

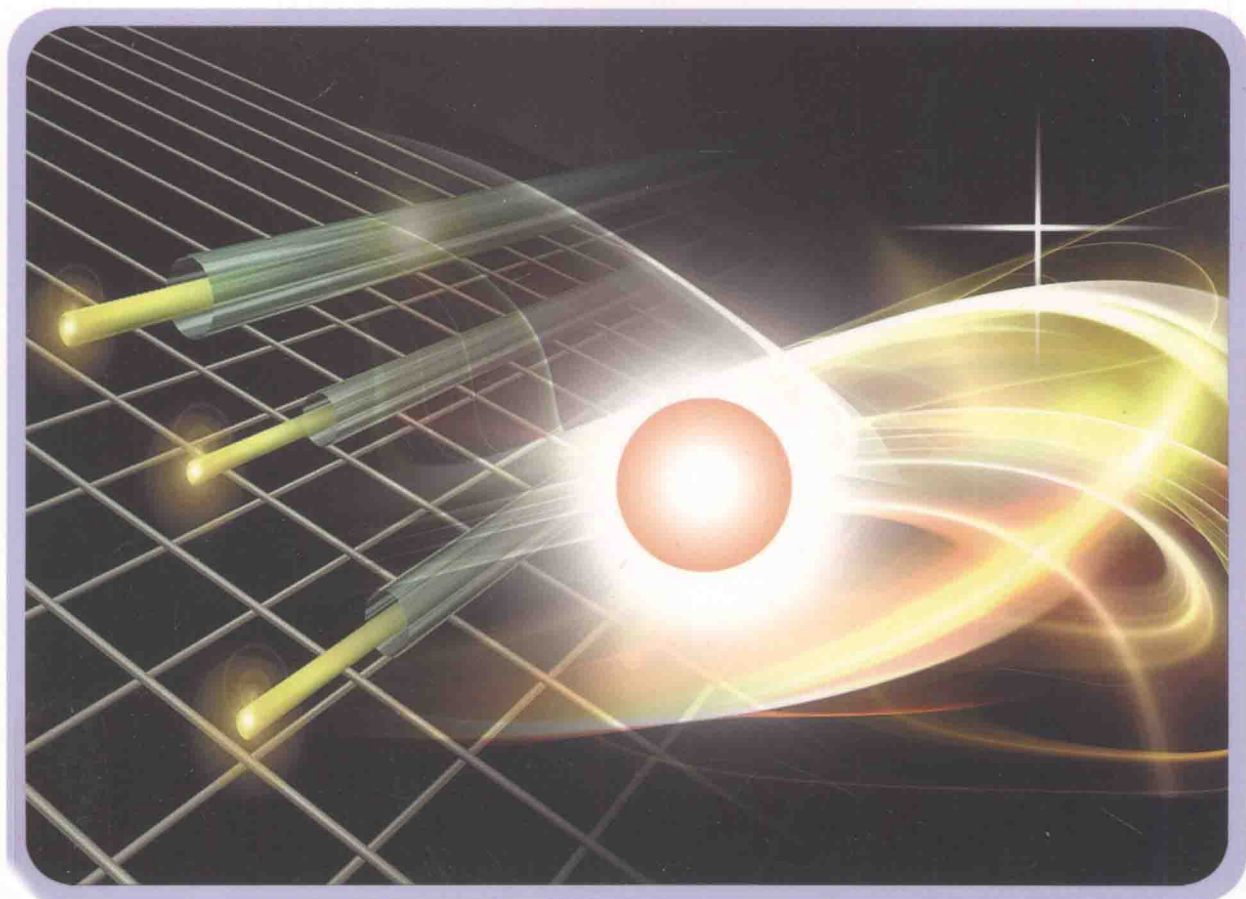


职业教育特色精品课程规划教材
职业教育课程改革项目研究成果

焊接结构与制造

hanjie jiegou yu zhizao

◆ 主编 胡敏英 郝建军



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪职业教育特色精品课程规划教材
职业教育课程改革项目研究成果

