

实用焊工

速查手册

胡云岩 杨元修 阎俊霞 编

河北科学技术出版社



SHIYONG HANGONG SUCHA SHOUCE

速查手册系列图书编委会

主 编：赵地顺

副主编：李增民 毛 磊 李 军 李向海

编 委：刘瑞玲 谭建波 李志勇 韩鹏彪

朱金均 张双杰 王丽娟 胡云岩

阎俊霞 王永明 张振文 刘利剑

赵月静 赵玲玲 周芬萍 曲国明

前 言

随着工业生产技术的不断发展进步，焊接作为金属材料的一种重要的连接方法，具有独特而又优异的技术经济指标，越来越广泛地应用到机械制造业、石油化工、海洋船舶、交通运输、航空航天、电力、电讯及家用电器等各个行业部门，从业人员也越来越多。为了让焊接工作者在工作中快速有效地查阅有关技术资料，我们编写了本手册。

本手册为了适应快速查找的要求，尽量避免过多的文字叙述和繁杂的公式计算，主要以图表的形式给出各种有关的技术数据，并尽量选用最新的技术标准，重点放在实用性上，生产中应用不多的数据尽量不选或只作简单介绍，以控制篇幅。本手册以熔化焊、碳钢和合金钢的焊接为重点，以焊接方法为主线组织内容，把同种焊接方法涉及到的焊接工艺技术、焊接材料、焊接设备、各种材料的焊接参数等放在一起，更利于查找，同时也兼顾了其他有关焊接的内容。

本手册共有十二章内容。第一章为焊接一般知识，包括金属学基础知识、常用金属材料、焊接坡口的形式、焊缝符号、焊接变形及矫正、焊件的清理和热处理、焊接材料消耗定额的估算等；第二章为焊条电弧焊，主要包括焊条电弧焊的特点及应用范围、焊条的使用和保管、常用焊条的牌号和用途、焊条电弧焊设备、焊条电弧焊技术和常用金属材料的焊条电弧焊；第三章为埋弧自动焊，主要包括埋弧自动焊的特点及应用、埋弧自动焊焊丝和焊剂、埋弧自动焊设备、埋弧自动焊焊接技术和常用金属材料的埋弧焊等；第四章为钨极氩弧焊，包括钨极氩弧焊的特点分类及其应用范围、钨极氩弧焊设备、钨极氩弧焊技术和常用金属材料的钨极氩弧焊；第五章为熔化极氩弧焊，主要包括熔化极氩弧焊的特点和分类、熔化极氩弧焊用气体及选用、熔化极氩弧焊设备和常用金属材料的氩弧焊等；第六章为 CO_2 气保焊，

主要包括 CO_2 气保焊的特点分类及其应用、 CO_2 气保焊设备、 CO_2 气保焊主要工艺参数的选择和低碳钢合金钢的 CO_2 气保焊等；第七章为电阻焊，主要包括电阻点焊、缝焊、凸焊、对焊及常用金属材料的电阻焊；第八章为钎焊，主要包括钎焊的特点及其应用、钎料与钎剂和常用金属材料的钎焊等；第九章为其他焊接方法，包括等离子弧焊、电渣焊和摩擦焊；第十章为堆焊与热喷涂，第十一章为热切割，包括气割、等离子弧切割和碳弧气刨；第十二章为焊接缺陷及其检验，包括焊接缺陷及其产生原因、常用检验方法和焊接质量标准选编。

本手册第三、四、五、六、七章由胡云岩编写，第一、二、八章由杨元修编写，第九、十、十一、十二章由阎俊霞编写。王云程教授为本手册的编写提出了许多宝贵意见，在此表示由衷的感谢，全书由李增民教授主审。

