

电力工程质量监督专业资格考试教材

# 金属与焊接 分册

电力工程质量监督总站 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力工程质量监督专业资格考试教材

# 金属与焊接 分册

电力工程质量监督总站 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

为全面提升电力工程质量,提升电力工程质量监督人员的岗位胜任能力,电力工程质量监督总站组织相关专业技术人员编写了《电力工程质量监督专业资格考试教材》,由十三个分册组成。本套教材全面系统、实用性强。

本书为《金属与焊接分册》,包括概述、焊接工程和金属部件实体质量监督检查、主要质量管理资料监督检查、质量监督检查常见质量问题及分析。

本套教材作为电力工程质量监督专业资格考试教材,也可供输电线路相关专业及管理人员参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

电力工程质量监督专业资格考试教材.金属与焊接分册/  
电力工程质量监督总站主编. —北京:中国电力出版社,  
2015.5

ISBN 978-7-5123-7395-2

I. ①电… II. ①电… III. ①电力工程—工程质量监督—资格考试—教材②电力工程—金属材料—焊接—工程质量监督—资格考试—教材 IV. ①TM7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第054087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

\*

2015年5月第一版 2015年5月北京第一次印刷  
787毫米×1092毫米 16开本 7.75印张 171千字  
印数0001—3000册 定价25.00元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
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

工程质量监督是工程建设质量管理的基本制度，也是政府主管部门依法维护电力工程规范建设，保障工程质量安全的重要手段。随着我国电力工业的快速发展，电力技术水平不断提高，电力建设主体越来越多元化，为加强和规范电力工程质量监督工作，国家能源局分别于2012年9月和2014年5月印发了《电力工程质量监督管理体系调整方案》（国能电力〔2012〕306号文）和《关于加强电力工程质量监督工作的通知》（国能安全〔2014〕206号文），对于电力工程质量监督机构明确了“总站-中心站-项目站”的三级管理体系，对于电力工程质量监督工作确定了“国家能源局归口管理、派出机构属地监管、质监机构独立监督、电力企业积极支持”的工作机制。目前，在国家能源局的统一领导和大力支持下，电力工程质量监督各项规章制度正在逐步完善，各项工作正在逐渐步入正轨，为有效保证建设工程质量奠定了基础。

要做好电力工程质量监督工作，队伍建设和人才培养是关键。总站在认真总结多年来电力行业和全国其他行业工程质量监督专业人员管理经验的基础上，确定了电力工程质量监督专业人员实行“高级专家-质量监督师-质量监督员”三级管理的工作模式，其中：高级专家实行聘任制，由总站主导，以技术委员会平台进行动态管理；质量监督师、质量监督员实行统一认证考试制度。在专业人员的工作职责方面，要求各质监机构在进行现场检查时，检查组组长必须持有高级专家证，检查组中的专业负责人必须是质量监督师，一般检查人员必须持有质量监督员及以上资格证书。企业内部的质量管理体系中，将继续贯彻实施质量检查员持证上岗制度，允许质量检查员考取和持有质量监督师或质量监督员证书。为落实以上管理原则，进一步加强质量监督师、质量监督员的资格认证管理，总站于2014年3月印发了《电力工程质量监督人员资格认证和从业管理办法》，明确了资格认证实行向社会开放和教考分离的工作原则，同时详细划分了考试专业，确定了考试方式和考试科目。为理顺电力工程质量监督专业知识体系，构建针对性强、层次清晰、内容全面的认证考试平台，总站组织编制了本系列《电力工程质量监督专业资格考试教材》。

本系列教材共包括建筑、锅炉、汽轮机、电气、热工控制、金属与焊接、水处理与制氢、核能动力、水工结构、水力机电、金属结构、输电线路和工程管理共十三册。本系列教材以专业资格认证考试为立足点，重点强调了专业知识的系列性、完整性和实用性。各专业册在章节划分和内容设置上基本保持一致；在知识点设置上强调了工程质量行为监督、专业基础理论、标准体系、设备材料、施工技术、工程实体质量监督等要点；在知识内容和范围上重点从工程质量监督的角度出发，全面细致地讲解了工程勘察、设计、施工、验收、运行维护及管理等活动的技术要求和所遵守的技术依据和准则，同时还就各专业在工程质量控制方面

存在的一些通病和重点质量问题进行了总结和分析；各专业知识点丰富，重点突出。本系列教材不仅可以作为专业资格认证培训用书，也可以作为大家日常工作中随时查阅专业知识的工具书。

本系列教材由电力工程质量监督总站主编，本书为《金属与焊接分册》，由辽宁省电力建设工程质量监督中心站组织编写。

在本系列教材的编写过程中得到了有关省（市、区）电力公司及施工、调试、监理、检测等单位的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材中难免有疏漏和不当之处，恳请广大读者和专家批评指正。

