

第四章 焊条电弧焊

基本要求

- 了解焊条电弧焊的原理及特点。
- 掌握常用弧焊电源的类型及对弧焊设备的要求。
 - 了解焊条电弧焊的辅助工具。
- 掌握焊条电弧焊工艺的特点及工艺参数的选择。
 - 掌握焊条电弧焊的基本操作技术。

重 点

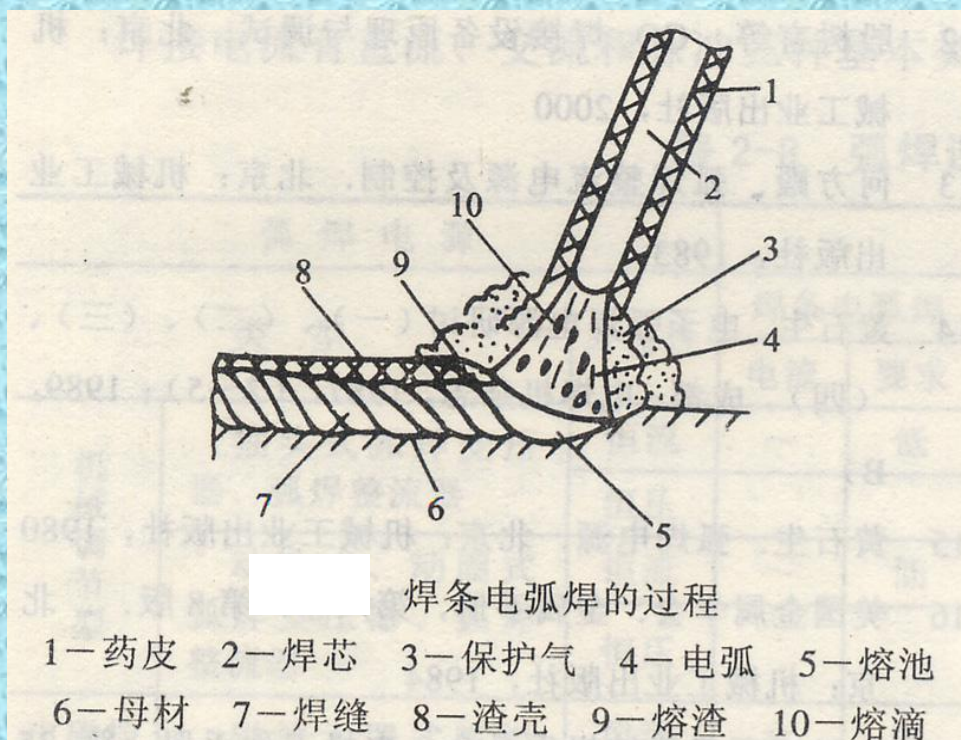
- ※ 常用弧焊电源的类型及对弧焊设备的要求
- ※ 焊条电弧焊工艺的特点及工艺参数的选择
- ※ 焊条电弧焊的基本操作技术

§ 4-1 焊条电弧焊的原理及特点

目的与要求：了解焊条电弧焊的原理和特点及其适用范围。

一、焊条电弧焊的基本原理

焊条电弧焊通常用英文简称SMAW(Shielded Metal Arc Welding)表示。是用手工操纵焊条进行焊接的电弧焊方法。焊条电弧焊的过程如图所示：



二、焊条电弧焊的特点

1、焊条电弧焊具有以下优点：

(1) 操作灵活，适应性强。设备简单，不受焊缝空间位置、接头形式及操作场合的限制。

(2) 对焊接接头的装配要求低。

(3) 可焊材料广，常用于低碳钢、低合金结构钢的焊接。

2、焊条电弧焊具有以下缺点：

(1) 生产率低，劳动强度大。

(2) 焊缝质量依赖性强。

§ 4-2 焊条电弧焊设备及工具

目的与要求

- 掌握焊条电弧焊设备的种类、性能特点。
- 了解常用工具的选与使用。

弧焊工艺要求焊接电源的特点

- ① 保证引弧容易；
- ② 保证电弧稳定；
- ③ 保证焊接规范稳定；
- ④ 具有足够宽的焊接规范调节范围。

一、对焊条电弧焊设备的要求（难点）

1、对外特性形状的要求 **陡降的外特性**

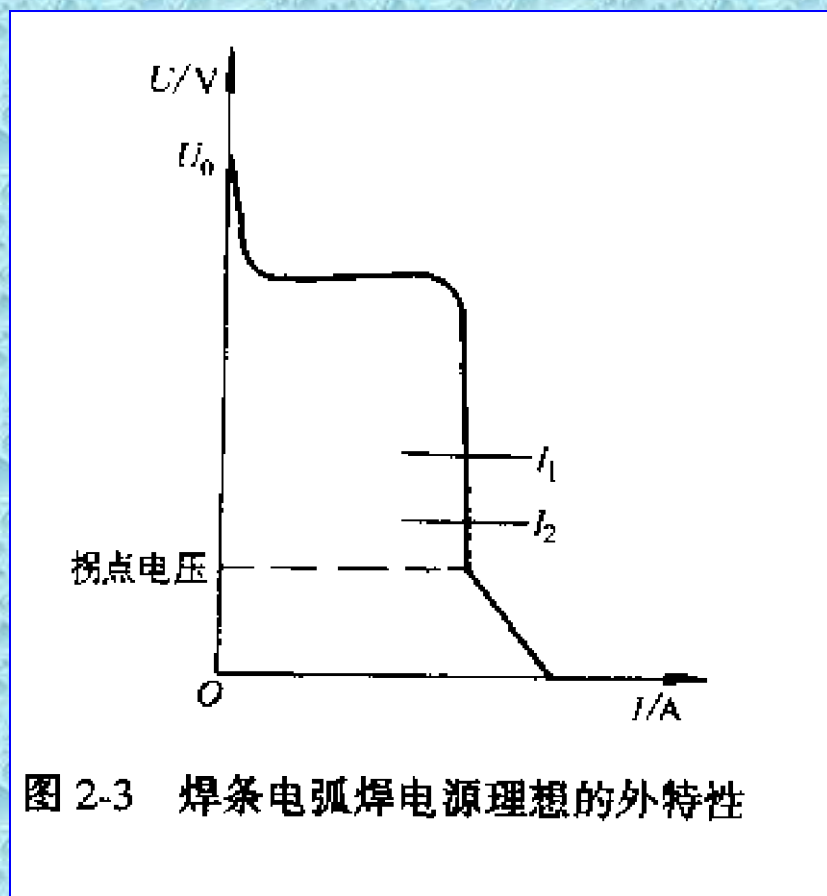
(1) 电源：

对负载提供电能的装置。弧焊电源是对焊接电弧提供电能的装置。

(2) 电源外特性：

电源内部参数一定的情况下，改变负载时，电源输出的电压的稳定值 U_y 与输出的电流的稳定值 I_y 之间的关系曲线—— $U_y = f(I_y)$ 称为电源的外特性。

