



教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEI
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

焊接结构生产

王建勋 / 主编 闵志宇 谷莉 / 副主编 曹朝霞 / 主审



HANJIE
JIEGOU
SHENGCHAN

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
铸造工艺CAD优化设计、铸造技能基础实训



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

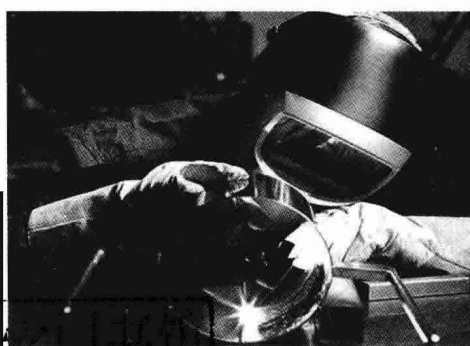
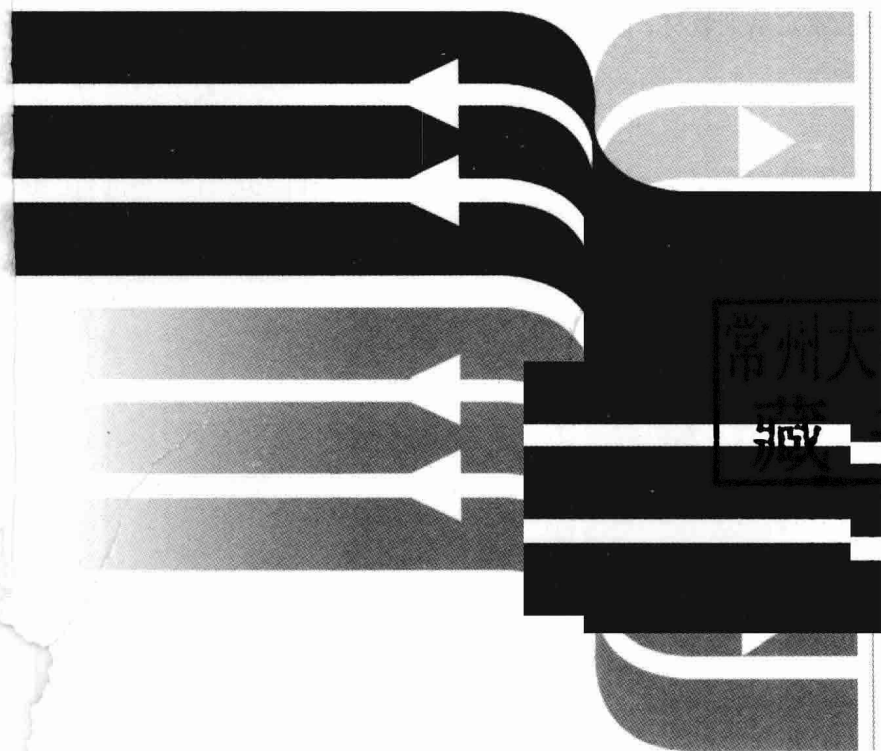


教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEI
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

焊接结构生产

王建勋 / 主编 闵志宇 谷莉 / 副主编 曹朝霞 / 主审



常州大学图书馆
藏书章

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构生产/王建勋主编. —长沙:中南大学出版社,2010

教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

ISBN 978-7-81105-711-9

I. 焊... II. 王... III. 焊接结构—焊接工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 060742 号

焊接结构生产

主编 王建勋

☐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 长沙国防科大印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 16 ☐字数 388 千字

☐版 次 2010 年 4 月第 1 版 ☐2010 年 4 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-711-9

☐定 价 32.00 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。

本书主要论述焊接应力与变形；焊接接头及焊接结构的强度；焊接结构的备料及成形加工；焊接结构的装配；焊接结构生产工艺规程的编制；典型焊接结构生产工艺；装配—焊接工艺装备；焊接结构生产的组织管理、劳动保护与安全文明生产。

