目前教材的不适应之

处,并探讨如何编写能真正做到“因材施教”、适合应用型本科层次机械工程类专业人才培养的系列教材。在此基础上,组建了编委会,确定共同编写“应用型本科院校机械工程专业规划教材”系列。

本套规划教材具有以下特色:

在编写的指导思想上,以“应用型本科”学生为主要授课对象,以培养应用型人才为基本目的,以“实用、适用、够用”为基本原则。“实用”是对本课程涉及的基本原理、基本性质、基本方法要讲全、讲透,概念准确清晰。“适用”是适用于授课对象,即应用型本科层次的学生。“够用”就是以就业为导向,以应用型人才为培养目的,达到理论够用,不追求理论深度和内容的广度。突出实用性、基础性、先进性,强调基本知识,结合实际应用,理论与实践相结合。

在教材的编写上重在基本概念、基本方法的表述。编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,注重基本概念,追求过程简明、清晰和准确,重在原理,压缩繁琐的理论推导。做到重点突出、叙述简洁、易教易学。还注意掌握教材的体系和篇幅能符合各学院的计划要求。

在作者的遴选上强调作者应具有应用型本科教学的丰富的教学经验,有较高的学术水平并具有教材编写经验。为了既实现“因材施教”的目的,又保证教材的编写质量,我们组织了 two 支队伍,一支是了解应用型本科层次的教学特点、就业方向的一线教师队伍,由他们通过研讨决定教材的整体框架、内容选取与案例设计,并完成编写;另一支是由本专业的资深教授组成的专家队伍,负责教材的审稿和把关,以确保教材质量。

相信这套精心策划、认真组织、精心编写和出版的系列教材会得到广大院校的认可,对于应用型本科院校机械工程类专业的教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会主任 潘晓弘

2007年1月



前 言

随着科技的进步和生产的发展,机械产品和机械制造技术的内涵正在不断地发生变化,工程技术人员应从机械工程的角度系统地掌握机械制造过程中所涉及的基本知识和基本理论,这就要求高等学校在教学安排上进行相应的调整,形成新的课程体系结构。

本书正是为适应这种变革的需要而编写,其以机械制造工艺过程为主线,将其所涉及的金属切削学基本理论、机床与刀具、夹具、加工和装配工艺规程的制定、机械加工质量的控制等基本知识进行合理整合,减少了繁琐的理论推导,减少了不必要的重复,增加了图表的感性表达,增加了制造的新技术和新理念,突出了应用型人才培养的要求,使学习者既能掌握一定的基础知识,又能开阔一定的视野。

本书第一章和第八章由温州大学马光编写,第二章由浙江大学城市学院孙树礼编写,第三章由浙江林学院修树东编写,第四章由浙江大学宁波理工学院贾志欣编写,第五章由浙江嘉兴学院沈剑英编写,第六章由浙江绍兴文理学院魏宏玲编写,第七章由浙江海洋学院朱从容编写。本书由马光任主编,修树东、贾志欣、孙树礼和沈剑英任副主编。主编对全书进行了总体规划、统稿和校稿。全书由浙江大学狄瑞坤主审,他对本书的整体结构和编写内容等方面提出了许多宝贵的意见。

本书在编写过程中得到了许多专家、学者的大力支持,参考了许多专家、学者的有关文献。温州大学郑文参与了本书的校稿工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平所限,书中的缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008年1月

目 录

第 1 章 机械制造概论	1
1.1 机械制造与机械制造技术	1
1.1.1 机械制造与制造技术	1
1.1.2 机械制造的类型	1
1.1.3 机械制造技术的范畴	2
1.2 机械制造过程与机械制造系统	3
1.2.1 机械制造过程	3
1.2.2 机械制造系统	4
1.3 机械制造技术的地位及发展	5
1.3.1 机械制造技术的地位	5
1.3.2 现代制造技术的发展方向	5
1.4 本课程的研究内容与学习方法	7
1.4.1 本课程的内容与学习要求	7
1.4.2 本课程的学习方法	7
第 2 章 机械制造过程的基础知识	8
2.1 机械制造工艺方法与过程	8
2.1.1 零件加工工艺方法分类	8
2.1.2 工序的定义和工艺规程	10
2.1.3 生产纲领与生产类型	11
2.2 基准与装夹	12
2.2.1 基准的概念	12
2.2.2 装夹的概念	12
2.2.3 设计基准与工艺基准	12
2.2.4 定位原理和定位类型	14
2.2.5 定位方式和定位元件	16
2.2.6 定位误差计算	23
2.2.7 工件夹紧	27