焊接结构与制造

主 编	胡敏英	郝建军	
主 审	弋景刚	马跃进	
副主编	彭海滨	邢艳秋	
参 编	刘小平	李 昕	和 力
	郝建国	高喜银	董婷婷
	蔡金金	樊志刚	

内容提要

本书根据劳动和社会保障部培训就业司最新颁发的教学大纲,并结合教学实践、职业技能鉴定的需求和焊接技术的发展状况编写而成,是职业教育焊接专业课程改革项目研究成果《21 世纪职业教育焊接专业精品课程规划教材》之一。本书的内容编排结合岗位技术特点,贴近生产实际。在尊重教学规律的前提下,注重对部分专业知识的重新整合和对学生创新精神和实践能力的培养。全书在保证理论体系清晰、完整的前提下,力争做到实用为先、够用为度、宽基础、厚专业。全书主要内容分为 8 章,第 1 章介绍焊接结构理论知识,第 2 章介绍焊接应力与变形及其控制,第 3 章介绍焊接结构备料及成形加工,第 4 章介绍焊接结构的装配焊接工艺,第 5 章介绍焊接结构工艺性审查及制定,第 6 章介绍典型焊接结构的生产工艺,第 7 章介绍装配焊接工艺装备,第 8 章介绍焊接结构生产组织与安全技术。本书可供职业技术学校、职业培训学校、高职高专院校及成人高校的焊接技术、机械制造、材料加工等专业及热加工工种的师生使用,也可作为岗位培训教材和相关工程技术人员的参考资料。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构与制造 / 胡敏英, 郝建军主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 11
ISBN 978 - 7 - 5640 - 3919 - 6

I. ①焊… II. ①胡… ②郝… III. ①焊接结构②焊接工艺 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 209162 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 410 千字

版 次 / 2010 年 11 月第 1 版 2010 年 11 月第 1 次印刷

责任校对 / 张沁萍

定 价 / 34.00 元

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

21 世纪职业教育焊接专业精品课程规划教材
职业教育课程改革项目研究成果

编 委 会

主 任：郝建军

委 员：（按姓氏笔画排序）

弋景刚 马跃进 王泽河 孙维连

李建昌 赵建国 彭海滨 霍利民

本书主编：胡敏英 郝建军

本书副主编：彭海滨 邢艳秋

本书参编：（按姓氏笔画排序）

刘小平 李 昕 和 力 郝建国

高喜银 董婷婷 蔡金金 樊志刚

本书主审：弋景刚 马跃进

出版说明

CHU BAN SHUO MING

职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育。目前,职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于发展职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社根据职业教育课程改革项目研究成果,组织编写了《21世纪职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为指导思想。主要从以下3个角度切入。

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有职业教育教材内容上的“重理论轻实践”“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式，注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学，吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时，为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际，注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入，在培养学生创造能力和自我学习能力的基础上，力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想，在本系列教材的内容编写上，我们坚持以下一些原则。

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上，根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性，以相关行业和区域经济状况为依托，特别强调面向岗位群体的指向性，淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势，保证学生的岗位适应能力得到训练，使其有较强的择业能力，从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时，注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容，但随着社会发展和科技进步，及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”“人有我精”或“众有我新”，科学预测人才需求远景和人才培养的周期性，以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向，参考发达地区的发展历程，力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快，科技迅猛发展引起技术手段不断更新，用人机制的改革使人才转岗频繁，因此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽，当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一

些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力，挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

职业教育的专业课程都有其内核的稳定性，这种内核主要是体现在其基础理论，基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点，但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式，设置与生产实践相切合的项目，推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则，教材的编写者都是既有一线教学经验、懂得教学规律，又有较强实践技能的专家，他们分别是：相关学科领域的专家；各类职业教育科研带头人；教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写，将理论性与实践性高度统一，打造精品教材。另外，还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件，以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之，该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果，希望本系列教材能为职业教育的提高和发展做出贡献。

