

金属工艺学

(焊接部分)

吉林农业大学农机系金工教研室編

一九七三年十二月

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

我希望我们这次中央全会之后，来一个全党的学习竞赛，看谁真正地学到了一点东西，看谁学的更多一点，更好一点。

要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们目前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。

前 言

在农业机械设计制造专业中焊接是农业机械制造工艺学的一个组成部分。

遵照毛主席“教材要彻底改革，有的首先删繁就简”的教导，对焊接部分主要进行了删繁就简，并结合当前生产实际，补充了一些从实践中总结出来的新技术、新工艺。供本届工农兵学员试用。由于编写执笔者的政治思想水平和业务水平所限，错误之处难勉，希望阅读者提出宝贵意见，为今后教材的彻底改革，共同作出贡献。

一九七三·十二·

目 录

前言.....	
金属焊接概述.....	1
第一章 手工电弧焊.....	2
一、焊接电弧及其特性.....	2
1. 电弧焊原理.....	2
2. 电弧的引燃、温度和接法.....	3
3. 电弧电压.....	3
二、手工电弧焊的电源.....	4
三、电焊机的原理与构造.....	5
1. 直流电焊机的原理.....	5
2. 直流电焊机的构造.....	7
3. 交流电焊机的原理.....	8
4. 交流电焊机的构造.....	9
四、电焊条.....	9
1. 焊条芯.....	9
2. 焊条涂料.....	10
3. 焊条涂料配方介绍.....	11
4. 焊条的种类及编号.....	14
5. 焊条的选择.....	19
五、手工电弧焊基本工艺.....	19
1. 接头型式和坡口形状.....	19
2. 焊接电流的确定.....	21
3. 施焊方式.....	21
4. 焊缝的填敷方法.....	22
5. 运条法的介绍.....	23

