



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械制工程训练

(第二版)

张木青 于兆勤 主编

刘友和 主审



华南理工大学出版社

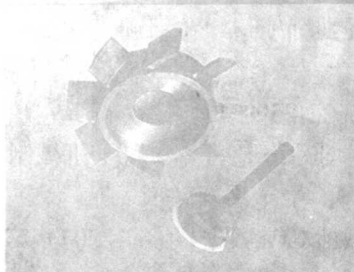
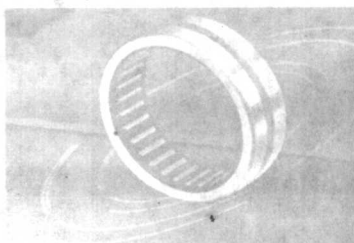


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械制造工程训练

(第二版)

主 编 张木青 于兆勤
副主编 李作全 逢启寿 胡青春
主 审 刘友和



华南理工大学出版社

· 广州 ·

内 容 简 介

本书为工程训练(金工实习)的实习教材,全书共分为4篇21章,内容包括工业安全基础知识、金属材料及钢的热处理、铸造、锻压、焊接、塑料成型、表面处理技术、切削与零件加工、车工、铣削与齿形加工、刨工、磨工、钳工与装备、汽车结构、数控加工基础知识、电火花加工、数控线切割、数控车削、数控铣削及加工中心等。

本书适用于高等学校机械类、近机械类本、专科学生;对于非机械类专业,可根据专业特点和教学条件,有针对性地选择其中的实习内容组织教学。本书还可作为有关工程技术人员和技工的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程训练/张木青,于兆勤主编.—2版.—广州:华南理工大学出版社,2007.2

ISBN 978-7-5623-2599-4

I.机… II.①张…②于… III.机械制造工艺 IV.TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第022175号

总发行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

营销部电话:020-87113487 87110964 22236386 87111048(传真)

E-mail: scutcl3@scut.edu.cn

http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:毛润政

印刷者:佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.25 字数:445千

版次:2007年2月第2版 2007年2月第6次印刷

印数:36 001~51 000册

定价:26.00元

版权所有 盗版必究

本书参编人员 (按姓氏笔画为序):

于兆勤 (广东工业大学)

王红军 (华南农业大学)

李小平 (韶关学院)

李作全 (湛江海洋大学)

张木青 (华南理工大学)

陈从桂 (南华大学)

苏 健 (广东技术师范学院)

郑志军 (华南理工大学)

周德中 (广东技术师范学院)

胡青春 (华南理工大学)

钟罗杰 (湛江海洋大学)

王红飞 (华南理工大学)

许光辉 (东莞理工学院)

李伟华 (广东工业大学)

宋小春 (华南理工大学)

陈元迪 (广东工业大学)

陈勇志 (东莞理工学院)

郑传治 (广东工业大学)

罗广庭 (广东技术师范学院)

逢启寿 (江西理工大学)

施勋偕 (江西理工大学)

谢红希 (华南理工大学)

序 言

机械制造工程训练是一门覆盖面很广的实践性课程，不但是绝大多数理工科学生的必修课，管理类、语言类、新闻类、工艺美术类也有不少的学生要修读这门课程。

国内的理工科大学大多数设有机械制造工程训练基地，大多数学生也很喜欢参加这样的实践训练。经过较全面和较完善的实践训练的毕业生往往更受企业欢迎，有较大的择业优势。

过去的金工实习就是这样的实践训练。但科技发展很快，今天的工程材料已经不单使用金属材料，许多非金属材料 and 更新的复合材料已经被广为应用。制造方法也已经不单只使用金工实习中的铸造、锻压、焊接、热处理、车、铣、刨、磨、钳等传统的加工工艺，而是扩展到许多与现代制造技术有关的新工种。对此，社会上许多用人机构已经对大学毕业生提出了更高的要求。