电力工程质量监督总站

2014年8月



# 目 录

前言

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 焊接专业简介.....	2
第二节 金属检测简介.....	20
第三节 焊接和金属检测质量监督.....	28
<b>第二章 焊接工程和金属部件实体质量监督检查</b> .....	35
第一节 锅炉钢结构及承重钢结构部件.....	35
第二节 锅炉受热面.....	39
第三节 压力容器.....	51
第四节 管道.....	58
第五节 汽轮发电机组部件.....	65
第六节 热工仪表及控制装置元件.....	68
第七节 母线及接地装置.....	69
第八节 配套辅助设备设施.....	71
<b>第三章 主要质量管理资料监督检查</b> .....	78
第一节 焊接施工管理.....	78
第二节 金属检测管理.....	92
第三节 验收管理.....	100
第四节 强制性条文执行管理.....	103
<b>第四章 质量监督检查常见质量问题及分析</b> .....	108
第一节 锅炉水压试验前焊接质量监督检查常见质量问题及分析.....	108
第二节 锅炉水压试验前金属检测监督检查常见质量问题及分析.....	109
第三节 汽轮机扣盖前焊接质量监督检查常见质量问题及分析.....	110

第四节	汽轮机扣盖前金属检测监督检查常见质量问题及分析·····	110
第五节	机组整套启动前焊接监督检查常见质量问题及分析·····	111
第六节	机组整套启动前金属检测监督检查常见质量问题及分析·····	112
参考文献	·····	113



## 概 述

焊接是一种将材料永久连接,并成为具有给定功能结构的制造技术。几乎所有的产品,从高端科技到工业技术、从电力工程大型钢结构件到不足 1g 微电子元件的生产中都不同程度地依赖焊接技术。焊接已经渗透到制造业的各个领域,且直接影响到产品的质量、可靠性和寿命以及生产的成本、效率。由此可见,焊接工程质量是工程质量的关键,要检验焊接质量直接或间接的需要金属无损检测、理化检验技术。

电力工业发展规划的原则是安全、经济、绿色、和谐,统筹未来十年和长远发展战略以及各种电源结构的经济性,提出了优先开发水电、优化发展煤电、大力发展核电、积极推进新能源发电、适度发展天然气集中发电、因地制宜发展分布式发电的方针。电力工程的大容量、高参数发电机组已成为我国发电的主力机组。监督检查焊接及检测工作的范围、任务、条件、技术都随着焊接质量、检测技术的更高要求不但发生了量的变化,有些已发生了质的变化,其主要特点:

(1) 随着火电单机容量不断增大和参数的提高,焊接工作量和检测范围也不断增大。火力发电机组的单机容量由 20 世纪 50 年代的 25MW 机组增加到现代的 1000MW 机组,单台机组的焊接接头数量也由 50 年代的几千个焊接接头增加到数万个焊接接头,检测范围也扩大到附属系统、环保配套等系统。

(2) 随着各类新型发电机组发展的需求,机组参数、容量的提高,焊接工程结构条件日趋复杂,需要的检测设备能力不断提高。火电机组的管道焊接最大厚度由 50 年代的 20mm 左右已变化为现在的 110mm,管径增加到 700~1000mm,锅炉受热面应用了螺旋水冷壁结构、管排密集、焊接位置多样复杂。这对于焊接工程结构工艺条件、焊接方法,需要的检测设备能力参数、方式、方法都提出了更高的要求。

(3) 超超临界机组所用材质等级、合金成分含量不断提高,高合金新型钢种 T/P91、T/P92、Super304、HR3C、TP347H 的普遍应用,特别是新型细晶马氏体钢 T/P91 和 T/P92 的普遍应用,给焊接和检测技术带来了质的变化。随着火力发电机组容量的增大,超超临界火电厂用钢的品种不断增多,钢材的合金含量不断增大。这对于焊接工艺质量,热处理工艺质量,金属检验以及无损检测工艺质量都提出了更高的要求。

由此可见,随着火力发电机组参数、容量的提高,电力工程施工对金属材料的焊接可靠性及焊接检测技术提出了更高、更新的要求。电力工程质量监督检查人员不仅要适应不断提高的技术要求、质量验收准则的需要,同时更要掌握焊接工程和金属无损检测涉及的各项监督检查阶段,在工程质量监督检查时的要点,为质量监督检查工作打下强有力的基础。只有这样才能保证焊接及金属检验质量监督的权威性,完成质量监督任务,达到质量监督的目的。



# 第一节 焊接专业简介

## 一、焊接基本知识

焊接是一种材料加工的工艺方法，它的本质是通过焊接使相互分离的金属工件达到原子或分子间结合，相互分离的金属工件形成永久性连接的整体。要达到原子或分子间的结合，需要外界施加能量，这是焊接需要通过加热或加压或两者并用来完成的原因。

