



技术能手书系

HANGONG SHIYONG JISHU SHOUC

焊工

实用技术 手册

徐 淼 / 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

技术能手书系

内容简介

焊工实用技术手册

徐 森 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本手册侧重于焊接工艺方法的介绍,更注重实用性。主要包括:焊接基础知识;焊接设备及调试;焊接材料;常用焊接技术;常用金属材料的焊接;异种金属材料的焊接;典型焊接钢结构;焊接缺陷与检验等。本手册适当删减了部分理论内容,增加了大量的实用技术数据,以便焊接工作者在生产施工过程中查阅。

本手册是现场焊接工程技术人员和技术工人的工具书,为各行业焊工在生产过程中对焊接设备、材料、工艺方法的选择提供方便,可作为提高焊工理论知识和实际操作技能的学习用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

焊工实用技术手册/徐森主编. —北京:电子工业出版社,2008.6
(技术能手书系)

ISBN 978-7-121-06724-2

I. 焊… II. 徐… III. 焊接-技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 071337 号

策划编辑:徐 静

责任编辑:宋兆武 史鹏举

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:880×1230 1/64 印张:16.25 字数:935 千字

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

编写委员会

主编	徐 森			
编者	徐 森	刘春玲	张忠狮	谢长忠
	艾春平	余 莉	高 霞	郭永清
	励凌峰	王文荻	陈玲玲	程美玲
	王亚龙	崔 俊	李 茵	金 英
	刘 璐	李春亮	汪时武	陈一永
	徐寅生	王元龙	赵学鹏	丁 浩
	王新华	张志刚	杨昌明	满维龙
	戴胡斌	程国元	夏红民	冯宪民
	袁荷伟	魏金营	杨 波	张露露

前言

焊接技术被广泛应用于船舶、车辆、航空航天、锅炉、压力容器、机电、冶炼设备、石油化工机械、矿山、起重、建筑及国防等各个行业。正是由于焊接技术的广泛应用,所以焊接的质量、可靠性、安全性是关系国计民生的大事。

我国焊接行业经过 40 多年的发展壮大,目前已形成一批有一定规模的企业,基本上满足国民经济的需求。在科学技术飞速发展的今天,焊接业已经完成了其自身的发展和进步,焊接已经从一种传统的热加工工艺发展到了集结构、力学、电子等多门类科学为一体的综合工程学科。而且,随着相关学科技术的发展和进步,不断有新的知识融合到焊接技术之中。加入 WTO 后,作为全球经济活力最强的国家,我国焊接工业的发展充满了机遇和挑战。面对新的形势,广大焊工迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域相关的新技能。为此,我们组织编写了这本手册。

本手册编委会邀请有关专家和教授就各自擅长的领域分工编写,编写时综合考虑实际需要和篇幅容量,在取材上遵循实用和精练的原则;在形式上,力争做到通俗易懂。本手册系统地介绍了有关的最新国家标准、最必要的基础知识、最实用的产品资料、最有效的维护技术。本手册的数据可靠、资料翔实、方法实用。

本手册由徐森高级工程师主编,参加编写的还有刘春玲、张忠狮、谢长忠、艾春平、余莉、高霞、郭永清、励凌峰、王文荻、陈玲玲、程美玲、王亚龙、崔俊、李茵、金英、刘璐、李春亮、汪时武、陈

一永、徐寅生、王元龙、赵学鹏、丁浩、王新华、张志刚、杨昌明、满维龙、戴胡斌、程国元、夏红民、冯宪民、袁荷伟、魏金营、杨波、张露露等同志。本书在编写过程中吸收了大量的培训讲义和同类出版物的精华,融合了编者多年的工作实践经验;同时,得到江苏省焊接协会、南京理工大学机械学院、中国石化扬子石油化工股份有限公司各位领导的大力支持和帮助。在此表示最诚挚的谢意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者
2008.6

