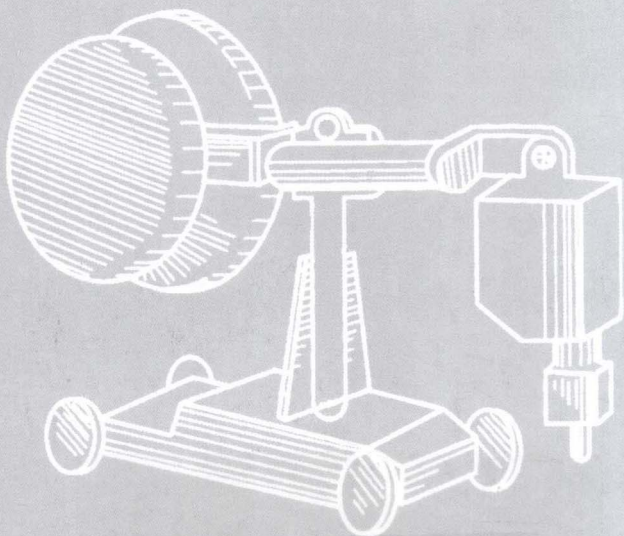




国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业技能标准》编写



第2版

焊工(中级)

HANGONG

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
刘云龙 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本教材是依据《国家职业技能标准 焊工》(中级)的理论知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。主要内容包括:焊接材料、焊前生产准备、手工钨极氩弧焊、埋弧焊、CO₂ 气体保护焊、气焊、钎焊、切割、焊接接头、焊接应力与变形、低合金结构钢的焊接、奥氏体型不锈钢的焊接和焊接质量检验,以及针对性强的技能训练实例。每章首有培训学习目标,章末有复习思考题,书末有与之配套的试题库和答案,以及便于读者自检自测的模拟试卷样例和答案。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材,又可作为读者考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工院校的专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

焊工:中级/刘云龙主编;国家职业资格培训教材编审委员会组编. —2版. —北京:机械工业出版社,2013.1

国家职业资格培训教材. 技能型人才培养用书

ISBN 978-7-111-40784-3

I. ①焊… II. ①刘…②国… III. ①焊接—技术培训—教材
IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 299117 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:侯宪国 责任编辑:俞逢英 侯宪国

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英 肖琳

封面设计:饶薇 责任印制:张楠

京南印刷厂印刷

2013 年 4 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·25 印张·486 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-40784-3

定价:39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材(第2版)

编 审 委 员 会

主 副 委	任 主 任 员	王瑞祥				
		李 奇	郝广发	杨仁江	施 斌	
		(按姓氏笔画排序)				
		王兆晶	王昌庚	田力飞	田常礼	刘云龙
总 本 本 本 本	策 书 书 书 书	刘书芳	刘亚琴	李双双	李春明	李俊玲
		李家柱	李晓明	李超群	李援瑛	吴茂林
		张安宁	张吉国	张凯良	张敬柱	陈建民
		周新模	杨君伟	杨柳青	周立雪	段书民
		荆宏智	柳吉荣	徐 斌		
		荆宏智	李俊玲	张敬柱		
		刘云龙				
		田智杰	徐向军			
		杜则裕				
		温庆军				

第2版序

在“十五”末期，为贯彻落实“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，加快培养一大批高素质的技能型人才，机械工业出版社精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业工种，共172种，有十几个省、自治区、直辖市相关行业200多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和鉴定的专家参加编写。教材出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和广大技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定和读者自学的需要，在“十一五”期间为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格鉴定考证培训及企业员工培训的品牌教材。

2010年，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》、《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《关于加强职业培训促就业的意见》相继颁布和出台，2012年1月，国务院批转了七部委联合制定的《促进就业规划（2011—2015年）》，在这些规划和意见中，都重点阐述了加大职业技能培训力度、加快技能人才培养的重要意义，以及相应的配套政策和措施。为适应这一新形势，同时也鉴于第1版教材所涉及的许多知识、技术、工艺、标准等已发生了变化的实际情况，我们经过深入调研，并在充分听取了广大读者和业界专家意见的基础上，决定对已经出版的《国家职业资格培训教材》进行修订。本次修订，仍以原有的大部分作者为班底，并保持原有的“以技能为主线，理论、技能、题库合一”的编写模式，重点在以下几个方面进行了改进：

1. 新增紧缺职业工种——为满足社会需求，又开发了一批近几年比较紧缺的以及新增的职业工种教材，使本套教材覆盖的职业工种更加广泛。
2. 紧跟国家职业标准——按照最新颁布的《国家职业技能标准》或《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求重新整合、补充和完善内容，涵盖职业标准中所要求的知识点和技能点。
3. 提炼重点知识技能——在内容的选择上，以“够用”为原则，提炼应重点掌握的必需的专业知识和技能，删减了不必要的理论知识，使内容更加精练。
4. 补充更新技术内容——紧密结合最新技术发展，删除了陈旧过时的内容，补充了新的内容。



