

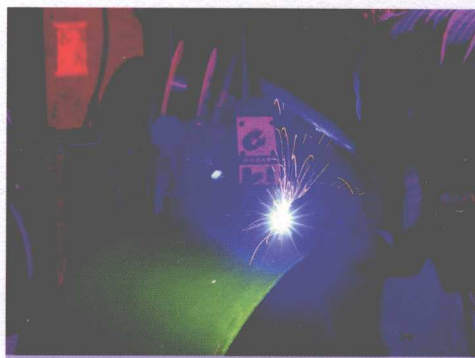
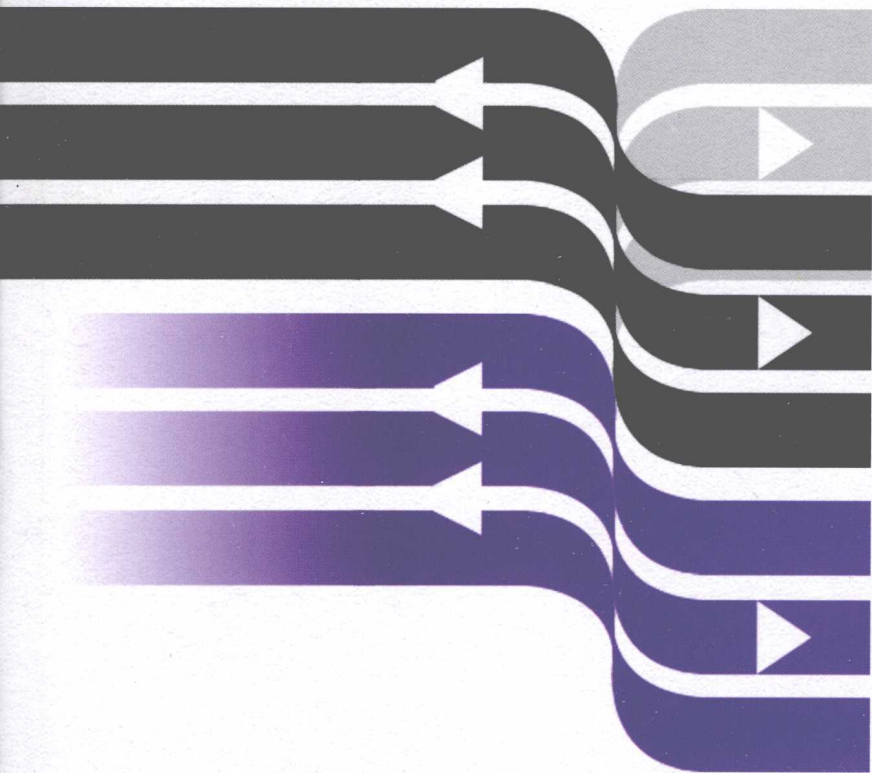


教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

熔焊过程控制 与焊接工艺

邱葭菲 蔡建刚 / 主编 蔡郴英 赵 岩 / 副主编 谢长林 / 主审



RONGHAN
GUOCHENGKONGZHI
YUHANJIEGONGYI

焊接结构生产、熔焊过程控制与焊接工艺
焊接方法与设备、焊接检测及技能训练
金属材料、热处理技术基础
热处理设备、金属材料检测技术
热处理技能操作训练、铸造合金熔炼及控制
铸造生产及工艺工装设计、特种铸造
铸造工程CAE优化设计、铸造技能基础实训

