

焊条电弧焊



目录

第一节 焊接的概述

第二节 焊接电弧

第三节 焊条与弧焊电源

第四节 焊条电弧焊的操作规程与平敷焊操作

第一节 焊接的概述

一、定义：

- 焊接是通过加热或加压或两者并用，用（或不用）填充材料将同种（或异种）金属材料实现原子之间结合的加工方法。
- 促进原子或分子之间产生结合和扩散的方法是加热或加热，或两者并用。
- 两件可为同种或异种材料（金属和非金属）。

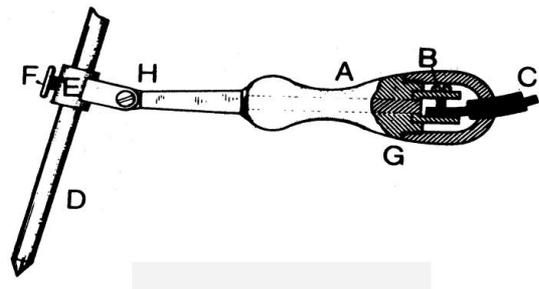
二、焊接的发展史

公元前3000多年埃及出现了锻焊技术。

公元前2000多年中国的殷朝采用铸焊

制造兵器。

1885~1887年，俄国的尼古拉·别纳尔多斯发明**碳极电弧焊钳**（见图）。这一发明是弧焊至少是碳弧焊的实际的开始。



十九世紀末，包括點焊、縫焊、凸焊和閃光對焊的電阻焊方法得到發展。1885—1900年，美國的湯姆遜·伊萊修發明**電阻焊**並用於薄板的點焊和縫焊。

TDN2系列一體化懸掛式點焊機



X型焊鉗

C型焊鉗



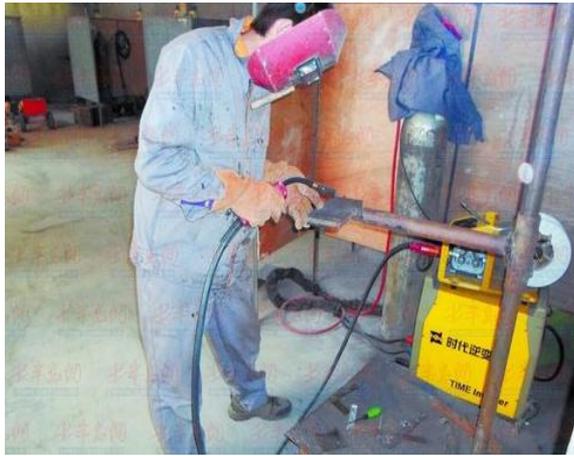
1930年：前苏联罗比诺夫发明埋弧焊。



1941年：美国人梅瑞狄斯发明了钨极惰性气体保护电弧焊。



1953年：前苏联柳波夫斯基、日本关口等人发明CO₂气体保护电弧焊。随着1958年末、1959年初细丝短弧和短路过渡的应用，使得二氧化碳气体保护焊成为最普及的一种焊接方法。



1996年：以乌克兰巴顿焊接研所B. K. Lebegev院士为首的三十多人研究开发了人体组织的焊接技术。



三、焊接方法的分类

- 根据在焊接过程中金属材料所处的状态，焊接方法分熔焊、压焊和钎焊等三大类。
- 熔焊：将待焊处的母材金属熔化以形成焊缝的焊接方法称为熔焊。
- ✓ 常见的有电弧焊、气焊、电渣焊、埋弧焊及各种气体保护焊、激光焊等。
- 其中又分为熔化极和非熔化极：
 - ✓ 熔化极有焊条电弧焊、药芯焊丝电弧焊（MAG）、氩弧焊（MIG）、气保焊；
 - ✓ 非熔化极有钨极氩弧焊（TIG）、等离子弧焊等。