5. 同步最新技术标准——对原教材中按旧的技术标准编写的内容进行更新，所有内容均与最新的技术标准同步。

6. 精选技能鉴定题库——按鉴定要求精选了职业技能鉴定试题，试题贴近教材、贴近国家试题库的考点，更具典型性、代表性、通用性和实用性。

7. 配备免费电子教案——为方便培训教学，我们为本套教材开发配备了配套的电子教案，免费赠送给选用本套教材的机构和教师。

8. 配备操作实景光盘——根据读者需要，部分教材配备了操作实景光盘。

一言概之，经过精心修订，第2版教材在保留了第1版精华的同时，内容更加精练、可靠、实用，针对性更强，更能满足社会需求和读者需要。全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在本套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们已经尽了最大努力，但教材中仍难免存在不足之处，恳请专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材第2版编审委员会

第1版序一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”、“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’，和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》为技术工人编写了这套涵盖41个职业的172种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性：将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强，既有必备的理论和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学，便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才做出贡献！



(李永安 中国职工技术协会常务副会长)

第1版序二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考工部门及技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级（5级）、中级（4级）、高级（3级）、技师（2级）、高级技师（1级）。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套《国家职业资格培训教材》。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，



为满足各级培训考工部门和广大读者的需要，这次共编写了41个职业172种教材。在职业选择上，除机电行业通用职业外，还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师（含高级技师）四本教材，各等级合理衔接、步步提升，为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要，对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等近20种公共基础教材。

在编写原则上，依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要，我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业，从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要，在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题，书末有与之配套的试题库和答案，以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷，同时还根据需求为20多种教材配制了VCD光盘。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性，我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的200多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”；增强实用性，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

教材中难免存在不足之处，诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教，提出批评指正。我们真诚希望与您携手，共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前言

本教材是依照中华人民共和国人力资源和社会保障部 2009 年修订的《国家职业技能标准 焊工》(中级)的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的,是中级焊工职业资格培训教材(第 2 版)。本教材是在第 1 版教材的基础上进行修订的。其特点是理论知识与技能操作有机地结合,以符合国家职业技能标准和职业技能培训的要求。在专业知识方面注意基础理论的阐述和对焊接工艺分析能力的培养,内容紧密结合生产实际,力求重点突出、少而精,做到图文并茂、深入浅出、通俗易懂。近几年来出现的焊接新技术也有所介绍,以扩大焊工的视野。另外,本教材还引入了最新国家标准与技术名词术语。在技能训练方面贯彻了学以致用原则,既有焊接操作步骤,又有注意事项和焊接质量检验要求等。使学员使用本教材培训之后,既能懂得焊接的基础知识,又能掌握焊接操作的基本要领和操作技能,能轻松自如地参加焊工技能鉴定考核,取证上岗。

本教材第一章、第二章(五、焊条电弧焊的技能训练实例)、第四章、第六章~第九章以及第十二章由刘云龙教授级高工编写;第二章(前部分)、第三章、第五章、第十章、第十一章、以及第十三章由田智杰高级工程师、徐向军高级工程师编写。全书由刘云龙主编,博士生导师杜则裕教授和温庆军高工审稿。

在本书的编写过程中,承蒙老专家刘秀山先生,李宝茹先生多方指教;在此一并致谢!

限于编者水平,书中难免会有各种缺点和不足,敬请各位读者多加指正。

编 者

目录

第 2 版序

第 1 版序一

第 1 版序二

前言

第一章 焊接材料	1
第一节 焊剂	1
一、焊剂的分类	1
二、焊剂的型号	2
三、焊剂的牌号	5
四、焊剂的选用原则	7
五、焊剂的烘干和储存	8
第二节 焊丝	9
一、实芯焊丝的分类	9
二、药芯焊丝的分类	10
三、实芯焊丝的型号、牌号	12
四、药芯焊丝的型号、牌号	13
五、常用埋弧焊焊剂及配用焊丝	15
六、焊丝的选用	16
第三节 保护气体	17
一、氩气	17
二、氮气	18
三、CO ₂ 气	18
四、氮气	20
五、混合气体	20