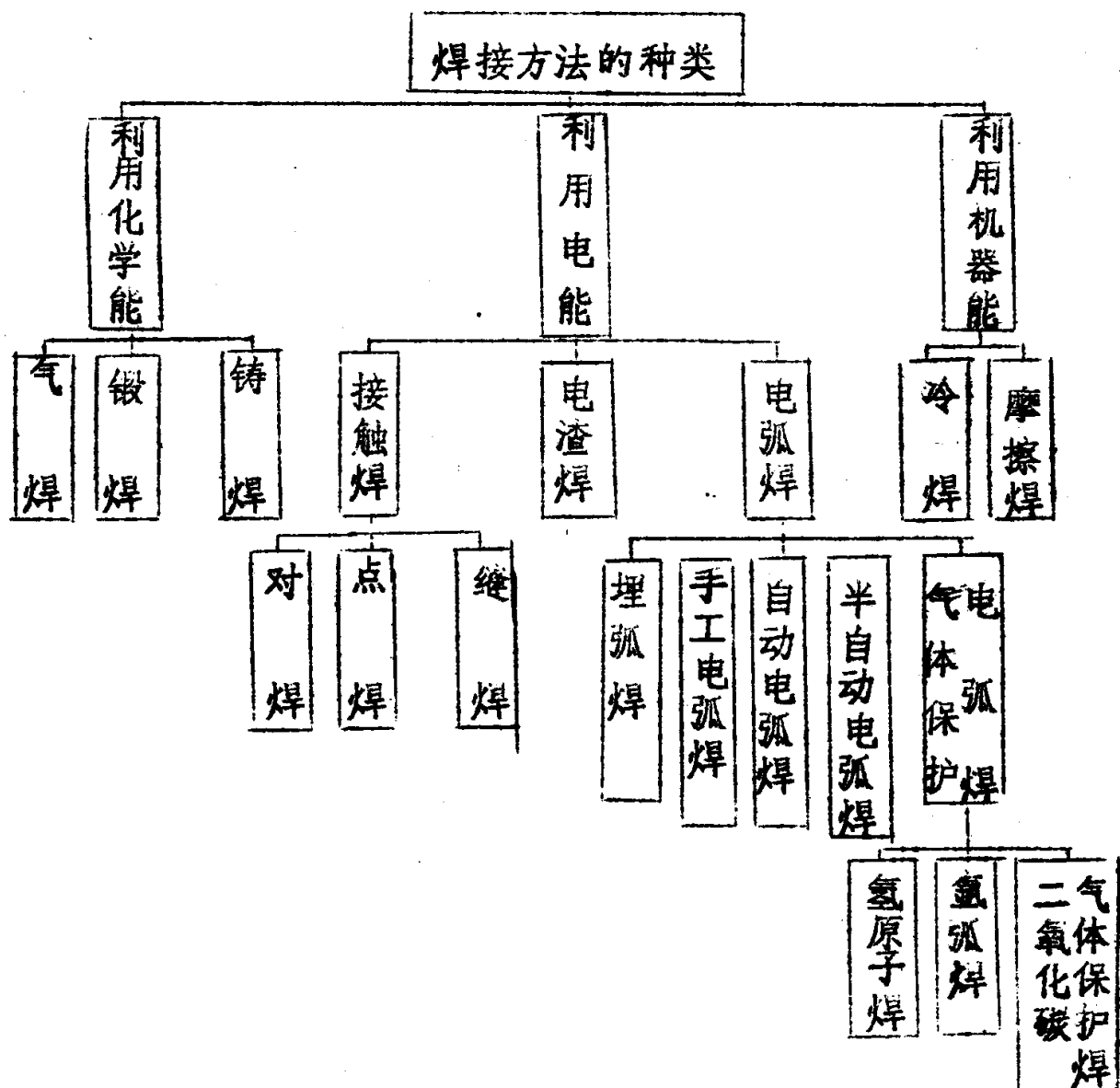
第二章 气焊与气割.....	2 4
一、气焊的特点和用途.....	2 4
二、气焊所用气体及其特点.....	2 4
1.乙炔气.....	2 4
2.氧气.....	2 5
3.使用乙炔应注意的问题.....	2 5
三、气焊的设备及构造.....	2 6
1.乙炔发生器.....	2 6
2.回火防止器的用途与构造.....	2 9
3.氧气瓶和减压阀的构造.....	3 1
4.焊炬的构造.....	3 4
四、氧——乙炔火焰.....	3 5
五、气焊条和焊剂.....	3 7
1.焊条的选择.....	3 7
2.焊剂.....	3 7
六、气焊工艺.....	3 9
1.接头型式.....	3 9
2.施焊方法.....	3 9
七、氧气切割.....	4 1
1.氧气切割的原理.....	4 1
2.金属氧气切割的条件.....	4 2
3.氧气切炬.....	4 2
4.切割工艺.....	4 3
第三章 几种常用金属的焊接.....	4 5
一、灰铸铁件的焊接.....	4 5
1.铸铁焊接的用途和特点.....	4 5
2.铸铁气焊.....	4 6
3.铸铁电焊.....	4 6
4.铸铁焊补的经验介绍.....	4 8
二、铜及铜合金的焊接.....	5 2

1. 紫铜的焊接	5 2
2. 黄铜焊接	5 3
3. 青铜焊接	5 3
4. 铜和铜合金焊条的选择	5 3
三、铝及其合金的焊接	5 6
第四章 其他焊接方法的基本知识	5 7
一、钎焊	5 7
1. 钎焊的实质及用途	5 7
2. 硬钎焊	5 7
3. 软钎焊	5 8
二、堆焊	5 8
三、接触焊	5 8
1. 点焊	5 8
2. 对焊	5 9
3. 缝焊	6 0
四、电渣焊的概念	6 0
五、气体保护焊	6 1
1. 氩弧焊	6 1
2. CO ₂ 保护焊	6 2

金属焊接概述

金属焊接是当前国内外机器制造和修理方面不可缺少的一种工艺，它是利用金属局部加热的方法，把结合部位迅速加热到液态或塑性状态，使之永久焊合在一起。焊接方法适用于同类同型号、同类异型号金属的焊接，也适用于异类异型号金属之间的焊接，焊接工艺使用的范围很广，大至桥梁、建筑结构、万吨巨轮和万吨水压机结构，小至日常用具和科学仪表结构，都能用到焊接。

