

机械制造 工程训练教程

JIXIE ZHIZAO GONGCHENG XUNLIAN JIAOCHENG

主 编 郑志军 胡青春

副主编 莫海军 宋小春
陈松茂 王红飞

主 审 张木青



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

机械制造 工程训练教程

主 编 郑志军 胡青春

副主编 莫海军 宋小春
陈松茂 王红飞

主 审 张木青



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内 容 提 要

本书为工程训练(金工实习)的训练教材,全书分为4篇共23章,内容包括工业安全、金属材料(钢铁)的热处理、铸造、锻压、焊接、塑料成型、表面处理技术、切削与零件加工基础、车削加工、铣削加工、磨削加工、钳工与装配、汽车结构、数控加工基础、数控车削、数控铣削、加工中心加工、数控线切割、电火花加工、快速成型技术与逆向工程、激光加工及PLC控制等。

本书适用于普通高等学校机械类、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训内容组织教学。本书还可作为有关工程技术人员和技工的教学和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程训练教程/郑志军,胡青春主编. —广州:华南理工大学出版社,2015.7

ISBN 978-7-5623-4674-6

I. ①机… II. ①郑… ②胡… 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(2015)第140300号

机械制造工程训练教程

郑志军 胡青春 主编

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 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)

http://www.scutpress.com.cn E-mail: scutc13@scut.edu.cn

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

策划编辑: 毛润政

责任编辑: 朱彩翩

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.75 字数: 511千

版 次: 2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

印 数: 1~5 000册

定 价: 39.00元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

序 言

光阴似箭，日月如梭。看到书桌上摆着的《机械制造工程训练教程》，一种怀旧的感情油然而生，但又感到无比的兴奋。兴奋的是看到这本书又多了许多新的内容，而且井井有条，插图清楚，惊叹世界科技进步之神速。

《机械制造工程训练》从2006年底初版至今已近10年，在这期间，该书被评为“普通高等教育‘十一五’国家规划教材”“中国书刊发行行业协会‘全行业优秀畅销品种’”。10年来，除了华南理工大学本校，还有不少学校使用这本教程，反应良好。本书秉承了《机械制造工程训练》的精髓，编写时减少了切削加工，增加了激光加工、PLC以及逆向工程等内容，并把每章的内容分为教学目的与要求、重点与难点、基础知识、工艺及操作和训练与思考5部分，重点突出，思路清晰，学生很快能抓住每个工种要学习和重点掌握的内容。在章后增加“训练与思考”作业题，进一步强调本章节内容的重点。

对这样一本好书，怎样发挥它的功能呢？本人提出以下几点建议：

1. 尽力探索一套能保证工程训练全程安全无恙的方法和教学规程。工程训练课程是一门注重实践的实习课，强调实际操作，因此，学生（也包括老师）的操作安全显得尤其重要。这是正确有效使用本教材的前提。

2. 要从创新与创造的角度来用这本书。本教材还是以传统机加工方法为主要实训内容，传统加工工艺相对成熟，也相对刻板，缺少能满足现代工程技术要求的新的理念，因此要对传统加工方法进行大胆创新，从创新与创造的角度来使用此书就显得非常有必要。

3. 尽量使众多好学的同学得到合理的训练。本书的宗旨就是让学生学以致用，对于积极向上、用心学习的学生，应根据本教材的训练内容，建立一个创新实践基地，全天候对学生开放。学生利用学过的成型工艺、加工方法，到创新实践基地进行作品的自主设计并加工成型，使学生的工程实践能力和创新能力得到实质性的提高。

4. 多为学生争取到企业和车间参观、参加学术会议和各项竞赛、参加校企合作的机会。本教材每种加工方法中均包含“工艺及操作”部分，由于学校实践基地在时间、空间上的局限性，本部分内容总是要落后于企业的实际工艺和操作标准，因此非常有必要让学生到企业接触实际生产过程，这也是对本教材的有益补充。