2.3	机械加工工艺系统	30
2.3.1	机械加工工艺系统的组成	30
2.3.2	机床的分类和型号表示方法	30
2.3.3	机床的组成、工艺范围与参数	33
2.3.4	夹具的分类与组成	35
2.3.5	刀具的分类	36
2.3.6	刀具的几何参数	36
2.3.7	刀具材料	40
第3章	金属切削过程的基本规律及其应用	43
3.1	金属切削的变形过程	43
3.1.1	金属切削变形过程的基本特征	43
3.1.2	变形区的划分和切屑的形成过程	44
3.1.3	切削变形程度的表示方法	45
3.1.4	前刀面的挤压与摩擦	47
3.1.5	积屑瘤的形成及其对切削过程的影响	50
3.1.6	切屑的类型与控制	52
3.1.7	影响切削变形的主要因素	55
3.2	切削力	56
3.2.1	切削力的来源与分解	56
3.2.2	切削力的计算公式	57
3.2.3	影响切削力的因素	60
3.3	切削热与切削温度	62
3.3.1	切削热的产生与传出	62
3.3.2	切削温度对切削加工过程的影响	62
3.3.3	切削温度的测量及分布规律	63
3.3.4	影响切削温度的因素	65
3.4	刀具磨损和刀具使用寿命	66
3.4.1	刀具的失效形式	66
3.4.2	刀具磨损的原因	68
3.4.3	刀具磨损过程及磨钝标准	69
3.4.4	刀具使用寿命	70
3.5	切削条件的合理选择	72
3.5.1	工件材料的切削加工性的改善	73
3.5.2	刀具合理几何参数的选择	74
3.5.3	切削用量的选择	77
3.5.4	切削液的选择	80
3.6	磨削原理	82
3.6.1	砂轮的特性与选择	82

3.6.2	磨削运动与磨削过程	84
3.6.3	磨粒的切削厚度	86
3.6.4	磨削力与磨削温度	87
第4章	金属切削机床与刀具	90
4.1	车床与车刀	90
4.1.1	车床概述	90
4.1.2	CA6140型卧式车床的组成	90
4.1.3	车刀	111
4.2	铣床与铣刀	113
4.2.1	铣削加工	113
4.2.2	铣刀	115
4.2.3	铣床	117
4.3	齿轮加工机床与刀具	119
4.3.1	齿轮机床类型与齿轮的加工方法	120
4.3.2	Y3150E型滚齿机	121
4.3.3	齿形的其他加工方法	129
4.4	孔加工刀具	131
4.4.1	孔加工特点与分类	131
4.4.2	钻孔	132
4.4.3	扩孔	136
4.4.4	铰孔	137
4.4.5	镗孔	138
4.4.6	拉孔	139
4.4.7	珩磨孔	142
4.5	磨削加工与磨床	143
4.5.1	磨床的应用范围	143
4.5.2	磨削加工类型	144
4.5.3	M1432A型万能外圆磨床	147
4.6	数控机床与加工中心	148
4.6.1	数控机床	148
4.6.2	加工中心	149
第5章	机械加工工艺规程制定	151
5.1	制定机床加工工艺规程的方法和步骤	151
5.1.1	工艺规程的作用与形式	151
5.1.2	工艺规程的设计原则与步骤	153
5.2	定位基准的选择	155
5.2.1	精基准选择原则	155