第四节 钨极	21
一、钨极的种类	21
二、钨极的使用电流	22
三、钨极端头的形状	23
复习思考题	24
 第二章 焊前生产准备	25
第一节 焊前焊件坡口准备	25
一、焊件坡口的形状	25
二、坡口的几何尺寸	27
三、不同焊接位置的坡口选择	28
四、坡口的加工方法	28
第二节 焊前预热	30
一、焊前预热的目的	30
二、焊前预热的方法	30
第三节 焊前组装、定位焊及焊接	31
一、焊前组装的检查	31
二、板材焊件的组装及定位焊	32
三、管材焊件的组装及定位焊	33
四、管板焊件的组装及定位焊	34
第四节 焊条电弧焊技能训练实例	34
一、低碳钢板对接立焊的单面焊双面成形	34
二、低碳钢板对接横焊的单面焊双面成形	39
三、低碳钢管板插入式垂直固定俯位单面焊双面成形	44
四、低碳钢管板插入式水平固定单面焊双面成形	47
五、 $\phi 80\text{mm} \times 4\text{mm}$ 低碳钢管对接水平固定单面焊双面成形	51
六、 $\phi 80\text{mm} \times 4\text{mm}$ 低碳钢管对接垂直固定单面焊双面成形	54
复习思考题	57
 第三章 CO_2 气体保护焊	58
第一节 CO_2 气体保护焊概述	58
一、 CO_2 气体保护焊的工作原理	58
二、 CO_2 气体保护焊的熔滴过渡	58
三、 CO_2 气体保护焊的气孔	59



四、CO ₂ 气体保护焊的飞溅	60
五、CO ₂ 气体保护焊的应用	61
第二节 CO ₂ 气体保护焊的焊接参数	61
一、焊丝直径	61
二、焊接电流	62
三、电弧电压	63
四、焊接速度	63
五、CO ₂ 气体的流量	63
六、焊丝伸出长度	64
七、电源极性	65
八、回路电感	65
九、焊枪倾角	65
第三节 CO ₂ 气体保护焊机	66
一、CO ₂ 气体保护焊机的分类及组成	66
二、CO ₂ 气体保护焊机型号及主要技术参数	69
三、CO ₂ 气体保护焊的操作技术	69
第四节 CO ₂ 气体保护焊技能训练实例	75
一、板厚 12mm V 形坡口对接向上立焊单面焊双面成形	75
二、板厚 12mm V 形坡口对接横焊单面焊双面成形	77
三、 $\phi 133\text{mm} \times 8\text{mm}$ 低碳钢管对接水平固定焊	79
四、 $\phi 133\text{mm} \times 8\text{mm}$ 低碳钢管对接垂直固定焊	81
复习思考题	82
第四章 钨极氩弧焊	83
第一节 手工钨极氩弧焊概述	83
一、手工钨极氩弧焊的工作原理	83
二、手工钨极氩弧焊的工艺特点	83
三、手工钨极氩弧焊的应用范围	84
第二节 手工钨极氩弧焊机	85
一、手工钨极氩弧焊机的分类及组成	85
二、手工钨极氩弧焊机的型号及技术数据	87
第三节 手工钨极氩弧焊的焊接参数	88
一、焊接电源种类和极性	88
二、焊接电流	89



三、钨极直径和形状	89
四、钨极伸出长度	90
五、电弧电压	90
六、保护气体流量	90
七、喷嘴直径	90
八、焊接速度	91
第四节 手工钨极氩弧焊的操作技术	91
一、手工钨极氩弧焊的引弧	91
二、手工钨极氩弧焊的定位焊	92
三、手工钨极氩弧焊的接头	92
四、手工钨极氩弧焊的收尾	92
五、手工钨极氩弧焊的填丝操作	93
六、手工钨极氩弧焊焊枪的移动	94
七、手工钨极氩弧焊的焊接操作手法	95
第五节 手工钨极氩弧焊技能训练实例	96
一、低合金钢管对接垂直固定单面焊双面成形	96
二、低合金钢管对接水平固定单面焊双面成形	99
三、插入式低碳钢管板垂直固定单面焊双面成形	101
四、插入式低碳钢管板水平固定单面焊双面成形	104
第六节 手工钨极氩弧焊的安全操作规程	107
一、防止弧光辐射	107
二、人体安全防护	107
三、燃烧和爆炸	108
复习思考题	108
 第五章 埋弧焊	 110
第一节 埋弧焊概述	110
一、埋弧焊的工作原理	110
二、埋弧焊的应用范围	110
三、双丝埋弧焊的特点	111
四、带极埋弧焊的特点	113
第二节 埋弧焊的焊接参数	113
一、焊接电源的极性	113
二、焊接电流	113