5. 多启发、引导学生发挥主动性，培养好团队精神。实践的主动性和团队精神，是成功的关键，作品的设计和开发更是讲究团队合作和主动性的工作。

刘友和

2015年5月于华南理工大学工程训练中心

前 言

“工程训练”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。随着高等院校训练条件的不断改善和实践教学改革的不断深入，工程训练内容不仅包括传统机械制造方面的各种加工工艺技术，而且也包括以数控车加工、数控铣加工、加工中心加工、电火花加工、线切割加工、激光加工和快速成型技术等为代表的现代加工技术，许多院校还增加了工业安全和环境保护方面的综合训练内容。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需要，我们在原版《机械制造工程训练》教材的基础上，按照国家“十二五”教材建设规划，重新编写了此教材，并命名为《机械制造工程训练教程》，更加注重训练过程的实用性和科学性。

《机械制造工程训练教程》一书，打破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训练项目为章节，以训练内容属性分为四大篇（或称为四大模块）。第1篇为“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2篇为“材料及其成型技术基础”，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3篇为“传统加工技术”，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、磨削加工、钳工与装配、汽车结构认识等；第4篇为“现代加工技术”，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、快速成型与逆向工程、激光加工技术等。在现代加工技术训练的不同章节中，分别简单介绍了CAXA、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。

本书的编写特点是教材内容注重教师实训教学和学生工程训练的实际应用，理论和实操并用，便于理解和操作。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，结合编者的实践教学经验和工程训练的实际内容，以高等院校常用的设备为例，既介绍传统加工也讲解现代加工的基本制造技术和工艺。在每一章节中，均由教学目的与要求、重点与难点、基础知识、工艺与操作及训练与思考五部分组成，便于教师和学生把握重点和难点，提高教学质量和学习效果。每章后面的思考题，可以帮助学生消化、巩固和深化教学内容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，本书对各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。

本书还制作了与教材配套使用的《机械制造工程训练教程》多媒体网络课件和双



语教学挂图。金工实习时牵涉许多复杂的机器和复杂的操作,《机械制造工程训练教程》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。

本书适合于高等工业院校机械类、近机械类专业4~6周“工程训练”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机械与汽车工程学院工程训练中心教授、专家组织编写。编写人员有郑志军(第3、6、21章)、胡青春(第11、12章)、莫海军(第2、9、10章)、宋小春(第16、17、18章)、王红飞(第7、13、22、23章)、陈松茂(第4、5章)、鲁忠臣(第8、14、15章)、曹雪璐(第19、20章)、苏志伟(第21章)等。本书由张木青教授主审,郑志军、胡青春担任主编,莫海军、宋小春、陈松茂、王红飞担任副主编。郑志军负责全书统稿与修改工作。

本书是对工程训练深化改革的初步尝试,加上编者水平所限,书中错误与欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015年5月

目 录

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	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 工程训练总结报告撰写指南	5
第2章 工业安全基本知识	6
2.1 概述	6
2.2 机械安全工程	7
2.3 用电安全常识	12
2.4 砂轮使用安全常识	13
2.5 化学药品和危险物料常识简介	13

第2篇 材料及其成型技术基础

第3章 金属材料及其热处理	17
3.1 金属材料的分类及表示方法	17
3.2 金属材料的机械性能及硬度测试	22
3.3 钢的热处理	25
3.4 测定洛氏硬度的基本操作	27
训练与思考	28
第4章 铸造成型	29
4.1 砂型铸造	29
4.2 熔模铸造	30
4.3 压力铸造	31
4.4 实型铸造	31
4.5 铸造工艺的设计	32
4.6 模样和芯盒的制作	34



4.7	型砂与芯砂的制备	35
4.8	造型制芯	36
4.9	合型	39
4.10	合金的浇注	40
4.11	铸件常见缺陷的分析	41
4.12	砂型铸造训练实例	42
	训练与思考	43
第5章 锻压成型		44
5.1	锻造成型	44
5.2	板料冲压成型	47
5.3	锻造的加热和冷却	51
5.4	自由锻的基本工序及操作	54
5.5	冲压的基本工序	60
5.6	冲模的装配与拆装	61
5.7	锻造成型训练实例	63
	训练与思考	64
第6章 焊接成型		65
6.1	焊条电弧焊	65
6.2	气焊与气割	70
6.3	电阻焊	74
6.4	焊条电弧焊的基本操作	76
6.5	气焊基本操作	77
6.6	气割基本操作	78
	训练与思考	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
	训练与思考	89
第8章 材料表面处理技术		90
8.1	概述	90
8.2	电镀	91
8.3	化学镀	93

