



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

清华大学基础工业训练系列教材

金属工艺学实习

(非机类) 第3版

主 编 严绍华

副主编 汤 彬 徐伟国



清华大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家

清华大学基础工业训练

金属工艺学实习

(非机类) 第3版

主 编 严绍华

副主编 汤 彬 徐伟国

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书依据教育部工程材料及机械制造基础课程(金工课程)教学指导组最新制定的普通高等学校非机械类专业机械制造实习(金工实习)课程教学的基本要求,在第2版基础上修订而成。其内容包括工程材料基础知识、铸造、锻压、焊接、切削加工基本知识、车工、铣工刨工和磨工、钳工、数控加工和特种加工、增材制造(3D打印)、非金属制品成形与加工、零件加工工艺及结构工艺性等12章,各章后均有复习思考题。内容力求精选,注重新颖性实用性,图文并茂,便于自学。

本书可作为高等理工科院校非机械类专业及部分理科专业学生的机械制造实习(金工实习)教材,也可供广播电视大学、职工大学、高职及高等专科学校选用,并可供有关专业的工程技术人员和技术工人参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学实习:非机类/严绍华主编. —3版. —北京:清华大学出版社,2017

(清华大学基础工业训练系列教材)

ISBN 978-7-302-46262-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第021076号

责任编辑:赵 斌

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm

印 张:17.5

插 页:1

字 数:381千字

版 次:1992年1月第1版 2017年2月第3版

印 次:2017年2月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00元

产品编号:067056-01

“清华大学基础工业训练”系列教材编委会

主 任 傅水根

副主任 李双寿 严绍华 李鸿儒

编 委 张学政 卢达溶 张万昌 李家枢

王天曦 洪 亮 王豫明

秘 书 钟淑苹

序言



随着教育教学改革的逐渐深入,我国高等工科教育的人才培养正由知识型向能力型转化。高等学校由主要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,以满足尽快建立国家级创新体系和社会协调发展对各层次人才的需要。

由于贯彻科学发展观和科教兴国的伟大战略方针,我国对教育的投入正逐年加大。在新的教育改革理念的支持下,我国高校的实验室建设、工程实践教学基地建设呈现着前所未有的发展局面。不仅各种实验仪器、设备等教学基础设施硬件条件有了较好的基础,而且在师资队伍建设、课程建设、教材建设、教学管理、教学手段、教学方法和教学研究等方面都取得了长足的进步。

面对发展中的大好形势,清华大学基础工业训练中心在总结长期理论教学和工程实践教学经验的基础上,参照教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所完成的《工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》和《重点高等工科院校工程材料及机械制造基础系列课程改革指南》,组织高水平的师资队伍,博采众家之长,策划、编写(包括修订)了这套综合性的系列教材。

在教材的编写过程中,作者试图正确处理下列6方面的关系:理论基础与工程实践、教学实验之间的关系;常规机电技术与先进机电技术之间的关系;教师知识传授与学生能力培养之间的关系;学生综合素质提高与创新思维能力培养之间的关系;教材的内容、体系与教学方法之间的关系;常规教学手段与现代教育技术之间的关系。

由于比较正确地处理了上述关系,使该系列教材具有下列明显的特色:

(1) 重视基础性知识,精选传统内容,使传统内容与新知识之间建立起良好的知识构架,有助于学生更好地适应社会的需求,并兼顾个人的长远发展。

(2) 重视跟踪科学技术的发展,注重新理论、新材料、新技术、新工艺、新方法的引进,力求使教材内容具有科学性、先进性、时代性和前瞻性。

(3) 重视处理好教材各章节间的内部逻辑关系,力求符合学生的认识规律,使学习过程变得顺理成章。

(4) 重视工程实践与教学实验,改变原教材过于偏重知识的倾向,力图引导学生通过实

践训练,发展自己的工程实践能力。

(5) 重视综合类作业,力图培养学生综合运用知识的能力;倡导小组式的创新实践训练,引导学生发现问题、提出问题、分析问题和解决问题,培养创新思维能力和群体协作能力。

