

SHIYONG HANJIE GONGCHENGSHI SHOUCE

实用 焊接工程师 手册

张能武 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

SHIYONG HANJIE GONGCHENGSHI SHOUCHE

实用 焊接工程师 手册

张能武 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本手册主要介绍了焊接基础知识、焊接材料、焊接设备及调试、常用焊接技术、常用金属材料的焊接、异种金属材料的焊接、典型钢结构的焊接、焊接质量与检验等知识。在编写过程中，理论内容尽量少而通俗易懂，注重操作技能和生产实例，生产实例均来自于生产实际，并吸取一线工人师傅的经验总结，书中所用名词、术语、标准等均贯彻了最新国家标准。

本手册在内容组织和编排上强调实用性和可操作性，从焊接工程师必须掌握的基础知识入手，深入浅出地对不同的焊接技术进行了讲解，力求能满足各类焊接人员自学和发展的需要，是各类焊接人员、各行业的焊接修理人员实际操作的参考书，同时也可作为金属焊接技术的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

实用焊接工程师手册/张能武主编. —北京: 中国电力出版社, 2017.7

ISBN 978-7-5198-0309-4

I. ①实… II. ①张… III. ①焊接-技术手册 IV. ①TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 010780 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 刘 焜

责任校对: 李 楠

装帧设计: 王英磊 张 娟

责任印制: 蔺义舟

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2017 年 7 月第一版

印 次: 2017 年 7 月北京第一次印刷

开 本: 850 毫米×1168 毫米 32 开本

印 张: 36.625

字 数: 1032 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 98.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换



前 言

焊接技术被广泛应用于机械制造、造船、车辆、建筑、航空、航天、锅炉、压力容器、电工电子、石油化工机械、矿山、起重及国防等各个行业。随着现代科学的进步，焊接新工艺、新材料、新装备不断涌现，现代化、自动化水平不断提高，为了满足焊接工程师和技术工人不断提高理论技术水平和实际动手操作技能的需求，组织编写了本手册。

本手册主要介绍了焊接基础知识、焊接材料、焊接设备及调试、常用焊接技术、常用金属材料的焊接、异种金属材料的焊接、典型钢结构的焊接、焊接质量与检验等知识。在编写过程中，理论内容尽量少而通俗易懂，注重操作技能和生产实例，生产实例均来自于生产实际，并吸取一线工人师傅的经验总结，书中所用名词、术语、标准等均贯彻了最新国家标准。

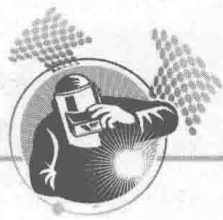
本手册在内容组织和编排上强调实用性和可操作性，从焊接工程师必须掌握的基础知识入手，深入浅出地对不同的焊接技术进行了讲解，力求能满足各类焊接人员自学和提高自己的需要，是各类焊接人员、各行业的焊接修理人员实际操作的参考书，同时也可作为金属焊接技术的培训教材。

本手册由张能武担任主编，参加编写的人员还有宋志斌、

周斌兴、邵健萍、陶荣伟、陈伟、邓杨、唐艳玲、唐雄辉、许君辉、蒋超、王首中、张云龙、冯立正、龚庆华、王华、祝海钦、刘振阳、莫益栋、陈思、朱立芹、林诚也、黄波、杨杰、陈超、陆逸洲、杨飏、仇学谦、陈妙、胡欣、钟建跃、李恺、顾超、张文佳、黄宇驰、李丽华、施文君、翁学明、徐之萱。在编写过程中参考了相关出版物，并得到江南大学机械工程学院、江苏省机械工程学会等单位的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者



目 录

前言

第一章 | 焊接基础知识

第一节 金属学基本知识	1
一、金属材料的分类	1
(一) 钢铁材料的分类	1
(二) 有色金属材料的分类及常见的有色金属	11
二、金属材料的性能指标简介	14
(一) 物理性能	14
(二) 化学性能	17
(三) 力学性能	18
(四) 工艺性能	25
三、常用金属材料的主要性能	38
四、常用元素对金属材料性能的影响	45
五、钢的焊接性	50
六、常用金属材料的特性和用途	52
第二节 焊接基础知识	100
一、焊接电路	100
二、焊接方法的分类与选择	101
(一) 焊接方法的分类	101
(二) 焊接方法的选择	106