本手册可供焊接技术工人、焊接技师现场查阅，也可供焊接工程技术人员参考。

由于编者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者给与批评和指正。

编 者
2002.5

目 录

第一章 焊接基础知识	(1)
一、金属学基础知识	(1)
1. 铁-碳合金相图	(1)
2. 焊缝及热影响区	(4)
3. 焊接接头组织性能的调整和改善	(6)
二、常用金属材料	(8)
1. 常用低碳钢	(10)
2. 常用中碳钢	(11)
3. 合金结构钢	(12)
4. 常用不锈钢	(16)
5. 铸铁	(20)
6. 铝及铝合金	(22)
7. 铜及铜合金	(28)
8. 钛及钛合金	(34)
三、焊缝坡口形式	(37)
1. 碳钢和低合金钢气焊、焊条电弧焊、气体保护焊焊 缝坡口的基本形式和尺寸	(37)
2. 碳钢和低合金钢埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸	(45)
3. 不同厚度钢板的对接焊缝坡口	(52)
4. 蒸汽锅炉锅筒的对接焊缝坡口	(52)
5. 不锈钢管子和管板焊缝坡口的形式和尺寸	(53)
6. 铝及铝合金熔焊焊缝坡口的基本形式和尺寸	(55)
四、焊缝符号	(58)
1. 基本符号	(58)
2. 辅助符号	(60)

3. 补充符号	(61)
4. 焊缝尺寸符号	(62)
5. 焊接方法和熔焊焊缝缺陷代号	(63)
6. 焊缝符号的简化标注方法	(66)
7. 焊缝符号的应用举例	(67)
五、焊接应力与变形	(76)
1. 焊接应力及变形的种类	(76)
2. 焊接变形的防止措施	(78)
3. 焊接变形的矫正方法	(80)
4. 焊接应力的防止措施	(82)
六、焊件的清理和热处理	(84)
1. 焊前清理	(84)
2. 焊后清理	(88)
3. 常用的热处理方法	(90)
4. 焊件热处理方法的选择	(91)
七、焊接材料消耗定额的估算	(93)
1. 焊接材料消耗定额的估算	(93)
2. 焊条、焊丝、焊剂、气体消耗定额有关参数	(95)
第二章 焊条电弧焊	(104)
一、焊条电弧焊的特点及应用范围	(104)
二、焊条	(105)
1. 焊条分类和焊条型号表示方法	(105)
2. 焊条的使用和保管	(112)
3. 常用焊条的牌号、特点和用途	(112)
三、焊条电弧焊设备	(131)
1. 电焊机型号的编制方法	(131)
2. 电弧静特性	(138)
3. 弧焊电源的外特性	(139)
4. 弧焊电源的动特性	(140)
5. 弧焊电源的类型	(141)

6. 逆变弧焊电源	(149)
四、焊条电弧焊工艺	(151)
1. 焊接参数的选择	(151)
2. 定位焊技术	(151)
3. 焊条电弧焊操作技术	(152)
五、常用金属材料的焊接	(162)
1. 低碳钢的焊接	(162)
2. 中碳钢的焊接	(171)
3. 低合金结构钢的焊接	(172)
4. 不锈钢的焊接	(177)
5. 铸铁的焊补	(180)
第三章 埋弧自动焊	(186)
一、埋弧自动焊的特点及应用范围	(186)
二、埋弧自动焊焊丝和焊剂	(187)
1. 埋弧自动焊焊丝的牌号	(187)
2. 碳素钢焊丝	(187)
3. 合金结构钢焊丝	(188)
4. 不锈钢焊丝	(190)
5. 埋弧焊焊剂	(192)
三、埋弧自动焊设备	(196)
1. 埋弧自动焊焊机的一般组成	(196)
2. 常用埋弧焊焊机主要技术数据和用途	(197)
3. 埋弧焊机常见故障及排除方法	(198)
四、埋弧自动焊焊接技术	(200)
1. 焊接工艺参数及其对焊缝质量的影响	(200)
2. 埋弧自动焊工艺	(202)
五、常用金属材料的埋弧焊	(204)
1. 常用低碳钢的焊接	(204)
2. 合金结构钢的焊接	(209)
3. 常用不锈钢的焊接	(212)

