



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

# 金工实习

主 编 李建明



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

# 金工实习

Jingong Shixi

主 编 李建明  
副主编 明兴祖 刘吉兆



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内 容 提 要

本书是全国高等学校教学研究中心组织实施的“十一五”国家课题“我国高校应用型人才培养模式研究”机械类子课题组启动的第二轮机械类应用型本科系列规划教材建设的成果之一。内容包括绪论, 工程材料基础, 机械制造基本知识, 铸造, 锻压, 焊接, 车削, 铣削, 刨削, 磨削与镗削, 钳工, 数控加工技术, 特种加工和综合训练与创新等。大部分工种都有典型零件加工实例, 除第1章和第13章外各章都有复习思考题, 内容力求精简, 讲求实用。

本书可作为普通高等学校各专业金工实习教材, 也可供高职高专学校选用及有关的工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

金工实习 / 李建明主编. —北京: 高等教育出版社, 2010. 7

ISBN 978 - 7 - 04 - 029140 - 7

I. ①金… II. ①李… III. ①金属加工 - 实习 - 高等学校 - 教材 IV. ①TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第076152 号

策划编辑	段博原	责任编辑	项 杨	封面设计	于 涛
责任绘图	尹 莉	版式设计	余 杨	责任校对	杨凤玲
责任印制	陈伟光				

---

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120

购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂

开 本 787×960 1/16  
印 张 26.75  
字 数 500 000

版 次 2010年7月第1版  
印 次 2010年7月第1次印刷  
定 价 36.10元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29140 - 00

# 前 言

随着高等教育的不断发展和教育教学改革的不断深入,我国高等教育由重视知识传授向重视知识、能力、素质和创新思维综合发展的方向迈进,人才的培养模式由知识型向能力型转化,各高等工科院校比以往任何时候都更加重视工程实践教学,普遍成立了工程训练中心或校内实践教学基地,加大了工程训练经费和先进教学设施投入,给金工实习教学提供了新的教学内容,也提出了新的教学要求。作为工科院校的一门重要的实践性技术基础课,金工实习要紧跟现代制造技术的发展,为培养掌握先进制造技术的高素质应用型人才打下坚实基础。

本书是全国高等学校教学研究中心组织实施的“十一五”国家课题“我国高校应用型人才培养模式研究”机械类子课题组启动的第二轮机械类应用型本科系列规划教材建设的成果之一。本书不仅介绍了主要的传统制造工艺,也介绍了先进的制造技术,还包括综合创新实践。针对具体的实习内容进行安排,结合实例介绍理论,力求内容简单明了,易于短时间了解掌握。不仅让学生掌握基本的理论知识,同时在指导教师的指导下掌握传统的制造技术和一些现代制造技术的基本技能。本书适应面较广,便于自学。

参加编写的人员主要是各高校多年从事金工实习的指导教师和长期从事金工理论教学的教师。本书由李建明担任主编,明兴祖、刘吉兆担任副主编。参加本书编写的人员有:湖南工程学院周建宇、蒋校辉(第1、4章),湖南工程学院张小兵(第2章),湖南工程学院杨慧民(第3章),湖南工程学院陈国强(第5章),湘潭大学李其清(第6章),湖南大学胡芳(第7章),湘潭大学刘文祥(第8章),湖南工程学院彭文静(第9章),湖南工学院刘吉兆(第10章),湖南工业大学明兴祖、卢定军(第11章),湖南大学曹益(第12章),湖南工程学院李建明(第13章)。