本书在编写过程中，从现代高职人才培养目标出发，注重教学内容的实用性，特别是结合焊接专业技术岗位特点及培养“双证制”人才的需要，尽量结合生产实际组织内容，以满足焊接工程技术人员及各级焊工对焊接结构生产知识的要求。本书编写模式新颖，每个模块开始安排有“学习目标”，结束安排有“综合训练”，包括基本知识训练和基本技能训练，兼顾了焊工职业技能鉴定对焊接结构生产知识要求的考点。同时，通过技能训练，使学生能够对焊接结构生产中一般结构进行备料及成形加工；学会简单焊接结构的装配；能够对一般焊接结构进行简单的工艺分析；具备制定简单焊接结构生产工艺规程的能力。为了便于教学，本书还配备了电子教案和部分习题解答，可供老师教学参考。

本书可作为高等职业技术学院焊接技术及自动化专业的教材，也可作为各类成人教育焊接专业的教材及各级焊工职业技能鉴定培训教材，同时可供有关工程技术人员参考。





教育部高职高专材料类教学指导委员会 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 中国热处理行业协会

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 衡阳财经工业职业技术学院

范洪远 四川大学

许利民 承德石油高等专科学校

杨 岗 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于2008年11月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。



为了进一步贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》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的要求,教育部高职高专材料类教学指导委员会于2008年11月在中南大学召开了“工程材料与成形工艺类专业规划教材建设研讨会”。会上,来自全国几十所高等职业院校的专家、一线骨干教师研讨了新的职业教育形势下高等职业院校焊接技术及自动化专业的课程体系,确定了高职层次教材的编写计划,本书是根据会议所确定的教学大纲和高等职业教育培养目标组织编写的。

《焊接结构生产》课程是焊接技术及自动化专业必修的核心主干课程,综合性、实践性强。培养学生掌握焊接结构生产中常用的备料和成形加工方法,掌握典型焊接结构的生产工艺,具备运用所学知识,分析、解决焊接生产现场技术问题的能力,主要讲授焊接应力与变形、焊接接头的应力分布及静载强度、焊接结构备料及成形加工、焊接结构的装配与焊接工艺、装配-焊接工艺装备、焊接结构工艺性分析、典型焊接结构的生产工艺,焊接结构的生

产组织与安全技术等基本知识。

本书的编写具有以下特点:

1. 本书是由长期从事教学、科研及生产一线的具有丰富经验的双师、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,结合企业对高职焊接专业学生知识结构和能力结构的要求编写而成。

2. 本书按模块式编写,每个模块开始安排有“学习目标”,结束安排有“综合训练”,包括基本知识训练和基本技能训练,兼顾了焊工职业技能鉴定对焊接结构生产知识要求的考点,同时,通过技能训练,使学生能够满足学校“双证制”教学的需要。

3. 本书对基本内容的处理力求体现“宽、精、新”的特色,对焊接结构生产过程中所涉及的各种工艺及设备进行了全面的介绍;对一些理论较深且实用性不强的知识尽量少讲;增加了在焊接结构制造过程中一些实用性比较强的知识及一些新知识,如工艺装备的设计知识、制造质量管理及过程质量控制知识、焊接机器人知识等。

4. 为了便于教学,本书还配备了电子教案和部分习题解答,可供老师教学参考,以便适应现代化教学手段的要求。

本教材的绪论及第七、八模块由王建勋编写,第一、三模块由闵志宇编写,第四、五模块由徐宏彤编写,第二模块由谢安编写,第六模块由谷莉编写。全书由王建勋担任主编,闵志宇、谷莉担任副主编,曹朝霞担任主审。电子教案由王建勋制作。

