

培训手册

(第一册——基础知识)



深圳市佳士科技发展有限公司

目 录

第 1 章 焊接概述	2
1.1 焊接的种类	2
1.2 手工电弧焊	3
1.3 钨极氩弧焊	5
1.4 CO ₂ 气体保护焊	9
1.5 等离子切割机	12
第 2 章 逆变弧焊电源介绍	13
2.1 弧焊逆变器	13
2.2 逆变器几种主电路的基本模型	14
2.3 功率开关器件	16
2.4 脉冲弧焊电源	18
2.5 弧焊电源的一般技术要求	19
第 3 章 逆变焊机电路	21
3.1 主回路工作原理	21
3.2 辅助电源工作原理	23
3.3 控制电路工作原理	24
3.4 驱动电路工作原理	28
3.5 保护电路工作原理	30
第 4 章 氩弧焊机工作原理	31
4.1 氩弧焊的主要用途和适用范围	31
4.2 氩弧焊机的工作原理	31
第 5 章 空气等离子切割机工作原理	33
5.1 空气等离子切割机工作特点	33
5.2 等离子切割的起弧方式	34
5.3 工作原理	35
5.4 CT 三用机系列	36
第 6 章 二氧化碳气体保护焊机工作原理	37
6.1 CO ₂ 气体保护焊机的特点	37
6.2 MIG 焊机控制板电路工作原理	39
6.3 送丝机构	41

前言

本手册是佳士系列培训手册的第一册，手册介绍了本公司的焊机工艺、逆变焊机特点；并重点介绍了（场管）逆变焊机的主回路、辅助电源、控制电路、保护电路的工作原理和特点。

为方便读者的理解，手册对逆变单元拓扑结构、单端反激式开关电源、脉宽调制器等功率电子学的基本理论，作了穿插性的、简单介绍。它适用于焊机初学者、维修员、调试员等岗位的学习。是逆变焊机的入门读物，对于要具体了解本公司焊机的读者，可选择地学习本公司编写的培训手册系列篇。

再版时间：二〇〇七年九月

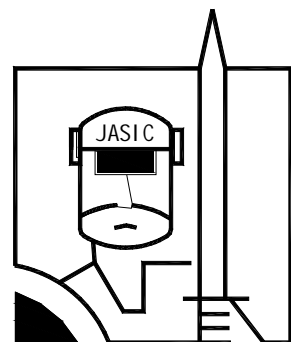
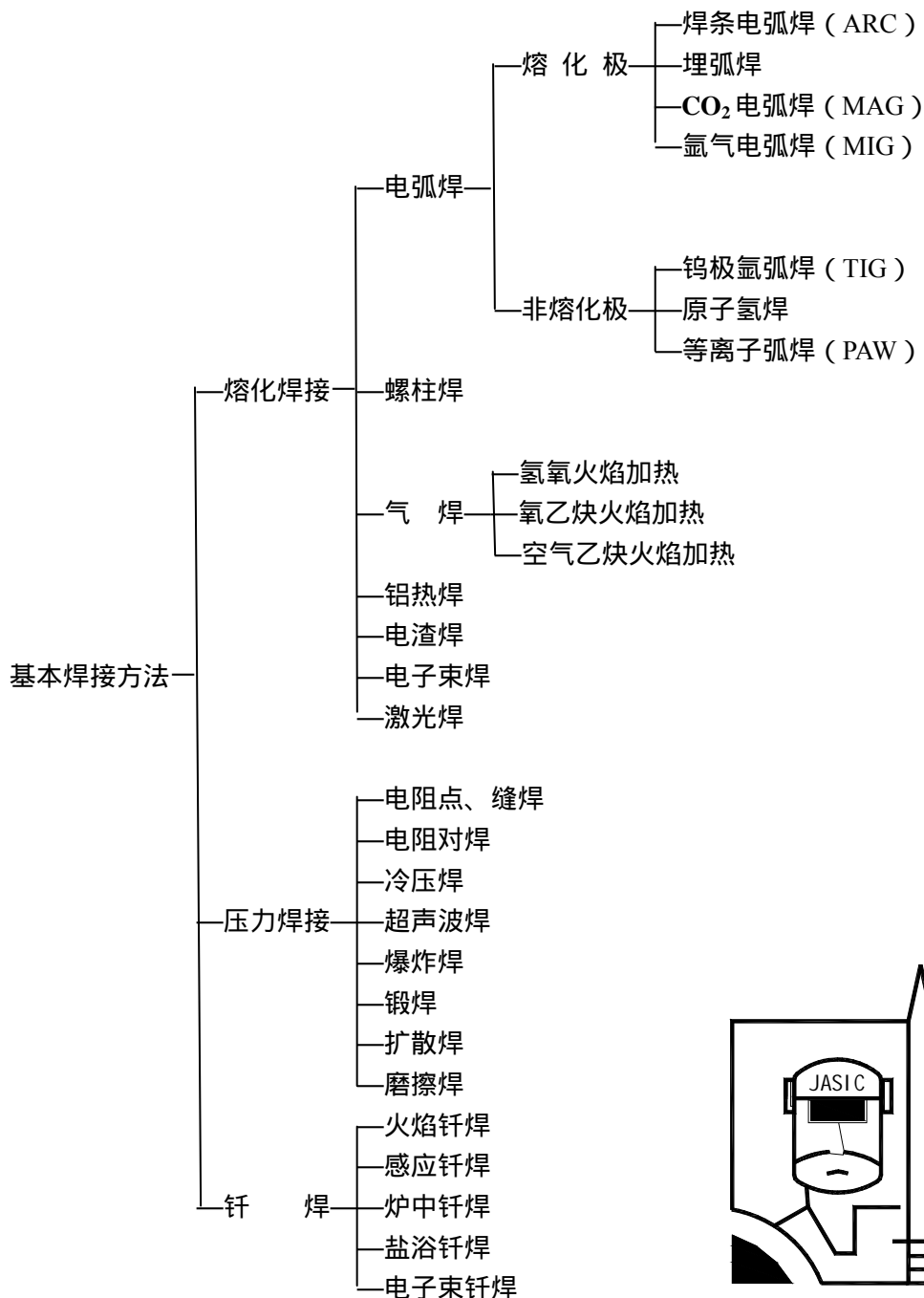
第 1 章 焊接概述

焊接是一种不可拆卸的连接方法，是金属热加工方法之一。焊接与铸造、锻压、热处理、金属切削等加工方法一样，是机器制造、石油化工、矿山、冶金、航空、航天、造船、电子、核能等工业部门中的一种基本生产手段。没有现代焊接技术的发展，就没有现代的工业和科学技术的发展，因此焊接也被称为“钢铁裁缝”。

