

TEZHONG SHEBEI HANJIE JISHU

特种设备 焊接技术

上海市特种设备监督检验技术研究院 编
上海市特种设备管理协会

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



特种设备焊接技术

上海市特种设备监督检验技术研究院
上海市特种设备管理协会

编



机械工业出版社

本书是为了提高特种设备焊接和检验技术人员以及焊工的技术水平,根据特种设备制造中遇到与焊接有关的问题及特种设备相关法律、法规和安全技术规范等的要求,由特种设备检验检测单位和制造安装企业的有关专家编写的。

本书较系统地介绍了特种设备的基本知识及其焊接工艺和技术,包括金属学基础、焊接冶金及焊接材料、焊接工艺、焊接应力与变形、焊接质量检验、焊接安全与防护、锅炉的焊接、压力容器的焊接、压力管道的焊接、机电类特种设备钢结构的焊接等内容,书中着重对特种设备如锅炉、压力容器、压力管道、起重设备、电梯、客运索道和游乐设施等的焊接工艺,结合具体工程实例,进行了全面、深入的论述。

本书主要取材于特种设备的实际制造和安装现场,是特种设备焊接技术理论和实际经验的总结。对制造安装企业和检验检测单位具有指导意义,可供制造安装企业和检验检测单位的工程技术人员、检验员、检验师、焊接人员及中级以上焊工、焊工技师等参考,也可作为有关人员的技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

特种设备焊接技术/上海市特种设备监督检验技术研究院,上海市特种设备管理协会编. —北京:机械工业出版社,2007.10

ISBN 978-7-111-22565-2

I. 特… II. ①上…②上… III. 焊接—基本知识 IV. TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第159310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:俞逢英 责任编辑:俞逢英 侯宪国

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京双新装订有限公司装订)

2008年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23.25印张·574千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-22565-2

定价:40.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

序 一

焊接这一古老而先进的制造工艺，以其不可思议的发展和应用被全球发达国家所重视，也吸引着中国从事先进制造业的工程技术人员。随着国民经济的发展和科学技术的进步，焊接技术越来越广泛应用于制造业的各个领域，如能源、交通、石油化工、冶金、建筑和城市建设等，应用焊接技术使设备结构简化、节约材料和成本，提高劳动生产率。

焊接作为特种设备制造的关键工艺，其接头的性能和可靠性在很大程度上决定了特种设备的安全性能和可靠性；而特种设备通常在高温、低温、易燃、易爆、剧毒、强腐蚀介质、高压和公共场所等环境中服役，一旦发生断裂、爆炸或泄漏，往往导致灾难性事故，使社会的生产和经济遭受严重破坏，人民的生命财产蒙受巨大损失。因此，长期以来国内外对特种设备的焊接技术非常重视，与焊接相关的法规和标准被制定并不断完善。从事特种设备焊接的技术人员及焊接操作人员都按照国家相关的标准和要求进行工作，并不断地学习焊接基本知识和提高特种设备焊接的技术水平，本书的出版将为从事特种设备焊接的工程技术人员和焊接作业人员提供参考。

本书的前半部分详细介绍了特种设备基本知识和焊接基本理论，内容主要有特种设备的基本概念、金属学基础、焊接冶金及焊接材料、焊接工艺、焊接应力与变形、焊接工艺评定与焊工考试、焊接质量保证体系、焊接质量检验和焊接安全与防护。焊接理论体系全面系统，不仅对焊接的基本知识有详细而精辟的论述，而且还引用了各种工程实例及相关标准资料来介绍焊接基本知识，更是结合特种设备的质量保证体系介绍了特种设备对焊接工艺评定的要求、焊工技能的要求以及焊接检验的要求，对人们深入细致地认识焊接的普遍工艺以及作为特种设备的关键工艺都有很重要的意义。只有正确地掌握焊接基本知识并了解特种设备制造中焊接的特殊要求，才能保证特种设备的焊接质量，保证特种设备的安全使用。

本书的后半部分分别介绍了各种特种设备焊接技术的应用，主要有锅炉的焊接、压力容器的焊接、压力管道的焊接、机电类特种设备钢结构的焊接，所讨论的内容来自生产制造现场，并包括了特种设备的焊接工艺，特别介绍了特种设备的焊接生产工程实例，如电站锅炉焊接工艺实例、加氢反应器的焊接实例、各种有色金属管道工程的焊接实例、各种起重设备的焊接工艺及大型观览车转轴的焊接实例等；并介绍了长输管道焊接、聚乙烯管道焊接、管道的不停输修复技术等；对特种设备的生产制造安装具有重要的实际指导意义，也为特种设备的焊接工程技术人员提供参考。

本书论述的理论知识通俗易懂，所介绍的特种设备的焊接工艺浅显实用，无论对制

IV

造安装企业，还是对检验检测单位；无论对工程技术人员、检验员、检验师，还是对焊接作业操作人员，都具有重要的指导意义。

本书由上海市特种设备监督检验技术研究院副院长、总工程师、上海市焊接学会副理事长、上海市特种设备管理协会秘书长罗晓明教授级高工组织编写，参加编写的人员来自检验检测单位和特种设备制造安装企业。希望本书的出版能为上海市特种设备的焊接技术乃至全国特种设备的焊接技术发展提供帮助，也能为上海市特种设备监督检验技术的不断发展起到推动作用。

