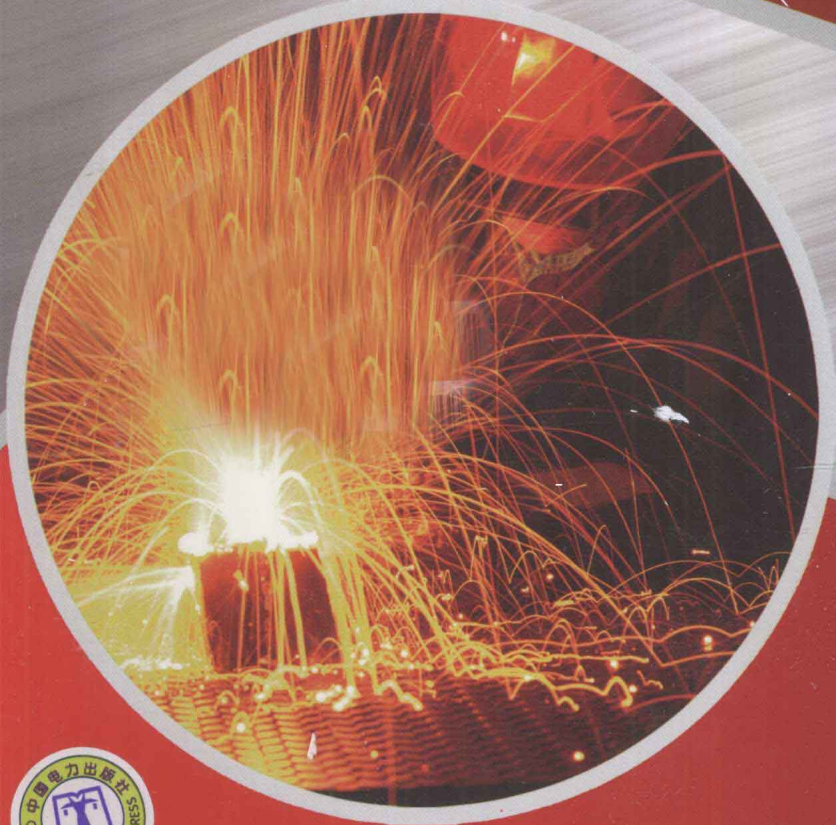


电站金属 实用焊接技术

许江晓 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电站金属 实用焊接技术

许江晓 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书首先介绍了金属、焊接材料及其他焊接方面的常用基本知识,然后以电站金属为论述对象,着重介绍了电站常用金属及新型耐热钢的性能、焊接及焊后热处理工艺等。对电站异种钢的焊接,特别是奥氏体的异种钢焊接,从焊接性能、焊接存在问题、焊接工艺等方面进行了详细论述;对电站主要部件的缺欠修复工艺进行了举例介绍;对焊接接头的典型失效事故进行了案例分析。

本书立足于实用性,集基础理论、实践经验于一体,针对性强。可供焊工、电站焊接技术人员及金属监督人员使用,也可供大专院校焊接专业的学生及其他相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电站金属实用焊接技术/许江晓编著. —北京:中国电力出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-5123-1796-3

I. ①电… II. ①许… III. ①电站-金属材料-焊接
IV. ①TG457.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 114145 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

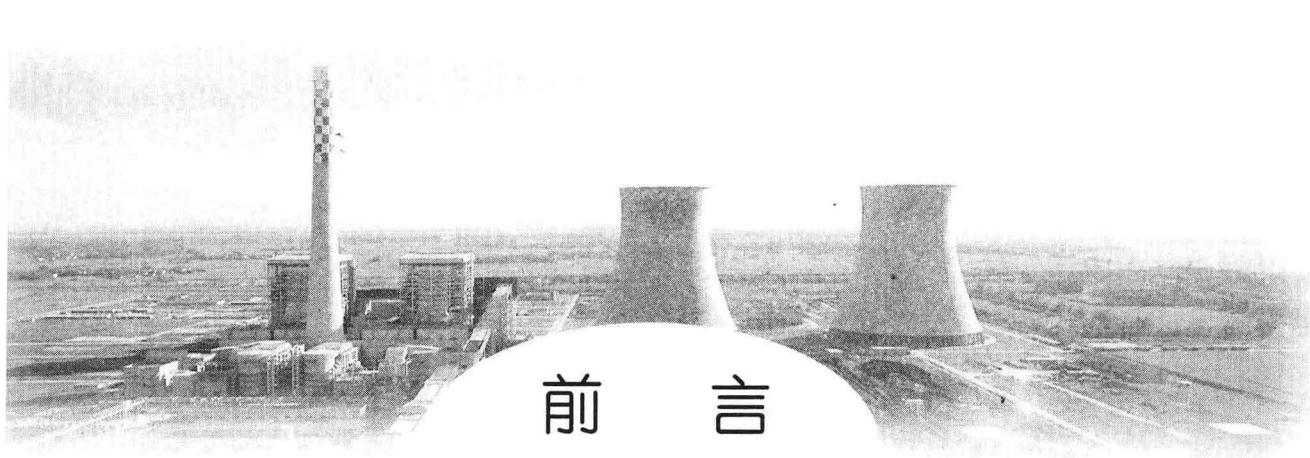
*

2011 年 7 月第一版 2011 年 7 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 241 千字
印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