中南大学刘舜尧教授审阅了本书,在此表示衷心感谢。

书中引用并参考了部分教材和资料,在此对其作者一并表示感谢。

书中有不当或错误之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2010年3月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 机械制造技术在国民经济中的地位 .....	1
1.2 本课程的性质和任务 .....	1
1.3 机械制造工艺过程和工程实践的内容 .....	2
1.4 实习纪律 .....	3
1.5 安全操作须知 .....	3
<b>第 2 章 工程材料基础</b> .....	4
2.1 金属材料基础及热处理工艺 .....	4
2.1.1 金属材料的性能 .....	4
2.1.2 常见金属的晶体结构及同素异构转变 .....	7
2.1.3 铁碳合金及其相图 .....	8
2.1.4 钢的热处理工艺 .....	14
2.2 常用的金属材料 .....	19
2.2.1 碳素钢 .....	19
2.2.2 合金钢 .....	22
2.2.3 铸铁 .....	26
2.2.4 常用的有色金属及合金 .....	27
2.3 常用的非金属材料 .....	31
2.3.1 陶瓷材料 .....	31
2.3.2 塑料 .....	31
2.3.3 橡胶材料 .....	32
2.3.4 玻璃 .....	32
2.4 复合材料 .....	33
2.5 工程材料选用原则 .....	34
2.5.1 使用性原则 .....	34
2.5.2 工艺性原则 .....	35
2.5.3 经济性原则 .....	35
复习思考题 .....	35

<b>第 3 章 机械制造基本知识</b> .....	36
3.1 机械加工零件技术要求 .....	36
3.1.1 尺寸精度 .....	36
3.1.2 形状和位置精度 .....	37
3.1.3 表面粗糙度 .....	40
3.2 切削加工基本概念 .....	42
3.2.1 机床的切削运动 .....	43
3.2.2 切削运动中工件上的加工表面 .....	44
3.2.3 切削用量三要素 .....	44
3.3 金属切削刀具 .....	45
3.3.1 刀具材料 .....	46
3.3.2 刀具切削部分的几何参数 .....	47
3.4 常用量具 .....	52
3.4.1 长度单位 .....	52
3.4.2 钢板尺 .....	52
3.4.3 游标卡尺 .....	53
3.4.4 百分尺 .....	55
3.4.5 塞规与卡规 .....	56
3.4.6 百分表 .....	57
3.4.7 万能角度尺 .....	57
3.4.8 塞尺 .....	58
3.4.9 刀口形直尺 .....	58
3.4.10 直角尺 .....	58
复习思考题 .....	59
<b>第 4 章 铸造</b> .....	60
4.1 概述 .....	60
4.2 砂型铸造 .....	61
4.2.1 砂型铸造过程 .....	61
4.2.2 砂型与造型材料 .....	61
4.2.3 造型与造芯 .....	63
4.3 砂型铸造工艺设计 .....	73
4.3.1 分型面的选择 .....	74
4.3.2 工艺参数的确定 .....	75
4.3.3 浇注系统和冒口 .....	76
4.3.4 铸造工艺设计的一般程序 .....	77

4.4 金属熔炼与浇注 .....	78
4.4.1 铝合金的性能及应用 .....	78
4.4.2 铝合金的熔炼设备 .....	78
4.4.3 铝合金用坩埚电阻炉熔炼特点及工艺过程 .....	78
4.4.4 铸件的落砂、清理和缺陷分析 .....	80
4.5 特种铸造 .....	82
4.5.1 熔模铸造 .....	82
4.5.2 金属型铸造 .....	83
4.5.3 压力铸造 .....	84
4.5.4 实型铸造 .....	84
4.6 典型零件的铸造工艺实例分析 .....	85
4.6.1 生产条件及技术要求 .....	85
4.6.2 工艺分析 .....	86
复习思考题 .....	87
<b>第5章 锻压 .....</b>	<b>88</b>
5.1 锻压概述 .....	88
5.2 坯料的加热和锻件的冷却 .....	89
5.2.1 坯料的加热 .....	89
5.2.2 加热炉 .....	90
5.2.3 坯料的加热缺陷和防治办法 .....	92
5.2.4 锻件的冷却 .....	92
5.3 自由锻造 .....	93
5.3.1 自由锻工序 .....	93
5.3.2 自由锻设备 .....	97
5.3.3 自由锻工艺规程的制订 .....	99
5.4 其他锻造方法 .....	103
5.4.1 模型锻造简介 .....	103
5.4.2 锤上模锻 .....	104
5.4.3 压力机上模锻 .....	106
5.4.4 胎模锻 .....	107
5.4.5 轧制 .....	108
5.4.6 挤压 .....	109
5.4.7 拉拔 .....	109
5.5 冲压 .....	110
5.5.1 冲压生产概述 .....	110
5.5.2 冲压设备 .....	110

