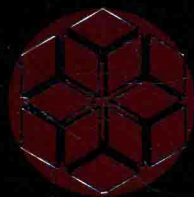


“十二五”
国家重点图书

MODERN
WELDING
ENGINEERING
HANDBOOK

现代 焊接工程手册



基础卷

段 斌 马德志 主 编
张建勋 陈裕川 副主编

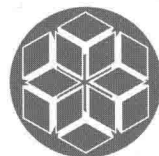


化学工业出版社

“十二五”
国家重点图书

MODERN
WELDING
ENGINEERING
HANDBOOK

现代 焊接工程手册



基础卷

段 斌 马德志 主 编
张建勋 陈裕川 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为《现代焊接工程手册 基础卷》。本书根据新一代钢材的发展变化,以金属焊接性试验研究数据为第一手资料,且结合焊接工程实际,详细地阐述了焊接的基础理论,内容涵盖了焊接冶金理论、常用钢铁材料及其焊接性、焊接方法和设备,以及焊接全过程质量管理等方面的内容。

本卷分为5篇,第1篇主要阐述了焊接热过程、焊接化学、物理冶金过程、焊接应力与变形以及焊接结构可靠性等内容;第2篇根据钢材新的发展变化,重新总结并补充了钢的焊接性与常用钢材焊接要点,等相关内容;第3篇主要阐述了焊接材料最新的发展变化;第4篇介绍了典型的焊接方法及其设备;第5篇对焊接的全过程管理、工艺评定、质量检验、安全卫生、焊接过程的信息化等方面进行了介绍。

本书适合焊接技术人员阅读,也可供大专院校、科研单位的相关教学和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代焊接工程手册.基础卷/段斌,马德志主编.—北京:化学工业出版社,2015.12

“十二五”国家重点图书

ISBN 978-7-122-25228-9

I. ①现… II. ①段…②马… III. ①焊接-技术手册 IV. ①TG44-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第224135号

责任编辑:周红 周国庆

文字编辑:项激

责任校对:边涛

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张77 $\frac{3}{4}$ 字数2110千字 2016年1月北京第1版第1次印刷

图书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:288.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2015—34号

《现代焊接工程手册》卷目



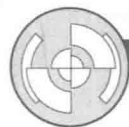
基础卷

- 第 1 篇 焊接理论基础知识
- 第 2 篇 钢材焊接性和常用钢材的焊接要点
- 第 3 篇 焊接材料
- 第 4 篇 焊接方法及设备
- 第 5 篇 焊接生产管理及质量控制



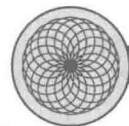
结构卷

- 第 1 篇 钢结构焊接工程概论
- 第 2 篇 建筑、桥梁钢结构焊接
- 第 3 篇 冶金钢结构焊接
- 第 4 篇 回转窑和船体结构焊接



管道卷

- 第 1 篇 管子管件
- 第 2 篇 长输管道
- 第 3 篇 电站管道
- 第 4 篇 化工管道
- 第 5 篇 油气田集输管道
- 第 6 篇 海洋管道
- 第 7 篇 公用管道
- 第 8 篇 管道的其他焊接方法
- 第 9 篇 在役管道抢维修
- 第 10 篇 管道检验与焊接缺陷