### (一) 焊接方法分类

焊接方法种类繁多，按金属工件在焊接过程中所处的状态和工艺特点不同，可以把焊接分为熔焊、压焊和钎焊三大类。电力工程焊接的一般情况下采用熔焊原理的焊接方法。

#### 1. 熔焊

熔焊是利用局部加热使连接处的金属熔化，再加入（或不加入）填充金属形成焊接接头而结合的方法。

熔焊焊接过程中，必须采取有效的隔离空气的保护措施，防止空气对焊接区域的侵害，影响焊接接头的焊接质量。基本保护形式有真空保护、气体保护和熔渣保护三种。

电力工程中常用的焊接方法有焊条电弧焊、钨极氩弧焊、埋弧焊、CO<sub>2</sub> 气体保护焊等，焊条电弧焊和钨极氩弧焊的组合焊使用也很多。

#### 2. 焊接方法的英文缩写

在质量管理、验收、检验试验过程中，焊接方法的名称书写比较繁琐。使用焊接方法的英文缩写，可以简化书写，简单明了。焊工资格证书中，焊接方法就是用英文缩写来表述的。常用的焊接方法英文缩写见表 1-1。

表 1-1 常用的焊接方法英文缩写

焊接方法	英文缩写	焊接方法	英文缩写
焊条电弧焊	SMAW	埋弧焊	SAW
气焊	OFW	电渣焊	ESW
钨极气体保护焊	GTAW	等离子弧焊	PAW
熔化极气体保护焊	GMAW	摩擦焊	FRW
药芯焊丝电弧焊	FCAW	螺柱电弧焊	SW



图 1-1 焊接接头组成示意图

1—焊缝；2—熔合区；3—热影响区；4—母材

### (二) 焊接接头和焊缝

#### 1. 焊接接头

(1) 焊接接头和组成。用焊接方法连接的接头称为焊接接头，它主要起连接和传递力的作用，焊接接头由焊缝、熔合区和热影响区三部分组成如图 1-1 所示。它是焊接结构的薄弱环节。

熔合区是焊缝与母材交接的过渡区，即熔合线处微观显示的母材半熔化区。这个区域很窄，晶粒粗大，是粗大的过热组织，塑性、韧性

很差，化学成分不均匀，组织和性能都不均匀，是焊接接头中薄弱的地带。许多焊接结构破坏的事故，多是由于这个区域的某些缺陷引起的。

热影响区是焊接或切割过程中，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。热影响区的宽度与焊接方法和焊接热输入量的大小有关。热影响区的组织和性能的变化与材料的化学成分、焊接热循环和材料制造过程中热处理状态等有关。热影响区有产生脆化、硬化和软化的倾向。

母材金属是指被焊金属材料的通称。焊件则是由焊接方法连接的组件。

## (2) 焊接接头的特点。

### 1) 焊接接头的优点。

- a. 承受载荷的多向性，能承受各个方向的工作载荷。
- b. 结构的多样性，能适应不同形状、不同材料的结构要求，接头空间小，材料利用率高。
- c. 连接的可靠性，提高焊接和检验技术水平能获得高质量、高可靠性的焊接接头。
- d. 加工的经济性，施工难度较低，可实现自动化，维修简单，制造成本较低，可生产合格品。

### 2) 焊接接头的缺点。

a. 几何不连续。焊接接头的几何形状和尺寸发生变化，是一个几何不连续体。在焊趾处会存在应力集中。在焊接过程中产生的错边、焊接缺陷、焊接变形，加剧应力集中，减少承载面积，形成断裂源。

b. 性能不均匀。焊缝金属和母材在化学成分上常存在不同，经过不同的焊接热循环和热应变循环，使焊接接头各区域的组织存在着明显的不同，焊接接头的力学性能、物理化学性能以及其他性能是不均匀的。

c. 存在残余应力和变形。焊接时，热源集中加热焊缝区域。焊接接头在不均匀的温度作用下，产生较高的焊接残余应力和变形。残余应力和变形使接头区域提前达到材料的屈服极限和强度极限，降低了结构的刚度、尺寸稳定性和结构的其他使用性能。

(3) 焊接接头基本类型。焊接接头因接头结构形式不同，接头类型也不同。一般归纳为对接接头、T形接头、角接头、搭接接头和端接接头五种基本类型。

1) 对接接头。对接接头是两金属工件表面构成大于  $135^\circ$ ，小于或等于  $180^\circ$  夹角的接头。对接接头从受力的情况看是比较理想的接头形式，受力状况好，应力集中程度较小。对接接头是焊接结构中使用最多的接头形式。一般对接接头如图 1-2 所示。



图 1-2 对接接头

2) T形接头。T形接头是一个金属工件的端面与另一个金属工件表面构成直角或近似直角的接头。T形接头有各个方向的力和力矩。T形接头是箱形结构中常用的结构形式，T形接头如图 1-3 所示。

3) 角接头。角接头是两金属工件表面构成大于  $30^\circ$ ，小于或等于  $135^\circ$  夹角的接头。角接头承载能力差。当承受力弯曲时，焊根处易出现应力集中，造成根部开裂。角接头常用于不重要的焊接结构。角接头如图 1-4 所示。