1.1 焊接的种类

焊接：是指通过适当的物理化学过程（加热或加压），使两个工件产生原子(或分子)之间结合力而连成一体的加工方法。

1.1.1 焊接方法的分类



哈啰，我是钢铁裁缝！

1.1.2 焊接方法的特点

1、焊接过程的本质

就是采用加热、加压或两者并用的办法,使两个分离表面的金属原子之间间接达到晶格距离并形成结合力。按照焊接过程中金属所处的状态不同,可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三类。

2、熔焊:

是在焊接过程中,将焊接接头加热至熔化状态,不加压完成焊接的方法。

3、压焊:

是在焊接过程中,对焊件施加压力(加热或不加热),以完成焊接的方法。

4、钎焊:

是采用比母材熔点低的金属材料,将焊件和钎料加热至高于钎料熔点,低于母材熔点的温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙并与母材互相扩散实现联接焊件的方法。

1.1.3 电弧焊

1、什么是焊接电弧:

它由弧焊电源电压引发气体放电的形式,焊接电弧的形成和维持是在电场、热、光和质点动能的作用下,气体原子不断被激发、电离及电子发射的结果。

2、什么是电弧焊:

是指用电弧供给加热能量,使工件熔合在一起,达到原子间接合的焊接方法。

电弧焊是焊接方法中应用最为广泛的一种。据一些工业发达国家的统计,电弧焊在焊接生产总量中所占比例一般都在60%以上。根据其工艺特点不同,电弧焊可分为焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护电弧焊和等离子弧焊等多种。

1.1.4 四种常用的弧焊方式

1、手工电弧焊:

使用焊钳夹住焊条进行焊接的方法。

2、钨极氩弧焊:

用工业钨或活性钨作不熔化电极,惰性气体氩气作保护气的焊接方法。简称TIG。

3、二氧化碳气体保护焊:

用金属焊丝作为熔化电极,惰性气体(CO₂)作保护的弧焊接方法。简称MIG。

4、埋弧焊:

在颗粒助焊剂层下,利用焊丝与母材间电弧的热量,进行焊接的焊接方法。



提示:学习焊接工艺的进一步知识,可查阅《焊接工程师手册》或阅读《弧焊电源》等的书籍。

1.2 手工电弧焊

1.2.1 概述

手工电弧焊,简称手弧焊。它利用焊条与工件之间建立起来的稳定燃烧的电弧,使焊条和工件熔化,从而获得牢固的焊接接头。

在焊接过程中,药皮不断地分解、熔化而生成气体及熔渣,保护焊条端部、电弧熔池以及其附近区域,

以防止熔化金属氧化，焊条芯棒也在电弧作用下不断熔化，进入熔池，构成焊缝填充金属。也有焊条药皮掺合金粉末，提高焊缝的机械性能。

1.2.2 ZX7 系列焊机的一次电线截面计算

一次接线盒及空气开关的容量大小（根据额定容量测算）。一次线截面计算：

$$\frac{\text{额定输入容量}}{220\sqrt{2}} \div 5 = \text{导线截面}$$

1.2.3 焊机面板上旋钮的调节方法和作用 详见说明书。

1.2.4 手工电弧焊电流选择

- 1、根据焊接金属材质、焊条类型、焊接结构来选择。
- 2、根据焊接结构所用的材料，结构形式等因素确定所需电流的大小。
- 3、影响电流选择的其它因素，如：效率、电网容量、场地设施、噪音、维修、重量等因素。

1.2.5 电焊条的分类

一般按药皮成份分类为 10 种类型，现列三种常用焊条举例说明如下：

J422 型：该焊条引弧容易电弧稳定飞溅小，熔深较浅，熔渣复盖性好，脱渣容易，焊缝波纹特别美观，适用于全位置和薄板焊接，但塑性和裂性较差，能适用于一般低碳钢和同等强度的低合金钢焊接。氧化钛钙型药皮，交直流两用。焊缝金属抗热强度不低于 420Mpa (42Kg/m²)。结构钢焊条（表示用途类型）

J507 型：该焊条熔渣流动性，其工艺性较好，能全位置焊，焊缝金属抗裂性能和机械性能较好，适用于焊接重要结构件，受压容量 16MnR 及中碳钢及低合金钢重要构件。低氢钠型药皮，直流焊缝金属抗拉强度不低于 500Mpa。结构钢焊条

A117 型：该焊条为低氢型不锈钢焊条，适用于铬 18 镍 9 不锈钢结构。低氢型药皮---直流。同一等级焊缝化学成分中的不同牌号。焊缝金属主要化学成分类型 Cr18%Ni8%；奥氏体不锈钢焊条。

1.2.6 电弧焊工艺

- 1、焊条牌号及直径。主要取决于材料性质，焊件的厚度，接头形式焊缝位置，焊缝参数等因素。

表 1.1 焊条直径与板厚关系如下表：

焊件厚度 (mm)	< 4	4 ~ 8	> 8 ~ 12	> 12
焊条直径 (mm)	2.5/ 3.2	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6

- 2、焊接电流：焊接电流的大小，主要根据焊条类型、焊条直径、焊件厚度、接头型式、焊缝位置及层次等因素，结构钢焊条平焊位置时，焊接电流可根据下列经验公式来初选。

$$I = Kd$$

I——焊接电流 K——经验系数 d——焊条直径

表 1.2 焊接电流经验系数和焊条直径关系：

焊条直径 (mm)	1.6	2 ~ 2.5	3.3	4 ~ 6
经验系数 (A/mm)	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50

立焊、横焊、仰焊时焊接电流应比平焊电流小 10 ~ 20%，角焊时应比平焊位置时大 10 ~ 20%。合金钢焊条、不锈钢焊条，由于电阻率大、热膨胀系数高，若电流大则焊接过程中焊条容易发红造成药皮脱落，影响焊接质量，因此电流要适当减小。

3、焊接输出的连接方法

使用碱性焊条施焊时，应采用直流反接法。

使用酸性焊条施焊时，应采用直流正接法。

1.2.7 手工电弧焊操作过程：

1、引弧

将焊条与工件短路然后向上提起焊条以引燃电弧称为提拉式引弧。将焊条端部在金属表面轻轻划擦后提起焊条以引燃电弧叫划擦引弧。

2、焊接过程

电弧引燃后，一方面要仔细观察熔池状态，始终保持熔池大小不变，不断调整焊条角度，控制弧长保持熔池金属不致外溢，另一方面要保持电弧沿焊接方向作匀速直线移动；只有保持熔池大小和焊接电弧移动速度始终不变，才能获得均匀一致的焊缝。