本书编写过程中参阅了近几年出版的相关教材和专著以及大量的标准规范，主要参考文献列于书后。在此对有关作者一并表示感谢！

由于编者水平所限，书中疏漏与不足之处在所难免，请同行专家及广大读者批评指正。

编 者

2010 年 4 月



目 录

绪 论	(1)
0.1 焊接的重要性及焊接结构在工业生产中的应用和特点	(1)
0.2 焊接结构的分类	(5)
0.3 焊接结构生产工艺过程	(6)
0.4 课程的性质及主要内容	(7)
0.5 学习本课程应达到的能力目标	(8)
模块一 焊接应力与变形	(10)
1.1 焊接应力与变形的产生	(10)
1.1.1 应力与变形的基本知识	(10)
1.1.2 研究焊接应力与变形的基本假定	(11)
1.1.3 焊接应力与变形产生的原因	(12)
【综合训练】	(15)
1.2 焊接残余应力	(15)
1.2.1 焊接残余应力的分布	(15)
1.2.2 焊接残余应力对焊接结构的影响	(20)
1.2.3 减小焊接残余应力的措施	(21)
1.2.4 消除焊接残余应力的方法	(24)
1.2.5 焊接残余应力的测定	(26)
1.2.6 焊接应力与变形分析实训	(26)
【综合训练】	(28)
1.3 焊接残余变形	(29)
1.3.1 焊接残余变形的种类及其影响因素	(29)
1.3.2 预防焊接残余变形的措施	(34)
1.3.3 矫正焊接残余变形的的方法	(40)
1.3.4 焊接变形的观测实训	(42)
【综合训练】	(44)
小 结	(45)
模块二 焊接接头及焊接结构的强度	(46)
2.1 焊接接头及坡口	(46)
2.1.1 焊接接头的基础知识	(46)
2.1.2 焊接坡口的基础知识	(47)

2.1.3 焊接接头的基本形式	(48)
【综合训练】	(50)
2.2 焊缝类型及焊缝符号	(50)
2.2.1 焊缝类型	(50)
2.2.2 焊缝符号	(51)
【综合训练】	(55)
2.3 焊接接头设计及强度计算	(56)
2.3.1 焊接接头的设计及选用原则	(56)
2.3.2 常见焊接接头的合理性比较	(56)
2.3.3 焊接接头的静载强度计算	(57)
【综合训练】	(60)
2.4 焊接结构的疲劳与断裂	(61)
2.4.1 焊接结构的疲劳强度	(61)
2.4.2 焊接结构的脆性断裂	(65)
【综合训练】	(73)
2.5 焊接结构的应力腐蚀破坏	(73)
2.5.1 应力腐蚀的基本知识	(73)
2.5.2 应力腐蚀的断裂过程	(74)
2.5.3 提高结构抗应力腐蚀破坏的途径	(75)
【综合训练】	(76)
小 结	(76)
模块三 焊接结构的备料及成形加工	(78)
3.1 钢材的预处理	(78)
3.1.1 钢材的净化	(78)
3.1.2 钢材的矫形	(79)
【综合训练】	(90)
3.2 划线与放样	(91)
3.2.1 划线	(91)
3.2.2 放样与号料	(94)
3.2.3 展开放样	(96)
【综合训练】	(98)
3.3 下料	(99)
3.3.1 手工下料	(99)
3.3.2 机械下料	(100)
【综合训练】	(103)
3.4 弯曲成形	(103)
3.4.1 弯曲成形的基础知识	(103)
3.4.2 机械压弯成形	(105)



