

机电工人技术丛书

简明
焊工
手册

洪松涛 彭玮华 张加隆 曹锴荣
编著

第四版

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明焊工手册

(第四版)

洪松涛 彭玮华 编著
张加隆 曹镔荣

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明焊工手册/洪松涛等编著. —4版. —上海:上海科学技术出版社, 2015. 1

(机电工人技术丛书)

ISBN 978-7-5478-2404-7

I. ①简… II. ①洪… III. ①焊工—技术手册

IV. ①TG9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 236281 号

简明焊工手册

洪松涛等编著

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张:13.25

字数:360 千字

1987 年 5 月第 1 版

2015 年 1 月第 4 版 2015 年 1 月第 14 次印刷

ISBN 978-7-5478-2404-7/TG·72

定价:38.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

第四版前言

《简明焊工手册》自 1987 年编写出版以来,经 2003 年第二版、2008 年第三版的连续修订,其内容不断充实和完善,在对工矿企业焊接作业人员的技术指导与技术参考诸方面,发挥了较大的作用,取得了较好的社会效益,获得广大焊工和焊接技术人员的欢迎和好评。

随着时间的推进,现代科学技术不断发展,焊接在现代制造业中的地位与应用不断提高与扩大。这次修订对部分焊接理论的论述进行了适当调整,以提高读者的认知度;并按有关的最新国家技术标准对全书内容进行了修订。

本手册第一版由林圣武、洪松涛、金光明编写;第二版由洪松涛、彭玮华、潘慧珍编写,林圣武审阅;第三版由洪松涛、彭玮华编写;第四版由洪松涛、彭玮华、张加隆、曹镔荣编写,林圣武审阅。

内 容 提 要

本书共分五章。第一章叙述焊工基础知识;其余四章分别叙述焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊、气焊及气割。各种焊接方法中均有应用实例,供读者在阅读与应用时作参考。书后有附录,列出焊缝符号表示法、各种焊缝坡口的形式和尺寸。

本次修订时,对部分内容和应用实例做适当调整,书中涉及国家标准的内容一律按新国标做修订。

本书可供焊工和焊接技术人员阅读。

目 录

第一章 焊工基础知识	1
一、常用焊接钢材	1
1. 钢的力学性能	1
2. 常用钢材的牌号	10
二、常用焊接材料及其应用	29
1. 焊接用气体	29
2. 焊丝及焊条	31
3. 焊剂及气焊熔剂	55
4. 焊接材料的消耗定额	57
三、坡口、接头及焊缝形式	69
四、焊件的预热、消氢及焊后热处理	72
1. 焊前预热	73
2. 消氢处理	74
3. 焊后热处理	74
五、焊接检验	77
1. 焊接缺欠	77
2. 焊接质量的检验方法	77
六、焊工安全操作规程	84
1. 电焊工安全操作规程	84
2. 气焊(割)工安全操作规程	85
七、压力容器的焊接知识简介	87
1. 压力容器的结构特点	87
2. 压力容器接头的类别	88
3. 压力容器用钢及其焊接材料	89

4. 压力容器的焊接工艺评定	90
5. 压力容器焊接缺欠的返修	122
第二章 焊条电弧焊	128
一、焊接设备的选用及故障排除	128
1. 焊接设备及工具	128
2. 电弧焊机的选用	131
3. 电弧焊机常见故障的产生原因及排除方法	142
二、基本操作技能	145
1. 引弧、基本运条及收弧的方法	145
2. 焊接的极性与偏吹	148
3. 各种位置的焊接	149
三、应用实例	159
1. 低压管道和低压容器的焊接	159
2. 高压容器的焊接	161
3. 铸铁件的焊补	163
4. 手工堆焊	166
5. 不锈钢件的焊接	167
6. 锻件缺陷的补焊	170
7. 不锈钢复合钢板的焊接	171
8. 异种钢焊接	174
第三章 埋弧焊	176
一、焊接设备及其使用	176
1. 焊机结构	177
2. 电路原理	182
3. 焊机操作程序	184
4. 埋弧焊机的维护与故障排除	185
5. 埋弧焊机操作的辅助装置	187
二、焊接材料	190
1. 焊丝及焊剂的选用	190
2. 焊剂垫及其应用	192