三、焊接接头及焊缝形式	113
(一) 焊接接头的特点及形式	113
(二) 焊缝	116
四、焊接应力和变形	123
(一) 焊接应力和变形产生的原因及对焊接结构的影响	123
(二) 焊接残余应力的分布与影响	125
(三) 控制焊接残余应力的措施	127
(四) 消除焊接残余应力的方法	130
(五) 焊接残余变形的基本形式、影响因素及矫正措施	133
五、焊工安全技术	144
(一) 焊接的有害因素	144
(二) 焊接卫生措施	145
(三) 焊接与切割劳动保护技术	148
(四) 焊接电源的安全措施	152
(五) 焊钳和焊接电缆的安全要求	154
(六) 焊条电弧焊安全技术	156
(七) 气体保护焊安全技术	157
(八) 埋弧焊安全技术	158
(九) 等离子弧焊接与切割安全技术	159
(十) 电阻焊安全技术	160
(十一) 碳弧气刨安全技术	160
(十二) 容器焊接作业安全技术	161
(十三) 电焊工高处作业安全技术	162
(十四) 焊接作业的防火防爆措施	163
(十五) 触电急救	163

第二章 | 焊接材料

第一节 焊条	166
一、焊条的组成及作用	166

(一) 焊芯	166
(二) 药皮	168
二、焊条的类型、选择和用途	171
(一) 碳钢焊条	171
(二) 加强钢焊条	178
(三) 结构钢焊条	181
(四) 堆焊焊条	184
(五) 铸铁焊条	187
(六) 铝及铝合金焊条	188
(七) 铜及铜合金焊条	189
(八) 镍及镍合金焊条	190
(九) 不锈钢焊条	192
(十) 有色金属焊条	193
(十一) 低合金钢焊条	195
三、焊条的选用、保管及使用	198
第二节 焊丝	200
一、焊丝的分类	200
(一) 实芯焊丝的分类	200
(二) 药芯焊丝的分类	202
二、焊丝的品种、偏差及焊接规范	205
(一) 铸铁焊丝	205
(二) 埋弧焊用碳钢焊丝	206
(三) 埋弧焊用低合金钢焊丝	208
(四) 碳钢药芯焊丝	209
(五) 低合金钢药芯焊丝	214
(六) 埋弧焊用不锈钢焊丝	215
(七) 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝	216
(八) 低合金钢药芯焊丝	219

(九) 不锈钢药芯焊丝	227
(十) 铜及铜合金焊丝	230
(十一) 铝及铝合金焊丝	231
(十二) 镁合金焊丝	232
(十三) 镍及镍合金焊丝	233
三、焊丝的选用和保管	234
(一) 焊丝的选用	234
(二) 焊丝的储存与保管	235
第三节 焊剂	236
一、埋弧焊剂的分类	236
二、埋弧焊剂型号、牌号的编制	237
(一) 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂 (GB/T 12470—2003)	237
(二) 碳素钢埋弧焊用焊剂 (GB/T 5293—1999《埋弧焊用 碳钢焊丝和焊剂》)	238
(三) 国产焊剂牌号的表示方法	240
三、焊剂的基本要求及原则	244
第四节 钎料和钎剂	246
一、钎料的分类及型号	246
二、硬钎料的类型、规格及用途	246
三、软钎料的类型、规格及用途	253
四、钎剂的分类、规格与用途	256
五、钎料与钎剂的选用	261
(一) 钎料的选择	261
(二) 钎剂的选择和使用	261
(三) 钎焊常用钎料及钎剂的选用	263
第五节 其他焊接材料	272
一、气体保护焊用气体	272
二、气体保护焊用钨极材料	276

三、碳弧气刨用碳电极	276
------------------	-----

第三章 | 焊接设备及调试

第一节 焊接设备	278
一、焊接设备的分类与型号	278
二、焊接设备的选用	283
三、弧焊电源的特性	284
四、常用手工弧焊设备	289
(一) 弧焊变压器	289
(二) 焊接整流器	293
(三) 逆变弧焊电源	295
(四) 直流弧焊发电机	299
(五) 钨极氩弧焊机	301
五、埋弧焊设备	304
(一) 埋弧焊的操作特点	304
(二) 埋弧自动焊机	305
(三) 机械化埋弧焊机	311
六、气体保护焊机	317
(一) 气体保护焊机的分类	317
(二) 气电焊机的组成	320
(三) 气体保护焊设备的选用	325
七、电阻焊机	328
(一) 电阻焊机的分类	328
(二) 电阻焊机的组成及主要作用	330
(三) 常用电阻焊机的主要技术数据及用途	330
八、电渣焊设备	331
(一) 电渣焊的原理及特点	331
(二) 焊接电源	332
(三) 电渣焊机结构	333