随着电站锅炉高参数、大容量机组的快速发展,对电站金属材料的性能要求也越来越高。目前,超(超)临界机组开始大量应用新型耐热钢材料,如铁素体类耐热钢(T23、T91/P91、T92/P92、E911、T122/P122)和奥氏体耐热钢(TP347H、HR3C、Super304H)等,另外锅炉机组选材从经济的角度出发,锅炉受热面不同的温度段会选用不同的材料,这样,无疑带来大量的异种钢接头,因此焊接工艺越来越复杂,对焊接技术的要求也越来越高。电站金属是在高温、高压下长期使用的,运行条件恶劣,结构应力复杂,因此,为保证焊接接头的安全运行,了解电站金属的焊接性能,熟练掌握其焊接工艺,制造出合格的焊接接头就显得尤为重要。

书中第一章~第六章主要介绍了钢及有关焊接的基本知识;第七章对电站常用金属(包括新型耐热钢)的性能、焊接工艺进行了综合分析;第八章介绍了电站常见部件缺欠的修复补焊工艺;第九章分析了奥氏体异种钢的焊接特点,并介绍了奥氏体异种钢接头的手工钨极氩弧焊(TIG)和半自动脉冲焊接工艺;第十章对电站典型的焊接接头失效事故案例进行了原因分析。

本书立足于实用性,是一本简单、实用、贴近基层焊接工作者的参考书。期望读者能从本书中得到一丝启发,得到一点帮助,这也正是笔者编写本书的目的。

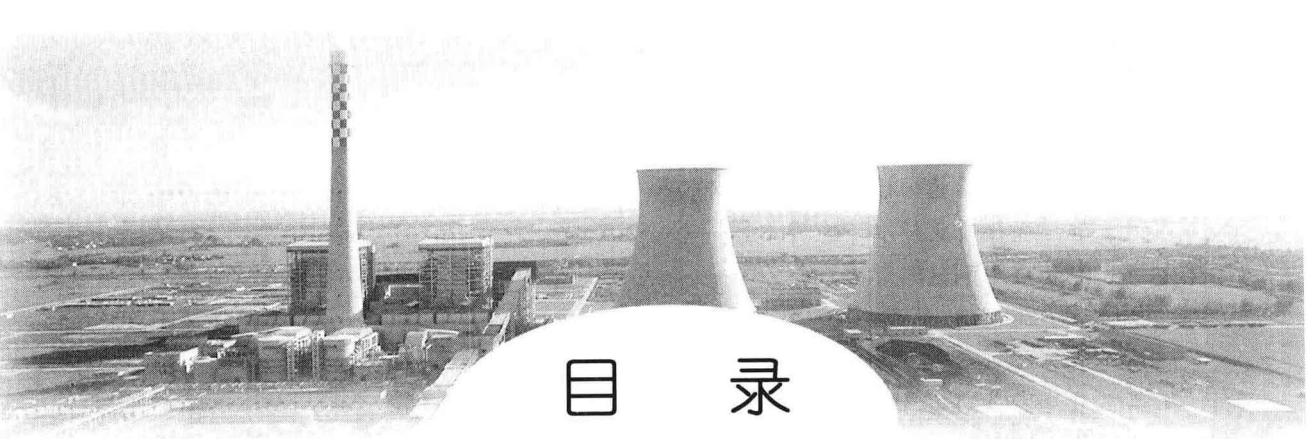
本书是在河南电力试验研究院领导的大力支持下完成的。在编著过程中,也得到了河南电力试验研究院金属所的领导 and 同事们的鼎力协助。在此,对给予支持的各位领导、给予帮助的各位同事、给予关心的各位朋友们表示深深的感谢!

书中参考了前辈们的论著,借鉴了同行的经验,引用了专家的观点,虽未能一一告知原作者,但内心会永远记住各位老师给予的无言教诲!

本书由河南电力试验研究院金属所所长常剑冰教授级高工初审,由电力系统著名焊接专家杨富教授级高工主审,在此表示衷心的感谢!

限于作者知识水平,书中疏漏与不足之处在所难免,恳请读者批评指正!

河南电力试验研究院 许江晓
2011年01月



目 录

前言

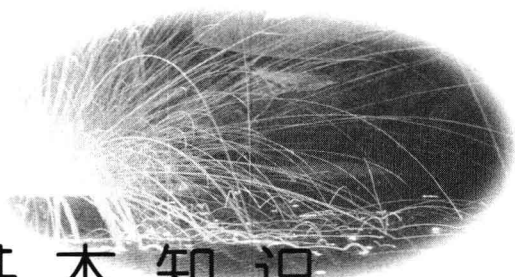
第一章 钢的基本知识	1
第一节 钢的分类	1
第二节 合金元素在钢中的作用	2
第三节 钢中常见的金相显微组织	3
第四节 铁—碳合金状态相图	4
第五节 钢在不同的冷却速度下得到的组织	5
第六节 钢的主要性能	6
第七节 钢材的分类和分级规定	7
第二章 焊接常用基本名词术语及焊缝代号	9
第一节 焊接常用基本名词术语	9
第二节 焊缝代号	12
第三章 焊接接头的组织和性能	19
第一节 焊接接头的组成	19
第二节 焊接热作用	20
第三节 焊缝金属的结晶	22
第四节 熔合区和热影响区的组织和性能	23
第四章 焊接材料	26
第一节 焊条的基础知识	26
第二节 焊条(丝)选用的一般原则	28
第三节 焊条的型号	29
第四节 焊条的牌号	31
第五节 氩弧焊专用焊丝及氩气	34
第五章 焊接工艺	36
第一节 焊前准备	36
第二节 焊接工艺措施	38
第三节 焊后热处理	39
第六章 焊接缺欠及检验	46
第一节 主要焊接缺欠	46

