



高职高专教育“十二五”规划教材

机械制造基础 及 实践

宁朝阳 周 全 主编



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

责任编辑 张彦
封面设计 张艳

TH16
291

机械制造基础及 实践

ISBN 978-7-5661-0195-2



9 787566 101952 >

定价：35.00元



高职高专教育“十二五”规划教材

机械制造基础及实践

主 编 宁朝阳 周 全

副主编 刘永祥 徐 娟 张 英

参 编 傅子霞 杨垆昱

主 审 任成高



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书对传统的“工程材料”、“热加工”、“切削加工”、“切削机床”等课程内容进行分析取舍、结构优化,形成了新的教学内容体系。教材共分为四个模块,模块一介绍了机械制造的基础知识,模块二介绍了机械制造的材料,模块三介绍了机械制造中的热加工,模块四介绍了切削加工。

本书内容丰富、涉及面广、适应性强。不同学校、不同专业使用本书时,可按具体教学需要进行调整或取舍。它可作为高职高专院校的机械类或机电类各专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考读物。

237606

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础及实践/宁朝阳,周全主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2011. 7
ISBN 978-7-5661-0195-2

I. 机… II. ①宁… ②周… III. 机械制造 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 158090 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京朝阳印刷厂有限责任公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 20.75
字 数 492 千字
版 次 2011 年 8 月第 1 版
印 次 2011 年 8 月第 1 次印刷
定 价 35.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着高职高专教育的蓬勃发展和高职高专教学改革的不深入,编写符合高职高专教育特色要求的教材,是促进高职高专教学改革、培养适应时代要求的高等技术应用性专门人才的一项重要工作。鉴于高职高专教育人才的培养模式和教学内容体系改革的要求,在吸取近年高职高专教学实践中成功经验的基础上,本着高职高专基础课程教材要体现以讲清概念、强化应用为教学目的的宗旨,本书对传统的“工程材料”、“热加工”、“切削加工”、“切削机床”等课程内容,进行分析取舍、结构优化,以毛坯成形工艺方法和机械零件表面加工工艺方法为主线,将机械制造过程中相关基础知识有机串联起来,形成了新的教学内容体系。整合后的机械制造基础教材,各章既有相对独立性,又紧密联系、互相渗透、融为一体。

本书内容丰富、涉及面广、适应性强。不同学校、不同专业使用本书时,可按具体教学需要进行调整或取舍。本书可作为高职高专院校的机械类或机电类各专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考读物。

本书由湖南工业职业技术学院宁朝阳副教授、周全任主编,长沙职业技术学院刘永祥、湖南工业职业技术学院徐娟、黑龙江科技职业学院张英任副主编,长沙职业技术学院傅子霞、黑龙江农业经济职业学院杨垆昱参加编写。具体分工为宁朝阳、周全、徐娟(模块一、三、四),刘永祥(模块二),张英、傅子霞、杨垆昱参与了资料的搜集与整理工作,对本书的编写提供了大量的支持与帮助。全书由湖南工业职业技术学院任成高副教授主审。

本书在编写过程中得到所有参编人员所在院校的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!由于编者水平有限,书中缺点、不妥之处在所难免,敬请有关专家、同行、读者不吝赐教。

编 者
2011年5月

目 录

模块一 了解机械制造	1
课题一 什么是机械制造	1
一、机械制造的定义	1
二、机械制造方法	1
三、机械制造过程概述	3
四、机械制造过程分析	5
课题二 机械制造历史大事记（选修）	6
一、公元前至公元元年	6
二、公元元年至 1700 年	8
三、公元 1700 年至 1800 年	10
四、公元 1800 年至 1900 年	11
五、公元 1900 年至现在	14
课题三 课程介绍	16
一、课程的教育目标	16
二、课程的知识与能力素质结构	16
三、课程结构框架	17
模块二 机械制造中的材料	19
课题一 金属材料的力学性能	19
一、强度	20
二、塑性	22
三、硬度	22
四、冲击韧性	23
五、疲劳强度	24
课题二 铁碳合金	25
一、合金的基本概念	25
二、合金的相	26
三、铁碳合金的相	28
四、典型铁碳合金的结晶过程	29
五、铁碳相图的应用	32
课题三 钢的热处理	34
一、钢在加热时的组织转变	34
二、钢在非平衡冷却时的转变	36
三、钢的常用热处理	38

