

建筑施工现场人员便携读本

现场焊工必读

杨其富 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

建筑施工现场人员便携读本

现场焊工必读

—杨其富—编—



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 简 介

本书是《建筑施工现场人员便携读本》丛书之一，主要介绍工程建设施工中焊接人员应掌握的基本知识和操作技能。内容主要包括焊接概论、焊接设备、焊接材料、焊接方法、建筑常用金属材料焊接、建筑钢结构及钢筋的焊接、焊接安全技术等。本书内容全面系统，针对性和实用性较强，该书采用小开本制作，便于工作中携带，可供随时翻阅。

本书可供工程建设现场管理人员、焊接技术人员工作时参考，也可作为各类职业技能培训学校的教材和企业职工岗前培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

现场焊工必读/杨其富编. —北京: 中国电力出版社, 2005

(建筑施工现场人员便携读本)

ISBN 7-5083-3466-3

I. 现… II. 杨… III. 建筑工程—焊接 IV. TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 079675 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 11 月第一版 2005 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 12 印张 266 千字

印数 0001—4000 册 定价 19.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)



随着建筑业的发展及基本建设管理体制改革，新的规范、法规、标准的出现，广大工程技术人员希望有更新更实用的图书满足学习和工作需要，正是为了适应这种形式的需要，我们组织了工程师、教师、技师等工程技术人员编写了《建筑施工现场人员便携读本 现场焊工必读》一书。

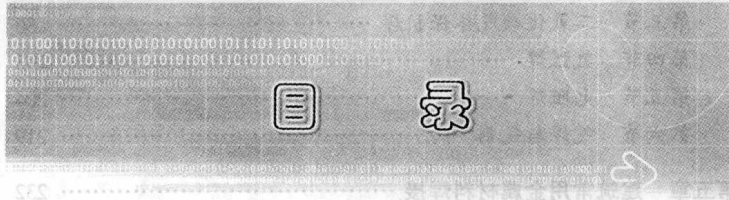
本书针对建筑工程中焊接工作的特点，根据我国现行建筑焊接工程标准和规范编写而成。该书简捷、新颖、实用，是从事建筑工程焊接工作的操作人员的实用参考书，也可供焊接技术人员及相关人员参考。

该书在编写过程中参阅了大量的专著和文献，并得到了业内专家和学者及技师的热情支持，在此谨表衷心的感谢。

限于作者水平，加之时间仓促，本书不足甚至疏漏之处在所难免，恳请读者及同行专家批评指正。

编者

2005年1月



前言

第一章 焊接概论 1

第一节 焊接金属学基础 2

第二节 焊接冶金知识 16

第三节 焊接应力与变形 21

第四节 焊件热处理基础知识 25

第五节 焊缝连接及焊接结构 30

第二章 焊接设备 47

第一节 焊接设备的选用 47

第二节 弧焊电源 56

第三节 电弧焊机 77

第四节 电阻焊设备 94

第五节 气焊与气割设备 106

第三章 焊接材料 121

第一节 焊条 121

第二节 焊丝与焊剂 139

第三节 焊接用气体 146

第四章 焊接方法 149

第一节 手工电弧焊 149

第二节	埋弧焊	180
第三节	二氧化碳气体保护焊	186
第四节	氩弧焊	193
第五节	电阻焊	204
第六节	气焊与气割	219
第五章	建筑常用金属材料焊接	232
第一节	碳钢的焊接	232
第二节	合金结构钢的焊接	263
第三节	不锈钢的焊接	277
第六章	建筑钢结构及钢筋的焊接	292
第一节	建筑钢结构的焊接及质量检验	292
第二节	建筑用钢筋的焊接及质量检验	338
第七章	焊接安全技术	365
第一节	焊接的有害因素	365
第二节	焊接危害控制及高空焊接技术	367
第三节	常用焊接方法的操作安全	376
参考文献		378

第二章

焊接概论

焊接是现代工业中用来制造或维修各种金属结构和机械零件的主要方法之一。焊接的实质是使两个分离金属通过原子或分子间的相互扩散与结合而形成一个不可拆卸的整体的过程。为了实现这一过程可用加热、加压或同时加热加压等方法。焊接的种类很多,按焊接过程的特点可分为三大类。