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

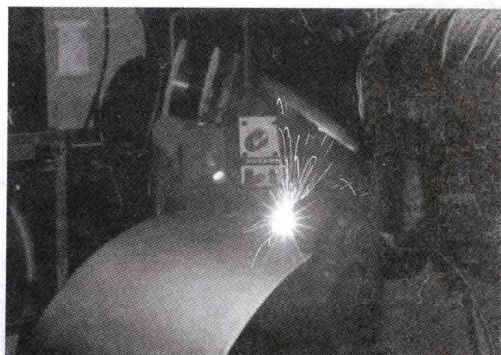
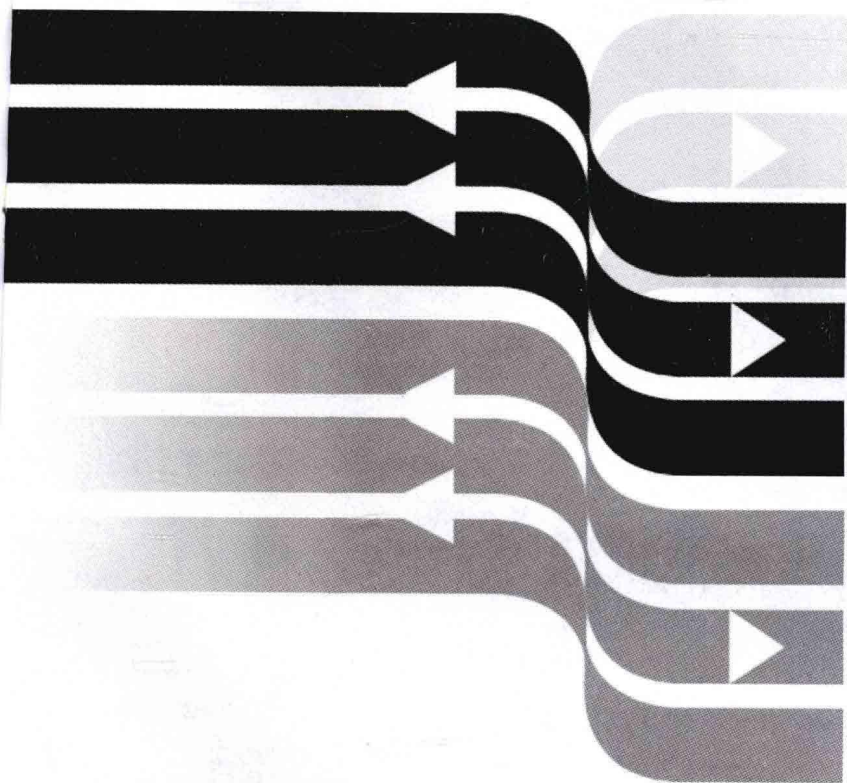


教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEIZHUANYE
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

熔焊过程控制 与焊接工艺

邱葭菲 蔡建刚 / 主编 蔡郴英 赵 岩 / 副主编 谢长林 / 主审



图书在版编目(CIP)数据

熔焊过程控制与焊接工艺/邱葭菲等主编. —长沙:
中南大学出版社, 2010
教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与
成形工艺类专业规划教材
ISBN 978 - 7 - 81105 - 795 - 9

I. 熔... II. 邱... III. 熔焊 - 焊接工艺 - 高等学校:
技术学校 - 教材 IV. TG442

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 062435 号

熔焊过程控制与焊接工艺

邱葭菲 蔡建刚 主编

-
- ☐责任编辑 史海燕
☐责任印制 周 颖
☐出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
☐印 装 长沙利君漾印刷厂
-

- ☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 19 ☐字数 467 千字
☐版 次 2010 年 5 月第 1 版 ☐2010 年 5 月第 1 次印刷
☐书 号 ISBN 978 - 7 - 81105 - 795 - 9
☐定 价 36.00 元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介



本书是教育部高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材。

本书系统讲述了金属熔焊时的温度、化学成分、组织及性能变化的规律和特点,常用焊接材料的组成、性能及选用,常见焊接缺陷的产生原因、影响因素和防止措施,金属的焊接性试验方法及常用金属材料的焊接工艺等内容。全书共分十三个模块,包括焊接化学冶金基础、焊接凝固冶金基础、焊接热影响区、焊接缺陷、焊接材料、金属焊接性及其试验方法、碳钢的焊接、低合金钢的焊接、不锈钢的焊接、耐热钢的焊接、异种钢的焊接、铸铁的焊接、常用有色金属的焊接。