5.2.2	粗基准选择原则	156
5.3	工艺路线的制定	157
5.3.1	经济加工精度	157
5.3.2	加工方法的选择	159
5.3.3	加工阶段的划分	160
5.3.4	加工顺序的安排	162
5.3.5	工序的集中与分散	163
5.4	加工余量、工序尺寸及其公差的确 定	164
5.4.1	加工余量的概念	164
5.4.2	影响加工余量的因素	165
5.4.3	加工余量的确定	166
5.4.4	工序尺寸的确定	166
5.5	工艺尺寸链	167
5.5.1	直线尺寸链的基本计算公式	168
5.5.2	直线尺寸链在工艺过程中的应用	171
5.5.3	工序尺寸与加工余量计算的图表法	174
5.6	工艺过程的经济分析	176
5.6.1	时间定额	176
5.6.2	提高生产率的工艺途径	177
5.6.3	工艺方案的比较和技术经济分析	180
5.7	计算机辅助工艺过程设计	183
5.7.1	CAPP 的基本概念	183
5.7.2	CAPP 的类型和工作原理	183
5.7.3	CAPP 的关键技术	188
第 6 章	机械加工质量及质量控制	192
6.1	机械加工精度及表面质量的概念与意义	192
6.1.1	机械加工精度及表面质量的概念	192
6.1.2	加工误差的来源	193
6.1.3	误差敏感方向	194
6.1.4	表面质量对零件使用性能的影响	194
6.2	工艺系统几何因素对加工精度的影响	196
6.2.1	加工原理误差	196
6.2.2	机床的几何误差	196
6.3	工艺系统受力变形对加工精度的影响	202
6.3.1	工艺系统刚度的概念及计算	202
6.3.2	机床部件刚度	204
6.3.3	工艺系统刚度对加工精度的影响	206
6.3.4	减少工艺系统受力变形对加工精度影响的措施	208

6.3.5 工件残余应力引起的变形	210
6.4 工艺系统热变形对加工精度的影响	212
6.4.1 工艺系统的热源	212
6.4.2 工艺系统的热平衡	213
6.4.3 工件热变形引起的加工误差	213
6.4.4 机床热变形对加工精度的影响	214
6.4.5 减少工艺系统热变形对加工精度影响的措施	215
6.5 工艺系统质量控制及加工误差统计分析	217
6.5.1 加工误差的分布规律	217
6.5.2 加工误差的统计分析方法	218
6.6 机械加工表面质量的影响因素及控制措施	230
6.6.1 表面粗糙度的形成	230
6.6.2 影响表面粗糙度的工艺因素及改善措施	231
6.6.3 磨削加工后的表面粗糙度	232
6.6.4 表面冷作硬化	233
6.6.5 影响表面金属残余应力的因素及控制措施	235
6.6.6 磨削烧伤、磨削裂纹及控制措施	237
第 7 章 机械装配工艺	239
7.1 概 述	239
7.1.1 机器的装配过程	239
7.1.2 装配过程的组织形式	240
7.2 装配精度与保证装配精度方法	241
7.2.1 装配精度	241
7.2.2 装配尺寸链	242
7.2.3 保证装配精度的装配方法	245
7.3 装配工艺规程制订	252
7.3.1 装配工艺规程制订的原则和基本内容	252
7.3.2 装配工艺规程的内容	253
7.3.3 装配工艺规程制订的步骤	253
第 8 章 先进制造技术	257
8.1 精密与超精密加工技术	257
8.1.1 概 述	257
8.1.2 超精密加工刀具	258
8.1.3 超精密加工设备	258
8.1.4 超精密加工的工作环境	260
8.1.5 超精密加工精度的在线检测及计量测试	261
8.2 超高速加工	262

8.2.1	概 述	262
8.2.2	超高速加工技术的优越性	264
8.2.3	超高速加工技术的应用	266
8.3	数字化制造技术	269
8.3.1	数字制造的形成背景	269
8.3.2	数字制造的概念	271
8.3.3	数字制造技术的内涵	273
8.3.4	数字制造模型与体系结构	275
8.4	绿色制造	278
8.4.1	绿色制造的提出	278
8.4.2	发展绿色制造的意义和必要性	282
8.4.3	绿色制造的体系结构和研究内容	284
参考文献		289



第 1 章 机械制造概论

1.1 机械制造与机械制造技术

1.1.1 机械制造与制造技术

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造技术则是研究用于制造上述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,也是一门以制造一定质量的产品为目标,研究如何以最少的消耗,最低的成本和最高的效率进行生产的综合技术。

制造技术是制造业的技术支柱,是一个国家经济持续增长的根本动力。随着科学技术的快速发展,制造技术也在不断完善和发展,逐渐成为现代制造技术。现代制造技术是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代管理等技术成果,将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、售后服务等机械制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,取得理想经济效果的制造技术总称。