(1) 熔焊。利用局部加热将两焊件的结合处加热到熔化状态,并形成共同熔池,一般还加填充金属,凝固后就形成牢固的焊接接头的方法。熔焊包括气焊、电弧焊(包括手工电弧焊、自动埋弧焊、半自动埋弧焊)、电渣焊、等离子弧焊、气电焊(包括二氧化碳气体保护焊、惰性气体保护焊、氢原子焊)及激光焊等。

(2) 压焊。利用加压力(或同时加热)使两焊件接合面紧密接触并产生一定塑性变形,使它们的原子组成新的结晶,形成焊接接头的方法。压焊包括锻焊、电阻焊(包括对焊、点焊、滚焊)、气压焊、超声波焊等。

(3) 钎焊。对被焊工件和作为填充金属的钎料进行加热,焊件金属不熔化,待熔点低的钎料被熔化后渗透到焊件接头之间,与固态的被焊金属相互溶解和扩散,钎料凝固后将两焊件焊接在一起的方法。钎焊包括烙铁钎焊、火焰钎



焊、电接触钎焊、高频钎焊等。

焊接与铆接等其他加工方法相比，焊接的主要优点有：能减轻结构重量，节省金属，节约工时，生产率高，便于自动化、机械化生产，接头致密性好等。因此，它在国民经济各个部门都得到极为广泛的应用。占钢总产量 60% 左右的钢材是经各种形式的焊接而后投入使用的，例如建筑钢结构、高炉炉壳、机车、车辆、汽车、船舶、飞机、锅炉、高压容器等都需要进行焊接。但焊接是局部加热的过程，冶金过程是很复杂的，容易产生焊接应力、变形和其他缺陷。必须采取一定工艺措施才能保证焊接质量。

第一节 焊接金属学基础

掌握一定的金属学基本知识，对于正确选择焊接材料、制定焊接工艺、掌握焊接中的基本规律，都具有指导意义。

一、金属材料的力学性能

金属材料在现代工农业、国防、交通运输等各部门中是应用最广泛的材料，这不仅是因为金属材料的来源丰富，而且具有许多优良的使用性能和工艺性能。

金属材料的使用性能是指金属材料在使用过程中应具备的性能，它包括力学性能、物理性能（如密度、熔点、热膨胀性，导热性、导电性、导磁性等）和化学性能（如抗腐蚀性、抗氧化性等）；

金属材料的工艺性能是指金属材料从冶炼到成品的生产过程中，适应各种加工工艺（如冶炼、铸造、冷热压力加工、焊接、切削加工、热处理等）应具备的性能。

在上述使用性能中，最重要的是力学性能。



金属材料的力学性能是指金属材料在各种不同性质的外力作用下所表现的抵抗能力，如强度、硬度、塑性、韧性、弹性、抗疲劳性等。这些性能指标在工业生产及科研中具有重要的作用。它是评定原材料质量和工艺水平的重要根据，是机器零件和构件设计时进行强度计算和选材的主要依据，也是金属材料研究中挖掘材料性能潜力和发展金属新材料的主要准绳。

金属材料的力学性能的名称及含义见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 金属材料力学性能名称及含义

名 称	符号	单位	含 义 及 说 明
抗拉强度	σ_b	MPa	材料在拉断前所承受的最大标称拉应力称为抗拉强度；受压的称抗压强度；受弯的称抗弯强度；受剪切的称抗切强度
抗压强度	σ_{bc}		
抗弯强度	σ_{bb}		
抗切强度	τ_b		
弹性极限	σ_e	MPa	材料在外力作用下产生变形，当外力去除后能恢复原状的能力称为弹性。金属材料能保持弹性变形的最大应力称为弹性极限
屈服点	σ_s	MPa	材料在拉伸过程中，载荷不增加（保持恒定）仍能继续伸长时的应力
伸长率	δ	%	在拉伸过程中，试样上标距的伸长与原始标距的百分比。 δ_5 、 δ_{10} 表示试样的标距等于 5、10 倍直径时的伸长率
断面收缩率	ψ	%	试样拉断后，缩颈处横断面积的最大缩减量与原始横断面积的百分比
冲击韧度	α_K	J/cm ²	金属材料受冲击力作用时，抵抗变形和断裂的能力