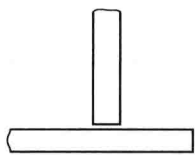


图 1-3 T形接头

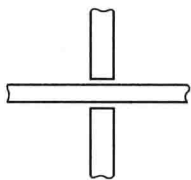
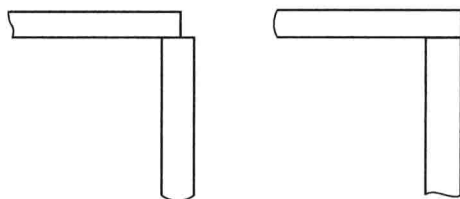


图 1-4 角接头



4) 搭接接头。搭接接头是两金属工件部分重叠构成的接头。搭接接头应力分布不均匀，疲劳强度低，不是理想的接头形式，搭接接头如图 1-5 所示。

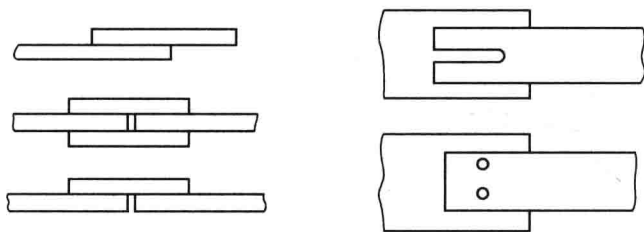


图 1-5 搭接接头

5) 端接接头。端接接头是两金属工件重叠放置或两金属工件构成不大于  $30^\circ$ ，在端部进行连接的接头。端接接头常用于密封，端接接头如图 1-6 所示。



图 1-6 端接接头

## 2. 焊接坡口

根据设计和工艺需要，在金属工件的待焊部位加工并装配成的一定几何形状的沟槽叫作坡口。开坡口的目的是为了保证电弧能深入接头根部，使根部焊透同时便于清渣，获得较好的成形，坡口还能起到调节焊缝金属中母材金属与填充金属比例的作用。

开坡口是指加工坡口的过程。加工方法有剪切、车削、刨削、磨削、火焰或等离子切割、碳弧气刨等。

(1) 坡口类型。坡口根据形状不同可分为基本型、组合型和特殊型 3 类。

1) 基本型坡口：形状简单，加工容易，应用较多，如图 1-7 所示。

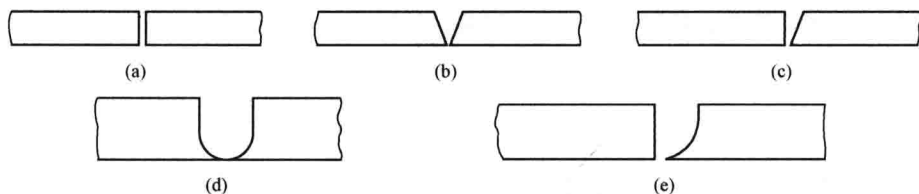


图 1-7 基本型坡口

(a) I形坡口；(b) V形坡口；(c) 单边V形坡口；(d) U形坡口；(e) J形坡口

2) 组合型坡口：由两种或两种以上的基本型坡口组合形成，如图 1-8 所示。

3) 特殊型坡口：不属于基本型又不同于组合型的特殊坡口，如图 1-9 所示。

电力焊接工程常用的双 V 形坡口与其他行业的双 V 形坡口不同，电力焊接工程常用的双 V 形坡口是由 V 形坡口和带钝边 V 形坡口组成的单面组合坡口，如图 1-10 所示，用  $\nabla$  符号

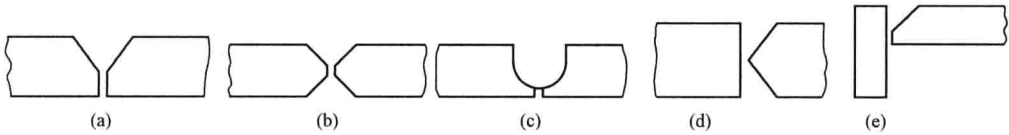


图 1-8 组合型坡口

(a) Y形坡口; (b) 双Y形坡口; (c) 带钝边U形坡口; (d) 双单边V形坡口; (e) 带钝边单边V形坡口

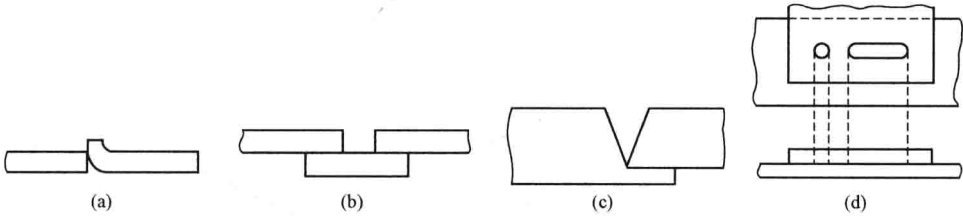


图 1-9 特殊型坡口

(a) 卷边坡口; (b) 带垫板坡口; (c) 锁边坡口; (d) 塞焊、槽焊坡口

表示;其他行业的双V形坡口是由V形坡口和带钝边V形坡口组成的双面组合坡口,见图1-8中的双Y形坡口,有用X符号表示,亦称X形坡口。电力焊接工程常用的U形坡口与其他行业的U形坡口也不同,电力焊接工程常用的U形坡口是由V形坡口和带钝边U形坡口组成的单面组合坡口,如图1-10所示。