8.4 铝及铝合金的阳极氧化处理	95
8.5 真空蒸发镀膜	97
8.6 材料表面化学蚀刻	99
8.7 化学镀镍工艺控制和操作	100
8.8 铝及铝合金的阳极氧化工艺操作	101
8.9 塑料金属化装饰镀	104
8.10 阳极氧化与化学蚀刻的综合训练	104
训练与思考	105

第3篇 传统加工技术

第9章 切削加工基础	109
9.1 切削加工基本概念	109
9.2 常用量具及其使用方法	113
训练与思考	116

第10章 车削加工	117
10.1 卧式车床	118
10.2 车刀结构及安装	122
10.3 车外圆、端面和台阶	123
10.4 切槽、切断、车成型面和滚花	128
10.5 车圆锥面	131
10.6 孔加工	132
10.7 车螺纹	133
10.8 车床常用附件及其使用方法	135
10.9 轴类零件车削工艺	137
训练与思考	139

第11章 铣削加工与齿形加工	140
11.1 铣床	140
11.2 铣刀及其安装	142
11.3 分度头结构及分度方法	143
11.4 工件的安装	145
11.5 铣削典型表面	146
11.6 齿形加工	152
训练与思考	156



第 12 章 磨工	157
12.1 砂轮	157
12.2 外圆磨床及其磨削工作	161
12.3 平面磨床及其磨削工作	164
训练与思考	167
第 13 章 钳工与装配	169
13.1 划线	169
13.2 锯削与錾削	171
13.3 锉削	173
13.4 孔及螺纹加工	175
训练与思考	180
第 14 章 汽车结构认识	182
14.1 汽车的总体结构	182
14.2 发动机的基本结构和工作原理	183
14.3 发动机主要零件的结构	185
14.4 汽车底盘	190
14.5 曲柄连杆机构的拆装	197
训练与思考	199
 第 4 篇 现代加工技术 	
第 15 章 数控加工基础知识	203
15.1 数控加工的基本原理	204
15.2 数控编程	210
训练与思考	211
第 16 章 数控车削加工	212
16.1 数控车床的结构和工作过程	212
16.2 加工程序的编制（以 GSK980T 为例）	213
16.3 数控车床的操作	220
16.4 加工程序实例	225
训练与思考	228
第 17 章 数控铣削加工	229
17.1 数控铣床概述	229