- ◆ 直流时， U_y 和 I_y 为平均值，交流电源则为有效值。
- ◆ 陡降特性稳定，但短路电流小，不利于引弧，提出外拖特性焊接电源。



2、对空载电压的要求 交流55~70V 直流45~85V

(1) 电源空载电压的要求：

① 保证引弧容易：引弧时，需要焊条或焊丝与工件接触，因两者之间往往存在锈污等杂质，需要高的空载电压击穿接触面，实现导通；电离在初始阶段需要高的电场。

② 保证电弧稳定燃烧： $U_0 \geq (1.8 \sim 2.25)U_f$ 。

③ 保证电弧的功率稳定性： $2.5 > U_0/U_f > 1.57$ 。

④ 经济性：材料多、质量大、效率低。

⑤ 保证人身安全。

(2) 规则：

① 在保证引弧容易和电弧稳定的条件下，采用尽可能低的空载电压。

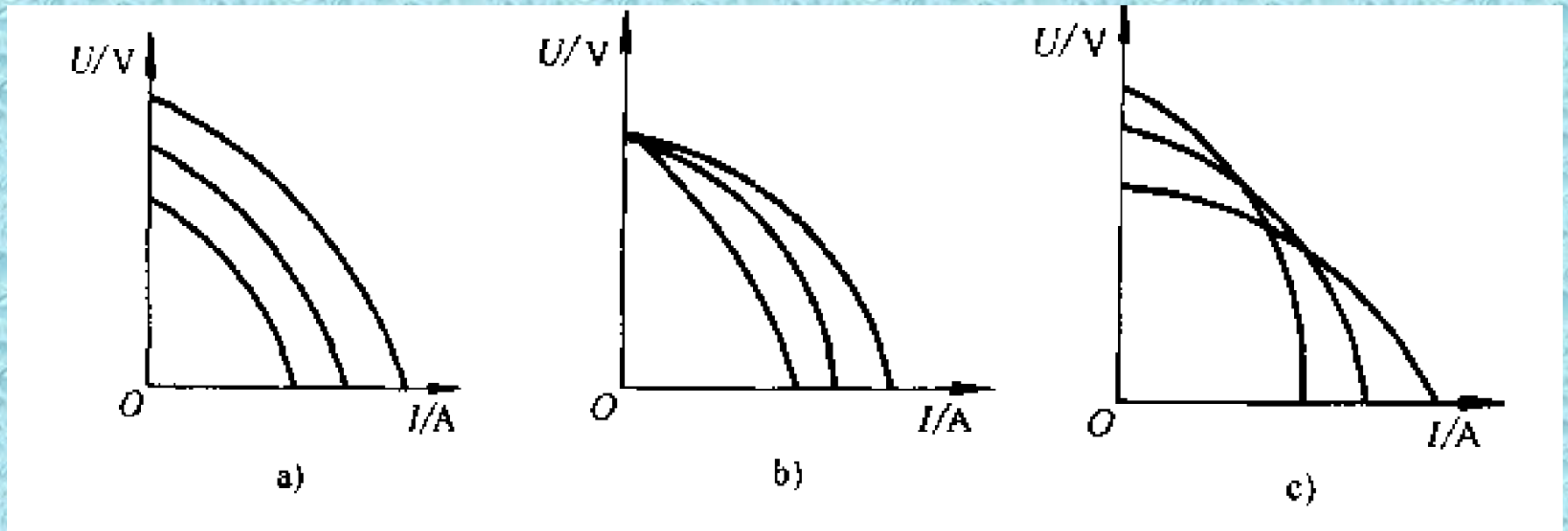
② 交流弧焊电源： $U_0 = 55 \sim 70V$

③ 直流弧焊电源： $U_0 = 45 \sim 85V$

④ 一般规定空载电压不得超过100V，特殊情况下，要超过100V，必须具有自动防触电装置。

3、对电流调节特性的要求

- (a) 电流比较小，空载电压比较低，调节不理想，主要是小电流时，空载电压低，不易引弧和保证电弧稳定燃烧。
- (b) 空载电压不变，依靠调节陡降程度来调节电流，效果比较好。
- (c) 空载电压随着电流的增大而减小。