三、电弧电压	114
四、焊接速度	114
五、焊丝直径	114
六、焊丝倾角	114
七、焊件倾斜	115
八、焊丝伸出长度	115
九、焊剂堆高和粒度	115
十、坡口形式	115
第三节 埋弧焊机	116
一、埋弧焊机的分类及组成	116
二、埋弧焊机的型号及主要技术参数	118
第四节 埋弧焊机的焊接操作技术	119
一、埋弧焊的焊剂垫	119
二、埋弧焊的引弧板和引出板	120
三、埋弧焊的引弧	121
四、埋弧焊焊丝端部位置的调整	121
五、埋弧焊的收弧	122
第五节 埋弧焊技能训练实例	122
一、Q235B 低碳钢板的对接单丝埋弧焊	122
二、Q235B 低碳钢板的对接双丝埋弧焊	123
三、不锈钢板的带极埋弧焊堆焊	125
第六节 埋弧焊的安全操作规程	126
一、个人防护用品	126
二、防止触电	126
三、防止火灾	126
复习思考题	127
 第六章 气焊	 128
第一节 气焊与气割设备及工具	128
一、气焊与气割设备	128
二、气焊与气割工具	129
第二节 气焊工艺及技术	136
一、气焊参数的选择	136
二、气焊的基本操作技术	140



第三节 气焊技能训练实例	143
一、 $\phi 51\text{mm} \times 3\text{mm}$ 低碳钢管的对接水平固定气焊（要求单面焊双面成形）	143
二、 $\phi 51\text{mm} \times 3\text{mm}$ 低碳钢管对接 45° 上斜固定气焊	144
三、 $\phi 51\text{mm} \times 4\text{mm}$ 低合金钢管对接水平固定气焊（不要求单面焊双面成形）	147
复习思考题	148
 第七章 钎焊	 149
第一节 钎焊概述	149
一、钎焊的基本原理	149
二、钎焊的特点	151
三、钎焊的分类	151
第二节 钎料	151
一、对钎料的基本要求	151
二、钎料的分类	152
三、钎料型号	152
四、原冶金工业部颁布的钎料牌号表示方法	153
五、原机械工业部颁布的钎料牌号表示方法	153
六、钎料的选择原则	154
第三节 钎剂	154
一、对钎剂的基本要求	154
二、钎剂的分类	155
三、钎剂牌号的表示方法	156
第四节 钎焊方法	156
一、烙铁钎焊	156
二、火焰钎焊	156
三、电阻钎焊	157
四、感应钎焊	157
五、浸渍钎焊	158
六、炉中钎焊	158
第五节 钎焊工艺	159
一、钎焊接头的设计	159
二、钎焊接头的间隙	160
三、钎焊件的表面准备	161
四、钎焊件的装配和固定	162



五、涂阻流剂	163
六、钎焊参数的选择	163
七、钎焊后的清洗	163
第六节 钎焊接头缺陷及产生原因	163
第七节 铝管搭接接头的手工火焰钎焊	164
一、铝及铝合金的钎焊性	164
二、铝及铝合金钎焊的接头形式	165
三、铝管搭接接头手工火焰钎焊的操作技术	165
复习思考题	167
第八章 切割	168
第一节 等离子弧切割	168
一、等离子弧的产生及其特点	168
二、等离子弧切割的原理及特点	171
三、等离子弧切割的工艺参数	171
四、等离子弧切割的安全操作规程	173
第二节 激光切割	175
一、激光切割的特点	175
二、激光切割的分类	175
三、激光切割的安全防护	176
第三节 氧乙炔焰气割	178
一、气割工艺参数的选择	178
二、常用型材气割的基本操作技术	180
第四节 切割技能训练实例	183
一、厚 8mm 低碳钢板的小电流空气等离子弧切割	183
二、厚 100mm 低碳钢板的氧乙炔焰气割	184
复习思考题	185
第九章 焊接接头	186
第一节 焊接接头概述	186
一、焊接接头的组成	186
二、焊接接头的形式	188
第二节 焊接热循环概述	189
一、焊接热循环的主要特点	189



二、影响焊接热循环的因素	189
第三节 焊缝金属组织与性能	190
一、焊接熔池的一次结晶	190
二、焊缝金属的二次结晶	192
三、焊接热影响区的组织和性能	193
第四节 改善焊接接头性能的方法	195
一、选择合适的焊接工艺方法	196
二、选择合适的焊接参数	196
三、选择合适的焊接热输入	196
四、选择合理的焊接操作方法	197
五、正确选择焊接材料	197
六、正确选择焊后热处理工艺	198
七、控制熔合比	198
第五节 焊缝金属中的有害元素	198
一、焊缝金属中的氧	198
二、焊缝金属中的氢	199
三、焊缝金属中的氮	202
四、焊缝金属中的硫	203
五、焊缝金属中的磷	203
复习思考题	204
第十章 焊接应力与变形	206
第一节 焊接应力与变形概述	206
一、焊接应力与变形	206
二、焊接应力与变形产生的原因	206
第二节 焊接残留应力	207
一、焊接残留应力的分类	207
二、控制焊接残留应力的工艺措施	209
三、消除焊接残余应力的方法	211
第三节 焊接残余变形	212
一、焊接残余变形的分类	212
二、控制焊接残余变形的工艺措施	214
三、矫正焊接残余变形的的方法	216
复习思考题	218