容器锅炉卷

- 第 1 篇 容器工作制造
- 第 2 篇 容器现场组焊
- 第 3 篇 锅炉

《现代焊接工程手册》编委会、审委会、秘书组

顾 问 潘际桢

编写委员会

主 任 刘景凤

委 员 戴为志 段 斌 唐伯钢 马德志 张建勋 陈裕川 殷树言
李颂宏 李建军 李文华 张英奎 李 涛 周武强 张亚军
董安霞 郁东健 任永宁 汤志强 张友权

审稿委员会

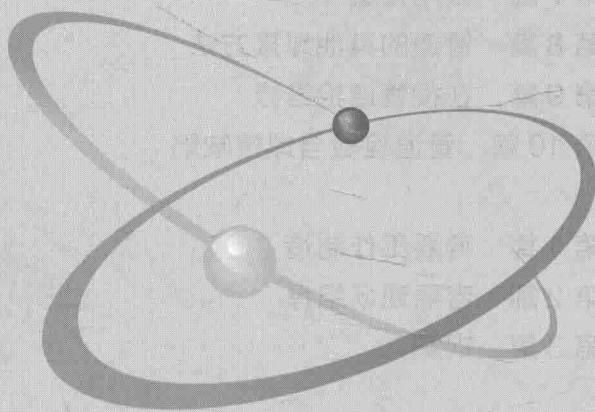
主 任 陈裕川

委 员 唐伯钢 杜则裕 赵 军 胡富申 朱清梅 王茂威
王香云 袁 飞 李颂宏 李建军 王阿鬲

秘书组

秘书长 王阿鬲

秘 书 谢 琦 范绍林 刘 春 赵 驰 王慧智 侯 敏 周云芳



鸣 谢

在编写过程中，得到以下单位的支持和协作，使《现代焊接工程手册》得以顺利编撰完成。在此，《现代焊接工程手册》编委会代表全体编审人员表示衷心感谢！

中国工程建设焊接协会

中冶建筑研究总院有限公司

天津大学

西安交通大学

北京石油化工学院

中国石油管道学院

中冶天工集团有限公司

宝山钢铁股份有限公司

上海宝冶集团有限公司

五冶集团上海有限公司

浙江精工钢结构（集团）有限公司

安徽鸿路钢结构（集团）股份有限公司

珠海瑞凌焊接自动化有限公司

发思特软件（上海）有限公司

中铁山桥集团有限公司

沪东中华（造船）集团有限公司

水利部水工金属结构质量检验检测中心

中国葛洲坝集团股份有限公司

中国水利水电第七工程局有限公司

中国水利电力对外公司

中化二建集团有限公司

中国化学工程重型机械化公司

中国化学工程第三建设有限公司
中国化学工程第七建设有限公司
中国化学工程第十一建设有限公司
中国石化集团南京化学工业有限公司化工机械厂
中石化第四建设有限公司
南京南化建设有限公司
中国能源建设集团
中国能源建设集团北京电力建设公司
中国能源建设集团浙江火电建设公司
中国能源建设集团安徽电力建设第二工程公司
中油吉林化建工程有限公司
中国石油天然气管道局机械厂
中国石油天然气管道第二工程公司
四川石油天然气建设工程有限责任公司
北京城建安装工程有限公司

以上为作者供职单位及施工案例提供单位，排名不分先后。



《现代焊接工程手册 基础卷》 撰稿和审稿人员

主 编 段 斌 马德志
副主编 张建勋 陈裕川

篇名	篇主编		撰稿	审稿
	姓名	单位		
第1篇 焊接理论基 础知识	谢琦	中冶建筑研究总院 有限公司	谢琦 张迪 李业绩 刘菲 谢晋平 马计平 李侠	唐伯钢
第2篇 钢材焊接性 和常用钢材的 焊接要点	唐伯钢	宝山钢铁股份有限公司	唐伯钢 张汉谦 屈朝霞 牛靖 张建勋 季天华	谢琦
第3篇 焊接材料	谢晋平	中冶建筑研究总院 有限公司	谢晋平 贾宝华 邓鹏明 王清宝 王立志 王英杰 肖静 张赫 眭向荣 沈亚威	唐伯钢
第4篇 焊接方法及 设备	陈裕川	珠海瑞凌焊接自动化 有限公司	陈裕川 殷树言 马德志 谢琦 刘菲 贾宝华 范鹏涛 唐君才 曹向成 李少农 何奕波 洪维 童林浪 贾芳 祖佳慧 汪鹏 梁会作 周德成	王阿磊
第5篇 焊接生产管 理及质量控制	段斌	中冶建筑研究总院 有限公司	段斌 马德志 韩永安 牛靖 张建勋 贾宝华 傅彦青 朱爱希 宋晓峰 孙开敏 张飞	唐伯钢
其他参编人员	刘春 赵驰			

FOREWORD 序

工程建设中的焊接，通常是指将同种或异种材料永久地连接在一起的工艺方法，是影响工程建设质量、施工周期和成本的重要工序。在当前生产的各种钢材中，大约有一半以上需要通过焊接方能制造成可资应用的各类设施、设备和产品。今天的焊接，已经发展成为既是一门融合了物理、化学、冶金、材料、电力电子、计算机和自动控制等多种学科的复合学科，同时又是一类关乎国民经济健康发展和社会生产、生活安全运行的十分重要的制造技术。