(6) 重视综合素质提高,引导学生建立责任意识、安全意识、质量意识、环保意识和群体意识等,为毕业后更好地适应社会不同工作的需求创造条件。

(7) 重视配套音像教材和多媒体课件的建设,引导教师在教学过程中适度采用现代教育技术,在有限的学时内提高教学效率和效益,同时方便学生预习和复习。

该系列教材还注重文字通顺,深入浅出,图文并茂,表格清晰,使之符合最新国家与部门标准。

该系列教材主要适用于大学本科和高职高专学生,也可作为教师、工程技术人员工作和进修的教科书或参考文献。

尽管作者和编辑付出了很大努力,书中仍然可能存在不尽如人意之处。恳请读者提出宝贵意见,以便及时予以修订。

傅水根

2006年2月18日

于清华园

前言

机械制造实习(金工实习)是一门以实践教学为主的技术基础课,是高等理工科院校非机械类有关专业教学计划中重要的实践教学环节之一。本教材第2版出版以来,已经使用多年。在此期间,教育部工程材料及机械制造基础课程(金工课程)教学指导组发布了最新制订的普通高等学校非机械类专业机械制造实习(金工实习)课程教学基本要求,我校和国内许多高校工程实践教学基地建设取得丰硕成果,为本课程改革与建设提供了硬件条件支撑。为适应高校人才培养新要求,进一步提高教材的新颖性和实用性,特对第2版教材进行修订。

这次修订注重总结近十年来我校及国内有关高校本课程教学改革实践经验,在第2版基础上进一步更新教学内容,精选常规加工方法内容,适度增加新技术新工艺内容,注重工程实践能力和创新思维能力的培养,保持工程实践性课程教材的特色,为培养高素质人才服务。教材体现如下特点:

(1) 符合教育部工程材料及机械制造基础课程(金工课程)教学指导组最新制订的普通高等学校非机械类专业机械制造实习(金工实习)课程教学的基本要求,总结我校及国内有关高校本课程教学改革实践经验,体现该课程教学的基本经验。

(2) 不仅注重学生获取知识、分析与解决工程技术实际问题能力的培养,而且力求体现对学生工程素质与创新思维能力的培养。

(3) 精选常规加工方法内容,适度引入材料成形和加工新技术、新工艺,以适应现代制造技术的发展。

(4) 教材保持原有叙述简练、深入浅出,直观形象、图文并茂,实用性强、方便自学等特点,名词术语和计量单位采用最新国家标准和行业标准。

本书由清华大学基础工业训练中心组织编写。参加编写工作的教师有:李双寿(第1章)、汤彬(第2、11章)、姚启明(第3章)、严绍华(绪论及第4章)、李生录(第5、8章)、徐伟国(第6、7、12章)、左晶(第9章)、张秀海(第10章),并由严绍华担任主编,汤彬、徐伟国担任副主编。

由于编者水平所限,书中难免有缺点与不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年9月

第 2 版前言



本教材第 1 版出版以来,已经使用多年。在此期间,尤其是进入 21 世纪以来,全国金工系列课程改革取得一系列重要成果,许多高校进一步重视实践教育,加强实践教学基地建设,金工实习基地条件出现了很大的发展和变化。为适应新的教育改革形势和高校人才培养新的要求,特对第 1 版教材进行修订。

本教材经修订具有以下特点:

1. 符合教育部机械基础课程教学指导分委员会金工课程教学指导小组制定的《普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》和《重点高等工科院校金工系列课程改革指南》的精神。考虑到多数院校现有的实习基地条件,本教材在介绍常规机械制造方法基础上,适量增加了常用的机械制造先进技术的内容,如数控加工、特种加工、非金属材料加工等。

2. 不仅注重学生获取知识和分析问题能力的培养,而且力求体现对学生工程素质和创新能力培养。

3. 各章后的复习思考题体现了教学基本要求,以便帮助学生明确实习要求和掌握重点内容。

4. 名词术语和计量单位采用最新国家标准和行业标准。

5. 保持本书第 1 版重点突出、叙述简练、图文并茂、实用性强、方便自学等特点。

本书由清华大学金属工艺学教研室组织编写。参加编写工作的教师有:李双寿(第 1 章)、姚启明(第 2 章)、李家枢(第 3 章)、严绍华(第 4 章)、张学政(绪论及第 6、7、10、11 章)、王坦(第 5、8 章)、左晶(第 9 章),并由严绍华担任绪论和前 4 章主编,张学政担任后 7 章主编。