4、对动特性要求（动态响应特性）

(1) 动特性：

电弧负载发生变化时，焊接电源输出电压和电流的响应过程。可以用弧焊电源与时间的关系表征，他表明焊接电源对负载的瞬态改变的适应能力。

(2) 动特性好：

引弧、重新引燃电弧容易、稳定、飞溅少。

二、常用焊条电弧焊机简介（重点）

1、弧焊变压器（交流弧焊机）（**BX系列**）

- ①动铁(芯)式； ②动圈(绕组)式； ③抽头式。

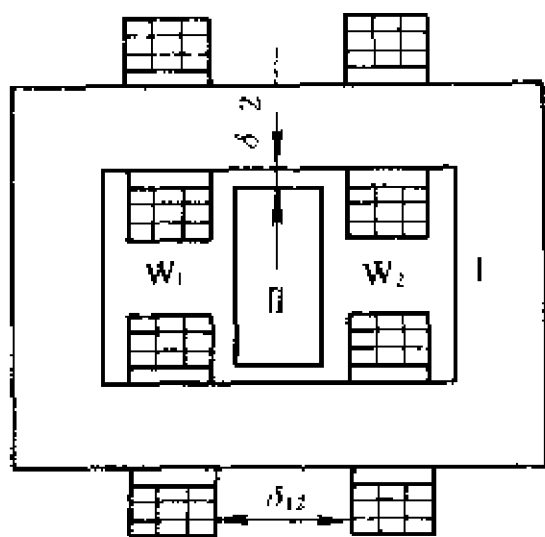


图 3-22 动铁心式弧焊变压器结构

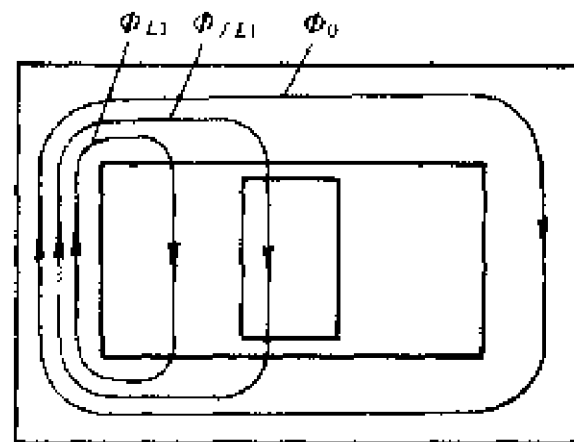


图 3-23 空载时磁通分布

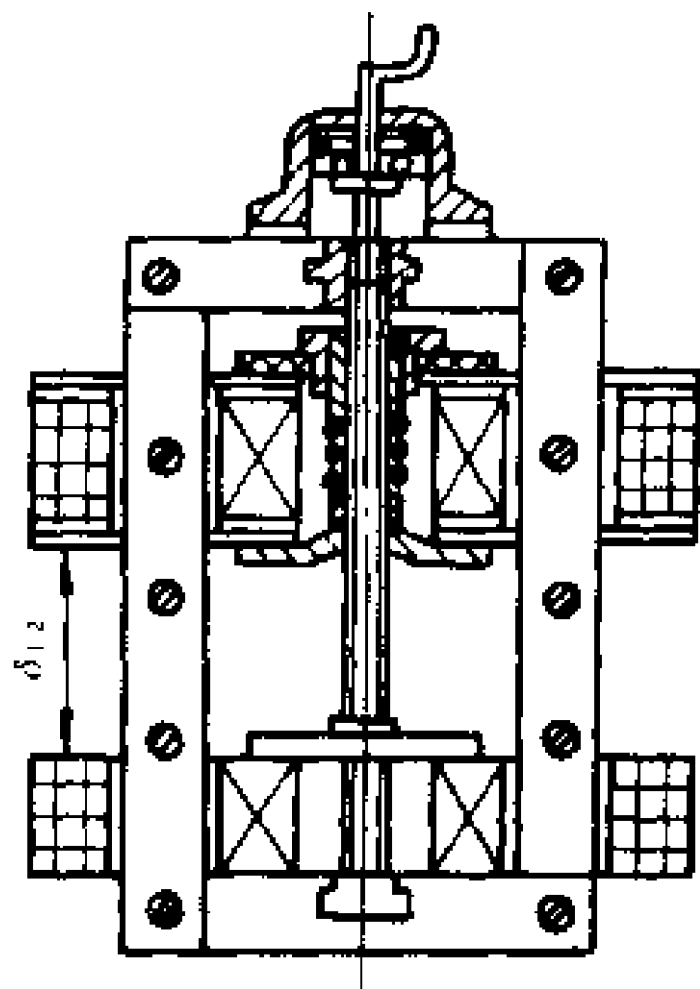


图 3-32 动绕组式弧焊
变压器结构示意图

2、直流弧焊发电机（AX系列）（已淘汰）

- ◆直流弧焊发电机是由一台电动机和一台弧焊发电机组成的机组。
- ◆特点：耗电量大，用材料多，噪音。国家规定停止生产该类焊机。

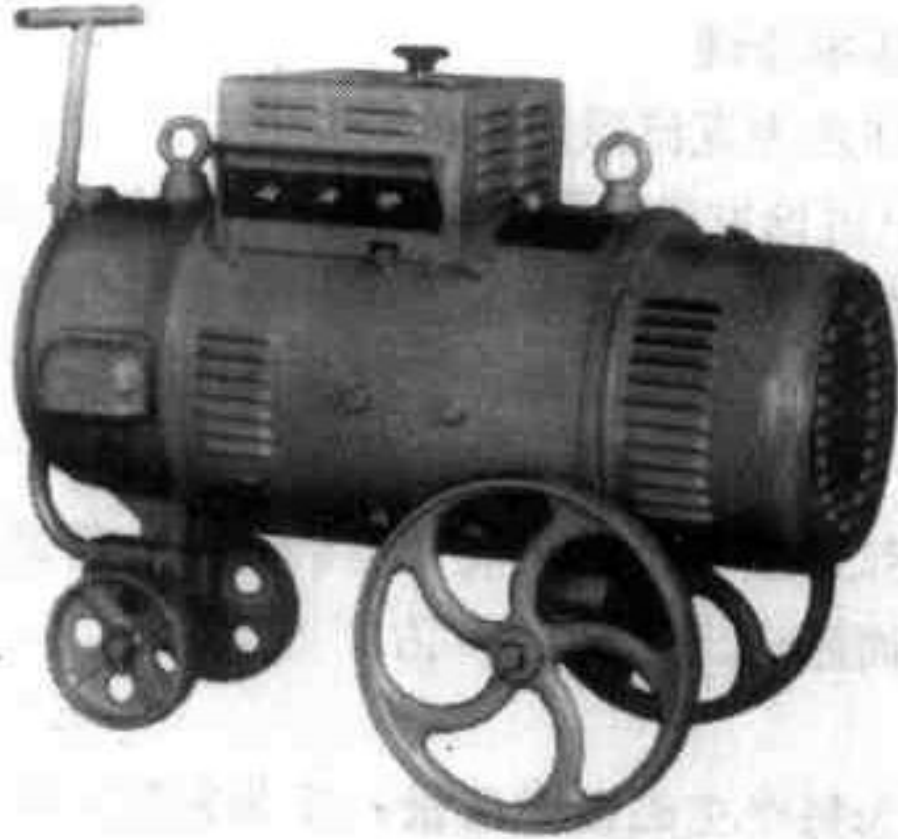


图 4-2 AX1-500 型弧焊发电机外形图

3、弧焊整流器

(1) 硅弧焊整流器（ZXG系列）

硅弧焊整流器是一种直流弧焊电源,它以硅二极管作为整流元件,将交流电整流成直流电.虽然最早使用的直流弧焊电源是直流弧发电机.但随着半导体技术的发展,到了50年代,具有优越性能的大容量硅二极管问世,使硅弧焊整流器应运产生,它与直流弧焊发电机相比有以下优点:

①易造好修,节省材料、减轻重量、降低成本、提高效率。②易于获得不同形状的外特性,以满足不同焊接工艺的要求。③噪声小。由于它具有以上的优越性,曾成为直流弧焊发电机的部分替代产品。