当前工业生产中，常用的金属焊接方法有下列许多种，我们专业重点学习手工电弧焊和氧——乙炔气焊，其它有关的几种焊接方法略加介绍。



毛主席语录

人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

第一章 手工电弧焊

手工电弧焊简称电焊。它是人们用电焊机、焊条把两个金属件焊接为一体的生产过程。遵照毛主席“理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识，这就是辩证唯物论的认识论”的教导，我们在实践手工电弧焊的基础上，还应该从理论上学习电弧焊的基本知识。

一、焊接电弧及其特性

1. 电弧焊原理：

电弧是电流通过两电极间的空隙时长时间的放电现象，当二电极于瞬间接触或接近时，由于两电极间电位差的关系，使两电极间产生火花，并使附近空气发生电离作用，在电流的冲击下，还将电极中的分子，撞击到电极的外表面来，因此电流在二电极间的空隙中藉电离的空气和电极中被冲击出的分子而产生电弧。在电焊中冲出的分子，被电离为阴离子和阳离子，阳离子带正电荷飞向阴极，阴离子带负电荷飞向阴极，离子运动时互相撞击的结果产生了大量的热。阴离子的可动性较大，运动速度也较阳离子为快，因此，正极所产生的热量较高，负极所产生的热量较低。这点在直流电焊时影响甚大，在交流电焊中，因为电流的正负极是交变的，所以两极温度是相同的。

电弧焊的基本原理，就是利用电弧中离子冲击所产生的热量来熔化金属进行焊接的。

普通电弧焊分为两种：

1) 碳极电弧焊：电弧产生在一个碳端和金属件之间，一般多用于铝、铝合金、铜、铜合金等有色金属及铸铁的焊接。

2) 金属极电弧焊：即用电焊条的焊接。常用于碳素结构钢的焊接。

2. 电弧的引燃、温度和接法

引燃电弧有两种方法，第一种是摩擦式，它较易掌握，第二种是敲击式，较难掌握，多在焊接中更换焊条或偶然灭火以后重新引火时，以及在狭窄的或不方便的地方焊接时使用。

电弧引燃后，飞快运动的电子与离子奔向两极，在中途互相碰击并碰击两极的表面，于是动能变热能加热了气体介质与金属，又由于进入电弧中的气体和蒸气与四周氧气在高温下互起化学作用，便产生了白热的眩目强光，利用碳极焊接时，阳极热量约占总热量的43%，阴极热量约占总热量的36%，其余21%是在电弧柱中带电微粒互相摩擦碰击而产生。随着两极材料的不同，电弧中各点温度也不同。用炭极时，阴极区的温度约3200℃，阳极区的温度约3900℃；若用金属极时，阴极区温度约2400℃，阳极区温度约2600℃，在电弧中心温度最高可达6000~8000℃，电弧除了生成大量热能与放出白热光以外，还放射出大量的紫外线与红外线。因此进行焊接时必须用面罩、手套等防护用品。

由于电弧两极放热不同，因此用直流电焊时有二种接法。

第一正接法：即将工件接正极，焊条接负极。这样对工件加热较多。

第二反接法：即将工件接负极，焊条接正极。

交流电焊机不分正接和反接，因每秒钟正负交变达一百次之多，两极温度趋于一致。

3. 电弧电压

电弧的电压，也就是两极间的电压降，随着弧长和电流强度的变化而变化，同时也和电极材料（焊条与工件），电极大小以及气体介质的压力与成分有关。但一般是在空气介质中进行焊接，工件

一般多是钢铁，所以电弧电压与电流强度及弧长间的实验关系数字可用数根曲线表示出来（如图 1—1）。这些曲线是在弧长固定的状态下得到的，因之称为电弧的静特性曲线。由图可见：当电流大于 50 安时，亦即在焊接实际的使用范围内，电弧的燃烧电压几乎与电流强度无关，而只决定于电弧的长度。