本书在编写中,力求体现“以就业为导向,突出职业能力培养”的精神,以突出应用性、实践性为原则重组课程结构,教材内容与国家职业标准、职业技能鉴定及职业岗位有机衔接,实现了理论与实践相结合,以满足“教学做合一”的教学需要。本教材内容简明扼要、条理清晰、层次分明、图文并茂、通俗易懂。为利于职业技能鉴定,每个模块后均附有相应的综合训练。

本书可作为高职高专焊接技术及自动化专业教材和各类成人教育焊接专业教材或培训用书,还可供从事焊接工作的工程技术人员参考。



教育部高职高专材料类专业教学指导委员会 工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会 (排名不分先后)

主 任

王纪安 承德石油高等专科学校

任慧平 内蒙古科技大学

副主任

曹朝霞 包头职业技术学院

谭银元 武汉船舶职业技术学院

凌爱林 山西机电职业技术学院

佟晓辉 热处理协会

王红英 深圳职业技术学院

赵丽萍 内蒙古科技大学

姜敏凤 无锡职业技术学院

委 员

张连生 承德石油高等专科学校

韩小峰 陕西工业职业技术学院

王泽忠 四川工程职业技术学院

阎庆斌 山西机电职业技术学院

李荣雪 北京电子科技职业学院

彭显平 四川工程职业技术学院

陈长江 武汉船舶职业技术学院

杨坤玉 长沙航空职业技术学院

诸小丽 南宁职业技术学院

蔡建刚 兰州石化职业技术学院

白星良 山东工业职业学院

杨 跃 四川工程职业技术学院

李学哲 沈阳职业技术学院

张 伟 洛阳理工学院

赵 峰 天津中德职业技术学院

杨兵兵 陕西工业职业技术学院

李 慧 新疆农业职业技术学院

谢长林 株洲电焊条股份有限公司

尹英杰 石家庄铁路职业技术学院

孟宪斌 齐鲁石化建设公司

苏海青 承德石油高等专科学校

石 富 内蒙古机电职业技术学院

邱葭菲 浙江机电职业技术学院

范洪远 四川大学

许利民 承德石油高等专科学校

杨 崑 西华大学

王建勋 兰州石化职业技术学院

曹喻强 陕西工业职业技术学院

韩静国 山西机电职业技术学院

王晓江 陕西工业职业技术学院

王书田 包头职业技术学院

付 俊 四川工程职业技术学院

郝晨生 黑龙江工程学院

柴腾飞 太原理工大学长治学院

总 序



当前,高等职业教育改革方兴未艾,各院校积极贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号文)和教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号文)文件精神,探索“工学结合”的改革之路,取得了很好很好的教学成果。

教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺分委员会,主要负责工程材料及成形工艺类专业与课程改革建设的指导工作。分教指委组织编写了《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》,并已由中南大学出版社正式出版,向全国推广发行,它是对高职院校教学改革的阶段性探索和成果的总结,对开办相关专业的院校有较好的指导意义和参考价值。为了适应工程材料与成形工艺类专业教学改革的新形势,分教指委还积极开展工程材料与成形工艺类专业高职高专规划教材的建设工作,并成立了高职高专工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会,编审委员会由教指委委员、分指委专家、企业专家及教学名师组成。教指委及规划教材编审委员会在长沙中南大学召开了教材建设研讨会,会上讨论了焊接技术及自动化专业、金属材料热处理专业、材料成形与控制技术专业(铸造方向、锻压方向、铸热复合)以及工程材料与成形工艺基础等一系列教材的编写大纲,统一了整套书的编写思路、定位、特色、编写模式、体例等。