第二节	焊接质量的检验方法	56
第三节	焊接质量标准	57
第七章	电站常用钢材的焊接	59
第一节	20G 钢	61
第二节	15Mo3 钢	63
第三节	12CrMoG 钢	64
第四节	15CrMoG 钢	66
第五节	10CrMo910 钢	68
第六节	12CrMoV 钢	70
第七节	12Cr1MoVG 钢	71
第八节	15Cr1Mo1V 钢	74
第九节	12Cr2MoWVTiB (钢 102) 钢	76
第十节	12Cr3MoVSiTib (II11) 钢	78
第十一节	X20CrMoV121 (F12) 钢	80
第十二节	T23 钢	83
第十三节	T91/P91 钢	85
第十四节	E911 钢	90
第十五节	T92/P92 钢	92
第十六节	T122/P122 钢	95
第十七节	TP304 钢	97
第十八节	TP347H 钢	99
第十九节	Super304H 钢	101
第二十节	HR3C 钢	102
第八章	电站常见部件缺欠的修复	104
第一节	汽轮机缸体裂纹的补焊	104
第二节	自动主汽门裂纹的补焊	107
第三节	灰铸铁的补焊	109
第四节	轴瓦的补焊技术	112
第五节	高压阀门密封面的堆焊	113
第九章	奥氏体异种钢的焊接	115
第一节	综述	115
第二节	奥氏体异种钢的手工氩弧焊工艺	119
第三节	奥氏体异种钢的脉冲半自动焊接	120
第十章	焊接接头失效案例分析	123
第一节	某厂 1 号炉主蒸汽管道与三通异种钢接头的断裂原因分析	123
第二节	某厂 1 号机组主蒸汽管道热电偶套管焊缝的开裂原因分析	126
第三节	某厂 2 号炉壁式再热集箱至中间再热集箱导汽管焊口的开裂原因分析	129

第四节	某厂 3 号炉 TP347H 与钢 102 异种钢焊口的失效原因分析	130
第五节	某厂 1 号机组主蒸汽管道焊缝的开裂原因分析	134
第六节	某厂 1 号炉高温再热集箱 T23 管焊缝的断裂原因分析	138
第七节	某厂 1000MW 机组高压外缸水压时的爆裂原因分析	140
第八节	引起焊接接头失效的因素	146
附录一	异种钢焊接的焊条、焊丝及焊后热处理温度推荐表	148
附录二	美国焊接学会 (AWS) 常用焊接方法代号	150
附录三	Böhler Thysson 焊接技术集团公司用于电力设备的焊接材料	152
附录四	瑞士 OERLIKON 公司用于电力设备的焊接材料	158
附录五	英国 METRODE 公司用于电力设备的焊接材料	162
参考文献		166



第一章



钢 的 基 本 知 识

第一节 钢 的 分 类

两种或两种以上的元素（其中至少一种是金属元素）熔合在一起称为合金。钢是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金。

一、一般分类

按冶炼方法分，可分为：①平炉钢；②转炉钢；③电炉钢。

按化学成分分，可分为：①碳素钢，碳素钢又分为低碳钢（C 含量小于 0.25%），中碳钢（C 含量为 0.25%~0.60%），高碳钢（C 含量大于 0.60%）；②普通低合金钢，合金元素小于 3% 的钢；③合金钢，合金钢又可分为低合金钢（合金元素含量小于 5%），中合金钢（合金元素含量为 5%~10%），高合金钢（合金元素含量大于 10%）。

按用途分，可分为：①结构钢，又分为建筑用钢（一般 C 含量小于 0.25%）和机械用钢；②工具钢，又分为碳素工具钢、低合金工具钢、高速工具钢；③特殊钢，又分为不锈钢、耐热钢、磁钢等。

按组织分，可分为：①珠光体钢；②贝氏体钢；③马氏体钢；④奥氏体钢；⑤铁素体钢。

二、耐热钢的分类

耐热钢是指在高温（一般是高于 450℃）下长期工作、具有一定的高温强度和高温抗氧化及腐蚀性能的钢种，也是化学成分、组织和性能十分复杂的合金。耐热钢通常按其性能、用途、组织等进行分类。

1. 按性能分类

（1）抗氧化钢。是指在高温下有较好的抗氧化性，且具有较高强度的钢种，这类钢多属于含铬的质量分数在 12% 以上的各种不同组织的耐热钢。

（2）热强钢。是指在高温下有一定抗氧化性，且具有较高强度及良好组织稳定性的钢种，它在正火状态下可以有不同的组织。

2. 按用途分类

（1）锅炉用钢。

（2）涡轮机用耐热材料。

（3）气阀用钢。

（4）化工用耐热材料。

（5）原子能用耐热材料。

3. 按组织分类

(1) 铁素体耐热钢。是指在供货状态下具有单相的铁素体组织的耐热钢，通常含有较高的铬及一定量的硅和铝，具有较好的抗氧化性，但其焊接性能较差，热脆倾向较大。如 0Cr13、00Cr17Ti 等。

(2) 珠光体耐热钢。是指在供货状态下显微组织由珠光体（或索氏体）+少量铁素体所组成的一类耐热钢。钢中合金元素的质量分数一般不超过 5%，故它属于低合金钢的范畴，其合金系列有 Mo、Cr-Mo、Mo-V、Cr-Mo-V 等。如 15CrMo、12Cr1MoV 等。

(3) 贝氏体耐热钢。是指供货状态下组织为贝氏体的钢，如钢 102、T23 等。

(4) 马氏体耐热钢。是指供货状态下组织为马氏体的钢，其铬的质量分数一般在 9%~12%或以上，如 T91/P91、T92/P92、E911、T122/P122 等。