(四) 常用电渣焊机的技术数据	335
九、等离子弧焊机	337
(一) 等离子弧焊机的分类和组成	337
(二) 等离子弧焊机的型号及技术数据	343
十、其他焊接设备	346
(一) 激光焊设备	346
(二) 电子束焊机	349
(三) 摩擦焊机	351
(四) 焊接机器人简介	355
第二节 焊接设备的调试与维护	358
一、焊机调试的内容	358
二、几种常用焊机的调试	360
(一) 交流弧焊机的调试	360
(二) 手工钨极氩弧焊机的调试	360
(三) 半自动 CO ₂ 气体保护焊机的调试	362
三、辅助设备的调试	362
(一) 焊接操作机的调试	363
(二) 焊接滚轮架的调试	368
四、焊接设备的维护	371
(一) 焊条电弧焊设备的维护	371
(二) 埋弧焊设备的维护	378
(三) 熔化极气体保护焊设备的维护	382
(四) 钨极氩弧焊设备维护	386
(五) 电渣焊设备维护和保养	389

第四章 | 常用焊接技术

第一节 焊条电弧焊	391
一、焊条电弧焊的特点和应用范围	391
(一) 焊条电弧焊的特点	391

(二) 应用范围	392
二、焊条电弧焊常用工具	392
三、焊接电弧和焊条	398
(一) 焊接电弧	398
(二) 电焊条	400
四、焊条电弧焊机	407
五、操作技能	412
(一) 焊接参数的选择	412
(二) 焊条电弧焊基本操作	423
(三) 焊条电弧焊不同位置的操作技能	431
六、常见焊条电弧焊缺陷及预防措施	461
第二节 埋弧焊	464
一、埋弧焊的工作原理、特点及应用范围	464
二、焊接工艺参数	466
(一) 焊接电源	466
(二) 焊接速度	466
(三) 焊接工艺参数对焊缝质量的影响	467
(四) 不同接头形式的焊接	471
(五) 焊件位置	472
(六) 焊丝直径、倾角及伸出长度	472
(七) 装配定位焊和衬垫单面焊双面成形	473
(八) 焊接工艺参数的选择方法	475
三、埋弧焊的规范选择	476
四、操作技能	476
(一) 焊前准备	476
(二) 基本操作	477
(三) 对接直缝的焊接操作技能	479
(四) 埋弧焊的堆焊操作技能	485

(五) 角焊缝的焊接操作技能	488
(六) 环缝对接焊的操作技能	489
五、埋弧焊的常见缺陷与预防措施	495
第三节 等离子弧焊接与切割	497
一、等离子弧的形成、类型与特点	497
二、等离子弧焊接的应用范围	501
三、等离子弧焊接工艺参数	501
四、等离子弧切割工艺	504
五、等离子弧焊与切割基本方法	519
(一) 等离子弧焊	519
(二) 等离子弧切割	521
六、等离子弧切割常见故障、原因及改善措施	532
第四节 电渣焊	534
一、电渣焊的特点、分类与应用范围	534
二、各类电渣焊焊接工艺参数	537
(一) 丝极电渣焊焊接工艺参数	537
(二) 熔嘴电渣焊焊接工艺参数	540
(三) 板极电渣焊焊接工艺参数	542
(四) 管极电渣焊焊接工艺参数	543
(五) 焊接参数对焊缝成形的影响	545
三、电渣焊焊前准备	546
四、电渣焊操作技能	549
(一) 电渣焊操作时的注意事项	549
(二) 直缝丝极电渣焊的操作技能	550
(三) 环缝丝极电渣焊的操作技能	558
(四) 熔嘴电渣焊的操作技能	566
(五) 丝极电渣焊的操作技能	570
(六) 板极电渣焊的操作技能	574

(七) 管极电渣焊的操作技能	575
五、电渣焊焊后热处理	577
六、电渣焊常见故障、原因及预防措施	577
第五节 电阻焊	580
一、电阻焊的特点及应用范围	580
二、点焊	580
(一) 点焊原理、特点及应用范围	580
(二) 点焊过程	581
(三) 点焊结构设计	585
(四) 点焊机的正确使用方法	589
(五) 点焊顺序和点焊方法	590
(六) 常用金属材料的焊接参数	592
(七) 点焊操作技能	601
(八) 点焊常见影响质量的因素及控制措施	610
三、缝焊	614
(一) 缝焊原理、特点及应用范围	614
(二) 缝焊的基本形式	615
(三) 缝焊机的正确使用方法	616
(四) 常用金属材料缝焊焊接参数	618
(五) 缝焊的操作技能	625
(六) 缝焊常缺陷及排除方法	630
四、凸焊	630
(一) 凸焊原理、特点及应用范围	630
(二) 凸焊参数的选择	632
(三) 凸焊焊接工艺	636
(四) 凸点位移的原因及预防措施	638
五、对焊	639
(一) 对焊的原理、特点及应用范围	639