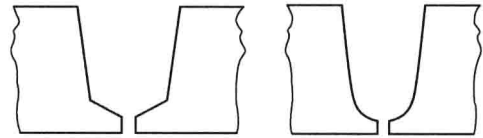


图 1-10 电力焊接工程常用的双V形坡口和U形坡口

(2) 坡口尺寸及符号。

1) 坡口面角度和坡口角度。坡口面指待焊件上的坡口表面。两坡口面之间的夹角叫坡口角度,用 $\alpha$ 表示;待加工坡口的端面与坡口面之间的夹角叫坡口面角度,用 $\beta$ 表示,如图1-11所示。

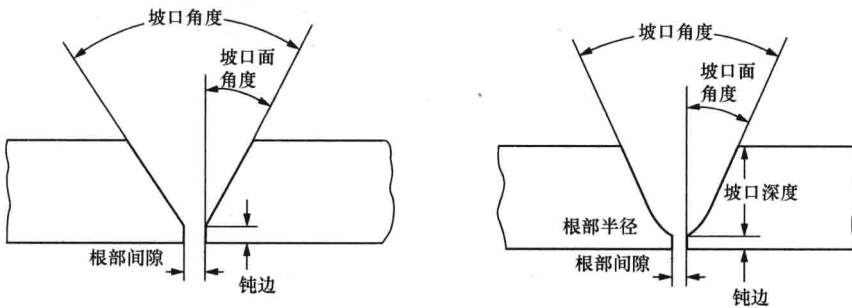


图 1-11 坡口尺寸

2) 根部间隙。焊前在接头根部之间预留的空隙叫根部间隙,用 $b$ 表示。作用是打底焊时保证根部焊透,根部间隙又叫装配间隙,如图1-11所示。

3) 钝边。焊件开坡口时,沿焊件接头坡口根部端面的直边部分叫钝边,钝边的厚度叫钝边高度,用 $p$ 表示。钝边的作用是防止根部烧穿,如图1-11所示。

4) 根部半径。在 J 形、U 形坡口底部的圆角半径叫根部半径, 用  $R$  表示, 其作用是增大坡口根部的空间, 以便焊透根部, 如图 1-11 所示。

5) 坡口深度。焊件上开坡口部分的高度叫坡口深度, 用  $H$  表示, 如图 1-11 所示。

### 3. 焊缝

焊件经焊接后所形成的结合部分叫作焊缝。

#### (1) 焊缝形式。

1) 按焊缝结合形式分类。按焊缝结合形式分类可分为对接焊缝、角焊缝、塞焊缝、槽焊缝和端接焊缝五种, 如图 1-12 所示。

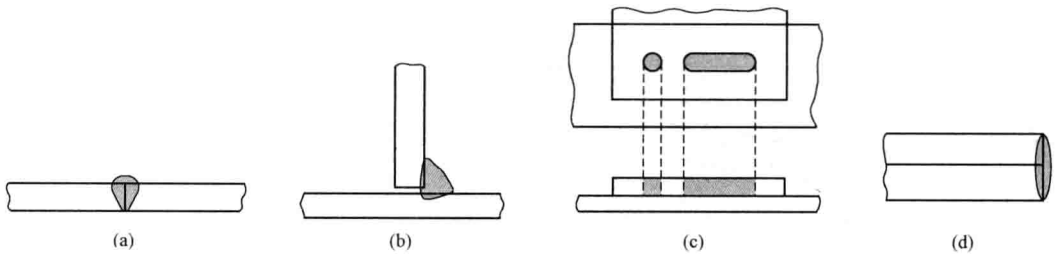


图 1-12 焊缝结合形式

(a) 对接焊缝; (b) 角焊缝; (c) 塞焊缝、槽焊缝; (d) 端接焊缝

2) 按施焊时焊缝在空间所处位置分类。按施焊时焊缝在空间所处位置分类可分为平焊缝、立焊缝、斜焊缝、横焊缝及仰焊缝五种形式, 如图 1-18 所示。

3) 按焊缝断续情况分类。按焊缝断续情况分类可分为连续焊缝、断续焊缝和定位焊缝三种形式, 如图 1-13 所示。

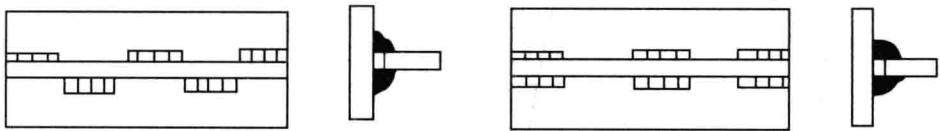