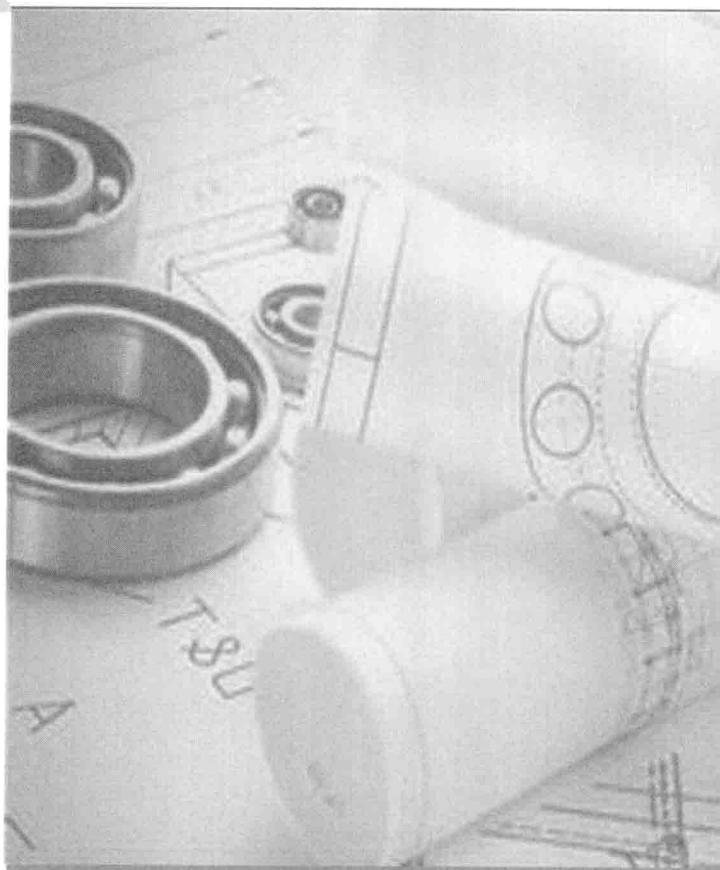
17.2 数控铣削程序编程	230
17.3 SolidWorks、PowerMILL 软件及其应用	235
17.4 数控铣床的操作	240
训练与思考	242
第 18 章 加工中心加工	244
18.1 加工中心概述	244
18.2 UG 软件及其应用	248
18.3 加工中心的操作	251
训练与思考	254
第 19 章 数控线切割加工	255
19.1 数控线切割加工的基本原理、特点	255
19.2 数控线切割加工设备	256
19.3 数控线切割机床编程方法	258
19.4 电火花数控线切割机床的操作	262
训练与思考	265
第 20 章 电火花加工	266
20.1 概述	266
20.2 电火花成型加工机床的结构	268
20.3 电火花机床的操作	269
训练与思考	271
第 21 章 快速成型与逆向工程	272
21.1 快速成型技术原理和特点	272
21.2 常见的快速成型技术	274
21.3 逆向工程技术	277
21.4 FDM 设备操作	279
训练与思考	284
第 22 章 激光加工	285
22.1 激光的产生原理及特性	285
22.2 激光的特点	287
22.3 激光器的组成	288
22.4 激光器的分类	290
22.5 激光打标机	290
22.6 激光内雕机原理及应用	292



22.7	激光打标实训	293
22.8	激光内雕实训	294
	训练与思考	297
第23章 PLC 控制		298
23.1	PLC 的应用领域、定义与基本结构	298
23.2	PLC 的编程语言	301
23.3	FX 系列 PLC 梯形图中的编程元件	302
23.4	FX 系列 PLC 的基本逻辑指令	305
23.5	开关量控制系统梯形图设计方法	310
23.6	编程软件的使用方法	313
	训练与思考	315
参考文献		317

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）是一门实践性较强的技术基础课，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课程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和其他机械课程的必修课；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、锻造、焊接、热处理、车、铣、刨、磨、钳工、数控加工等训练工种。学生在各工种进行工程训练时，通过实际操作与练习，可以获得各种加工方法的感性认识，初步学会使用有关设备、工具、刀具、量具和夹具，并提高了实践动手能力。通过指导人员的现场讲解、演示和讲座等教学环节，同学们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，学到许多机械制造生产的基本工艺知识。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在大学学习阶段和今后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，逐步认识和建立包括质量意识、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，这些管理制度归纳起来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无法忽视的重要问题。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(可穿军训时的服装),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。操作过程必须精神集中,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. 明确实习目的要求,虚心学习,认真听讲。应自觉预习教材的有关章节,掌握训练的基本内容;并应独立按要求完成所在工种布置的思考与练习,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,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,保持工作环境整洁卫生。

9. 学生在实习过程中,应爱护每一工具和设备。如有损坏,应查清原因、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,待查明原因,处理完毕后,方可继续实习。

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. 自行车应放在规定停放的地方,不得到处乱放。

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,不应迟到、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,并将请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,致使学生不能参加实习者须经教务处批准。否则,任何人或单位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 工程训练总结报告撰写指南

实习结束后,许多院校会要求每位同学递交一份“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并统一交到培训中心的教学办公室。写“金工实习总结报告”的目的是使同学们有组织地、创造性地反思自己实习过程的直接体验,并进行综合、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,主要由同学们自由发挥进行撰写。下面仅提供几点要求供大家参考。

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 3000 字左右。有条件的同学应用计算机文字处理软件打印出来。

2. 内容要求

(1) 总结实习过的内容,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) 评价自己实习过程的纪律、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) 对实习指导人员做出客观评价,对实习内容和安排提出中肯意见和建议。