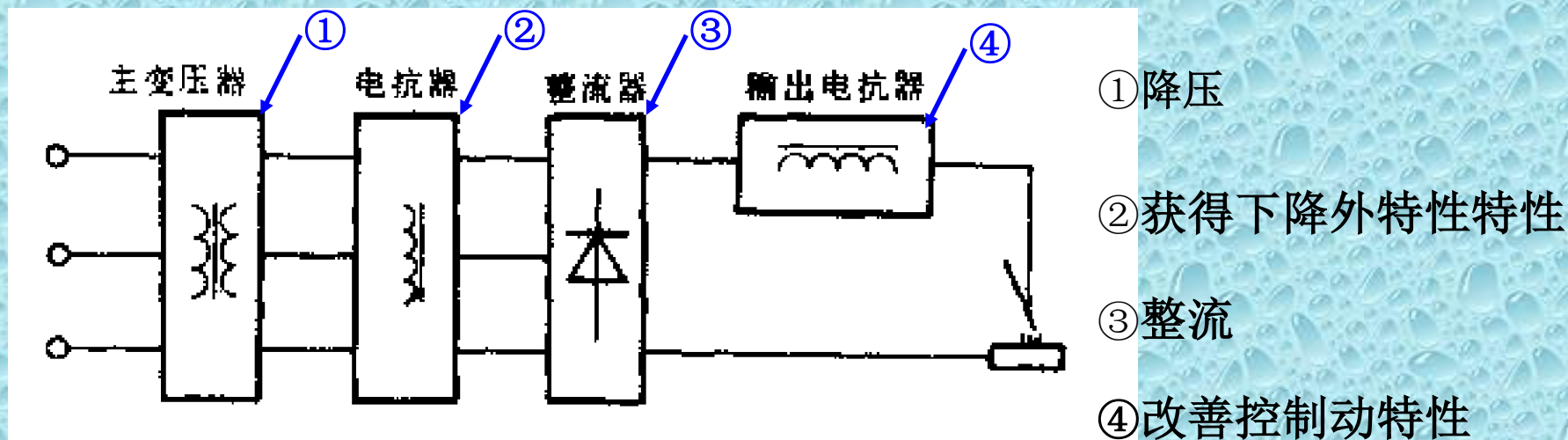


图 5-1 硅弧焊整流器的组成

4、弧焊逆变器（ZX7系列）

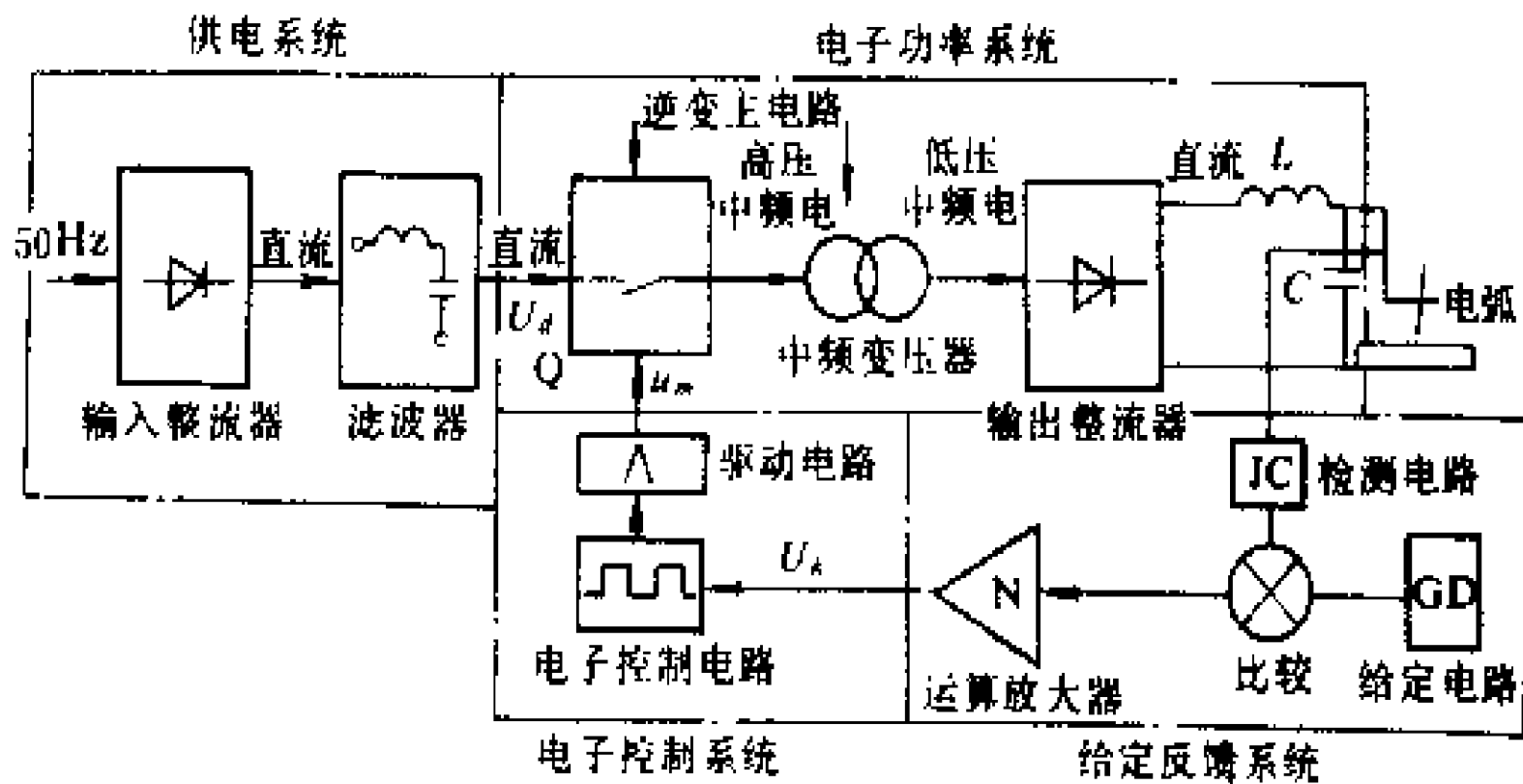


图 8-1 弧焊逆变器的基本组成方框图

特点:

①省料、质量轻、体积小：传统弧焊电源用工频传送电能，而逆变电机使用几千到几万Hz的频率传送电能。制作变压器的用料与频率成反比，因而逆变电机的重量为普通电机的1/5到1/10，体积为原来的1/3左右。