5.5.3 冲压的基本工序 .....	111
5.5.4 冲压模具 .....	114
5.6 典型自由锻工艺分析 .....	116
复习思考题 .....	120
<b>第6章 焊接 .....</b>	<b>121</b>
6.1 焊接概述 .....	121
6.2 焊条电弧焊 .....	122
6.2.1 焊条电弧焊设备及使用工具 .....	122
6.2.2 焊条 .....	123
6.2.3 焊接工艺参数 .....	125
6.2.4 焊接接头的形式 .....	126
6.2.5 焊接形式及位置 .....	127
6.2.6 焊条电弧焊的操作过程 .....	128
6.2.7 常见焊接缺陷及检测 .....	129
6.2.8 焊接安全操作技术 .....	130
6.3 气焊 .....	130
6.3.1 气焊特点 .....	130
6.3.2 气体 .....	130
6.3.3 乙炔气焊设备 .....	131
6.3.4 焊焰 .....	133
6.3.5 气焊用材料 .....	134
6.3.6 气焊工艺参数选定 .....	134
6.3.7 气焊的操作方法 .....	135
6.4 气割 .....	136
6.4.1 气割的基本过程 .....	136
6.4.2 气割对材料的要求 .....	137
6.4.3 气割操作 .....	137
6.5 其他焊接方法简介 .....	138
6.5.1 气体保护焊 .....	138
6.5.2 电阻焊 .....	139
6.5.3 钎焊 .....	142
6.5.4 埋弧自动焊 .....	142
6.6 焊接工艺及实例分析 .....	143
6.6.1 材料选择 .....	143
6.6.2 接头形式的选择及焊缝布置 .....	144
6.6.3 焊接工艺分析及措施 .....	145



复习思考题 .....	145
<b>第 7 章 车削 .....</b>	<b>147</b>
7.1 概述 .....	147
7.1.1 车床的种类 .....	147
7.1.2 车削的特点 .....	148
7.2 卧式车床 .....	149
7.2.1 卧式车床的型号 .....	150
7.2.2 卧式车床各部分的名称和用途 .....	150
7.2.3 卧式车床的传动系统 .....	153
7.3 车刀 .....	155
7.4 工件的安装方法及附件 .....	158
7.4.1 三爪自定心卡盘装夹工件 .....	159
7.4.2 四爪单动卡盘装夹工件 .....	159
7.4.3 用顶尖安装工件 .....	160
7.4.4 用一夹一顶安装工件 .....	162
7.4.5 用心轴安装工件 .....	162
7.4.6 用其他附件安装工件 .....	163
7.5 典型车削操作 .....	165
7.5.1 车床操作要点 .....	165
7.5.2 车外圆 .....	168
7.5.3 车端面 .....	169
7.5.4 车台阶 .....	170
7.5.5 切槽 .....	171
7.5.6 切断 .....	172
7.5.7 车成形面 .....	172
7.5.8 滚花 .....	174
7.5.9 车圆锥面 .....	174
7.5.10 孔加工 .....	176
7.5.11 车螺纹 .....	177
7.6 典型零件的车削工艺 .....	180
7.6.1 轴类零件的车削工艺 .....	180
7.6.2 典型轴类零件的车削工艺分析 .....	182
7.6.3 盘套类零件的车削工艺分析 .....	184
7.6.4 典型套类零件的车削工艺分析 .....	185
复习思考题 .....	186