北京理工大学出版社

编写说明

BIAN XIE SHUO MING

本套教材根据劳动和社会保障部培训就业司最新颁发的教学大纲，以中（高）等职业教育焊接专业培养目标为基础，结合职业技能鉴定需求和焊接专业特点编写而成。全套教材包括《熔焊方法与工艺》《焊接电工电子技术》《焊接工程制图与 CAD》《焊接结构与制造》《焊接检测技术》《熔焊基础与金属材料焊接》《工程材料与热加工基础》《机械工程基础（焊接专业）》《焊接安全与卫生》《金工实习（焊接专业）》《材料连接与切割技术》《电弧焊工艺与实训》《钳工与冷作工艺与实训》《钣金连接技术》等。

在教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则。

（1）坚持中高级技能人才的培养方向，从职业（岗位）需求分析入手，强调实用性，使学生掌握一定理论知识，培养学生分析问题、解决问题的能力。并引导学生理论联系实际，提高学生操作技能水平。

（2）紧密结合职业教育的教学实际情况，化繁为简，化难为易，全书以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容在覆盖职业技能鉴定的各项要求的基础上拓展外延，以满足不同层次的各级各类学校和工矿企业的需求。

（3）突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料等方面的内容，较全面地反映焊接技术发展趋势。

（4）打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，强调培养学生自主学习能力。

本套教材是基于编者多年的教学实践积淀而成。编写时，取材力求少而精，突出实用性，内容紧密结合工程实践。本套教程可供职业技术学校、职业培训学校、高职高专院校及成人高校的焊接技术、机械制造、材料加工等专业及热加工工种的师生使用，也可作为岗位培训教材和相关工程技术人员的参考资料。

本套教程在编写过程中得到了保定市焊接学会（培训中心）、河北农业大学机电工程学院及河北省焊接学会、河北省职工焊割技术协会的大力支持，在此表示感谢。同时，对本书编写中所参阅的书籍和资料作者（编者）表示感谢。

衷心希望本套教材能使业内读者受益，成为各级各类学校焊接专业师生和广大焊接工作者的良师益友。由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有不足和错误，恳请广大读者不吝赐教，予以斧正。

本书共分8章，由河北农业大学胡敏英、郝建军任主编，河北农业大学彭海滨、邢艳秋任副主编，河北农业大学李昕、高喜银、董婷婷、蔡金金，保定技师学院刘小平，河北省科技工程学校和力，保定市焊接学会郝建国、樊志刚参编，全书由河北农业大学弋景刚、马跃进审稿。

21 世纪职业教育焊接专业精品课程规划教材 编委会

目 录

Contents

绪论	1
第 1 章 焊接结构的基础知识	10
1. 1 焊接接头的基本知识	10
1. 2 焊接结构的基本构件	25
1. 3 焊接结构生产工艺过程简介	42
复习思考题	46
第 2 章 焊接应力与变形及其控制	47
2. 1 焊接应力与变形的产生	47
2. 2 焊接残余应力及其控制	52
2. 3 焊接残余变形及其控制	67
2. 4 焊接结构强度的基本知识	82
复习思考题	93
第 3 章 焊接结构备料及成型加工	94
3. 1 钢材的矫正及预处理	94
3. 2 划线、放样与下料	100
3. 3 弯曲与成型	112
3. 4 冲压成型	120
复习思考题	124
实践练习	124
第 4 章 焊接结构的装配与焊接工艺	125
4. 1 焊接结构装配	125
4. 2 焊接结构装配工艺	138
4. 3 焊接结构的焊接工艺	150