第四章 钨极氩弧焊	(214)
一、钨极氩弧焊的特点及应用范围	(214)
二、钨极氩弧焊设备	(215)
1. 钨极氩弧焊机	(215)
2. 钨极氩弧焊辅助设备	(218)
三、钨极氩弧焊技术	(219)
1. 钨极氩弧焊焊接电源的选用	(219)
2. 钨极氩弧焊的电极及其选用	(220)
3. 钨极氩弧焊主要工艺参数的选择	(220)
4. 钨极氩弧焊操作技术	(223)
四、常用金属材料的钨极氩弧焊	(226)
1. 碳素钢、合金结构钢的焊接	(226)
2. 常用不锈钢的焊接	(227)
3. 铝及铝合金的焊接	(235)
4. 铜及铜合金的焊接	(237)
5. 钛及钛合金的焊接	(240)
第五章 熔化极氩弧焊	(242)
一、熔化极氩弧焊的特点和分类	(242)
二、熔化极氩弧焊焊丝和保护气体	(242)
1. 焊丝	(242)
2. 保护气体的特点及选用	(243)
三、熔化极氩弧焊设备	(245)
1. 熔化极氩弧焊机	(245)
2. 脉冲氩弧焊机	(247)
四、熔化极氩弧焊技术	(248)
五、常用金属材料的氩弧焊	(250)
1. 常用碳钢及合金结构钢的焊接	(250)
2. 常用不锈钢的焊接	(251)
3. 铝及铝合金的焊接	(256)
4. 铜及铜合金的焊接	(260)

第六章 CO₂ 气保焊	(262)
一、CO ₂ 气保焊的特点及其应用	(262)
二、CO ₂ 气保焊设备	(262)
三、CO ₂ 气保焊技术	(265)
1. CO ₂ 气保焊主要工艺参数的选择	(265)
2. CO ₂ 气保焊操作技术	(267)
四、常用金属材料的 CO₂ 气保焊	(269)
1. CO ₂ 气保焊常用焊丝	(269)
2. 常用碳钢的焊接	(270)
3. 低合金结构钢的焊接	(271)
第七章 电阻焊	(277)
一、电阻点焊	(277)
1. 电阻点焊的特点及应用范围	(277)
2. 常用金属材料电阻点焊焊接参数	(278)
二、缝焊	(283)
1. 缝焊的特点、种类及其应用	(283)
2. 常用金属材料缝焊的焊接规范参数	(285)
三、凸焊	(289)
1. 凸焊的特点及其应用	(289)
2. 凸焊的焊接规范参数	(289)
四、对焊	(290)
1. 对焊的特点及其应用	(290)
2. 电阻对焊焊接规范参数	(291)
3. 闪光对焊焊接规范参数	(293)
第八章 钎焊	(296)
一、钎焊的特点及应用范围	(296)
1. 钎焊的特点	(296)
2. 钎焊的应用范围	(296)
二、钎焊工艺	(296)
1. 钎料与钎剂	(296)

2. 不同钎焊方法的主要特点	(307)
3. 常用金属材料的钎焊	(309)
第九章 其他焊接方法	(311)
一、等离子弧焊接	(311)
1. 等离子弧焊接的特点	(311)
2. 等离子弧焊接过程	(311)
3. 等离子弧焊接的应用	(312)
4. 等离子弧焊接技术	(313)
5. 等离子弧焊机	(314)
二、电渣焊	(315)
1. 电渣焊的特点	(315)
2. 电渣焊的分类	(315)
3. 电渣焊的应用	(318)
4. 电渣焊技术	(319)
5. 电渣焊机	(321)
三、摩擦焊	(322)
1. 摩擦焊的特点及其分类	(322)
2. 摩擦焊的应用	(324)
3. 摩擦焊焊接工艺	(324)
4. 摩擦焊机	(327)
第十章 堆焊与热喷涂	(328)
一、堆焊	(328)
1. 堆焊的特点及其应用	(328)
2. 堆焊方法及工艺	(328)
3. 堆焊材料	(331)
二、热喷涂	(354)
1. 热喷涂的特点及其应用	(354)
2. 热喷涂工艺及方法	(354)
3. 热喷涂材料	(356)