四、钢的表面热处理	44
五、热处理新工艺简介	47
课题四 碳素钢和结构钢	48
一、钢的分类	48
二、钢的牌号	49
三、杂质对钢性能的影响	51
四、合金元素在钢中的作用	53
五、结构钢	54
六、工具钢	56
课题五 非铁材料	59
一、有色金属分类及产品牌号表示方法	59
二、铜及铜合金	60
三、铝及铝合金	61
四、钛及钛合金	62
五、硬质合金	63
课题六 金属材料的选择简介	65
一、性能使用性原则	65
二、失效性原则	66
三、经济成本原则	66
四、制造工艺选择原则	66
五、资源原则	66
模块三 机械制造中的热加工	68
课题一 铸造	68
项目一 概述	68
项目二 铸造工艺基础	69
一、铸件的凝固	69
二、合金的铸造性能	70
项目三 铸造方法	79
一、砂型铸造	79
二、特种铸造	82
三、铸造生产常见缺陷	85
项目四 铸造工艺设计	87
一、浇注位置和分型面的选择	87
二、确定铸造主要工艺参数	91
三、确定浇注系统	95
四、绘制铸造工艺图	96



项目五 铸件结构工艺性	98
一、铸造性能对铸件结构的要求	98
二、铸造工艺对铸件结构的要求	101
项目六 常用铸造合金的生产	103
一、铸铁件的生产	103
二、铸钢件的生产	105
三、有色合金铸件的生产	105
课题二 锻压	106
项目一 概述	107
一、锻压生产的特点	107
二、锻压生产的适用范围	107
三、锻压生产的发展趋势	107
项目二 锻压工艺基础	108
一、金属的塑性变形	108
二、变形后金属的组织 and 性能	109
三、金属的锻造性能	111
项目三 自由锻	112
一、概述	112
二、自由锻设备	112
三、自由锻工序	115
四、自由锻件的分类和锻造过程	116
项目四 模锻	120
一、锤上模锻	120
二、曲柄压力机上模锻	121
三、平锻机上模锻	122
四、摩擦压力机上模锻	123
五、其他模锻设备	124
项目五 板料冲压	126
一、概述	126
二、板料冲压的基本工序	128
项目六 锻压件结构设计	134
课题三 焊接	137
项目一 概述	137
项目二 手工电弧焊	139
一、焊接电弧	140
二、焊接接头	141
三、焊条	142

四、焊接接头的金属组织与性能	145
五、焊接应力与变形	147
项目三 其他焊接方法	148
一、埋弧自动焊	148
二、气体保护电弧焊	149
三、气焊和气割	151
四、电渣焊	153
五、等离子弧焊	155
六、压焊与钎焊	156
项目四 常用金属材料的焊接	160
一、碳钢的焊接	160
二、低合金结构钢的焊接	160
三、不锈钢的焊接	161
四、铸铁的焊补	163
五、非铁金属的焊接	163
项目五 焊接结构工艺设计	165
一、焊接结构生产工艺过程概述	165
二、焊接结构工艺设计	166
课题四 机械零件毛坯的选择	173
项目一 常见零件毛坯的分类与比较	173
一、毛坯类型及制造方法的比较	173
二、毛坯生产成本的比较	173
项目二 毛坯选择的原则	178
一、满足材料的工艺性能要求	178
二、满足零件的使用要求	179
三、满足降低生产成本的要求	180
四、符合生产条件	181
项目三 典型零件毛坯的选择	181
一、轴杆类零件的毛坯选择	181
二、盘套类零件的毛坯选择	181
三、箱体机架类零件的毛坯选择	182
模块四 切削加工	183
课题一 切削加工基础知识	183
项目一 加工质量	183
项目二 切削运动	185
一、切削运动	185
二、工件表面	186