目 录

第一章 焊接基础知识

第一节 金属学基础知识..... 1

一、金属材料的分类及
用途 1

二、合金元素在钢中的
作用 12

三、钢中的有害杂质和
有害气体 13

四、钢的性能指标 14

五、钢的晶体结构
和常见组织 19

六、钢的热处理 23

七、钢的焊接性 33

第二节 焊接方法的分类 及其选择 36

一、焊接方法的分类 ... 36

二、焊接方法的选择 ... 43

第三节 焊接接头及焊缝

形式 50

一、焊接接头的特点及
形式 50

二、常用焊接接头的工作
特性 55

三、焊接接头构造的设计
与选择 70

四、焊接接头强度计算
基础 86

五、焊缝符号及标准
方法 98

第四节 焊接应力与 变形 107

一、焊接应力和变形的
形成过程 107

二、焊接应力 121

三、焊接残余变形 134

第二章 焊接设备及调试

第一节 焊接设备 149

一、焊接设备的选用 ... 149

二、电弧设备 161

第二节 焊接设备的调试 ... 249

一、各种焊机的调试 ... 249

二、辅助设备的调试 ... 254

第三章 焊接材料

第一节 焊条 267

一、焊条的组成及

作用 267

二、焊条的选择

和使用 272

第二节 焊丝 278

一、焊丝的分类及

特点 278

二、焊丝的正确使用和

保管 285

第三节 焊剂 285

一、埋弧焊剂的分类 ... 285

二、埋弧焊剂型号、牌

号的编制 286

第四节 钎料 294

一、钎料的分类及

型号编制 294

二、硬钎料的成分、性

能及作用 297

三、软钎料的成分、性

能及用途 315

第五节 其他焊接材料 ... 332

一、气体保护焊用

气体 332

二、气体保护焊用

钨极材料 336

三、碳弧气刨用碳

电极 336

第四章 常用焊接技术

第一节 手工电弧焊	340	与切割	442
一、手工电弧焊构成 ...	340	一、等离子弧的形成、	
二、手工电弧焊的基本		类型与特点	442
操作技术	358	二、等离子弧焊接	445
三、手工电弧焊焊接缺		三、等离子弧切割	455
陷及防止措施	377	第六节 气焊与气割	488
第二节 埋弧焊	379	一、气焊工艺	488
一、埋弧焊特点及		二、气割工艺	517
工艺参数	379	第七节 电阻焊	526
二、埋弧焊操作技术 ...	383	一、电阻焊的工作原理、	
第三节 钨极氩弧焊	393	分类、特点及应用	
一、钨极氩弧焊的特点		范围	526
及应用	393	二、点焊工艺	529
二、钨极氩弧焊		三、缝焊工艺	556
工艺参数	398	四、对焊工艺	561
三、钨极氩弧焊操作		第八节 电渣焊	568
技术	401	一、电渣焊的特点、分	
第四节 CO ₂ 气体		类及应用范围	568
保护焊	420	二、电渣焊操作技术 ...	569
一、CO ₂ 气体保护焊特点		第九节 钎焊及扩散焊 ...	581
及工艺参数	420	一、钎焊方法和	
二、CO ₂ 气体保护电弧焊		生产工艺	581
焊接技术	423	二、扩散焊特点、种类	
第五节 等离子弧焊接		和工艺参数	590

