

普通高等院校工程训练系列规划教材

工程技能训练和 创新制作实践

主 编 高 进

副主编 杨 芳 方 斌 郑 枫

主 审 孙康宁

普通高等院校工程训练系列规划教材

工程技能训练和 创新制作实践

主 编 高 进
副主编 杨 芳 方 斌 郑 枫
主 审 孙康宁

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为了适应 21 世纪高等教育教学改革形势发展的需要而编写的工程技能和实践创新能力训练教材。教材以培养学生的实践技能和创新能力为核心,介绍了工业制造的基本知识和各种加工训练方法,按照不同的加工工艺的模块结构编写,涵盖工业制造基础、材料成形、机械加工、先进制造、创新设计和模型制作以及电子电工实训等内容,覆盖范围广,结构独立,可根据不同的实训要求进行模块组合,适合不同专业和不同层次的学生的实训要求。

本书理论与实践密切结合,内容广泛新颖,对各种加工工艺进行了必要的理论叙述,加强了训练操作过程的描述,文字简练,图文并茂,可作为高等院校学生的工程训练教材,也可作为多种机构的实践技能和创新能力培训教材。对于有关教师、工程技术人员及从事机械加工和发明创造的人员也不失为一本适宜的参考书。

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

工程技能训练和创新制作实践/高进主编.--北京:清华大学出版社,2011.8

(普通高等院校工程训练系列规划教材)

ISBN 978-7-302-26239-8

I. ①工… II. ①高… 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(2011)第 137758 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:王秀菊

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 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15 字 数:353 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版 印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00 元



产品编号:041437-01



序言

改革开放以来,我国贯彻科教兴国、可持续发展的伟大战略,坚持科学发展观,国家的科技实力、经济实力和国际影响力大为增强。如今,中国已经发展成为世界制造大国,国际市场上已经离不开物美价廉的中国产品。然而,我国要从制造大国向制造强国和创新强国过渡,要使我国的产品在国际市场上赢得更高的声誉,必须尽快提高产品质量的竞争力和知识产权的竞争力。清华大学出版社和本编审委员会联合推出的“普通高等院校工程训练系列规划教材”,就是希望通过工程训练这一培养本科生的重要环节,依靠作者们根据当前的科技水平和社会发展需求所精心策划和编写的系列教材,培养出更多视野宽、基础厚、素质高、能力强和富于创造性的人才。

我们知道,大学、大专和高职高专都设有各种各样的实验室。其目的是通过这些教学实验,使学生不仅能比较深入地掌握书本上的理论知识,而且能更好地掌握实验仪器的操作方法,领悟实验中所蕴涵的科学方法。但由于教学实验与工程训练存在较大的差别,因此,如果我们的大学生不经过工程训练这样一个重要的实践教学环节,当毕业后步入社会时,就有可能感到难以适应。

对于工程训练,我们认为这是一种与社会、企业及工程技术的接口式训练。在工程训练的整个过程中,学生所使用的各种仪器设备都来自社会企业的产品,有的还是现代企业正在使用的主流产品。这样,学生一旦步入社会,步入工作岗位,就会发现他们在学校所进行的工程训练与社会企业的需求具有很好的一致性。另外,凡是接受过工程训练的学生,不仅为学习其他相关的技术基础课程和专业课程打下了基础,而且同时具有一定的工程技术素养。开始面向工程实际了。这样就为他们进入社会与企业,更好地融入新的工作群体,展示与发挥自己的才能创造了有利的条件。

近10年来,国家和高校对工程实践教育给予了高度重视,我国的理工科院校普遍建立了工程训练中心,拥有前所未有的、极为丰富的教学资源,同时面向大量的本科学生群体。这些宝贵的实践教学资源,像数控加工、特种加工、先进的材料成形、表面贴装、数字化制造等硬件和软件基础设施,与国家的企业发展及工程技术发展密切相关。而这些涉及多学科领域的教学基础设施,又可以通过教师和其他知识分子的创造性劳动,转化和衍生出为适应我国社会与企业所迫切需求的课程与教材,使国家投入的宝贵资源发

挥其应有的教育教学功能。

为此,本系列教材的编审,将贯彻下列基本原则:

(1) 努力贯彻教育部和财政部有关“质量工程”的文件精神,注重课程改革与教材改革配套进行。

(2) 要求符合教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组所制定的课程教学基本要求。

(3) 在整体将注意力投向先进制造技术的同时,要力求把握好常规制造技术与先进制造技术的关联,把握好制造基础知识的取舍。

(4) 先进的工艺技术,是发展我国制造业的关键技术之一。因此,在教材的内涵方面,要着力体现工艺设备、工艺方法、工艺创新、工艺管理和工艺教育的有机结合。

(5) 有助于培养学生独立获取知识的能力,有利于增强学生的工程实践能力和创新思维能力。

(6) 融汇实践教学改革的最新成果,体现出知识的基础性和实用性,以及工程训练和创新实践的可操作性。

(7) 慎重选择主编和主审,慎重选择教材内涵,严格遵循和体现国家技术标准。

(8) 注重各章节间的内部逻辑联系,力求做到文字简练,图文并茂,便于自学。

本系列教材的编写和出版,是我国高等教育课程和教材改革中的一种尝试,一定会存在许多不足之处。希望全国同行和广大读者不断提出宝贵意见,使我们编写出的教材更好地为教育教学改革服务,更好地为培养高质量的人才服务。

普通高等院校工程训练系列规划教材编审委员会

主任委员:傅水根

2008年2月于清华园



为了适应 21 世纪高等教育教学改革形势发展的需要,我国高等教育的人才培养模式正在逐步改变,改革的重点是加强大学生的实践创新能力的培养,努力形成理论知识、实践能力和创新思维并重的综合培养方式。为了达到这个目的,各个高等院校的工程实践教学和工程训练的改革发展势头良好,广大教师身体力行积极参加研究和改革,在改革中发现问题、提出问题,再通过研究和实践解决问题,提高了工程训练的质量和水平。工程技能和实践创新能力训练教材就是教师改革成果的总结和结晶。

本书理论与实践密切结合,内容广泛新颖,在介绍常规的工程材料的基础知识之外,增加了工艺制造的基本知识,增加了质量管理、安全生产和绿色生产的内容;在介绍各种加工工艺和先进制造工艺的基础上,增加了机械创新设计和模型制造工艺的内容;在介绍机械工程训练的基础上,增加了电工电子实训的内容。在文字处理上,力求对各种加工工艺进行必要的理论叙述,文字简练,条理清楚,着重加强了对各种工艺训练操作过程的描述,图文并茂,内容详细生动。

本书分 5 篇 16 章,第 1~5 章由高进编写,第 6~9 章由杨芳编写,第 10 章由刘小健编写,第 11~13 章由方斌编写,第 14 章由张静婕、高进编写,第 15 章由郑枫编写,第 16 章由张静婕编写。全书由高进主编,杨芳、方斌和郑枫担任副主编,孙康宁教授对此书进行了审阅,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免存在错误与不足之处,敬请读者批评指正。

作 者

2011 年 6 月



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	工程材料的性能和热处理	3
1.1.1	工程材料的分类	3
1.1.2	工程材料的力学性能	4
1.1.3	钢的热处理	5
1.2	常用金属材料	6
1.2.1	工业用钢	6
1.2.2	铸铁	10
1.2.3	有色金属	10
2	机械制造基础知识	12
2.1	机械制造概述	12
2.2	机械制造工艺基础知识	13
2.2.1	生产过程与工艺过程	13
2.2.2	生产类型与组织	13
2.2.3	机械加工工艺规程的设计	14
2.2.4	机械制造质量分析与控制	16
2.3	安全生产和绿色生产	20

第2篇 材料成形技术训练

3	铸造	25
3.1	铸造工艺	25
3.1.1	砂型铸造	25
3.1.2	特种铸造	34
3.2	铸造操作	37

3.2.1	铸造安全规程	37
3.2.2	铸造操作训练	38
4	锻压	42
4.1	锻压工艺	42
4.1.1	金属的塑性变形与再结晶	42
4.1.2	锻造设备与工艺	44
4.1.3	自由锻和模锻	46
4.1.4	板料冲压	50
4.2	锻压操作	53
4.2.1	锻压安全规程	53
4.2.2	锻压操作训练	53
5	焊接	57
5.1	焊接方法	57
5.1.1	焊条电弧焊	57
5.1.2	气焊和气割	61
5.1.3	其他常用的焊接方法	64
5.2	焊接操作	68
5.2.1	焊接安全规程	68
5.2.2	焊接操作训练	69