三、切削用量	186
项目三 刀具切削部分的几何角度	188
一、车刀的组成	188
二、刀具几何角度参考系	189
三、刀具标注角度	190
四、刀具工作角度	193
五、切削层参数	194
项目四 刀具材料	194
一、刀具材料应当具备的性能	194
二、高速钢	195
项目五 金属切削过程	197
项目六 切削力	205
一、切削力的来源、合力及其分力	205
二、切削力的计算	206
三、切削功率的计算	207
四、影响切削力的主要因素	207
项目七 切削热和切削温度	209
一、切削热的产生和传出	209
二、切削温度的分布	209
三、影响切削温度的主要因素	209
项目八 刀具磨损和刀具寿命	210
一、刀具的磨损形式	211
二、刀具磨损的原因	212
三、刀具的磨损过程及磨钝标准	212
四、刀具寿命	214
项目九 工件材料的切削加工性	214
一、工件材料的切削加工性的评定	214
二、影响材料切削加工性的主要因素	216
三、常用材料的切削加工性	216
四、改善工件材料切削加工性的途径	217
项目十 金属切削条件的选择	218
一、刀具几何参数的选择	218
二、刀具寿命的选择	220
三、切削用量的选择	221
四、切削液的选择	222
项目十一 金属切削机床基础知识	223
一、机床的分类	223

二、机床型号的编制方法	224
课题二 车削加工	228
项目一 车床	228
一、车床的工艺特点和分类	228
二、CA6140 型卧式车床的组成、运动及主要技术参数	228
三、CA6140 型卧式车床传动系统分析	230
四、CA6140 型卧式车床结构介绍	235
五、精密和高精度车床	244
六、其他车床	246
项目二 车削操作	251
一、车削安全知识	251
二、车刀的刃磨与安装	252
三、常见工艺	254
四、典型零件加工工艺	266
课题三 其他切削加工方法	269
项目一 铣削加工	269
一、铣床	270
二、铣削基本知识	274
三、铣床夹具与附件	278
相关实训操作	279
基本操作一 铣床操作	279
一、铣刀安装操作	279
二、主轴与进给变速操作	281
三、工作台操作	282
基本操作二 铣平面操作	282
一、铣平面方法	282
二、铣平面操作要点	283
基本操作三 铣斜面操作	283
一、铣斜面方法	283
二、铣斜面操作要点	284
基本操作四 铣阶台和沟槽面操作	284
一、铣阶台和沟槽面方法	284
二、铣阶台和沟槽面操作要点	286
项目二 刨削与拉削	287
一、刨床	287
二、刨刀	289
三、典型表面的刨削	290



四、插削	292
五、拉削	293
项目三 钻、扩、铰、镗	294
一、钻削加工	295
二、镗削加工	299
项目四 磨床	302
一、砂轮的特性与选择	303
二、磨床	306
项目五 齿形加工	309
一、圆柱齿轮齿形加工方法	310
二、齿形的其他加工方法	314
参考文献	317

模块一 了解机械制造

课题一 什么是机械制造

一、机械制造的定义

普通意义上，机械制造的概念是指将毛坯（或材料）和其他辅助材料作为原料，输入机械制造系统，经过存储、运输、加工、检验等环节，最后实现符合要求的零件或产品从系统输出。概括地讲，机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动总和。

零件或产品的制造将涉及材料和制造工艺的选择，加工过程也不一样。如图 1.1.1 这辆新款自行车，车架是碳纤维材质。制造工艺是将聚丙烯腈母材纤维烧成高强度碳纤维，加入钛网后制成碳布，放入环氧树脂中预浸，再根据各个部位需要的强度，将碳布裁剪、包覆在模具上制成车架。轮胎是聚氨酯材料与纤维材料的复合制品，制造工艺是将聚氨酯材料与配合剂混炼后离心浇注成胎面，与纤维材料组合成胎坯后经熟化制成轮胎。



图 1.1.1 新款自行车

二、机械制造方法

机械制造方法一般包括机械加工与机械装配两方面，而机械加工与装配中又有多种不同方法，如图 1.1.2 所示。

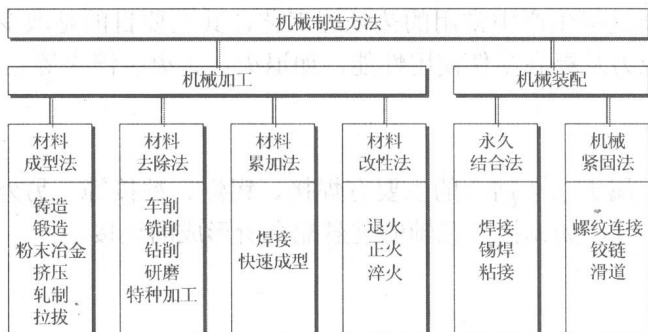


图 1.1.2 机械加工方法分类

1. 材料成型法

材料成型法指将原材料加热成液体、半液体并在特定模具中冷却成型、变形或将粉末状的原材料在特定型腔中加热、加压成型的方法，材料在成型前后没有质量的变化，故又常称“质量不变工艺”。生产中常用的铸造、锻造、粉末冶金、挤压、轧制、拉拔方法均属此类。