3、收弧

焊接结束时如果直接拉断电弧则会形成弧坑，弧坑会产生气孔、裂缝，降低焊缝接头的强度，为此要采取下列措施。

当电弧移至焊缝终端时，稍稍停留或者回焊一小段拉断电弧，此法适用于碱性焊条。

当电弧移至焊缝终端时，采用反复熄弧、引弧法，填满弧坑。

重要结构焊缝采用收弧板，使电弧在收弧板上运行一般后再拉断电弧。

在焊接过程中要获得高质量的焊缝，须要有三个共同的要求：

合适的工艺规范

正确的焊条角度

适当的运条方法

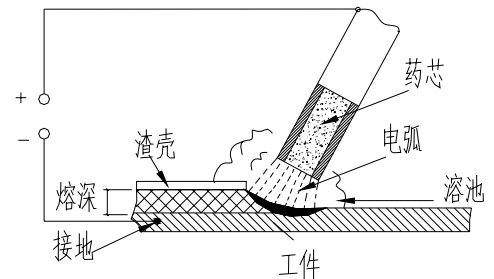


图 1.1 焊条电弧焊（手焊）原理示意图

1.3 钨极氩弧焊

1.3.1 概述：

1、钨极氩弧焊就是以氩气作为保护气体，钨极作为不熔化极，借助钨电极与焊件之间产生的电弧，加热熔化母材（同时添加焊丝也被熔化）实现焊接的方法。氩气用于保护焊缝金属钨电极和熔池，使电弧加热区域不被空气氧化。

2、一般氩弧焊的优点：

能焊接除熔点非常低的铝、锡外的绝大多数的金属和合金。

交流氩弧焊能焊接化学性质比较活泼和易形成氧化膜的铝及铝镁合金。

焊接时无焊渣、无飞溅。

能进行全位置焊接，用脉冲氩弧焊可减小热输入，适宜焊 0.1mm 不锈钢

电弧温度高、热输入小、焊接速度快、热影响面小、焊接变形小。

填充金属和添加量不受焊接电流的影响。

3、氩弧焊适用焊接范围

适用于碳钢、合金钢、不锈钢、铝及铝镁合金、铜及铜合金、钛及钛合金，以及超薄板，同时能进行全位置焊接，特别对复杂焊件难以接近部位等等。

1.3.2 钨极氩弧焊焊机的组成

- 1、本公司氩弧焊机的型号、文字说明。
- 2、焊机的部件（焊机、焊枪、气、水、电）、地线及地线钳、钨极。

3、焊机原理（见右图 1.2）

焊机的一次进线，根据焊机的额定输入容量配制配电箱，空气开关的大小，一次线的截面。

焊机的输出电压计算方法： $U=10+0.04I$

焊机极性，一般接法：工件接正为正极性接法；
工件接负为负极性接法。钨极氩弧焊一定要直流正极性接法：焊枪接负，工件接正。

水源接法、氩气接法

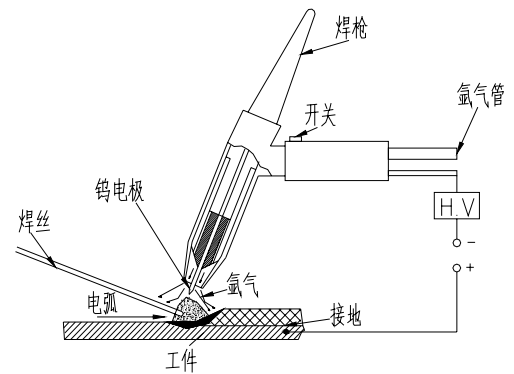


图 1.2 氩焊原理示意图

1.3.3 焊枪的组成（水冷式、气冷式）：

手柄、连接件、电极夹头、保护喷嘴（罩）、气管、水管、电缆线、控制导线。

1.3.4 氩气的作用、流量大小与焊接关系、调节方法。

- 1、氩气属于惰性气体，不易和其它金属材料、气体发生反应。而且由于气流有冷却作用，焊缝热影响区小，焊件变形小。
- 2、氩气主要是对熔池进行有效的保护，在焊接过程中防止空气对熔池侵蚀而引起氧化，同时对焊缝区域进行有效隔离空气，使焊缝区域得到保护，提高焊接性能。
- 3、调节方法是根据被焊金属材料及电流大小，焊接方法来决定的：电流越大，保护气越大。活泼元素材料，保护气要加强加大流量。

表 1.3 板厚与气体流量对照表

板厚 (mm)	电流大小 (A)	气体流量 (L/min)			
		不锈钢	铝	铜	钛
0.3 ~ 0.5	10 ~ 40	4	6	6	6
0.5 ~ 1.0	20 ~ 40	4	6	6	6
1.0 ~ 2.0	40 ~ 70	4 ~ 6	8 ~ 10	8 ~ 10	6 ~ 8
2.0 ~ 3.0	80 ~ 130	8 ~ 10	10 ~ 12	10 ~ 12	8 ~ 10
3.0 ~ 4.0	120 ~ 170	10 ~ 12	10 ~ 15	10 ~ 15	10 ~ 12
>4.0	160 ~ 200	10 ~ 14	12 ~ 18	12 ~ 18	12 ~ 14
					14 ~ 18

如果氩气太小，保护效果差，被焊金属有严重氧化现象。氩气太大，由于气流量大而产生紊流，使空气被紊流气卷入熔池，产生熔池保护效果差，焊缝金属被氧化现象。所以流量一定要根据板厚、电流大小、焊缝位置、接头型式来定。具体以焊缝保护效果来决定，以被焊金属不出现氧化为标准。

1.3.5 钨极

- 1、钨极是高熔点材料，熔点为 3400，在高温时有强烈的电子发射能力，并且钨极有很大的电流载流能力。

表 1.4 钨极载流能力

电极	直流正接法时
1.0	20 ~ 80A
1.6	50 ~ 160A
2.0	100 ~ 200A
3.0	200 ~ 300A
4.0	300 ~ 400A
5.0	420 ~ 520A
6.0	450 ~ 550A

- 2、钨极表面要光滑，端部要有一定磨尖，同心度要好，焊接时高频引弧好、电弧稳定性好，熔深深，

熔池能保持一定，焊缝成形好，焊接质量好。

3、如果钨极表面烧坏或表面有污染物、裂纹、缩孔等缺陷时，焊接时会造成高频引弧困难，电弧不稳定，电弧有漂移现象，熔池分散，表面扩大，熔深浅，焊缝成形差，焊接质量差等现象。

4、钨极直径大小是根据材料厚度、材料性质、电流大小、接头形式来决定，见下表。

表 1.5 钨极直径对照表

板厚 (mm)	钨极直径 (mm)	焊接电流(A)
0.5	1.0	35 ~ 40
0.8	1.0	35 ~ 50
1.0	1.6	40 ~ 70
1.5	1.6	50 ~ 85
2.0	2.0 ~ 2.5	50 ~ 130
3.0	2.5 ~ 3.0	120 ~ 150

1.3.6 焊丝

焊丝选择要根据被焊材料来决定，一般以母材的成分性质相同为准。焊接重要结构工件时，由于高温要烧损合金元素，所以选择焊丝一定要高于母材料，把焊丝熔入熔池来补充合金元素烧损。

