



普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造技术

主编 高莉莉 包玉花



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造技术

主 编 高莉莉 包玉花

副主编 康建文 李峰珠 吴秋梅 郑小慧

上海交通大学出版社

内容提要

本书介绍了机械制造工艺基础、金属切削基础知识、切削过程基本规律、常用刀具、机床基础知识、常用机床、机床夹具基础知识、典型机床专用夹具设计、机械加工精度、机械加工表面质量、机械加工工艺规程的制订、典型零件加工工艺、机械装配工艺基础和特种加工等内容。

本书可作为高等院校机械类和近机类相关专业的教材,也可供其他相关工程技术人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术 / 高莉莉, 包玉花主编. — 上海 :
上海交通大学出版社, 2014

ISBN 978-7-313-10948-4

I. ①机… II. ①高… ②包… III. ①机械制造工艺
— 高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 062327 号

机械制造技术

主 编: 高莉莉 包玉花

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 北京忠信印刷有限责任公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2014 年 4 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-10948-4

定 价: 48.00 元

址 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 24.5 字 数: 612 千字

印 次: 2014 年 4 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与发行部联系

联系电话: 010-62137141



“机械制造技术”是研究产品制造的加工原理、工艺过程、工艺方法以及相应的机床、刀具和夹具的一门工程技术课程，是现代制造业的基础技术，对学生职业技能的培养起到了基础性和关键性的作用。因此，每个机械类和近机类专业学生都应该学好这门课程。

《机械制造技术》将传统的机械类课程《金属切削原理与刀具》、《金属切削机床》、《机床夹具设计》和《机械制造工艺学》进行了有机地整合，紧紧围绕机械制造技术，介绍了机械制造工艺基础的概念；从机械加工工艺系统入手，深入分析组成机械加工工艺系统的刀具、机床和夹具等要素；以质量控制为出发点，介绍了加工质量的分析控制、工艺规程的设计理论；并通过典型零件加工的综合分析，增强知识和技术的综合运用。

我们依据高等院校机械类专业“机械制造技术”课程教学的基本要求，在充分考虑到教师和学生实际需求的基础上编写了《机械制造技术》这本教材。

本教材具有以下几个鲜明的特点：

(1) **内容精选**。本教材在内容的组织上遵循“实用为主，够用为度，以应用为目的”的原则，根据企业生产一线对应用型高等技术人才在机械制造技术方面的能力要求，结合机械制造技术的发展趋势，对传统内容进行了精选，并对目前应用较多的新工艺、新技术进行了简要介绍。

(2) **图表丰富**。本教材在讲解知识点时，为了提高学生的学习兴趣，配备了大量与生产实际相关的图片和表格，使学生能更为迅速地掌握书中知识。

(3) **实践性强**。为便于学生掌握课程的基本内容，本教材力求理论联系实际，根据知识点尽可能多地引用生产实例进行分析，以加深学生对所学内容的理解。

(4) **案例丰富**。本教材在大部分章后都配有与内容相关的实训案例，通过分析实训案例可使学生更好地掌握本章所学基础知识，增强学生解决实际问题的能力，引导学生养成独立思考的习惯。

本书由高莉莉、包玉花担任主编，由康建文、李峰珠、吴秋梅、郑小慧担任副主编，贺占红、吕莹、王云莲参与编写。在编写本书的过程中，编者翻阅了大量有关机械制造技术的资料和教材，在此，对这些资料的作者和编者表示衷心的感谢。由于时间仓促，编写人员水平有限，书中不尽如人意之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅文化发展中心网站（www.bjjqe.com）下载。

编者
2014年3月

目 录

第1章 机械制造技术导论	1
1.1 机械产品生产的相关知识	1
1.1.1 机械产品的生产流程	1
1.1.2 机械产品的生产纲领	1
1.1.3 机械产品的生产类型	2
1.2 机械产品制造的相关知识	4
1.2.1 机械产品的制造过程	4
1.2.2 零件的成形方法	5
1.2.3 机械加工工艺过程	8
1.3 关于机械制造技术	11
1.3.1 《机械制造技术》课程的特点	11
1.3.2 《机械制造技术》课程的主要内容	11
1.3.3 《机械制造技术》课程的学习要求	12
1.3.4 现代机械制造技术的现状及发展趋势	12
1.4 综合实训	13
1.4.1 实训过程	14
1.4.2 实训总结	14
本章小结	15
思考与练习	16
第2章 金属切削基础知识	17
2.1 切削运动、工件表面和切削用量	17
2.1.1 切削运动	17
2.1.2 切削过程中工件的表面及其形成方法	18
2.1.3 切削用量	20
2.2 金属切削刀具	21
2.2.1 刀具的组成	22
2.2.2 刀具角度	22
2.2.3 刀具材料	29
2.2.4 刀具种类	31
2.3 切削层参数和切削方式	32
2.3.1 切削层参数	32