上海市质量技术监督局局长



序 二

特种设备广泛使用于经济建设和人民生活的各个领域，已成为社会生产和人民生活中不可缺少的生产装置和生活设施。特种设备包括锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施、场（厂）内机动车辆等8类设备。这些特种设备的安全使用，对于保障人民生命财产的安全、促进经济发展具有特殊的意义。鉴于特种设备具有危险性的特点和在经济、社会生活中特殊的重要性，许多工业发达国家对特种设备的生产和使用都有相应的法律、法规、标准规定，并有严格的监督管理制度。我国特种设备安全监督管理制度也已经建立并在不断地完善。特种设备安全性能是保证特种设备正常使用的前提，为了达到安全使用的要求，特种设备在制造过程中必须符合国家有关的法律、法规、规章、安全技术规范以及标准所规定的安全技术项目和指标，而作为特种设备制造、安装、维修等过程中关键工艺的焊接技术也必须符合相应的规范和技术标准。在以往的特种设备事故中，与焊接相关的事故也不少，由于特种设备与人们的生产生活息息相关，因此特种设备一旦发生事故，后果不堪设想，所以提高焊接质量、制造质量以保证特种设备安全可靠是大家共同关心的问题，也是特种设备制造、安装、修理、改造工艺水平和质量保证的重要研究课题。目前，关于焊接方面的书籍并不少，但是专门完整地论述特种设备焊接的专著还不多。

本书为特种设备焊接提供了一个较完整的基础理论和实际知识体系，全面地介绍了焊接基本理论、特种设备基本知识等，特别介绍了与特种设备相关的法律、法规、规章、安全技术规范、标准，以及对特种设备焊接提出的相关管理和技术要求，并从锅炉、压力容器、压力管道等承压类特种设备和起重机械等机电类特种设备等方面分别介绍了焊接技术的应用。在应用实例方面，除了焊接基本理论方面列举部分工程实例外，还列举了锅炉、压力容器、压力管道、起重设备焊接工程实例。本书突出的特点是内容实用，例如，在焊接基本知识中介绍了很多控制焊接变形的工程实例；在锅炉焊接中给出了锅炉各个部件的焊接工艺及实例；在压力容器焊接中给出了压力容器制造的焊接工艺及实例并列举了加氢反应器的焊接；在压力管道的焊接中列举了各种不同材料管道焊接工艺及实例，并叙述了管道的工厂化制造、长输管道焊接、聚乙烯管道焊接及管道的不停输修复技术；在机电类特种设备焊接中论述了结构钢焊接的特殊性，并列举了各种起重设备的焊接工艺及大型观览车转轴的焊接实例等。

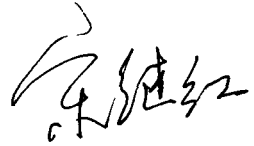
本书涉及的内容有焊接工艺、焊接材料、焊接应力与变形、焊接安全、焊接检验、焊接管理、焊接工艺评定及焊工考试等等，本书对深入了解特种设备的焊接技术具有实际应用的价值。无论对制造安装企业，还是对检验检测单位；无论对制造安装企业和检

VI

验检测单位的工程技术人员、检验员、检验师，还是对制造安装企业的焊接操作人员，都具有重要的指导意义。

本书主要取材于特种设备的制造过程和安装现场的实践，是特种设备焊接技术理论的归纳和实际经验的总结。希望本书的出版对促进我国特种设备焊接技术的发展与提高有所帮助，为提高特种设备安全质量，为保障人民的生命财产安全，促进经济发展做出贡献。

国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局副局长

Handwritten signature in black ink, reading "宋继红" (Song Jiahong).

前 言

特种设备是人们生产生活中广泛应用的设备，这种设备本身和受外在因素的影响容易发生事故，一旦发生事故会造成人身伤亡及重大经济损失，而焊接作为特种设备制造、安装、维修和改造中的关键工艺，一直为人们所重视。为了提高特种设备焊接从业人员的素质和特种设备的焊接质量，编写了这本《特种设备焊接技术》一书。

本书较系统地介绍了特种设备的焊接工艺和焊接技术，主要内容包括特种设备基本知识、金属学基础、焊接冶金及焊接材料、焊接工艺、焊接应力与变形、焊接质量检验、焊接安全与防护、锅炉的焊接、压力容器的焊接、压力管道的焊接、机电类特种设备钢结构的焊接等，书中着重对特种设备如锅炉、压力容器、压力管道、起重设备、电梯、客运索道、游乐设施等的焊接工艺进行了全面系统的介绍，同时结合具体工程实例，对焊接结构生产技术也作了全面深入的论述。