本书可作为高等工科院校本科非机类专业及部分理科专业、人文专业学生的金工实习教材,也可作为广播电视大学、职工大学、高职及专科学校进行金工实习或金属工艺学教学的参考书。

由于编者水平所限,书中难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月

第1版前言



本书根据《工程材料和机械制造基础》课程指导小组制定的金工实习教学基本要求,结合我校多年来金工实习教学实践,在我校原金属工艺学实习讲义的基础上修订而成。

金工实习是工科高等院校对学生进行工程训练的重要实践环节之一,它是一门传授机械制造基础知识和技能的技术基础课。本书着重介绍金属的主要成形方法和加工方法、毛坯制造和零件加工的一般工艺过程,所用设备的构造、工作原理和使用方法,所用材料、工具、附件与刀具及安全技术等。

本书编写中力求突出重点和讲求实用,强调可操作性和便于自学,供学生在金工实习期间预习和复习时使用。各章后的复习思考题体现了教学基本要求,可帮助学生明确实习要求和掌握重点内容。

本书由清华大学金属工艺学教研室组织编写。参加编写工作的教师有:严绍华(第1、4章)、曹聿(第2章)、李家枢(第3章)、张学政(第5、7、8章及绪论)、马二恩(第6、9章),并由严绍华担任绪论和前4章主编,张学政担任后5章主编。金问楷、龚国尚等同志分别对本书讲义初稿进行了审阅,在此表示衷心的感谢。

本书可作为高等工科院校本科非机类专业及部分理科专业学生的金工实习教材,也可作为广播电视大学、职工大学、专科学校及中等专业学校进行金工实习或金属工艺学教学的参考书。

由于编者水平所限,书中难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目录



绪论	1
0.1 金工实习的内容	1
0.1.1 机械制造过程	1
0.1.2 金工实习的内容和教学环节	2
0.2 金工实习的目的和要求	3
0.2.1 金工实习的目的	3
0.2.2 金工实习的要求	4
第1章 工程材料基础知识	5
1.1 工程材料分类	5
1.1.1 金属材料	5
1.1.2 非金属材料	13
1.2 金属材料性能	18
1.2.1 金属材料的力学性能	18
1.2.2 金属材料的工艺性能	22
1.3 热处理基本概念	24
1.3.1 退火与正火	24
1.3.2 淬火与回火	25
1.3.3 固溶热处理与时效处理	25
1.3.4 表面淬火与化学热处理	25
复习思考题	26
第2章 铸造	27
2.1 铸造概述	27
2.2 砂型的制造	28
2.2.1 型砂	28

2.2.2	模样	31
2.2.3	造型	32
2.2.4	造芯	34
2.2.5	铸造工艺	36
2.3	合金的熔炼与浇注	40
2.3.1	铸造合金种类	40
2.3.2	合金的熔炼	41
2.3.3	浇注	43
2.4	铸件的落砂、清理及缺陷分析	44
2.4.1	落砂	44
2.4.2	清理	44
2.4.3	铸件缺陷分析	45
2.5	特种铸造	47
2.5.1	金属型铸造	47
2.5.2	压力铸造	48
2.5.3	低压铸造	49
2.5.4	熔模铸造	50
2.5.5	离心铸造	51
2.5.6	消失模铸造	52
	复习思考题	54
第3章	锻压	55
3.1	锻压概述	55
3.2	锻造	56
3.2.1	锻造方法分类	56
3.2.2	坯料的加热	56
3.2.3	自由锻锤	57
3.2.4	自由锻的基本工序	58
3.2.5	自由锻的变形工艺	59
3.2.6	自由锻安全操作规程	61
3.3	板料冲压	62
3.3.1	冲床	62
3.3.2	板料冲压的基本工序	62
3.3.3	冲模	66
3.3.4	数控冲压简介	68