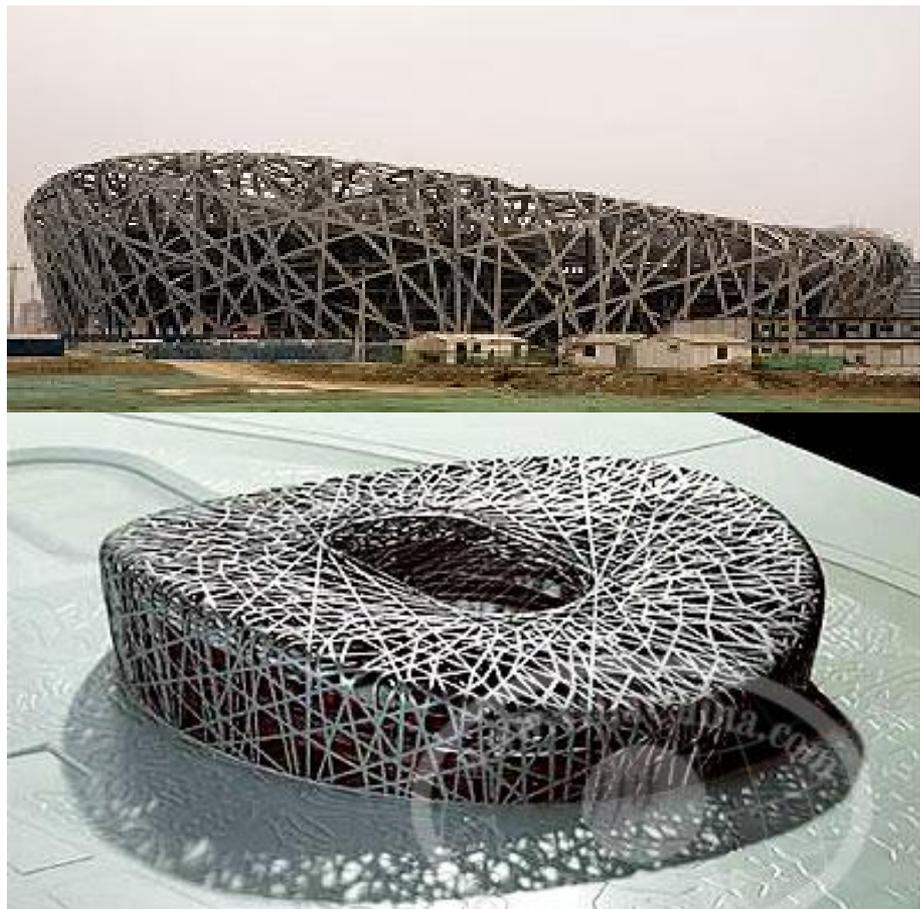
四、焊接技术的应用

现代焊接技术主要用于重型工业，例如船舶、汽车、建筑施工等制造行业，以及相关的服务业中。

土木工程上常用到手工电弧焊，氩弧焊，电渣压力焊，闪光对焊，氧乙炔焰气焊及切割，及二氧化碳保护焊多用于钢结构安装及有色金属焊接。

造船锅炉以及各类压力容器的焊接，多使用手工电弧焊，氩弧焊，二氧化碳保护焊电渣焊等特殊工艺。另外还有超声波焊接，爆炸焊等。

例如，（1）北京奥运会主场馆——鸟巢（中国八大现代建筑之一），建筑顶面呈鞍形，长轴为332.3米，短轴为296.4米，最高点高度为68.5米，最低点高度为42.8米。钢结构大量采用由钢板焊接而成的箱形构件。