本书由上海市特种设备监督检验技术研究院和上海市特种设备管理协会编写。书中第一章和第二章由罗晓明编写，第三章、第四章和第七章由徐维普编写，第五章、第六章、第八章和第十一章第八、九节由顾福明编写，第九章由叶上云编写，第十章由马健编写，第十一章第一~第七节由李瑜燃和顾福明编写，第十二章由顾福明和卢晶编写；全书由罗晓明统稿，由顾福明组织调研并修改，由王铎教授主审。

在本书的编写过程中，得到了国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局和上海市质量技术监督局有关领导的支持，在本书编写时参考了有关专业教材及其他文献资料，对有关作者在此一并表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免会有不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

序一	
序二	
前言	
第一章 特种设备的基本知识 1	
第一节 锅炉的基本知识..... 1	
一、锅炉的概念及分类..... 1	
二、锅炉的工作参数..... 2	
三、锅炉的基本结构..... 3	
第二节 压力容器的基本知识..... 5	
一、压力容器的概念及分类..... 5	
二、压力容器的主要操作参数..... 6	
三、压力容器的基本结构..... 7	
第三节 压力管道的基本知识..... 9	
一、压力管道的概念及分类..... 9	
二、压力管道的基本构成..... 11	
第四节 起重机械的基本知识..... 12	
一、起重机械的概念及分类..... 12	
二、起重机械的主要参数..... 12	
三、起重机械的基本构成..... 13	
第五节 电梯的基本知识..... 13	
一、电梯的概念及分类..... 13	
二、电梯的主要参数..... 14	
三、电梯的基本构成..... 14	
第六节 客运索道的基本知识..... 14	
一、客运索道的概念及分类..... 14	
二、客运索道的基本构成..... 15	
第七节 大型游乐设施的基本知识..... 16	
一、大型游乐设施的概念及分类..... 16	
二、大型游乐设施的基本构成..... 16	
第二章 金属学基础 17	
第一节 金属的晶体结构..... 17	
一、晶体的特性..... 17	
二、晶格与晶胞..... 17	
三、实际金属的晶体结构..... 19	
第二节 金属的结晶..... 21	
一、金属结晶的概念..... 21	
二、金属结晶的条件..... 22	
三、金属结晶的形核过程..... 22	
四、金属结晶的长大过程..... 23	
第三节 合金的相结构..... 23	
一、相是指合金中结构相同、成分和性能均一并以界面相互分开的组成部分..... 24	
二、相的晶体结构..... 24	
第四节 铁碳合金相图..... 24	
一、特性点..... 25	
二、特性线..... 25	
第五节 钢的组织..... 26	
一、铁素体..... 26	
二、奥氏体..... 26	
三、渗碳体..... 27	
四、珠光体..... 27	
五、马氏体..... 27	
六、贝氏体..... 27	
七、魏氏体..... 27	
第六节 金属的热处理..... 28	
一、退火..... 28	
二、正火..... 28	
三、淬火..... 28	
四、回火..... 28	
五、其他类型的热处理..... 29	
第七节 金属的力学性能..... 30	
一、强度..... 30	
二、塑性..... 31	
三、硬度..... 32	
四、韧性..... 33	
五、金属的加工工艺性能..... 33	
第八节 钢的分类及编号..... 34	
一、钢的分类..... 34	
二、钢的编号及性能..... 35	
三、德国钢材的编号..... 37	
四、日本钢材的编号..... 37	
五、美国钢材的牌号..... 38	
六、碳素结构钢的世界牌号对照表..... 38	

第三章 焊接冶金及焊接材料	40	第五节 埋弧焊	77
第一节 焊接冶金	40	一、埋弧焊的焊接材料与工艺	77
一、焊条的熔化和熔滴的过渡	40	二、埋弧焊的自动焊	78
二、熔池	41	第六节 CO ₂ 气体保护焊	78
三、气体对焊接的作用	42	第七节 气焊	80
四、熔渣与金属的作用	43	第八节 等离子弧焊	81
五、合金过渡	44	第九节 钎焊	82
第二节 焊缝与焊接热影响区	45	第十节 典型材料的焊接	84
一、焊缝的固态相变	45	一、碳素钢的焊接	84
二、焊缝性能的控制	46	二、低合金高强度钢的焊接	85
三、焊接热影响区的组织与性能	46	三、不锈钢、耐热钢的焊接	86
第三节 焊条	47	四、铸铁的补焊	87
一、焊条的分类	47	五、有色金属的焊接	87
二、焊条的组成	50	第五章 焊接应力与变形	89
三、焊条的工艺性能	50	第一节 焊接应力及变形的基本原理	89
四、典型焊条的冶金性能分析	51	一、焊接温度场及影响因素	89
五、焊条型号和牌号的对应关系	51	二、温度对材料的物理及力学性能的影响	90
第四节 焊丝	52	三、金属杆件在温度变化时产生的应力及变形	90
一、焊丝的分类及型号	52	四、材料不均匀加热及焊接过程引起的应力及变形	90
二、实芯焊丝	53	五、材料的物理和力学性能对焊接残余应力与变形的影响	92
三、药芯焊丝	53	第二节 焊接残余变形	92
第五节 焊接用焊剂、气体与电极	54	一、焊接残余变形的分类	92
一、焊剂的分类与牌号	54	二、焊接变形的危害性	94
二、焊剂的性能与用途	55	三、焊接残余变形的预测计算	95
三、焊接气体	56	四、焊接变形的测量	96
四、电极	56	第三节 焊接残余应力	97
第六节 常用焊接材料型号和牌号举例	56	一、焊接残余应力的分布	97
第七节 金属焊接性及试验方法	61	二、焊接残余应力的影响	99
一、直接模拟试验	61	三、焊接残余应力的测量	101
二、间接推算法	62	第四节 减小焊接残余变形及应力的措施	102
第四章 焊接工艺	64	一、预防控制焊接变形的措施	102
第一节 焊接接头形式及焊接符号	64	二、焊接变形的矫正	104
一、焊接接头及坡口形式	64	三、控制焊接残余应力的措施	105
二、焊缝与焊缝符号	66	四、焊接应力的消除	107
第二节 焊接电源	67	五、典型应用实例	108
一、焊接电源及电特性	67	第六章 焊接结构制造	113
二、弧焊电源的基本要求	69	第一节 制造的质量保证	113
三、电源的分类及选用	70	一、管理职责	113
第三节 焊条电弧焊	71		
一、焊条的选择	71		
二、焊接参数的选择	72		
三、操作工艺	72		
第四节 手工钨极氩弧焊	76		