(二) 对焊焊接参数的选择	642
(三) 对焊焊接工艺	650
(四) 对焊常见缺陷及预防措施	653
第六节 气焊与气割	654
一、气焊	654
(一) 气焊的特点与应用范围	654
(二) 气焊焊接工艺的规范与选择	656
(三) 气焊焊前准备	656
(四) 气焊基本操作	657
(五) T形接头和搭接接头的气焊操作技能	662
(六) 各种焊接位置气焊的操作技能	663
(七) 管子的气焊操作技能	670
二、气割	675
(一) 气割的特点与应用范围	675
(二) 气割的应用条件	677
(三) 常用金属材料的气割性能	680
(四) 气割基本操作技能	680
第七节 氩弧焊	696
一、氩弧焊的分类及应用范围	696
二、氩气的保护效果	698
三、氩弧焊焊接规范	699
四、氩弧焊焊接工艺	703
五、焊接操作技能	706
(一) 自动钨极氩弧焊的操作技能	706
(二) 手动钨极氩弧焊的操作技能	712
(三) 熔化极氩弧焊的操作技能	722
六、管道氩弧焊的操作技能	746
(一) 小直径管的钨极氩弧焊	746

(二) 管道氩弧打底焊	748
七、管板氩弧焊的操作技能	750
八、薄板的氩弧焊的操作技能	751
九、氩弧焊的缺陷与防止	753
第八节 二氧化碳气体保护焊	757
一、二氧化碳气体保护焊的工作原理、特点及应用范围	757
二、二氧化碳气体保护焊的分类	759
三、CO ₂ 气体保护焊熔滴过渡形式、特点及应用范围	759
(一) CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡形式	759
(二) CO ₂ 气体保护焊三种熔滴过渡形式的特点及应用范围	761
四、二氧化碳气体保护的飞溅	762
五、CO ₂ 气体的性质、提纯措施及选用	763
六、常用二氧化碳气体保护焊焊机的型号参数和故障维修	765
七、二氧化碳气体保护焊焊接参数的选用	770
八、二氧化碳气体保护焊的基本操作	784
(一) 焊枪操作的基本要领	784
(二) 引弧	786
(三) 左焊法和右焊法	787
(四) 运弧	788
(五) 收弧	788
(六) 焊缝的始端、弧坑及接头处理	789
九、各种位置的焊接操作技能	791
(一) 平板对接平焊操作技能	791
(二) 平板对接立焊操作技能	798
(三) 平板对接横焊操作技能	800
(四) 平板对接仰焊操作技能	801
(五) 环缝焊接操作技能	804
十、CO ₂ 焊的常见焊接缺陷及预防措施	806

十一、药芯焊丝气体保护焊	809
(一) 药芯焊丝气体保护原理、特点及用途	809
(二) 药芯焊丝 CO ₂ 焊焊接参数的选择	810
十二、二氧化碳电弧点焊	815
(一) CO ₂ 电弧点焊的特点及应用范围	815
(二) CO ₂ 电弧点焊工艺	816
第九节 钎焊、扩散焊	818
一、钎焊	818
(一) 钎焊的特点、原理与分类	818
(二) 钎焊焊接工艺	825
二、扩散焊	838
(一) 扩散焊特点	838
(二) 焊接工艺及参数	839
第十节 激光焊	843
一、激光焊的分类、特点及应用范围	843
二、金属材料的激光焊接性	845
三、激光焊接设备	846
(一) 激光焊机的类型、特点和用途	846
(二) 激光焊机的组成	847
四、激光焊工艺	853
(一) 激光焊的焊缝形成及特点	853
(二) 脉冲激光焊焊接工艺及参数	854
(三) 连续激光焊焊接工艺及参数	861
五、典型构件的激光焊	870
第十一节 高频焊	871
一、高频焊的原理、特点、分类及应用范围	871
(一) 高频焊的原理	871
(二) 高频焊的特点	872