3.3.5 冲压操作安全技术	70
复习思考题	70
第4章 焊接	72
4.1 焊接概述	72
4.2 焊条电弧焊	73
4.2.1 弧焊机	74
4.2.2 电焊条	76
4.2.3 焊接接头形式和坡口形式	77
4.2.4 焊接位置	79
4.2.5 焊接工艺参数	79
4.2.6 焊条电弧焊安全技术	81
4.3 气体保护电弧焊	81
4.3.1 钨极氩弧焊	82
4.3.2 二氧化碳气体保护焊	83
4.4 其他焊接方法	84
4.4.1 气焊	84
4.4.2 埋弧焊	86
4.4.3 电阻焊	88
4.4.4 钎焊	89
4.5 热切割	90
4.5.1 氧气切割	90
4.5.2 等离子弧切割	91
4.6 焊接变形和焊接缺陷分析	92
4.6.1 焊接变形	92
4.6.2 焊接缺陷与焊接检验	92
复习思考题	95
第5章 切削加工基本知识	96
5.1 切削加工概述	96
5.1.1 切削加工的实质和分类	96
5.1.2 机床的切削运动	97
5.1.3 切削用量三要素	97
5.2 切削刀具	98
5.2.1 刀具材料	98
5.2.2 刀具角度	99

5.2.3	刀具的刃磨	103
5.3	常用量具	104
5.3.1	游标卡尺	104
5.3.2	千分尺	107
5.3.3	塞规与卡规	108
5.3.4	百分表	109
5.3.5	刀口形直尺	110
5.3.6	塞尺	110
5.3.7	90°角尺	110
5.4	零件技术要求简介	110
5.4.1	表面粗糙度	111
5.4.2	尺寸精度	112
5.4.3	形状精度	113
5.4.4	位置精度	114
	复习思考题	117
第6章	车工	118
6.1	车工概述	118
6.2	卧式车床	119
6.3	卧式车床操作要点	121
6.3.1	工件的安装	121
6.3.2	车刀的安装	122
6.3.3	刻度盘及其手柄的使用	123
6.3.4	粗车和精车	123
6.3.5	车床安全操作规程	125
6.4	车削基本工作	125
6.4.1	车端面	125
6.4.2	车外圆及台阶	126
6.4.3	钻孔和车孔	127
6.4.4	车槽和车断	128
6.4.5	车锥面	128
6.4.6	车回转成形面	131
6.4.7	车螺纹	132
6.4.8	滚花	135
6.5	车床附件	135

6.5.1	四爪单动卡盘	135
6.5.2	双顶尖、拨盘和卡箍	136
6.5.3	心轴	139
6.5.4	花盘、花盘-弯板	140
6.5.5	中心架	140
6.5.6	跟刀架	140
复习思考题		142
第7章 铣工、刨工和磨工		143
7.1	铣工	143
7.1.1	铣工概述	143
7.1.2	普通铣床	144
7.1.3	铣刀及其安装	146
7.1.4	工件的安装	148
7.1.5	铣床安全操作规程	148
7.1.6	铣削基本工作	149
7.1.7	齿轮齿形加工简介	153
7.2	刨工	157
7.2.1	刨工概述	157
7.2.2	牛头刨床	157
7.2.3	刨刀及其安装	159
7.2.4	工件的安装	160
7.2.5	牛头刨床安全操作规程	160
7.2.6	刨削基本工作	161
7.2.7	刨削类机床	162
7.3	磨工	164
7.3.1	磨工概述	164
7.3.2	砂轮	164
7.3.3	平面磨床及其工作	165
7.3.4	外圆磨床及其工作	166
7.3.5	内圆磨床及其工作简介	169
7.3.6	磨床安全操作规程	171
复习思考题		171
第8章 钳工		172
8.1	钳工概述	172