二、质量体系	113	第五节 渗透检测的基础知识	141
三、文件和资料的控制	113	第六节 涡流检测的基础知识	142
四、设计控制	114	第七节 声发射检测的基础知识	143
五、采购控制	114	第八节 承压类特种设备焊缝无损检测的 比例介绍	144
六、材料控制	114	一、无损检测方法的选择	144
七、工艺控制	114	二、锅炉焊缝无损检测的比例	145
八、焊接、热处理管理的控制	115	三、压力容器焊缝无损检测的比例	147
九、检验和试验的控制	115	四、压力管道焊缝无损检测的比例	149
十、不合格品的控制	116	第八章 焊接安全与防护	151
十一、人员培训上岗	116	第一节 焊接易发生事故的原因及防止措 施	151
十二、计量与设备控制	116	一、电弧焊的触电事故	151
十三、持续质量的改进	116	二、电弧焊的火灾爆炸事故	152
第二节 焊接工艺评定	117	三、电弧焊的其他事故	153
一、焊接工艺评定的意义和目的	117	第二节 焊接的危害及防护	154
二、焊接工艺评定的一般过程	117	一、电弧辐射及防护	154
三、焊接工艺评定的规则	118	二、有害物质的危害及防护	156
四、焊接工艺评定试验要求和结果评 价	120	三、焊接热辐射、噪声和振动的防护	160
五、焊接工艺评定报告	121	第三节 常用焊接方法的安全操作技术	161
第三节 焊接工艺技术文件	124	一、焊条电弧焊的安全操作技术	161
一、焊接工艺规程	125	二、氩弧焊的安全操作技术	162
二、产品的焊接接头编号卡（或焊缝 识别卡）	126	三、CO ₂ 气体保护焊的安全操作技 术	162
三、焊接顺序卡或焊接接头工艺卡	126	四、埋弧焊的安全操作技术	163
四、通用焊接工艺守则（或规程）	129	五、等离子弧焊接和切割的安全操作 技术	163
第四节 焊工考试	129	六、电阻焊的安全操作技术	163
一、考试内容与与方法	129	七、气焊和气割的安全操作技术	164
二、考试结果评定	132	第四节 常用焊接方法的有害物质	164
第七章 焊接质量检验	134	一、焊条电弧焊的有害物质	164
第一节 焊接质量检验的目的及检验方 法	134	二、钨极氩弧焊的有害物质	165
一、焊接质量检验的目的	134	三、熔化极气体保护焊的有害物质	165
二、焊接质量检验方法	134	四、电阻焊的有害物质	166
第二节 射线检测的基础知识	135	五、等离子弧切割的有害物质	166
一、射线检测的原理	135	六、钎焊的有害物质	166
二、射线检测的设备	137	七、气焊气割的有害物质	167
三、射线检测的工艺	137	第九章 锅炉的焊接	168
四、射线的安全防护	138	第一节 锅筒的焊接	170
第三节 超声波检测的基础知识	138	一、主要焊缝的焊接	170
一、超声波的发生及性质	138	二、焊接材料的选用	173
二、超声波检测的原理	139	三、焊接及热处理	175
三、超声波检测的工艺	139	四、焊接检验	177
第四节 磁粉检测的基础知识	140		