钨极氩弧焊，一种方法可以不添丝自熔，熔化被焊母材；另一种要添加焊丝，电弧熔化金属，同时焊丝熔入熔池，冷却后形成焊缝。

不锈钢焊接时，焊丝与板厚和电流大小关系见下表：

表 1.6 不锈钢焊接对照表

板厚 (mm)	电流(A)	焊丝直径(mm)
0.5	30 ~ 50	1.0
0.8	30 ~ 50	1.0
1.0	35 ~ 60	1.6
1.5	45 ~ 80	1.6
2.0	75 ~ 120	2.0
3.0	110 ~ 140	2.0

随着板厚增加，电流增大、焊丝直径增粗

铝及铝合金焊接时，焊丝与板厚、电流大小关系见下表：

表 1.7 铝及铝合金焊接对照表

板厚(mm)	电流(A)	钨极直径(mm)	焊丝直径(mm)	气流量 (L/min)
1	60 ~ 90/110 ~ 140	1.0 ~ 1.6		4 ~ 6 6 ~ 8
1.5	70 ~ 100/130 ~ 160	2.0		5 ~ 9
2	90 ~ 120/150 ~ 180	2.0 ~ 3.0	2.0	6 ~ 8 8 ~ 10
3	120 ~ 180/170 ~ 220	3.0 ~ 4.0	2.0	8 ~ 12
4	140 ~ 200/190 ~ 260	3.0 ~ 4.0	2.5	8 ~ 12 10 ~ 14
6	160 ~ 220/200 ~ 300	4.0 ~ 5.0	3.0	10 ~ 18 12 ~ 20

1.3.7 直流氩弧焊与脉冲氩弧焊的区别：

1、直流氩弧焊，即在直流正极性接法下以氩气为保护气，借助电极与焊件之间的电弧在一定的要求下(焊接电流)，加热熔化母材，添加焊丝时焊丝也一同熔入熔池，冷却形成的焊缝。

2、脉冲氩弧焊，除直流钨极氩弧焊的规范外，还可独立地调节峰值电流、基值电流、脉冲宽度、脉冲周期或频率等规范参数，它与直流氩弧焊相比优点如下：

增大焊缝的深宽比，在不锈钢焊接时可将熔深宽增大到 2 : 1

防止烧穿、在薄板焊接或厚板打底焊时，借助峰值电流通过时间，将焊件焊透，在熔池明显下陷之前即转到基值电流，使金属凝固。而且有小电流维持电弧直至下一次峰值电流循环。

减小热影响区，焊接热敏感材料时，减小脉冲电流通过时间和基值电流值，能把热影响区范围降低到最小值，这样焊接变形小。

增加熔池的搅拌作用，在相同的平均电流值时，脉冲电流的峰流值比恒定电流大，因此电弧力大，搅拌作用强烈，这样有助于减少接头底部可能产生气孔和不熔合现象。在小电流焊接时，较大的脉冲电流峰值电流增强了电弧挺度，消除了电弧漂移现象。

1.3.8 焊前准备和焊前清洗：

- 1、检查焊机的接线是否符合要求。
- 2、水、电、气是否接通，并按要求全部连接好，不能松动。
- 3、对母材进行焊前检查并清洗表面。
- 4、用工具清洗，即用刷子或砂纸彻底清除母材表面水、油、氧化物等。
- 5、重要结构用化学清洗法，清洗表面的水、油、高熔点氧化膜、氧化物污染。简单用丙酮清洗。
- 6、工作场所的清理，不能有易燃、易爆物，采取避风措施等。

1.3.9 焊接规范参数

钨极氩弧焊参数主要是电流、氩气流量、钨极直径、板的厚度、接头型式等。

表 1.8 不锈钢氩弧规范列表如下：

板材厚度	钨极直径	焊丝直径	接头型式	焊接电流	气体流量 (L/min)
0.5	1.0	1.0	平对接	35 ~ 40A	4 ~ 6
0.8	1.0	1.0	添加丝	35 ~ 45A	4 ~ 6
1.0	1.6	1.6		40 ~ 70A	5 ~ 8
1.5	1.6	1.6		50 ~ 85A	6 ~ 8
2.0	2 ~ 2.5	2.0		80 ~ 130A	8 ~ 10
3.0	2.5 ~ 3	2.25		120 ~ 150A	10 ~ 12

表 1.9 交流铝合金规范参数如下：

板材厚度	钨极直径	焊丝直径	接头型式	焊接电流	气体流量 (L/min)
<1.0	1.0 ~ 1.5	1.0 ~ 2.0	平对接	60 ~ 90A	4 ~ 6
1.5	2.0 ~ 2.5	2.0	添加丝	70 ~ 100A	6 ~ 8
2.0	2.0 ~ 3.0	2.0 ~ 2.5		90 ~ 120A	8 ~ 10
3.0	3.0 ~ 4.0	2.5 ~ 3.0		120 ~ 180A	10 ~ 12
4.0	3.0 ~ 4.0	2.5 ~ 3.0		140 ~ 200A	12 ~ 14
6.0	4.0 ~ 5.0	3.0 ~ 4.0		160 ~ 220A	14 ~ 16

1.3.10 焊接操作

1、焊前

检查设备、水、气、电路是否正常，焊件和焊枪接法是否符合要求，规范参数是否调试妥当，全部正常后，接通电源、水源、气源。

2、焊接

把焊枪的钨极端部对准焊缝起焊点，钨极与工件之间距离为 1.3mm，按下焊枪开关，提前送气，高频放电引弧，焊枪保持 70° ~ 80° 倾角，焊丝倾角为 11° ~ 20° 焊枪作直线匀速移动，并在移动过程中观察熔池，焊丝的送进速度与焊接速度要匹配，焊丝不能与钨极接触，以免烧坏钨极，同时根据焊缝金属颜色，来判定氩气保护效果的好坏。

3、收弧的方法：

- 1) 焊接结束时，焊缝终端要多添加些焊丝金属来填满弧坑。熄灭电弧后，在熄弧处多停留一段时间，使焊缝终端得到充分氩气保护，防止氧化。
- 2) 利用焊机的电流衰减装置，在焊缝终端结束前关闭控制按钮，此时电弧继续燃烧，焊接继续，直至电弧熄灭，保证了焊缝端部不至于烧穿，保证了焊缝质量。
- 3) 重要结构的焊接件，焊缝的两端要加装引弧板和熄弧板。焊接引弧在引弧板上进行，熄弧在熄弧板上进行，保证了焊缝前点和终端的质量。

1.4 CO₂ 气体保护焊

1.4.1 CO₂ 电弧焊的特点和应用

CO₂ 电弧焊是一种高效率的焊接方法，以 CO₂ 气体作保护气体，依靠焊丝与焊件之间的电弧来熔化金属的气体保护焊的方法称 CO₂ 焊。这种焊接法都采用焊丝自动送丝，敷化金属量大，生产效率高，质量稳定。因此，在国内外获得广泛应用，与其它电弧焊相比有以下特点：