1.1.2 机械制造的类型

产品的用途不同,决定了其市场需求量也是不同的,因此不同的产品有着不同的生产批量。不同的生产类型即生产规模不同,生产组织的方式及相应的工艺过程也大不相同。大批量生产往往是由自动生产线、专用生产线来完成的,单件、小批生产往往是由通用设备,靠人的技术或技艺来完成的。数控技术及机器的智能化改善了这一状况,使单件小批生产也接近大批生产的效率及成本。单件、小批生产时,往往采用多工序集中在一起。大批量生产时,一个零件往往分成了许多工序,在流水线上协调完成加工任务。大批量生产时,产品的开发过程和大批量制造过程中间往往还有小批量试制阶段,以避免市场风险及完善生产准备工作。这些阶段间往往有较明确的界限,中间还要进行评估与分析。单件、小批生产中,产品的开发过程与生产过程往往结合为一体。但这些界限并不是绝对的,在敏捷制造、并行工程等先进制造模式下,进行大批量生产时,产品开发和生产组织阶段之间往往消除了明显的界限。这就是为了迅速响应市场、占有市场,在高技术群的支撑下所达到的制造技术的理想境界。

1.1.3 机械制造技术的范畴

现代制造技术已不是一般单指加工过程的工艺方法,而是包含了从产品设计、加工制造到产品销售、用户服务等整个产品生命周期全过程的所有相关技术,涉及设计、工艺、加工自动化、管理以及特种加工等多个领域。它不仅需要数学、力学等基础科学,还需要系统科学、控制技术、计算机技术、信息科学、管理科学乃至社会科学。现代制造业已不仅仅是一个原有的古老工业,而且是一个用现代制造技术进行了改造、充实和发展的多学科交叉和综合的充满生命力的朝阳工业。

现代制造技术所涉及的学科较多,所包含的技术内容较为广泛,可分为如图 1-1 所示的三个技术群:

- (1) 主体技术群;
- (2) 支撑技术群;
- (3) 管理技术群。

这三个技术群相互联系、相互促进,组成了一个完整的体系,每个部分均不可缺少,否则就很难发挥预期的整体功能效益。

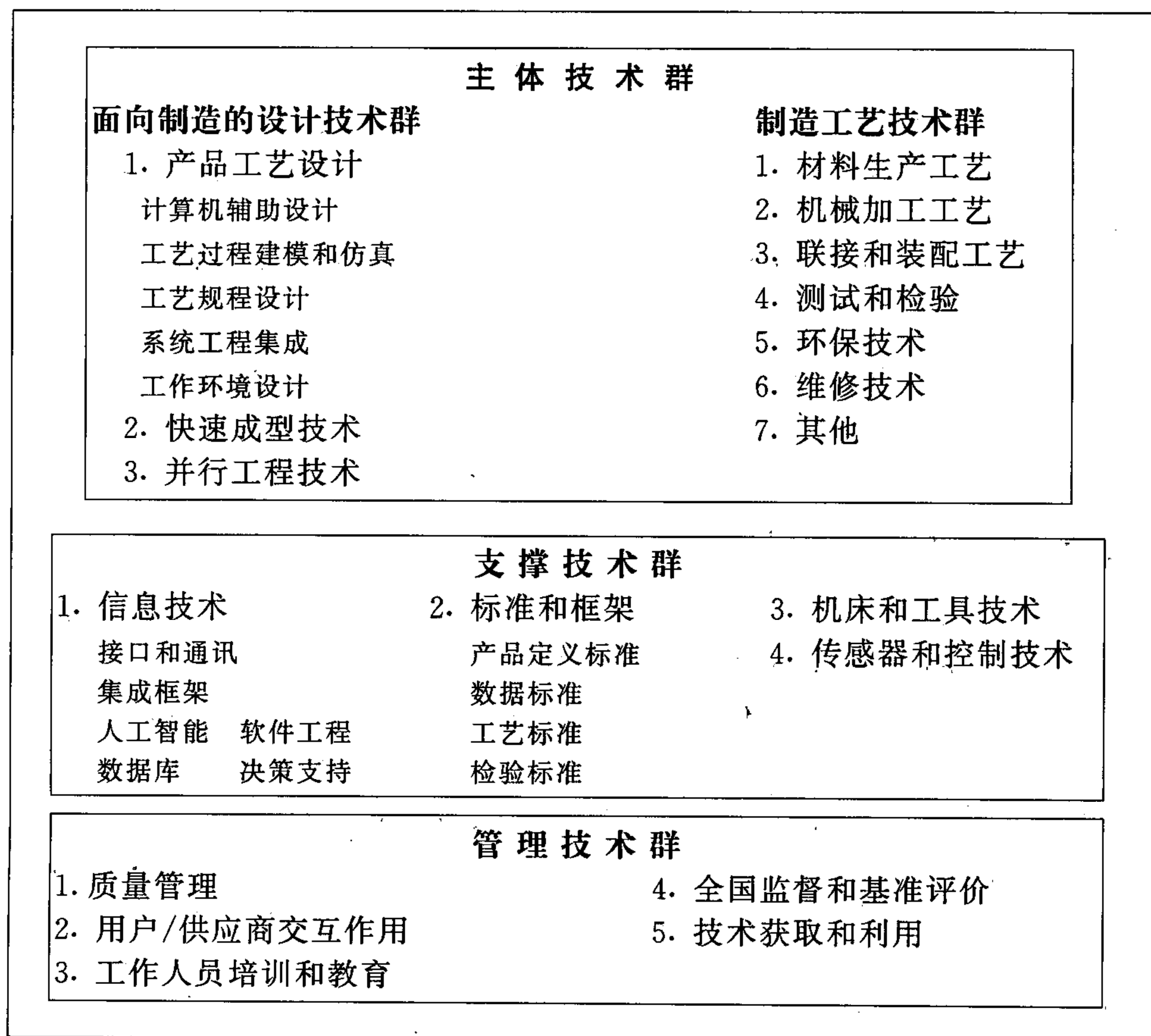


图 1-1 现代制造技术的体系结构

1.2 机械制造过程与机械制造系统

1.2.1 机械制造过程

1. “小制造”的概念及制造过程的定义

“小制造”是指传统的机械制造,重点是加工和装配。

在传统的“小制造”概念下,制造过程的定义为:制造过程是通过机器和工具将原材料转变为有用产品的过程。“小制造”概念下制造过程的定义主要强调的是工艺过程。

2. “大制造”的概念及制造过程的定义

“大制造”是指在产品生命周期中,从供应市场到需求市场整个供需链中的所有活动。

在目前流行的“大制造”概念下,制造过程可定义为:制造过程是将制造资源(包括制造信息、原材料、能源等)转变为可用产品并保证其正常使用过程。“大制造”概念下制造过程的定义强调的是产品的整个生命周期过程。

3. 机械制造过程的组成

根据“小制造”概念的制造过程定义,制造过程主要是指生产过程,它主要包括以下过程:

(1)生产技术准备过程。这个过程主要应完成产品投入生产前的各项生产和技术准备工作,如产品设计、工艺设计和专用工艺装备的设计制造;各种生产资料、生产组织等方面的准备工作。

(2)毛坯的制造,如铸造、锻造和冲压等。

(3)零件的加工过程,如机械加工、焊接、铆接和热处理等。

(4)产品的装配,如部装、调试、总装等。

(5)产品的质量检验。

(6)各种生产服务,包括原材料、半成品、工具的供应、运输、保管以及产品的油漆、包装等。

在现代化生产中,为了便于组织专业化生产和提高生产效率、降低生产成本,一种产品的生产过程往往由许多工厂或生产部门联合完成,因此一个工厂的生产过程往往只是整个产品生产过程的一部分。一个工厂的生产过程又可分为各个车间的生产过程,各个车间的生产过程具有不同的特点但又互相联系着。例如,机械加工车间的原材料是铸造车间或锻造车间的成品,而机械加工车间的成品又是装配车间的“原材料”。由此可知,机械产品的生产过程是相当复杂的,而要保证加工质量、提高生产率和降低成本,就必须组织专业化的生产,即一种产品的生产分散在若干个工厂或生产部门进行。

根据“大制造”概念的制造过程定义,制造过程不仅包含了物质的转化,而且还包含了信息向物质的转化,即信息的物化。显然,这必须通过基于信息的管理和控制来实现。同时,制造过程的输出不仅是产品,而且还包括为保证产品正常使用所进行的服务等。现代制造过程的组成框图如图 1-2 所示。其中,下部的方框主要表示物质的转化过程,上部的长方形框主要表示信息的处理过程,上下两部分间的箭头表示信息对物质转化过程的作用,由此实现信息到物质的转化。

由于现代产品制造过程的复杂性和综合性,制造过程将包含若干子过程。比较典型的子