

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

焊 工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳 动 和 社 会 保 障 部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国劳动社会保障出版社

版权所有

翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

焊工：初级技能 中级技能 高级技能/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写.—北京：中国劳动社会保障出版社，2002

国家职业资格培训教程

ISBN 7 - 5045 - 3819 - 1

. 焊...

. 劳...

. 焊接 - 技术培训 - 教材

. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 037884 号

中国劳动社会保障出版社出版发行
(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

印刷厂印刷 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 23.75 印张 588 千字

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印数： 册

定价：40.00 元

读者服务部电话：64929211

发行部电话：64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

国家职业资格培训教程

焊工（初级技能 中级技能 高级技能）

编审委员会

主 任 陈 宇

委 员（以姓氏笔画为序）：

于淑香	王承福	闫玉芹	李永安	李宝良
苏 毅	宋 建	宋福祥	张远温	张士相
吴文禄	邱建新	陈伯蠡	杨鸿钧	苗文光
林 杰	袁 芳	葛 玮		

主 编 张士相

副主编 王承福 闫玉芹

编 者（以姓氏笔画为序）：

王承福	王敏廷	王明富	闫玉芹	李宝良
李茂林	李为民	任永宁	朱越强	吴文录
苏立昭	肖红军	张士相	邱建新	杨世源
杨 莺	杨鸿钧	苗文光	赵祖康	贾凤彩
龚国尚	蔡科玲			

主 审 张远温

前 言

为推动焊工行业职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在焊工从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——焊工》制定工作的基础上，组织参加标准编写的专家及其他有关专家，编写《国家职业资格培训教程——焊工》。

《教程》紧贴标准，内容上力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，《教程》是针对本职业的职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师五个等级进行编写的。《教程》的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”的内容。另外，针对标准中的“基本要求”，还专门编写了《焊工（基础知识）》一书，内容涉及焊工职业道德、识图知识、金属热处理与金属材料知识、电工基本知识、化学基本知识、冷加工基础知识、焊接概述、安全保护和环境保护知识。

本《教程》适用于焊工的初、中、高、技师、高级技师培训，是焊工职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由王承福、王敏廷、王明富、闫玉芹、李宝良、李茂林、李为民、任永宁、朱越强、吴文录、苏立昭、肖红军、张士相、邱建新、杨世源、杨莺、杨鸿钧、苗文光、赵祖康、贾凤彩、龚国尚、蔡科玲编写，王承福、阎玉芹副主编，张士相主编；张远温主审。由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一部分 初级焊工技能

第一章 焊前准备	(1)
第一节 劳动保护和安全检查	(1)
第二节 焊接材料	(5)
第三节 工件准备	(11)
第四节 焊条电弧焊设备	(19)
第二章 焊接	(24)
第一节 焊条电弧焊	(24)
第二节 气焊、气割	(39)
第三节 碳弧气刨	(66)
第三章 焊后检查	(75)
第一节 外观检查	(75)
第二节 缺陷返修	(78)

第二部分 中级焊工技能

第四章 焊前准备	(79)
第一节 焊接材料	(79)
第二节 工件准备	(99)
第三节 设备准备	(101)
第五章 焊接	(113)
第一节 焊条电弧焊	(113)
第二节 埋弧焊	(127)
第三节 钨极氩弧焊	(141)
第四节 二氧化碳气体保护焊	(152)

第五节	电阻焊.....	(175)
第六节	等离子弧焊接与切割.....	(190)
第七节	焊接接头的组织和性能.....	(208)
第八节	焊接应力与变形.....	(217)
第九节	低合金结构钢的焊接.....	(228)
第十节	珠光体耐热钢和低温钢的焊接.....	(236)
第十一节	奥氏体不锈钢的焊接.....	(242)
第六章	焊后检查.....	(252)
第一节	焊接缺陷分析.....	(252)
第二节	焊接检验.....	(259)

第三部分 高级焊工技能

第七章	焊前准备.....	(266)
第一节	焊接材料.....	(266)
第二节	工件准备.....	(271)
第三节	设备准备.....	(278)
第八章	焊接.....	(280)
第一节	焊接接头试验.....	(280)
第二节	铸铁焊接.....	(289)
第三节	有色金属的焊接.....	(296)
第四节	异种金属的焊接.....	(312)
第五节	焊条电弧焊技术.....	(317)
第六节	气割机.....	(331)
第七节	典型容器和结构的焊接.....	(338)
第九章	焊后检查.....	(355)
第一节	焊接缺陷分析.....	(355)
第二节	焊接检验.....	(365)
机械行业国家职业资格培训教程.....		(369)

第一部分 初级焊工技能

第一章 焊前准备

第一节 劳动保护和安全检查

学习目标：能够正确准备个人劳保用品，并对场地、设备、工具、夹具进行安全检查。

一、劳动保护

1. 焊接环境中的职业性有害因素

(1) 职业性有害因素的种类

在焊条电弧焊、气焊、气割及碳弧气刨时，产生的职业性有害因素主要有：

- 1) 弧光辐射 焊接过程中会产生强烈的弧光，弧光由紫外线、红外线和可见光组成。
- 2) 焊接烟尘 焊接过程中由于熔化金属的蒸发会形成烟尘，气割和碳弧气刨会产生大量烟尘，在狭窄的地方及密闭容器、管道内更为严重。
- 3) 有毒气体 用碱性焊条焊接时，药皮中的萤石在高温下会产生氟化氢气体。气焊有色金属时有时也会产生铅、锌等有毒气体。
- 4) 噪声 切割或碳弧气刨时，会发出很强烈的噪声。