生产效率高 CO₂ 电弧焊穿透力强，熔深大、而且焊丝熔化率高，所以熔敷速度快、生产效率可比手工电弧焊高 3 倍。

焊接成本低 CO₂ 焊的成本只有埋弧焊与手工电弧焊成本的 40%~50%。

消耗能量低 CO₂ 电弧焊和药皮焊条相比 3mm 厚钢板对接焊缝，每米焊缝的用电降低 30%，25mm 钢板对接焊缝时用电降低 60%。

适用范围宽 不论何种位置都可以进行焊接，薄板可焊到 1mm，最厚几乎不受限制（采用多层焊）。而且焊接速度快、变形小。

抗锈能力强 焊缝含氢量低、抗裂性能强。

焊后不需清渣，引弧操作便于监视和控制，有利于实现焊接过程机械化和自动化。

我国在 CO₂ 焊接设备、焊接材料、焊接工艺方面已取得了很大的成就。CO₂ 电弧焊接在我国的造船、机车、汽车制造、石油化工、工程机械、农业机械中获得广泛应用。

1.4.2 焊机的型号和连接方法

- 1、 我公司 CO₂ 焊机型号（见文字说明表）
- 2、 面板上的旋钮作用与调节方法，（见说明书）
- 3、 连接方法、水、电、气、焊枪（见说明书）
- 4、 焊枪的构造及软管、导电嘴、喷嘴。（见右图 1.3）
- 5、 焊机可能发生的故障及排除方法（见说明书）

1.4.3 焊接材料

1、 CO₂ 保护气体

CO₂ 有固态、液态、气态三种状态。瓶装液态 CO₂，是 CO₂ 焊接的主要保护气源。液态 CO₂ 是无色液体，其密度随温度变化而变化。当温度低于 -11℃ 时密度比水大，当温度高于 -11℃ 时则密度比水小。由于 CO₂ 由液态变为气态的沸点很低为 -78℃，所以工业焊接用 CO₂ 都是液态。在常温下能自己气化。CO₂ 气瓶漆成黑色标有“CO₂”字样。

2、 焊丝

CO₂ 气体保护焊对焊丝化学成分的要求：

焊丝必须含有足够数量的脱氧元素，以减少焊缝金属中的含氧量和防止产生气体。

焊丝的含碳量要低，通常要求 < 0.11%，这样可减少气孔和飞溅。

保证焊缝金属具有满意的机械性能和抗裂性能。

目前生产中应用最广的焊丝为 H08Mn2SiA 焊丝，该焊丝有较好的工艺性能、机械性能及抗热裂纹能力，适用于焊接低碳钢、屈服极限 < 500Mpa 的低合金钢，和经焊后热处理抗拉强度 < 1200Mpa 的低合金高强度钢。

焊丝表面的清洁程度影响到焊缝金属中含氢量。焊接重要结构应采用机械、化学或加热办法清除焊丝表面的水分和污染物。

3、 药芯焊丝

1) 由于药芯成分改变了纯 CO₂ 电弧的物理化学性质，因而飞溅小，飞溅颗粒容易清除，又因熔池表面盖有熔渣，焊缝成形类似手工弧焊。焊缝较实芯焊丝电弧焊美观。

2) 与手工焊相比，由于 CO₂ 电弧耐热效率高，加上电流密度比手工弧焊大，生产效率可为手工弧焊的 3~5 倍。

3) 调整药芯成分就可焊不同的钢种，而不象冶炼实芯丝那样复杂。

4) 由于熔池受到 CO₂ 气体和熔渣二方面的保护，所以抗气孔能力比实芯焊丝能力强。

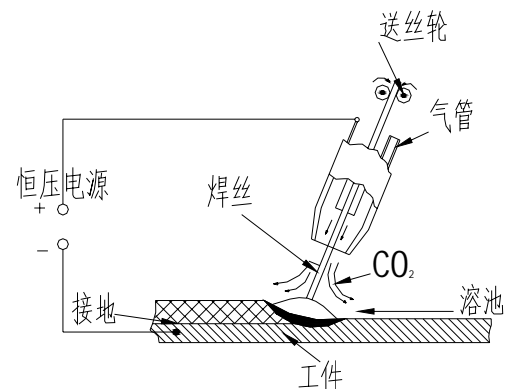


图 1.3 气保焊原理示意图

1.4.1 焊接规范选择

1、短路过渡焊接

CO₂电弧焊中短路过渡应用最广泛，主要用于薄板及全位置焊接，规范参数为电弧电压、焊接电流、焊接速度、焊接回路电感、气体流量及焊丝伸出长度等。

1) 电弧电压和焊接电流，对于一定的焊丝直径及焊接电流（即送丝速度），必须匹配合适的电弧电压，才能获得稳定的短路过渡过程，此时的飞溅最少。

不同直径焊丝的短路过渡时参数如表：

表 1.10 短路过渡参数表

焊丝直径 (mm)	0.8	1.2	1.6
电弧电压 (V)	18	19	20
焊接电流 (A)	100 ~ 110	120 ~ 135	140 ~ 180

2) 焊接回路电感，电感主要作用：

调节短路电流增长速度 di/dt ， di/dt 过小发生大颗粒飞溅至焊丝大段爆断而使电弧熄灭， di/dt 过大则产生大量小颗粒金属飞溅。

调节电弧燃烧时间控制母材熔深。

3) 焊接速度。焊接速度过快会引起焊缝两侧咬边，焊接速度过慢容易发生烧穿和焊缝组织粗大等缺陷。

4) 气体流量大小取决于接头型式板厚、焊接规范及作业条件等因素。通常细丝焊接时气流量为 5 ~ 15 L/min，粗丝焊接时为 20 ~ 25 L/min。

5) 焊丝干伸长度。合适的焊丝伸出长度应为焊丝直径的 10 ~ 20 倍。焊接过程中，尽量保持在 10-20 mm 范围内，伸出长度增加则焊接电流下降，母材熔深减小，反之则电流增大熔深增加。电阻率越大的焊丝这种影响越明显。

电源极性。CO₂ 电弧焊一般采用直流反极性时飞溅小，电弧稳定、母材熔深大、成型好，而且焊缝金属含氢量低。

2、细颗粒过渡。

1) 在 CO₂ 气体中，对于一定的直径焊丝，当电流增大到一定数值后同时配以较高的电弧电压，焊丝的熔化金属即以小颗粒自由飞落进入熔池，这种过渡形式为细颗粒过渡。

细颗粒过渡时电弧穿透力强，母材熔深大，适用于中厚板焊接结构。细颗粒过渡焊接时也采用直流反接法。

2) 达到细颗粒过渡的电流和电压范围：

表 1.11 颗粒过渡参数表

焊丝直径 (mm)	电流下限值 (A)	电弧电压 (V)
1.2	300	32
1.6	400	36
2.0	500	39

随着电流增大电弧电压必须提高，否则电弧对熔池金属有冲刷作用，焊缝成形恶化，适当提高电弧电压能避免这种现象。然而电弧电压太高飞溅会显著增大，在同样电流下，随焊丝直径增大电弧电压降低。CO₂ 细颗粒过渡与在氩弧焊中的喷射过渡有着实质性差别。氩弧焊中的喷射过渡是轴向的，而 CO₂ 中的细颗粒过渡是非轴向的，仍有一定金属飞溅。另外氩弧焊中的喷射过渡电流有明显较变特征，尤其是焊接不锈钢及黑色金属，而细颗粒过渡则没有。