2. 材料去除法

材料去除法是指利用机械能、热能、光能、化学能等能量去除毛坯上多余材料而获得所需形状、尺寸的零件的方法，与毛坯相比，零件上因材料的去除而质量减少，故又称“质量减少工艺”。根据去除材料机理的不同，材料去除工艺又分四类：机械作用（用刀具克服工件材料硬度去除材料）、热的作用（利用热能溶化或汽化工件材料）、电化学作用（通过电场产生电化学反应，断开原来连接而去除材料）、化学作用（通过化学反应去除材料）。

通过机械作用的切削加工方法是生产中最常用的材料去除法，如车削、铣削、钻削等，另外，还可利用磨具去除工件材料，它不仅能获得较高的加工精度，而且能加工较硬的材料，是生产中常用的精加工方法。这类加工方法有较好的材料适应性（加工各类钢和大多数有色金属，磨削还可加工陶瓷，一些聚合物和复合材料也能加工），生产成本相对材料成型也较低，对工件形状、大小及质量的适应性也较好，即该类工艺具有很大的柔性，在生产中的应用最大（机械产品材料 90%以上为金属，金属零件的制造 90%以上采用切削加工），可以说是整个机械工业制造的脊梁。

其他的材料去除工艺由于使用能源的特殊常被称为特种加工或传统加工，包括：电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束和离子束加工等。

3. 材料累加法

材料累加法是指将分离的原材料通过加热、加压或其他手段结合成零件的方法，又称“质量增加工艺”。属于此类工艺的有焊接、快速原型制造等。

4. 材料改性法

材料改性法主要是指生产中常用的热处理工艺，其主要目的是改变材料性能以改善材料加工性，去除内应力及提高零件使用性能，如退火、正火、淬火等。

5. 永久结合法

在装配方法中，属于永久结合的主要有焊接、锡焊、粘接等。另外，生产中还有较为特殊的半永久结合工艺，如铆接和孔轴的过盈配合所形成的连接。

6. 机械紧固法

机械紧固法是机械装配中最常用的工艺，如螺纹连接、铰链、滑道等。机械紧固连接便于拆卸。

三、机械制造过程概述

一个零件或产品的制造往往要使用多种制造方法,如图 1.1.3 所示为 CA6140 车床主轴,制造 CA6140 车床主轴所使用的方法如表 1.1.1 工序名称一栏中所示。