在我国，各类焊接结构产品得到了日益广泛的使用，尤其是改革开放以来，油气长输管线及储运装置，超大型桥梁，超高压压力容器，超大型远洋运输船舶和港口设备，各类装载运输装备，以及如雨后春笋般矗立在祖国各地形态各异的大型、超大型公共建筑，无一不是通过焊接工艺方法制作与构建。如今，我国钢铁年产量已达到 8 亿吨左右，毫无悬念地成为全世界最大的产钢国、用钢国和焊接制造生产国。

在如火如荼的工程建设实践中，来自各行业的广大焊接工作者攻关夺隘、建树颇丰，很多应用成果达到国际先进甚至领先水平。但从总体上看，我国尚有很多以焊接为主要加工制造手段的企业在其施工过程中，焊接技术的正确应用和严谨的过程控制仍然是制约性的瓶颈。而这在焊接生产活动中又恰恰是最为重要的。作为焊接学科，我们鼓励并关注创新；作为制造工艺，我们则更为主张“遵规守矩，熔接永固”。

因此，编写并出版一部以工程建设焊接技术为主要内容，以国内外相关标准和技术要求为主线，能够以典型的工程应用案例来指导焊接生产实践的专业手册，已经成为广大焊接工作者的迫切愿望。中国工程建设焊接协会顺应这一要求，组织本协会十余个行业分会中的焊接专家，共同编写了这部《现代焊接工程手册》。

本手册以突出实用性为编写宗旨，在内容上力求理论与实践结合，先进性与实用性兼顾。手册以焊接工程实践为对象，精简了相关的理论阐述，增加了国内外焊接标准要求，汇集了国内工程建设焊接领域的成功实践和技术，使读者能从中得到启发，甚至稍做调整即可拿来直接应用。因此，本手册以其新颖性和实用性有别于当前国内其他的相关工具书。

《现代焊接工程手册》共四卷，包括基础卷、结构卷、管道卷和容器锅炉卷。每卷各自成书，读者可按需要选用。

《现代焊接工程手册 基础卷》根据新一代钢材的发展变化，以金属焊接性试验研究数据为第一手资料，结合焊接工程实际，详细地阐述了焊接的基础理论，补充了新的焊接理论和知识，内容涵盖焊接冶金理论、常用钢铁材料及其焊接性、焊接方法以及焊接全过程质量管理等方面。

《现代焊接工程手册 结构卷》主要是以焊接工艺为核心，结合工程应用实践，介绍了各种典型钢结构焊接工程的具体施工技术。包括钢结构焊接技术现状，建筑

钢结构单层门式刚架、框-排架结构焊接技术，建筑钢结构多层、高层钢结构焊接技术，空间管桁架焊接技术，空间网架结构焊接技术，张弦梁结构焊接技术，弦支穹顶结构焊接技术，箱型（BOX）桁架钢结构焊接技术，桥梁结构焊接技术，高炉、热风炉炉壳焊接技术，炼钢转炉焊接技术，熔融还原炉炉壳焊接技术，干熄焦工程焊接技术，回转窑现场组焊技术，船体结构焊接技术等内容。各部分均提供了典型工程案例，对相关领域的焊接技术人员具有很高的参考价值。

《现代焊接工程手册 管道卷》主要介绍了管子和管件的制造工艺，长输管道、电站管道、化工管道、油气田集输管道、海洋管道和公用管道的特点、施工工艺、焊接方法、焊接设备、焊接材料、焊接管理、焊接工艺评定等，一些先进的焊接方法包括激光焊接、等离子弧焊、电阻焊和摩擦焊等在管道焊接中的应用，在役管道的抢维修，管道检验与焊接缺陷，管道工程常用施工标准等内容，第一次将不同领域的管道工程焊接技术、工程焊接要求、施焊经验综合在一起，是管道工程施工焊接方面的综合性工具书。