(5) 奥氏体耐热钢。奥氏体耐热钢一般为 Cr-Ni 系列不锈钢，其供货状态下的组织为单相的奥氏体组织，如 TP347H、HR3C、Super304H 等。

目前，电站用耐热钢中，把能满足超（超）临界机组的锅炉用钢称为新型耐热钢。它们是在原 Cr-Mo 珠光体耐热钢和 Cr-Ni 系列奥氏体耐热钢的基础上发展而来的，主要特点是通过添加少量的微量合金元素并通过改进的加工技术以细化晶粒，获得细晶粒或超细晶粒组织的钢，从而大大提高钢的高温耐热性能，来满足超（超）临界机组的安全运行要求。如铁素体类耐热钢（T23、T91/P91、T92/P92、E911、T122/P122）和奥氏体耐热钢（TP347H、HR3C、Super304H）等。

第二节 合金元素在钢中的作用

钢中除铁（Fe）外，其他常存元素为碳（C）、锰（Mn）、硅（Si）、硫（S）、磷（P）；为了满足某些特殊使用的要求而特意加入一些其他元素（包括锰、硅）的钢称为合金钢，这些特意加入的元素称为合金元素，合金元素在钢中都起一定的作用。

碳（C）：碳在低合金钢中，常与合金元素形成碳化物，在室温或者较低的温度下能起到强化作用。但在高温下，这些碳化物容易分解，并且会聚集、长大，降低蠕变极限和持久强度。碳对钢的塑性、耐腐蚀性及抗氧化性均有不良的影响，特别对钢的焊接性能影响很大，随着钢中碳含量的增加，钢的焊接性能下降。

锰（Mn）：锰是良好的脱氧剂及脱硫剂，焊接时经常利用它来进行脱氧和脱硫。锰在钢中小于 2%时，对于低合金钢，可提高钢的强度和韧性；对于中、高合金钢，随着强度的增加，其韧性和塑性要降低。锰可使钢的短时高温强度有所提高，但对持久强度和蠕变极限没有明显的影响。锰含量的增加可以提高钢的耐磨性能。

硅（Si）：硅是强脱氧剂。硅的主要作用是提高钢在高温下的抗氧化性能，但在焊接时，硅易形成高熔点夹杂物残留在焊缝中。

铬（Cr）：铬可以提高钢的耐腐蚀性能和抗氧化性能。因铬能在钢材表面形成一层附着性很强的致密氧化膜，使钢材的氧化速度显著减慢，提高了钢的抗氧化性。当含铬量大于 12%时，能显著提高钢的电极电位，使钢材具有良好的耐腐蚀性。铬能阻止钢中石墨

化过程，并降低碳化物的球化速度。含铬的钢具有回火脆性，同时因铬能提高钢的淬透性，所以焊接时易产生裂纹，随着含铬量的增加，钢的焊接性能变差。

钼 (Mo)：钼是形成铁素体的元素，它可以提高钢的再结晶温度，主要作用是提高钢的热强性。但钼有促进石墨化的倾向，在合金钢中钼的含量一般控制在 0.5%~1%。

钒 (V)：钒的主要作用是提高钢的热强性，也是良好的脱氧剂，能除去钢中的氧；钒又是强碳化物形成元素（仅次于钛），形成细小弥散的碳化物在 650℃ 以下有较高的稳定性能。钒还能提高钢的淬透性，改善钢的机械性能。

钨 (W)：钨的作用与钼相似，主要是提高钢的热强性，但其效果次于钼。钨的熔点高达 3387℃。

钛 (Ti) 和铌 (Nb)：都是强烈形成碳化物的元素。由于钛和铌与碳的亲合力较大，常用来作为稳定剂，防止铬镍奥氏体钢在高温下或在焊接后产生晶间腐蚀。它们也能提高钢的再结晶温度，对提高钢的高温性能有良好的作用。

镍 (Ni)：镍的主要作用是形成和稳定钢的奥氏体组织，提高钢的抗蠕变能力及钢的耐腐蚀性能，但镍是促进石墨化的元素。

硼 (B)：硼是强脱氧剂。硼的主要作用是提高钢的淬透性，在耐热钢中，微量的硼可以显著提高钢的热强性、持久塑性。但含硼的钢大多焊接性能较差，焊接时容易产生裂纹。

第三节 钢中常见的金相显微组织

相是合金成分、结构及性能相同的组成体，如液相、固相、铁素体、渗碳体、珠光体、奥氏体、马氏体等。相与相之间有明显的界面，称为晶界。金属的相只有经过打磨、抛光、浸蚀后在显微镜下才能看到，所以称为金相显微组织。

(1) 铁素体 (F)：少量的碳和其他合金元素在 α -Fe 中的固溶体称为铁素体。碳原子以间隙状态存在，合金元素以置换状态存在。为体心立方晶格。布氏硬度 (HB) 一般在 80~100，有很好的塑性和韧性，在 760℃ 以下有磁性。铁素体溶解碳的能力很差，在 727℃ 时为 0.0218%，室温时仅为 0.008%。经硝酸酒精浸蚀后，在显微镜下呈灰白色。钢中铁素体的数量随含碳量的增多而减少。

(2) 渗碳体 (Fe_3C)：铁与碳的化合物称为渗碳体。斜方晶格。性硬而脆，布氏硬度 HB 为 745~800；经硝酸酒精浸蚀后，在显微镜下呈白色，经苦味酸浸蚀后，在显微镜下呈黑色。弱磁性。

(3) 奥氏体 (A)：碳和其他元素在 γ -Fe 中的间隙固溶体称为奥氏体。面心立方晶格。性韧而软，无磁性，布氏硬度 (HB) 一般在 170~220 范围内。金相试样需用王水甘油酸浸蚀。