第十一章 热切割	(374)
一、气割	(374)
1. 手工气割	(375)
2. 机械切割	(380)
3. 切割质量的检验	(384)
二、等离子弧切割	(389)
1. 等离子弧切割的特点	(389)
2. 切割技术	(390)
3. 水压缩等离子弧切割	(394)
4. 空气等离子弧切割	(395)
三、碳弧气刨	(396)
1. 碳弧气刨的特点及应用范围	(396)
2. 碳弧气刨技术	(396)
3. 碳弧空气切割	(399)
第十二章 焊接缺陷及其检验	(401)
一、焊接缺陷及其产生原因	(401)
1. 熔焊缺陷	(401)
2. 电阻焊缺陷	(407)
3. 钎焊缺陷	(412)
二、常用检验方法	(413)
1. 外观检验	(413)
2. 无损检验	(414)
3. 力学性能试验	(415)
4. 金相检验	(418)
5. 化学分析检验	(420)
三、焊接质量标准选编	(421)
1. 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级 (GB/T3323—1987)	(421)
2. 钢制焊接压力容器技术条件 (GB150—1998)	(425)

- 3. 钢焊缝手工超声探伤方法和探伤结果的分级 (GB/T11345—1989) (426)
- 4. 铝制压力容器一般技术要求 (428)
- 5. 蒸汽锅炉焊接质量评定标准 (430)

第一章 焊接基础知识

一、金属学基础知识

1. 铁-碳合金相图

铁-碳合金相图如图 1-1 所示。

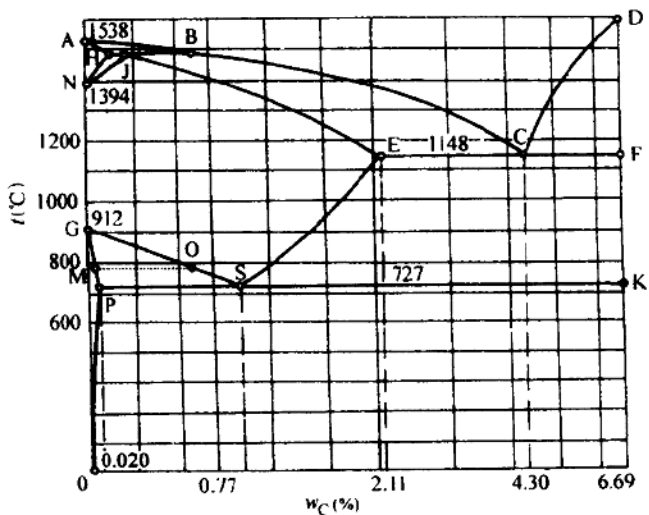


图 1-1 铁-碳合金相图

表 1-1 铁-碳合金相图中的特点及其含义

点符号	t ($^{\circ}\text{C}$)	w_c (%)	含 义
A	1538	0	纯铁的熔点 (凝固点)
B	1495	0.53	包晶反应时液态合金的浓度
C	1148	4.30	共晶点 $L \rightleftharpoons A + \text{Fe}_3\text{C}$
E	1148	2.11	碳在 γ -Fe 中的最大溶解度
G	912	0	α -Fe $\rightleftharpoons$ γ -Fe 同素异构转变点
H	1495	0.09	碳在 δ -Fe 中的最大溶解度
J	1495	0.17	包晶点
N	1394	0	γ -Fe $\rightleftharpoons$ δ -Fe 同素异构转变点
P	727	0.0218	碳在 α -Fe 中的最大溶解度
Q	0	0.008	碳在 α -Fe 中的溶解度
S	727	0.77	共析点