根据 2003 年 9 月本课程指导小组在成都会议上提出的《机械制造工程训练教学基本要求》讨论稿，要求各院校应积极创造条件，充实新工艺、新技术的教学内容。要具备基本的数控车、数控铣、数控线切割和电火花成型加工以及其他新技术、新工艺的工艺装备，逐步减少常规工艺训练内容，充分利用现有条件，积极开展创新训练。对照这些要求，本教材已经达到。

加入 WTO 以后，中国已成为世界制造业的一个中心，需要大量有真才实学、有较高技能的人才。2003 年底，教育部、劳动与社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部和卫生部等 6 个中央部委联合发文，启动技能紧缺型人才培养工程。指出要适应我国现阶段走新型工业化道路，坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，大力振兴装备制造业，加快发展现代服务业的实际需要，2003~2007 年相关专业领域共要输送毕业生 100 万人，在相关专业领域共提供短期技能培训 300 万人次，以缓解劳动力市场上技能型人才的紧缺状况。各地要充分认识到加强技能型紧缺人才的培养，对于促进我国制造业和现代服务业发展的重要意义。

广东省金属工艺学教学研究会本着与时俱进的精神，组织省内各主要院校及周边省份部分高校共同编写了《机械制造工程训练》。在各位作者的共同努力及社会业界人士的帮助、指导下，本书的编写质量也得到了较大提高，被国家教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。我们期望本教材的出版能为提高大学生的素质，特别是提高大学毕业生的实践技能作出贡献。

本书按工程训练的内容属性将全书分为四大篇。第一篇内容为工程训练学生必读与安全知识；第二篇为材料及其成型技术训练，内容包括金属材料及其热处理、铸造、锻

压、焊接、塑料成型技术、材料表面处理技术等；第三篇为机械加工技术训练，内容包括切削加工、车削、铣削与齿形加工、刨削、磨工、钳工与装配、汽车结构等；第四篇为数控加工技术训练，内容包括数控加工基础知识、电火花加工、数控线切割、数控车削、数控铣削、加工中心等。

2003年和2005年分别在武汉大学和广西大学举行的第1、第2两届中南6省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛中，参赛的近200多项作品展现了各地学生的创新精神和实践动手能力，选手们和各地的指导老师都深深体会到“机械制造业训练”这一教学环节的重要性，有一本好的训练教材，有一个好的实习环境，是发挥同学们创意的保证。

在使用本书时，有如下几点建议：

(1) 加强与工业界的合作，使学生在培训中感受到真实工业环境中的对质量、效率和成本等方面的严格要求，这也是中央6部委文件中提出的实施措施之一。

(2) 将创新意识的培养贯彻于工程训练之中。前两届中南6省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛已经有了一个不错的开始，2007年将举行第三届中南6省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛，选拔选手最好的方法就是通过机械制造业训练来启发学生的创新意识，培养制作技能，而不是到大赛前才急急忙忙寻找选手参赛。在总结了前两届大赛经验的基础上，2007年的大赛更明确规定将参赛作品分为金工实习期间的作品和金工实习之后的作品两大类。鼓励更多的学校研究改进学生量大面广的金工实习的教学内容、教学方式和方法。规定在保证不出安全事故的前提下，参加决赛的每一作品要有一名同学对作品中的关键工序再进行2小时的现场加工表演，要求有能制订工艺文件的能力，有经得起考验的加工知识和操作技能。这样，本教材对帮助学生准备参赛就有更大的指导意义。

(3) 不同专业的实习时间长短不同，对于感觉实习时间不够而又对书中内容感兴趣、希望多学一点的同学，建议有关学校为他们开设专门的选修项目。

工程训练牵涉许多复杂的机器和复杂的操作，最好配有动画与视频图像以帮助理解。另外，不同的学校条件可能有些差别，一些暂时未能开出的项目也可以先用多媒体课件作演示。有鉴于此，本书编委会已制作了与本书配套的多媒体教学光盘。