第3篇 金属切削技术训练

6	车削加工	75
6.1	车削加工工艺	75
6.1.1	车削概述	75
6.1.2	车床和车刀	76
6.1.3	车削的加工方法	85
6.2	车工操作	89
6.2.1	车工安全规程	89
6.2.2	车工操作训练	91
7	铣削加工	94
7.1	铣削加工工艺	94
7.1.1	铣削概述	94
7.1.2	铣床和铣刀	96
7.1.3	铣削的加工方法	100

7.2 铣削操作	103
7.2.1 铣削安全规程	103
7.2.2 铣削操作训练	104
8 刨削加工	108
8.1 刨削加工工艺	108
8.1.1 刨削概述	108
8.1.2 刨床和刨刀	109
8.1.3 刨削的加工方法	114
8.2 刨削操作	116
8.2.1 刨削安全规程	116
8.2.2 刨削操作训练	117
9 磨削加工	120
9.1 磨削加工工艺	120
9.1.1 磨削概述	120
9.1.2 磨床和磨刀	121
9.1.3 磨削的加工方法	125
9.2 磨削操作	127
9.2.1 磨削安全规程	127
9.2.2 磨削操作训练	128
10 钳工	130
10.1 钳工工艺	130
10.1.1 钳工概述	130
10.1.2 划线、锯削和锉削	132
10.1.3 钻孔、扩孔和铰孔	136
10.1.4 攻螺纹和套螺纹	138
10.1.5 装配	139
10.2 钳工操作	143
10.2.1 钳工安全技术	143
10.2.2 钳工操作训练	143

第4篇 先进制造技术训练

11 数控加工训练	149
11.1 数控加工概述	149
11.1.1 数控加工的基本概念及加工原理	149

11.1.2	数控加工的特点	149
11.1.3	数控机床的坐标系	150
11.1.4	数控机床编程基础	152
11.2	数控车削加工	154
11.2.1	数控车床与编程	155
11.2.2	数控车削程序结构	158
11.2.3	数控车床操作训练	159
11.3	数控铣削及加工中心加工	164
11.3.1	数控铣削及加工中心的结构	164
11.3.2	数控铣床及加工中心编程	165
11.3.3	数控铣床及加工中心操作训练	170
12	特种加工训练	177
12.1	数控电火花线切割加工	177
12.1.1	数控电火花线切割概述	177
12.1.2	数控电火花线切割 3B 指令编程	178
12.1.3	数控电火花线切割 ISO 指令编程	181
12.1.4	数控线切割机床操作训练	183
12.2	电火花成形加工	185
12.2.1	电火花成形加工概述	185
12.2.2	电火花加工编程	186
12.2.3	电火花加工机床操作训练	190
13	快速原型制造技术	196
13.1	快速原型制造技术概述	196
13.1.1	快速原型制造技术的基本概念及基本原理	196
13.1.2	快速原型制造技术的特点	197
13.1.3	快速原型制造技术的工艺方法	197
13.2	HPR II 型激光快速成形机	199
13.2.1	HPR II 型激光快速成形机的系统组成	199
13.2.2	快速成形机的基本操作训练	200

第 5 篇 创新设计和制作训练

14	创新设计训练	203
14.1	创新设计的基本概念	203
14.2	创新制作训练	205

14.2.1	机构创新训练	205
14.2.2	机器人创新训练	209
15	模型制作训练	214
15.1	模型制作简介	214
15.1.1	模型制作材料	214
15.1.2	模型制作方法	216
15.2	模型制作训练	217
16	电工电子技术训练	221
16.1	电工技术训练	221
16.2	电子技术训练	222
	参考文献	225



机械制造基础知识

工程材料与热处理基础知识



材料是人类赖以生存和发展的物质基础。社会生产和人们的日常生活都离不开材料，材料的品种、数量和质量是衡量一个国家现代化程度的重要标志。材料、能源和信息技术已成为发展现代化社会生产的三大支柱，而材料又是能源和信息技术发展的物质基础。

