



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
中国书刊发行业协会“全行业优秀畅销品种”

机械 制造 工程训练

主 编 张木青 于兆勤
副主编 李作全 逢启寿 胡青青
主 审 刘友和

(第三版)



华南理工大学出版社



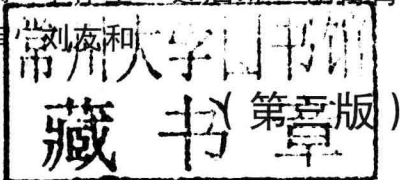
普通高等教育“十一五”国家级规划
中国书刊发行行业协会“全行业优秀畅销书”

机械 制造 工程训练

主 编 张木青 于兆勤

副主编 李作全 逢启寿 胡青青

主 审



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22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、快速成型技术等。

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.—3版.—广州:华南理工大学出版社,2010.12

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5623-3382-1

I.①机… II.①张…②于… III.①机械制造工艺-高等学校-教材 IV.①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第249880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

策划编辑:毛润政

责任编辑:毛润政

技术编辑:杨小丽

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 字数:438千

版次:2010年12月第3版 2010年12月第12次印刷

定价:28.00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)

苏 健 (广东技术师范学院)

郑志军 (华南理工大学)

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)

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)

郑传治 (广东工业大学)

周少辉 (华南农业大学)

胡青春 (华南理工大学)

钟罗杰 (湛江海洋大学)

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。随着科技的快速发展,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,而是扩展到许多与先进制造技术有关的新工种。对此,社会上许多用人单位也对大学毕业生提出了更高的要求。

2003年9月,本课程指导小组在成都会议上提出了《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,在保持常规工艺的最基本的训练内容的同时,充分利用现有条件,积极开展先进制造技术的基础训练和创新训练。

广东省金属工艺学教学研究会本着与时俱进的精神,在2004年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,本书的编写质量基本达到了本课程指导小组的要求,被国家教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。2007年,在总结两年使用情况的基础上进行了第一次修订,出版了本教材的第2版。现在再进行第二次修订,对全书进行了精心的提炼,使之更便于教和学,而且增加了快速成型制造技术的内容。

在2003、2005、2007、2009这4年中分别在武汉大学、广西大学、韶关大学和桂林电子工业大学举行的四届中南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,选手们和各校的指导老师都深深体会到“机械制造工程训练”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。

有两点新情况值得我们注意:

第一,2010年6月,教育部在天津召开了“卓越工程师教育培养计划”启动会,这是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的重大改革项目,教育部将在五个方面采取措施推进该计划的实施:一是创立高校与行业企业联合培养人才的新机制;二是以强化工程能力与创新能力为重点改革人才的培养模式;三是优先聘任有企业工作经历的教师,

教师晋升时要有一定年限的企业工作经历；四是扩大工程教育的对外开放；五是教育界与工业界联合制订人才培养标准。

第二，近年来，一些城市陆续在培养高技能人才方面做出实事，广州也在今年开始筹建大规模的高技能人才公共实训鉴定基地。

这两点情况表明，国家在强化学生的工程实践能力和创新能力方面将会有重大的举措。我们希望这本教材能在配合国家的中长期人才发展规划方面发挥更大的作用。

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对质量、效率和成本等方面的严格要求。

(2) 将创新意念的培养贯彻于工程训练之中。前四届中南6省和港澳地区学生创新设计与制造竞赛已经积累了不少经验，选拔选手最好的方法就是通过机械制造工程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。要求选手不单设计出有新意的作品，还要确实参加了作品的制作，有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。选手只有具备了这些能力，才能在作品展示和答辩中充分发挥出作品的水平。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实践型选修课，发掘多些能让学生直接参与的校企合作项目。好些院校已经这样做了。本教材的作用不单是满足入门性的机械制造工程训练的要求，而在后续开设的有关选修课程乃至和企业合作的项目中，也会有使用到这本教材的需要。

