

清华大学基础工业训练系列教材

机械制造实习

傅水根 李双寿 主编

清华大学出版社

清华大学基础工业训练系列教材

机械制造实习

李双寿 主编

傅水根 主审

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是机械制造实习课程的主教材。全书分为3篇,共12章。第1篇主要介绍工程材料的性能、热处理和表面处理的方法;机械制造的基础知识,如零件加工的技术要求、刀具材料及几何角度;零件检测采用的量具、设备与测量方法。第2篇主要介绍毛坯成形常用的方法,如铸造、锻压和焊接,分析不同类型毛坯的缺陷;零件的装卡方法和零件表面的加工方法,如车工、铣工、刨工、磨工和钳工,以及能够达到的经济精度和表面粗糙度。第3篇主要介绍各种先进的制造技术,如材料的先进成形技术、消失模铸造、等离子弧焊接与切割、激光焊接与切割、数控冲压等;数控加工中的数控车削、数控铣削和加工中心;特种加工中的数控电火花成形加工、数控电火花线切割加工、激光加工、旋转超声波加工以及快速原型制造等。

本书不仅是清华大学机械制造实习国家级精品课程长期教学实践的总结,同时吸取了兄弟院校丰富的教学经验。全书内容丰富,理论结合实际,可操作性强。

本书可作为高等院校机械类各专业的机械制造实习、工程训练或金工实习教材,也可供高职、高专、职工大学相关专业的师生和企业的工程技术人员参考。

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

机械制造实习/傅水根,李双寿主编. —北京:清华大学出版社,2009.4

(清华大学基础工业训练系列教材)

ISBN 978-7-302-19142-1

I. 机… II. ①傅… ②李… III. 机械制造—实习—高等学校—教材 IV. TH16-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 204263 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:25 字 数:540 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版 印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:36.00 元



本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026135-01

实践是内容最丰厚的教科书；
实践是贯彻素质教育最好的课堂；
实践是实现创新最重要的源泉；
实践是心理自我调理的一剂良药；
实践是完成简单到综合、知识到能力、聪明到智慧转化的催化剂。

傅水根

2003年7月于清华园

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,我国高等理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培养方向迈进,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出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配置,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,引导学生通过系统训练建立责任意识、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,使之符合国家与部门最新标准。

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

近 10 年来,我国的工程实践教学取得了一系列重大进展,清华大学的机械制造实习(原金工实习)课程在长期实践的基础上,创建了集工程基础训练、先进技术训练、创新实践训练和综合素质训练为一体,以模块式选课为基本特征的工程实践教学体系,并于 2004 年被评为国家级精品课程。为进一步适应课程改革的新形势和国家级精品课程的教学要求,特编写了本教材。

本教材具有下列特点:

(1) 承继了原清华大学机械类金工实习教材的优点,借鉴了兄弟院校实践教学改革的成功经验,在介绍机械制造基础知识和常用机械制造方法的基础上,将近 10 来实践教学改革的成功经验写入教材,如在实习中大大拓展了新材料、新技术和新工艺的内涵,加强了综合性训练或创新实践训练等。

(2) 符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组 2008 年修订的《普通高等学校机械制造实习教学基本要求》和 2008 年修订的《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》的精神。

(3) 不仅注重学生观察现象、发现问题、获取知识、独立分析问题和解决问题能力的培养,而且注重学生工程实践能力、工程素质和创新思维能力的提高。

(4) 与清华大学出版社出版的后续教材《材料成形工艺基础》和《机械制造工艺基础》分工明确,配合紧密,彼此相得益彰。

(5) 内容丰富、新颖,文字流畅、深入浅出,公式和表格正确,图文并茂。

(6) 本书采用国家最新技术标准和法定计量单位。

(7) 为便于学生自学和增强实践教学中的安全意识,每章前简明地增加了“导学”和“安全警示”两部分提示性内容,每章的思考题中,也增加了有关安全的内容。

(8) 为选用本书的教师配送“机械制造实习课程沿革与工程实践教学理念”以及“机械制造实习课程教学方案(机械类)”。

本教材由傅水根、李双寿担任主编。编写分工如下:傅水根(第 1、2 章、第 12.4 节),李

双寿(第3、4章、第10.1节),姚启明(第5章、第10.2节),武静(第6章),王坦(第7~9章、第12.5节),张秀海(第11.1节)、左晶(第11.2节和第11.3节),初晓(第10.3节),高炬(第12.1节和第12.3节),裴文中(第12.2节)。全书采用的参考文献列于书后并致谢意。

