

第二版)

简明焊工手册



上海电气(集团)总公司 主编
《机电工人技术丛书》编委会

机电工人技术丛书

JIDIAN GONGREN JISHU CONGSHU

洪松涛
彭玮华 编著
潘慧珍



上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明焊工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司
《机电工人技术丛书》编委会 主编
洪松涛 彭玮华 潘慧珍 编

上海科学技术出版社

机电工人技术丛书

简明焊工手册

(第二版)

上海电气(集团)总公司《机电工人技术丛书》编委会 主编

洪松涛 彭玮华 潘慧珍 编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海书刊印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.75 字数 238 000

1987年5月第1版

1999年6月第2版 2001年1月第7次印刷

印数 89 301—94 300

ISBN 7-5323-4913-6/TG·116

定价:17.60元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向本社出版科联系调换

内 容 提 要

本书共分五章。第一章叙述焊工基础知识。后四章分别叙述手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护电弧焊、气焊及气割。各种焊接方法中都有应用实例,供读者在生产实践中遇到难焊材料和结构时参考选用。最后为附录,列出焊缝符号表示法、焊接焊缝坡口的形式和尺寸。本书此次修订,对部分应用实例作适当增删,书中涉及国家标准的内容一律按新国标作修订。

本书可供电焊工、气焊工和焊接技术人员阅读。

NAUSP/03

《机电工人技术丛书》编委会名单

吴志清	顾林凡
杨仁江	陈家芳

第二版前言

《机电工人技术丛书》全套 14 种手册自 1985 年编写出版以来,深受广大机电工人欢迎,使他们增长了知识,提高了技术,在生产实际中解决了很多技术问题,为改革开放、发展生产作出了一定贡献。

随着新工艺、新技术、新材料的不断出现,新的国家标准不断颁布,再就业工程的实施等,提高劳动者素质刻不容缓,为此,我们再次组织长期从事技术工作的工程技术人员和培训工作的专业教师对这套丛书进行修订,增补了大量新内容,删去了不太适应当前技术发展的内容,以满足广大读者,特别是初、中级技术工人的需要。

列入第一批修订的有《简明电工手册》、《简明焊工手册》、《简明钳工手册》及《简明车工手册》四本。修订时力求简明实用,但限于作者水平,还会存在不妥之处,敬请广大读者批评指教,以便今后改正。

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。

上海电气(集团)总公司
《机电工人技术丛书》编委会

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	6
二、常用焊接材料及其应用	18
1. 焊接用气体	18
2. 焊丝及焊条	23
3. 焊剂及气焊熔剂	38
三、坡口、接头及焊缝形式	43
四、焊件的预热、消氢及焊后热处理	49
1. 焊前预热	49
2. 消氢处理	49
3. 焊后热处理	51
五、焊接检验	54
1. 焊接缺陷	54
2. 焊接质量的检验方法	54
六、焊工安全操作规程	61
1. 电焊工安全操作规程	61
2. 气焊(割)工安全操作规程	63
七、压力容器的焊接知识简介	64
1. 压力容器的结构特点	65
2. 压力容器的接头形式	67
3. 压力容器用钢及其焊接材料	68

4. 压力容器的焊接工艺评定	68
5. 压力容器焊接缺陷的返修	76
第二章 手工电弧焊	80
一、焊接设备的选用及故障排除	80
1. 焊接设备及工具	80
2. 交、直流弧焊机的选用	82
3. 焊机常见故障的排除	95
二、基本操作技能	96
1. 引弧、基本运条及收弧的方法	96
2. 焊接的极性 & 偏吹	98
3. 各种位置的焊接	100
三、应用实例	108
1. 低压管道和低压容器的焊接	108
2. 高压容器的焊接	111
3. 铸铁件的焊补	114
4. 手工堆焊	117
5. 不锈钢件的焊接	119
6. 锻件缺陷的补焊	123
第三章 埋弧自动焊	125
一、焊接设备及其使用	125
1. MZ-1000 型埋弧自动焊机	125
2. 埋弧自动焊机的维护	129
3. 埋弧自动焊操作的辅助装备	136
二、焊接材料	139
1. 焊丝及焊剂的选用	139
2. 焊剂垫及其应用	140
三、基本操作技能	145
1. 焊前准备、焊接及收尾	145
2. 对接接头的焊接	147