(4) 马氏体 (M)：碳在 α -Fe 中的过饱和固溶体称为马氏体。体心四方晶格。性硬而脆，弱磁性。淬火马氏体经硝酸酒精浸蚀后，在显微镜下呈白色；回火马氏体经硝酸酒精浸蚀后，在显微镜下呈黑色。

(5) 珠光体 (P)：铁素体与渗碳体的共析机械混合物称为珠光体。珠光体经硝酸酒精

侵蚀后，在显微镜下铁素体与渗碳体呈片状黑白相间的形态。通常具有良好的综合性能。

(6) 索氏体 (S)：较细的珠光体称为索氏体。有很好的韧性。经硝酸酒精浸蚀后，在显微镜下呈黑色小片或小颗粒分布在白色的基体中。

(7) 屈氏体 (T)：极细的珠光体称为屈氏体。

(8) 贝氏体 (B)：当奥氏体过冷至低于珠光体转变温度和高于马氏体形成温度，并在这一温度范围内进行等温转变而形成铁素体与渗碳体的聚合组织称为贝氏体。可分为上贝氏体 (B_U) 和下贝氏体 (B_F)。贝氏体经硝酸酒精浸蚀后，在显微镜下呈深黑色。

第四节 铁—碳合金状态相图

铁—碳合金状态相图是通过实验测定出来的，它表示了铁—碳合金在加热和冷却时的组织转变，如图 1-1 所示。

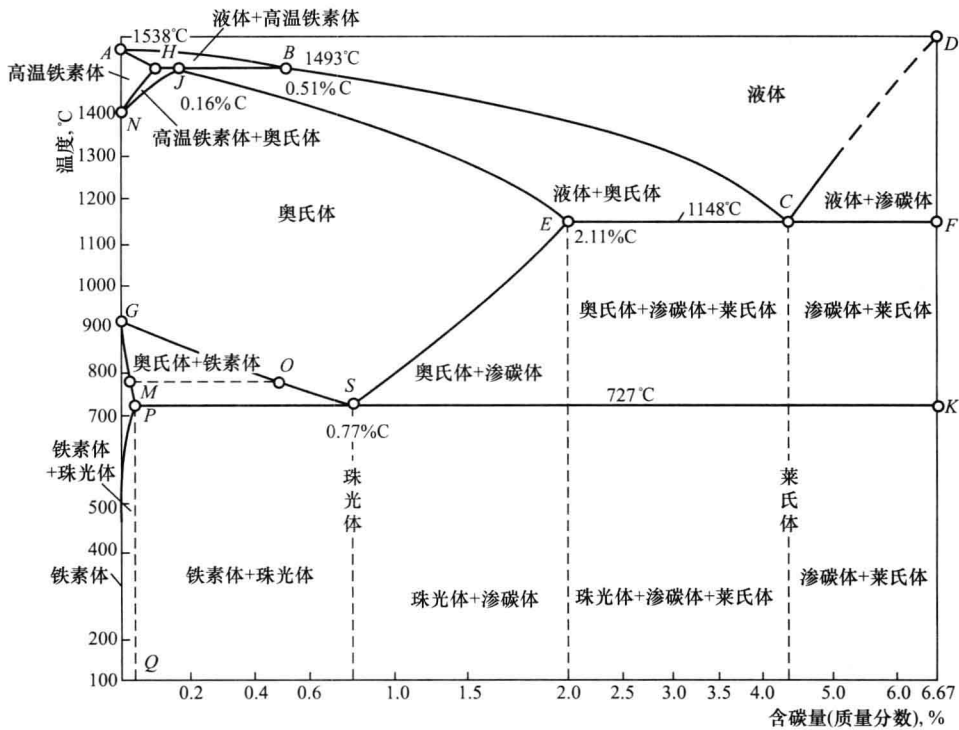


图 1-1 铁—碳合金状态相图

A 点—纯铁的熔点，温度为 1538℃；D 点—化合物 Fe_3C 的熔点，温度为 1600℃；C 点—共晶点，温度为 1148℃，含碳量为 4.3%；E 点—碳在奥氏体中最大的溶解度点，温度为 1148℃，含碳量为 2.11%；G 点— $\gamma-Fe$ 转变为 $\alpha-Fe$ 的同素异构相变点，温度为 912℃；S 点—共析点，温度为 727℃，含碳量为 0.77%；P 点—碳在铁素体中最大溶解度点，温度为 727℃，含碳量为 0.02%；ABCD—液相线；AHJECF—固相线；ES—碳在奥氏体中溶解度曲线，又称 A_{cm} 线；GOS—铁素体开始析出线，又称 A_3 线；HJB—包晶线；ECF—共晶线；PSK—共析线，又称 A_1 线；MO—铁素体的磁性转变线，又称 A_2 线。