期望此书的出版能为我国机械制造业训练课程的建设作出较大的贡献。

中南金工研究会理事长 **刘友和**

2007年2月

前 言

“工程训练”(金工实习)作为一门实践性的技术基础课,不仅是高等院校工科专业学生的必修课,而且许多院校把“工程训练”作为精品课程来建设。随着高等院校实习条件的不断改善和实践教学改革的不深入,工程训练的内容不仅仅包括传统机械制造方面的各种加工工艺技术,还包括计算机数控加工、塑料加工、特种加工等非传统实习内容在内的现代加工技术的训练,许多院校还增加了工业安全和环境保护方面的综合训练的内容。因此,传统的金工实习体系已经逐步向现代工程训练体系转化。结合这些变化以及高等院校工程训练课程改革与建设的需要,我们在原来《机械制造工程训练教材》的基础上,按照国家“十一五”教材建设规划的要求,重新编写了《机械制造工程训练》一书。

《机械制造工程训练》一书,打破了传统的金工实习教材的编排方法。以近年来工科院校常用的实习项目为章节,以训练内容属性将全书分为四大篇(或称为四大训练模块)。第一篇内容为工程训练学生必读与安全知识,目的是便于学生在金工实习前进行纪律与安全教育,了解实习的目的和要求,同时方便有条件的院校开展工业安全训练;第二篇为材料及其成型技术训练,内容包括金属材料及其热处理、铸造成型、锻压成型、焊接成型、塑料成型技术、材料表面处理技术等;第三篇为机械加工技术训练,内容包括切削加工基础和零件加工质量检验技术、车削加工、铣削加工与齿形加工、刨削加工、磨工、钳工与装配、汽车结构知识等;第四篇为数控加工技术训练,内容包括数控加工基础知识、电火花加工、数控线切割加工、数控车削加工、数控铣削加工、加工中心加工等。在现代加工技术训练的不同章节中,分别简单介绍了 Master CAM、Pro/E、Solidworks 等软件及其应用,以便使学生了解 CAD/CAM 的原理和技术。

本书的编写思路是教材内容注重实际训练,举例实用,便于操作。因此,编写时认真总结了各兄弟院校关于本课程教学内容和课程体系教学改革的经验,借鉴了国内兄弟院校的教学改革成果,结合编者的教学实践经验和工程训练的实际内容,以高等院校常用的设备为例,介绍传统加工和新设备加工的基本制造技术和工艺。在有关章节中,增加了实验内容的介绍,便于学生在实习过程中完成实验。每章的后面还有思考题和练习题,以帮助学生消化、巩固和深化教学内容以及进行实际工程训练和实验;某些章节的思考与练习题中要求学生结合实际设计并制造出有一定创意和使用价值的制品,以便于在实习中开展创新设计与制造活动。为了限制篇幅,本书在对章节具体内容的处理上,以必需和够用为原则,内容作了必要的精简,文字力求简洁,同时注意知识的系统性和科学性。

我们已制作了与教材配套使用的《机械制造工程训练》多媒体网络课件和双语教学挂图。进行工程训练时牵涉的许多复杂的机器和复杂的操作,《机械制造工程训练》多

媒体网络课件中的文字、动画与视频图像等可帮助学生加深理解。另外,不同的学校条件可能有些差别,一些暂时未能开出的项目也可以先用多媒体课件作演示;悬挂在工程训练现场的挂图则能起到现场教学中的展示教育与隐性教育作用。

本书适合于高等院校机械类、近机械类专业4~6周“工程训练”(金工实习)教学使用。对非机械类专业,可根据其专业特点和后续课程需要,有针对性地选择其中的实习内容组织教学。

本书由华南理工大学、广东工业大学、华南农业大学、湛江海洋大学、东莞理工学院、江西理工大学、韶关学院、南华大学、广东技术师范学院联合编写。参编人员有于兆勤、王红飞、王红军、刘友和、许光辉、李小平、李伟华、李作全、宋小春、张木青、陈元迪、陈从桂、陈勇志、苏健、郑传治、郑志军、罗广庭、周德中、逢启寿、胡青春、施勋偕、钟罗杰、谢红希等。本书由刘友和教授主审,张木青、于兆勤担任主编,李作全、逢启寿、胡青春任副主编。张木青、于兆勤负责全书的统稿与修改工作。

本书是对金工实习深化改革的初步尝试,由于编者水平所限,书中错误与欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年2月