续表

名 称	符号	单位	含 义 及 说 明
硬 度			金属材料表面抵抗其他更硬物体压入的能力
疲劳极限	σ_{-1} σ_{-1k}	MPa	金属材料在指定循环基数下的中值疲劳强度, 称为疲劳极限。循环基数一般取 10^7 或更高些, σ_{-1} 为光滑试样, σ_{-1k} 为缺口试样
蠕变极限	σ 变形量/时间	MPa	在规定温度及恒定力作用下, 材料塑性变形随时间而增加的现象称为蠕变。衡量蠕变的指标称蠕变极限。分子数字表示变形量的百分数, 分母数字表示产生该变形量所经历的时间, 以小时为单位

表 1-2 硬度表示方法及使用范围

名 称		代 号	使 用 范 围	
布氏硬度		HBS (W)	方法简单，测量值较准确。压头为淬火钢球时用 HBS 表示，一般适用于测量低碳钢、灰铸铁、有色金属等布氏硬度值在 450 以下的材料；压头为硬质合金时用 HBW 表示，适用于布氏硬度值在 650 以下的材料	
洛氏硬度	A	HRA	效率高，压痕小，可测量软的、很硬的或厚度较薄的成品，但测量值不够准确	测量表面淬硬层、渗碳层很厚的材料
	B	HRB		测量有色金属，退火和正火后较软的金属
	C	HRC		测量调质钢、淬火钢等较硬的金属
表面洛氏硬度	N	HRN (15 ~ 45N)	适用于钢材经表面渗碳、渗氮等处理的表面层硬度；测定薄、小试件的硬度	
	T	HRT (15 ~ 45T)		

名 称	代 号	使 用 范 围
维氏硬度	HV	压痕浅, 适宜测量零件表面的硬化层, 化学处理的表面层及很薄零件的硬度, 测定值比布氏和洛氏硬度精确
肖氏硬度	HS	硬度计体积小、便于携带, 适宜于测定大型机件的硬度, 误差较大
里氏硬度	HL	硬度计体积小、质量轻, 可直接测定, 特别适用于其他硬度计难以胜任的、不易移动的大型工件和不易拆卸的大型部件及构件的硬度

二、金属材料的分类

金属材料可分为黑色金属材料 and 有色金属材料两大类。黑色金属是指钢和铸铁。钢又可分为碳素钢和合金钢。黑色金属以外的金属统称为有色金属。

(一) 碳素钢的分类

碳素钢简称碳钢, 它是指含碳量小于 1.5%, 不含特意加入合金元素, 而含有少量的硫、磷、硅、锰等杂质的钢。

1. 按冶炼方法分类

- (1) 平炉钢;
- (2) 转炉钢;
- (3) 电炉钢。

2. 按炼钢时的脱氧程度及浇铸方法分类

- (1) 沸腾钢;
- (2) 镇静钢;
- (3) 半镇静钢。

3. 按含碳量分类

- (1) 低碳钢, $C < 0.25\%$;



(2) 中碳钢, $C = 0.25\% \sim 0.60\%$;

(3) 高碳钢, $C > 0.60\%$ 。

4. 按用途分类

(1) 碳素结构钢。碳素结构钢主要用于各种结构件(如建筑、桥梁、船舶、锅炉、车辆等用钢)和机器零件中。这类钢一般属于低、中碳钢。

(2) 碳素工具钢。碳素工具钢主要用于各种刀具、量具和模具。这类钢属于高碳钢。

此外, 还可按机械加工前的状态或供货前的主要加工工艺分为变形钢(包括热轧钢、冷轧钢、冷拔钢、锻钢等)和铸钢两大类。

5. 按钢的质量分类

(1) 普通碳素钢: 钢中硫不超过 0.055% , 磷含量不超过 0.045% 。

(2) 优质碳素钢: 钢中硫、磷含量不超过 0.035% 。

(3) 高级优质碳素钢: 钢中硫不超过 0.020% , 磷含量不超过 0.030% 。

(二) 合金钢的分类

在碳钢基础上有目的地加入各种合金元素所冶炼成的钢称为合金钢。

1. 按钢中主要合金元素的种类分

合金钢分为锰钢, 硅锰钢、铬钢、铬锰钛钢等。

2. 按钢中合金元素总含量分

(1) 低合金钢, 合金元素总含量不超过 5% ;

(2) 中合金钢, 合金元素总含量大于 $5\% \sim 10\%$;

(3) 高合金钢, 合金元素总含量大于 10% 。

3. 按主要用途分



(1) 结构钢。主要有建筑及工程用结构钢和机械制造用结构钢。前者主要用于建筑、桥梁、船舶、锅炉等。后者主要用于制造机械设备上的结构零件，它包括低合金结构钢、合金结构钢、弹簧钢和滚动轴承钢。