历经几年的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本套教材体系完整、内容丰富。归纳起来,有如下特色:①根据教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业制定的教学规划和课程标准组织编写;②统一规划,结构严谨,体现科学性、创新性、应用性;③贯彻以工作过程和行动为导向,工学结合的教育理念;④以专业技能培养为主线,构建专业知识与职业资格认证、社会能力、方法能力培养相结合的课程体系;⑤注重创新,反映工程材料与成形工艺领域的新知识、新技术、新工艺、新方法和新标准;⑥教材体系立体化,提供电子课件、电子教案、教学与学习指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源平台。

教材的生命力在于质量与特色，希望本系列教材编审委员会及出版社能做到与时俱进，根据高职高专教育改革和发展的形势及产业调整、专业技术发展的趋势，不断对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应高职人才培养的需要，也希望他们能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，不断开拓，出版更多的精品教材，为高职教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料类高职高专教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，一大批高素质、应用型、高技能人才脱颖而出，为经济社会发展和企业发展建功立业。

王纪安

2010年1月18日

王纪安：教授，教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会委员，工程材料与成形工艺分委员会主任。



本书是在进一步贯彻落实国务院《关于大力推进职业教育改革与发展的决定》和教育部《全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的文件精神,加强职业教育教材建设,满足职业院校深化教学改革对教材建设要求的新形势下,根据教育部高职高专材料类专业教学指导委员会制定的教学规范与课程标准编写而成。

本书主要讲述了金属熔焊时的温度、化学成分、组织及性能变化的规律和特点,常用焊接材料的组成、性能及选用,常见焊接缺陷的产生原因、影响因素和防止措施,金属的焊接性试验方法及常用金属材料的焊接工艺等内容,包括焊接化学冶金基础、焊接凝固冶金基础、焊接热影响区、焊接缺陷、焊接材料、金属焊接性及其试验方法、碳钢的焊接、低合金钢的焊接、不锈钢的焊接、耐热钢的焊接、异种钢的焊接、铸铁的焊接、常用有色金属的焊接十三个模块。

本书的编写具有以下特点:

1. 本书由长期在教学、科研及企业的经验丰富的双师、双教(教学、教研)型教师,在总结多年高职教学、科研、教研、教改的实践经验基础上编写而成。为使教学内容更贴近生产实际,更具有针对性,本书特邀了部分企业生产一线的工程技术人员参加编写工作。

2. 本书在编写中,力求体现“以就业为导向,突出职业能力培养”的精神,教材内容与国家职业标准、职业技能鉴定及就业岗位有机衔接,实现了理论与实践相结合,满足“教学做合一”的教学需要。

3. 本书以突出应用性、实践性为原则重组课程结构,以必须、够用为度,对一些理论知识进行了必要的精简,将必需的理论知识融于职业能力培养过程中,力求符合高等职业教育的课程体系。

4. 本书在编写中,注意体现了焊接专业的新技术、新工艺、新标准,并且叙述简明扼要,条理清晰、层次分明、图文并茂、通俗易懂。

5. 本书在编写中,注重理论对实践的指导,各个金属材料的焊接模块均精选了具体的焊接生产实例,将生产中遇到的技术、案例引进课堂。同时为便于职业技能鉴定,每个模块后均附有相应的综合训练。

本书由邱葭菲和蔡建刚任主编,蔡郴英、赵岩任副主编。浙江机电职业技术学院邱葭菲编写了模块一、模块五及模块八,兰州石化职业技术学院蔡建刚编写了绪论、模块二及模块四,黑龙江工商职业技术学院赵岩编写了模块三、模块九,湖南机电职业技术学院易传佩编写了模块六,浙江机电职业技术学院蔡郴英编写了模块七,沈阳理工大学应用技术学院武丹编写了模块十,安徽国防科技职业技术学院蒋红云编写了模块十一,承德石油高等专科学校

刘翔宇编写了模块十二，洛阳理工学院闫红彦编写了模块十三。全书由邱葭菲统稿，谢长林主审。

本书在编写过程中，参阅了大量的国内外出版的有关教材和资料，充分吸收了国内多所高职院校近年来的教学改革经验，得到了许多教授、专家的支持和帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和错误，恳请有关专家和广大读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月