②高效节能：变压器处于开关状态，变压器采用铁损小的材料。从而效率高，可达80-90%；主电路有电容，从而功率因数高。

③改善工艺性能：工作频率高，需要的滤波电感小，电磁惯性小，动特性好。可以进一步逆变。

★四者的性能特点比较

▲补充：弧焊电源的选择与正确使用



三、焊条电弧焊所用工具

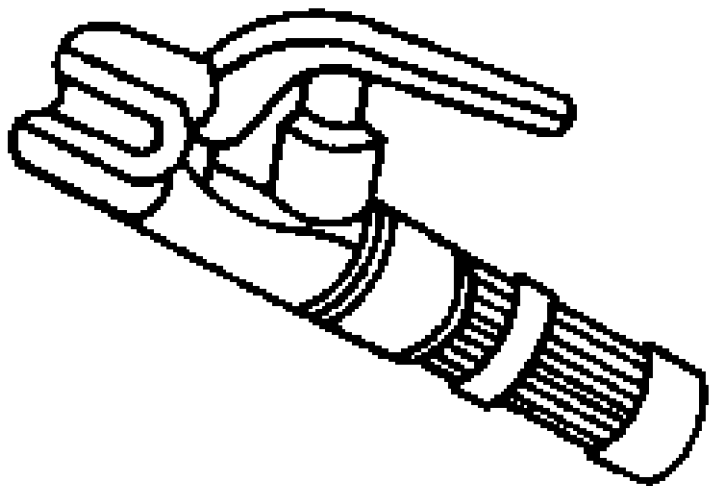


图 2-8 焊钳

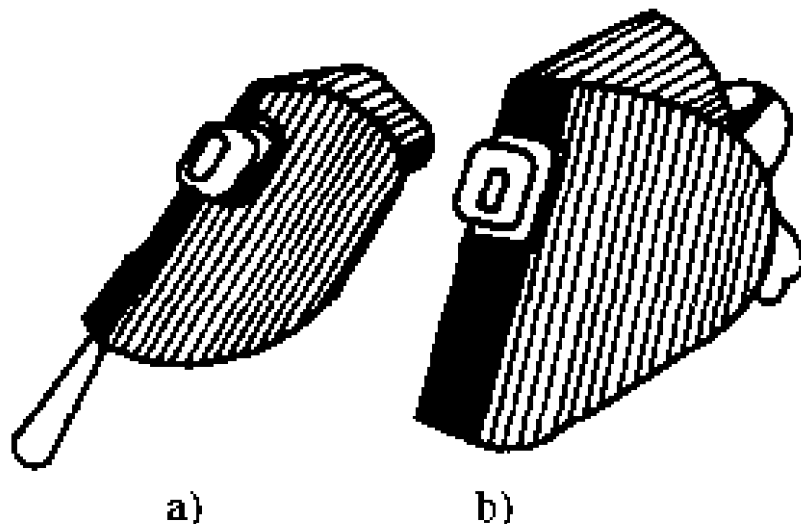


图 2-9 焊工面罩
a) 手持式 b) 头盔式

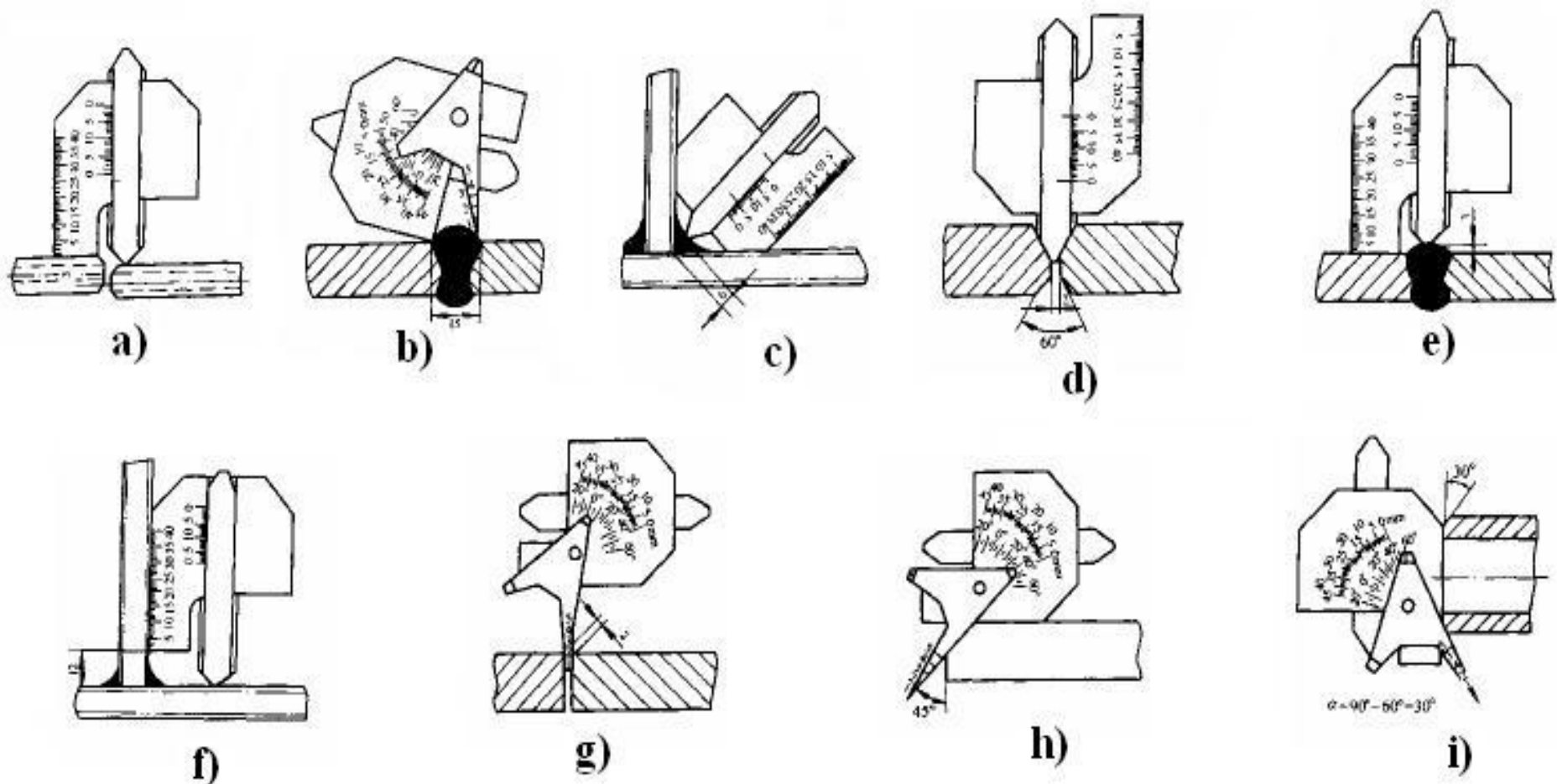
1、电焊钳
(300A、500A两种，要求绝缘隔热)

2、面罩/护目镜

3、焊条保温筒(低氢型焊条使用);
5、渣锤;

6、钢丝刷;