世界关注的长江三峡水利工程，其水电站的水轮机转轮直径10.7m，高5.4m，重达440吨，为世界最大、最重的不锈钢焊接转轮，每个转轮需要消耗12吨焊丝。



“神舟”号载人飞船和长征系列运载火箭的燃料箱，都是全焊接的铝合金结构。



第二节 焊接电弧

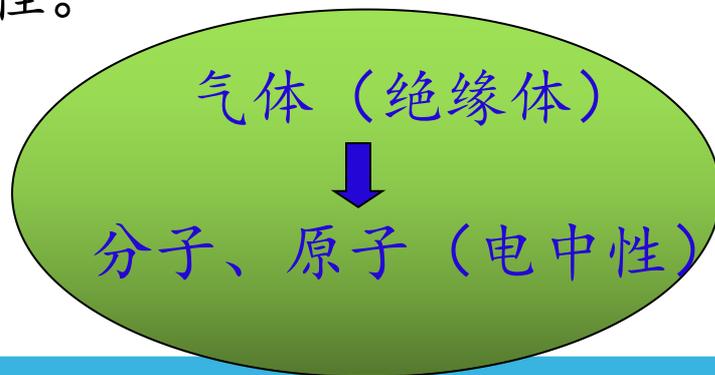
一、焊接电弧及其形成的基本知识

1. 电弧及其电场强度分布

- 电弧：电弧是一种气体放电现象，它是带电粒子通过两

电极之间气体空间的一种导电过程。

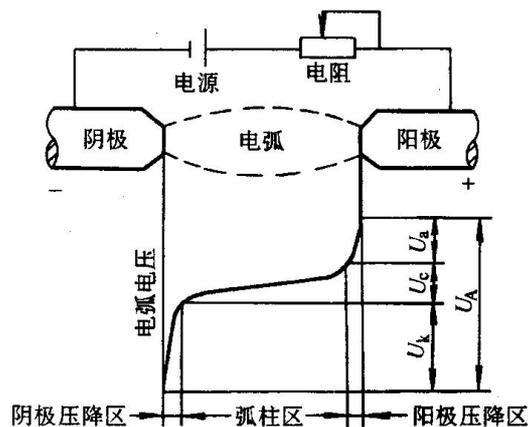
如何导电？



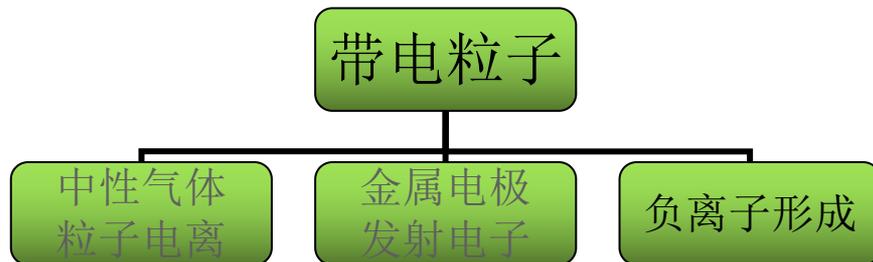
一、焊接电弧及其形成的基本知识

- ▶ 气体导电的两个基本条件
- 两电极之间有带电粒子
 - 两电极之间有电场

- ▶ 电场强度分布



2. 电弧中带电粒子的产生



(1) 气体的电离

① 电离与激励

电离电压大小与电弧导电的关系？

➤ 气体电离：在外加能量作用下，使中性的气体分子或原子分离成电子和正离子的过程称为气体电离。

➤ 电离实质：中性粒子吸收能量 → 电子脱离束缚 → 自由电子和正离子

②电离种类：热电离、电场作用下的电离、光电离

▶ **热电离**：气体粒子受热作用产生电离的过程。

▶ **电场作用下的电离**：在两电极间的电场作用下，气体中的带电粒子数增加，电能将转换为带电粒子的动能，当带电粒子的动能增加到一定数值时则可能与中性粒子发生非弹性碰撞而使之产生电离。

▶ **光电离**：中性气体粒子受到光辐射的作用而产生的电离过程。

(2) 阴极电子发射

从阴极发射的电子在电场加速下碰撞电弧导电空间的中性气体粒子而使之电离，这样就使阴极发射充当了维持电弧导电的“原电子之源”

二、焊接电弧的引燃过程

电弧焊时，仅仅把焊接电源电压加到电极和焊件两端是不能产生电弧的，首先需要在电极和焊件之间提供一个导电的通道，才能引燃电弧。

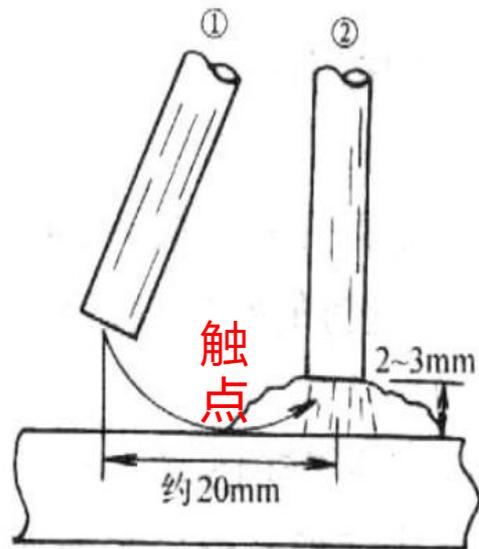
两种引弧方式：

接触式引弧和非接触式引弧。

1. 接触式引弧

接触式引弧亦称为短路引弧，常用于焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护电弧焊等。其常见的操作方法是：将焊条（或焊丝）和焊件分别接通于弧焊电源的两极，将焊条（或焊丝）与焊件轻轻地接触，然后迅速提拉或焊丝自动爆断，这样就能在焊条（或焊丝）端部与焊件之间产生一个电弧。

这是一种最常见的引弧方式。焊接电弧虽然是在一瞬间产生的，但实际上包含了短路、分离和燃弧三个阶段。



2. 非接触式引弧

非接触式引弧只包含激发和燃弧两个阶段。在激发阶段，在钨极和焊件之间除了施加焊接电源的空载电压外，还施加了高频高压引弧电压或高压脉冲引弧电压。由于引弧电压很高，在阴极表面能产生非常强烈的场致发射，因此能为电极空间提供大量的电子。这些电子在强电场的作用下被加速运动，能撞击中性原子，因此也能产生强烈的场致电离，使带电粒子数量进一步增加。