(2) 工具钢。用于制造各种工具，包括合金工具钢和高速工具钢。

(3) 特殊性能钢。特殊性能钢指具有特殊物理、化学性能或力学性能的钢，包括不锈钢、耐热钢、耐磨钢和磁钢等。

4. 按金相组织分

按金相组织分可分为奥氏体钢、马氏体钢和铁素体钢。

(三) 铸铁

铸铁就是含碳量大于 2.06% 的铁碳合金。工业上使用的铸铁一般含碳量在 2.5% ~ 4% 的范围内，此外还含有硅、锰、硫、磷等杂质。

铸铁具有许多优良的性能，如良好的铸造性、耐磨性、切削加工性等，而且价格低廉，因此应用很广。根据碳在铸铁中存在的形态不同，铸铁可分为以下几种。

1. 白口铸铁

碳除少量的溶于铁素体内以外，其余绝大部分以碳化物的形态存在，其断口呈亮白色，故称白口铁。白口铸铁很难切削加工，因此很少用它来直接制造机械零件，而主要作炼钢的原材料或用来制造可锻铸铁的毛坯。

2. 灰口铸铁

灰口铸铁简称灰铸铁，其中的碳大部或全部以自由状态呈片状存在于铸铁中。断口为暗灰色，故称灰口铸铁。它的铸造性能好，硬度不高，易于加工。灰口铸铁一般用于制造



机架、床身、轴承盖及轴承座、减速箱、水泵、油泵等外壳，皮带轮和齿轮等。

3. 球墨铸铁

在铸铁的铁水中加入球化剂（镁或镁合金），使铸铁中石墨成球状，经过球化处理所得到的铸铁叫做球墨铸铁。球墨铸铁一般用于制造曲轴、轴套及大型轧钢机轧辊、齿轮等。

4. 可锻铸铁

将白口铸铁（含碳量约为 2.2% ~ 2.8%，含硅量约为 0.6% ~ 1.4%）在固态下经过长时间高温退火后获得的铸铁叫做可锻铸铁。根据其基体组织的不同，可锻铸铁可分为黑心可锻铸铁（铁素体可锻铸铁，断口呈灰黑色）和白心可锻铸铁（球光体可锻铸铁，断口白亮）两类。

由于可锻铸铁的强度比灰口铸铁高，尤其是黑心可锻铸铁具有较高的塑性和韧性，又比钢具有更优良的铸造性能，因此生产上应用较多，适用于制造些截面较薄而形状较复杂，工作中受震动而强度要求较高的零件，如汽车、拖拉机的后桥壳、轮壳等，也可用来制造强度要求较高的零件，如曲轴、连杆、管接头等。

（四）铜及其合金

平时所说的纯铜一般叫做紫铜，呈玫瑰色，有较高的导电、导热性和抗腐蚀性，密度为 8.93g/cm^3 ，熔点为 1083°C 。纯铜的塑性好但强度不高。主要用于电气工业上做各种导体材料以及管子、铆钉和垫片等。机械中应用的铜主要是铜合金。铜合金分黄铜和青铜两大类。

1. 黄铜

铜和锌的合金叫做黄铜。它的加工性能好并有较高的耐



腐蚀能力。纯铜和锌的合金叫做普通黄铜或锌黄铜；除了铜和锌以外，又加入少量其他元素的铜合金叫做特殊黄铜，如锡黄铜、硅黄铜、铝黄铜等。低锌黄铜具有良好的导热性、抗蚀性，广泛用于汽车，制造散热器、冷凝器的管道等。黄铜也广泛应用于制造热压及热轧的零件及焊件。

2. 青铜

铜和锡的合金叫做青铜。铝青铜用来制造在易磨损条件下工作的零件，如齿轮、摩擦片、蜗轮等。锡青铜用来制造轴承、齿轮和衬套等。

(五) 铝和铝合金

铝是银白色的金属，密度为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，熔点为 657°C ，具有良好的导电性和导热性，并有很好的塑性和耐腐蚀性；纯铝的强度和硬度都很低，但加入其他合金元素后可以大大提高其硬度和强度。工业上应用较多的是铝合金。