<b>第 8 章 铣削</b> .....	188
8.1 概述 .....	188
8.2 铣床 .....	190
8.3 铣刀及其安装 .....	193
8.3.1 铣刀 .....	193
8.3.2 铣刀的安装 .....	194
8.4 铣床的主要附件 .....	196
8.4.1 回转工作台 .....	196
8.4.2 万能铣头 .....	197
8.4.3 分度头 .....	197
8.5 铣削方式 .....	200
8.5.1 周铣和端铣 .....	200
8.5.2 周铣的顺铣与逆铣 .....	200
8.5.3 端铣的对称铣削与非对称铣削 .....	201
8.6 常用铣削方法 .....	201
8.6.1 铣水平面 .....	201
8.6.2 铣斜面 .....	202
8.6.3 铣台阶面与沟槽 .....	203
8.6.4 铣螺旋槽 .....	204
8.7 铣削实例 .....	205
8.7.1 铣刀选择及安装 .....	205
8.7.2 装夹工件 .....	206
8.7.3 选择铣削用量 .....	206
8.7.4 铣削方式的选择 .....	207
8.7.5 铣平面的操作方法 .....	207
8.8 齿形加工方法简介 .....	207
8.8.1 铣齿 .....	208
8.8.2 滚齿 .....	209
8.8.3 插齿 .....	210
8.8.4 剃齿、珩齿、磨齿 .....	211
复习思考题 .....	212
<b>第 9 章 刨削、磨削与镗削</b> .....	214
9.1 刨削加工 .....	214
9.1.1 刨削用量要素 .....	215
9.1.2 牛头刨床 .....	215

9.1.3	刨刀	218
9.1.4	工件的安装和调整	218
9.1.5	常用表面的刨削	220
9.1.6	龙门刨床与插床	221
9.2	磨削加工	223
9.2.1	磨削用量要素	223
9.2.2	磨床	224
9.2.3	砂轮	227
9.2.4	磨削方法	229
9.2.5	磨削加工的特点	232
9.3	镗削加工	232
	复习思考题	237
<b>第 10 章</b>	<b>钳工</b>	<b>238</b>
10.1	概述	238
10.2	划线	238
10.2.1	划线过程	240
10.2.2	划线方法	241
10.3	锯削	242
10.3.1	手锯	242
10.3.2	锯削姿势	243
10.3.3	锯削方法	244
10.3.4	锯削示例	245
10.3.5	锯削质量分析	246
10.3.6	锯削注意事项	247
10.4	锉削	247
10.4.1	锉刀	247
10.4.2	锉削姿势	248
10.4.3	锉削方法	249
10.4.4	锉削示例	250
10.4.5	锉削注意事项	251
10.5	錾削	251
10.5.1	錾子	251
10.5.2	錾削姿势	252
10.5.3	錾削方法	253
10.5.4	錾削注意事项	254
10.6	钻孔、扩孔、铰孔	255

10.6.1 钻孔	255
10.6.2 扩孔	259
10.6.3 铰孔	260
10.7 攻螺纹和套螺纹	262
10.7.1 攻螺纹	262
10.7.2 套螺纹	265
10.8 钳工装配	266
10.8.1 钳工装配的技术准备工作	266
10.8.2 钳工装配的一般工艺原则	267
10.8.3 钳工装配的方法	268
10.8.4 钳工装配工艺过程	270
10.8.5 典型零部件的装配	270
10.8.6 典型零件的装配示例	274
10.9 实例分析	275
10.9.1 制作锤子的操作步骤	275
10.9.2 制作六角螺母的操作步骤	278
复习思考题	279

## 第 11 章 数控加工技术 281

11.1 数控加工基础	281
11.1.1 数控机床概述	281
11.1.2 数控编程基础	287
11.2 数控车削加工	293
11.2.1 数控车床简介	293
11.2.2 数控车削编程	295
11.2.3 数控车床操作	305
11.2.4 数控车削加工实例	320
11.3 数控铣削加工	325
11.3.1 数控铣床简介	325
11.3.2 数控铣削编程	327
11.3.3 数控铣床操作	330
11.3.4 数控铣削加工实例	337
11.4 加工中心	343
11.4.1 加工中心简介	343
11.4.2 加工中心编程	345
复习思考题	349