4、焊缝尺;
7、气铲、角磨机。



焊接接头尺寸检测器及其应用示意图

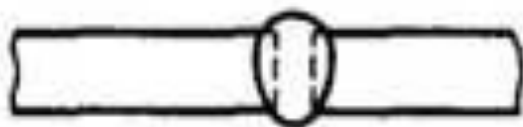
- a) 测量缝边 b) 测量焊缝宽度 c) 测量角焊缝厚度 d) 测量X形坡口角度
 e) 测量焊缝余高 f) 测量角焊缝焊脚尺寸 g) 测量焊缝间隙 h) 测量坡口角度
 i) 测量管道坡口角度

§ 4-3 焊条电弧焊工艺

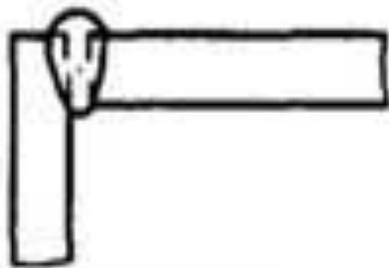
目的与要求：了解并掌握焊条电弧焊工艺的内容、工艺参数与措施的制定。

一、焊接接头形式、坡口和焊缝

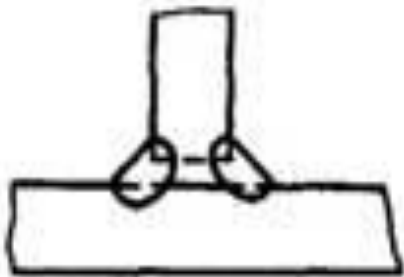
1、接头形式



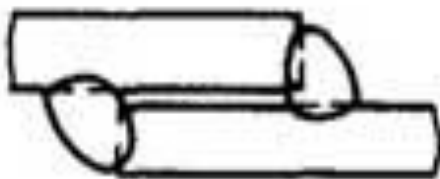
(a) 对接接头



(b) 角接接头



(c) T形接头



(d) 搭接接头

(a) 对接接头：

两焊件端面相对平行的接头。

(b) 角接接头：

两钢板端面构成大于 30° 而小于 135° 夹角的接头。

(c) T型接头：

一焊件表面与另一焊件面构成直角或近似直角的接头。

(d) 搭接接头：

两钢板部分重叠构成的接头。

2、坡口：焊透 调熔合比

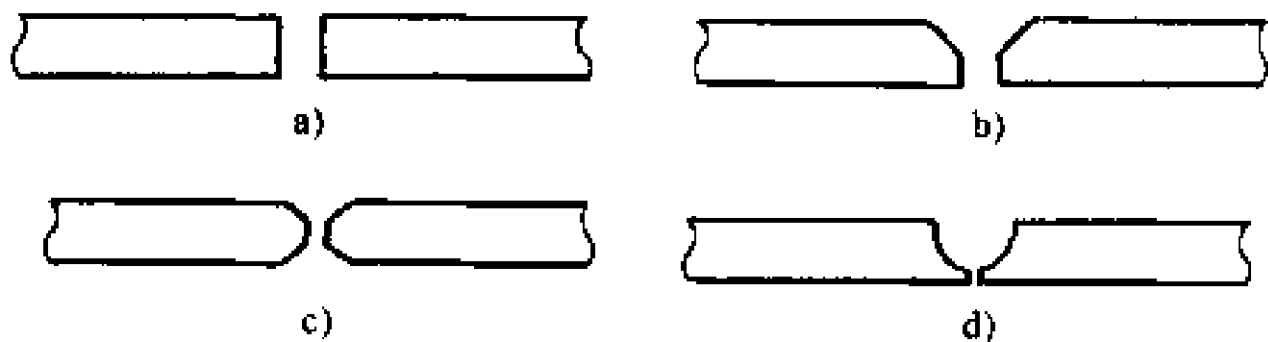


图 2-12 对接接头坡口的基本形式

a) I形 b) Y形 c) X形 d) 带钝边U形

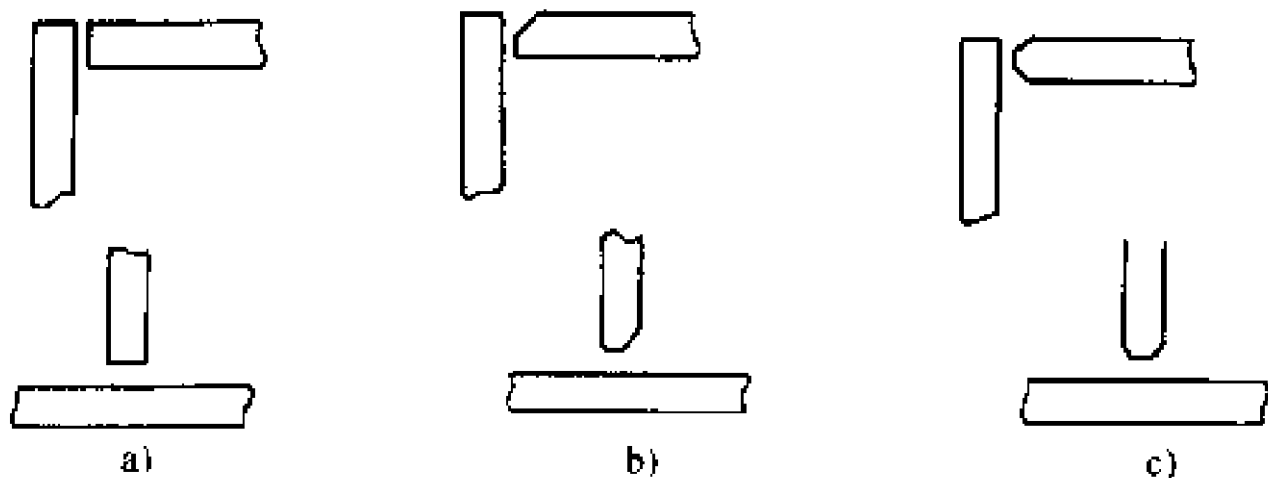
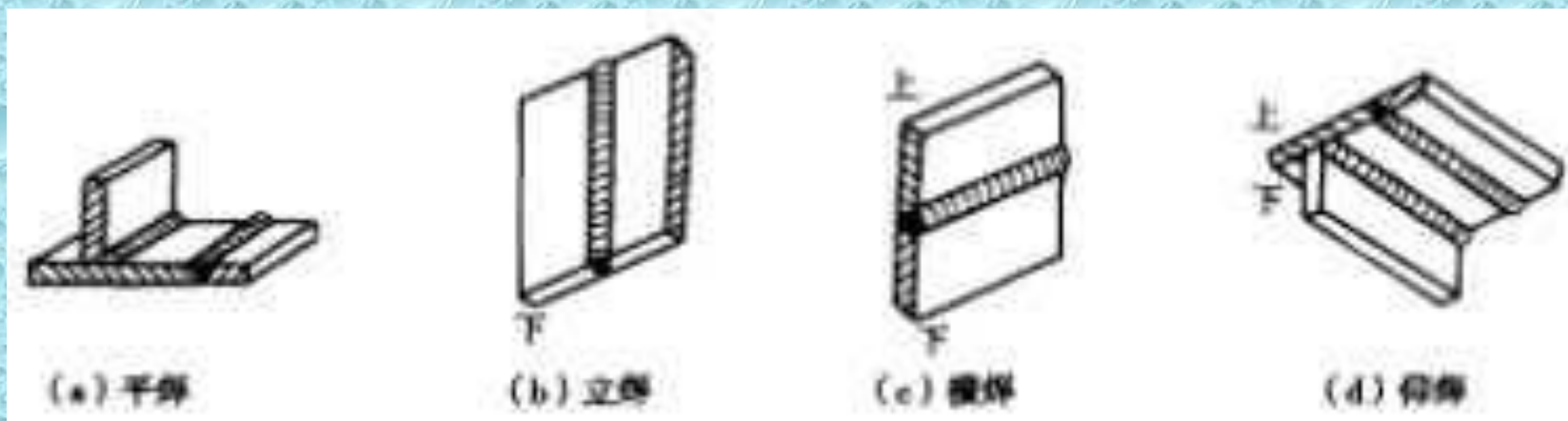