第五节 钢在不同的冷却速度下得到的组织

如图 1-2 所示, 整个试样是奥氏体相 (B 点为 800°C) 的组织转变相图, 其中以四个冷却路径 (速度) 来得到不同的显微组织。

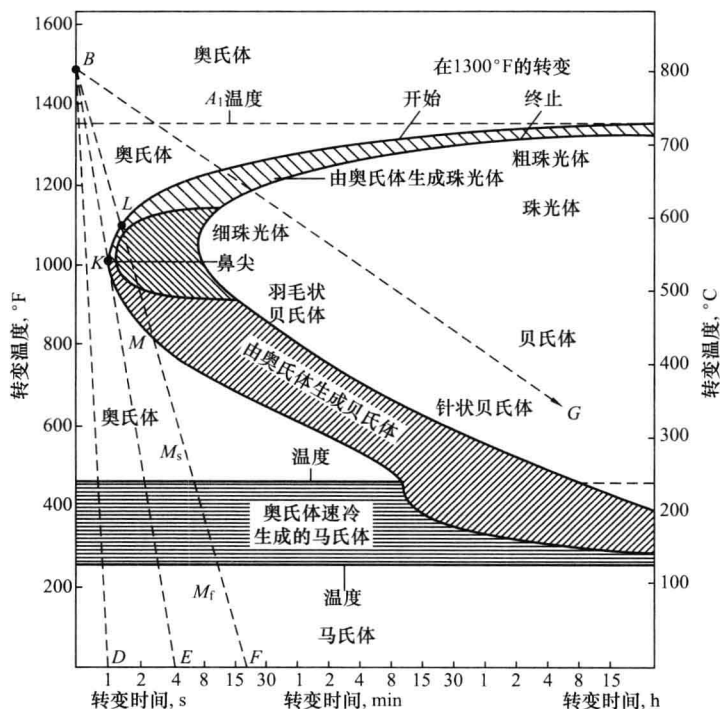


图 1-2 时间—温度转变曲线

(1) 路径 $B-D$ 代表非常快的淬火, 每秒下降 700°C 以上。当钢的温度降至约 240°C 时, 达到马氏体开始形成温度 M_s , 当钢的温度下降到 150°C 时, 达到马氏体转变完成温度 M_f , 这时所有的奥氏体转变成马氏体, 这种组织硬而脆。这种非常快的淬火只有在薄板或者小工件的情况下能做到, 对于壁厚比较大的工件需要更多的时间使热量从其内部散出, 因此温度还应更低。

(2) 路径 $B-K-E$ 是临界冷却速度, 是将奥氏体全部转变成马氏体的最慢的淬火速度, 被称为临界冷却速度。由于冷却路径只是刚触及 C -曲线的鼻尖, 而没有进入 C -曲线区域, 因此未形成珠光体和贝氏体组织, 而是奥氏体全部都转变成了马氏体。这个淬火过程只需 4s 。

(3) 路径 $B-L-M-F$ 进入 C -曲线区域, 由奥氏体中形成部分珠光体和贝氏体, 也形成一些马氏体。这个淬火过程大约是 20s 。

(4) 路径 $B-G$ 代表非常缓慢的冷却, 这种情况只能发生在炉冷操作中。当钢进入 C -曲线区域时, 奥氏体先是转变成珠光体, 然后又转变成贝氏体, 最终结果是形成了贝氏体

和针状贝氏体的混合物，而不会形成马氏体组织。

第六节 钢 的 主 要 性 能

一、钢的物理性能

(1) 密度 (ρ)。单位体积的质量称为密度，用符号“ ρ ”表示，单位是 g/cm^3 。

(2) 熔点。金属由固态转变为液态时的温度称为熔点。

(3) 导电性。能传导电流的性能叫导电性，以导电系数或电导率表示，单位为 $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ 。

(4) 导热性。金属受热后，将热量向四周冷金属方向传导的能力叫金属的导热性，以热导率或导热系数 (λ) 表示，单位为 $\text{J}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

(5) 热膨胀性。体积发生膨胀或收缩的性能称为热膨胀性，以线膨胀系数 (α) 表示，单位为 $^\circ\text{C}^{-1}$ 。线膨胀系数是指温度变化 1°C 时单位长度材料所发生的变化。

(6) 导磁性。能传导磁的性质叫导磁性。以磁导率 (μ) 表示，单位为 $\text{T}/(\text{A} \cdot \text{m})$ 。

二、钢的化学性能

(1) 抗氧化性。金属抵抗在空气中形成氧化物的能力，金属的氧化一旦开始，在其表面便会有连续的氧化物形成。

(2) 耐腐蚀性。金属在水中不生锈的能力，或者与特殊化学物质（通常在溶液中）反应的能力。

三、钢的加工性能

钢的加工性能主要包括铸造性、锻造性、切削性、焊接性、淬透性等。

四、钢的力学性能

(1) 抗拉强度 (σ_b)。抗拉强度是试样拉断前承受最大的标称拉应力，是表征试样抵抗被拉断的能力。抗拉强度通过最大拉伸载荷除以试样横截面积来计算，单位是 MPa。

(2) 屈服强度 (σ_s)。材料开始出现塑性变形时的应力，表示抵抗微量塑性变形的能力。通常构件要保持设计载荷低于屈服强度，以便结构不发生永久变形，单位是 MPa。应力—应变曲线如图 1-3 所示。

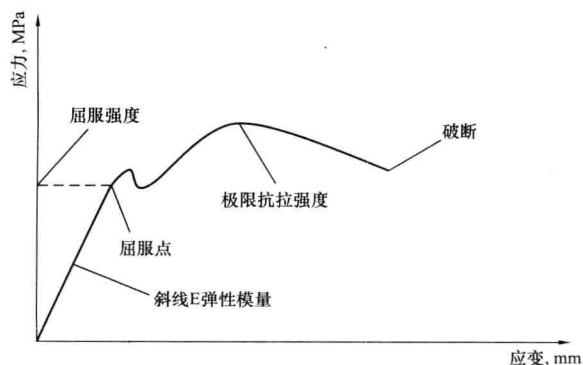


图 1-3 应力—应变曲线

(3) 硬度。硬度是指金属抵抗硬的物体压入表面的能力，也就是对局部塑性变形的抗力。常用的硬度指标有布氏硬度 (HB)、洛氏硬度 (HR)、维氏硬度 (HV)。

(4) 疲劳极限。疲劳极限是金属在无数次交变载荷作用下而不引起断裂的最大应力，单位为 MPa。

(5) 蠕变极限。金属在一定的温度和应力作用下，随着时间的增加，

慢慢地发生塑性变形的现象，称为蠕变。蠕变极限是在规定温度下使试样在规定时间内产生的蠕变总伸长率或稳态蠕变速率不超过规定值的最大应力，它表征金属材料抵抗蠕变变形的能力。一般规定钢材在一定温度下 10 万 h 内发生的总变形为 1% 的应力值，用 $\sigma_{10^5}^t$ 表示，单位为 MPa。