(2) 职业性有害因素对人体的伤害

- 1) 焊工尘肺 焊工尘肺是指焊工长期吸入超过规定浓度的烟尘或粉尘所引起的肺组织纤维化的病症，是焊工易患的一种职业病。
- 2) 有毒气体中毒 铅、锌等有毒气体进入人体可引起急性中毒。吸入较高浓度的氟化氢气体，可立即引起眼、鼻和呼吸道刺激症状，严重时会导致支气管炎、肺炎等。
- 3) 眼睛和皮肤的伤害 弧光中的紫外线可造成对人眼睛的伤害，引起畏光、眼睛流泪、剧痛等症状，重者可导致电光性眼炎。紫外线还能烧伤皮肤。眼睛受到强红外线的辐射，时间过长会引起白内障。
- 4) 噪声性耳聋 长期接触噪声可引起噪声性耳聋以及对神经、血管系统的危害等。

2. 劳动保护用品及使用

(1) 劳动保护用品种类及要求

- 1) 工作服 焊接工作服的种类很多，最常用的是棉白帆布工作服。白色对弧光有反射作用，棉帆布有隔热、耐磨、不易燃烧可防止烧伤和烫伤等作用。焊接与切割作业的工作

服，不能用一般合成纤维织物制作。

全位置焊接工作的焊工应配有皮制工作服。

2) 焊工防护手套 焊工防护手套一般为牛（猪）绒面革制手套或棉帆布和皮革合制材料制成，具有绝缘、耐辐射热、耐磨、不易燃和对高温金属飞溅物能起反弹等作用。在可能导电的焊接场所工作时，所用手套应经耐电压 3 000 V 试验，合格后方可使用。

3) 焊工防护鞋 焊工防护鞋应具有绝缘、抗热、不易燃、耐磨损和防滑的性能，焊工防护鞋的橡胶鞋底，经耐电压 5 000 V 耐压试验，合格（不击穿）后方可使用。如在易燃易爆场合焊接时，鞋底不应有鞋钉，以免产生摩擦火星。在有积水的地面焊接切割时，焊工应穿用经过 6 000 V 耐压试验合格的防水橡胶鞋。

4) 焊接防护面罩 电焊防护面罩上有合乎作业条件的滤光镜片，起防止焊接弧光、保护眼睛的作用。壳体应选用阻燃或不燃的且无刺激皮肤的绝缘材料制成，应遮住脸面和耳部，结构牢靠，无漏光，起防止弧光辐射和熔融金属飞溅物烫伤面部和颈部的作用。在狭窄、密闭、通风不良的场合，还应采用输气式头盔或送风头盔。

5) 焊接护目镜 气焊、气割的防护眼镜片，主要起滤光、防止金属飞溅物烫伤眼睛的作用。应根据焊接、切割工件板的厚度、火焰能率大小选择。

6) 防尘口罩和防毒面具 在焊接、切割作业时，当采用整体或局部通风不能使烟尘浓度降低到容许浓度标准以下时，必须选用合适的防尘口罩和防毒面具，过滤或隔离烟尘和有毒气体。

7) 耳塞、耳罩和防噪声盔 国家标准规定工作企业噪声不应超过 85 dB，最高不能超过 90 dB。为了消除和降低噪声，经常采取隔声、消声、减振等一系列噪声控制技术。当仍不能将噪声降低到允许标准以下时，则应采用耳塞、耳罩或防噪声盔等个人噪声防护用品。