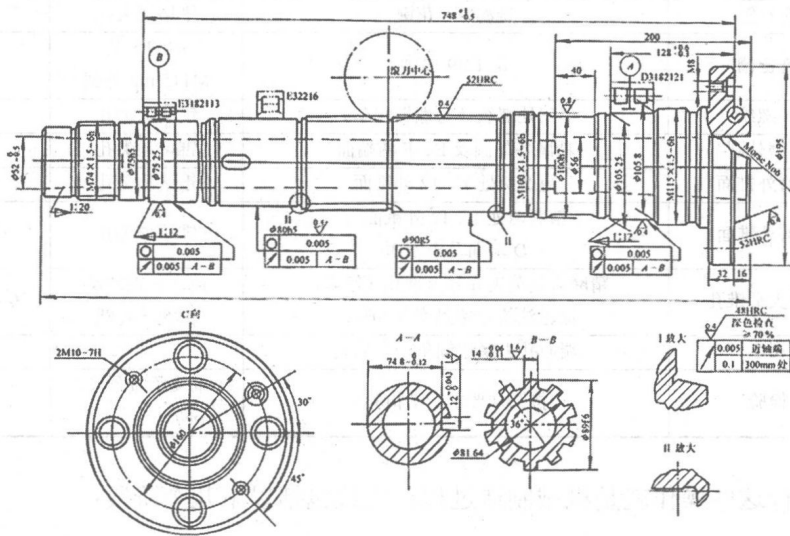


图 1.1.3 CA6140 车床主轴

表 1.1.1 大批量生产 CA6140 车床主轴工艺过程

序号	工序名称	工序内容	定位基准	设备
1	备料			
2	锻造	模锻		立式精锻机
3	热处理	正火		
4	锯头			
5	铣端面钻中心孔		毛坯外圆	中心孔机床
6	粗车外圆		顶尖孔	多刀半自动车床
7	热处理	调质		
8	车大端各部	车大端外圆、短锥、端面及台阶	顶尖孔	卧式车床
9	车小端各部	仿形车小端各部外圆	顶尖孔	仿形车床
10	钻深孔	钻 $\phi 48\text{mm}$ 通孔	两端支承轴颈	深孔钻床
11	车小端锥孔	车小端锥孔（配 1：20 锥堵，涂色法 检查接触率 $\geq 50\%$ ）	两端支承轴颈	卧式车床
12	车大端锥孔	车大端锥孔（配莫氏 6 号锥堵，涂色法 检查接触率 $\geq 30\%$ ）、外短锥及端面	两端支承轴颈	卧式车床
13	钻孔	钻大头端面各孔	大端内锥孔	摇臂钻床
14	热处理	局部高频淬火（ $\phi 90\text{g}5$ 、短锥及莫氏 6 号锥孔）		高频淬火设备
15	精车外圆	精车各外圆并切槽、倒角	锥堵顶尖孔	数控车床
16	粗磨外圆	粗磨 $\phi 75\text{h}5$ 、 $\phi 90\text{g}5$ 、 $\phi 105\text{h}5$ 外圆	锥堵顶尖孔	组合外圆磨床

表 1.1.1 (续)

序号	工序名称	工序内容	定位基准	设备
17	粗磨大端锥孔	粗磨大端内锥孔 (重配莫氏 6 号锥堵, 涂色法检查接触率 $\geq 40\%$)	前支承轴颈及 $\phi 75h5$ 外圆	内圆磨床
18	铣花键	铣 $\phi 89f6$ 花键	锥堵顶尖孔	花键铣床
19	铣键槽	铣 12f9 键槽	$\phi 80h5$ 及 M115mm 外圆	立式铣床
20	车螺纹	车三处螺纹 (与螺母配车)	锥堵顶尖孔	卧式车床
21	精磨外圆	精磨各外圆及 E、F 两端面	锥堵顶尖孔	外圆磨床
22	粗磨外锥面	粗磨两处 1:12 外锥面	锥堵顶尖孔	专用组合磨床
23	精磨外锥面	精磨两处 1:12 外锥面、D 端面及短锥面	锥堵顶尖孔	专用组合磨床
24	精磨大端锥孔	精磨大端莫氏 6 号内锥孔 (卸堵, 涂色法检查接触率 $\geq 70\%$)	前支承轴颈及 $\phi 75h5$ 外圆	专用主轴锥孔磨床
25	钳工	端面孔去锐边倒角, 去毛刺		
26	检验	按图样要求全部检验	前支承轴颈及 $\phi 75h5$ 外圆	专用检具

有序的执行这些操作就是机械制造过程。大致包括以下几个阶段:

1. 技术准备阶段

某种零件或产品投产前, 必须做各项技术准备工作, 首先要制定工艺规程, 这是指导各项技术操作的重要文件。此外, 原材料供应, 刀、夹、量具的配备, 热处理设备和检测仪器的准备, 都要在技术准备阶段安排就绪。

2. 毛坯制造阶段

毛坯可由不同的方法获得。常用获得毛坯的方法有铸造、锻压、焊接和型材。具体应根据零件批量、尺寸、形状、性能要求等因素选用不同的毛坯成型方法。合理选择毛坯可提高生产率、降低成本。

3. 零件加工阶段

金属切削加工是目前各种零件的主要加工方法。通用的加工设备有车床、铣床、钻床、刨床、磨床等; 此外, 还有专用机床、特种加工机床、数控机床等。采用哪种加工方法, 选用哪种加工设备, 要根据零件的成本来定。

4. 产品检验和装配

每个零件按其在机器中作用不同, 都有一定的精度、表面粗糙度和相关的技术要求, 而零件在加工过程中, 不可避免地会产生加工误差。因此, 必须设定检验工序, 以对加工过程产生的尺寸、几何形状误差等进行检验。此外, 对于承受重载或高温、高压条件下工作的零件还应进行内部性能检验, 如缺陷检验、力学性能或金相组织检验等。只有当质量检验全面合格后零件才能使用。装配过程中必须严格遵守技术条件的规定, 如零件的清