第二节 集箱的焊接	179	三、压力容器用铝及铝合金的焊接	237
一、集箱本体的环缝拼接	182	四、压力容器用铜及铜合金的焊接	238
二、集箱管接头的焊接	187	第六节 压力容器异种钢的焊接	239
三、集箱的焊后检验	191	一、压力容器用异种钢及其焊接特点	239
第三节 受热面管的焊接	192	二、压力容器用异种钢的焊接工艺要 点	240
一、锅炉小口径管的牌号及其焊接性	192	三、压力容器用复合钢板的焊接	241
二、小口径管的焊接工艺	196	第七节 加氢反应器的焊接制造	243
三、小口径管的焊后热处理	207	一、概述	243
四、小口径管的焊后检验	207	二、加氢反应器的焊接	243
第四节 膜式水冷壁的焊接	209	第八节 球罐的焊接制造	250
一、膜式水冷壁制造工艺流程和焊接方 法的选择	209	一、球罐的组装	250
二、膜式水冷壁的焊接工艺	210	二、球罐的现场焊接顺序和焊工工位的 布置	251
三、膜式水冷壁的热处理工艺	213	三、球罐焊缝返修及球壳板表面损伤的 修补	252
四、膜式水冷壁的焊接检验	213	第九节 压力容器的现场组焊	254
第十章 压力容器的焊接	216	一、概述	255
第一节 碳素钢、低合金高强度钢压力容 器的焊接	216	二、现场准备	255
一、压力容器用碳素钢的焊接	216	三、半成品、零部件及焊接材料的检查 验收	255
二、压力容器用低合金高强度钢及其焊 接特点	217	四、塔器的现场组装	256
第二节 耐热钢压力容器的焊接	220	第十一章 压力管道的焊接	259
一、压力容器用耐热钢及其焊接特点	220	第一节 压力管道材料	259
二、压力容器用耐热钢焊接材料的选 用	223	一、压力管道管材的选用	259
三、压力容器用耐热钢的焊接要点	223	二、原材料的管理	261
四、耐热钢压力容器的焊接实例	225	第二节 管道焊前准备	262
第三节 低温钢压力容器的焊接	226	一、焊接工艺评定及焊工考试	262
一、压力容器用低温钢及其焊接特点	226	二、对焊接技术人员的要求	262
二、压力容器用低温钢焊接材料的选 用	227	三、原材料的加工	262
三、压力容器用低温钢的焊接要点	227	第三节 管道的焊接组装工艺	263
四、低温钢压力容器的焊接实例	228	一、管道组对的要求	263
第四节 不锈钢压力容器的焊接	229	二、管道对接装配的对口器	264
一、压力容器用不锈钢及其焊接特点	229	第四节 管道的焊接检验	267
二、压力容器用不锈钢焊接材料的选 用	230	一、管道焊缝的外观质量检验	267
三、压力容器用不锈钢的焊接要点	231	二、管道焊缝的无损检测	268
四、压力容器用双相不锈钢的焊接	232	第五节 不同材料管道的焊接	269
五、不锈钢压力容器的焊接实例	234	一、碳钢管道的焊接	269
第五节 有色金属压力容器的焊接	235	二、不锈钢管道的焊接	270
一、压力容器用镍基耐蚀合金的焊接	235	三、耐热钢管道的焊接	276
二、压力容器用钛及钛合金的焊接	236	四、钛及钛合金管道的焊接	280
		五、铜及铜合金管道的焊接	282
		六、铝及铝合金管道的焊接	282

七、镍及镍合金管道的焊接	283	四、夹紧机构	327
第六节 长输管道的焊接	284	五、夹具体	329
一、概述	284	第五节 桥式起重机的装配焊接	330
二、长输管道接头焊前的预热和焊缝热处理	286	一、桥式起重机的结构	330
三、长输管道的焊接	287	二、桥式起重机的技术要求	331
第七节 管道的工厂化预制	292	三、盖板和腹板的组装焊接	332
一、概述	292	四、箱形主梁半成品的组装焊接	332
二、管道预制的焊接生产线介绍	292	五、主梁整体的组装焊接	334
第八节 塑料管道的焊接	295	六、桥架的组装焊接	336
一、PE管道的特点	296	第六节 门式起重机的组装焊接	338
二、PE管的焊接技术	296	一、门式起重机的结构	338
三、PE管的焊接质量控制	302	二、门式起重机桥架的组装焊接	338
四、PE管的焊接质量检验	302	三、支腿的组装焊接	340
五、PE管的焊接工艺评定和焊工技能考试	303	四、下横梁的组装焊接	341
第九节 管道的在线焊接及修复	306	第七节 塔式起重机的组装焊接	343
一、压力管道的在线焊接	306	一、塔式起重机的结构	343
二、管道缺陷的修复技术	309	二、桁架的焊接生产	343
第十二章 机电类特种设备钢结构的焊接	312	第八节 其他特种设备的钢结构焊接	345
第一节 零件的备料	312	一、电梯焊接的基本特点	345
一、材料的要求	312	二、游乐设施焊接的基本特点	345
二、下料的准备	312	三、客运索道焊接的基本特点	348
三、下料的方法	313	第九节 钢结构焊接的通用焊接工艺	349
第二节 材料的表面处理	320	一、焊接材料	349
一、材料的表面处理简述	320	二、焊接环境	349
二、材料表面处理的方法	320	三、焊接工艺评定及焊工考核	349
第三节 钢结构的装配	321	四、预热和层间温度	350
一、装配方法的分类	322	五、焊后消除应力	350
二、装配的条件及基准	322	六、临时焊缝、定位焊缝	350
三、装配的定位焊	323	七、焊接接头和焊缝的尺寸公差	350
四、装配的测量	323	八、焊缝的返修及补焊	351
五、装配的质量要求	324	第十节 钢结构焊接变形的控制及矫正	352
六、典型型材的装配	324	一、工字梁焊接变形的控制	352
第四节 装配工装及卡具	325	二、箱形梁焊接变形的控制	353
一、工装夹具的分类和组成	325	三、焊接变形的火焰矫正	354
二、工装夹具的特点	326	第十一节 焊接质量检测	355
三、定位器	326	一、外观检测	356
		二、内部质量的检测	357
		参考文献	358