目 录

绪 论	(1)
0.1 焊接的实质	(2)
0.2 焊接的分类	(2)
0.3 熔焊的一般过程及焊接接头构成	(3)
0.4 课程的主要内容及能力目标	(4)
0.5 对学习本课程的建议	(4)
【综合训练】	(5)
模块一 焊接化学冶金基础	(6)
1.1 焊接化学冶金的特殊性	(6)
1.1.1 焊接区金属的保护	(6)
1.1.2 焊接化学冶金反应区	(8)
1.2 焊接区内的气体和焊接熔渣	(11)
1.2.1 焊接区内的气体	(11)
1.2.2 焊接熔渣	(13)
1.3 焊接区气体、熔渣与焊缝金属的作用	(18)
1.3.1 氮对焊缝金属的作用	(18)
1.3.2 氢对焊缝金属的作用	(21)
1.3.3 氧对焊缝金属的作用	(26)
1.3.4 焊缝中硫和磷的控制	(32)
1.4 焊缝金属的合金化	(34)
【综合训练】	(36)
模块二 焊接凝固冶金基础	(39)
2.1 焊接热过程	(39)
2.1.1 焊接热过程的特点及对焊接质量的影响	(39)
2.1.2 焊接热源及传热方式	(40)
2.1.3 焊接温度场	(40)
2.1.4 焊接热循环	(42)
2.2 焊缝金属的构成	(43)
2.2.1 焊条(焊丝)的加热与熔化	(44)
2.2.2 母材的熔化与熔池的形成	(45)
2.2.3 焊缝金属的熔合比	(46)

2.3 焊缝金属的凝固	(47)
2.3.1 焊接熔池凝固的特点	(47)
2.3.2 熔池的凝固(一次结晶)	(47)
2.3.3 熔池金属的固态相变(二次结晶)	(48)
2.3.4 焊缝金属的偏析	(48)
2.4 焊缝的组织与性能	(49)
2.4.1 低碳钢焊缝的固态相变组织与性能	(50)
2.4.2 低合金钢焊缝的固态相变组织与性能	(50)
2.4.3 焊缝组织与性能的改善	(52)
【综合训练】	(53)

模块三 焊接热影响区

3.1 焊接熔合区	(54)
3.1.1 熔合区的构成	(54)
3.1.2 熔合区的特征	(55)
3.2 焊接热影响区的形成及固态相变	(56)
3.2.1 焊接热影响区的形成	(56)
3.2.2 焊接热影响区固态相变特点	(56)
3.3 焊接热影响区的组织和性能	(59)
3.3.1 焊接热影响区的组织	(59)
3.3.2 焊接热影响区的性能	(61)
3.3.3 改善焊接热影响区性能的途径	(64)
【综合训练】	(65)

模块四 焊接缺陷

4.1 焊接缺陷的种类、特征及危害	(66)
4.1.1 焊接缺陷的种类	(66)
4.1.2 常见焊接缺陷的特征及危害	(67)
4.2 焊缝中的气孔	(73)
4.2.1 形成气孔的气体	(73)
4.2.2 气孔的类型及产生原因	(73)
4.2.3 焊缝中气孔的形成过程	(74)
4.2.4 影响气孔形成的因素及防止措施	(76)
4.3 焊缝中的夹杂	(79)
4.3.1 夹杂的种类及危害	(79)
4.3.2 焊缝中夹杂物的防止措施	(80)
4.4 焊接热裂纹	(80)
4.4.1 结晶裂纹产生的原因	(80)
4.4.2 影响结晶裂纹产生的因素	(81)