我们期望这一新版教材的出版能提高大学生的素质，特别是提高大学毕业生的实践技能作出贡献。

中南金工研究会原理事长 **刘友和**

2010年12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“普通高等教育十一五国家级规划教材”《机械制造工程训练教材》(第二版)的基础上,重新编写了《机械制造工程训练》(第三版)一书。

本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、快速成型技术等。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、Solid-works 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。本书增加了快速成型制造技术的内容,以便于部分院校开展快速成型制造技术和应用的训练。此外,为了限制篇幅,本书在对章节具体内容的处理上,尽可能遵守以简驭繁的简约化原则,把学不会用不上的内容删除;尽可能遵守图文并茂的直观性原则,编入宜于图形叙述的内容,以图形为主、文字为辅;尽可能遵守操作为主的实用性原则,把便于教而不便于学的内容删除,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、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、许光辉、李小平、李伟华、李作全、宋小春、张木青、陈元迪、苏健、郑传治、郑志军、周少辉、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

2010年12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 工程训练中创新设计制作方法与步骤	5
1.5 工程训练总结报告的撰写	5
第 2 章 工业安全基本知识	7
2.1 概述	7
2.2 工业安全法规	7
2.3 机械安全工程	8
2.4 物料搬运安全常识	13
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	17
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 金属材料的分类与识别	21
3.2 金属材料的性能与硬度测定	26
3.3 钢的热处理	28
思考与练习	31
第 4 章 铸造成型	32
4.1 概述	32
4.2 砂型铸造工艺	32
4.3 合金的熔炼与浇注	38
4.4 铸件常见缺陷的分析	40
4.5 压力铸造和实型铸造简介	41
思考与练习	44
第 5 章 锻压成型	45
5.1 锻造成型	45

5.2 板料冲压成型	51
思考与练习	58
第6章 焊接成型	59
6.1 焊条电弧焊	59
6.2 气焊与气割	65
6.3 手工钨极氩弧焊	69
6.4 电阻焊	72
思考与练习	74
第7章 塑料成型技术	75
7.1 常用塑料简介	75
7.2 注塑成型工艺	76
7.3 塑料模具的组成	78
7.4 其他成型工艺简介	79
思考与练习	82
第8章 材料表面处理技术	83
8.1 概述	83
8.2 化学镀	83
8.3 铝及铝合金的阳极氧化处理	87
8.4 真空蒸发镀膜	91
8.5 材料表面的化学蚀刻	93
思考与练习	94
第3篇 机械加工技术训练	95
第9章 切削加工基础和零件加工质量检验技术	97
9.1 切削加工基础	97
9.2 常用量具及其使用方法	103
9.3 零件加工质量及检验方法	109
思考与练习	112
第10章 车削加工	114
10.1 卧式车床	114
10.2 车刀的结构、刃磨及其安装	117
10.3 车外圆、端面和台阶	119
10.4 切槽、切断、车成型面和滚花	123
10.5 车圆锥面	125
10.6 孔加工	126
10.7 车螺纹	127
10.8 车床常用附件及其使用方法	130
10.9 轴类零件车削工艺	131
思考与练习	132

第 11 章 铣削加工与齿形加工	133
11.1 铣床	133
11.2 铣刀及其安装	134
11.3 分度头结构及分度方法	135
11.4 工件的安装	137
11.5 铣削典型表面	138
11.6 齿形加工	142
思考与练习	145
第 12 章 刨削加工	146
12.1 牛头刨床结构	146
12.2 刨刀和工件的安装	149
12.3 典型表面的刨削	150
12.4 龙门刨床简介	151
思考与练习	152
第 13 章 磨削加工	153
13.1 砂轮	153
13.2 外圆磨床及其磨削工作	156
13.3 平面磨床及其磨削工作	160
思考与练习	163
第 14 章 钳工与装配	164
14.1 划线	164
14.2 锯削与铰削	166
14.3 锉削	169
14.4 孔及螺纹加工	171
14.5 装配	176
思考与练习	179
第 15 章 汽车结构基本知识	181
15.1 汽车的总体结构	181
15.2 发动机的基本结构和工作原理	182
15.3 发动机主要零件的结构	184
15.4 汽车底盘	188
思考与练习	195
第 4 篇 数控加工技术训练	197
第 16 章 数控加工基础知识	199
16.1 数控加工的基本原理	200
16.2 数控编程	205
思考与练习	206
第 17 章 电火花加工	207