第一章 特种设备的基本知识

特种设备是工业生产和人民生活中广泛应用的重要设备，同时也是一种比较容易发生事故的特种设备。一旦发生事故，将直接危及作业人员或公众的安全和健康，因此，世界各主要工业国家都对特种设备实行国家安全监察。在《特种设备安全监察条例》中，特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的锅炉、压力容器（含气瓶）、压力管道、电梯、起重机械、客运索道和大型游乐设施。

特种设备作为一种具有危险性的设施，需专业的安全技术和专业的安全管理，特种设备的生产（含设计、制造、安装、改造、维修）、使用、检验检测及监督检查，都要遵守国家安全监督机构和行政管理部门及使用单位制定的特种设备安全监察法规、规程、条件和安全管理的制度。

焊接技术是特种设备制造、安装、改造和维修中广泛使用的关键工艺技术，在特种设备事故中，焊接问题是引起特种设备事故的重要原因之一。为保证特种设备的质量及使用安全，从事特种设备的焊接作业人员及工程技术人员，有必要了解特种设备的基本知识。

第一节 锅炉的基本知识

一、锅炉的概念及分类

1. 概念

从广义讲，锅炉是将燃料内蕴藏的热量，经过燃烧释放，把水加热到能产生规定温度和压力的蒸汽或高温热水，供生产和生活上使用的一种热能设备。

《特种设备安全监察条例》对锅炉作如下限制性定义：锅炉是指利用各种燃料、电或者其他能源，将所盛装的液体加热到一定的参数，并承载一定压力的密闭设备，其范围规定为容积大于或者等于30L的承压蒸汽锅炉；出口水压大于或者等于0.1MPa（表压），且额定功率大于或者等于0.1MW的承压热水锅炉；有机热载体锅炉。

2. 分类

按压力等级分类：

- (1) 低压锅炉 $p \leq 2.45 \text{MPa}$ (25kgf/cm^2)。
- (2) 中压锅炉, $p = 3.82 \text{MPa}$ (39kgf/cm^2)。
- (3) 次高压锅炉 $3.82 \text{MPa} < p < 9.81 \text{MPa}$ ($39 \text{kgf/cm}^2 < p < 100 \text{kgf/cm}^2$)。
- (4) 高压锅炉 $p \geq 9.81 \text{MPa}$ (100kgf/cm^2)。
- (5) 超高压锅炉 $p > 13.73 \text{MPa}$ (140kgf/cm^2)。
- (6) 亚临界锅炉 $p = 15.7 \sim 17.66 \text{MPa}$ ($160 \sim 180 \text{kgf/cm}^2$)。
- (7) 超临界锅炉 $p = 23.5 \sim 26.5 \text{MPa}$ ($240 \sim 270 \text{kgf/cm}^2$)。

按制造管理分类：

- (1) A级锅炉 额定压力 $p_t \geq 9.81\text{MPa}$ 的固定式蒸汽锅炉。
- (2) B级锅炉 额定压力 $p_t < 9.81\text{MPa}$ 的固定式蒸汽锅炉。
- (3) C级锅炉 额定压力 $p_t \leq 2.45\text{MPa}$ 的固定式蒸汽锅炉。
- (4) D级锅炉 额定压力 $p_t \leq 1.27\text{MPa}$ 的固定式蒸汽锅炉。
- (5) E1级锅炉 额定压力 $p_t \leq 0.4\text{MPa}$ 的固定式蒸汽锅炉和水温低于 120°C 的热水锅炉。
- (6) E2级锅炉 额定压力 $p_t < 0.1\text{MPa}$ 的蒸汽锅炉和水温 $\leq 95^\circ\text{C}$ 的热水锅炉。

按载热介质分类：①蒸汽锅炉；②热水锅炉；③汽水两用锅炉；④热风炉；⑤有机热载体锅炉。

按用途分类：①电站锅炉；②工业锅炉；③生活锅炉；④船舶锅炉；⑤机车锅炉。

按燃料和热源分类：①燃煤锅炉；②燃油和燃气锅炉；③燃生物质燃料锅炉；④原子能锅炉；⑤余热锅炉；⑥电热锅炉。

二、锅炉的工作参数

1. 额定蒸发量

锅炉每小时所产生的蒸汽重量，称为这台锅炉的蒸发量，用以表示其产汽的能力。蒸发量又称为“出力”或“容量”，用符号“D”表示，常用的单位是 t/h（吨/时）。

锅炉蒸发率是指锅炉每平方米受热面积上每小时所产生的蒸发量。用符号“E”或“D/H”表示，单位是 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ [千克/(米²·时)]。