由于编者水平有限,凡书中错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009年2月

目录



第 1 篇 机械制造基础知识

1	工程材料与热处理基础知识	3
1.1	工程材料	3
1.2	钢的热处理与表面处理	12
	复习思考题	17
2	机械制造基础知识	18
2.1	机械制造概述	18
2.2	机械制造工艺基础知识	19
2.3	量具及测量基础知识	31
	复习思考题	41

第 2 篇 常规制造技术实习

3	铸造实习	45
3.1	型砂和造型	46
3.2	造芯	57
3.3	合型、熔炼和浇注	59
3.4	落砂、清理和缺陷分析	64
3.5	砂型铸造工艺简介	67
3.6	特种铸造	75
	复习思考题	78

4 锻压实习	82
4.1 锻造生产过程	82
4.2 自由锻	89
4.3 板料冲压	99
复习思考题	106
5 焊接实习	108
5.1 焊条电弧焊	108
5.2 气体保护电弧焊	120
5.3 气焊与热切割	128
5.4 其他焊接方法	132
5.5 焊接变形与焊接缺陷分析	140
5.6 典型焊接结构制造工艺简介	143
复习思考题	146
6 车工实习	148
6.1 车工概述	148
6.2 普通卧式车床	150
6.3 车刀刃磨及其安装	155
6.4 车床附件及工件安装	156
6.5 车床操作要点	163
6.6 基本车削工作	166
6.7 典型零件车削工艺简介	178
6.8 车工综合训练	183
复习思考题	185
7 铣工与刨工实习	187
7.1 铣工概述	187
7.2 普通铣床	190
7.3 铣刀及其安装	193
7.4 铣床附件及工件安装	196
7.5 基本铣削工作	200
7.6 齿轮齿形加工简介	206
7.7 刨工实习简介	210

复习思考题	214
8 磨工实习	215
8.1 磨工概述	215
8.2 砂轮	216
8.3 磨床	217
8.4 基本磨削工作	221
复习思考题	227
9 钳工实习	228
9.1 钳工概述	228
9.2 划线	229
9.3 锯削	235
9.4 锉削	237
9.5 钻孔、扩孔和铰孔	241
9.6 攻螺纹和套螺纹	245
9.7 刮削与研磨	247
9.8 装配	251
复习思考题	258
第3篇 先进制造技术实习	
10 材料先进成形技术实习	261
10.1 先进铸造实习——消失模铸造	261
10.2 先进焊接实习	268
10.3 数控冲压实习	277
复习思考题	285
11 数控加工技术实习	286
11.1 数控加工概述	286
11.2 数控车削实习	295
11.3 数控铣削实习	304
复习思考题	332

12 特种加工技术实习	334
12.1 数控电火花成形实习	334
12.2 数控电火花线切割实习	343
12.3 激光加工实习	356
12.4 旋转超声波加工实习	365
12.5 快速原型制造实习	371
复习思考题	381
参考文献	383

第 1 篇



机械制造基础知识

1

工程材料与热处理基础知识

导学：本章主要是让学生学习与熟悉常用工程材料的种类、性能与选用，以及改善应用最广泛的钢材性能所采用的热处理和表面处理方法，如退火、正火、淬火、回火、表面淬火、渗氮、发蓝和磷化等。