三、焊接电弧的分类

焊接电流可分为直流、交流和脉冲直流三种类型。其中，以直流电弧为最稳定，脉冲直流次之，交流电弧稳定性最差。

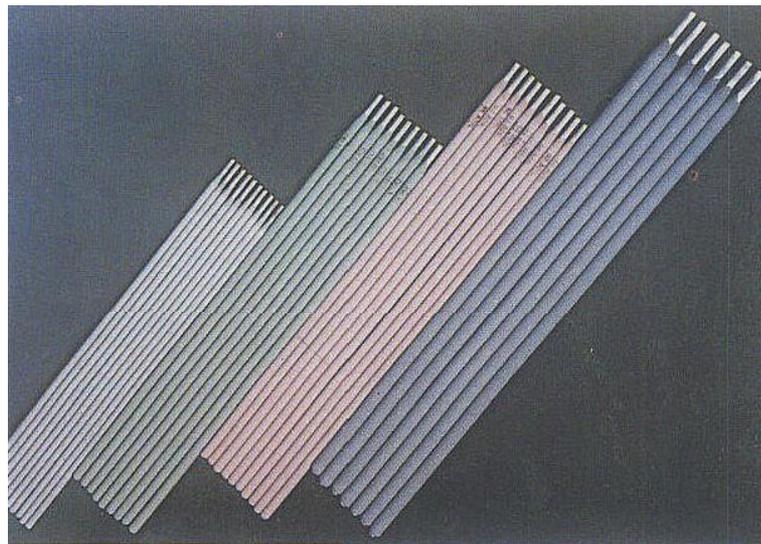
直流电弧的极性对于熔化极电弧焊来说，由于受熔滴过渡稳定性的影响，通常是直流反接好于直流正接。对于钨极氩弧焊来说，由于钨属于热阴极材料，可以流过较大的电流，而电流越大，越有利于电子热发射和热电离，因此直流正接时的电弧稳定性好于直流反接时的稳定性。

第三节 焊条与弧焊电源

一、焊条

电焊条——

是指在一定长度的金属丝外表
层均匀地涂敷一定厚度的具有特殊
作用涂料的手工电弧焊焊接材料，
简称为“焊条”。



1. 焊条的组成及其作用

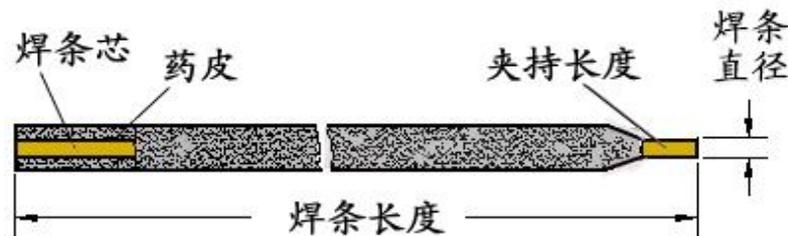
电焊条由**焊芯**和**涂料药皮**两部分组成。

➤ **焊芯**是指电焊条用的被药皮包覆的金属芯。

➤ 焊芯有两个作用：

● 一是传导电流，产生焊接电弧；

● 二是焊芯本身熔化形成焊缝中的填充金属。由于焊芯在电弧高温作用下端部熔化，形成熔滴过渡到熔池中。



◆ **焊条药皮**是指由具有不同物理和化学性质的细粒状物质经粘结均匀包覆在焊芯表面的涂料层。

作用：

(1) **机械保护** 焊条药皮熔化或分解后产生气体和熔渣，隔绝空气，防止熔滴和熔池金属与空气接触。

(2) **冶金处理** 通过熔渣和铁合金进行焊接冶金反应，可去除有害元素，增添有用元素，使焊缝具备良好的力学性能。

(3) **改善焊接工艺性能** 药皮可保证电弧容易引燃并稳定地连续燃烧；同时减少飞溅，改善熔滴过渡和焊缝成形等。

(4) **掺合金** 焊条药皮中含有合金元素熔化后过渡到熔池中，可改善焊缝金属的性能。

2. 焊条的分类、型号及牌号

- 焊条型号是以焊条国家标准为依据，反映焊条主要特征的一种表示方法。
- 焊条型号包括以下含义：焊条类别、焊条特点（如焊芯金属类型、使用温度、熔敷金属化学组成或抗拉强度等）、药皮类型及焊接电源。