对于热水锅炉是用受热面发热率来衡量的，即每平方米受热面积在每小时内所发出的热量，用符号“E”来表示，单位是 W/m^2 （瓦/米²）。

热水锅炉的额定出力是指锅炉在确定安全的前提下长期连续运行。每小时输出热水的有效供热量。

2. 额定蒸汽压力

压力是指垂直作用在单位面积上的力，通常叫压力（实际上是压强）。用符号 p 表示，单位是 MPa（兆帕）。

锅炉额定蒸汽压力是指锅炉设计的工作压力。它是根据所用金属材料的强度和受压元件的几何形状以及受压特点等条件，按照国家颁布的有关强度计算标准，对各个受压元件分别进行壁厚计算，然后从中选出一个所能承受该压力的最低值，作为这台锅炉的最高允许使用压力。

锅炉铭牌上标示的压力是锅炉设计压力，又称额定工作压力。对有过热器的锅炉是指过热器出口处的蒸汽压力，对无过热器的锅炉是指锅筒内的蒸汽压力，对热水锅炉是指出水阀入口处的热水压力。

3. 额定蒸汽温度

温度是指物体冷热的程度（通常用符号 t 表示）。测量温度常用的单位是 $^\circ\text{C}$ （摄氏度）。在锅炉设计计算中，常用绝对温度单位，用 K 表示。

锅炉额定蒸汽温度是指锅炉输出蒸汽的最高工作温度。一般锅炉金属铭牌上标明的蒸汽温度是以摄氏温度表示的。对于小型锅炉，使用的蒸汽绝大多数是从锅筒上部的主汽阀直接引出的，其蒸汽温度是指该锅炉工作压力下的饱和蒸汽温度。对于有过热器的锅炉，其蒸汽温度是指过热器后主汽阀出口处的过热蒸汽温度。

三、锅炉的基本结构

1. 锅炉的结构形式

蒸汽锅炉被人们开始使用至今，是从结构上最简单的圆球型锅炉开始，经过革新、演变，已出现各种不同种类、不同形式锅炉，这里举几种锅炉的结构形式。

(1) 立式弯水管锅炉 立式弯水管锅炉主要受压部件有锅壳封头（椭圆形封头）、炉胆、炉胆封头（椭圆形封头）和U形下脚圈。炉胆内均匀布置1~2圈弯水管，锅壳筒体弯水管外有烟箱包围。烟囱置于前烟箱顶上，锅壳封头上设有人孔，锅壳筒体下部设有3~4个手孔，以备检查清洗之用，如图1-1所示。

(2) 燃油锅炉 燃油锅炉类型很多，图1-2是一种全自动燃油锅炉，该燃油锅炉是组合式的火管锅炉，其结构主要由锅壳、波纹炉胆、前管板、后管板、烟管、燃烧器、燃烧控制系统、鼓风机、节风闸以及有关的附件仪表所组成。属于卧式内燃管式组装机炉。

(3) 管壳式余热锅炉 管壳式余热锅炉是指高温过程的气体流入蒸发器，在蒸发器的列管内放热，水在管外筒内吸热的锅炉。管壳式余热锅炉在结构上与热交换器无多大区别，其简单形式是一个具有固定管板的列管式换热器。因而管壳式余热锅炉也可理解为一个特殊的换热器。

其他，如电站锅炉、燃气锅炉和有机热载体锅炉等，其结构形式都是不同的，这里不再列举。

2. 锅炉的主要受压元件

(1) 锅筒（也称“汽包”）和锅壳 锅筒是水管锅炉用以进行蒸汽净化、组成水循环回路和蓄水的筒形压力容器，由筒体和封头组成。锅壳是锅壳锅炉作为汽水空间外壳的筒形压力容器，由筒体、封头（或管板）组成。主要作用是汇集、储存、净化蒸汽和补充给水。

(2) 集箱（又称联箱） 用以汇集或分配多根管子中工质（水、汽水混合物、蒸汽）的筒形压力容器，由筒体、端盖组成。其作用是汇集、分配锅水，保证对受热面可靠供水。

(3) 炉胆 承受外压的筒形炉膛，作为内燃式锅壳锅炉的燃烧空间和辐射受热面，起燃烧和吸收热量的作用。

(4) 下降管 下降管的作用是把锅水送到下集箱，使受热面管子有足够的循环水量，保证运行，下降管应绝热。

(5) 受热面管子 它是锅炉的主要受热面，用锅炉钢管制成。它分为水管和火管，凡管内流水或汽水混合物、管外受热的称为水管，凡管内走烟气、管外被水冷却的称为烟管。烟管只用在小型锅炉中，水管用在各种锅炉中。水冷壁管是水管中的一种。