4.4.3 防止结晶裂纹产生的措施	(82)
4.4.4 液化裂纹	(83)
4.5 焊接冷裂纹	(84)
4.5.1 焊接冷裂纹的类型	(84)
4.5.2 焊接冷裂纹产生的原因	(84)
4.5.3 防止焊接冷裂纹产生的措施	(86)
【综合训练】	(87)
模块五 焊接材料	(88)
5.1 焊条	(88)
5.1.1 焊条的组成及作用	(88)
5.1.2 焊条的工艺性能	(93)
5.1.3 焊条的分类	(95)
5.1.4 焊条的型号及牌号	(97)
5.1.5 焊条的选用及管理	(103)
5.1.6 焊条的设计与制造	(106)
5.2 焊丝	(108)
5.2.1 实芯焊丝	(108)
5.2.2 药芯焊丝	(114)
5.3 焊剂	(116)
5.3.1 焊剂的作用及分类	(116)
5.3.2 焊剂的型号及牌号	(118)
5.3.3 焊剂的选用及保管	(121)
5.4 其他焊接材料	(122)
5.4.1 焊接用气体	(122)
5.4.2 钨极	(125)
5.4.3 气焊熔剂	(126)
【综合训练】	(127)
模块六 金属的焊接性及其试验方法	(130)
6.1 金属的焊接性	(130)
6.1.1 金属的焊接性概念及分类	(130)
6.1.2 影响焊接性的因素	(132)
6.2 金属焊接性试验方法	(133)
6.2.1 焊接性的直接试验法	(134)
6.2.2 焊接性的间接试验方法	(141)
【综合训练】	(143)

模块七 非合金钢(碳钢)的焊接	(145)
7.1 低碳钢的焊接	(145)
7.1.1 低碳钢的焊接性	(145)
7.1.2 低碳钢焊接工艺	(146)
7.1.3 技能训练: 20 钢 4650kW 热煤炉原油换热器翅片管接口的焊接实例	(147)
7.2 中碳钢的焊接	(149)
7.2.1 中碳钢的焊接性	(149)
7.2.2 中碳钢焊接工艺	(149)
7.2.3 技能训练: 60Mn 钢特大型轴裂纹的焊接修复实例	(151)
7.3 高碳钢的焊接	(153)
7.3.1 高碳钢的焊接性	(153)
7.3.2 高碳钢的焊接工艺	(153)
7.3.3 技能训练: 80 钢索斜拉桥拉紧接头焊接实例	(154)
【综合训练】	(154)
模块八 低合金钢的焊接	(155)
8.1 热轧及正火钢的焊接	(155)
8.1.1 热轧及正火钢的成分和性能	(155)
8.1.2 热轧及正火钢的焊接性	(157)
8.1.3 热轧及正火钢的焊接工艺	(158)
8.1.4 技能训练: 50MW 的高压加热器的焊接实例	(161)
8.2 低碳调质钢的焊接	(162)
8.2.1 低碳调质钢的成分和性能	(162)
8.2.2 低碳调质钢的焊接性	(164)
8.2.3 低碳调质钢的焊接工艺	(165)
8.2.4 技能训练: 15MnMoVN 球形高压容器的环缝焊接实例	(166)
8.3 中碳调质钢的焊接	(167)
8.3.1 中碳调质钢的成分和性能	(167)
8.3.2 中碳调质钢的焊接性	(169)
8.3.3 中碳调质钢的焊接工艺	(169)
8.3.4 技能训练: 42CrMo 水轮机法兰轴的焊接实例	(171)
8.4 低合金低温钢的焊接	(173)
8.4.1 低合金低温钢的成分和性能	(173)
8.4.2 低合金低温钢的焊接性	(175)
8.4.3 低温钢的焊接工艺	(175)
8.4.4 技能训练: 16MnDR 储气罐的焊接实例	(177)
8.5 低合金耐蚀钢的焊接	(178)