- ▶ 碳钢焊条型号编排以字母E后加四位数字表示
- ▶ 其中：“E”表示焊条；
- ▶ 前两位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值，单位为Kgf/mm²（×9.81MPa）；
- ▶ 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，“2”表示适用于平焊及平角焊，“4”表示焊条适用于向下立焊；
- ▶ 三、四位数组组合表示电流种类和药皮类型。

3. 常用碳钢焊条

生产中常用碳钢焊条有钛钙型与低氢型两种。

(1) 钛钙型焊条 (E4303/E5003)

又称为酸性焊条。

特点：电弧稳定、可交直流两用；脱渣容易，飞溅少，有害气体少，适用于全位置焊。缺点是熔敷金属的塑韧性和抗裂能力较差。

(2) 低氢型焊条 (E4315/E4316/E5015/E5016)

又称为碱性焊条。

特点：焊缝的塑韧性高、抗裂能力强、扩散氢含量低；但焊接工艺性能（包括稳弧性、脱渣性、飞溅等）较差，对锈、水、油污的敏感性大，容易出气孔，易采用直流电源。

用前 $300\sim 400^{\circ}\text{C}\times 1-2\text{h}$ 烘干。

二、弧焊电源

弧焊电源是指供给焊接电弧电能（提供电流和电压），并具有适宜电弧焊工艺所需电气特性的设备。

- 弧焊电源是一种特殊的电源。
- 弧焊电源技术和许多电源技术是相通的。
- 它的负载是焊接电弧。
- 它的任务是保证电弧引燃和稳定燃烧。



弧焊电源分为交流弧焊电源、直流弧焊电源、脉冲弧焊电源。

弧焊变压器（交流弧焊电源） 它把电网的交流电变成适合于电弧焊的低电压交流电，它由变压器、电抗器等组成。弧焊变压器具有结构简单、易造易修、成本低、磁偏吹小、空载损耗小、噪声小等优点。

直流弧焊发电机（直流弧焊电源） 一般由特种直流发电机、调节装置和指示装置等组成。直流弧焊发电机制造复杂，噪声及空载损耗大，效率低，价格高；但其抗过载能力强，输出脉动小，受电网电压波动的影响小。



弧焊整流器（直流弧焊电源）由变压器、整流器及为获得所需外特性的调节装置、指示装置等组成。它把电网交流电经降压整流后获得直流电。与直流弧焊发电机相比，它具有制造方便、**价格低、空载损小、噪声小**等优点。

逆变式弧焊电源（直流弧焊电源）它把交流电经整流后，由逆变器转变为中频交流电，降压后输出交流或直流电。它具有高效节能、重量轻、体积小、功率因数高等优点，可**应用于各种弧焊方法，是一种很有前途的普及型弧焊电源。**



脉冲弧焊电源 焊接电流以低频调制脉冲方式馈送，一般由普通的弧焊电源与脉冲发生电路组成。它具有效率高、输入线能量较小、线能量调节范围宽等优点。它**主要**用于**气体保护电弧焊**。