(2) 劳动保护用品的正确使用

1) 正确穿戴工作服 穿着工作服时要把衣领和袖子扣扣好，上衣不应系在工作裤里边，工作服不应有破损、孔洞和缝隙，不允许粘有油脂，或穿着潮湿的工作服。

2) 在仰焊、切割时，为了防止火星、熔渣从高处溅落到头部和肩上，焊工应在颈部围毛巾，穿着用防燃材料制成的护肩、长套袖、围裙和鞋盖。

3) 电焊手套和焊工防护鞋不应潮湿和破损。

4) 选择好焊接防护面罩上护目镜的遮光号以及气焊、气割防护镜的眼镜片。

5) 采用输气式头盔或送风头盔时，应经常使口罩内保持适当的正压，若在寒冷季节，应将空气适当加温后再供人使用。

6) 佩带各种耳塞时，要将塞帽部分轻轻推入外耳道内，使它和耳道贴合，不要使劲太猛或塞得太紧。

7) 使用耳罩时，应先检查外壳有无裂纹和漏气，使用时务必使耳罩软垫圈与周围皮肤贴合。

二、场地设备及工具、夹具的安全检查

1. 场地的安全检查

(1) 焊接场地检查的必要性

由于焊接场地不符合安全要求造成火灾、爆炸、触电等事故时有发生，破坏性和危害性

很大。要防患于未然，必须对焊接场地进行检查。

(2) 焊接场地的类型

焊接作业场地一般有两类：一类是正常结构产品的焊接场地，如车间等；另一类是现场检修、抢修工作场地。

(3) 焊接场地检查的内容

- 1) 检查焊接与切割作业点的设备、工具、材料是否排列整齐。不得乱堆乱放。
- 2) 检查焊接场地是否保持必要的通道，且车辆通道宽度不小于 3 m；人行通道不小于 1.5 m。
- 3) 检查所有气焊胶管、焊接电缆线是否互相缠线，如有缠线，必须分开；气瓶用后是否已移出工作场地，在工作场地各种气瓶不得随便横躺竖放。
- 4) 检查焊工作业面积是否足够，焊工作业面积不应小于 4 m^2 ；地面应干燥；工作场地要有良好的自然采光或局部照明，以保证工作面照度达 $50 \sim 100\text{ Lx}$ 。
- 5) 检查焊割场地周围 10 m 范围内，各类易燃易爆物品是否清除干净。如不能清除干净，应采取可靠的安全措施如用水喷湿或用防火盖板、湿麻袋、石棉布等覆盖。放在焊割场地附近的可燃材料需预先采取安全措施以隔绝火星。
- 6) 室内作业应检查通风是否良好。多点焊接作业或与其他工种混合作业时，各工位间应设防护屏。
- 7) 室外作业现场要检查如下内容：登高作业现场是否符合安全要求；在地沟、坑道、检查井、管段和半封闭地段等处作业时，应严格检查有无爆炸和中毒危险，应该用仪器（如测爆仪、有毒气体分析仪）进行检验分析，禁止用明火及其他不安全的方法进行检查。对附近敞开的孔洞和地沟，应用石棉板盖严，防止火花进入。

对焊接切割场地检查要做到：仔细观察环境，针对各类情况、认真加强防护。

2. 工具、夹具的安全检查

(1) 工具、夹具的种类

为了保证焊条电弧焊顺利进行，保证获得较高质量的焊缝，焊接时焊工应备有必须的工夹具和辅助工具。

1) 工具

电焊钳 电焊钳的作用是夹持焊条和传导电流，由上、下钳、弯臂、弹簧、直柄、胶布手柄及固定销等组成，应检查电焊钳的导电性能，隔热性能，夹持焊条要牢固，装换焊条要方便。电焊钳的规格有 300 A 和 500 A 两种。

面罩和护目镜片 面罩是为防止焊接时的飞溅、弧光及其他辐射对焊工面部及颈部损伤的一种遮蔽工具，有手持式和头盔式两种。

面罩上装有用以遮蔽焊接有害光线的黑玻璃（即护目玻璃），黑玻璃可以有各种添加剂和色泽，目前以墨绿色的为最多，为改善保护效果，受光面可镀铬。

为防护黑玻璃不会被金属飞溅损坏，应在其外面再罩上两块无色透明的防护白玻璃。

角向磨光机 角向磨光机即平常所说的手砂轮，是用来修磨坡口，清除缺陷等常用的工具。

辅助用具 焊条电弧焊时常用的辅助工具还有手锤、大锤、钢丝刷、扁铲、錾子、保温筒等。

2) 夹具

为保证焊件尺寸，提高装配效率，防止焊接变形所采用的夹具叫焊接夹具。

焊条电弧焊常用的装配夹具有：

夹紧工具 用来紧固装配零件。常用的有楔口夹板、螺旋弓形夹，带压板的楔口收紧夹等。

压紧夹具 用于在装配时压紧焊件。使用时，夹具的一部分往往要点固焊在被装配的焊件上，焊接后再除去。常用的有带铁棒的压紧夹板、带压板的紧固螺栓、带楔条的压紧夹板等。

拉紧工具 是将所装配零件的边缘拉到规定的尺寸。有杠杆、螺钉、导链等几种。

撑具 是扩大或撑紧装配件用的一种工具。一般是利用螺钉或正反螺钉来达到。

(2) 工夹具的安全检查

为了保证焊工的安全，在焊接前应对所使用的工具、夹具进行检查。

1) 电焊钳 焊接前应检查电焊钳与焊接电缆接头处是否牢固。两者接触不牢固，焊接时将影响电流的传导，甚至会打火花。另外，接触不良，将使接头处产生较大的接触电阻，造成电焊钳发热、变烫，影响焊工的操作。要检查钳口是否完好，有无损坏，以免影响焊条的夹持。

2) 面罩和护目镜片 主要检查面罩和护目镜片是否遮挡严密，有无漏光的现象。

3) 角向磨光机 要检查砂轮转动是否正常，有没有漏电的现象；砂轮片是否已经紧固牢固，是否有裂纹、破损，要杜绝使用过程中砂轮碎片飞出伤人。

4) 锤子 要检查锤头是否松动，避免在打击中锤头甩出伤人。

5) 扁铲、錾子 应检查其边缘有无飞刺、裂痕，若有应及时清除，防止使用中碎块飞出伤人。

6) 夹具 各类夹具，特别是带有螺钉的夹具，要检查其上的螺钉是否转动灵活，若已锈蚀则应除锈，并加以润滑。否则使用中会失去作用。

三、焊条电弧焊安全操作规程

1. 一般情况下的安全操作规程

(1) 做好个人防护。焊工操作时必须按劳动保护规定穿戴防护工作服、绝缘鞋和防护手套，并保持干燥和清洁。

(2) 焊接工作前，应先检查设备和工具是否安全可靠。不允许未进行安全检查就开始操作。

(3) 焊工在更换焊条时一定要戴电焊手套，不得赤手操作。在带电情况下，不要将焊钳夹在腋下而去搬动焊件或将电缆线绕挂在脖颈上。

(4) 在特殊情况下（如夏天身上大量出汗，衣服潮湿时），切勿依靠在带电的工作台、焊件上或接触焊钳等，以防发生事故。在潮湿地点焊接作业；地面上应铺上橡胶板或其他绝缘材料。