图 1-13 断续焊缝

#### (2) 焊缝的形状尺寸。

1) 焊缝宽度。焊缝表面与母材的交界处叫焊趾, 焊缝表面两焊趾之间的距离叫作焊缝宽度, 如图 1-14 所示。

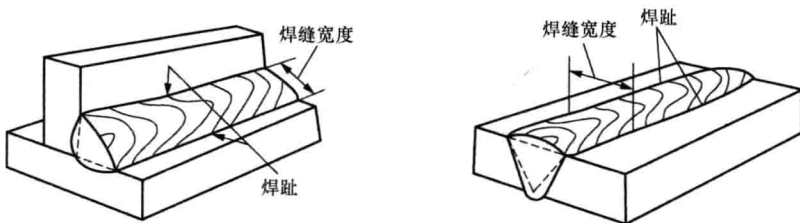


图 1-14 焊缝宽度

2) 余高。超出母材表面连线上方的那部分焊缝金属的最大高度叫作余高, 如图 1-15 所示。

3) 熔深。在焊接接头横截面上, 母材或前道焊缝熔化的深度叫作熔深, 如图 1-16 所示。

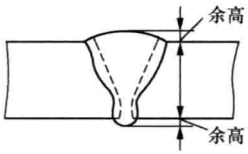


图 1-15 焊缝余高

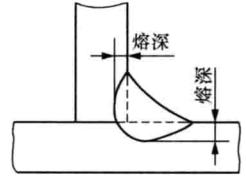
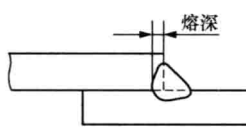
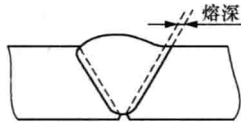


图 1-16 焊缝熔深

4) 焊缝厚度。在焊缝横截面中，从焊缝正面到焊缝背面的距离，叫焊缝厚度，如图 1-17 所示。

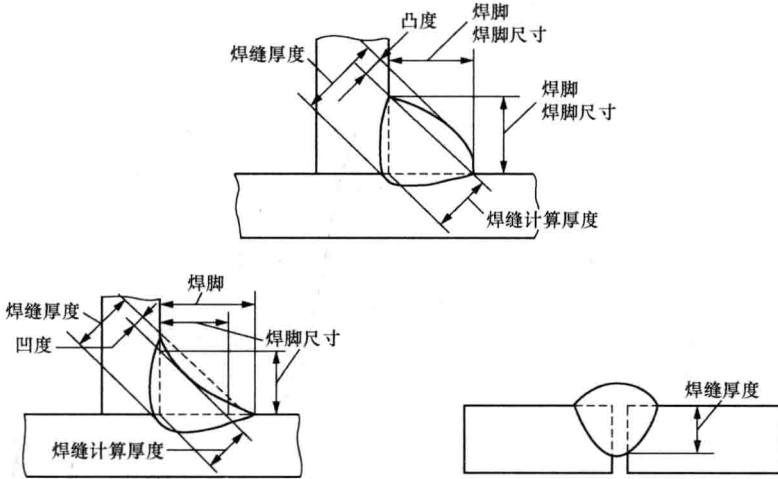


图 1-17 焊缝厚度和焊脚尺寸

5) 焊脚尺寸。角焊缝的横截面中，从一个直角面上的焊趾到另一个直角面表面的最小距离，叫作焊脚尺寸，如图 1-17 所示。

### (三) 焊接位置

#### 1. 板状焊接位置

熔焊时，焊件接缝所处的空间位置叫焊接位置，焊接位置有平焊、立焊、横焊和仰焊位置等，如图 1-18 所示。

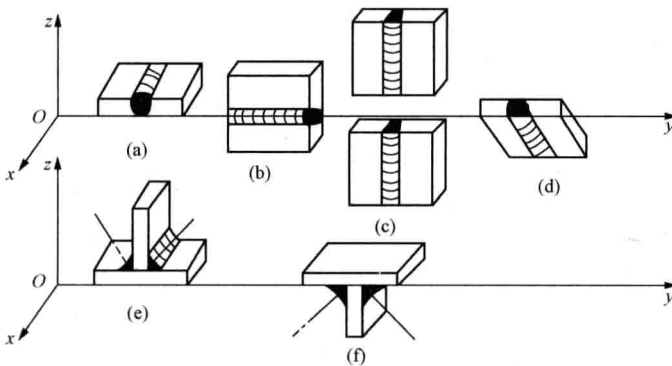


图 1-18 板状焊接位置

(a) 平焊; (b) 横焊; (c) 立焊; (d) 仰焊; (e) 平角焊; (f) 仰角焊

## 2. 管状焊接位置

熔焊时，管状接缝所处的空间位置叫焊接位置，焊接位置有水平转动其代号 1G、垂直固定其代号 2G、水平固定其代号 5G、45°固定其代号 6G 等，如图 1-18 所示。