目 录

第 1 篇 工程训练学生必读与安全知识	1
第 1 章 工程训练学生必读	3
1.1 概述	3
1.2 工程训练对学生的基本要求	3
1.3 工程训练期间学生考勤制度	4
1.4 工程训练总结报告的撰写	5
第 2 章 工业安全基本知识	6
2.1 概述	6
2.2 工业安全法规	6
2.3 机械安全工程	7
2.4 物料搬运安全常识	12
2.5 用电安全常识	14
2.6 防火与灭火	15
2.7 砂轮使用安全常识	16
2.8 化学药品和危险物料常识简介	18
思考与练习	18
第 2 篇 材料及其成型技术训练	19
第 3 章 金属材料及其热处理	21
3.1 金属材料分类与识别	21
3.2 金属材料的性能与硬度测定	27
3.3 钢的热处理	28
思考与练习	32
第 4 章 铸造成型	33
4.1 概述	33
4.2 砂型铸造工艺	33
4.3 合金的熔炼与浇注	40
4.4 铸件常见缺陷的分析	42
4.5 压力铸造和实型铸造简介	43
思考与练习	46
第 5 章 锻压成型	47
5.1 锻造成型	47
5.2 板料冲压成型	55

思考与练习	62
第6章 焊接成型	63
6.1 焊条电弧焊	63
6.2 气焊与气割	69
6.3 手工钨极氩弧焊	74
6.4 电阻焊	77
思考与练习	79
第7章 塑料成型技术	80
7.1 常用塑料简介	80
7.2 注塑成型工艺	81
7.3 塑料模具的组成	83
7.4 其他成型工艺简介	85
思考与练习	88
第8章 材料表面处理技术	90
8.1 概述	90
8.2 化学镀	90
8.3 铝及铝合金的阳极氧化处理	94
8.4 真空蒸发镀膜	98
8.5 材料表面的化学蚀刻	100
思考与练习	102
第3篇 机械加工技术训练	103
第9章 切削加工基础和零件加工质量检验技术	105
9.1 切削加工基础	105
9.2 常用量具及其使用方法	111
9.3 零件加工质量及检验方法	117
思考与练习	121
第10章 车削加工	123
10.1 卧式车床	124
10.2 车刀的结构、刃磨及其安装	128
10.3 车外圆、端面和台阶	129
10.4 切槽、切断、车成型面和滚花	134
10.5 车圆锥面	137
10.6 孔加工	138
10.7 车螺纹	139
10.8 车床常用附件及其使用方法	142
10.9 轴类零件车削工艺	144
思考与练习	145
第11章 铣削加工与齿形加工	146

11.1 铣床·····	147
11.2 铣刀及其安装·····	148
11.3 分度头结构及分度方法·····	148
11.4 工件的安装·····	150
11.5 铣削典型表面·····	151
11.6 齿形加工·····	158
思考与练习·····	160
第12章 刨削加工·····	162
12.1 牛头刨床结构·····	162
12.2 刨刀和工件的安装·····	164
12.3 典型表面的刨削·····	166
12.4 刨削类机床简介·····	168
思考与练习·····	169
第13章 磨削加工·····	170
13.1 砂轮·····	170
13.2 外圆磨床及其磨削工作·····	173
13.3 平面磨床及其磨削工作·····	177
思考与练习·····	180
第14章 钳工与装配·····	181
14.1 划线·····	181
14.2 锯削与铰削·····	183
14.3 锉削·····	187
14.4 孔及螺纹加工·····	189
14.5 装配·····	195
思考与练习·····	198
第15章 汽车结构基本知识·····	200
15.1 汽车的总体结构·····	200
15.2 发动机的基本结构和工作原理·····	201
15.3 发动机主要零件的结构·····	203
15.4 汽车底盘·····	208
思考与练习·····	215
第4篇 数控加工技术训练·····	217
第16章 数控加工基础知识·····	219
16.1 数控加工的基本原理·····	220
16.2 数控编程·····	226
思考与练习·····	227
第17章 电火花加工·····	228
17.1 概述·····	228