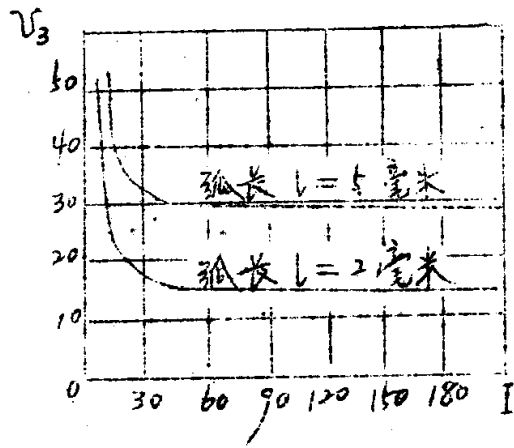


图 1—1 电弧静特性曲线

二、手工电弧焊的电源

电弧焊接的电源，不论是直流电或交流电都不能直接利用外界电源，因为这种电源电压较高，既很危险，效率又低，不能满足焊接电源的要求，要使电弧容易产生和稳定地燃烧，供给电弧用的电源应满足下列三个要求：

- 1) 空载时，应有高的电压，以利打火引弧；
- 2) 在正常工作时，应供给大的电流，小的电压；
- 3) 按电弧本身的特点看，电流将不断增长，因此焊接电源应有一个额定的最大供给电流值。

发电机或变压器的性能可用其外特性来表示。外特性是指电路上负载变化时，电源供给的电流与电压的关系 $V = F(I)$ 。这个关系通常用图形来表示称为外特性曲线。由于发电机与变压器设计构造的不同，其外特性曲线也不同。一般用电——如电灯照明，或电力传动等均需要电压保持不变。因之这一类型发电机的外特性曲线是水平的。这种水平的外特性曲线按电弧静特性要求看，不可能满足上述三项基本要求。

因此只有当电源的外特性曲线陡降时，电弧静特性的基本要求才能满足，如图 1—2 所示，电弧才可以稳定燃烧。具有陡降特性的电源，电源具有较高的空载电压，同时电压又随供给电流的增大

而减小，供给的最大电流（短路电流）也有着一定限度。

由图 1—2 可以看出，电弧的静特性曲线与外特性曲线二者相交于二点，在点 1 开始引弧，而后弧柱中电流继续增大，至点 2 电源供应的电压电流与电弧所需要的电压电流相等。因之稳定燃烧下去，故点 2 称为稳定燃烧点。点 3 是短路点。

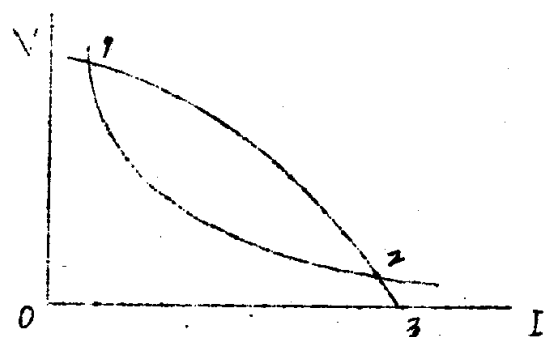


图 1—2 焊接电源的外特性与电弧的静特性

由此可见，满足电焊的电焊机应有良好的陡降动特性和能够调正的外特性。动特性是表示在短路停止以后，电焊机恢复到工作电压所需的时间；也就是电压恢复的速度。由图 1—2 可以看出：空载时电压最大，电流为零，短路时电压为零（点 3），电流最大。因此为了容易引弧及使电弧燃烧稳定，当短路结束后，电压应很快地从零恢复到正常的工作电压，而其所需的时间不应超过 0.05 秒。普通电焊机的动特性为 0.025—0.035 秒，构造好的电焊机只有 0.01 秒。

三、电焊机的原理与构造

1. 直流电焊机的原理

直流电焊机的种类很多，一般都是由交流电动机或内燃机带动直流焊接，发电机组成直流电焊机，它的电压不同于普通的发电机，是不固定的，也就是具有陡降的外特性。这里仅将最通用的国产分极式 A T A 型直流电焊机的原理说明如下：