(5) 焊工推拉闸刀时，要侧身向着电闸，防止电弧火花烧伤面部。

(6) 下列操作应在切断电源开关后才能进行：改变焊机接头；更换焊件需要改接二次线路；移动工作地点；检修焊机故障和更换熔断丝。

(7) 焊机安装、修理和检查应由电工进行，焊工不得擅自拆修。

(8) 焊接前，应将作业现场 10 m 以内的易燃易爆物品清除或妥善处理，以防止发生火

灾或爆炸事故。

(9) 工作完毕离开作业现场时须切断电源，清理好现场，防止留下事故隐患。

(10) 使用行灯照明时，其电压不应超过 36 V。

2. 设备的安全检查

(1) 设备安全检查的必要性

焊接工作前，应先检查焊机和工具是否安全可靠，这是防止触电事故及其他设备事故的非常重要的环节。

(2) 焊条电弧焊施焊前对设备检查的项目。

1) 检查电源的一次、二次绕组绝缘与接地情况。应检查绝缘的可靠性、接线的正确性、电网电压与电源的铭牌吻合。

2) 检查电源接地可靠性。

3) 检查噪声和振动情况。

4) 检查焊接电流调节装置的可靠性。

5) 检查是否有绝缘烧损。

6) 检查是否短路，焊钳是否放在被焊工件上。

第二节 焊 接 材 料

学习目标：能够正确选择和使用碳钢焊条。

一、焊条的组成及分类

1. 焊条的组成及作用

焊条电弧焊中使用的涂有药皮的熔化电极称为焊条。它是由焊芯和药皮两部分组成。

(1) 焊芯 焊条中被药皮包覆的金属芯叫焊芯。焊芯的作用是在焊接时传导电流产生电弧并熔化。成为焊缝的填充金属。为保证焊缝的质量，对焊芯的质量要求很高。焊芯金属的各合金元素的含量有一定的限制，以保证在焊后焊缝各方面的性能不低于基本金属。焊芯的质量应符合国家标准 GB/ T 14957—94 《熔化焊用钢丝》的要求。

平常所说的焊条直径实际是指焊芯的直径。焊芯的规格见表 1—1。焊芯直径、焊芯材料的不同，决定了焊条允许通过的电流密度不同。焊芯的长度也有一定的限制。

表 1—1		焊 条 尺 寸 规 格		mm
焊条直径		焊条长度		
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	
1.6	± 0.05	200 ~ 250	± 2.0	
2.0		250 ~ 350		
2.5				
3.2		350 ~ 450		
4.0				
5.0				

(2) 药皮 压涂在焊芯表面上的涂料层叫药皮。其主要作用如下:

1) 提高焊接电弧的稳定性 电弧焊的根本问题是稳定电弧, 维持电弧的连续燃烧。由于焊条药皮中加入了电离电位低的物质 (如钾、钠、钙等), 因此能提高电弧的稳定性。

2) 保护熔化金属不受外界空气的影响 焊接时, 药皮对熔化金属的保护作用有两种形式: 一是气体保护; 二是熔渣保护。

气体保护 是指药皮里的有机物及某些碳酸盐无机物在电弧高温作用下产生大量的中性或还原性气体笼罩着电弧区和熔池, 在电弧区和熔池周围形成一个很好的保护层, 防止空气侵入, 以达到保护熔敷金属的目的。

熔渣保护 是指焊接过程中, 药皮中的某些物质被电弧高温熔化, 形成一层熔点低、黏度适中、密度轻的熔渣, 覆盖在焊道表面, 可避免熔敷金属和空气的直接接触, 防止焊道氧化。并使焊缝金属缓慢冷却, 有益于焊缝金属中气体的逸出, 减少了产生气孔的可能性。

3) 脱氧精炼 焊接过程中, 虽然对焊缝金属采取了保护, 但仍会混入一些氧、氮、硫、磷等有害杂质, 需要进一步去除杂质。药皮中的某些合金元素具有强烈的脱氧、脱氮、脱硫、脱磷等精炼作用, 可使焊缝中的有害元素降到最小程度。

4) 添加合金提高焊缝性能 在焊接过程中, 用药皮添加合金有两个目的: 一是为了补偿焊芯中合金元素的烧损, 在药皮中加入适当的合金过渡到焊缝中去; 另一个是完全依靠药皮中的合金元素过渡达到焊缝中所需成分的目的, 以提高焊缝的性能。