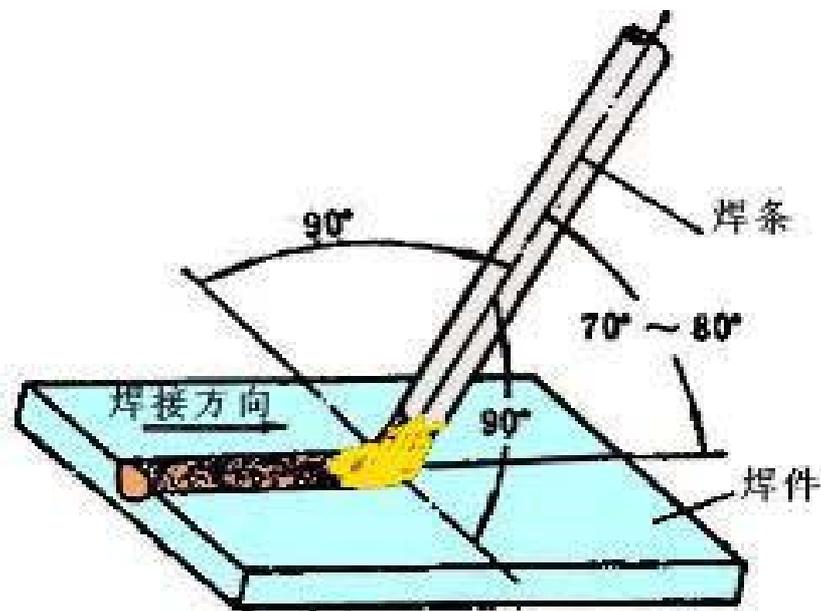
第四节 焊条电弧焊的平敷焊操作

焊条电弧焊是用手工操作焊条进行焊接的电弧焊方法，适用于焊接碳钢、低合金钢、不锈钢以及铜、铝、钛及其合金等金属材料。

焊条电弧焊的设备简单、操作方便、灵活，适用于各种条件下的焊接，特别是用于结构形状复杂、焊缝短小，弯曲或各种空间位置焊缝的焊接。

平敷焊是在焊缝倾角 0° 焊缝转角 90° 的焊接位置上堆敷焊道的一种操作方法。如图

平敷焊是焊条电弧焊其他位置焊接操作的基础。
本课题的主要任务就是通过平敷焊训练掌握焊条电
弧焊的基本操作要领。



1. 焊前准备

(1) 试件焊接材料尺寸Q235 300mm×200mm×6mm，焊条牌号E4303(结422)、E5015(结507)。E4303型焊条适用于交、直两用弧焊电源，而E5015型焊条只适用于直流弧焊电源。

(2) E4303(结422)酸性焊条烘焙75~150°C，恒温1~2h；
E5015(结507)碱性焊条烘焙350--400°C，恒温2h，随用随取。焊条直径为3.2 mm，4.0 mm。

(3) 焊接工具及防护用品

电焊钳用于夹持电焊条并把焊接电流传输至焊条进行电弧焊的工具。

焊接电缆线用于传输电焊机和电焊钳及焊条之间焊接电流的导线。

面罩是防止焊接时的飞溅、弧光及熔池和焊件的高温对焊工面部及颈部灼伤的一种遮蔽工具，有手持式和头戴式两种，其正面开有长方形孔，内嵌白色玻璃和黑色滤光玻璃。

(4) 其他辅助工具 如敲渣锤、鳌子、锉刀、钢丝刷、焊条烘干箱、焊条保温桶等。

电焊钳



焊接电缆线



焊接防护面罩



2. 焊接电流调节

电流大小主要取决于焊条直径和焊缝空间位置，其次是工件厚度、接头形式、焊接层次等。

焊接电流经验系数

焊条直径mm	1 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6
经验系数	25 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 60

(1) 焊条直径 焊接较薄的焊件，选用焊条直径要细一些。则焊接电流也相应小；反之，则应选择大的焊条直径，焊接电流也要相应增大。焊接电流可按下列经验公式选择： $I=Kd$

式中： d ——焊条直径，mm； K ——经验系数，A/mm。

(2) 焊接位置 平焊位置时，可选择较大的焊接电流。横、立、仰焊位置时，焊接电流应比平焊位置小10%-20%，角接焊电流比平焊电流稍大些。

(3)焊接层次 通常打底焊接，特别是焊接单面焊双面成形的焊道时，焊接电流要小，填充焊道可以选择较大的焊接电流：而盖面焊道，为防止咬边，使用的电流可稍小些。

另外，碱性焊条选用的焊接电流比酸性焊条小10%左右，不锈钢焊条比碳钢焊条选用电流小20%左右。

经验点滴（电流选择）

在实际工作中，还可以凭经验从以下几方面来判断电流大小是否合适。

①**听响声** 当焊接电流较大时，响声大；当电流较小时，响声小，同时夹杂着清脆的“劈啪”声。

②**观察飞溅状态** 电流过大时，弧力太，飞溅大，爆裂声大，焊件表面不干净；电流太小时，焊条熔化慢，弧力小，焊渣和熔液很难分离。

③**观察焊条熔化情况** 电流过大时，在焊条连续熔掉大半根之后，可以发现剩余部分产生发红现象；焊接电流过小时，电弧燃烧不稳定，焊条易粘在焊件上。

经验点滴（电流选择）

④**看熔池形状** 当电流较大时，椭圆形熔池长轴较长；电流较小时，熔池呈扁形；电流适中时，熔池的形状像鸭蛋形。

⑤**检查焊缝成形状况** 电流过大时，焊缝熔敷金属低，熔深大，产生咬边；电流过小时，焊缝熔敷金属窄而高，且两侧和母材结合不良；电流适中时，焊缝熔敷金属高度适中，焊缝熔敷金属两侧与母材结合得很好。