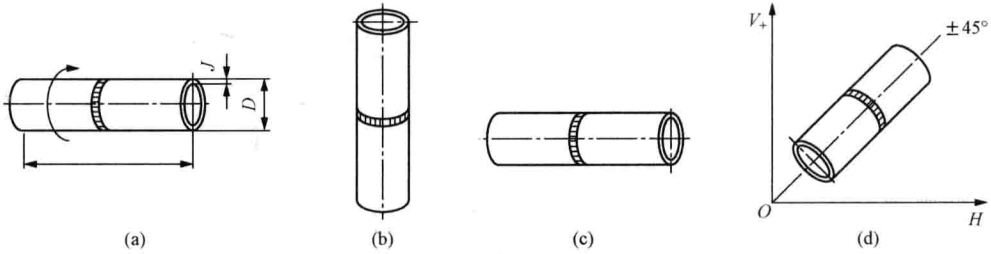


图 1-19 管状焊接位置

(a) 水平转动代号 1G; (b) 垂直固定代号 2G; (c) 水平固定代号 5G; (d) 45°固定代号 6G

### (四) 焊接材料

焊接时所消耗的材料叫焊接材料，它包括焊条、焊丝、焊剂和气体等。焊接方法因原理不同，使用的焊接材料也不同。焊条电弧焊的焊接材料是焊条；埋弧焊的焊接材料是焊剂、焊丝或焊带，如果有清根要求还需要使用碳棒；钨极氩弧焊的焊接材料是焊丝、氩气、钨极等；CO<sub>2</sub> 气体保护焊的焊接材料是焊丝、CO<sub>2</sub> 气体；气焊的焊接材料则是焊丝、氧气、乙炔气或液化气。

#### 1. 焊条电弧焊的焊接材料

焊条电弧焊是目前电力工程焊接使用最广泛的焊接方法。焊条电弧焊使用的焊接材料——焊条，是目前消耗最多的焊接材料。

焊条是涂有药皮的供手弧焊使用的熔化电极，它由药皮和焊芯两部分组成。焊接时，焊条是电极，起传导电流、引燃电弧和维持电弧燃烧的作用；又作填充金属，熔化后和母材熔合形成焊缝。

焊条前端的金属端面没有被药皮覆盖，可用于引弧。焊条尾部有段裸露的焊芯，焊接时可用焊钳挟持此处，传导电流。焊条的直径是用焊芯的直径来表示的，是焊条的规格。焊条常用的规格有  $\phi 2\text{mm}$ 、 $\phi 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 3.2\text{mm}$ 、 $\phi 4\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 6\text{mm}$  等。

##### (1) 焊芯。焊芯是焊条中被药皮覆盖的钢芯。

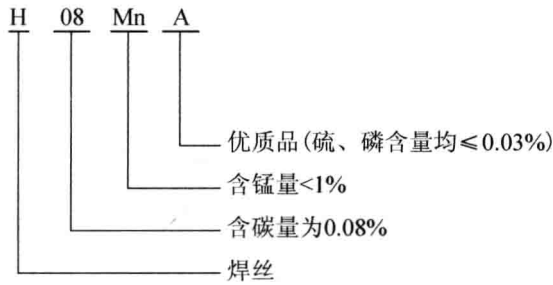
1) 焊芯的作用。焊芯有两个作用：一是传导焊接电流，产生电弧把电能转换成热能；二是焊芯本身熔化作为填充金属和液体母材金属熔合形成焊缝。

焊芯是有一定长度和直径的钢丝。为了保证焊缝的质量，焊芯用钢丝的杂质和有害物元素的含量是有严格限制的，所以焊芯用钢丝是经过特殊冶炼的。这种专门用于焊接的钢丝，制造焊条时是焊芯，在埋弧焊、气焊、气体保护焊中，作填充金属时就是焊丝。

##### 2) 焊芯的牌号。焊芯的专用钢丝可分为：碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢三大类。

焊芯的牌号就是焊芯的专用钢丝的牌号。牌号的编制方法：字母“H”表示焊丝；“H”后的一位或两位数字表示含碳量；化学元素符号及其后的数字表示该元素近似含量，某合金元素含量  $< 1\%$  时，只标记元素符号，忽略数字；尾部标有“A”、“E”，表示为“优质品”、“高级优质品”，S、P 含量更低。

例：焊芯的牌号



(2) 药皮。压涂在焊芯表面上的涂料层称为药皮。焊条药皮在焊接时起着重要的作用，是影响焊缝金属性能的主要因素之一。

1) 焊条药皮的作用。

(a) 机械保护作用。焊条药皮熔化后产生的大量气体和形成的熔渣，起隔离空气的作用，防止空气中的有害气体侵入，保护熔滴和熔池金属。

(b) 冶金处理渗合金作用。熔渣和熔化金属冶金反应，除去有害物质、添加有益元素，使焊缝金属符合要求的力学性能。

(c) 改善焊接工艺性能。电弧稳定燃烧、飞溅小、焊缝成形好、易脱渣，熔敷率高，适合全位置焊接。

2) 焊条药皮的组成。焊条药皮是由各种矿物质、铁合金和金属、有机物及化工产品等原料制成。焊条药皮的组成按它们在焊接过程中的作用可分为稳弧剂、造渣剂、造气剂、脱氧剂、合金剂、稀释剂、黏结剂和增塑、增弹、增滑剂八大类。