复习思考题	159
实践练习	159
第5章 焊接结构工艺性审查及制定	160
5.1 焊接结构工艺性审查	160
5.2 焊接结构加工工艺过程	177
复习思考题	188
第6章 典型焊接结构的生产	190
6.1 桥式起重机箱形桥架的生产	190
6.2 压力容器焊接结构的生产	197
6.3 船舶结构的生产	210
6.4 桁架的生产	216
6.5 薄板结构的生产	220
6.6 建筑钢结构的生产	225
复习思考题	229
第7章 装配焊接工艺装备	231
7.1 概述	231
7.2 焊接工装夹具	236
7.3 焊接变位机械	248
7.4 其他装置与设备	260
复习思考题	267
第8章 焊接结构生产组织与安全技术	268
8.1 焊接结构生产的组成与平面布置	268
8.2 焊接结构生产的组织	272
8.3 焊接结构生产的安全技术	276
8.4 焊接生产中的劳动保护与安全管理	279
复习思考题	282
实验1 焊接变形的观测实验	283
实验2 焊接变形的矫正	286
参考文献	289

绪 论

我国是世界上最早应用焊接技术的国家之一。远在战国时期，铜器的主体、耳、足就是利用钎焊来连接的。其后明代《天工开物》一书中有“凡铁性逐节黏合，涂黄泥于接口之上，入火挥锤，泥渣成枵而去，取其神气为谋合，胶结之后，非灼红斧斩，永不可断”的记载。这说明当时人们已懂得锻焊使用焊剂，可获得质量较高的焊接接头。我们的祖先为古老的焊接技术发展史留下了光辉的一页，显示出我国是一个具有悠久焊接历史的国家。

近代焊接技术是在电能成功地应用于工业生产之后出现的，从 1882 年发明电弧焊到现在已有一百余年的历史。在电弧焊的初期，不成熟的焊接工艺使焊接在生产中的应用受到限制，直到 20 世纪 40 年代才形成较为完整的焊接工艺体系，埋弧焊和电阻焊得到成功的应用。20 世纪 50 年代的电渣焊、各种气体保护焊、超声波焊，20 世纪 60 年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术达到一个新水平。近年来对能量束焊接、太阳能焊接、冷压焊等新的焊接方法也开始研究，尤其是在焊接工艺自动控制方面有了很大的发展，采用电子计算机控制和工业电视监视焊接过程，使焊接过程便于遥控，有助于实现焊接自动化。工业机器人的问世，使焊接工艺自动化达到一个崭新的阶段。

焊接结构随焊接技术的发展而产生，从 20 世纪 20 年代开始得到了越来越广泛的应用。第一艘全焊远洋船是 1921 年建造的，但开始大量制造焊接结构是 20 世纪 30 年代以后。伴随焊接结构的发展也发生了一些事故，如 20 世纪 30 年代末有名的比利时全焊钢桥的断裂和第二次世界大战期间紧急建造的 EC2 货轮的断裂等。随着冶金和钢铁工业的发展，一些新工艺、新材料、新技术不断涌现，以及焊接技术和理论的发展，更重要的是国民经济和军事工业发展的需要，大大推动了焊接结构及焊接生产，使其获得了迅猛的发展。

1. 焊接结构的发展

焊接结构近几年来的发展趋势如下。

(1) 焊接结构获得进一步推广和应用。焊接结构生产是将各种经过轧制的金属材料及铸、锻等坯料采用焊接方法制成能承受一定载荷的金属结构制造过程。随着焊接

技术的发展和进步,焊接结构的应用越来越广泛,焊接结构几乎渗透到国民经济的各个领域。如机械制造、石油化工、矿山机械、能源电力、铁路车辆、国防装备、航空航天、舰船制造等,与其他可制造金属结构的工艺如锻造、铸造、铆接相比,只有焊接结构的占有率是上升的。在工业发达的国家中一般焊接结构占钢产量的45%~50%,如苏联到20世纪80年代中期焊接结构已近80兆吨,其用钢量占全苏联总量的50%。我国2001年钢产量即达1.5亿吨,原煤产量达14亿吨,原油产量达1.6亿~1.7亿吨,天然气产量达300亿~400亿立方米,发电设备年装机容量达2 000万千瓦(其中火电设备1 500万千瓦),2007年汽车产量560万辆,2006年船舶产量为1 452万吨。2007年1~11月份,我国粗钢产量达44 783万吨,焊接钢材用量占全部钢产量的50%。由于采矿机械,采油、炼油、输油设备,大型风能、水电、火电、核电成套设备,大中型建筑机械,国防工业成套设备以及规模生产汽车和农用车及其组装焊接生产线的建设,要求机械工业提供大型冶金设备,并且这些重大成套技术装备极大部分为焊接结构。