(6) 持久强度。试样在规定温度下达到规定的试验时间而不产生断裂的最大应力。在锅炉设计中常以高温运行 10 万 h 断裂时的应力作为持久强度，通常用 $\sigma_{10^5}^t$ 表示，单位为 MPa。

(7) 塑性。塑性是指金属产生塑性变形而不破坏的能力。包括延伸率 (δ) 和断面收缩率 (ψ)。

(8) 韧性。韧性是指金属抵抗冲击力的能力。冲击韧性用 α_K 表示，单位为 J/cm²。

注：GB/T 228—2002《金属材料 室温拉伸试验方法》已于 2002 年颁布实施。其中新的力学性能代表符号改为： R_e 屈服强度、 R_m 抗拉强度、 A 延伸率、 Z 断面收缩率、 A_K 冲击功等。GB/T 228—2002 采用了国际标准的性能符号，鉴于目前相关的产品标准还不能同步修订的状况，为了避免出现混乱，建议在过渡期内，可以在新的性能名称及其符号之后的括号内标出旧符号，例如：上屈服强度 R_{eH} (σ_{sU})，下屈服强度 R_{eL} (σ_{sL})，抗拉强度 R_m (σ_b)，规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ ($\sigma_{p0.2}$)，断后伸长率 A (δ_5)，断面收缩率 Z (ψ)，等。

第七节 钢材的分类和分级规定

根据钢材的强度和组织性能对钢材分类和分级，见表 1-1。

表 1-1 钢材的分类和分级

类级别				钢号	相应标准号
类别	代号	级别	代号		
碳素钢及普通低合金钢	A	碳素钢（含碳量≤0.35%）	I	Q235	GB/T 3274
				Q235A、F	GB/T 3274
				Q235R	GB/T 3274
				10	GB 3087
				20	GB 3087
				20R	GB 6654
				20g	GB 713
				22g	GB 713
		普通低合金钢 ^① ($R_e \leq 400$ MPa)	II	Q295 (09MnV)	GB/T 1591
				12Mng	YB (T) 41
				16Mn	JB 4726
				16MnR	GB 6654, YB (T) 40
				16Mng	GB 713, YB (T) 41
				Q390 (15MnV)	GB/T 1591
				15MnVg	YB (T) 41

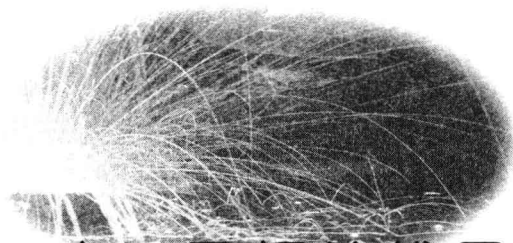
续表

类级别				钢号	相应标准号
类别	代号	级别	代号		
碳素钢及普通低合金钢	A	普通低合金钢 ^① ($R_e \leq 400\text{MPa}$)	Ⅱ	15MnVR	GB 6654, YB (T) 40
				20MnMo	JB 4726
		普通低合金钢 ($R_e > 400\text{MPa}$)	Ⅲ	15MnMoV	JB 4726
				15MnVNR	GB 6654, YB (T) 40
				20MnMoNb	JB 4726
				14MnMoVg	YB (T) 41
				18MnMoNbg	YB (T) 41
热强钢及合金结构钢	B	珠光体钢	Ⅰ	12CrMo	GB 6479, YB (T) 32
				15CrMo	GB/T 3077, JB 4726, YB (T) 32
				ZG20CrMo	JB/T 10087
				12CrMoV	JB 4726
				12Cr1MoV	JB 4726, YB (T) 32
				ZG15CrMo1V	JB/T 10087
				ZG20CrMoV	JB/T 10087
		贝氏体钢	Ⅱ	12Cr2MoWVTiB	GB 5310, YB (T) 32
				12Cr3MoVSiTiB	GB 5310, YB (T) 32
		马氏体钢	Ⅲ	1Cr5Mo	GB/T 1221
				10Cr9Mo1VNb	GB 5310
不锈钢	C	马氏体	Ⅰ	1Cr13	GB/T 1220, GB/T 1221, GB/T 3280
				2Cr13	GB/T 1220, GB/T 1221, GB/T 3280
		铁素体	Ⅱ	0Cr13	GB/T 3280, GB/T 4237, JB 4728
				1Cr17	GB/T 1221, GB/T 1220, GB/T 3280
		奥氏体	Ⅲ	0Cr18Ni9	GB/T 1221, GB/T 3280, GB/T 4237, JB 4728
				1Cr18Ni9	
				0Cr18Ni9Ti	
				1Cr18Ni9Ti	