17.1	概述	207
17.2	电火花成型加工机床的结构	208
17.3	电火花机床的操作	209
	思考与练习	211
第 18 章	数控线切割加工	212
18.1	数控线切割加工的基本原理、特点	212
18.2	数控线切割加工设备	213
18.3	数控线切割机床编程方法	215
18.4	数控线切割机床的操作	218
	思考与练习	220
第 19 章	数控车削加工	221
19.1	数控车床的结构和工作过程	221
19.2	加工程序的编制 (以 GSK980T 为例)	222
19.3	数控车床的操作	229
19.4	加工程序实例	234
	思考与练习	237
第 20 章	数控铣削加工	238
20.1	数控铣床概述	238
20.2	数控铣削程序编程	239
20.3	Mastercam 软件及其应用	241
20.4	数控铣床的操作	244
	思考与练习	247
第 21 章	加工中心加工	248
21.1	加工中心概述	248
21.2	UG 软件简介	251
21.3	加工中心的操作	253
	思考与练习	256
第 22 章	快速成型技术	257
22.1	快速成型技术原理和特点	257
22.2	常见的快速成型技术	258
22.3	Solidworks 软件简介	261
22.4	快速成型机的操作	262
22.5	快速成型技术的应用	272
	思考与练习	274
	参考文献	275

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,应立即拉下电闸或关上有关开关,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 工程训练中创新设计制作方法与步骤

在工程训练期间,利用训练中心的设备资源,学生把自己设计的作品亲手制作出来,是一件非常有意义的事情。实际上许多院校也会安排学生开展创新设计与制作。其主要目的有:

①在自己能力范围内进行创新设计制作,主要是树立信心,超越自我,培养创新意识;

②尽可能做到通常意义上的创新,即实现科学发现或技术创新;

③培养工程意识。

创新设计制作的方法、步骤如下:

(1) 设计创意。

设计创意是创新设计制作的基础,一个好的想法是创新设计制作能否成功的关键。设计创意可以有以下两种方法。

①以求解决问题的创意方法。总的步骤可分为:

a. 明确而不限制地界定你的问题。生活中许多重大突破都是来自全新的答案,它们来自于挑战现状,而不是接受现状,挑战现状就要提出问题,“唯一愚蠢的问题是你不问问题”。

b. 收集所有的材料。尽可能收集与你要解决的问题有关的一切材料,除非你对要解决的问题掌握了一大堆材料,否则你就未必能找到最好的新的解决方法。

c. 尝试各种各样的组合或各种改变。因为一个新想法是旧成分的新组合,没有新的成分,只有新的组合。比如无论哪个计算机软件系统,都是0和1两个成分的不同组合;索尼公司把耳机和收录机组合在一起就产生了随身听,等等。当你考虑问题时也可以尝试作各种各样的改变,比如加倍——产生了双层巴士;减半——产生了比基尼服装,等等。

②基于远见或使命的创意方法。基于远见或使命的创意方法与上述方法的不同之处是,不从解决问题入手,而是从对未来的想象开始。在未来,每一个梦想到时候都是可能实现的。

(2) 绘制零件图。

可以用平常的手工绘制,也可以利用AutoCAD或SolidWorks等计算机软件绘制。

(3) 绘制主要加工工艺流程图。

(4) 制定具体的加工方案,编制工艺卡。

(5) 对设计制作的产品进行成本核算。

(6) 制定产品的营销策划。

1.5 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