2.3.2 切削方式	33
2.4 综合实训	33
2.4.1 切削用量及切削层参数的计算	33
2.4.2 在正交平面参考系中标注角度	35
本章小结	36
思考与练习	37
第3章 切削过程基本规律	38
3.1 切屑	38
3.1.1 切屑的种类	38
3.1.2 切屑的控制	39
3.2 切削变形及其影响因素	41
3.2.1 切削变形	41
3.2.2 积屑瘤	42
3.2.3 影响切削变形的因素	44
3.3 切削力及其影响因素	44
3.3.1 切削力	45
3.3.2 切削功率及其计算	47
3.3.3 影响切削力的因素	47
3.4 切削热与切削温度	50
3.4.1 切削热	50
3.4.2 切削温度	50
3.4.3 影响切削温度的因素	51
3.5 切削液	52
3.5.1 切削液的种类	52
3.5.2 切削液的作用	53
3.5.3 切削液的合理选用	54
3.5.4 切削液的使用方法	54
3.6 刀具磨损与刀具耐用度	55
3.6.1 刀具磨损	55
3.6.2 刀具耐用度及其影响因素	58
3.7 刀具几何参数和切削用量的合理选择	60
3.7.1 刀具几何参数的合理选择	60
3.7.2 切削用量的合理选择	65
3.8 综合实训	68
3.8.1 刀具几何参数的选择	68
3.8.2 切削用量的选择和计算	69
本章小结	70
思考与练习	71

第4章 常用刀具	73
4.1 车刀	73
4.1.1 整体式车刀	73
4.1.2 焊接式车刀	73
4.1.3 机夹式车刀	74
4.2 铣刀	75
4.2.1 铣刀的分类	76
4.2.2 铣刀的选择	78
4.3 砂轮	79
4.3.1 砂轮的特性	79
4.3.2 砂轮的标志	82
4.4 钻头、铰刀和镗刀	82
4.4.1 钻头	82
4.4.2 铰刀	83
4.4.3 镗刀	84
4.5 刨刀、插刀和拉刀	86
4.5.1 刨刀	86
4.5.2 插刀	86
4.5.3 拉刀	87
4.6 数控刀具	87
4.6.1 数控刀具的种类	87
4.6.2 对数控刀具的要求	88
4.7 综合实训	88
4.7.1 实训过程	89
4.7.2 实训总结	89
本章小结	89
思考与练习	90
第5章 机床基础知识	91
5.1 机床的分类与型号	91
5.1.1 机床的分类	91
5.1.2 机床的型号	92
5.1.3 通用机床型号示例	95
5.2 机床的运动	95
5.2.1 表面成形运动	95
5.2.2 辅助运动	96
5.3 机床的传动	97
5.3.1 机床的基本组成	97
5.3.2 机床的传动链	97



5.3.3 传动原理图	98
5.4 机床的技术性能及机床精度	99
5.4.1 机床的技术性能	99
5.4.2 机床精度	99
5.5 机床设备的调试验收与维护保养	100
5.5.1 机床设备的调试验收	100
5.5.2 机床的维护保养	101
5.6 数控机床	101
5.6.1 数控机床的组成	102
5.6.2 数控机床的分类	103
5.6.3 数控机床的加工特点	104
5.7 综合实训	104
5.7.1 实训过程	104
5.7.2 实训总结	105
本章小结	105
思考与练习	106
第6章 常用机床	108
6.1 车床	108
6.1.1 CA6140 型卧式车床	109
6.1.2 数控车床	119
6.2 铣床	120
6.2.1 XA6132 型万能升降台铣床	121
6.2.2 数控铣床和加工中心	126
6.3 磨床	126
6.3.1 磨床的主要部件	127
6.3.2 磨床的主要技术参数	127
6.3.3 磨床的传动系统	128
6.4 齿轮加工机床	129
6.4.1 齿轮加工机床的加工方法	129
6.4.2 滚齿机床	131
6.4.3 插齿机床	132
6.5 其他机床	133
6.5.1 钻床	133
6.5.2 镗床	135
6.5.3 刨插床	136
6.5.4 拉床	138
6.6 综合实训	139
6.6.1 实训过程	140