5) 改善焊接工艺性能 药皮在焊接时形成喇叭状套管, 使电弧热量集中, 并可减少飞溅, 有利于熔滴向熔池过渡, 提高了熔敷系数。适当调整药皮的黏度、熔点和密度能用于各种空间位置的施焊。同时熔化后的熔渣还起美观焊缝的作用。合理地配制药皮成分, 还能改善熔渣的脱渣性和减小发尘量等。

2. 焊条的分类及型号

(1) 焊条的分类

1) 按焊条的用途分类 根据有关国家标准, 焊条可分为: 碳钢焊条 (GB/T 5117—1995)、低合金钢焊条 (GB/T 5118—1995)、不锈钢焊条 (GB/T 983—1995)、堆焊焊条 (GB/T 984—85)、铸铁焊条 (GB/T 10044—88)、铜及铜合金焊条 (GB/T 3670—1995)、铝及铝合金焊条 (GB/T 3669—83)、镍及镍合金焊条 (GB/T 13814—1992)。

2) 按焊条药皮熔化后的熔渣特性分类 焊条可分为酸性焊条和碱性焊条两大类。

酸性焊条 其熔渣的成分主要是酸性氧化物。这类焊条的优点是工艺性好, 容易引弧, 并且电弧稳定, 飞溅小, 脱渣性好, 焊缝成型美观, 容易掌握施焊技术。因熔渣含有大量酸性氧化物, 焊接时易放出氧, 因而对工件上的铁锈、油等污物不敏感, 焊接时产生的有害气体少。酸性焊条可用交流、直流焊接电源, 适用于各种位置的焊接, 焊前焊条的烘干温度较低。

酸性焊条的缺点是焊缝金属的力学性能差, 尤其是焊缝金属的塑性和韧性均低于碱性焊条形成的焊缝。酸性焊条的另一主要缺点是抗裂纹性能不好, 主要是酸性焊条药皮氧化性强, 使合金元素烧损较多, 以及焊缝金属含硫量和扩散氢含量较高。由于上述缺点, 酸性焊条仅适用于一般低碳钢和强度等级较低的普通低合金钢结构钢的焊接, 而不用于焊接低合金钢。

碱性焊条 其熔渣的成分主要是碱性氧化物和铁合金。这类焊条的优点是焊缝中含氧量较少，合金元素很少氧化，焊缝金属合金化效果好。碱性焊条药皮中碱性氧化物较多，故脱氧、脱硫、脱磷的能力比酸性焊条强。此外，药皮中的萤石有较好的去氢能力，故焊缝中含氢量低。使用碱性焊条，焊缝金属的塑性、韧性和抗裂性都比酸性焊条高，所以这类焊条适用于合金钢和重要的碳钢结构焊接。

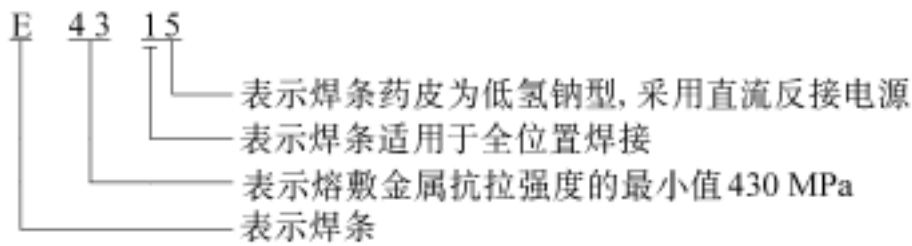
碱性焊条的主要缺点是工艺性差，对油、锈及水分等敏感性。焊接时工艺不当，容易产生气孔。因此，除了焊前要严格烘干焊条并且仔细清理焊件坡口外，在施焊时应始终保持短弧操作。碱性焊条电弧稳定性差，不加稳弧剂时只能采用直流电源焊接。在深坡口焊接中，脱渣性不好。焊接时产生的灰尘量较多，使用时应注意保持焊接场所通风和防尘保护，以免影响人体健康。

(2) 焊条型号的表示方法

碳钢焊条型号是以国家标准《碳钢焊条》（GB T 5117—1995）为依据，规定焊条的表示方法。碳钢焊条型号根据熔敷金属的力学性能、药皮类型、焊接位置和焊接电流种类来划分的。具体方法如下：

- 1) 字母“E”表示焊条。
- 2) 前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值，单位为 MPa。
- 3) 第三位数字表示焊条的焊接位置。“0”及“1”表示焊条适用于全位置焊接（平、立、仰、横），“2”表示焊条适用于平焊及平角焊，“4”表示焊条适用于向下立焊。
- 4) 第三位和第四位数字组合时表示焊接电流种类和药皮类型。
- 5) 第四位数字后附加“R”表示耐吸潮焊条；附加“M”表示耐吸潮和力学性能有特殊规定的焊条，附加“-1”表示冲击性能有特殊规定的焊条。