《现代焊接工程手册 容器锅炉卷》主要涉及的工程产品为容器和锅炉，各部分均包含产品结构特点、原材料焊接性、焊接工艺技术、焊接接头质量检验方法及要求、焊接接头热处理工艺技术等，考虑了容器锅炉常见的对接接头、角接接头和搭接接头等焊接接头形式，及其对接焊缝、角焊缝和组合焊缝等焊缝形式，并分析了不同产品形式和同产品不同零部件使用的各种原材料焊接工艺等，给出了相匹配的焊工资格、焊接材料、焊接工艺技术参数、技术措施等。各章还列举了典型产品焊接案例，并在附录中列出了本卷所引用的国内外现行标准规范。

《现代焊接工程手册》是由中国工程建设焊接协会组织编写的一部大型工具书，参加组织、编写和审核的人员多达上百人。他们都是在各自专业领域具有丰富学识和实践经验的专家，他们认真负责的态度、严谨科学的作风以及忘我的工作精神，正是高质量地完成这部手册编审工作的坚实基础。在本手册的编写过程中，我们也得到了国内众多工程建设领域和高校院所的专家、学者以及相关单位的大力支持，在此谨向所有参与支持者表示衷心的感谢！

由于本手册涉及内容广泛复杂，参加编审工作的人员众多，编制时间短促，以及必然受到的学识与经验限制，因此难免存有不足之处，敬请广大读者批评指正！

希望本手册的问世能够为广大工程建设焊接工作者提供一定指导和参考，这也是本手册编写委员会和所有编审人员的最大心愿！

《现代焊接工程手册》编委会主任

中国工程建设焊接协会 副理事长兼秘书长



2016年1月

FOREWORD 前言

焊接作为现代工业生产中不可或缺的基本制造技术，被广泛应用于机械、冶金、电力、锅炉和压力容器、建筑、桥梁、船舶、汽车、电子、航空航天、军工和军事装备等行业。在各相关学科迅猛发展的今天，随着新技术、新材料、新设备、新工艺的不断涌现，焊接，这个古老的专业，也深受其益，不断发展和进步，日益焕发出勃勃生机。

《现代焊接手册 基础卷》旨在全面介绍焊接基础理论的应用，从实用性角度对焊接材料、焊接工艺和焊接设备做了系统的阐述，为设计、制造、检验、正确选择和使用焊接材料与焊接设备提供了系统全面的参考依据。本卷根据行业发展需要，有选择地采纳了近年来国内外在焊接基础理论（包括焊接传热、焊接冶金、焊接应力变形等）、焊接用钢及其焊接性、焊接材料、焊接工艺及焊接设备等方面的最新研究成果。

《现代焊接工程手册 基础卷》分为5篇：

第1篇主要阐述了焊接热过程、焊接化学、物理冶金过程、焊接应力与变形以及焊接结构可靠性等内容；

第2篇根据钢材新的发展变化，重新总结并补充了钢的焊接性与常用钢铁材料的焊接要点等相关内容；

第3篇主要阐述了焊接材料最新的发展变化；

第4篇介绍了典型的焊接方法及设备；

第5篇对焊接的全过程管理、焊接过程的信息化等方面进行了介绍。

本卷适合焊接技术人员阅读，也可供大专院校、科研单位的相关教学和科研人员参考。

本卷在编写过程中，得到了国内有关专家、学者的热情帮助和悉心指导，在此特致谢意。此外，也向关心本手册出版的焊接界同行及所引用文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编写时间短促、编写水平有限，手册中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