3.4.3 板材、型材展开长度的计算	(105)
3.4.4 卷板	(107)
【综合训练】	(110)
3.5 冲压成形	(110)
3.5.1 拉延	(110)
3.5.2 旋压	(112)
3.5.3 爆炸成形	(112)
【综合训练】	(113)
小 结	(113)
模块四 焊接结构的装配	(114)
4.1 装配基本知识	(114)
4.1.1 装配的基本条件	(114)
4.1.2 零件的定位原理及定位	(115)
4.1.3 装配中的测量	(116)
【综合训练】	(117)
4.2 装配用具及设备	(118)
4.2.1 装配用工具	(118)
4.2.2 装配用夹具	(118)
4.2.3 装配用设备	(120)
【综合训练】	(121)
4.3 常用装配方法及装配工艺过程的制定	(122)
4.3.1 常用装配方法	(122)
4.3.2 装配工艺过程制定	(124)
【综合训练】	(125)
4.4 典型焊接结构的装配	(125)
4.4.1 球形储罐的现场组装	(125)
4.4.2 钢制焊接立式圆筒形储罐的现场组装	(127)
【综合训练】	(128)
小 结	(128)
模块五 焊接结构生产工艺规程的编制	(129)
5.1 焊接结构的工艺性审查	(129)
5.1.1 焊接结构工艺性审查的目的	(129)
5.1.2 焊接结构工艺性审查的步骤	(129)
5.1.3 焊接结构工艺性审查的内容	(130)
5.1.4 焊接结构工艺性审查举例	(130)
【综合训练】	(132)
5.2 焊接结构制造工艺规程制定	(133)

5.2.1	焊接结构制造工艺规程的基本知识	(133)
5.2.2	焊接结构制造工艺规程的编制	(134)
5.2.3	典型焊接结构工艺规程举例	(135)
	【综合训练】	(138)
5.3	焊接结构的焊接工艺	(139)
5.3.1	焊接工艺制订的内容和原则	(139)
5.3.2	焊接方法及焊接工艺参数的选择	(139)
5.3.3	焊接工艺评定	(141)
5.3.4	典型焊接结构焊接工艺举例	(143)
	【综合训练】	(145)
5.4	焊接结构生产工艺过程分析	(146)
5.4.1	生产纲领对工艺过程分析的影响	(146)
5.4.2	结构生产的要求对工艺过程分析的影响	(147)
5.4.3	工艺过程分析的方法和内容	(148)
5.4.4	典型焊接结构工艺过程分析举例	(148)
	【综合训练】	(149)
小 结		(150)
模块六	典型焊接结构的生产工艺	(152)
6.1	压力容器的生产工艺	(152)
6.1.1	压力容器的基础知识	(152)
6.1.2	压力容器所用焊接接头形式	(154)
6.1.3	压力容器制造	(155)
6.1.4	典型压力容器的焊接工艺	(158)
6.1.5	锅炉及压力容器受压件纵缝、环缝的返修	(164)
	【综合训练】	(164)
6.2	桥式起重机的生产工艺	(166)
6.2.1	焊接梁的结构	(167)
6.2.2	箱形梁的装配与焊接	(168)
6.2.3	梁焊接后的变形及其防止措施	(170)
	【综合训练】	(173)
小 结		(174)
模块七	装配—焊接工艺装备	(175)
7.1	装配—焊接工艺装备基本知识	(175)
7.1.1	焊接工艺装备在焊接生产中的地位及作用	(175)
7.1.2	焊接工艺装备的种类及特点	(176)
	【综合训练】	(177)
7.2	焊接工装夹具	(178)



7.2.1 焊接工装夹具的分类及组成	(178)
7.2.2 焊接工装夹具的选择与设计	(178)
【综合训练】	(191)
7.3 焊接变位机械	(194)
7.3.1 焊件变位机械	(194)
7.3.2 焊机变位机械	(200)
7.3.3 焊工变位机械	(203)
【综合训练】	(203)
7.4 焊接机器人简介	(204)
7.4.1 焊接机器人的发展历程及其在国内外应用现状	(204)
7.4.2 焊接机器人系统的组成和分类	(205)
7.4.3 弧焊机器人工作站	(206)
【综合训练】	(210)
小 结	(210)
模块八 焊接结构生产的组织管理、劳动保护与安全文明生产	(212)
8.1 焊接结构生产车间的组成与设计	(212)
8.1.1 焊接结构生产车间的类型和组成	(212)
8.1.2 焊接结构生产车间的设计	(213)
8.1.3 焊接工时及材料定额	(218)
【综合训练】	(219)
8.2 焊接结构生产的组织与质量管理	(219)
8.2.1 焊接结构生产的组织	(219)
8.2.2 焊接结构生产的质量管理	(221)
8.2.3 焊接结构生产过程质量控制	(223)
【综合训练】	(228)
8.3 焊接结构生产的劳动保护与安全文明生产	(228)
8.3.1 企业安全文明生产常识	(228)
8.3.2 焊接安全操作常识	(229)
8.3.3 焊接劳动卫生与防护	(232)
8.3.4 焊接生产安全管理	(236)
【综合训练】	(237)
小 结	(237)
参考文献	(239)