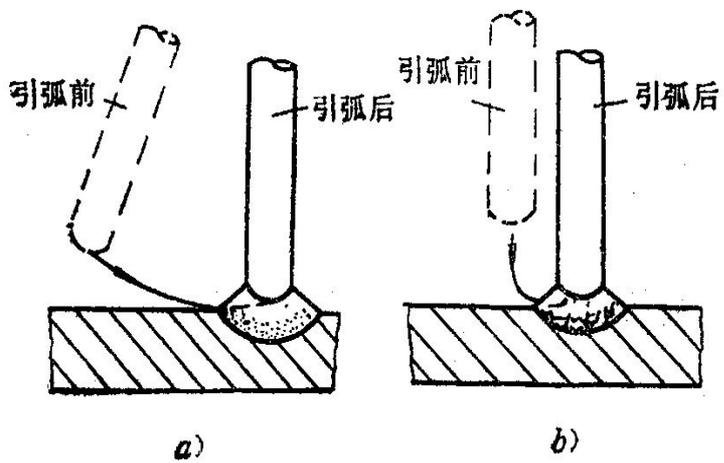
2. 具体操作与注意事项

(1) 平焊操作姿势平焊时，一般采用蹲式操作。蹲姿要自然，两脚夹角为 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ；两脚距离为 $240\sim 300\text{mm}$ 。持焊钳的胳膊半伸开，要悬空无依托地操作。

(2) 引弧引弧操作时首先用防护面罩挡住面部，将焊条末端对准引弧处。焊条电弧焊采用接触法引弧，引弧方法有划擦法和直击法两种。

①划擦引弧法先将焊条末端对准引弧处，然后像划火柴似的使焊条在焊件表面利用腕力轻轻划擦一下，划擦距离10~20mm，并将焊条提起2~10mm。如右上图所示，电弧即可引燃，引燃电弧后，应保持电弧长度不超过所用焊条直径。

②直击引弧法先将焊条垂直对准焊件待焊部位轻轻触击，并将焊条适时提起2—3mm。如下图所示，即引燃电弧。直击法引弧不能用力过猛，否则容易将焊条引弧端药皮碰裂，甚至脱落，影响引弧和焊接。