CONTENTS 目录

第 1 篇 焊接理论基础知识

第 1 章 焊接热过程	2	第 4 章 焊接缺陷及控制	72
1.1 概述	2	4.1 概述	72
1.2 焊接热源	3	4.2 焊接裂纹及控制	73
1.3 焊接温度场	10	4.3 未熔合及控制	83
1.4 焊接热循环	18	4.4 未焊透及控制	84
1.5 焊接热过程应用实例	29	4.5 焊缝气孔及控制	86
第 2 章 焊接化学冶金	31	4.6 焊缝夹杂及控制	89
2.1 概述	31	4.7 成分偏析及控制	90
2.2 焊接化学冶金特点	31	4.8 其他缺陷及控制	90
2.3 焊接工程中焊缝金属的保护	32	第 5 章 焊接应力与变形	94
2.4 焊接冶金反应中的气体与金属的 反应	34	5.1 焊接应力与变形的基础知识	94
2.5 焊接冶金反应中熔渣与金属的 反应	42	5.2 焊接残余应力	96
2.6 活性熔渣对焊缝金属的氧化	46	5.3 焊接残余变形	114
2.7 焊缝金属的脱氧	46	第 6 章 焊接结构可靠性和失效 分析	127
2.8 焊缝金属的脱硫、脱磷	48	6.1 焊接可靠性分析概要	127
2.9 焊缝金属的合金化	49	6.2 焊接结构的失效形式	134
第 3 章 焊接接头的组成、组织及 性能	50	6.3 焊接结构的疲劳强度与疲劳 断裂	135
3.1 焊接接头组成	50	6.4 焊接结构的脆性断裂与安全 评定	152
3.2 焊缝组织与性能	51	6.5 焊接结构的环境破坏	179
3.3 熔合区形成、特征与性能	64	6.6 钢结构的失稳事故	189
3.4 焊接热影响区组织与性能	65		

第 2 篇 钢材焊接性和常用钢材的焊接要点

第 1 章 钢材焊接性	194	第 2 章 工程结构常用钢材的性能和焊接 要点	210
1.1 钢材“焊接性”概念的提出和对其内涵 的不同界定	194	2.1 碳素结构钢的性能和焊接 要点	210
1.2 对钢材焊接性评定方法的回顾和常用 评定方法概述	196	2.2 低合金高强度结构钢的性能	212
1.3 各种“碳当量”计算公式的含义、应用 条件及问题	196	2.3 热轧与正火低合金高强度钢的焊接 要点	221
1.4 焊接连续冷却转变图 (CCT 图) 的分 析和应用	202	2.4 低碳调质钢的焊接要点	222
1.5 常用的焊接性试验方法	203	2.5 微合金控轧控冷 (TMCP) 钢的焊接 要点	223
1.6 改进和逐步规范各类钢材的焊接性评 定方法	209	2.6 超细晶粒钢的焊接要点	225

第 3 篇 焊接材料

第 1 章 焊条	228	2.4 各种焊丝性能的简要说明及用途	330
1.1 焊条的基础知识	229	2.5 焊丝的选用	343
1.2 分类	230	第 3 章 焊剂	346
1.3 非合金钢及细晶粒钢焊条型号与性能	233	3.1 焊剂的分类	346
1.4 热强钢焊条型号与性能	244	3.2 焊剂的型号与牌号	348
1.5 不锈钢焊条型号与性能	249	3.3 埋弧焊剂使用说明	353
1.6 堆焊焊条型号与性能	258	3.4 各种熔炼焊剂的性能和应用	353
1.7 铸铁焊条型号与性能	263	3.5 各种烧结焊剂的性能和应用	358
1.8 有色金属焊条型号与性能	265	第 4 章 焊接用气体及钨极	366
1.9 焊条的选用	274	4.1 焊接用气体的分类	366
1.10 焊条的管理	280	4.2 焊接用气体的特性	368
第 2 章 焊丝	282	4.3 焊接用气体的选用	380
2.1 焊丝的分类和性能概述	282	4.4 钨极(不熔化电极)的性能特点与选用	386
2.2 实芯焊丝的牌号、型号和性能	289		
2.3 药芯焊丝型号	312		