(2) 焊接结构向大型化、高参数、精确尺寸方向发展。如100万吨级巨型油轮;容积为10万立方米的大型储罐;国产核电站600 MW反应堆压力壳,高达12.11 m,内径3.85 m,外径4.5 m,壁厚达195~475 mm。国外还有1 480 MW反应堆压力壳,高12.85 m,直径5~5.5 m,壁厚达200~600 mm,重达483 t;工作压力为32.4 MPa,温度为650℃的1.2 GW电站锅炉;壁厚达200~280 mm,内径2 m,筒体部件长20多米,重达560 t的热壁加氢反应器;还有具有“世界第一拱桥”之称的上海卢浦大桥,全长3 900 m,跨度550 m,为世界跨度最大的全焊钢结构拱桥,用厚度为30~100 mm的细晶粒钢焊接而成,如图0-1所示。2007年由美国《时代》周刊评出的世界十大建筑奇迹之一的2008年奥运会主会场——中国国家体育场造型呈双曲面马鞍形,东西向结构高度为68 m,南北向结构高度为41 m,钢结构最大跨度长轴为333 m,短轴为291 m,由24榀门式桁架围绕体育场内部碗状看台旋转而成,结构组件相互支撑,形成网络状构架,组成体育场整个的“鸟巢”造型,如图0-2所示。



图0-1 上海卢浦大桥

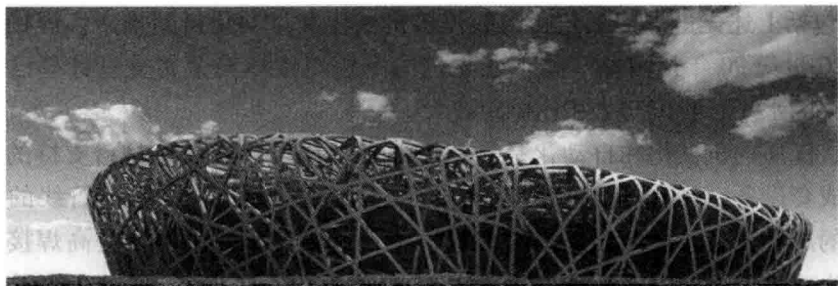


图 0-2 中国国家体育场

(3) 焊接结构材料已从碳素结构钢转向采用低合金结构钢、合金结构钢、特殊用途钢,工业发达国家采用了的而我国已经开发或正在研制的微合金化控轧钢(如 TMCP 钢)、高强度细晶粒钢、精炼钢(如 CF 钢)、非微合金化的 C-Mn 钢、制造海洋平台基础导管架用的 Z 向钢、高强和超高强度钢也开始广泛用于制造焊接结构,如高强管线钢 X80、X100、X120,汽车车身用超轻型结构用钢,高耐火性高层建筑用钢,制造固体燃料火箭发动机壳的 4 340 钢,抗拉强度可大 1 765 MPa 等。

在焊接结构的使用环境相对日益复杂的苛刻条件下,一些耐高温、耐腐蚀、耐深冷及脆性断裂的高合金钢及非钢铁合金也在焊接结构中获得了应用,如 3.5Ni、5.5Ni 及 9Ni 钢,不锈钢和耐热钢,铝及铝合金,钛及钛合金,还有用防锈铝合金制造输送液化天然气的货船和球罐等。