三、埋弧焊工艺及基本操作技能	195
1. 埋弧焊的焊缝形状和尺寸	195
2. 焊接参数的选择原则及方法	200
3. 焊前准备、焊接及收尾	201
4. 对接焊缝的焊接	202
5. 角接焊缝的焊接	209
6. 焊接参数的选择	211
7. 埋弧焊常见缺欠的产生原因及防止与排除措施	213
四、应用实例	216
1. 碳钢纵缝的焊接	216
2. 低合金钢容器环缝的焊接	218
3. 不锈钢复合钢板的焊接	219
4. 低合金高强度钢的带极堆焊	222
5. 容器大接管的焊接	223
6. 16Mn 钢工字梁的焊接	226
7. 油压机工作缸的焊接	228
8. 大直径、短圆筒工件的焊接	228
第四章 气体保护电弧焊	231
一、钨极氩弧焊	231
1. 焊接设备、材料及其使用	232
2. 手工钨极氩弧焊的基本操作技能	244
3. 手工钨极氩弧焊焊接参数的选择	249
4. 手工钨极氩弧焊焊接过程故障及焊接缺欠	256
二、熔化极氩弧焊	260
1. 熔化极氩弧焊设备	261
2. 熔化极氩弧焊的熔滴过渡	266
3. 熔化极氩弧焊的工艺	266
4. 熔化极氩弧焊焊接过程故障及焊接缺欠	271
5. 熔化极脉冲氩弧焊	274
三、二氧化碳气体保护焊	278

1. 焊接设备、材料及其使用	279
2. 细丝半自动 CO ₂ 气体保护焊的基本操作技能	293
3. 细丝半自动 CO ₂ 气体保护焊焊接参数的选择	298
4. 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	301
5. CO ₂ 气体保护焊常见缺欠的产生原因及防止措施	306
四、应用实例	307
1. 3mm 厚铝合金板(A5083P-0)对接平焊手工钨极氩弧焊	307
2. 8mm 厚铝镁合金板(LF ₃)双人双面手工钨极氩弧焊	309
3. 6mm 厚 16Mn 或 16MnR 钢板 V 形坡口板状焊件立焊	310
4. 低合金高强度钢(20MnMo)容器环缝熔化垫环封底手工钨极氩 弧焊	312
5. 低碳钢小口径管子的手工全位置钨极氩弧焊	313
6. 不锈钢波纹管手工钨极氩弧焊	315
7. 2mm 厚纯铜板的手工钨极氩弧焊	317
8. 纯钛热交换器的手工钨极氩弧焊	318
9. 铸钢阀壳缺陷的手工钨极氩弧补焊	319
10. 铝合金管道自动熔化极氩弧焊	320
11. 车辆骨架及车身的 CO ₂ 气体保护焊	322
12. 鳍片管的半自动 CO ₂ 气体保护焊	323
13. 小直径容器对接焊缝 Ar+CO ₂ 混合气体保护焊	324
14. 大型铸铁齿轮的 CO ₂ 焊修复	326
15. 6mm 厚钢板药芯焊丝半自动 CO ₂ 焊	327
16. 输送机滚筒的 CO ₂ 气体保护焊	329
第五章 气焊及气割	332
一、气焊(割)设备、工具及其使用	332
1. 气瓶	332
2. 减压器	334
3. 回火保险器	337
4. 焊炬	340
5. 割炬	343

6. 气焊、气割的辅助工具	346
二、气焊(割)基本操作技能	347
1. 气焊火焰的性质及其选用	347
2. 气焊操作	350
3. 常用金属材料的气焊	353
4. 气割	356
三、应用实例	365
1. 低碳钢薄板的气焊	365
2. 铜及铝的气焊	366
3. 铬酸电镀池铅衬板的气焊	370
4. 铸铁件的焊补	371
5. 异径三通管的水平固定焊	373
6. 固定管子的气割	374
7. 铆钉的气割	375
8. 直径大于 150mm 铸钢件冒口的气割	375
9. 圆弧板的数控切割	376
附录	379
附录 1 焊缝符号表示法(GB/T 324—2008 摘录)	379
附录 2 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊推荐 坡口和尺寸标准(GB/T 985.1—2008)	394
附录 3 埋弧焊推荐坡口的基本形式和尺寸标准 (GB/T 985.2—2008)	407