例如：



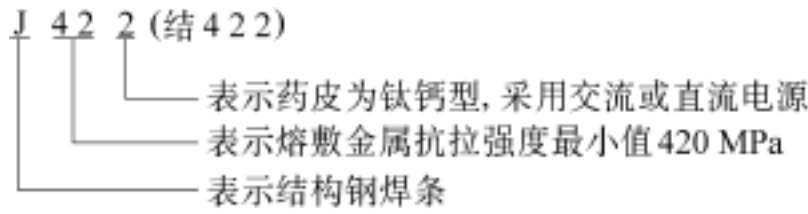
(3) 焊条型号与牌号的关系

1) 焊条牌号的表示方法

碳钢焊条的牌号是依据原国家机械工业委员会编制《焊接材料产品样本》中的规定来表示的。碳钢焊条是根据熔敷金属的抗拉强度、药皮类型和电流种类来划分的，具体方法如下：

- 字母“J”或汉字“结”表示结构钢焊条；
- 前两位数字表示熔敷金属的抗拉强度的最小值，单位为 MPa；
- 第三位数字表示焊接电流种类和药皮类型。

例如：



2) 型号与牌号的对照

常用碳钢焊条的型号与牌号的对照以及用途见表 1—2，以便选用。

表 1—2

碳钢焊条选用表

型号	牌号	药皮类型	电源种类	主要用途	焊接位置
E 4300	J420G	特殊型	交流或直流	焊接一般低碳结构钢，特别适合火力发电站碳钢管道的全位置焊接	平、立、仰、横
E 4303	J422	钛钙型	交流或直流	焊接较重要的低碳钢结构和同等强度的普低钢	平、立、仰、横
E 4314	J422Fe	铁粉钛钙型	交流或直流	焊接较重要的低碳钢结构的高效率焊条	平、立、仰、横
E 4301	J423	钛铁矿型	交流或直流	焊接较重要低碳钢结构	平、立、仰、横
E 4320	J424	氧化铁型	交流或直流正接	焊接较重要低碳钢结构	平、平角焊
E 4316	J426	低氢钾型	交流或直流反接	焊接重要的低碳钢及某些低合金钢结构	平、立、仰、横
E 4315	J427	低氢钠型	直流反接	焊接重要的低碳钢及某些低合金钢结构	平、立、仰、横
E 5024	J501Fe15	铁粉钛型	交流或直流	焊接某些低合金钢结构的高效率焊条	平、平角焊
E 5003	J502	钛钙型	交流或直流	焊接相同强度等级低合金钢一般结构	平、立、仰、横
E 5011	J505	高纤维素钾型	交流或直流	用于碳钢及低合金钢立向下焊底层焊接	平、立、仰、横
E 5016	J506	低氢钾型	交流或直流反接	焊接中碳钢及重要低合金钢结构如 Q345 等	平、立、仰、横
E 5015	J507	低氢钠型	直流反接	焊接中碳钢及重要低合金钢结构如 Q345 等	平、立、仰、横
E 5048	—	铁粉低氢型	交流或直流	具有良好的立向下焊性能	平、立、仰、横

二、碳钢焊条的选择和使用

1. 碳钢焊条的选用原则

对于碳钢和某些低合金钢来说，在选用焊条时应注意以下一些原则：

(1) 等强度原则

碳钢和某些低合金钢焊条的选择，一般是按焊缝与母材等强度的原则选用，但是要注意以下问题：

1) 一般钢材按屈服点来确定等级（如 Q235），而碳钢焊条是按熔敷金属抗拉强度的最低值来定强度等级的，因此不能混淆，应按照母材的抗拉强度等级来选择抗拉强度等级相同的焊条。

2) 对于强度级别较低的钢材，基本上是按等强度原则。但对于焊接结构刚性大、受力情况复杂的工件，选用焊条时，应考虑焊缝塑性，可选用比母材低一级抗拉强度的焊条。

(2) 酸性焊条和碱性焊条的选用

在焊条的抗拉强度等级确定后，再决定选用酸性焊条或碱性焊条时，一般要考虑以下几方面的因素：

1) 当接头坡口表面难以清理干净时, 应采用氧化性强、对铁锈、油污等不敏感的酸性焊条。

2) 在容器内部或通风条件较差的条件下, 应选用焊接时析出有害气体少的酸性焊条。

3) 当母材中碳、硫、磷等元素含量较高时, 且焊件形状复杂、结构刚性大和厚度大时, 应选用抗裂性好的碱性低氢型焊条。

4) 当焊件承受振动载荷或冲击载荷时, 除保证抗拉强度外, 应选用塑性和韧性较好的碱性焊条。

5) 在酸性焊条和碱性焊条均能满足性能要求的前提下, 应尽量选用工艺性能较好的酸性焊条。

(3) 焊条的焊接位置

焊接部位为空间任意位置时, 必须选用能进行全位置焊接的焊条, 焊接部位始终是向下立焊时, 可以选用专门向下立焊的焊条或其他专门焊条。对于一些要求高生产率的焊件时, 可选用高效的铁粉焊条。

2. 碳钢焊条的使用

为了保证焊缝的质量, 碳钢焊条在使用前须对焊条的外观进行检查以及烘干处理。

(1) 焊条的外观检查

对焊条进行外观检查是为了避免由于使用了不合格的焊条, 而造成焊缝质量的不合格。外观检查包括:

1) 偏心 是指焊条药皮沿焊芯直径方向偏心的程度, 如图 1—1 所示。焊条若偏心, 则表明焊条沿焊芯直径方向的药皮厚度有差异。这样, 焊接时焊条药皮熔化速度不同, 无法形成正常的套筒, 因而在焊接时产生电弧的偏吹, 使电弧不稳定, 造成母材熔化不均匀, 影响焊缝质量。因此应尽量不使用偏心的焊条。