3、减少金属飞溅措施：

1) 正确选择工艺参数，焊接电弧电压：在电弧中对于每种直径焊丝其飞溅率和焊接电流之间都存在着一定规律。在小电流区，短路过渡飞溅较小，进入大电流区（细颗粒过渡区）飞溅率也较小。

- 2) 焊枪角度：焊枪垂直时飞溅量最少，倾向角度越大飞溅越大。焊枪前倾或后倾最好不超过 20 度角。
- 3) 焊丝伸出长度：焊丝伸出长对飞溅影响也很大，焊丝伸出长度从 20 mm 增至 30 mm，飞溅量增加约 5%，因而伸出长度应尽可能缩短。
- 4、保护气体种类不同其焊接方法有区别。
 - 1) 利用 CO₂ 气体作为保护气的焊接方法，称为 CO₂ 电弧焊。在供气中要加装预热器。因为液态 CO₂ 在不断气化时吸收大量热能，经减压器减压后，气体体积膨胀也会使气体温度下降，为了防止 CO₂ 气体中水分在钢瓶出口及减压阀中结冰而堵塞气路，所以在钢瓶出口及减压之间将 CO₂ 气体经预热器进行加热。
 - 2) 利用 CO₂ + Ar 气作为保护气的焊接方法，称为 MAG 焊接法，或称为惰性气体保护。此种焊接方法适用于不锈钢焊接。
 - 3) Ar 作为气体保护焊的 MIG 焊接方法，此种焊接方法适用于铝及铝合金焊接。

1.4.5 基本操作技术

1、注意事项

- 1) 电源、气瓶、送丝机、焊枪等连接方式参阅说明书。
- 2) 选择正确的持枪姿势：

身体与焊枪处于自然状态，手腕能灵活带动焊枪平移或转动。

在焊接过程中，软管电缆最小曲率半径应大于 300mm 焊接时可任意拖动焊枪。

在焊接过程中，能维持焊枪倾角不变还能清楚方便观察熔池。

保持焊枪匀速向前移动，可根据电流大小、熔池的形状、工件熔合情况调整焊枪前移速度，力争匀速前进。

2、基本操作

- 1) 检查全部连接是否正确，水、电、气连接完毕合上电源，调整焊接规范参数。
- 2) 引弧：CO₂ 气体保护焊采用碰撞引弧，引弧时不必抬起焊枪，只要保证焊枪与工作距离。

引弧前先按遥控盒上的点动开关或焊枪上的控制开关将焊丝送出枪嘴，保持伸出长度 10 ~ 15 mm。

将焊枪按要求放在引弧处，此时焊丝端部与工件未接触，枪嘴高度由焊接电流决定。

按下焊枪上控制开关，焊机自动提前送气，延时接通电源，保持高电压、慢送丝，当焊丝碰撞工件短路后自然引燃电弧。短路时，焊枪有自动顶起的倾向，故引弧时要稍用力下压焊枪，防止因焊枪抬起太高，电弧太长而熄灭。

3、焊接

引燃电弧后，通常采用左焊法，焊接过程中要保持焊枪适当的倾斜和枪嘴高度，使焊接尽可能地匀速移动。当坡口较宽时为保证二侧熔合好，焊枪作横向摆动。焊接时，必须根据焊接实际效果判断焊接工艺参数是否合适。看清熔池情况、电弧稳定性、飞溅大小及焊缝成形的好坏来修正焊接工艺参数，直至满意为止。

4、收弧

焊接结束前必须收弧。若收弧不当容易产生弧坑并出现裂纹、气孔等缺陷。焊接结束前必须采取措施。

- 1) 焊机有收弧坑控制电路。焊枪在收弧处停止前进，同时接通此电路，焊接电流电弧电压自动减小，待熔池填满。

- 2) 若焊机没有弧坑控制电路或因电流小没有使用弧坑控制电路。在收弧处焊枪停止前进，并在熔池未凝固时反复断弧、引弧几次，直至填满弧坑为止。操作要快，若熔池已凝固才引弧，则可能产生未熔合和气孔等缺陷。

1.5 等离子切割机

1.5.1 等离子弧切割方法：

利用等离子弧高速、高温和高能的等离子气流加热并熔化金属，再借助某种气体介质排除熔化了了的金属而形成割口。由于等离子弧能量集中，所以割件的热影响区小，热变形小，切割速度随割件厚度增加而减慢。等离子弧可切割所有金属材料，特别适用于火焰切割无法切割的高合金钢和有色金属。

1.5.2 割枪的组成：

等离子枪体、导电咀、电极、气体分配器、陶瓷、喷咀。

1.5.3 本公司切割机型号、连接方法、面板调节旋钮的作用和调节方法（详见说明书）。

1.5.4 切割工艺

1、切割气体 空气等离子弧切割采用压缩空气作为切割气体。

2、切割规范 包括切割电流、切割速度、气体流量等参数。

切割电流：电流大小与割件材质和厚度有关，切割电流随割件厚度增加而增大电流。

切割速度：切割速度取决于割件材质厚度、切割电流。切割速度快慢严重影响切口质量，速度过快，等离子弧来不及熔化金属。

喷嘴高度：喷嘴离割件的高度与割炬结构有关，一般金属表面 2.4mm。

气体流量：影响着电弧压缩程度和吹除熔化金属的效果，流量过大，电弧趋于不稳定，气流过小无法吹掉熔化金属，甚至烧坏导电嘴。

表 1.12 等离子弧切割规范表：

低碳钢空气等离子切割规范				
板材厚度 (mm)	导电嘴孔径 (mm)	切割电流 (A)	气体流量 (L/min)	切割速度 (m/min)
6	1	30	8	0.24
10	1.2	40	70	0.30
20	2	100	70	0.35
30	2.5	125	70	0.30

不锈钢空气等离子切割规范				
板材厚度 (mm)	导电嘴孔径 (mm)	切割电流 (A)	气体流量 (L/min)	切割速度 (m/min)
6	1	30	8	0.25
10	1.2	40	70	0.25
20	2.5	100	70	0.20
30	3	125	70	0.20

铝及铝合金空气等离子切割规范				
板材厚度 (mm)	导电嘴孔径 (mm)	切割电流 (A)	气体流量 (L/min)	切割速度 (m/min)
6	1.2	40	10	0.30
10	1.5	100	70	0.30
20	2.5	125	70	0.25
30	3.5	125	70	0.25