图 2-13 角接和 T 形接头的坡口

a) I形 b) 单边 V 形 (带钝边) c) K 形 (带钝边)

3、焊缝的空间位置

其表示法参见GB/T324-1988



二、焊接工艺参数及选择（重点、难点）

焊接工艺参数的内容： Φ 、I、U、V.....

1、焊条直径：2.0、3.2、4.0mm

（原则：能大则大→效率高）

焊条直径是指焊芯直径.它是保证焊接质量和效率的重要因素。焊条直径一般根据焊件厚度选择；同时还要考虑接头形式、施焊位置和焊接层数，对于重要结构还要考虑焊接热输入的要求。一般情况下，焊条直径与焊件厚度之间的参考数据见下表。

焊件厚度/mm	2	3	4~5	6~12	>13
焊条直径/mm	2	3.2	3.2~4	4~5	4~6

在板厚相同的条件下，平焊位置的焊接所选用的焊条直径应比其他位置大一些，立焊、横焊和仰焊应选用较细的焊条，一般不超过4.0mm。第一层焊道应选用小直径焊条焊接，以后各层可以根据焊件厚度选用较大直径的焊条。T形接头、搭接接头都应选用较大直径的焊条。

2、焊接电源种类和极性的选择

用交流电源焊接时，电弧稳定性差。采用直流电源焊接时，电弧稳定，柔顺、飞溅少，但电弧磁偏吹较交流严重。低氢型焊条稳弧性差，通常必须采用直流弧焊电源。用小电流焊接薄板时，也常用直流弧焊电源，因为引弧比较容易，电弧比较稳定。

低氢型焊条用直流电源焊接时，一般要用反接，因为反接的电弧比正接的稳定。焊接薄板时，焊接电流小，电弧不稳，因此焊接薄板时，不论用碱性焊条还是用酸性焊条，都选用直流反接。

3、焊接电流的选择

选择焊接电流时，应根据焊条类型、焊条直径、焊件厚度、接头形式、焊接位置和层数等因素综合考虑。如果焊接电流过小会使电弧不稳，造成未焊透、夹渣以及焊缝成形不良等缺陷。反之，焊接电流过大易产生咬边、焊穿、增加焊件变形和金属飞溅量，也会使焊接接头的组织由于过热而发生变化。所以，焊接时要合理选择焊接电流。

4、焊缝层数的选择

在焊件厚度较大时，往往需要进行多层焊。对于低碳钢和强度等级较低的低合金钢的多层焊时，第层焊缝厚度过大时，对焊缝金属的塑性（主要表现在冷弯上）有不利影响。因此，对质量要求较高的焊缝，每层厚度最好不大于4~5mm。

焊接层数主要根据焊件厚度、焊条直径、坡口形式和装配间隙等来确定，可作如下近似估算：

$$n = \delta / d$$

式中， n ——为焊接层数；

δ ——为焊件厚度（mm）；

d ——为焊条直径（mm）。

5、电弧电压与焊接速度的控制

焊条电弧焊的电弧电压主要由电弧长度来决定：电弧长度越长，电弧电压就越高；电弧长度越短，电弧电压就越低。在焊接过程中，应尽量使用短弧焊接。立焊、仰焊时弧长应比平焊更短些，以利于熔滴过渡，防止熔化金属下滴。碱性焊条焊接时应比酸性焊条弧长短些，以利于电弧的稳定和防止气孔产生。

焊接过程中，焊接速度应当均匀适当，既要保证焊透又要保证不焊穿，同时还要使焊缝宽度和余高符合设计要求。如果焊接速度过快，熔化温度不够，易造成未熔合、焊缝成形不良等缺陷；如果焊接速度过慢，使高温停留时间增长，热影响区宽度增加，焊接接头的晶粒变粗，力学性能降低，同时使焊件变形量增大。当焊接较薄焊件时，易形成烧穿。

焊接速度直接影响焊接生产率，所以应该在保证焊缝质量的基础上采用较大的焊条直径和焊接电流，同时根据具体情况适当加快焊接速度，以提高焊接生产率。

焊接参数对热影响区的大小和性能有很大的影响。采用小的焊接参数，如降低焊接电流，增大焊接速度等，都可以减小热影响区的尺寸。不仅如此，从防止过热组织和晶粒细化角度看，也是采用小参数比较好。

三、焊条电弧焊的基本操作技术

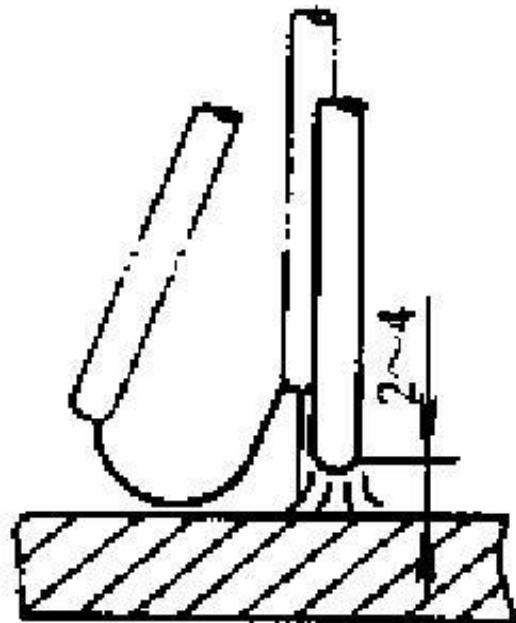
1、引弧

(1)划擦法:

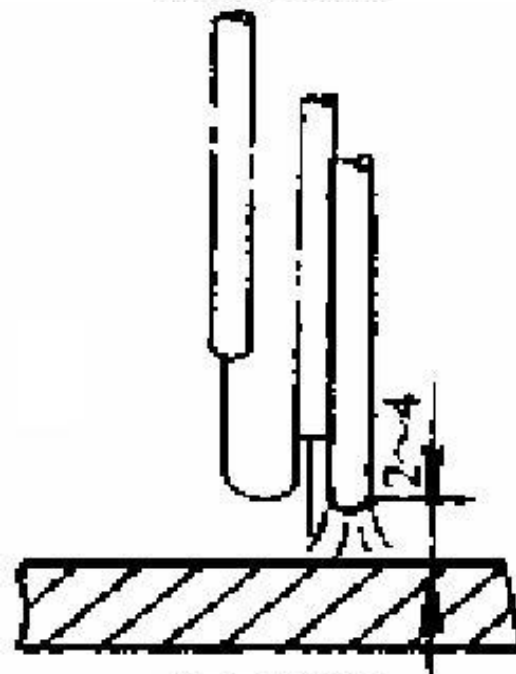
先将焊条对准焊件，再将焊条像划火柴似的在焊件表面轻轻划擦，引燃电弧，然后迅速将焊条提起2-4mm，并使之稳定燃烧。

(2)直击法:

将焊条末端对准焊件，然后手腕下弯，使焊条轻微碰一下焊件，再迅速将焊条提起2~4mm，引燃电弧后手腕放平，使电弧保持稳定燃烧。这种引弧方法不会使焊件表面划伤，又不受焊件表面大小、形状的限制，所以是在生产中主要采用的引弧方法。但操作不易掌握，需提高熟练程度。



划擦引弧法



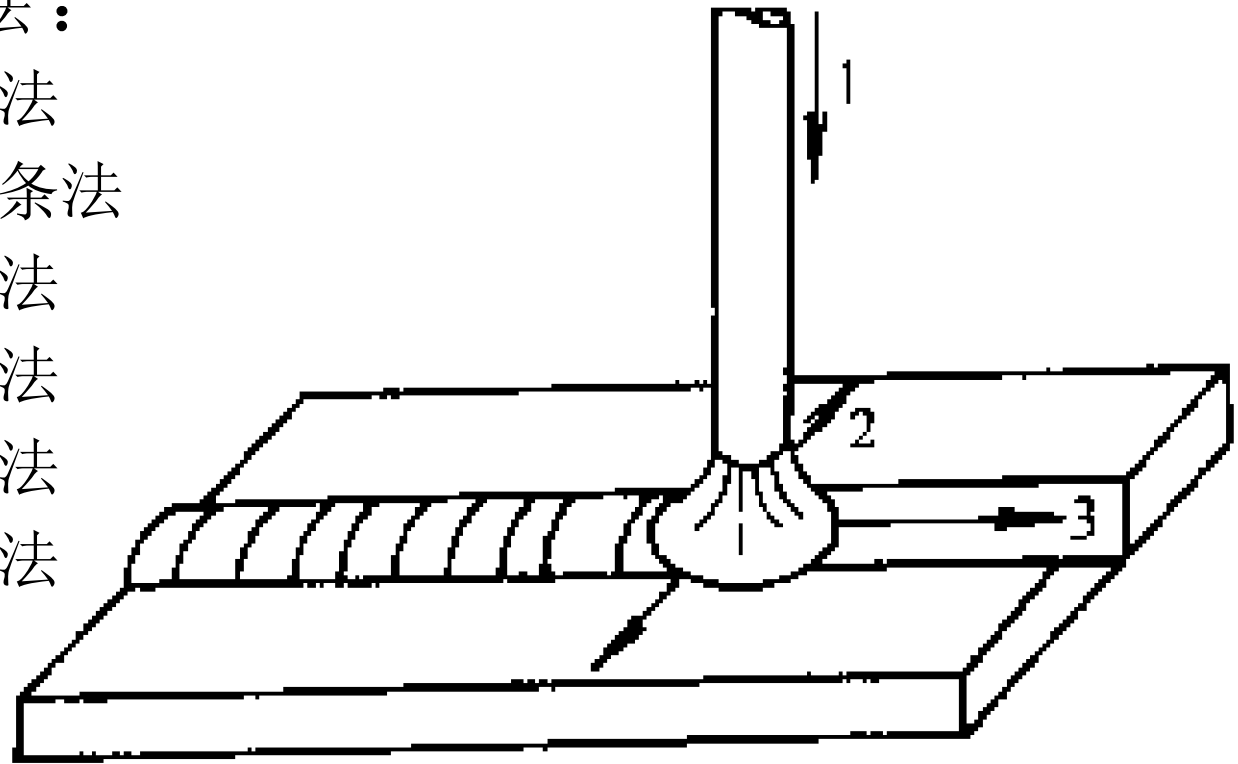
直击引弧法

2. 运条

运条是焊接过程中最重要的环节，它直接影响焊缝的外表成形和内在质量。电弧引燃后，一般情况下焊条有三个基本运动：
①朝熔池方向逐渐送进；②沿焊接方向逐渐移动；③横向摆动。

常用的运条方法：

- (1) 直线形运条法
- (2) 直线往复运条法
- (3) 锯齿形运条法
- (4) 月牙形运条法
- (5) 三角形运条法
- (6) 圆圈形运条法



运条的基本动作

3. 焊缝收尾

焊缝收尾时，为了不出现尾坑，焊条应停止向前移动，而采用划圈收尾法或反复断弧法等自下而上地慢慢拉断电弧，以保证焊缝尾部成形良好。

(1) 划圈收尾法：

焊条移至焊道的终点时，利用手腕的动作做圆圈运动，直到填满弧坑再拉断电弧。该方法适用于厚板焊接，用于薄板焊接会有烧穿危险。

(2) 反复断弧法：

焊条移至焊道终点时，在弧坑处反复熄弧、引弧数次，直到填满弧坑为止。该方法适用于薄板及大电流焊接，但不适用于碱性焊条，否则会产生气孔。

(3) 转移收尾法：

焊条移到焊缝终点时，在弧坑处稍作停留，将电弧慢慢拉长，引导焊缝边缘的母材坡口内。适用于碱性焊条，在焊条的更换，临时停弧时常用。