铝合金按制造方法不同，可以分为铸造铝合金和变形铝合金两大类。

1. 铸造铝合金

铸造铝合金按化学成分不同可分为铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金和铝锌合金。

(1) 铝硅合金。具有优良的铸造性能，如流动性大、线收缩率小、生成裂纹的倾向小等，而且还具有比重小、抗腐蚀性能较高、机械性能较好的优点，所以得到广泛的应用，如水泵壳体、气缸体、油泵壳体、活塞等。

(2) 铝铜合金。可作重载或高温条件下工作的零件、结构材料用。

(3) 铝镁合金。具有耐蚀性好、强度大、比重小等优点，但也存在铸造时流动性差、形成缩松倾向大、耐热性低



以及熔铸工艺复杂的缺点。

(4) 铝锌合金。铝锌合金铸造性能好，流动性好，易充满铸型。缺点是形成气孔倾向大，需变质处理。

2. 变形铝合金

变形铝合金包括工业纯铝、防锈铝、硬铝、锻铝、超硬铝和特殊铝合金等。

(1) 工业纯铝。它对热和光有较高的反射性，强度低、塑性高，易加工成各种形状。

(2) 防锈铝。其特点是具有比纯铝高的强度和良好的塑性，可通过压力加工制成各种半成品，可以焊接，有突出的耐蚀性能。

(3) 硬铝。可制成铝线、铝板、铝棒等型材。

(4) 锻铝。可制成棒、板、管和各种锻件。

(5) 超硬铝。可制成承力结构的铆钉和结构中的主要受力件。

三、铁 - 碳合金相图

钢和铸铁（生铁）是建筑业中广泛应用的金属材料，它们都是铁碳合金。钢的含碳量小于 2.11%，铸铁的含碳量为 2.11% ~ 6.69%，含碳量大于 6.69% 铁碳合金工业上没有实用价值。下面以铁 - 碳合金相图介绍铁 - 碳合金的组织及性能。

为了更加清楚地了解铁 - 碳合金相图，首先介绍一下铁的同素异晶转变（见图 1-1）。

多数金属在凝固后的晶格类型保持不变，但某些金属如铁、锡、钛、锰等，凝固后在不同的温度下，有着不同的晶格类型。金属在固态下，由一种晶格转变为另一种晶格的转变称为同素异晶（同素异构）转变。

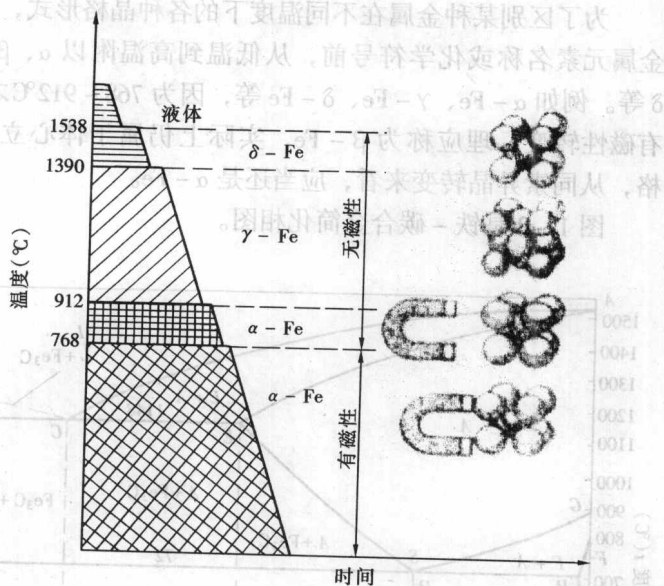


图 1-1 纯铁的同素异晶转变

图 1-1 是铁的同素异晶转变冷却曲线，从图中可以看出，当纯铁液体冷却到 1538℃ 时，转变为固态金属，在 1538~1390℃ 时，为体心立方晶格，叫 δ -Fe，在 1390~912℃ 时，为面心立方晶格，叫 γ -Fe，在 912℃ 以下时晶格不再变化，为体心立方晶格，叫 α -Fe。

纯铁冷却时，除了同素异晶转变外，还有磁性转变，但磁性转变时，不发生晶格类型的转变，转变温度在 768℃。在 768℃ 以上，铁无磁性，而在 768℃ 以下铁有磁性。

铁的同素异晶转变是铁的一种极重要的特性，由于铁能发生同素异晶转变，才能使钢和铸铁接受各种热处理，从而改变其组织和性能。