表 1-2 铁-碳合金相图中的特性线及其含义

线符号	含义 (按冷却叙述, 加热为可逆的)
ABCD	液相线。在此线以上合金为液体, 液体开始结晶
AHJECF	固相线, 在此线下合金为固体, 液体结晶终止

线符号	含义 (按冷却叙述, 加热为可逆的)
GS	冷却时, 自奥氏体开始析出铁素体, 即 $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$ 的开始线, 常用 A_3 线表示
ES	碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的溶解度线, 常用 A_{cm} 表示
ECF	共晶转变线, $L \rightleftharpoons \gamma_F + Fe_3C$
PSK	共析转变线, $\gamma_s \rightleftharpoons \alpha_F + Fe_3C$
PQ	低于 A_1 时, 碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度线

表 1-3 室温下铁-碳合金的平衡组织的名称

名 称	w_c (%)	平衡组织
亚共析钢	0.02~0.77	铁素体 + 珠光体
共析钢	0.77	珠光体
过共析钢	0.77~2.11	珠光体 + 二次渗碳体
亚共晶白口铁	2.11~4.3	珠光体 + 莱氏体
共晶白口铁	4.3	莱氏体
过共晶白口铁	>4.3~6.69	一次渗碳体 + 莱氏体

表 1-4 铁-碳合金基本组织的名称和性能

名称	符号	组 织	性 能
铁素体	F	碳溶于 α -Fe 中形成的 间隙固溶体	塑性、韧性高、强度、 硬度低
奥氏体	A	碳在 γ -Fe 中形成的间 隙固溶体	塑性较好，硬度和强 度低
渗碳体	Fe ₃ C	铁和碳的化合物 (Fe ₃ C)	硬度高，脆性大
珠光体	P	铁素体和渗碳体的机械 混合物 (共析体)	硬度比铁素体和奥氏 体高，比渗碳体低，塑 性比铁素体和奥氏体低， 比渗碳体高
莱氏体	Ld	奥氏体与渗碳体的机械 混合物	硬度高，脆性大

2. 焊缝及热影响区

(1) 焊缝的形成

在焊接热源的作用下，母材发生了局部熔化，并与熔化了了的填充金属混合而形成熔池，热源离开后，熔池金属便开始凝固结晶，形成焊缝。在焊缝形成过程中，热源、熔池周围的气体、熔池中的熔渣、熔池中液态金属的化学反应、冷却条件等对焊缝金属的组织 and 性能都有很大影响。所以在选择焊接材料、焊接方法、焊接工艺、施焊方法时，都要考虑如何保证焊缝质量。

(2) 热影响区的组织和性能。

热影响区硬度变化规律如图 1-2 所示。从图中可以看出热影响区的熔合线附近硬度最高，离熔合线越远的位置，硬度逐渐下降而接近母材的硬度。这说明熔合线附近的金属塑性最差，是焊接接头中的薄弱部位，因而需采用有效的方法改善和提高热影响区的性能。热影响区各部分的组织特征见表 1-5。

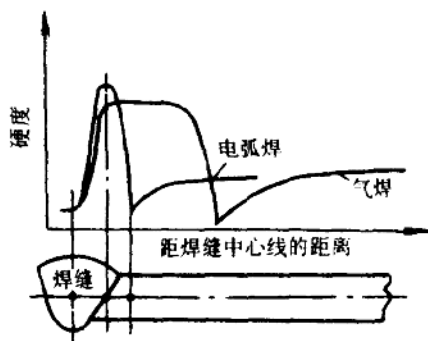


图 1-2 热影响区硬度变化曲线
(低合金钢单层焊)

表 1-5 热影响区各部分组织特征 (低碳钢)

热影响区部位	加热的温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	组织特征及性能
熔合区 (半熔化区)	1400 ~ 1250	晶粒粗大, 可能出现魏氏体组织, 塑性很差, 易产生裂纹
过热区	1250 ~ 1100	晶粒粗大, 形成脆性组织, 力学性能下降
相变重结晶区 (正火区)	1100 ~ 900	晶粒变细, 力学性能良好
不完全重结晶区 (不完全正火区)	900 ~ 730	粗大铁素体和细小珠光体、铁素体, 力学性能下降