第一章 焊工基础知识

一、常用焊接钢材

在工业生产中,金属材料被大量应用于机械制造、交通运输、石油化工、建筑等各个行业,其中钢材是应用最广泛的黑色金属材料,绝大多数焊接结构是由钢材所组成的。

1. 钢的力学性能

钢的力学性能是指钢材抵抗外力的能力。钢材在受到外力作用时,可能会发生变形或断裂。因此,对在不同受力状态下工作的钢材,要提出不同的力学性能要求。另外,焊缝金属的力学性能也是评定焊接质量好坏的重要标志。

钢材力学性能的基本指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳等。

(1) 强度 钢材的强度是指钢材在外力的作用下,抵抗变形和破坏的能力。工程上常用的指标为强度值,强度值是通过钢材标准拉伸试样的拉伸试验而测得的。拉伸试验可遵照国家标准 GB/T 13239—2006《金属材料低温拉伸试验方法》、GB/T 228.1—2010《金属材料拉伸试验第1部分:室温试验方法》与 GB/T 4338—2006《金属材料高温拉伸试验方法》执行。

拉伸试验在拉伸试验机上进行,试样形式可以是材料全截面的,也可以将截面加工成圆形或矩形的标准试样。图 1-1 为常用圆形拉伸试样,拉伸试验过程如图 1-2 所示。

拉伸试验能够清楚地反映出材料受力后所发生的弹性、塑性和断裂三个变形阶段的基本特性。由拉伸试验得出的力学性能指标包括规定非比例延伸强度(R_p)、屈服强度(σ_s)、抗拉强度(R_m)等强度指标,以及断后伸长率(A)、断面收缩率(Z)等塑性指标。

试验时,试验机可自动绘制出拉伸力对伸长的关系曲线,将拉伸

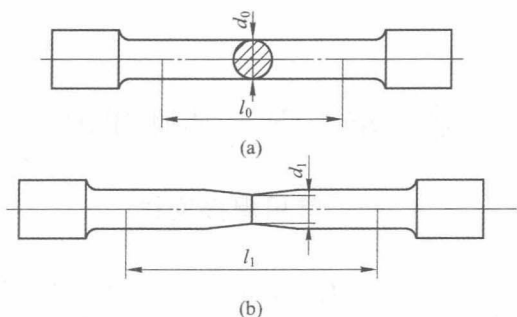


图 1-1 圆形拉伸试样

(a) 拉伸前; (b) 拉伸后

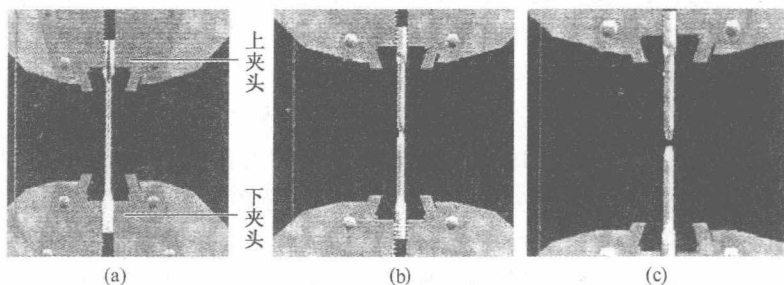
 l_0 —原标距长度; d_0 —试样原始直径; l_1 —拉伸后标距长度; d_1 —拉伸后的直径

图 1-2 拉伸试验过程

(a) 装夹试样; (b) 试样变形; (c) 试样拉断

力-伸长曲线的纵、横坐标分别除以拉伸试样的原始截面积和原始标距,则可得应力-应变曲线。应力-应变曲线与拉伸性能指标如图 1-3 所示。

1) 屈服强度(σ_s) 屈服强度(旧标准称屈服点)是表示材料抵抗塑性变形的能力。钢材在外力的作用下,会出现形状、尺寸的变化,随着外力的去除,变形也可能随之消失,这种变形就称弹性变形;如果外力超过一定限度,则在外力去除后,钢材不能回复到原来的形状和尺寸,即所谓产生了塑性变形。此时外力不再增加而材料的破