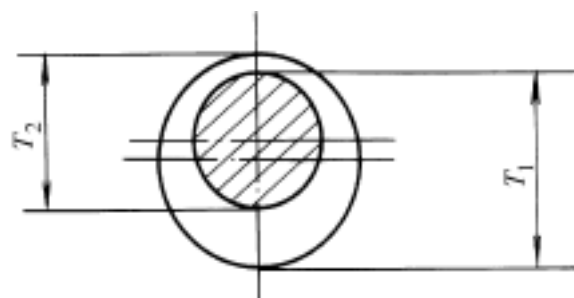


图 1—1 焊条偏心示意图

焊条的偏心度可用下式计算:

$$\text{焊条偏心度} = \frac{2(T_1 - T_2)}{(T_1 + T_2)} \times 100\%$$

式中 T_1 ——焊条断面药皮最大厚度 + 焊芯直径, mm;

T_2 ——同一断面药皮层最小厚度 + 焊芯直径, mm。

根据国家标准的规定:

直径不大于 2.5 mm 焊条, 偏心度不应大于 7%;

直径为 3.2 mm 和 4 mm 焊条, 偏心度不应大于 5%;

直径不小于 5 mm 焊条, 偏心度不应大于 4%。

2) 锈蚀 是指焊条芯是否有锈蚀的现象。一般来说, 若焊芯仅有轻微的锈迹, 基本上不影响性能。但是如果焊接质量要求高时, 就不宜使用。若焊条锈迹严重就不宜使用, 至少也应降级使用或只能用于一般结构件的焊接。

3) 药皮裂纹及脱落 药皮在焊接过程中是起着很重要的作用, 如果药皮出现裂纹甚至脱落, 则直接影响焊缝质量。因此, 对于药皮脱落的焊条, 则不应使用。

(2) 焊条的烘干

1) 烘干目的 在焊条出厂时,所有的焊条都有一定的含水量,它根据焊条的型号不同而不同。焊条出厂时具有含水量是正常的,对焊缝质量没有影响。但是焊条在存放时会从空气中吸收水分,在相对湿度较高时,焊条涂料吸收水分很快。普通碱性焊条裸露在外面一天,受潮就很严重。受潮的焊条在使用中是很不利的,不仅会使焊接工艺性能变坏,而且也影响焊接质量,容易产生氢致裂纹、气孔等缺陷,造成电弧不稳定、飞溅增多、烟尘增大等不利影响。

因此,焊条(特别是低氢型碱性焊条)在使用前必须烘干。

2) 烘干温度 不同焊条品种要求不同的烘干温度和保温时间。在各种焊条的说明书中对此均作了规定,这里介绍通常情况下,碳钢焊条的再烘干温度和时间。

酸性焊条 酸性焊条药皮中,一般均有含结晶水的物质和有机物,再烘干时,应以除去药皮中的吸附水,而不使有机物分解变质为原则。因此,烘干温度不能太高,一般规定为 $75 \sim 150$,保温 $1 \sim 2$ h。

碱性焊条 由于碱性焊条在空气中极易吸潮,而且在药皮中没有有机物,在烘干时更需去掉药皮中矿物质中的结晶水。因此烘干温度要求较高,一般需 $350 \sim 400$,保温 $1 \sim 2$ h。

3) 烘干方法及要求

焊条烘干应放在正规的远红外线烘干箱内进行烘干,不能在炉子上烘烤,也不能用气焊火焰直接烧烤。

烘干焊条时,禁止将焊条直接放进高温炉内,或从高温炉中突然取出冷却,以防止焊条因骤冷骤热而产生药皮开裂脱落。应缓慢加热、保温、缓慢冷却。经烘干的碱性焊条最好放入另一个温度控制在 $80 \sim 100$ 的低温烘箱内存放,随用随取。

烘干焊条时,焊条不应成垛或成捆地堆放,应铺成层状,4 mm 焊条不超过三层,3.2 mm 焊条不超过五层。否则,焊条叠起太厚造成温度不均匀,局部过热而使药皮脱落,而且也不利于潮气排除。

焊接重要产品时,每个焊工应配备一个焊条保温筒,施焊时,将烘干的焊条放入保温筒内。筒内温度保持在 $50 \sim 60$,还可放入一些硅胶,以免焊条再次受潮。

焊条烘干一般可重复两次。据有关资料介绍,对于酸性焊条的碳钢焊条重复烘干次数可以达到五次,但对于酸性焊条中的纤维素型焊条以及低氢型的碱性焊条,则重复烘干次数不宜超过三次。

3. 碳钢焊条的保管

焊条管理的好坏对焊接质量有直接的影响。因此,焊条的储存、保管也是很重要的。

(1) 各类焊条必须分类、分型号存放,避免混淆。

(2) 焊条必须存放在通风良好、干燥的库房内。重要焊接工程使用的焊条,特别是低氢型焊条,最好储存在专用的库房内。库房要保持一定的湿度和温度,建议温度在 $10 \sim 25$,相对湿度在 60% 以下。