① 根据 GB/T 228—2002 的规定，原来的金属力学性能指标屈服极限 (σ_s) 已经重新定义。新的定义是屈服强度，符号是 R_e 。



第二章



焊接常用基本名词术语及焊缝代号

第一节 焊接常用基本名词术语

(1) 焊接：通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

(2) 焊接线能量：熔焊时，由焊接能源输入给单位长度焊缝上的能量。焊接线能量计算式为

$$E = \frac{IU}{v}$$

式中 E ——线能量，J/mm；

U ——电弧电压，V；

v ——焊接速度，mm/min；

I ——焊接电流，A。

(3) 焊接热循环：在焊接热源作用下，焊件上某点的温度随时间变化的过程。

(4) 焊接热影响区 (HAZ)：焊接或切割过程中，材料因受热的影响（但未熔化）而发生金相组织和机械性能变化的区域。

(5) 碳当量：把钢中合金元素（包括碳）的含量按其作用换算成碳的相当含量。可作为评定钢材焊接性的一种参考指标。

(6) 熔合比：熔焊时，被熔化的母材在焊道金属中所占的百分比。熔合比如图 2-1 所示。

(7) 熔合线：焊接接头横截面上，宏观腐蚀所显示的焊缝轮廓线。

(8) 焊接性：金属材料对焊接加工的适应性，主要是指在一定的焊接工艺条件下，获得优质焊接接头的难易程度。它包括两方面的内容，其一是工艺焊接性，即在一定的焊接工艺条件下，一定的金属形成焊接缺陷的敏感性；其二是使用焊接性，即在一定的焊接工艺条件下，一定金属的焊接接头对使用要求的适应性。

(9) 焊接接头：用焊接方法连接的接头（简称接头）。焊接接头包括焊缝、熔合区和热影响区。

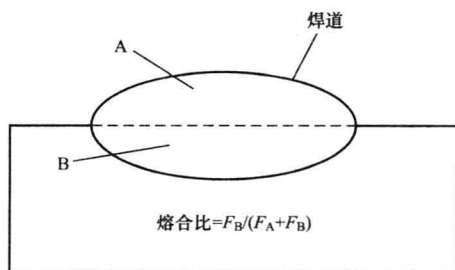


图 2-1 熔合比

(10) 焊接工艺：焊接过程中的一整套技术规定，其中包括焊前准备、焊接材料、焊接设备、焊接方法、焊接顺序、焊接操作的最佳选择及焊后热处理等。

(11) 焊缝。带坡口焊缝的组成、角接焊缝的组成分别见图 2-2 和图 2-3。

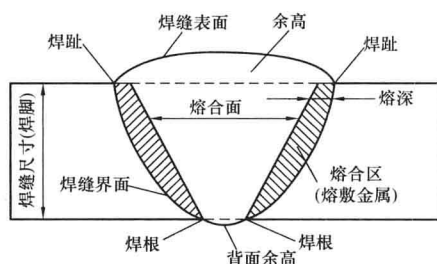


图 2-2 带坡口焊缝的组成示意

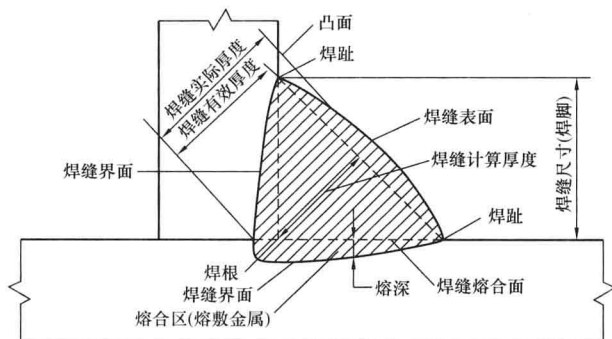


图 2-3 角接焊缝的组成示意

- 1) 焊缝的余高：超出表面焊趾连线上面的那部分焊缝金属的高度。
- 2) 焊趾：焊缝表面与母材的交界处。
- 3) 焊脚：角焊缝的横截面中，从焊件一个表面上的焊趾到另一个表面的最小距离。
- 4) 熔深：在焊接接头截面上，母材熔化的深度。
- 5) 焊根：焊缝背面与母材的交界处。
- 6) 熔合区：焊接接头中，焊缝向热影响区过渡的区域。

(12) 焊缝计算厚度（有效厚度）：设计焊缝时使用的焊缝厚度。对接焊缝时，它等于焊件的厚度；角焊缝时，它等于在角焊缝断面内画出的最大直角等腰三角形，从直角的顶点到斜边的垂线长度，习惯上也称喉厚。

(13) 对接焊缝：在焊件的坡口面间或一焊件的坡口面与另一个表面间焊接的焊缝。

(14) 角焊缝：沿两直交或近直交焊件的交线所焊接的焊缝。

(15) 对接接头：两焊件端面相对平行的接头。

(16) 角接接头：两焊件端面构成大于 30° 、小于 135° 夹角的接头。

(17) T 形接头：一焊件的端面与另一焊件表面构成直角或近似直角的接头。

(18) 焊缝成型系数：熔焊时，在单道焊缝横截面上焊缝宽度 (B) 与焊缝计算厚度 (H) 的比值 ($\phi=B/H$)。

(19) 焊缝代号：在图纸上标注焊接方法、焊缝形式和焊缝尺寸的符号。

(20) 焊接工艺参数：焊接时，为保证焊接质量而选定的诸物理量（例如焊接电流、电弧电压、焊接速度、线能量等）的总称。

(21) 焊接速度：单位时间内完成的焊缝长度。

(22) 焊接温度场：焊接过程中的某一瞬间焊接接头上各点的温度分布状态，通常用等温线或等温面来表示。

(23) 焊接性试验：评定母材焊接性的试验。例如焊接裂纹试验、接头力学性能试验、接头腐蚀试验等。