第十节 激光焊 597

一、激光焊原理、特点、

应用范围及分类 ... 597

二、激光焊工艺参数 ... 605

第五章 常用金属材料的焊接

第一节 碳钢的焊接 620

一、碳素钢的焊接性 ... 620

二、低碳钢的焊接 621

三、中碳钢的焊接 630

四、高碳钢的焊接 632

第二节 合金结构钢

的焊接 633

一、合金结构钢概述 ... 633

二、合金结构钢的

焊接 634

第三节 耐热钢的焊接 ... 649

一、常用耐热钢的

力学性能 649

二、耐热钢焊接

特点 651

三、珠光体耐热钢

的焊接 652

四、奥氏体型耐热钢

的焊接 656

五、马氏体型耐热钢

的焊接 660

六、铁素体型耐热钢

的焊接 662

第四节 不锈钢的焊接 ... 663

一、不锈钢的分类

及性能 663

二、奥氏体不锈钢的

焊接工艺 679

三、马氏体不锈钢的

焊接 685

四、铁素体不锈钢的

焊接 710

第五节 低温钢的焊接 ... 723

一、低温钢的分类 723

二、低温钢的化学成分

及基本性能 723

三、低温钢的焊接

特点 729

四、焊接材料的选择 ... 729

五、焊接规范 729

六、焊接工艺要点 729

第六节 铸铁的焊接 732

一、铸铁的种类及

性能 732

二、铸铁焊接性分析 ...	735	三、焊接方法的选择 ...	789
三、铸铁焊接		四、焊接材料的选择 ...	789
方法简介	740	五、焊前准备	791
第七节 铝及铝合金的		六、焊接工艺	791
焊接	742	第九节 钛及钛合金的	
一、铝及铝合金的		焊接技术	800
可焊性	742	一、钛及钛合金	
二、铝及铝合金的牌号		的性能	801
和基本性能	743	二、钛及钛合金	
三、铝及铝合金的		的焊接性	804
焊接特点	743	三、焊前的准备	811
四、铝及铝合金焊接		四、钛的焊接工艺	
材料的选择	747	与材料	813
五、铝及铝合金焊件焊前、		五、钛及钛合金焊接	
焊后的清理	753	工艺参数的选择 ...	820
六、焊接工艺	755	六、惰性气体保护焊	
七、钨极氩弧		操作要点	826
焊 (TIG)	759	第十节 镁合金的焊接 ...	830
八、熔化极氩弧焊	771	一、镁合金的分类	830
九、熔化极氩		二、镁合金的基本	
弧点焊	779	性能	830
十、电阻焊	780	三、镁合金的焊接	
第八节 铜及铜合金的		特点	831
焊接	782	四、镁合金的焊前	
一、铜及铜合金的分类、		准备	833
性能及成分	782	五、镁合金的焊接	
二、铜及铜合金的		工艺	834
焊接特点	782	六、镁合金焊接	

工艺参数	835
七、镁合金缺陷的	
焊补	837
第十一节 铅的焊接	838

一、铅的主要性质	838
二、铅的焊接特点	838
三、焊接工艺	838

第六章 异种金属材料的焊接

第一节 异种金属焊接	
原理	844
一、异种金属的	
焊接性	844
二、异种金属焊接的	
主要困难	845
三、异种金属焊接	
接头	847
四、异种金属的	
焊接方法	851
第二节 异种钢的	
焊接	855
一、异种钢的分类	855
二、异种钢焊接的焊接	
材料、方法及预热、	
焊后热处理	857
三、16Mn 钢与 27SiMn	
钢的焊接实例	879

第三节 铸铁与钢的	
焊接	880
一、铸铁与钢的	
焊接性	880
二、灰铸铁与碳素钢	
的焊接	884
三、可锻铸铁与碳素钢	
的焊接	890
四、球墨铸铁与碳素钢	
的焊接	894
五、铸铁与不锈钢	
的焊接	896

第四节 钢与有色金属	
的焊接	898
一、钢与铝及其合金	
的焊接	898
二、钢与铜及其合金	
的焊接	901

第七章 典型焊接钢结构

第一节 钢结构的特点

及类型 905

一、钢结构的特点 905

二、钢结构的类型 907

第二节 焊接结构

设计基础 912

一、焊接结构采用时应

注意的问题 912

二、焊接结构总体

设计要求 914

三、焊接结构设计中应考

虑的工艺性问题 915

四、合理的接头

设计 916

第三节 压力容器结构

的焊接 919

一、锅炉及压力容器

焊接的特点、分类

及要求 919

二、圆筒形压力容器的

生产工艺 922

三、球形压力容器的

生产工艺 932

第四节 网架结构

的焊接 940

一、焊接空心球

节点 940

二、焊接钢板节点 943

三、焊接钢管节点 946

四、焊接鼓节点 946

第五节 梁及柱

的焊接 947

一、梁的焊接 947

二、柱的焊接 968

第六节 桁架起重机

生产工艺 971

一、桁架起重机的

种类 971

二、桁架起重机的

焊接生产 972

第八章 焊接缺陷与检验

第一节 焊接缺陷 975

一、焊接缺陷

的分类 975

二、焊接缺陷的产生

原因、危害和 防止措施 975

第二节 焊接质量

检验 991

一、非破坏性检验 991

二、破坏性检验方法 ... 994

参考文献 1023

第一章 焊接基础知识

第一节 金属学基础知识

一、金属材料的分类及用途

金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。铁、铬、锰及其合金属于黑色金属，除此之外的其他金属均属于有色金属。

(一) 黑色金属的分类

1. 钢的分类

钢是指以铁为主要元素，含碳量一般在2.1%以上，并含有一定数量其他元素的材料。工业用钢的种类很多，可以按化学成分、力学性能、用途及内部组织等进行分类。采用较多的是按冶炼方法、品质和用途分类。

(1) 按冶炼方法分类 分为平炉钢、转炉钢、电炉钢、炉外精炼钢。平炉钢的主要品种是碳素钢、低合金钢和部分合金钢；转炉钢的主要品种为碳素钢、低合金钢和少量合金钢；电炉钢的主要品种为优质钢和合金钢；炉外精炼钢的主要品种为特殊质量碳素钢、低合金钢和合金钢。

(2) 按脱氧程度分类 分为沸腾钢、镇静钢、半镇静钢。

(3) 按品质分类 分为普通钢、优质钢、高级优质钢。普通钢含杂质较多，其中硫、磷含量分别 $\leq 0.055\%$ 和 $\leq 0.045\%$ ，用于建筑结构和要求不太高的机械零件。属于这类钢的有普通碳素钢、普通低合金钢等。优质钢杂质较少，质量较好，其中硫、磷含量均应 $\leq 0.040\%$ ，主要用做机械结构零件和工具。属于这类钢的有优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢等。高级优质钢含杂质极少，其中硫、磷含量均应 $\leq 0.030\%$ ，主要用做重要的机械零件和工具，属于这类钢的大多是合金结构钢和工具钢。这类钢的钢号后面加符号“A”标示。