2. 焊条的工艺性能

焊条的工艺性能是焊条操作时的性能，主要包括电弧稳定性，焊缝成形情况，各种焊接位置的适应性、脱渣性和飞溅大小等。焊条的工艺性能是评定焊条质量的重要指标之一。

(1) 焊接电弧的稳定性。焊接电弧的稳定性是指保持电弧持续燃烧的能力。电弧稳定性与很多因素有关，焊条药皮的组成是主要因素。焊条药皮中加入低电离电位物质，可提高电弧稳定性。酸性药皮中含有钾、钠等低电离电位物质，用交直流电源焊接都能稳定燃烧；低氢钠型焊条药皮中含有较多的氟石，电弧稳定性降低，只能用直流电源，另加入碳酸钾、钾水玻璃等稳弧剂，可用交直流电源。

(2) 焊缝成形性。好的焊缝成形应是表面波纹细致，波形美观，几何形状正确，焊缝余高适中，焊缝与母材之间过渡圆滑，无咬边、焊瘤等缺陷。焊缝成形与熔渣的性能有关，熔渣黏度和熔点过高、过低，都会造成焊缝成形变坏。

(3) 全位置焊接性。全位置焊接性是指对平焊、横焊、立焊、仰焊等位置的适应性。因为重力的作用，熔池金属和熔渣会下滴，还会影响熔滴的过渡，横焊、立焊、仰焊等位置焊接时不容易形成正常的焊缝。钛钙型、低氢型药皮焊条全位置焊接性好。

(4) 脱渣性。脱渣性是指渣壳从焊缝表面脱离的难易程度。脱渣性差会降低生产效率，还会产生夹渣缺陷。影响脱渣性的主要原因是熔渣的膨胀系数。焊缝金属和熔渣的膨胀系数差值大，脱渣容易。

(5) 飞溅。飞溅是指熔焊过程中向周围飞散的金属颗粒。飞溅多会降低电弧的稳定性，



增加金属的损失，降低熔敷率。钛钙型焊条飞溅较小，低氢型焊条正接时飞溅较大。

### 3. 焊条的分类

#### (1) 焊条的分类。

按药皮成分分类：不定型、氧化钛型、氧化铁型、钛钙型、钛铁矿型、纤维素型、低氢钠型、低氢钾型、石墨型、盐基型。

按熔渣特性分类：酸性焊条和碱性焊条。

按焊条用途分类：结构钢焊条、钼和铬钼耐热钢焊条、堆焊焊条、低温钢焊条、铸铁焊条、铜及铜合金焊条、铝及铝合金焊条、镍及镍合金焊条、特殊用途焊条。

按焊条性能分类：超低氢焊条，低尘、低毒焊条，立向下焊条，底层焊条，铁粉高效焊条，抗潮焊条，水下焊条，重力焊条，躺焊焊条。

#### (2) 酸性焊条和碱性焊条。

酸性焊条是指焊条药皮熔化后的熔渣主要是酸性氧化物组成的焊条。氧化钛型、氧化铁型、钛钙型、钛铁矿型和纤维素型焊条是酸性焊条。

碱性焊条是指焊条药皮熔化后的熔渣主要是碱性氧化物组成的焊条。低氢钠型、低氢钾型焊条是碱性焊条。

酸性焊条的工艺性能比碱性焊条好，碱性焊条的力学性能、抗裂性比酸性焊条好，具体性能比较见表 1-2。

表 1-2 酸性焊条和碱性焊条的性能对比

序号	酸性焊条	碱性焊条
1	对水、铁锈的敏感性不大，使用前须经 75~150℃ 烘干，保温 1~2h	对水、铁锈的敏感性较大，使用前须经 350~400℃ 烘干。保温 1~2h
2	药皮组成成分氧化性强，塑性、韧性低	药皮组成成分还原性强，塑性、韧性强
3	电弧稳定，飞溅小，可用交流或直流施焊	必须用直流反接施焊，当药皮中加稳弧剂后，可交、直流两用
4	焊接电流较大	焊接电流比同规格的酸性焊条小 10%~15%
5	可长弧操作	必须短弧操作，否则易引起气孔
6	合金元素过渡效果差	合金元素过渡效果好
7	熔深较浅，焊缝成形较好	熔深较深，焊缝成形一般
8	熔渣呈玻璃状，脱渣较方便	熔渣呈结晶状，脱渣不及酸性焊条方便
9	焊缝的常、低温冲击韧度一般	焊缝的常、低温冲击韧度高
10	焊缝的抗裂性较差	熔渣脱硫能力强，焊缝的抗裂性好
11	焊缝的含氢量较高，影响塑性	焊缝的含氢量低
12	焊接时烟尘较少	焊接时烟尘稍多

### 4. 焊条的型号和牌号

焊条的型号是国家标准规定的各类焊条的代号。焊条的牌号是制造厂对作为产品出厂的焊条规定的代号。焊条牌号与国家标准的焊条型号不是一一对应的。