<b>第 12 章 特种加工</b> .....	350
12.1 特种加工概述 .....	350
12.1.1 特种加工的优点及发展 .....	351
12.1.2 几种特种加工方法的简介 .....	352
12.2 数控电火花线切割加工 .....	360
12.2.1 数控线切割机床的组成 .....	360
12.2.2 线切割加工原理 .....	361
12.2.3 数控线切割机床的分类 .....	363
12.2.4 线切割加工的加工对象 .....	363
12.2.5 线切割加工程序的编制方法 .....	363
12.3 数控电火花成形 .....	369
12.3.1 数控电火花成形机床的分类 .....	369
12.3.2 数控电火花成形加工 .....	369
12.4 激光加工 .....	375
12.4.1 激光加工的原理 .....	375
12.4.2 激光的特点 .....	376
12.4.3 激光加工的特点 .....	377
12.4.4 激光加工的应用范围 .....	377
12.5 快速成形 .....	379
12.5.1 快速成形技术开发的工艺种类 .....	379
12.5.2 几种快速成形技术开发的工艺简介 .....	380
12.6 综合比较 .....	383
复习思考题 .....	384
<b>第 13 章 综合训练与创新</b> .....	385
13.1 综合训练与创新概述 .....	385
13.1.1 综合训练与创新简介 .....	385
13.1.2 综合训练与创新的意义 .....	386
13.2 毛坯的选择 .....	386
13.2.1 机加工中常见的毛坯 .....	387
13.2.2 毛坯种类的选择 .....	387
13.3 加工方法选择及经济性分析 .....	390
13.3.1 外圆加工方案 .....	391
13.3.2 孔(内圆)加工方案 .....	392
13.3.3 平面加工方案 .....	394
13.3.4 技术经济分析 .....	396

13.4 典型零件的综合工艺过程分析 .....	397
13.4.1 轴类零件 .....	397
13.4.2 盘套类零件 .....	399
13.4.3 箱体类零件 .....	402
13.5 创新实例 .....	405
<b>参考文献</b> .....	<b>410</b>
<b>后记</b> .....	<b>412</b>

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 机械制造技术在国民经济中的地位

机械制造工业为人类的生存、生产和生活提供了各种设备，是国民经济中极其重要的基础产业。机械制造技术在现代科学技术发展与工业革命进程中发挥着十分重要的作用，而机械制造技术本身也在现代科学技术发展与工业革命进程中不断获得发展与进步，在传统制造技术与常规加工方法的基础上，机械制造新材料、新技术与新工艺不断涌现。近年来，随着世界工业的高速发展和科技水平的飞速提高，世界各国都把提高产业竞争力、发展高新技术和抢占未来经济制高点作为科技工作的主攻方向，对机械制造技术提出了更高的要求。

新中国成立以来，我国的机械工业得到了迅速发展，在全国范围内建立起了强大的机械工业体系。改革开放以来，我国正在由制造大国向制造强国迈进，一些领域正在赶超世界先进水平。

### 1.2 本课程的性质和任务

金工实习是一门重要的基础课程，是学习《材料成形工艺基础》、《机械制造工艺基础》与其他后续课程必不可少的先修课程，也是学生建立机械制造生产过程的观念、获得机械制造基本知识的重要实践教学环节。

本课程是在工程训练中心或校办实习工厂内，在实习指导教师的指导下，让学生进行独立的实践操作，将学习基本工艺理论、基本工艺知识与基本工艺实践有机地结合起来，在获得机械制造工程基本知识的同时，提高工艺实践操作技能。

根据金工实习教学基本要求，本课程的任务可概括如下：

(1) 了解现代机械制造的一般过程和基本知识，熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具，了解新工艺、新技术、新材料在现代机械

制造中的应用。

(2) 对简单零件具有初步选择加工方法和进行工艺分析的能力, 在主要工种方面应有独立完成简单零件加工制造的操作技能。

(3) 接受基本工程素质教育。充分利用工程训练中心的良好条件, 通过训练, 培养大学生的综合工程素质、创新精神、理论联系实际科学作风以及工程技术人员所具有的一些基本素质。