(4) 按用途分类 分为结构钢、工具钢、特殊钢和专业用钢。结构钢是焊接结构中常用的钢种，广泛地用于建造厂房、船舶、锅炉、桥梁，有良好的焊接性，多在热轧或正火状态下使用。

非合金钢、低合金钢和合金钢中合金元素规定的界限值见表1-1。

表 1-1 非合金钢、低合金钢和合金钢中合金元素规定的界限值

合金元素	质量分数的界限值/%			合金元素	质量分数的界限值/%		
	非合金钢	低合金钢	合金钢		非合金钢	低合金钢	合金钢
Al	<0.0	—	≥ 0.10	Pb	<0.40	—	≥ 0.40
B	<0.0	—	≥ 0.0005	Se	<0.10	—	≥ 0.10
Bi	<0.0	—	≥ 0.10	Si	<0.50	0.50~<0.90	≥ 0.90
Cr	<0.0	0.03~<0.50	≥ 0.50	Te	<0.10	—	≥ 0.10
Co	<0.0	—	≥ 0.10	Ti	<0.05	0.05~<0.13	≥ 0.13
Cu	<0.0	0.10~<0.50	≥ 0.50	W	<0.10	—	≥ 0.10
Mn	<0.0	1.00~<1.40	≥ 1.40	V	<0.04	0.04~<0.12	≥ 0.12
No	<0.0	0.05~<0.10	≥ 0.10	Zr	<0.05	0.05~<0.12	≥ 0.12
Ni	<0.0	0.03~<0.50	≥ 0.50	La 系	<0.02	0.02~<0.05	≥ 0.05
Nb	<0.0	0.02~<0.06	≥ 0.06	其他	<0.05	—	≥ 0.05

注：La 系元素的质量分数，也可为混合稀土总质量分数。

2. 铸铁的分类

铸铁是以铸造方法获得的含碳量大于 2.1% 的铁碳合金，含有一定量的硅、锰元素及硫、磷杂质。按碳的析出状态和断口颜色分为灰口铸铁、白口铸铁和麻口铸铁。按石墨形状和大小分为灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁和蠕墨铸铁。

(二) 常用钢铁材料及用途

焊接结构的零部件通常需要经过加工成形——焊接——焊后热处理等工序，这就要求材料具有良好的工艺性能。工艺性能包括金属的焊接性，切削性，冷、热加工性，热处理性，可锻性，组织均匀稳定性及大截面的淬透性等。在考虑材料成本的同时还应考虑材料加工、焊接难易程度不同对制造费用的影响。

常用钢材的品种及规格见表 1-2。低合金钢的用途和特性见表 1-3。对建筑结构用钢材的力学性能要求见表 1-4。

表 1-2 常用钢材的品种及规格

类别	品种	产品及规格		类别	品种	产品及规格	
		名称	厚度/mm			名称	厚度/mm
普通钢板 (包括普通钢和低合金钢)	热扎普通厚钢板 (厚度 > 4mm)	桥梁用钢板	4.5~50	优质钢板	热轧优质 厚钢板(厚 度 > 4mm)	碳素结构钢板	0.5~60
		造船用钢板	1.0~120			合金结构钢板	0.5~30
		汽车大梁用钢板	2.5~12			碳素和合金工具钢板	0.7~20
		锅炉钢板	6~120			高速工具钢板	1.0~10
		压力容器用钢板	6~120			弹簧钢板	0.7~20
	热扎普通薄钢板 (厚度 ≤ 4mm)	普通碳素钢板	0.3~200		热轧优质 薄钢板(厚 度 ≤ 4mm)	滚动轴承钢板	1.0~8
		低合金钢板	1.0~200			不锈钢板	0.4~25
		花纹钢板	2.5~8.0				
	冷扎普通薄钢板 (厚度 ≤ 4mm)	镀锌薄钢板	0.25~2.5	复合钢板	冷扎优质 薄钢板(厚 度 ≤ 4mm)	耐热钢板	4.5~35
		镀锡薄钢板	0.1~0.5			不锈钢复合厚钢板	4~60
		镀铅薄钢板	0.9~1.2			塑料复合薄钢板	0.35~2.0
		彩色涂层钢板	0.3~2.0			犁铧用三层钢板	4~60