第 4 篇 焊接方法及设备

第 1 章 焊条电弧焊	390	4.3 熔化极气体保护电弧焊设备	683
1.1 焊条电弧焊的基本原理	390	4.4 焊接工艺	702
1.2 焊条电弧焊的特点	391	4.5 窄间隙熔化极气体保护电弧焊(NG-GMAW)	776
1.3 焊条电弧焊工艺方法	392	4.6 现代先进的熔化极气体保护焊焊接方法	780
1.4 焊条电弧焊的优缺点及适用范围	393	4.7 熔化极气体保护焊焊接缺陷的成因和解决措施	802
1.5 焊条电弧焊设备及辅助机具	395	第 5 章 等离子弧焊	804
1.6 焊条电弧焊的冶金过程	415	5.1 概述	804
1.7 焊条电弧焊工艺与操作技术	434	5.2 等离子弧焊的工艺特点与适用范围	805
第 2 章 埋弧焊	466	5.3 等离子弧焊的分类	806
2.1 概述	466	5.4 等离子弧焊设备	807
2.2 埋弧焊工艺方法	468	5.5 等离子弧焊接的双弧问题	808
2.3 埋弧焊的冶金过程	483	5.6 等离子弧焊工艺	808
2.4 埋弧设备与工艺装备	486	5.7 常见缺陷及其原因与对策	813
2.5 埋弧焊工艺及技术	535	第 6 章 电弧螺柱焊	814
第 3 章 钨极惰性气体保护焊	563	6.1 螺柱焊机的分类	814
3.1 概述	563	6.2 螺柱焊接设备	814
3.2 钨极惰性气体保护焊工艺方法	565	6.3 螺柱焊焊接材料	816
3.3 钨极惰性气体保护焊设备	569	6.4 焊接工艺	818
3.4 GTAW 工艺与操作技术	648	第 7 章 电渣焊	823
第 4 章 熔化极气体保护电弧焊	675		
4.1 概述	675		
4.2 基本原理	676		

7.1	电渣焊过程及特点	823	10.2	气体火焰切割	847
7.2	电渣焊种类、适用范围	824	10.3	等离子弧切割	863
7.3	电渣焊设备	827	10.4	激光切割	872
第8章	气电立焊	831	10.5	热切割方法的比较与选择	877
8.1	操作原理	831	10.6	切割的机械化和自动化	879
8.2	优缺点	831	第11章	其他焊接	887
8.3	适用范围	832	11.1	电子束焊	887
8.4	焊接设备	832	11.2	激光焊	901
8.5	焊接材料	833	11.3	摩擦焊	914
8.6	焊接工艺	834	11.4	焊接质量与安全技术	926
第9章	高频焊	836	第12章	焊接生产过程的机械化和自 动化	928
9.1	高频焊概述	836	12.1	概述	928
9.2	高频焊设备	840	12.2	自动化焊接装备	929
9.3	典型高频焊焊接工艺	841	12.3	焊接机器人系统	975
第10章	热切割	847	12.4	应用实例	992
10.1	热切割及其分类	847			

第5篇 焊接生产管理及其质量控制

第1章	全面质量管理	1040	5.1	概述	1112
1.1	概述	1040	5.2	焊接安全与卫生法规和标准	1114
1.2	焊接工程全面质量管理工作 程序	1042	5.3	焊接安全技术	1121
1.3	关于第三方检验	1056	5.4	特殊环境下的焊接与切割作业安全 要求	1137
第2章	焊接工艺过程设计	1057	5.5	焊接劳动卫生防护	1140
2.1	概述	1057	第6章	焊接信息化	1154
2.2	焊接工艺过程分析	1063	6.1	焊前设计中的信息化及其应用	1154
2.3	工艺方案的确定	1072	6.2	焊接生产及质量管理信息化及其 应用	1159
2.4	工艺规程的编制	1073	6.3	焊接标准、焊接人员的信息化 管理	1162
2.5	工艺过程设计中的工艺选择	1075	6.4	现代焊接教育与培训信息化及其 应用	1165
第3章	焊接工艺评定及焊接工艺 规程	1079	第7章	焊接工装夹具	1168
3.1	概述	1079	7.1	工装夹具的作用、分类及特点	1168
3.2	焊接工艺评定的主要内容和一般工作 流程	1079	7.2	焊接工装夹具的设计	1169
3.3	焊接工艺规程的主要内容和一般工作 流程	1088	7.3	定位器	1171
3.4	国内常用焊接工艺评定标准或规范的 差异	1089	7.4	压夹器	1175
第4章	焊接质量检验方法	1097	7.5	拉紧及推撑夹具	1178
4.1	概述	1097	7.6	组合夹具	1179
4.2	破坏性检验	1097	7.7	焊接机械装置	1182
4.3	非破坏性检验	1102	7.8	装焊组合装置	1189
第5章	焊接安全与卫生防护	1112	7.9	焊接辅助机械装置	1190
			7.10	焊接机器人及其应用	1195