绪 论

焊接是通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充金属,使焊件间达到原子间结合的一种加工方法。也可以说,焊接是一种将材料永久连接,并形成具有给定功能结构的制造技术。国民经济的诸多行业都需要大量高档次的焊接结构。

0.1 焊接的重要性及焊接结构在工业生产中的应用和特点

1. 焊接的重要性

焊接是一种金属连接的方法,它是通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充金属,使焊件间达到原子间结合的一种加工方法。也可以说,焊接是一种将材料永久连接,并形成具有给定功能结构的制造技术。国民经济的诸多行业都需要大量高档次的焊接结构。几乎所有的产品,从几十万吨巨轮到不足 1 g 的微电子元件,在生产中都不同程度地依赖焊接技术。焊接已经渗透到制造业的各个领域,直接影响到产品的质量、可靠性、寿命以及生产的成本、效率和市场反应速度。我国现在钢材年生产总量已经达到 3 亿多吨,成为世界上最大的钢材生产国和消费国。目前,钢材是我国最主要的结构材料。在今后 20 年中钢材仍将占有重要的地位。然而,钢材必须经过加工才能成为有给定功能的产品。由于焊接结构具有重量轻、成本低、质量稳定、生产周期短、效率高、市场反应速度快等优点,焊接结构的应用日益增多,焊接加工的钢材总量比其他加工方法多。目前,在工业发达国家,焊接结构的用钢量已占工业总用钢量的 50% 左右,焊接结构产量及用钢量占工业总用钢量的比例已经成为一个国家工业发展水平的重要标志。因此,发展我国制造业,必须高度重视焊接技术及焊接结构的发展。

2. 焊接结构在工业生产中的应用

焊接技术的发展是与近代工业和科学技术的发展紧密联系的。在 19 世纪初的电气产业革命中,电弧用于焊接,开始了电弧焊的纪元。在 20 世纪初,随着生产的进一步发展,不仅需要焊接的产品数量增加了,而且许多产品对焊接质量的要求也提高了,加之焊接冶金科学的发展,20 世纪 30 年代,在薄药皮焊条的基础上研制成功了焊接性能优良的厚药皮焊条,更显示了焊接方法的优越性。这个时期,由于机械制造、电机制造工业及电力拖动、自动控制等新科学技术的发展,也为实现焊接过程机械化、自动化提供了物质条件和技术条件,于

是在 20 世纪 30 年代后期,研制成功了埋弧焊。20 世纪 40 年代初,由于航空、核能等技术的发展,迫切需要轻金属或合金,如铝、镁、钛、锆及其合金等。这些材料的化学性能活泼,产品对焊接质量的要求又很高,氩弧焊就是为了满足上述要求而发展起来的新的焊接方法。20 世纪 50 年代又相继出现了 CO_2 焊等各种气体保护电弧焊,以及随后出现的焊接高熔点金属材料的等离子弧焊。到了 20 世纪 70 年代,在世界范围内,焊接技术已经成为机械制造业中的关键技术之一。特别是 20 世纪后期,随着电子技术及自动控制技术的进步,焊接产业开始向高新技术方向发展,焊接技术更加突出地反映了整个国家的工业生产水平和机械制造水平。