6.6.2 实训总结	141
本章小结	142
思考与练习	143
第7章 机床夹具基础知识	145
7.1 夹具的功用、组成和分类	145
7.1.1 夹具的功用	145
7.1.2 夹具的组成	146
7.1.3 夹具的分类	147
7.2 工件在夹具中的定位	148
7.2.1 定位原理	148
7.2.2 基准和定位副	150
7.2.3 常见定位方式	152
7.2.4 常见的定位元件	154
7.3 工件在夹具中的夹紧	160
7.3.1 夹紧装置的组成和基本要求	160
7.3.2 夹紧力三要素的确定	161
7.3.3 定位和夹紧符号	163
7.3.4 常用夹紧装置	164
7.4 工件在夹具中的加工误差及夹具误差估算	170
7.4.1 工件在夹具中的加工误差	170
7.4.2 夹具误差估算	175
7.5 综合实训	175
7.5.1 实训过程	175
7.5.2 实训总结	176
本章小结	176
思考与练习	177
第8章 典型机床专用夹具设计	179
8.1 车床夹具	179
8.1.1 车床夹具的分类	179
8.1.2 典型车床夹具	179
8.1.3 车床夹具的设计要点	181
8.2 铣床夹具	182
8.2.1 铣床夹具的分类	182
8.2.2 铣床夹具的设计要点	184
8.3 钻床夹具	185
8.3.1 钻模的分类	186
8.3.2 钻模的设计要点	188
8.4 镗床夹具	192



8.4.1 镗模的类型	192
8.4.2 镗模的设计要点	193
8.5 高效机床夹具	196
8.5.1 组合夹具	196
8.5.2 随行夹具	198
8.6 机床夹具的设计	198
8.6.1 基本要求	198
8.6.2 设计步骤	199
8.6.3 夹具装配图技术要求的制订	200
8.7 综合实训	201
8.7.1 实训过程	201
8.7.2 实训总结	203
本章小结	204
思考与练习	205
第9章 机械加工精度	206
9.1 机械加工精度	206
9.1.1 尺寸、形状和位置精度及其关系	206
9.1.2 加工精度的获得方法	207
9.1.3 研究加工精度的方法	208
9.2 原始误差和误差敏感方向	208
9.2.1 机械加工工艺系统的原始误差	208
9.2.2 误差敏感方向	209
9.3 几何误差对加工精度的影响	210
9.3.1 原理误差	210
9.3.2 机床误差	210
9.3.3 刀具误差	214
9.3.4 夹具误差	215
9.3.5 工件安装误差	215
9.3.6 测量误差	215
9.3.7 调整误差	215
9.4 工艺系统的受力变形对加工精度的影响	216
9.4.1 工艺系统的刚度	216
9.4.2 工艺系统受力变形对加工精度的影响	217
9.4.3 减小工艺系统受力变形的措施	221
9.5 工艺系统的热变形对加工精度的影响	222
9.5.1 工艺系统热变形的热源	222
9.5.2 工艺系统的热平衡	223
9.5.3 工艺系统热变形对加工精度的影响	223



9.5.4 减小工艺系统热变形的措施	224
9.6 工件残余应力对加工精度的影响	225
9.6.1 产生残余应力的原因	225
9.6.2 减少或消除残余应力的措施	227
9.7 工艺系统磨损对加工精度的影响	227
9.7.1 工艺系统磨损对加工精度的影响	227
9.7.2 减少工艺系统磨损的措施	228
9.8 加工误差的统计分析	228
9.8.1 加工误差的性质	228
9.8.2 加工误差的统计分析法	229
9.9 提高机械加工精度的措施	237
9.9.1 误差预防	237
9.9.2 误差补偿	238
9.10 综合实训	239
9.10.1 实训过程	239
9.10.2 实训总结	241
本章小结	241
思考与练习	243
第10章 机械加工表面质量	245
10.1 机械加工表面质量	245
10.1.1 加工表面的几何形状特征	245
10.1.2 表面层的物理及力学性能	246
10.2 表面质量对零件使用性能的影响	247
10.2.1 表面质量对零件耐磨性的影响	247
10.2.2 表面质量对零件耐疲劳性的影响	247
10.2.3 表面质量对零件耐蚀性的影响	248
10.2.4 表面质量对零件配合精度的影响	248
10.3 影响加工表面几何形状特征的因素	248
10.3.1 影响切削加工表面粗糙度的因素	249
10.3.2 影响磨削加工表面粗糙度的因素	250
10.4 影响表面层物理及力学性能的因素	251
10.4.1 影响表面层金相组织变化的因素	251
10.4.2 表面层冷作硬化	251
10.4.3 表面层残余应力	252
10.5 机械加工振动简介	253
10.5.1 机械加工振动的分类	253
10.5.2 受迫振动	253
10.5.3 自激振动	254