(6) 省煤器 省煤器的作用是使给水进入锅筒之前，被预先加热到某一温度（通常加热到低于饱和温度40~50℃），以降低排烟温度，提高锅炉热效率。

(7) 过热器 过热器是把锅筒内出来的饱和蒸汽加热成过热蒸汽，以满足生产工艺的

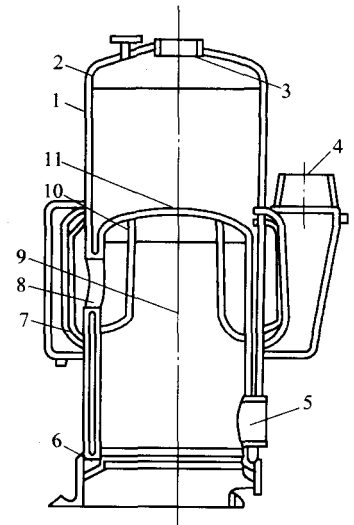


图1-1 立式弯水管锅炉

1—锅壳筒体 2—锅壳封头 3—人孔
4—烟囱入口 5—炉门 6—U形下脚圈
7—外部弯水管 8—喉管 9—炉胆
10—弯水管 11—炉胆顶

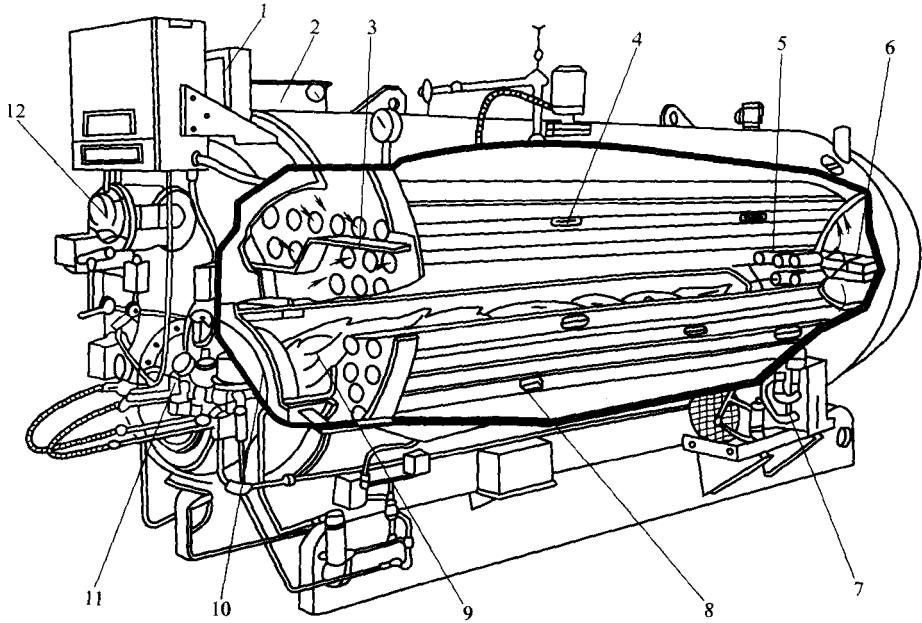


图 1-2 全自动燃油锅炉

- 1—助燃空气入口 2—烟囱出口 3—前隔板 4—四程 5—三程 6—后隔板
7—空气泵 8—次程 9—燃烧室（首程） 10—旋式节风闸
11—燃烧器组合 12—鼓风机电动机

需要，过热器是用碳钢或耐热合金钢管弯制成蛇形管后组合而成。

(8) 减温器 减温器的作用是调节过热蒸汽的温度，将过热蒸汽的温度控制在规定的范围内，以确保安全和满足生产需要。

(9) 再热器 再热器是将汽轮机高压缸排出的蒸汽再加热到与过热蒸汽相同或相近的温度后，再回到中低压缸去作功，以提高电站的热效率。

(10) 下脚圈 连接炉胆和锅壳的部件，只在立式锅炉中采用 H 形、S 形等形式。

(11) 炉门圈、喉管、冲天管 炉门圈是连接于锅壳和炉胆之间燃料进入燃烧室的一段管子，一般由锅炉钢板压制成椭圆形后焊接而成。喉管和冲天管均为连接于锅壳和炉胆之间烟气排出时所经过的一段管子，一般由无缝钢管制成。

3. 锅炉的安全附件

锅炉安全附件，主要是指锅炉上使用的安全阀、压力表、水位计、水位报警器和排污阀等，这些附件是锅炉运行中不可缺少的组成部分，特别是安全阀、压力表、水位计是保证锅炉安全运行的基本附件，常被人们称之为锅炉三大安全附件。

安全阀的主要作用是当锅炉内的压力超过规定要求时自动开启，释放超过的压力，使锅炉回到正常的工作压力状态。

压力表、水位计是司炉正常操作的耳目，每台锅炉必须装有与锅筒蒸汽空间直接相连接的压力表。每台锅炉在便于观察的地方应装设两个彼此独立的水位计。

热水锅炉上的安全附件有安全阀、压力表、温度计、超温报警器和排污阀或放水阀。