### 1.3 机械制造工艺过程和工程实践的内容

机械制造工艺过程实质上是一个原材料向产品或零件的转变过程, 通常是将原材料用成形的方法制成毛坯, 再经机械加工(或特种加工)得到符合技术要求的零件, 最后将各种零件装配成机器。中间还要穿插不同的热处理和表面处理, 整个过程还要进行检测和控制(图 1.1)。因此, 机械制造工艺过程包括毛坯成形、切削加工、热处理、表面处理、检测和质量监控以及装配等环节。

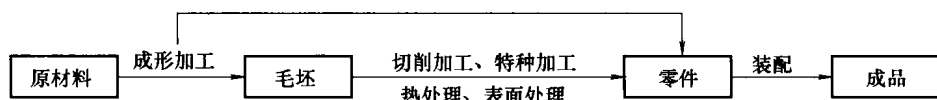


图 1.1 机械制造生产过程

(1) 原材料: 原材料主要是以钢铁为主的金属材料, 近年来各种特种合金、粉末合金、工程塑料、工业陶瓷、橡胶和复合材料等的应用比例也在不断扩大。

(2) 毛坯成形: 即采用铸造、锻压、焊接及非金属材料成形等方法将原材料加工成具有一定形状和尺寸的毛坯的过程。

(3) 切削加工和特种加工: 即采用车削、铣削、磨削和特种加工等方法, 逐步改变毛坯的形态(形状、尺寸及表面质量), 使其成为合格零件的过程。近年来, 部分和少量精加工已逐渐被毛坯的精密成形所取代。

(4) 材料的改性处理: 通常指热处理及电镀、热喷涂等表面处理工艺, 用以改变零件的整体、局部或表面的组织及性能。材料的成形加工通常也兼有材料改性的功能。

(5) 检测和质量监控: 指为保证工艺过程的正确实施和产品质量而使用的一切质量控制措施。检测和质量监控贯穿于机械制造工艺全过程。

(6) 装配: 即按规定的技术要求, 将零件或部件进行组装和连接, 使之



成为成品的工艺过程，包括零件的固定、连接、调整、检验和试验等工作。

机械工程实践的内容根据不同的加工方法分成铸造、锻压、焊接、热处理、车削、铣削、磨削、钳工及特种加工等若干工种，选择一些有代表性的典型零件，让学生进行全部或部分的加工操作，并配以现场教学、专题讲座、电化教学、综合训练、实验、参观、课堂讨论和实习报告等方式和手段，丰富教学内容，完成实践教学基本要求。

## 1.4 实习纪律

纪律是实习安全的保障，实习学生必须严格遵守。

(1) 遵守实习教学纪律，严格按照教学要求完成实习教学内容，按时完成实习报告；

(2) 虚心学习，认真实践，尊重实习指导教师的指导；

(3) 遵守作息制度，做到不迟到、不早退、不旷工、不脱岗、不串岗，维护并保持实习场地的环境卫生，做到“文明实习”。

## 1.5 安全操作须知

(1) 学生在实习期间必须遵守各工种安全操作规程，听从安全员和实习指导教师的安排，切实保证实习安全，杜绝一切人身、设备事故的发生。

(2) 学生在实习时，必须穿好工作服，按各实习工种安全要求穿戴防护用品；不准穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、裙子、短裤、短袖衫进入车间，女学生必须戴工作帽，并将长发纳入帽内。

(3) 不准违章操作；未经允许，不准启动、扳动任何非自用的机床、设备、电器、工具、量具和附件等。

(4) 不准攀登吊车、墙梯和任何设备，不准在吊车吊运物体的运行线上行走或停留，不准在实习区内追逐、打闹、喧哗和吸烟等。

(5) 操作时必须精神集中，不准与别人谈话，不准阅读书刊和收听广播；上课、操作时严禁接听手机。