3. 角接焊缝的焊接	155
4. 焊接工艺参数的选择	157
四、埋弧自动焊的缺陷及其消除	160
五、应用实例	162
1. 碳钢纵缝的焊接	162
2. 低合金钢容器环缝的焊接	164
3. 不锈复合钢板的焊接	166
4. 低合金高强度钢的带极堆焊	168
5. 容器大接管的焊接	170
6. 16Mn 钢工字梁的焊接	173
7. 油压机工作缸的焊接	175
第四章 气体保护电弧焊	177
一、氩弧焊	177
1. 焊接设备、材料及其使用	179
2. 手工钨极氩弧焊的基本操作技能	190
3. 手工钨极氩弧焊工艺参数的选择	196
4. 熔化极氩弧焊	199
5. 应用实例	203
二、二氧化碳气体保护焊	226
1. 焊接设备、材料及其使用	227
2. 细丝半自动 CO ₂ 保护焊的基本操作技能	240
3. 细丝半自动 CO ₂ 保护焊工艺参数的选择	245
4. CO ₂ 焊常见缺陷的产生原因及防止	248
5. 应用实例	252
第五章 气焊及气割	264
一、气焊(割)设备、工具及其使用	264
1. 气瓶	264
2. 减压器	266
3. 焊炬	269

4. 割炬	272
5. 气焊、气割的辅助工具	275
二、基本操作技能	276
1. 气焊火焰的性质及其选用	276
2. 气焊操作	279
3. 常用金属材料的气焊	282
4. 气割	287
三、应用实例	297
1. 低碳钢薄板的气焊	297
2. 铜及铝的气焊	298
3. 铬酸电镀池铅衬板的气焊	302
4. 铸铁件的焊补	303
5. 异径三通管的水平固定焊	306
6. 固定管子的气割	307
7. 铆钉的气割	307
8. 圆弧板的数控切割	308
附录 1 焊缝符号表示法(GB324—88)	311
附录 2 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的 基本形式与尺寸(GB985—88)	318
附录 3 埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸(GB986—88)	327

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。

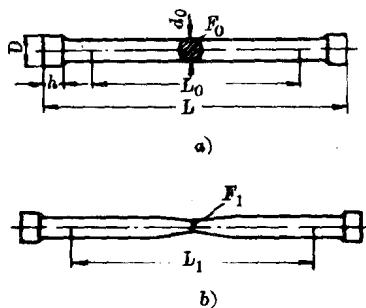


图 1-1 钢的标准拉伸试样

a) 拉伸前; b) 拉伸后

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。工程上常用的指标有屈服强度和抗拉强度。强度值是通过钢材标准拉伸试样的拉伸试验而测得的,见图 1-1。

1) 屈服强度(σ_s) 屈服强度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。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)。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad (\text{Pa})$$

式中 P_s ——使试样开始出现塑性变形的力(N);

F_0 ——变形前试样的截面积(mm^2)。

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(σ_b) 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。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad (\text{Pa})$$

式中 P_b ——使试样拉断前所能承受的最大力(N)。

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) 伸长率(δ) 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。

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

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)。

伸长率常用 δ_5 或 δ_{10} (简写为 δ) 表示, δ_5 是指试样原标距为试样直径的 5 倍; δ_{10} 即试样原标距为试样直径的 10 倍。

2) 断面收缩率(ψ) 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。

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 F_0 ——变形前试样的横截面积(mm^2);

F_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 1-2a)。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见图 1-2b。

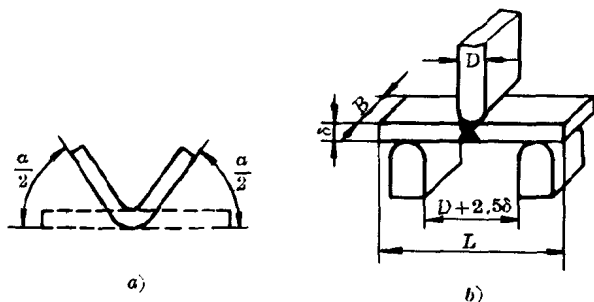


图 1-2 弯曲角和冷弯试验

a) 弯曲角; b) 冷弯试验

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 δ 达5%或 ψ 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。

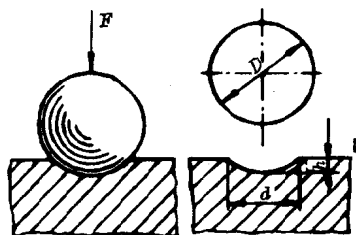


图 1-3 布氏硬度试验示意图

(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(HB)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淬火钢球或硬质合金球,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 1-3)。载荷 F 与压痕表面积之比称为布氏硬度值。

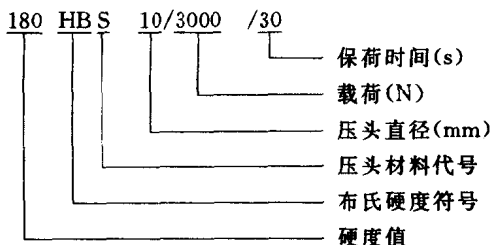
$$\text{布氏硬度值} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 F ——试验力(N);