8.5.1 低合金耐蚀钢的成分和性能	(178)
8.5.2 低合金耐蚀钢的焊接性	(178)
8.5.3 低合金耐蚀钢的焊接工艺	(181)
8.5.4 技能训练: 铁道车辆用 Q450NQR1 高强度耐候钢的焊接实例	(182)
【综合训练】	(184)
模块九 不锈钢的焊接	(186)
9.1 不锈钢的分类及性能	(186)
9.1.1 不锈钢的分类	(186)
9.1.2 不锈钢的耐蚀性能	(187)
9.2 奥氏体不锈钢、双相不锈钢的焊接	(189)
9.2.1 奥氏体不锈钢的焊接性	(189)
9.2.2 双相不锈钢的焊接性	(192)
9.2.3 奥氏体钢、双相钢的焊接工艺要点	(192)
9.2.4 技能训练: 1Cr18Ni9Ti 不锈钢厚壁管全位置焊接实例	(194)
9.3 铁素体不锈钢的焊接	(196)
9.3.1 铁素体不锈钢的焊接性	(196)
9.3.2 铁素体不锈钢的焊接工艺	(197)
9.3.3 技能训练: 00Cr26Mo1 不锈钢蒸发器的焊接实例	(198)
9.4 马氏体不锈钢的焊接	(200)
9.4.1 马氏体不锈钢的焊接性	(200)
9.4.2 马氏体不锈钢的焊接工艺	(201)
9.4.3 技能训练: 1Cr13 马氏体不锈钢造纸机消能槽的焊接实例	(202)
【综合训练】	(203)
模块十 耐热钢的焊接	(205)
10.1 耐热钢的类型及接头性能要求	(205)
10.1.1 耐热钢的类型	(205)
10.1.2 耐热钢焊接接头性能的基本要求	(206)
10.2 低、中合金耐热钢的焊接	(206)
10.2.1 低、中合金耐热钢的成分与性能	(206)
10.2.2 低、中合金耐热钢的焊接性	(208)
10.2.3 低、中合金耐热钢的焊接工艺	(209)
10.2.4 技能训练: 15CrMo 钢 300MW 电站锅炉过热器集箱环缝的焊接实例	(212)
10.3 高合金耐热钢的焊接	(213)
10.3.1 奥氏体高合金耐热钢的焊接	(213)
10.3.2 马氏体高合金耐热钢的焊接	(217)
10.3.3 铁素体高合金耐热钢的焊接	(218)

10.3.4 技能训练: 18-8 型奥氏体高合金耐热钢筒体纵缝埋弧焊焊接实例	(219)
【综合训练】	(220)
模块十一 异种钢的焊接	(222)
11.1 异种钢焊接的类型及特点	(222)
11.1.1 异种钢焊接的类型	(222)
11.1.2 异种钢焊接接头特点	(223)
11.1.3 异种钢的焊接工艺特点	(224)
11.2 异种珠光体钢的焊接	(225)
11.2.1 异种珠光体钢的焊接性	(225)
11.2.2 异种珠光体钢的焊接工艺	(226)
11.2.3 技能训练: 液氯钢瓶保护罩异种钢的焊接实例	(229)
11.3 珠光体钢与奥氏体钢的焊接	(230)
11.3.1 珠光体钢与奥氏体钢的焊接性	(230)
11.3.2 珠光体钢与奥氏体钢的焊接工艺	(233)
11.3.3 技能训练: 果酱蒸煮锅的焊接实例	(234)
11.4 不锈复合钢板的焊接	(237)
11.4.1 不锈复合钢板的焊接性	(237)
11.4.2 不锈复合钢板焊接工艺	(237)
11.4.3 技能训练: 柴油原油换热器的焊接实例	(240)
【综合训练】	(241)
模块十二 铸铁的焊接	(243)
12.1 铸铁的种类及性能	(243)
12.1.1 铸铁的种类及成分	(243)
12.1.2 铸铁的组织与性能	(244)
12.2 灰铸铁的焊接性	(245)
12.2.1 焊接接头中的白口组织	(245)
12.2.2 焊接接头中的裂纹	(245)
12.3 灰铸铁的焊接工艺	(247)
12.3.1 灰铸铁的电弧热焊及半热焊	(248)
12.3.2 灰铸铁的电弧冷焊	(249)
12.3.3 灰铸铁的气焊	(253)
12.3.4 灰铸铁的钎焊	(254)
12.3.5 技能训练: 减速箱上盖裂纹的电弧冷焊焊补实例	(254)
12.4 球墨铸铁的焊接	(255)
12.4.1 球墨铸铁的焊接性	(255)
12.4.2 球墨铸铁的焊接工艺	(255)