凡是用焊接的方法连接的金属结构都称为焊接结构。焊接结构已广泛应用于国民经济的诸多行业,如工业中的石油化工机械、重型与矿山机械、起重与吊装设备、冶金建筑、各类锻压机械等;交通运输业中的汽车、车辆、船舶、农用机械的制造;兵器工业中的常规兵器、火箭、深潜设备;航空航天技术中的人造卫星和载人飞船等。随着焊接技术向机械化、自动化方向的发展,焊接结构的应用领域和范围将日益扩大。

改革开放以来,我国经济有了巨大的发展,近些年,在大型焊接钢结构的开发与应用方面创造了建国以来的最高水平,有的已成为世界第一。例如世界关注的长江三峡水利工程,其水电站的水轮机转轮直径为 10.7 m、高 54 m、重达 440 t、为世界最大、最重的不锈钢焊接转轮。三峡水电站的电机定子座和窝壳的结构也是巨大的,其中电机定子座直径 22 m、高 6 m、重 832 t,是在我国焊接的最大钢结构机座;窝壳进水口直径 12.4 m、总质量 750 t,为世界最大、最重的焊接窝壳。西气东输工程的天然气管线,全长 4300 km,其中涉及到大量的螺旋管焊接和直缝管焊接。这是我国铺设的第一条高强度钢的长距离管线,并且在铺设中采用了自动化焊接技术。

在桥梁和高层建筑方面,焊接结构的应用也取得很大的进步。“世界第一拱桥”——上海卢浦大桥,全长 3900 m、跨度 550 m,是世界上跨度最大的全焊钢结构拱桥,用 3.4 万 t 厚度为 30~100 mm 的细晶粒钢焊接而成。上海的金茂大厦是我国目前最高的摩天大楼,采用焊接钢结构框架,共有 88 层、高 420 m。我国的造船业在过去 20 年里有了很大的发展,造船的总吨位从 1985 年的每年 50 万 t,提高到 2002 年的 463 万 t,成为世界上第三造船大国。这是在造船行业中大力推广先进、高效焊接技术的结果。同时我国也制造了一些过去未曾建造过的大型和特殊功能的舰船。在铝合金及其他合金焊接方面的成就集中体现在航空、航天工业产品的发展。在国产 J-11 飞机上的全焊钛合金重要承力结构件的总质量达到飞机机体质量的 15%。“神舟”号载人飞船和长征系列运载火箭的燃料箱,都是全焊接的铝合金结构。

在压力容器制造方面,通过“七五”、“八五”、“九五”几个五年计划的改造,国内各主要压力容器制造厂,在焊接生产能力方面都得到了极大的提高。这种发展大致可以分为两个阶段,第一阶段在“七五”期间,各容器厂纷纷进行焊接设备的更新改造,引进了一大批国外先进的焊接设备,如窄间隙焊机、多功能氩弧焊机、小口径管内壁堆焊机,等等。锦州重型机械厂将容器车间近 70% 的焊接设备更新为进口设备;兰石厂一次就引进了 30 台埋弧焊机。这种批量地引进国外设备,不但极大地增强了焊接实力,更主要的是随着先进设备的引进,先进的焊接工艺技术也在国内得到了广泛地推广应用,这就为压力容器焊接技术水平上一个新台阶奠定了坚实的基础,使我国压力容器行业的焊接机械化水平达到了 60% 以上。第二阶段以“八五”、“九五”期间为重点,为了容器大型化和国产化的需要,各厂分别以自己的主导产品为目标,有针对性的增加焊接生产能力,如上海锅炉厂有限公司为制造质量达 560 t 的大型