附 录

附录 1 《压力容器焊接规程》NB/T 47015—2011 第三章第 3.4.1 条	1200	2011 第六章第 6.1.9 条	1207
附录 2 《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014—2011 第六章第 6.1、6.2 节	1201	附录 5 《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 第六章第 6.1.1 条	1208
附录 3 《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 第六章第 6.6 节	1204	附录 6 《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 第六章第 6.2、6.3 节	1209
附录 4 《钢结构焊接规范》GB 50661—2011 第六章第 6.1.9 条	1207	附录 7 《铁路钢桥制造规范》TB 10212—2009 附录 C 第 C1.2、C1.3、C1.4 条	1212
索引	1213		
参考文献	1219		



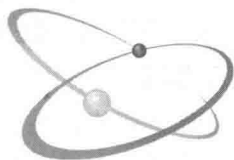
第 1 篇

焊接理论基础知识

篇主编 谢 琦

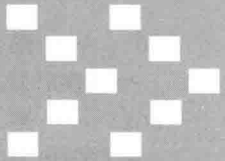
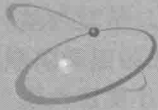
撰 稿 谢 琦 张 迪 李业绩 刘 菲 谢晋平
马计平 李 侠

审 稿 唐伯钢



第1章

焊接热过程



1.1 概述

按照国际焊接学会的定义,焊接是指通过加热或加压或二者并用,使用或不使用填充材料,使被焊材料实现原子间的结合,形成永久连接的工艺。焊接使用的能源主要是热能和机械能,其中热能源是目前应用最为广泛的焊接能源。本章讨论的即为使用热能源,实现熔化焊的焊接热过程。

1.1.1 焊接的一般过程

就应用最为广泛的熔化焊而言,焊接接头一般经历加热→熔化→冶金反应→凝固结晶→固态相变→形成接头的过程(见图1-1-1)。可见,焊接热过程是被焊材料受到焊接热源的作用,而经历的加热、熔化、凝固和冷却过程。

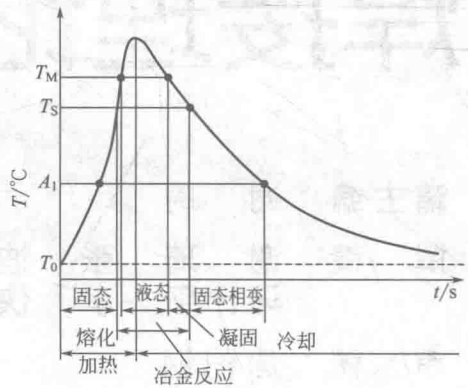


图1-1-1 熔化焊焊缝金属经历的过程

T_M —金属的熔化温度(液相线); T_S —金属的凝固温度(固相线); A_1 —金属的 A_1 转变温度; T_0 —初始温度

1.1.2 焊接热过程的特点

焊接热过程涉及焊接传热、焊缝金属的组织转变及由温度变化和组织转变引起的应力应变等物理化学过程,远复杂于一般热处理条件下的热过程,其特点主要集中在以下四个方面。

(1) 焊接热过程的局部集中性 焊接热源集中作用在焊缝及其附近区域,并在短时间内形成焊接接头,而不是均匀加热整个焊件。因此,被焊材料在焊接过程中局部受热,且加热和冷却过程极不均匀。

(2) 焊接热源的运动性 焊接过程中热源是运动的,不仅焊件受热区域不断变化,而且焊件上各点的温度也随时间不断变化。所以,焊接热过程实际上是准稳态过程。

(3) 焊接热源的瞬时性 焊接热源能量高度集中且加热区域较小,焊接速度较快,导致焊接加热速度和冷却速度很快,这与一般热处理工件缓慢加热的传热过程有很大区别。

(4) 焊接传热的复合性 焊接热过程中涉及各种传热方式,是复合传热过程。在熔池内部,焊接传热以液态金属的对流为主;而在熔池外部,以固态热传导为主,并辅以蒸发和辐射换热。

1.1.3 焊接热过程对焊接质量的影响

焊接热过程决定了焊缝区及热影响区的组织性能、焊接接头的应力状态等,对焊接质量有显著影响。另外焊接热过程也是影响焊接生产效率的重要因素。

焊接热过程决定了焊接熔池的温度和存在时间,直接影响焊缝金属的焊接冶金过程。在