(4) 焊接结构的设计应依据其工作条件和要求分别按照有关的规范进行,接受有关部门的监督,但结构设计共同的发展趋势是采用计算机辅助技术进行优化设计,从而使结构更加经济合理,并且减少了设计的工作量。

2. 焊接结构生产的发展

与以上焊接结构的发展趋势相适应,必然有以先进的焊接工艺为基础的焊接生产发展,近年来焊接生产的主要发展趋势如下。

(1) 先进的优质、高产、低耗、廉价和清洁的焊接不断发展并快速在焊接生产中获得应用。如在很多场合,CO₂气体保护焊代替了焊条电弧焊;用负氩的混合气体保护焊、氩弧焊(MIG 焊和 TIG 焊)焊接高强度钢、大厚度的压力容器;热壁加氢反应器采用窄间隙焊;需要单面焊的压力容器和管道中常用的 TIG 焊、STT(表面张力过渡法)焊打底;药芯焊丝气体保护焊已用于诸如造船、重型机械、大型储罐等焊接结构的空腔焊缝;管道的高速旋转电弧焊,全自动的气电保护焊和脉冲闪光焊;在航空航天、核设备的焊接中使用了激光焊、氩弧焊。一些传统的焊接工艺又有新发展,如搅拌摩擦焊、活性焊剂氩弧焊,埋弧焊有了多丝(串联和并联),还有热丝、填金属粉、窄间隙埋弧焊等。即使采用焊条电弧焊的场合,也采用了高效焊接工艺,例如在长输管道的焊接中采用向下立焊方法对接,在造船焊接中采用重力焊,广泛采用铁粉焊条等。

(2) 包括上述先进焊接工艺在内的焊接机械化和自动化得到推广, 焊接机器人得到应用。20 世纪 90 年代国外一些工业先进国家按焊接填充金属重量计算已达到机械化、自动化的水平, 我国与之相比差距较大。

高效、优质的机械化和自动化是靠相应的自动化设备和焊接材料支持的。如大型化的焊接成套设备, 具有自动跟踪焊缝、检测、调整等功能, 如长输管线的全位置气电自动焊的成套设备、脉冲闪光焊的成套设备, 这不仅可以大幅度提高焊接质量和生产率, 也为改善工人的劳动强度, 进而向无人化生产铺平道路。又如大型储油罐壁焊缝自动焊机, 特别是焊接机器人, 目前在世界上所有的工业机器人中, 50% 以上为焊接机器人, 在一些劳动条件十分恶劣的场合, 为摆脱对高级熟练焊工的依赖, 进一步提高劳动生产率和质量, 选择焊接机器人是重要的途径。

(3) 焊接生产中的备料工艺有了重大进步。这是使整个生产工艺现代化、自动化和短流程的一个重要环节。例如广泛采用数控热割机, 目前主要采用数控氧-乙炔气割下料, 如海上平台的导管架, 全部管节点构成管头的各种空间曲线, 都采用了精密的数控切割。有的工厂, 对 6 mm 以上的钢材大都采用数控热切割方法下料, 使划线、下料实现了自动化, 保证了零件的形状、尺寸正确, 边缘光滑, 不再需用边缘刨削来改善零件精度, 80% 以上的板材零件只需这道下料工序和修磨即可进入装配。一些工厂根据产品特点还保留了部分剪床下料, 但有剪切向热切割、数控切割过渡的趋势已十分明显。与上述变化相对应, 热切割工艺与设备得到了很大发展, 新的热切割工艺, 如等离子弧切割、激光切割等获得应用。