17.2 电火花成型加工机床的结构·····	229
17.3 电火花机床的操作·····	230
思考与练习·····	232
第 18 章 数控线切割加工·····	233
18.1 数控线切割加工的基本原理、特点·····	233
18.2 数控线切割加工设备·····	234
18.3 数控线切割机床编程方法·····	236
18.4 数控线切割机床的操作·····	239
思考与练习·····	242
第 19 章 数控车削加工·····	243
19.1 数控车床的结构和工作过程·····	243
19.2 加工程序的编制 (以 GSK980T 为例)·····	244
19.3 数控车床的操作·····	251
19.4 加工程序实例·····	256
思考与练习·····	259
第 20 章 数控铣削加工·····	260
20.1 数控铣床概述·····	260
20.2 数控铣削程序编程·····	261
20.3 Mastercam 软件及其应用·····	263
20.4 数控铣床的操作·····	266
思考与练习·····	269
第 21 章 加工中心加工·····	270
21.1 加工中心概述·····	270
21.2 UG 软件简介·····	273
21.3 加工中心的操作·····	275
思考与练习·····	278
参考文献·····	279

第 1 篇

工程训练学生必读与安全知识

第1章 工程训练学生必读

1.1 概 述

机械制造工程训练（又称金工实习）是一门实践性的技术基础课，是理工科院校大多数专业学生进行工程训练、学习工艺知识、培养工程意识、提高综合素质的重要实践教学环节。机械类专业的“机械制造工程训练”是工程材料及机械制造基础系列课程教学的组成部分，是学生学习系列课程中的先修课；同样，“机械制造工程训练”是非机械类相关专业教学计划中了解机械制造一般过程及基本知识的唯一课程。

大部分理工科院校的工程训练中心（或工业培训中心）都设有铸造、锻压、焊接、热处理、车、铣、刨、磨、钳工、数控加工等训练工种。学生在进行各工种工程训练时，通过实际操作与练习，可以获得各种加工方法的感性认识，初步学会使用有关机器设备、刀具、量具和夹具等，并提高实践动手能力。通过指导人员的现场讲解、演示和讲座等教学环节，能了解到机械产品是用什么材料制造的，机械产品是怎样制造出来的，学到许多机械制造的基本工艺知识。机械制造工程训练不仅包括学习机械制造方面的材料成型技术、机械加工技术和现代加工技术，而且有些院校还提供了生产管理、工业安全和环境保护等方面的综合工程训练。因此，对于较少接触机械制造工程环境的同学来说，机械制造工程训练不仅增加了在大学学习阶段和今后的工作中所需要的技能与基本工艺知识，而且在生产实践的特殊环境中通过接触工人、工程技术人员和生产管理人员，接受社会化生产的熏陶和思想品德教育、组织与安全教育，逐步认识和建立质量意识、安全意识、群体意识、经济意识、市场意识、环境意识、社会意识、创新意识和法律意识，增强劳动观念、集体观念、组织纪律性和敬业爱岗精神，提高综合素质。总之，机械制造工程训练是对学生成为工程技术人员所应具备的基本知识和基本技能等综合素质进行培养和训练，是绝大多数工科专业以及部分理科专业大学生的必修课程。实践表明，大多数学生也很喜欢参加这样的制造工程训练。

1.2 工程训练对学生的基本要求

机械制造工程训练是一门实践性很强的课程，它与一般的理论性课程不一样，主要的学习课堂不是在教室，而是在工程训练中心的实习车间。一般的工程训练中心或工业培训中心都有一套完整的管理制度，主要包括安全卫生制度、设备管理制度和设备操作规程等，制订这些管理制度的目的主要是为了防止发生人身安全和设备安全事故。必须知道，安全是一个人一生都不能忽视的重要问题，任何时候忽视了安全，随之而来的就是危险和灾难。“注意安全”这四个字应当如影子般伴随着你的一生。