8.1.1	钳工工作范围	172
8.1.2	钳工工作台和虎钳	172
8.1.3	钳工安全操作规程	173
8.2	划线	174
8.2.1	划线的作用和种类	174
8.2.2	划线工具及其用途	174
8.2.3	划线基准	177
8.2.4	划线操作	177
8.3	锯削	178
8.3.1	手锯	178
8.3.2	锯削操作	179
8.4	锉削	180
8.4.1	锉刀	180
8.4.2	锉削操作	181
8.5	钻孔、扩孔和铰孔	182
8.5.1	钻床	182
8.5.2	钻孔	183
8.5.3	扩孔	185
8.5.4	铰孔	186
8.6	攻螺纹和套螺纹	186
8.6.1	攻螺纹	186
8.6.2	套螺纹	187
8.7	装配	188
8.7.1	装配的作用	188
8.7.2	装配的组合形式	189
8.7.3	部件装配举例	189
8.7.4	几种典型装配工作	191
8.7.5	拆卸工作	194
	复习思考题	194

第9章 数控加工和特种加工

9.1	数控加工及其程序编制基础	195
9.1.1	数控加工概述	195
9.1.2	数控机床坐标系	196
9.1.3	手工编程	197

9.1.4 自动编程	199
9.2 数控车床加工	200
9.2.1 数控车床概述	200
9.2.2 数控车床加工工艺的制定	200
9.2.3 数控车床程序格式及指令	201
9.2.4 数控车床加工实例	201
9.3 数控铣床加工	204
9.3.1 数控铣床概述	204
9.3.2 数控铣床加工工艺的制定	205
9.3.3 数控铣床程序格式及指令	205
9.3.4 数控铣床加工实例	205
9.4 加工中心简介	207
9.4.1 加工中心概述	207
9.4.2 适宜加工中心加工的零件	208
9.5 特种加工概述	208
9.5.1 特种加工的产生与发展	208
9.5.2 特种加工的特点	209
9.5.3 特种加工的应用	209
9.6 电火花加工	209
9.6.1 电火花加工的原理	209
9.6.2 电火花加工的应用	210
9.6.3 数控电火花成形加工机床	211
9.6.4 电火花成形加工实例	211
9.7 线切割加工	212
9.7.1 线切割加工的原理	212
9.7.2 数控线切割加工机床	213
9.7.3 数控线切割加工程序的编制	213
9.8 超声波加工和激光加工	217
9.8.1 超声波加工	217
9.8.2 激光加工	218
复习思考题	220
第 10 章 增材制造(3D 打印)	221
10.1 增材制造概述	221
10.1.1 增材制造技术原理	221

10.1.2	增材制造技术特点	222
10.1.3	增材制造技术的工程应用	223
10.2	增材制造工艺方法	223
10.2.1	熔融沉积成形(FDM)工艺	223
10.2.2	光固化成形(SL)工艺	224
10.2.3	分层实体制造(LOM)工艺	224
10.2.4	选择性激光烧结(SLS)工艺	225
10.3	增材制造设备简介	225
10.3.1	熔融沉积成形工艺设备	226
10.3.2	选择性激光烧结成形工艺设备	226
10.4	增材制造数据处理软件	228
10.4.1	增材制造软件类型	228
10.4.2	增材制造数据处理软件处理过程	229
	复习思考题	232
第 11 章	非金属制品成形与加工	233
11.1	塑料制品的成形与加工	233
11.1.1	塑料制品的成形	233
11.1.2	塑料制品的加工	235
11.2	橡胶制品的成形与加工	235
11.2.1	橡胶制品的成形	235
11.2.2	橡胶的切削加工	236
11.3	工业陶瓷的成形与加工	236
11.3.1	工业陶瓷的成形	236
11.3.2	工业陶瓷的切削加工	237
11.4	复合材料的成形与加工	237
11.4.1	复合材料的成形	237
11.4.2	复合材料的切削加工	238
	复习思考题	238
第 12 章	零件加工工艺及结构工艺性	239
12.1	机械加工方法的选择	239
12.1.1	外圆和内圆加工方法的选择	239
12.1.2	平面加工方法的选择	240
12.2	典型零件的加工工艺	241
12.2.1	零件机械加工工艺的制定	241