本章小结	257
思考与练习	258
第 11 章 机械加工工艺规程的制订	259
11.1 机械加工工艺规程基础	259
11.1.1 机械加工工艺规程的作用	259
11.1.2 制订机械加工工艺规程的原则	260
11.1.3 制订机械加工工艺规程时必需的原始资料	260
11.1.4 制订机械加工工艺规程的步骤	260
11.1.5 机械加工工艺规程常用的格式	260
11.2 零件的工艺分析和毛坯的选择	261
11.2.1 零件的工艺分析	263
11.2.2 毛坯的选择	264
11.3 定位基准的选择	267
11.3.1 精基准的选择原则	267
11.3.2 粗基准的选择原则	268
11.4 工艺路线的拟订	270
11.4.1 加工方法的选择	270
11.4.2 加工阶段的划分	272
11.4.3 工序组合原则	273
11.4.4 加工顺序的安排	274
11.4.5 工艺路线拟定实例	275
11.5 机械加工工序卡片的制订	277
11.5.1 机床与工艺设备的选择	277
11.5.2 加工余量的确定	278
11.5.3 工序尺寸及其公差确定	282
11.5.4 切削用量的选择	290
11.6 工艺过程技术经济分析	290
11.6.1 提高机械加工生产率的工艺措施	290
11.6.2 工艺过程的技术经济分析	291
11.7 综合实训	293
11.7.1 实训过程	293
11.7.2 实训总结	295
本章小结	296
思考与练习	297
第 12 章 典型零件加工工艺	300
12.1 轴类零件加工工艺	300
12.1.1 概述	300
12.1.2 轴类零件加工的主要工艺问题	302



12.1.3 轴类零件加工工艺分析实例	309
12.2 套类零件加工工艺	313
12.2.1 概述	313
12.2.2 套类零件加工的主要工艺问题	314
12.2.3 套类零件加工工艺分析实例	318
12.3 箱体类零件加工工艺	320
12.3.1 概述	320
12.3.2 箱体类零件加工的主要工艺问题	323
12.3.3 箱体类零件加工工艺分析实例	335
本章小结	337
思考与练习	339
第 13 章 机械装配工艺基础	342
13.1 装配基础	342
13.1.1 机器的组成	342
13.1.2 装配工作的基本内容	343
13.1.3 装配精度及其与零件精度的关系	344
13.2 装配尺寸链	345
13.2.1 装配尺寸链的建立	345
13.2.2 装配尺寸链的计算	347
13.3 装配方法	348
13.3.1 常用装配方法	348
13.3.2 装配方法的选择原则	357
13.4 装配工艺规程的制订	357
13.4.1 制订装配工艺规程的基本原则及所需的原始资料	358
13.4.2 制订装配工艺规程的步骤及内容	359
13.5 综合实训	365
13.5.1 实训过程	365
13.5.2 实训总结	366
本章小结	366
思考与练习	367
第 14 章 现代加工技术	368
14.1 特种加工的特点	368
14.2 电火花加工	368
14.2.1 电火花成形加工	369
14.2.2 电火花线切割加工	370
14.3 电解加工	371
14.3.1 加工原理	371
14.3.2 加工特点	372



14.3.3 适用范围	372
14.4 超声波加工	372
14.4.1 加工原理	372
14.4.2 适用范围	373
14.5 激光加工	373
14.5.1 加工原理	373
14.5.2 加工特点	373
14.5.3 激光加工的应用	374
14.6 电子束加工	374
14.6.1 加工原理	374
14.6.2 加工特点及应用	375
本章小结	375
思考与练习	375
参考文献	376

第1章 机械制造技术导论

【本章导读】

机械制造业是指从事各种动力机械、起重运输机械、农业机械、冶金矿山机械、化工机械、纺织机械、机床、工具、仪器、仪表及其他机械设备等生产的行业，它为整个国民经济提供技术装备。顾名思义，机械制造技术是指各种机械产品的制造技术，其水平是衡量国家工业化程度高低的主要标志之一。

【本章学习目标】

- ◆ 了解机械产品的生产流程、生产纲领和生产类型
- ◆ 了解机械产品的制造过程、零件成形方法和机械加工工艺过程的组成
- ◆ 了解机械制造技术课程所要研究的内容，以及现代机械制造技术的现状和发展趋势

1.1 机械产品生产的相关知识

机械产品是指机械厂家向用户或市场提供的成品或附件，如汽车、发动机、机床等。任何机械产品按传统习惯都可以看作由若干部件组成，而部件又可分为组件、套件，直至最基本的零件单元。