1.1 工程材料的性能和热处理

1.1.1 工程材料的分类

工程上所使用的材料称为工程材料。工程材料种类很多，主要分类如图 1-1 所示。

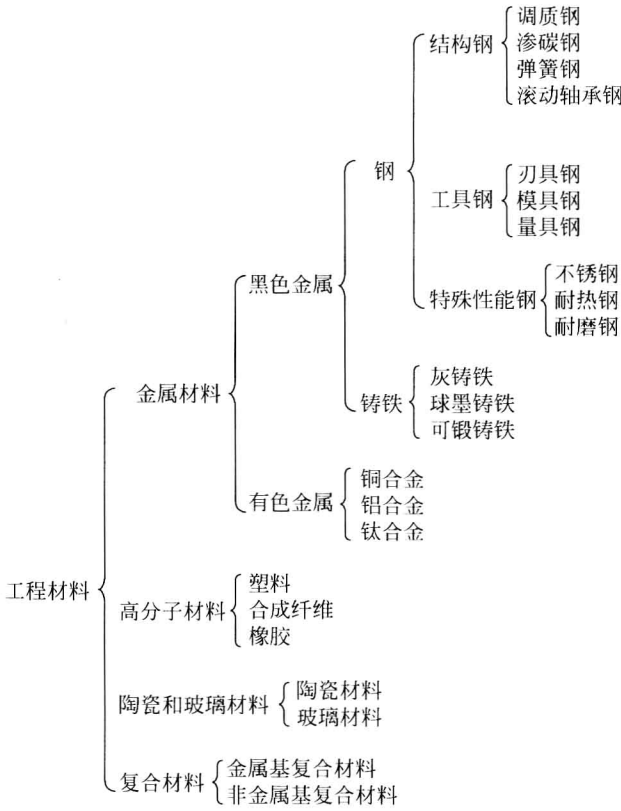


图 1-1 工程材料的分类

金属材料具有力学性能优良、可加工性能好等特点,是目前使用量最大、用途最广的机械工程材料,主要用于冶金、石油、机械、航天、船舶和桥梁等工程结构中。非金属材料中的高分子材料具有耐腐蚀、质量轻和优良的成形性能,广泛应用于家电、汽车等行业;先进陶瓷材料具有优良的耐高温、耐磨和耐腐蚀的特点,是用于电子、航空、航天和生物技术等领域的关键材料;复合材料作为具有综合性能的新型材料应用于航空、医疗和汽车等领域。

1.1.2 工程材料的力学性能

工程材料的常用性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指机械零件在正常工作情况下能保证安全可靠工作应具备的性能,包括材料的力学性能(机械性能)和物理、化学性能;工艺性能是指机械零件在冷、热加工的制造过程中应具备的性能,包括加工性能(切削性能、锻造性能、铸造性能、焊接性能)和热处理性能等。

力学性能是金属材料在各种形式的力的作用下所表现出的特性,显示了材料抵抗外力的能力,即金属抵抗外加载荷引起的变形和断裂的能力。

材料的力学性能是在实验室内利用不同的试验方法来确定。衡量材料力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性等。工程材料力学性能的主要指标如表 1-1 所示。

表 1-1 工程材料力学性能的主要指标

名 称		物 理 意 义	符 号	应 用
强度	弹性极限	材料产生完全弹性变形时所能承受的最大应力值	σ_e	弹性零件设计时使用的指标
	屈服强度	材料开始产生明显塑性变形时的最低应力值	σ_s	机器零件和结构件设计时使用的指标
	抗拉强度	材料在破断前所能承受的最大应力值	σ_b	涉及结构的安全性能时考虑的指标
塑性	伸长率	试样拉断后标距增长量与原始标距长度之比	δ	对材料进行塑性加工时考虑的指标
硬度	布氏硬度	用一直径为 D 的淬火钢球在规定载荷 F 的作用下压入被测试材料的表面,经规定保持时间 t 后,卸除载荷,测量钢球(或硬质合金球)根据被测试材料表面上所形成的压痕直径计算出的硬度值	HB	用于黑色金属、有色金属入厂或出厂的原材料检验,也可检测一般退火、正火和调质后试样的硬度
	洛氏硬度	用一个顶角为 120° 的金刚石圆锥体或一定直径的钢球为压头,在规定载荷作用下压入被测试材料表面,通过测定压头压入的深度来确定其硬度值	HRA、HRB、HRC	操作迅速简便,硬度值可以直接读出,压痕较小,可在工件表面或较薄的材料上进行试验
	维氏硬度	用一个相对面间夹角为 136° 的金刚石正四棱锥体压头在试验力 F 作用下将试样表面压出一个四方锥形的压痕,根据压痕单位面积所承受的试验力计算硬度值	HV	适于测试零件表面淬硬层及化学热处理的表面层(如渗碳层、渗氮层等),可以测定从极软到极硬的各种材料的硬度值
冲击韧性	冲击韧度	材料抵抗冲击载荷作用的能力	a_k	在设计承受冲击和振动的工作时的设计指标