备料生产中的材料成型工艺也有很大变化, 如制造圆筒容器所用大量卷板工艺, 已经开始采用数控卷板代替繁重的手工卷板。各种封头的成型工艺也有了很大进步。

(4) 加强了基本金属如钢材、铝合金等的表面处理和边缘处理, 以保证热切割的连续, 焊接及装配质量和成本涂饰质量。

(5) 焊接结构的可靠性预测。焊接结构的可靠性保证主要体现在 3 个方面: 大型装备中焊接结构的应力控制; 薄板结构的变形控制; 服役装备结构的寿命预测和评估。目前采用的主要方法是利用高速计算机、工具软件和模型进行仿真模拟, 提供工艺优化的方法, 以及利用各种消除应力的手段来解决这一问题, 进行大型水轮转子的应力评估、大功率电动机主轴应力分析等, 焊接工作者正在完成焊接结构的“理论—工程试验—实践”向“理论—计算机模拟—实践”的过渡。

(6) 焊接结构生产的发展趋势。焊接领域将来的发展趋势是高速焊接、数字化电源、传感技术、激光应用、自动化、省力化。

综上所述焊接结构与焊接生产的发展趋势, 不难看出无论在结构设计还是在焊接工艺、焊接设备、备料工艺与设备和焊接材料方面均有较大的发展。在图样设计方面采用了先进的技术标准、高性能的材料, 在制造时采用了与技术标准和材料相适应的高质、高效、低成本的工艺, 制造出了一流的产品, 而焊接生产是整个生产制造过程中主要的一环, 占有极重要的地位。现在我国产品进入国际市场, 面临残酷激烈的竞

争。我国机电产品,包括焊接结构能否站住脚,争得一席之地,这与焊接生产的能力有很大关系。它往往是产品打入国际市场,在国内取代进口产品,能否成为与外商合作的伙伴,并参与国际竞争的首要条件之一。

在焊接理论研究方面,建立了焊接研究所和焊接设备研究所,在许多高、中等职业院校设置了焊接专业,为发展焊接科学技术和培养焊接技术技能型人才创造了良好的氛围。

目前,随着科学技术的进步和工业的发展,一方面高强度钢等新材料不断开发和应用;另一方面焊接结构日趋复杂,焊接工作量越来越大,对焊接技术的要求越来越严格,对提高焊接生产率的要求日益迫切。

3. 焊接结构的特点与分类

(1) 焊接结构优点。焊接结构之所以能有上述巨大的发展,是与焊接结构的一系列优点分不开的。

①焊接结构可以减轻结构的重量,提高产品的质量,特别是大型毛坯的质量(相对铸造毛坯)。相对铆接结构其接头效能较高,节省金属材料,节约基建投资,可以取得较大的经济效益。如120 000 kN 水压机改用焊接结构后,主机重量减轻20%~26%,上梁、活动横梁减轻20%~40%,下梁减轻50%;某大型颚式破碎机改用焊接结构后,节约生产费用30多万元,成本降低了20%~25%。

②焊接结构由于采用焊接连接,理论上其连接厚度是没有限制的(与铆接相比),这就为制造大厚度巨型结构创造了条件。采用焊接能使结构有很好的气密性和水密性,这是储罐、压力容器、船壳等结构必备的性能。前述热壁式加氢反应器和核容器是极好的实例。

③焊接结构多用轧钢制造,它的过载能力、承受冲力载荷能力较强(和铸造结构相比)。对于复杂的连接,用焊接接头来实现要比铆接简单得多,高水平的焊接结构设计人员可以灵活地进行结构设计,并有多种满足使用要求可供选择,简单的对接焊和角焊就能构成各种焊接结构。

④焊接结构可根据结构各部位在工作时的环境,所承受的载荷大小和特征,采用不同的材料制造,并采用异种钢焊接式堆焊制成。从而满足了结构使用性能,又降低制造成本。如热壁加氢反应器,内壁要有抗氢腐蚀能力,如全用抗氢钢卷制,贵而不划算,尿素合成塔则要包括尿素在内多种化工产品的腐蚀,故这类厚壁筒内壁采用堆焊(或内衬)不锈钢(或镍基合金)来制造。