1.1.1 机械产品的生产流程

机械产品的生产流程是指把原材料变为成品的全过程，它一般包括：

- (1) 生产与技术的准备，如产品设计和专用工艺装备的设计和制造、生产计划的编制、生产资料的准备等。
- (2) 零件的加工，如铸造、锻造、冲压、切削加工、热处理、表面处理等。
- (3) 产品的装配，如总装、部装、调试检验等。
- (4) 生产的服务，如运输、保管等。



提示

工艺是指将原材料或半成品加工成产品的工作、方法、技术。

1.1.2 机械产品的生产纲领

机械产品的生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。企业的计划期常定为一年，因此生产纲领常被理解为企业一年内生产的产品数量。

机器中某一零件的生产纲领除了应包括生产机器所需该零件的数量外，还应考虑到装配



过程中可能发生的意外，增加零件备品；同时还要考虑到生产过程中产生的废次品。因此，零件的年生产纲领可按下式计算：

$$N = Qn(1+a)(1+b) \quad (1-1)$$

- 式中：N——零件的年生产纲领（件/年）；
Q——产品的年生产纲领（台/年）；
n——每台产品中该零件的数量（件/台）；
a——零件的备品率；
b——零件的废品率。

生产纲领对生产组织和生产过程起着重要的作用，它决定了各工序所需专业化和自动化的程度，决定了所应选用的工艺方法和工艺装备。因此，生产纲领是制订和修改机械加工工艺规程的重要依据。

1.1.3 机械产品的生产类型

生产类型是指企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类，具体可分为单件生产、成批生产、大量生产三种类型。

1. 单件生产

单件生产是指单个地生产不同结构和尺寸的产品，生产的产品种类繁多，每种产品的产量很少，而且很少重复生产。例如，重型机械产品制造和新产品试制等都属于单件生产。

2. 大量生产

大量生产是指产品产量大、品种少，大多数工作为长期重复地进行某个零件的某一道工序的加工。例如，汽车、拖拉机、轴承等的制造都属于大量生产。

3. 成批生产

成批生产是指分批地生产相同的产品，生产呈周期性重复。例如，机床制造、电机制造等都属于成批生产。

根据批量大小的不同，成批生产又可细分为小批生产、中批生产和大批生产三种类型。其中，小批生产和大批生产的工艺特点分别与单件生产和大量生产类似，因此常分别合称为单件小批生产和大批大量生产。

生产类型的划分除了与生产纲领有关外，还应考虑产品的大小及复杂程度。表 1-1 所示为生产类型与生产纲领的关系，可供确定生产类型时参考。

表 1-1 生产纲领与生产类型的关系

生产类型		零件的年生产纲领（件/年）		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		≤5	≤20	≤100
成批生产	小批生产	5~100	20~200	100~500

续表

生产类型		零件的年生产纲领（件/年）		
		重型零件	中型零件	轻型零件
成批生产	中批生产	100~300	200~500	500~5 000
	大批生产	300~1 000	500~5 000	5 000~50 000
大量生产		>1 000	>5 000	>50 000

不同的生产类型具有不同的工艺特点，在毛坯制造、机床及工艺装备的选用、经济效果等方面均有明显区别，如表 1-2 所示。

表 1-2 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生产类型		
	单件生产	成批生产	大量生产
生产对象	变换频繁，品种繁多，很少重复	重复、轮番生产，品种较多，产品数量不等	固定不变，品种少，产量大
生产条件	很不稳定，工作地专业化程度很低，担负的工序很多；定额与计划粗略	较稳定，工作地担负较多工序，部分专业化；劳动定额与计划编制不十分精确和细致	稳定，工作地完成一道或几道工序，专业化程度高；劳动定额与计划编制准确
零件的互换性	一般是配对制造，没有互换性，广泛用钳工装配	多数互换，少数用钳工装配	具有广泛的互换性，少数装配精度较高处采用分組装配法
毛坯成形与加工余量	木模手工造型或自由锻，毛坯精度低，加工余量大	金属模造型或模锻，毛坯精度和加工余量中等	广泛采用模锻或金属模机器造型，毛坯精度高，加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床，按机床类别采用机群式布置	通用机床与专用机床结合，按零件分类布置，流水线与机群式结合	高效专用机床及自动机床，按流水线和自动线排列
工艺装备与尺寸精度保证	多用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具，靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用可调夹具、专用夹具、专用刀具和量具，部分靠划线和试切法达到精度要求	采用高效专用夹具、刀具、专用量具或自动检验装置。靠调整法达到精度要求
对工人技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高，对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	简单的工艺路线卡	有比较详细的工艺规程	有详细的工艺规程
生产成本	较高	中	低