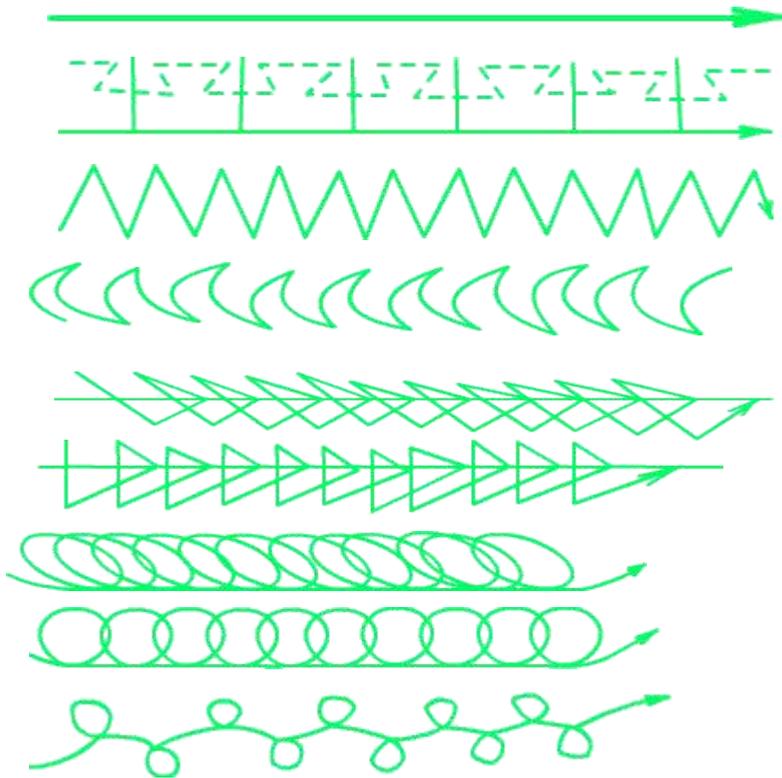


③运条 运条一般分为三个基本运动：沿焊条中心线向熔池送进，沿焊接方向均匀移动，横向摆动。上述三个动作不能机械地分开，而应相互协调，才能焊出满意的焊缝。

运条的方法很多，选用时应根据接头的形式、装配间隙、焊缝的空间位置、焊条的直径与性能、焊接电流及焊工技术水平等方面而定。常用的运条方法及适用如下：

焊條電弧焊
運條方法

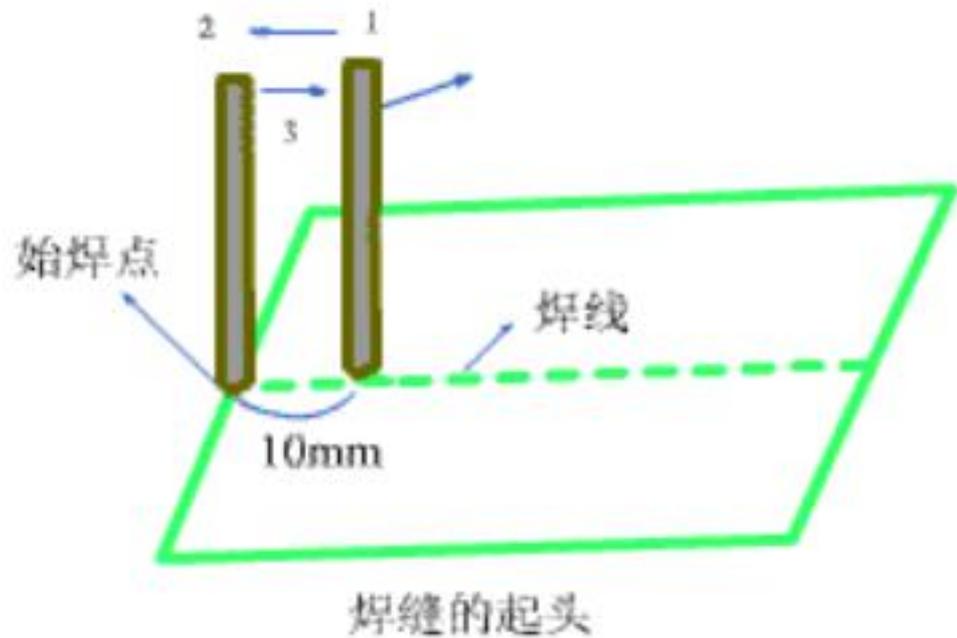
- (1) 直線形運條法
- (2) 直線往返形運條法
- (3) 鋸齒形運條法
- (4) 月牙形運條法
- (5) 三角形運條法
- (6) 圓圈形運條法
- (7) 8字形運條法



(4) 焊缝的起头、收尾和接头

①焊缝的起头 焊缝的起头是焊缝的开始部分，由于焊件的温度很低，引弧后又不能迅速地使焊件温度升高，一般情况下这部分焊缝余高略高，熔深较浅，甚至会出现熔合不良和夹渣。因此引弧后应拉长电弧对工件预热，然后压低电弧进行正常焊接。平焊和碱性焊条多采用回焊法。从距离始焊点10mm处引弧。逐渐压低电弧，同时焊条做微微摆动，从而达到所需要的焊道宽度，然后进行正常的焊接。

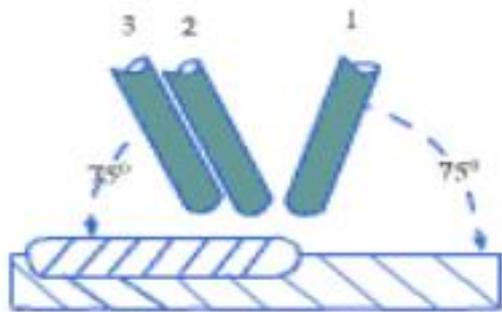
②焊缝的收尾 焊缝结束时不能立即拉断电弧，否则会形成弧坑。弧坑不仅减少焊缝面积而削弱强度，还会引起应力集中。而且弧坑处含氢量较高，易产生延迟裂纹，有些材料焊后在弧坑处还容易产生弧坑裂纹。所以焊缝应进行收尾处理，以保证连续的焊缝外形，维持正常的熔池温度，逐渐填满弧坑后熄弧。



焊缝结束时不能立即拉断电弧，否则会形成弧坑。所以焊缝应进行收尾，逐渐填满弧坑后息弧。

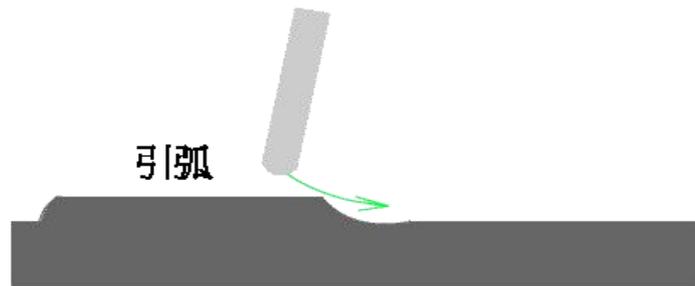


焊缝的收尾方法



常用焊缝收尾法

1 反复断弧收尾法 2 划圈收尾法 3 回焊收尾法



③焊缝接头 由于焊条长度有限，不可能一次连续焊完长焊缝，因此出现接头问题。这不仅是外观成形问题，还涉及焊缝的内部质量，所以要重视焊缝的接头问题。焊缝的接头形式分为以下四种：