D ——钢球直径(mm);

d ——压痕平均直径(mm)。

硬度值一般不需进行计算,可根据压痕直径,查阅已换算好的“压痕直径与布氏硬度对照表”就能确定。试验常采用淬火钢球作压头,对于硬度较高的材料应使用硬质合金球作压头。为区别起见,在布氏硬度符号后面加上压头材料的代号(淬火钢球为S,硬质合金为W)。根据GB231—84规定,其标记方法的应用举例如下:



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° 圆锥体上施加压力,使锥顶压入被测金属表面,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。

洛氏硬度常用于测量硬度较高的材料,如淬硬钢等。它与布氏硬度的关系大约为 $1:10$ 。

(4) 韧性 韧性是指材料承受冲击载荷时具有不被破坏的能力。冲击韧度 α_k 是标志材料韧性的主要指标。在工程上是常用一次冲击试验的方法来测定的,其数值即为当试样被冲断时,断裂处单位面积上所消耗的冲击功,它的单位为 J/cm^2 。

冲击韧度在金属材料的力学性能中是一个衡量材料是否可能发生脆断的重要指标。一般钢材在室温 20°C 左右试验时,材料并不显示脆性,在较低温度下则可发生脆断。为确定低温用材料的脆性,可在不同温度下测定冲击韧度,以测出“脆性转变温度”,其数值越低,即说明材料的低温冲击性能就越好。

(5) 疲劳 疲劳是指当金属材料在承受变换着的工作应力的时候,可能在远低于该材料的抗拉强度(甚至是屈服强度)的情况下发生破坏的现象。

在机械结构的使用过程中,不允许产生疲劳。衡量材料抵抗疲劳能力的是疲劳强度,如钢材在承受 10^7 次交变载荷的作用下仍不会断裂的最大应力值,即称为钢的疲劳强度,用 σ_{-1} 表示。一般常用近似关系式 $\sigma_{-1} \approx 0.4 \sim 0.6 \sigma_b$ 来计算钢材的疲劳强度。

2. 常用钢材的牌号

工业上使用的钢材,基本上可分为碳素钢和合金钢两大类。

碳素钢亦称碳钢,是含碳量低于 2.11% 的铁碳合金,并含有在冶炼时由原料带入钢中的其他元素,如少量的硅、锰、硫、磷等。碳钢按用途可分为碳素结构钢(含碳量一般小于 0.7%,用于制造机械零件和工程结构)、碳素工具钢(含碳量一般在 0.7% 以上,用于制造各种加工工具,如刀具、模具及量具等);按含碳量可分为低碳钢($C \leq 0.25\%$)、中碳钢($0.25\% < C \leq 0.6\%$)、高碳钢($C > 0.6\%$);按质量可分为普通碳素钢($S < 0.055\%$, $P < 0.045\%$)、优质碳素钢(S, P 均不大于 0.040%)、高级优质碳素钢($S < 0.030\%$, $P < 0.035\%$)。

合金钢即是在碳钢的基础上,为了达到某些特定的性能要求,在冶炼时有目的地加入一些合金元素,如硅($> 0.4\%$)、锰($> 0.8\%$)、铬、镍、钨、钼、钒、钛、铝、硼及稀土等。合金钢可按用途分为合金结构钢(常用于制造各种机械零件及各种金属结构件)、合金工具钢(用于制造各种切削刀具、模具等)、特殊用途钢(具有各种特殊的物理化学性能,如不锈钢、耐热钢等);合金钢还可按合金元素含量分为低合金结构钢(简称低合金钢,合金元素总含量小于 5%)、中合金钢(合金元素总含量为 5%~10%)、高合金钢(合金元素总含量大于 10%)。

(1) 碳素结构钢 适用于一般结构用钢和工程用热轧钢板、钢带、型钢、棒钢。该产品可供焊接、铆接、栓接构件用,一

一般在供应状态下使用。

根据 GB700—88 规定,钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号四个部分按顺序组成。例如:Q235 - A · F。

牌号中:

Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母;

235——钢材屈服点数值;

A(或 B、C、D)——为质量等级;

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母(b——半镇静钢、Z——镇静钢、TZ——特殊镇静钢,在牌号组成表示方法中“Z”与“TZ”符号可以省略)。

钢材的牌号及化学成分、拉伸和冲击试验分别见表1-1、表1-2。

GB700—88 的牌号表示及其所规定的技术要求与 GB700—79 不同。新旧标准牌号对照见表1-3。

表1-1 碳素结构钢牌号和化学成分

牌 号	等 级	化 学 成 分 (%)					脱 氧 方 法	
		C(碳)	Mn(锰)	Si(硅)	S(硫)	P(磷)		
				不大于				
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	
Q215	A B	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050 0.045	0.045	F、b、Z	
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045	F、b、Z Z TZ	
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045			
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040			0.040
	D	≤0.17			0.035			0.035
Q255	A B	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050 0.045	0.045	Z	
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z	