12.4.3 技能训练：球墨铸铁的柴油机机体的焊接实例·····	(256)
【综合训练】·····	(257)

模块十三 常用有色金属的焊接 ····· (259)

13.1 铝及铝合金的焊接 ·····	(259)
13.1.1 铝及铝合金的类型、成分及性能·····	(259)
13.1.2 铝及铝合金的焊接性 ·····	(261)
13.1.3 铝及铝合金的焊接工艺 ·····	(264)
13.1.4 技能训练：大型铝合金低温压力容器特种接头的 MIG 焊实例 ·····	(266)
13.2 铜及铜合金的焊接 ·····	(268)
13.2.1 铜及铜合金的分类、成分及性能·····	(268)
13.2.2 铜及铜合金的焊接性 ·····	(269)
13.2.3 铜及铜合金的焊接工艺 ·····	(271)
13.2.4 技能训练：黄铜及青铜冷轧带材坯料等离子弧焊接实例·····	(275)
13.3 钛及钛合金的焊接 ·····	(276)
13.3.1 钛及钛合金的分类和性能 ·····	(276)
13.3.2 钛及钛合金的焊接性 ·····	(277)
13.3.3 钛及钛合金的焊接工艺 ·····	(278)
13.3.4 技能训练：航天钛压力容器的焊接实例·····	(282)
【综合训练】·····	(283)

参考文献 ····· (285)



绪 论

在机械制造中,连接金属材料的方法很多,有螺栓连接、键连接、焊接、铆接等。螺栓连接、键连接是可拆卸的连接方法,焊接、铆接则属不可拆卸的永久性连接方法。

焊接是目前应用极为广泛的一种永久性连接方法。焊接在许多工业部门的金属结构中,几乎全部取代了铆接;在机械制造业中,不少一直用整铸、整锻方法生产的大型毛坯也改成了焊接结构,大大简化了生产工艺,降低了成本。目前,世界各国年平均生产的焊接结构用钢占钢产量的45%左右,如2005年,我国年钢铁消耗量已突破3亿吨,其中焊接钢结构的用钢则高达1.4亿吨。

现在世界上已有50余种焊接工艺方法应用于生产中,并成功地完成了不少重大工程或产品的焊接,如12000t水压机、直径15.7m的大型球形容器、万吨级远洋考察船“远望号”、世界最大最重的三峡电机定子座(直径22m、质量832t)等产品及中央电视台大楼(图0-1)、国家体育场(鸟巢)(图0-2)等大型标志性焊接工程。

今天的焊接已经从一种传统的热加工技术发展到了集材料、冶金、结构、力学、电子等多门类学科为一体的工程工艺学科,而且随着科学技术的发展和进步,不断有新的技术融合在焊接之中。

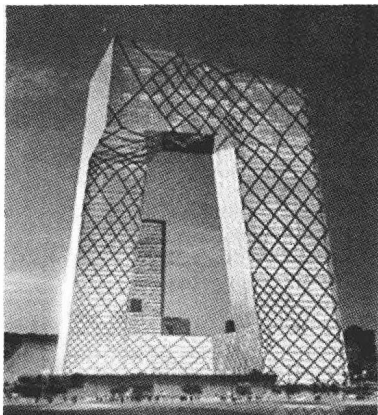


图0-1 中央电视台大楼



图0-2 国家体育场(鸟巢)