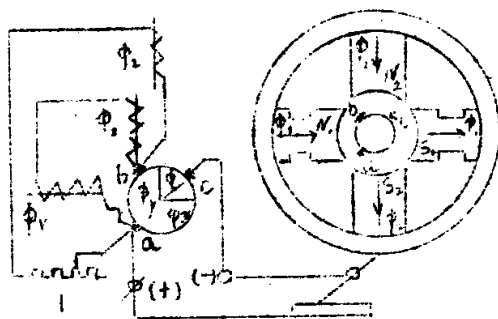


图 1—3 A T A 型直流电焊机的线路图

从构造上来说，发电机有四个磁极（图 1—3），它们的排列与普通的直流发电机磁极的排列不同。在分极式发电机中，两个北极和两个南极相毗邻。电磁铁的激磁绕组中的电流，由发电机电枢的电刷来供应，即发电机是由于自激而工作。发电机的磁极 N_1 和 S_1 分布在水平位置，称为主磁极；另外两个 N_2 和 S_2 分布在垂直位置称为横磁极。主磁极的中央有凹槽，其作用在于减低其横剖面积，也使主磁极在最大饱和状态下工作。横磁极是在不完全饱和状态下工作的。

发电机有三个电刷：两个主电刷 a 及 c ，和一个位于 a 、 c 之间的辅助电刷 b ，它与工作电刷 a 供给激磁绕组中的电流。 a 、 b 间的电压，在任何运转情况下都将保持到 24—26 伏的一定值。

焊接时，产生的电枢反应磁通 Φ ，按平行四边形原理分为 Φ_x 和 Φ_y （见图 1—4、a）。 Φ_y 方向的磁通就是电枢反应中的去磁部分，它与横磁极磁通 Φ_2 的方向相反，所以横磁极上的磁通便相应地减小了，而磁通 Φ_x 与主磁极的磁通 Φ_1 方向相同，但是因为主磁极已经饱和的原因，几乎不再发生增磁作用，所以 a 、 b 间的电压保持不变，可是 a 、 c 间的电压却随着负载的增大，横磁极磁通

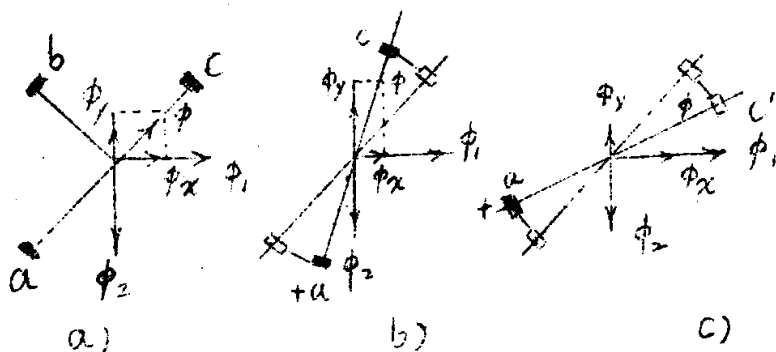


图 1—4 发电机磁通的方向

的减小而下降，这样保证了发电机具有陡降的外特性。

调整电流时，可以采用两种方法：1) 移动电刷位置（粗调整）；2) 利用磁极绕组 1 电路中的变阻器 2（细调整）。

1) 移动电刷位置调整电流

由图 1—4 c 得知，当电刷 a、c 绕发电机旋转的反方向转到极限位置时， Φ_r 减小，使电枢反应的去磁作用减低，电流值最大。当电刷位于中心线的位置时（见图 1—4 b），电枢反应的磁通 Φ_r 增大，使电枢反应磁通的去磁作用加强，故发电机的电流最小。当电刷位于中心线的位置时（图 1—4 a）电刷 a、c 间的电压便为中间值。