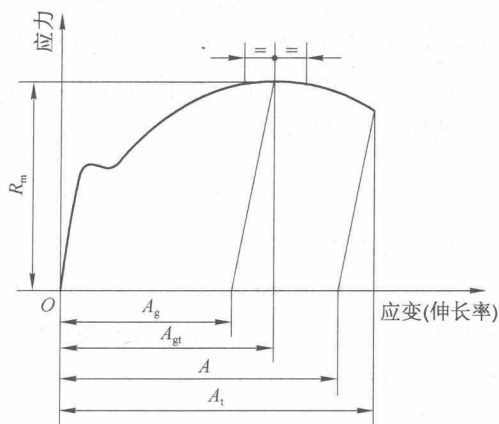


图 1-3 应力-应变曲线与拉伸性能指标

 R_m —抗拉强度； A_g —最大力塑性延伸率； A_{gt} —最大力下的总伸长率； A —断后伸长率； A_t —断裂总伸长率

坏却还在继续，材料已经失去了对变形的抵抗能力。当应力达到某值后，塑性应变急剧增加，应力出现微小波动，这种现象称为屈服。这一阶段的最大、最小应力分别称为上屈服强度^①和下屈服强度^②。将此时材料所受到的应力作为该种材料的屈服极限，或称作屈服强度。屈服强度是等于作用于某一钢材试样，并使之开始出现塑性变形的力与变形前试样截面积的比值（即应力）。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 F_s ——屈服时的拉伸力(N)；

A_0 ——试样原始横截面积(mm²)。

有些金属材料(如高碳钢、铸铁)没有明显的屈服现象，测定 σ_s 很困难。在此情况下，规定以试样长度方向产生0.2%塑性变形时的

① 上屈服强度(R_{eH})是指试样发生屈服而首次下降前的最高应力。

② 下屈服强度(R_{eL})是指在屈服期间不计初始瞬时效应时的最低应力。

应力作为材料的“条件屈服强度”，用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

2) 抗拉强度(R_m) 抗拉强度是表示材料在拉力作用下抵抗断裂破坏的能力。其值等于作用于某一钢材的试样，并至拉断前所能承受的最大力与试样原截面积的比值。

$$R_m = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 F_b ——试样断裂前承受的最大拉伸力(N)；

A_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

屈服强度和抗拉强度是钢材力学性能的重要指标。金属结构所能承受的静载应力，一般应小于它的屈服强度。

(2) 塑性 钢材的塑性是指钢材在外力作用下，产生塑性变形而不断裂破坏的能力。衡量塑性的指标有伸长率、断面收缩率和弯曲角。

1) 断后伸长率(A) 断后伸长率是指试样拉断后，其伸长的长度与原有长度的百分比。伸长率越大，材料塑性就越好。

$$A = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——拉伸试样的原标距长度(mm)；

L_1 ——拉伸试样拉断后标距部分的长度(mm)。

2) 断面收缩率(Z) 断面收缩率是指试样拉断后，断口面积的缩减量与原截面面积的百分比。断面收缩率越大，材料塑性也越好。

$$Z = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 A_0 ——变形前试样的横截面积(mm^2)；

A_1 ——试样断口处横截面积(mm^2)。

3) 弯曲角(α) 弯曲角也称冷弯角，它是指一定形状和尺寸的试样，在室温条件下被弯曲到出现第一条大于规定尺寸的裂纹时所测得的角度(图 1-4a)。弯曲角越大，说明材料塑性越好，当弯曲角等于 180° 时塑性最好。焊接接头的冷弯试验如图 1-4b 所示。

塑性也是钢材力学性能的一个重要指标。为了避免钢结构在工

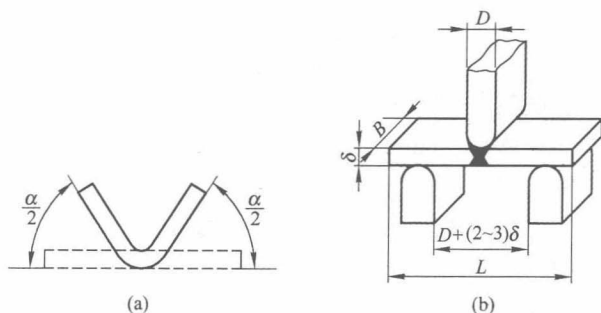


图 1-4 弯曲角和冷弯试验

(a) 弯曲角; (b) 冷弯试验

作时突然断裂或产生焊接裂纹,一般都要求其材料具有一定的塑性。通常材料的 A 达 5% 或 Z 达 10% 即可满足要求,过高的塑性会导致强度下降,具体视产品技术条件而定。