安全警示：在进行热处理实验时，主要应防止将已加热材料从加热炉中取出时和热处理后被材料余热烫伤。

1.1 工程材料

1.1.1 工程材料的基础知识

1. 工程材料概述

任何机器设备或装置都要根据零件在设备或装置中的不同功能要求而选用各种不同的材料。结构比较简单的设备或装置，如传感器、钉书机、水果削皮机和自行车等，可能选用几种、十几种或几十种不同的材料；而对于结构复杂、功能强大的机器设备，如汽车、火车、飞机、人造卫星、航空母舰等，则需要选用上百种，甚至上千种性能各异的材料。

在人类历史的发展进程中，由早期采用茅草、竹材、木材、泥土和石材等天然材料，逐步发展到使用陶土制作陶器，使用锡铜合金制作青铜器，再继而发展出钢铁的冶炼和轧制技术，并使其在材料家族中逐渐占据统治地位。在此基础上，社会发展的需要和人类创新的冲动更加不可遏止，进一步发展出了非金属材料 and 复合材料。随着材料家族的日益壮大，在材料领域发展的进程中，金属材料时代不得不让位于工程材料时代。

工程材料广泛应用于社会需求的各个领域。社会要发展，科技要进步，始终离不开工程材料。工程材料的种类繁多，分类方法也不少。按照化学成分和结合键的特点，大体可分为

金属材料、非金属材料和复合材料三大类。

1) 金属材料

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料主要包括各种碳素钢、合金钢、铸铁(如灰口铸铁、球墨铸铁、蠕虫铸铁、可锻铸铁等)和铸钢等;有色金属主要包括铜及铜合金、铝及铝合金、钛及钛合金、镁及镁合金等。迄今为止,尽管其他工程材料发展很快,但金属材料在工程应用中仍然有其独特的优势。

2) 非金属材料

非金属材料可分为无机非金属材料 and 有机高分子材料。无机非金属材料包括陶瓷、玻璃、水泥和耐火材料等;有机高分子材料包括橡胶、塑料和合成纤维等。随着材料科学的不断发展,各种非金属材料的性能不断改善,因此在各行各业中获得了日益广泛的应用。

3) 复合材料

复合材料是由基体材料和增强材料复合而成的多相固态材料。单一的材料在某些方面有其独特的性能,但也经常会伴随一种或几种弱点。复合材料可以在基体材料的基础上,按照所需要的性能进行设计,以改善甚至克服单一材料的弱点,有效地实现不同材料的优势互补。复合材料中的增强材料有玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、氮化硅纤维和晶须等。

复合材料主要有以下几种:

(1) 树脂基复合材料。树脂基复合材料以树脂为基体和黏结材料,以天然纤维、人造纤维、金属纤维等为增强材料。树脂基复合材料的比强度和比模量大,耐疲劳、耐腐蚀、耐烧蚀,吸振性和电绝缘性好。以玻璃纤维增强的玻璃钢是树脂基复合材料的典型代表。

(2) 金属基复合材料。金属基复合材料是以金属、合金或金属间化合物为基体,含有各种纤维、晶须、颗粒等增强材料。金属基复合材料的力学性能好,高温强度高,可导电、导热,不燃烧,不吸湿,且无高分子复合材料的老化现象。在目前的金属基复合材料中,铝基复合材料占主导地位。

(3) 碳-碳复合材料。用有机基体浸渍纤维坯块,固化后再进行裂解,或在纤维坯型经化学气相沉积后,直接填入碳。利用这种新型工艺制作的复合材料,除了具有石墨的各种优点外,其强度和冲击韧性比石墨高5~10倍,刚度和耐磨性高,化学稳定性和尺寸稳定性好。目前多用于高温技术领域、化工和核反应装置中,也用作导弹的鼻锥、飞船的前缘和超音速飞机的制动装置等。

2. 工程材料的应用举例

一台设备由各种零件和部件组成,采用成百上千种性能各异的材料。下面以傅水根教授主持研制的DK6825数控旋转电加工机床(图1-1)的主机(不包括脉冲电源)为例,说明这样一台机电一体化设备,大体选用多少种不同的材料。

该设备为中等复杂程度,由11个部件组成,共设计与制作非标准件236种,采购标准件