2) 改变电阻器调整电流

由图 1—3 得知，当改变变阻器 2 时，由于串联在横磁极磁极绕组 1 的电阻值发生变更。所以通过的电流便有变化。当电阻增大时，通过的电流减小，a、c 间的电压也随之下落。反之，当电阻减小时，情况正好相反。

2、直流电焊机的构造

直流电焊机的外形构造如图 1—5 所示，它是由一台直流电弧焊发电机与一台三相感应电动机组成，装在同一轴上和同一机身内，下装四只滚轮，便于移动。它的空载电压 60 伏，短路时的电流也有一定限度。

直流电焊机的焊接电源的粗调整与细调整如图 1—5 所示。

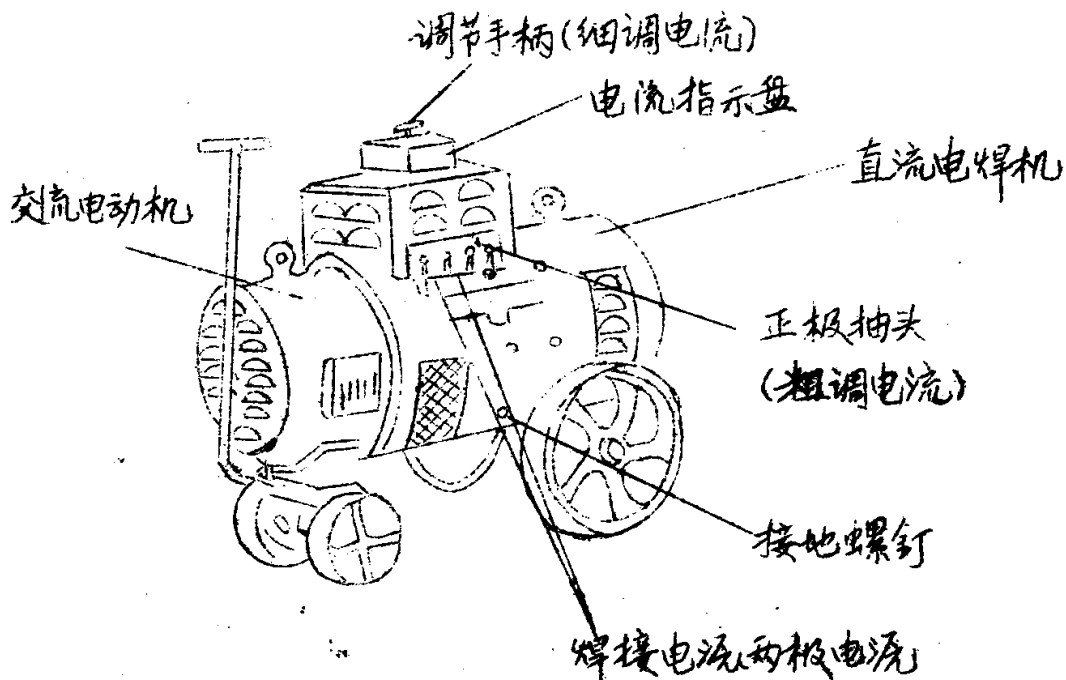


图 1—5 直流电焊机的外形

利用它焊接低碳钢时，常把工作件接正极，焊条接负极，即采用正接法。焊接有色金属或薄钢板时，则用反接法。

3. 交流电焊机的原理

1) BN型交流电焊机原理

这种电焊机是由单相降压变压器和电抗器（电流调整器）所组成，线路图如图1—6所示。变压器的一次绕组1连接220伏或380伏的电源上，二次绕组电路中，用电抗器和电弧串联，利用电抗器造成电弧稳定燃烧，并使电焊机有陡降的外特性，电抗器的铁心由固定部分1和可移动的部分2构成，调整电流时，是变更电抗器铁心移动部分2的位置，移动部分的各个位置指示着相当的电流值。当移动部分与固定部分之间的间隙增大时，铁心磁阻亦增加，电抗器电感就减小，而使焊接电流增大。减小空隙时，则发生相反的现象，用这种方法可以十分准确和均匀地调节焊接电流强度。