1.1.3 钢的热处理

热处理是指将固态金属或合金进行加热、保温和冷却,以改变其组织(结构)获得预期性能的一种加工工艺。热处理之所以能使钢的性能发生变化,其原因在于钢经过不同的加热和冷却过程组织结构发生了变化。钢在加热和保温过程中可以根据需要获得均匀细小的全部或部分奥氏体组织,随后过冷奥氏体进行不同速度的冷却,获得不同的组织并具有不同的性能。钢的热处理种类很多,大体可分为普通热处理以及表面和化学热处理,如表 1-2 所示。

表 1-2 钢的热处理工艺分类和应用

分类	名称	定 义	工 艺	得到的组织	性能和应用
普 通 热 处 理	退 火	将工件加热到适当温度,保温一定时间,然后缓慢冷却(随炉冷却或埋在砂里冷却)的工艺	球化退火	球状珠光体	适用于高碳钢的预先热处理
			去应力退火	组织不变	适用于去除铸造、锻造、焊接和机加工后的应力
			再结晶退火	变形晶粒重新结晶转变为均匀等轴晶粒	适用于工件产生加工硬化后的塑性恢复
	正 火	将工件加热到适当温度,保温后在空气中冷却的工艺	正 火	索氏体	适用于一般工件的最终热处理或重要工件的预先热处理
	淬 火	将工件加热到适当温度,保温后以大于临界冷却速度冷却的工艺	淬 火	马氏体	不稳定组织;需通过回火处理
	回 火	将淬火工件加热到某一温度,保温一定时间,以适当方式冷却的工艺	淬火+低温回火	回火马氏体	高硬度;适用于要求耐磨、高硬度的工具和耐磨件的处理
			淬火+中温回火	回火托氏体	高弹性;适用于各种弹性零件的处理
			淬火+高温回火	回火索氏体	高的综合力学性能;适用于各种受力复杂的机器零件的处理

续表

分类	名称	定 义	工 艺	得到的组织	性能和应用
表面和化学热处理	高 频 淬火	利用电磁感应原理,在工件表面产生密度很高的感应电流,并使之迅速加热至奥氏体状态,随后快速冷却获得马氏体组织的工艺	高频淬火+低温回火	表层回火马氏体	外硬内韧;适用于承受磨损、弯曲应力和冲击载荷作用的零件,如机床主轴和齿轮的处理
	渗碳	将低碳钢工件放入渗碳介质中,在 900~950℃ 加热保温,使活性炭原子渗入其表面并获得高碳渗层的工艺	渗碳+淬火+低温回火	表层高碳回火马氏体	表面硬度极高,心部韧性极高,零件承受磨损、弯曲应力和冲击载荷作用的能力高;主要用于需要同时承受严重磨损和较大冲击载荷的零件,例如重型汽车齿轮、凸轮、套筒、活塞
	渗氮	将工件表面渗入氮元素形成富氮硬化层的工艺	调质处理+渗氮	表层回火索氏体+氮化物	具有极高的表面硬度、耐磨性和耐蚀性;用于耐磨性和精度要求高的零件或要求抗热、抗蚀的耐磨件,如发动机汽缸、排气阀、精密机床丝杠、镗床主轴

1.2 常用金属材料

1.2.1 工业用钢

钢是指以铁(Fe)为主要元素、碳(C)的质量分数在 2.11%以下的铁碳合金。

1. 钢的分类

1) 按化学成分分类

按化学成分分类,钢可分为非合金钢、低合金钢和合金钢。实际使用的非合金钢中除 Fe、C 两个主要元素之外,还含有少量 Mn、Si、S、P、O、N 等杂质元素。低合金钢和合金钢是在非合金钢的基础上有目的地加入某些合金元素而得到的多元合金。合金元素的加入使非合金钢的淬透性、强度、硬度、耐热性、耐蚀性、耐磨性等得到了很大程度的提高。

2) 按冶金质量分类

按冶金质量分类,钢可分为普通质量钢、优质钢、高级优质钢和特级优质钢,质量等级越高,钢中有害元素 S、P 含量越少。