等离子割炬（详见说明书）



提示：焊接工艺的知识，在以上的章节介绍完了。学习下一章节的逆变弧焊电源知识，建议先复习电子技术、功率电子学的基本理论。

第 2 章 逆变弧焊电源介绍

2.1 弧焊逆变器

弧焊逆变器即逆变式整流器，它是采用电子高频技术，使变压器的工作频率提高(目前生产的产品大多工作频率在 15~100KHz 范围内)，从而使变压器重量、体积大大缩小(相同容量可减到三分之一左右)，有效的节约了原材料，所以随着当代逆变技术的发展，弧焊逆变器也应运而生，逐渐发展起来。

2.1.1 逆变式整流器原理

1、逆变器和整流器的区别：普通整流器是将交流电变为直流电而使用，而逆变器则是将交流电变为直流电，直流再变成中频交流，最后再把中频交流整流成直流而输出。

2、逆变弧焊整流器的类别

晶闸管式逆变弧焊整流器：采用快速关断的晶闸管作为变频开关元件。由于受到晶闸管关断的限制，变频范围只能在 2.5KHz 左右，工作时产生刺耳变频声。这类产品属于初期发展的产品，现已被淘汰。

大功率晶体管式逆变弧焊机，其工作频率在 15~25KHz 左右，工作时无刺耳变频声，但大功率晶体制造技术复杂。故此类产品发展受到元件的限制。

场效应管逆变弧焊机，采用大功率场效应晶体管作变频开关元件，其工作频率可达 50~100KHz 左右，此类产品是当代国内外大量发展的产品。低频变压器与高频变压器的比较表 2.1。

表 2.1

项目 \ 名称	低频变压器	高频变压器
工作频率	工频(50Hz)	高频(10K 以上)
铜材	多	少
磁芯材料	硅钢片	铁氧体
转换效率	低(约 70%)	高(90%以上)
体积	大	小
重量	大	小

3、逆变的目的

改变工作频率：由于低频变压器体积庞大，工作效率低下，为了减小整机的体积与重量，提高转换效率，需要把工频交变电转变为高频交流电。从而可利用高频变压器对电压、电流进行变换。

在变换频率的同时，通过控制开关器件导通、关闭时间比，达到控制输出电流大小的目的。

2.1.2 电路结构

逆变弧焊整流器由电源整流模块、变频开关元件、中频变压器、中频整流模块和控制电路等组成。其原理图如下：

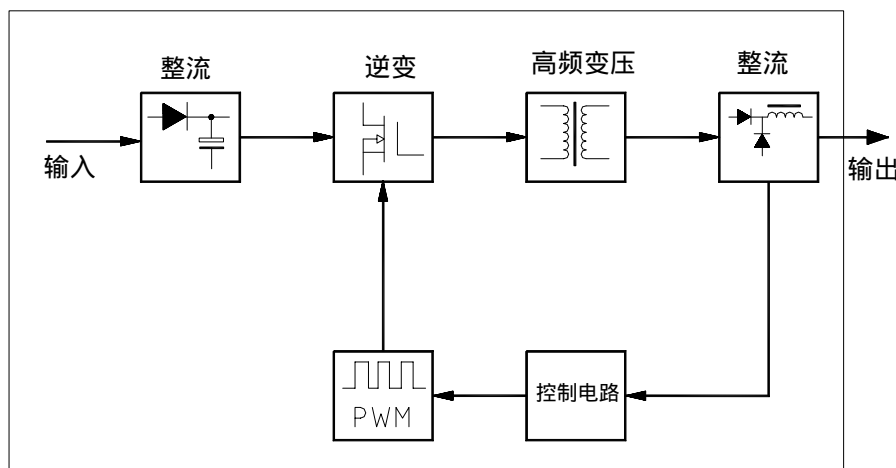


图 2.1 逆变焊机原理框图

2.2 逆变器几种主电路的基本模型

目前逆变焊接电源常用的逆变电路有以下几种型式。

2.2.1 单端式逆变电路

这种电路的一个显著点是中频变压器磁心仅工作在磁滞的一侧(第一象限)。按中频变压器二次侧整流二极管连接方式不同,单端逆变电路又分为单端反激电路和单端正激逆变电路两种型式。

1) 单端反激逆变电路。该电路图如右图 2-2 所示。

当功率开关管 Q1 基极有脉冲信号输入而导通时,输入电压 V_{cc} 便施加到中频变压器 T1 的一次绕组 N1 上, T1 的一、二次绕组同名端为反向接法。此时,二次侧整流二极管 D1 被反向关断。二次绕组 N2 没有电流流过;当 Q1 关断时,绕组 N2 上电压极性颠倒, D1 正向导通, Q1 导通期间储存在 T1 中的能量便通过 D1 向负载释放。

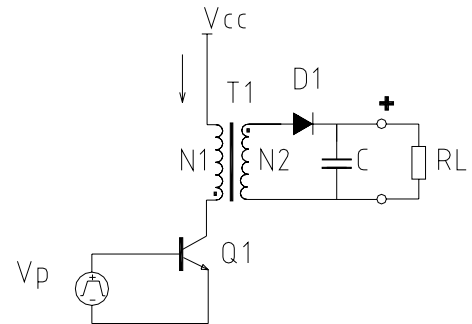


图 2.2 单端反激逆变电路

由于这种变换器在功率开关管导通期间只存储能量。在截止期间才向负载传递电能,中频变压器在工作过程中,既是变压器又相当于一个储能电感。因此,人们也称它为“电感储能式变换器”。

2) 单端正激逆变电路

带有去磁绕组和二极钳位电路的单端正激逆变电路。

与单端反激逆变电路正好相反,中频变压器二次侧整流二极管 D1 的连接使功率开关管导通时,电网向负载传递能量,输出电感 L 储能; Q1 截止时,电感 L 的储能通过续流二极管向负载释放。这种在晶体管导通的同时向负载传递能量的方式称为“单端正激变换电路”。

跟单端反激逆变电路一样,中频变压器 T1 的磁通仅工作在磁滞回线的一侧(变压器只是单方向通过电流)。因而,必须遵循磁通“复位”原则,当电路没有去磁绕组 N3 时, Q1 截止期间犹如一个二次负载十分大的反激逆变器, T1 中储存的能量将导致 Q1 集射极之间存在很高的电压幅值。而且,暂态过程中 T1 漏感储能引起的电压尖峰,亦叠加在稳态集射电压波形上。为将它们限制在允许的范围内,方法之一是采用带去磁绕组二极管钳位电路,如图 2.3 所示。