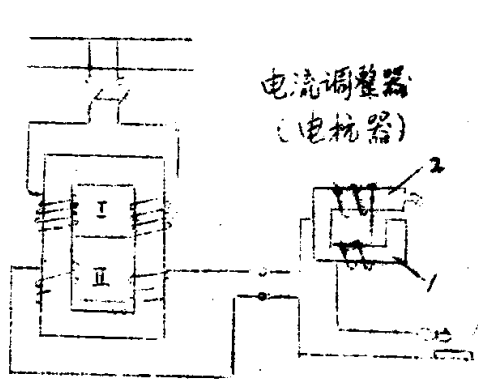


图1—6 BN型交流电焊机
线路图

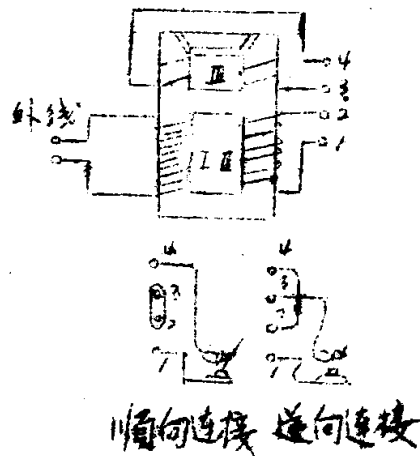


图1—7 BA型交流电焊机
线路图

2) BA型交流电焊机原理

BA型交流电焊机线路图，如图1—7所示。共有三个绕组绕在一个铁心上，I为一次绕组，II为二次绕组，III为电抗绕组。这种变压器不同于BN型变压器之点是在二个绕组和电抗绕组间除了

电流联系外，还有磁通的联系，因而使变压器在空载时电抗绕组本身也产生感应电流，并成为电弧电压的一部分。变压器的上部移动部分用以变更铁心磁阻，调整电流。当移动部分分离时电流增大，反之，电流减小。

二次绕组和电抗绕组间有二部分结合形式：(1)顺向连接（见图 1—7，a）适用于大电流；(2)逆向连接（图 1—7，b），适用于小电流。

交流电焊机的构造

BN 型交流电焊机的外形构造如图 1—8 所示。它将工业电压 380 伏或 220 伏降为空载时 60 伏~80 伏，焊接时保持 20~30 伏之间，此外它能供给很大的焊接电流，使用前电流通过改变线圈抽头的接法进行粗调整，再用手柄转动进行细调整。

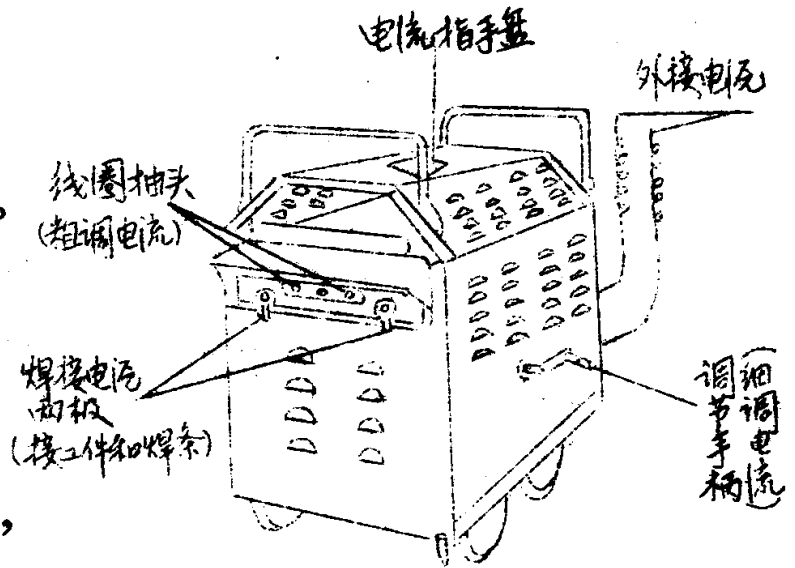


图 1—8 交流电焊机

从指示盘上检查是否调到所需的电流值。交流电焊机的外壳多为方形，外接电源是两根电线。

四、电焊条

电焊条是由焊条芯和涂料两部分组成，焊条芯起导电和填充焊缝的作用。涂料用来保证焊接顺利并使焊缝得到一定的化学成分。焊接各种不同成分的材料时，要采用不同焊条芯的焊条，焊接不同厚薄的材料时，要选用不同直径的焊条。