工程训练中，对学生的要求和应注意的事项主要有以下几点：

(1) 学生进行工程训练之前, 必须接受有关纪律教育和安全教育, 并以适当方式进行必要的考核。未经过纪律教育和安全教育的学生, 不得参加实习。

(2) 严格遵守安全制度和所用设备的操作规程。上班要穿工作服, 不得穿短裤、背心、裙子、拖鞋上班, 实习时必须按工种要求穿戴防护用品。操作过程中必须集中精神, 不准与别人闲谈。学生除在指定的设备上实习外, 其他一切设备、工具未经同意不准私自动用。

(3) 明确实习目的和要求, 虚心学习, 认真听讲, 刻苦钻研。在独立操作和参观表演之后, 应自觉复习教材的有关章节, 以便系统地掌握训练教材的基本内容; 并按要求独立完成所在工种布置的思考与练习, 以便巩固所学的基本知识。

(4) 必须听从实习指导技术人员的指导, 尊重实习指导技术人员, 团结同学。

(5) 严格遵守劳动纪律, 上班时不得擅自离开工作岗位, 也不得在车间嬉戏、吸烟、阅读书刊和收听广播。

(6) 严格遵守考勤制度, 不得迟到或早退。

(7) 爱护实习车间的工具、设备、劳动保护用品和一切公共财物, 节约使用必需的消耗品(如棉纱、机油、砂布、肥皂等)。

(8) 文明实习。操作时所用工具、量具等物品要摆放合理、美观, 下班时应收拾清理好工具、设备, 打扫工作场地, 保持工作环境的整洁卫生。

(9) 学生在实习过程中, 应爱护一切工具和设备。如有损坏, 在查清原因、分清责任后, 视其性质和情节轻重, 按有关规定酌情赔偿或给予处分。

(10) 实习中如发生事故, 应立即拉下电门或关上有关开关, 并保护现场, 报告实习指导人员, 查明原因, 处理完毕后, 方可再行实习。

(11) 实习证必须佩戴在外衣胸前左方, 实习最后一天将实习证交给本班班长, 班长收齐后统一交回教学办公室后方可离开。

(12) 学生的交通工具应放在规定停放的地方, 不得随处乱放。

1.3 工程训练期间学生考勤制度

(1) 学生在实习期间, 应遵守培训中心上、下班制度, 不能迟到、早退或旷工。

(2) 因病请假者须有医生证明, 经负责教师批准后, 告知实习指导人员方为有效。

(3) 实习期间学生一般不得请事假。因特殊情况必须请事假者, 需写请假条经院系有关部门批准后, 持有关证明向培训中心办公室办理请假手续, 并将假条送交实习指导人员。

(4) 院系或其他单位要抽调实习学生去做其他事情, 须经教务处批准。否则, 任何单位或个人都不能擅自抽调实习学生。

(5) 学生的考勤由实习指导人员执行, 迟到者应主动向指导人员报告。

1.4 工程训练总结报告的撰写

实习结束后,许多院校会要求学生递交一份“金工实习总结报告”。“金工实习总结报告”一般在实习结束后一星期内各班收齐后统一交到培训中心的教学办公室。撰写“金工实习总结报告”的目的是使学生有组织地、创造性地反思自己实习过程的直接体验,是进行综合、概括及推理等一系列思维活动的自我测评。“金工实习总结报告”的内容没有统一的格式,主要由学生自由发挥进行撰写。下面仅提供几点要求供大家参考。

1.4.1 封面设计及字数要求

封面设计应具有艺术性,封面上应写上姓名、班级、实习编号、实习时间。“金工实习总结报告”内容应层次分明、文笔通顺、论述清晰,字数一般在3 000字左右。有条件的同学应用计算机文字处理软件打印出来。

1.4.2 内容要求

(1) 反思自己实习过的内容,论述自己在操作技能、机械基础知识等方面的体会与收获。

(2) 依据实习时实证性的几件事例,论述自己对有关知识和技能的应用能力和掌握程度,最好结合创新设计与制造的事例进行论述。

(3) 应评价自己实习过程中的纪律、思想、品德、作风和心理适应能力等方面的收获与存在问题。

(4) 应对实习指导人员作出客观评价,对实习内容和安排提出中肯意见和建议。