(3) 储存焊条必须垫高,与地面和墙壁的距离均应大于 0.3 m 以上,使得上下左右通风流通,以防受潮变质。

(4) 为了防止破坏包装及药皮脱落,搬运和堆放时不得乱摔、乱砸,应小心轻放。

(5) 为防止焊条受潮,尽量做到现用现拆包装。并且做到先入库的焊条先使用,以免存放时间过长而受潮变质。

第三节 工件准备

学习目标：能根据图样要求进行焊接坡口准备和加工。

一、焊接接头及焊接坡口

1. 焊接接头的种类

焊接接头是指用焊接方法连接的接头。焊接接头是焊接结构最基本的要素。根据接头的构造形式不同，焊接接头可分为对接接头、T形接头、角接头、搭接接头、端接头，如图1—2所示。

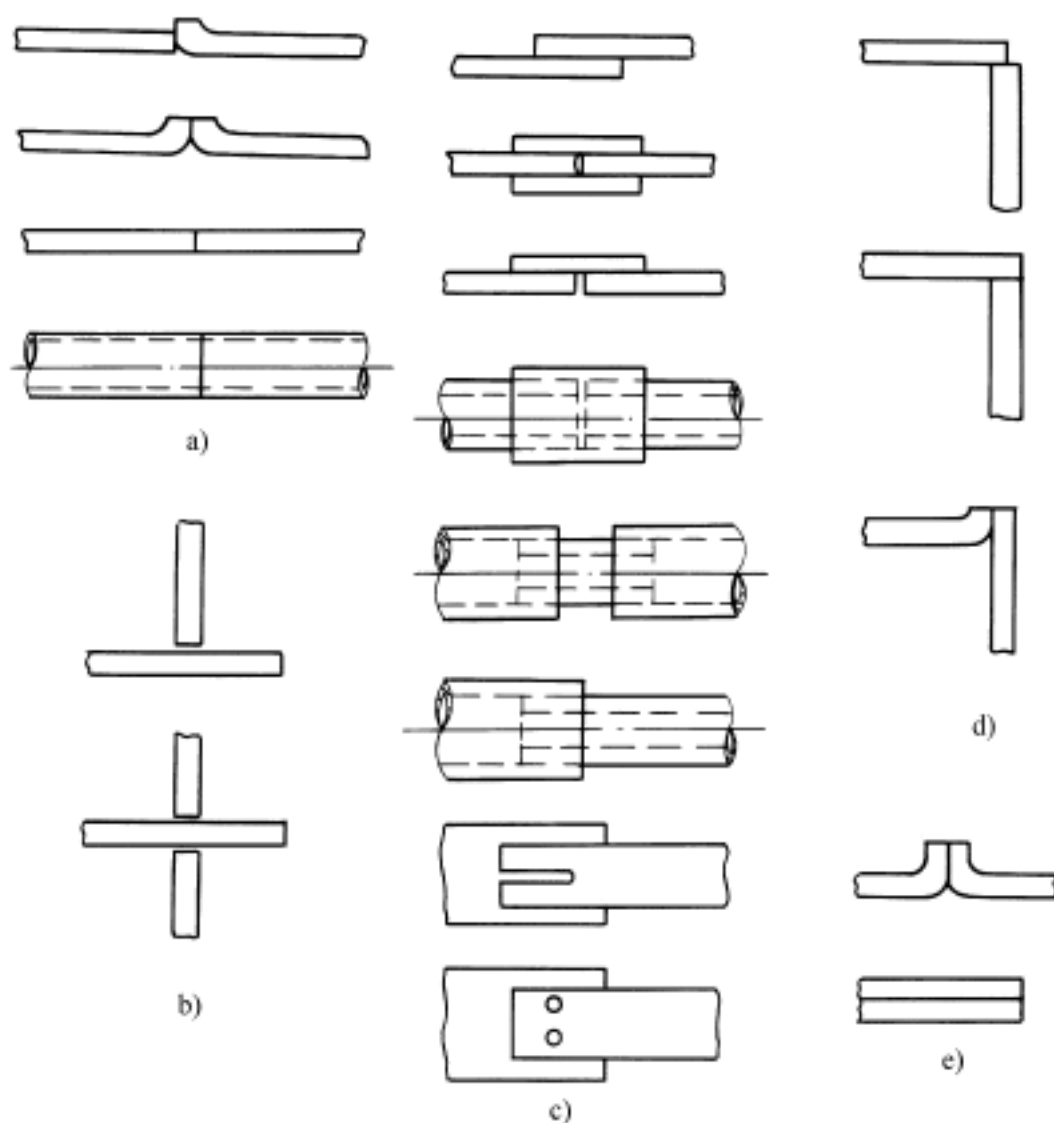


图 1—2 焊接接头的基本类型

a) 对接接头 b) T形（十字）接头 c) 搭接接头 d) 角接头 e) 端接头

对接接头从受力的角度看是比较理想的接头形式，受力状况好，应力集中较小。T形接头能承受各种方向的力和力矩。搭接接头的应力分布不均匀，疲劳强度较低不是理想的接头类型。但由于其焊前准备及装配工作简单，在焊接结构中应用较广。对于承受动载荷的接头不宜采用。角接头多用于箱形构件上，承载能力随接头形式不同而不同。端接头多用于密封。

2. 坡口形式和坡口尺寸