⑤节省制造工时,同时也就节约了设备及工作场地的占用时间,这也可以获得节约资金的效果。例如在现代造船厂里,一个自重20万吨的油轮,可在不到3个月的时间里下水,同样的油轮如用铆接制造,需要一年多的时间下水。与铆接结构的经济性相比,它还具有结构制造成品率高的特点,即焊接结构制造过程中一旦出现焊接缺陷,修复比较容易,很少产生废品。

(2) 焊接生产的特点。焊接生产过程是指采用焊接的工艺方法把毛坯、零件和部件连接起来制成焊接结构的生产过程。如上所述,各种各样的焊接结构都是焊接生产的产品,有许多就是最终的制成品,如大型球罐、全焊钢桥、热风炉、加氢反应器、蒸煮球、尿素合成塔等;更多则是最终制成品的主要部件或零件,如全焊船体、工业锅炉主体、起重机的金属结构,压力容器的承压壳、油罐车的油罐和底架、内燃机车柴油机的焊接机体及水轮机的主轴、转轮和座环等。

在工厂中负担焊接生产的车间,如金属结构车间、装焊车间、总装车间等是工厂的主要车间之一,在一些情况下,它是初级产品、半成品的准备车间(如汽车制造厂的车体车间或车身车间),是工厂最终产品的总装车间、涂饰车间或成品库的供应者,同时它也是工厂的备料车间(切割下料与冲压成型、零件机加工等)、机加工车间、某些中间仓库的“消费者”。它还必须由动力车间(包括变电站、空压站、锅炉房、氧—乙炔站等)提供能源。总之,焊接生产和工业生产的其他部门有着紧密地联系,随着焊接结构和焊接生产的发展,焊接生产在工业中占有越来越重要的地位。

此外,焊接生产在工程建设和工程施工中也是最重要的环节之一,例如在石油化工企业的建设中,焊接工作量约占 $1/3$;目前计划修建西气东输管线,干线长 $4\,000\text{ km}$ 的管线,拟采用X70钢管,直径为 $1\,016\text{ mm}$,壁厚为 $14.6\sim 26.2\text{ mm}$,仅接头就有约40万个,还未计入各种附属设施、闸阀门、加温装置等的焊接接头。可见焊接生产的水平是加快基本建设速度,提高工程质量,保证建成的工程和企业很快投产达产的重要保证。

(3) 焊接结构的分类。焊接结构难以用单一的方法将其分类。有时按照制造结构板件的厚度分为薄板、中厚板、厚板结构;有时又按照最终产品分为飞机结构、油罐车、船体结构、客车车体等;按采用的材料,可分为钢焊结构,铝、钛合金结构等。按结构工作的特征,并与其设计和制造紧密相连,结构的分类及其各自的特点可简述如下。

①梁、柱和桁架结构。分别工作在横向弯曲载荷和纵向弯曲或压力下的结构可称为梁和柱。由多种杆件被节点连成承担梁或柱的载荷,而各杆件都是主要工作在拉伸或压缩载荷下的结构称为桁架。作为梁的桁架结构杆件分为上下弦杆、腹杆(又分竖杆和斜杆),载荷作用在节点上,从而使各杆件形成只受拉(或压)的二力杆。实际上,许多高耸结构,如输变电钢塔、电视塔等也是桁架结构。

梁、柱和桁架结构是组成各类建筑钢结构的基础,如高层建筑的钢结构、冶金厂房的钢结构(屋架、吊车梁、柱等)、冶炼平台的框架结构等。它还是各类起重机金属结构的基础,如起重机的主梁、横梁,门式起重机的支腿、栈桥结构等。用做建筑钢结构的梁、柱和桁架常常在静载下工作,如屋顶桁架。而作为起重机的金属结构,包括桥梁桁架和起重机桁架则在交变载荷下工作,有时还是在露天条件下工作,受气候环境与温度的影响,这类结构的脆性断裂和疲劳问题应引起更大关注。

②壳体结构。它是充分发挥焊接结构水密、气密特点,应用最广、用钢量最大的