加氢反应器,增加了一批先进焊接设备;兰石厂经过改造后,焊接实力大大加强,自80年代末生产出国产化第一台高压螺纹锁紧式换热器以来,已生产了近50台同类产品。以美国UOP专利技术著称,焊接、制造、安装难度极大的四合一连续重整反应器,近十年来该厂已生产了6台,完全替代了进口。中国第一重型机械集团公司近十年来,相继生产出了一批大直径、大壁厚、大吨位的锻焊式热壁加氢反应器,最大壁厚达281 mm,单台总重近1000 t;南京化工机械厂为30万t/年合成氨和52万t/年尿素装置制造出了核心设备——氨合成塔和尿素合成塔,并生产了直径达7 m的大型卧式贮罐。这些不但标志着我国压力容器制造行业焊接技术发展的突飞猛进,同时也使各类压力容器的国产化水平进一步提高,为中国加入WTO后,压力容器制造业进一步打进国际市场做好了充分准备。在国际上,以日本和欧洲为代表,在压力容器焊接方面,主要以容器大型化为目标,开发相关的技术,特别是一些新材料、新钢种的焊接技术得到越来越广泛的应用,同时在提高焊接质量方面,无论从工艺设备上还是焊接材料的研制方面,都取得了长足的进展。而这些新材料、新技术的出现,正在不断地被国内各有关企业加以引进,这无疑会更加促进我国压力容器焊接技术的进一步发展。

重型机械金属结构制造业取得了令人瞩目的成就。我国不仅是世界钢材消耗大国,也是一个世界机械制造业大国。据国际钢铁协会(IISI)统计,2004年世界钢产量首次达到10.3亿t,用钢量为9.35亿t。我国2004年钢产量为2.72亿t,约占全球钢产量的26%,全年用钢量为3.12亿t,占全球钢产量的33%,其中1.6亿t应用于焊接结构,占用钢量的51%左右。而欧美和前苏联焊接结构用钢占其用钢量的60%左右,日本超过70%。由此可见,我们与工业发达国家相比还有一定差距。根据有关调查,在1.6亿t焊接结构用钢中,机械制造业金属结构用钢量约占用钢量的45%,钢铁工业的快速发展,给我国焊接行业,尤其是重型机械金属结构行业焊接技术的可持续发展创造了很大的空间。进入21世纪,我国重型机械行业面临新的挑战 and 机遇,应彻底改善耗能大、耗材高、效率低、工作环境差和自动化程度低的传统焊接产业,促进焊接技术与产业向着优质、高效、节能、低成本、环境友好方面和自动化方向发展,努力将相对人力资源优势转化为科技竞争优势,促进企业进步和产业升级。

重型机械金属结构行业主要为国家大型骨干企业和国家重点工程项目提供重型机械装备。行业制造骨干企业如第一重型机械集团有限公司、第二重型机械集团有限公司、太原重型机械集团有限公司、大连重工起重机集团有限公司、中信重型机械有限公司、郑州煤机厂、北京煤机厂、上海振华港口机械公司、齐齐哈尔第二机床厂等,主要制造大型桥式和门式起重机、4~35 m³机械式挖掘机、1~6 m³液压挖掘机、大型加压气化炉、加氢反应器、大型舞台设备、航天发射塔架、焦炉机械设备、螺旋焊管设备以及大型减速机、提升机、堆取料机、轧钢锻压设备、氧气瓶压机、水泥设备、粉磨、破碎机械、水利、工程机械、液压支柱、港口机械及环保设备等大型设备。

一台300 MW电站锅炉膜式水冷壁部件管屏总面积约4000 m²、焊缝总长度达27万m。因此不采用高效率的专用成套设备是很难完成上述生产任务的。以德国BABCOCK公司开发的膜式水冷壁系列专用成套埋弧自动焊装置采用“双生法”技术,最早用于生产。其中KOMESMA800型和1600型焊接设备能通过最大管屏宽度为800 mm和1600 mm的单元膜式水冷壁管屏。该设备属于固定框架式焊接工作站,机床具有钢管和扁钢定位、夹紧、送进、焊接和焊剂自动回收等功能,一般都装有四个或八个焊头同时完成水平位置四条或八条角焊缝的焊接。此技术操作简单,对管子和扁钢表面要求不高。上海锅炉厂有限公司和武汉锅炉