1. 焊条芯

焊条芯是组成焊缝金属的主要材料，它的化学成分和非金属夹杂物的多少将直接影响焊缝质量，因此焊条芯的钢材都是经过特殊冶炼的，它的牌号和化学成分我国冶金工业部已作了规定，详见金属材料手册 YB 99—63。

现将焊接碳素钢常用的几种焊条芯成分列表如下：

表1—1 碳素钢焊条芯成分

牌 号	化 学 成 分 %							用 途
	碳	锰	硅	铬	镍	硫	磷	
HO ₂	<0.10	0.35~ 0.60	<0.03	<0.15	<0.30	<0.04	<0.04	一般焊接 结构
HO ₂ A	<0.10	0.35~ 0.60	<0.03	<0.10	<0.25	<0.03	<0.03	用于特别 重要的焊 接结构
HO ₂ M	<0.10	0.80~	<0.03	<0.15	<0.30	<0.04	<0.04	用于要求 强度及塑 性的焊接 结构
H ₂ a	0.11~ 0.13	0.35~ 0.60	<0.03	<0.20	<0.30	<0.04	<0.04	用于强度 较高的焊 接结构

从表中可看出，焊条芯具有较低的含碳量和一定的含锰量。但硅和硫磷的含量都很低，带“A”者其硫磷含量应低于0.03%以下。

除了碳素钢焊条芯之外，焊接高合金钢及各种有色金属时均有相应成分的焊条芯。

焊条的大小，以焊条芯的直径和长度表示。焊条直径为1—12毫米，其中常用的直径3—6毫米，长度通常为300—450毫米。

2. 焊条涂料

焊条涂料的作用是保证在焊接过程中，使焊缝质量达到规定的要求。同时焊条涂料的化学成分比较复杂。一般优质焊条是由下列

几种成分组成，它们的作用名称如下

1) 稳弧剂

主要是提高电弧的稳定性，保证容易引弧和稳定燃烧，多半采用容易电离的物质，这些物质在电弧的高温作用下使之蒸发飞散充满于焊条末端与工件之间，增加导电性。常用的有白垩或大理石（ CaCO_3 ），二氧化钛（ TiO_2 ），钾、钠、钙的化合物如碳酸钾（ K_2CO_3 ）等。

2) 造气剂

使涂料在焊接时经化学反应造成气体，如 CO 、 CO_2 、 H_2 ……等以便保护熔池与电弧周围，防止氧和氮的浸入。常用淀粉、纤维、糊精……等有机物或碳酸钾等矿物质。

3) 造渣剂

焊接时只靠气体保护焊缝是不够的，还要加入造渣剂使造出的渣包住焊条溶滴，并浮于焊缝之上，以防止氧与氮的浸入，并使焊缝缓冷，多用锰矿、白垩、大理石、长石、石英、钛矿、高岭土、等。

4) 还原剂

还原剂也叫脱氧剂，多半用锰铁、硅铁、石墨等，加入它是为了保证焊缝的质量与性能。

5) 合金剂

一般是用锰铁、硅铁、铬铁等。

6) 脱硫、脱磷剂

因硫与磷是有害的杂质，多加入碱性化合物如 CaO 、 MnO 与 Mn 等进行脱硫磷，提高焊缝质量。

7) 粘合剂

可以粘结上述各种粉状涂料并使他们粘结在焊条芯上形成焊药皮，常用的是水玻璃及糊精等。

3. 焊条涂料配方介绍

焊条的种类、型号、牌号不同，其焊条芯材料成分与涂料配方成分也不相同，今举建筑工业部上海电焊条厂制造的钛型、锰型碳