(3) 硬度 硬度是指金属材料抵抗硬物压入其表面的能力。常用的硬度指标有布氏硬度(HBW)和洛氏硬度(HR)等。

1) 布氏硬度 布氏硬度是在布氏硬度计上测得的。试验是以一定直径的硬质合金球,以相应的试验载荷压入试样表面,保持规定的时间后,卸除试验载荷,使被测金属表面留下压痕(图 1-5)。压痕的平均直径 d 可用读数显微镜测出(图 1-6)。

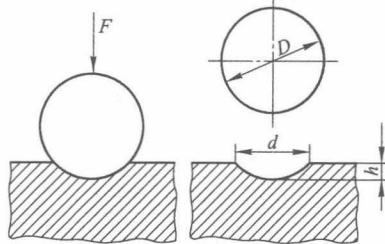


图 1-5 布氏硬度试验示意图

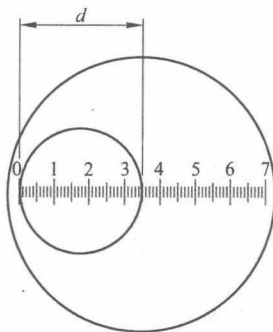


图 1-6 用读数显微镜测量压痕直径

载荷 F 与压痕表面积之比称为布氏硬度值。

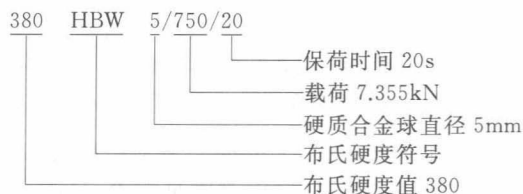
$$\text{布氏硬度} = \frac{0.204F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——试验力(N);

D ——球体直径(mm);

d ——压痕平均直径(mm), $d = (d_1 + d_2)/2$, d_1 和 d_2 为在两个相互垂直方向上测量的压痕直径。

其标记方法的应用举例如下:



布氏硬度用符号 HBW 表示。符号 HBW 前面为硬度值,符号后面的数字依次表示球直径(mm)、试验力数值与规定保持载荷时间(单位 s, 10~15s 不标注)。表 1-1 为不同条件下的试验力。

表 1-1 不同条件下的试验力

硬度符号	球直径 D (mm)	试验力 F (N)
HBW10/3000	10	29420
HBW10/1500	10	14710
HBW10/1000	10	9807
HBW10/500	10	9805
HBW10/250	10	2452
HBW10/100	10	980.7
HBW5/750	5	7355
HBW5/250	5	2452
HBW5/125	5	1226
HBW5/62.5	5	612.9
HBW5/25	5	245.2
HBW2.5/187.5	2.5	1839

(续表)

硬度符号	球直径 $D(\text{mm})$	试验力 $F(\text{N})$
HBW2.5/62.5	2.5	612.9
HBW2.5/31.25	2.5	306.5
HBW2.5/15.625	2.5	153.2
HBW2.5/6.25	2.5	61.29
HBW1/30	1	294.2
HBW1/10	1	98.07
HBW1/5	1	49.03
HBW1/2.5	1	24.52
HBW1/1	1	9.807

布氏硬度的测量范围大,故误差较小、数据稳定、重复性好,常用来测量退火、正火和调质处理后的结构钢件、铸件、锻件、原材料及有色金属铸件。但由于压痕较大,不适宜成品零件或薄件的硬度测量。

2) 洛氏硬度 洛氏硬度是在洛氏硬度计上测得的。测定是在用金刚石制成的 120° 圆锥体或在直径为 1.5875mm、3.175 的硬质合金球上施加压力,使其压入被测金属表面,压痕越深,硬度越低。硬度值可直接从洛氏硬度计的刻度盘上读出。根据所加载荷与压头形状的不同,洛氏硬度主要分为 A、B、C 三级。常用 C 级,硬度值用 HRC 表示,它的数值没有单位。

在洛氏硬度中,HRC 使用最为普遍,常用于中、高硬度零件的硬度测量,如各种钢制工具、齿轮、弹簧等。表 1-2 为洛氏硬度试验及硬度范围。

表 1-2 洛氏硬度试验及硬度范围

硬度符号	压头类型	总试验力(N)	硬度范围	应用举例
HRA	金刚石圆锥	588.4	20~88HRA	硬质合金、表面淬火钢等
HRB	1.5875mm 钢球	980.7	20~100HRB	软钢、退火钢、铜合金等
HRC	金刚石圆锥	1471	20~70HRC	一般淬火钢件