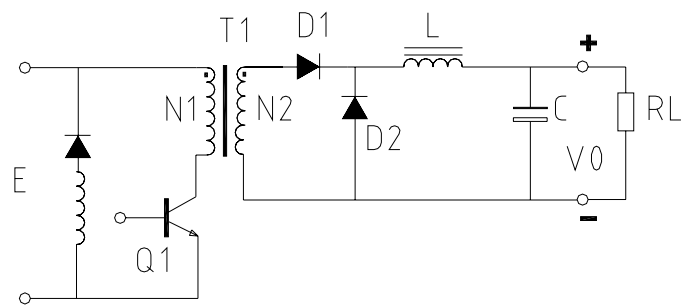


图 2.3 单端正激逆变电路

通常去磁绕组 N3 的匝数和 N1 相等,且保持紧密耦合。 Q1 导通时,输入电压 E 施加到 N1 上,二次绕组 N2 上感应电动势幅值为 $E N_2 / N_1$,电感电流按 $(E N_2 / N_1 - V_0) t / L + I_0$ 的规律增长。若绕组 N1 的电感量为 L_1 ,则励磁电流 I_u 将按 $E t / L_1$ 的规律增长。在 $t = t_{on}$ 时,达到幅值 $E t_{on} / L_1$, Q1 集电极电流 I_{C1} 应是 I_u 、折算负载电流以及折算二次电感电流增量之和。

Q1 关断后,绕组 N1 上极性颠倒,其幅值被二极管 D3 钳位于 E,励磁电流 I_u 通过绕组 N3 和二极管 D3 继续流动,其衰减规律为:

$$I_{d3} = E t_{on} / L_1 - E t / L_1 \quad (2.1)$$

显然,当截止时间 t_{off} 和导通时间 t_{on} 相等时,即 $t_{off} = t_{on}$

励磁电流 I_u 便下降到零,此时 N1 上感应电势消失, Q1 的集电极电压 V_{CE1} 施加输入电源 E。

由此可见,采用上述钳位电路,将 V_{CE1} 限制在 $2E$ 时,为满足复位条件,导通脉宽将如式 2.1 所示,不得超过周期的一半。

2.2.2 半桥式逆变电路

半桥式逆变电路如图 2.4 所示，它是由两只功率开关管和两只电容组成一个桥式电路，其工作原理如下：当一对功率开关管均截止时，若电容器 C01 和 C02 的容量相等且电路对称，则电容中点 A 的电压为输入电压的一半，即 $V_{C01}=V_{C02}=E/2$ 。当 V_1 被基极驱动导通时，电容 C01 将通过 Q1 和中频变压器的一次绕组 N1 放电，同时电容 C02 将通过输入电源、Q1 和一次绕组 N1 充电，中点 A 的电位在充放电过程中将按指数规律下降，在 Q1 导通终了时， V_A 将下降至 $E/2-\Delta E$ ，接着是一对晶体管都截止的时期，此时， $V_{ce1}=V_{C01}$ ， $V_{ce2}=V_{C02}$ ，

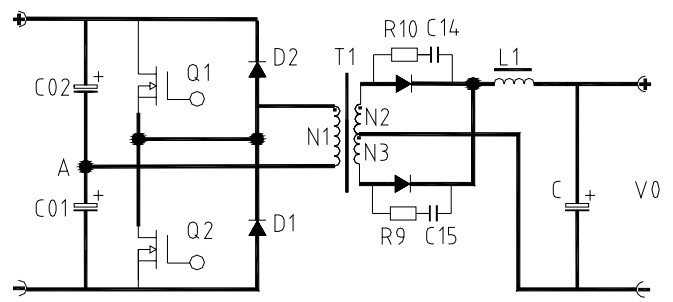


图 2.4 半桥式逆变电路

它们都接近输入的电源电压一半，当 Q2 被驱动导通时，电容 C01 将被充电，电容 C02 将放电，中点 A 的电位在 Q2 导通终了时将增至 $E/2+\Delta E$ ，亦即中点 A 的电位在电路开关过程中将在 $E/2$ 的电位上以 $\pm \Delta E$ 的幅度作指数变化。

一个晶体管导通时，截止晶体管上承受的电压大致和输入电源电压相等，晶体管由导通转换到截止过程中，漏感引起的尖峰电压亦将被二极管钳位，因此，功率开关管上承受的最高电压亦不超过电源电压。而且晶体管的数量只有两个，驱动功率也小，这是它的优点。

但是中频变压器上施加的电压只有输入电源电压的一半，欲得到和全桥式相同的输出功率，功率开关管必须流过 2 倍的电流；此外，它必须有 2 个输入电源，而且流过跟跟电路工作频率相同的充电电流，电压脉冲顶部倾斜等等是其不足。一般，半桥式只宜获得中等容量输出。

然而，半桥式逆变电路有一个极其重要的特点是具有抗不平衡能力，这是它得到广泛应用的一个重要原因。

2.2.3 全桥式逆变电路

全桥逆变因其简单的电路、较高的转换效率、完整的输出波形而得到广泛的应用。图 2.5 是其工作模型：

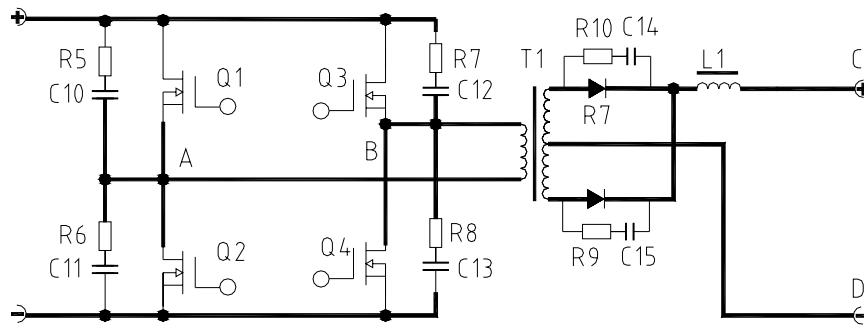


图 2.5 全桥式逆变电路

工作原理：t1 时间，使开关 Q1、Q4 合上，电流方向如图中；t2 时间，开关全都断开，电路无电流通过；t3 时间，Q2、Q3 合上，电流方向如图；t4 时间，开关全部断开，电路中无电流，完成一个周期动作循环，则可得到完成的逆变波形，如图 2.6a。

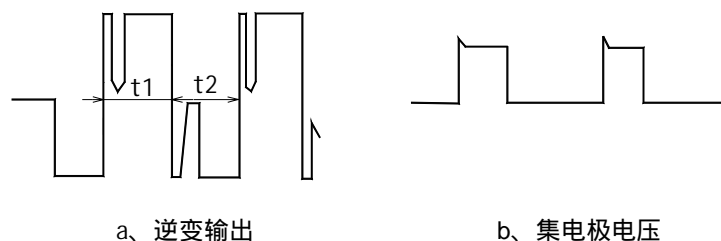


图 2.6 逆变输出波形

显然,当一组功率开关管(例如 Q1、Q4)导通时,截止晶体管(Q2、Q3),上承受的电压即为输入电压 E ,当所有晶体管均截止时,一组两个功率开关管将共同承受输入电压即 $E/2$.由中频变压器漏感引起的电压尖峰,当其超过输入电压时,反向并接在功率开关管两端之间的高速钳位二极管便导通,集电极电压被钳位在输入电压上。集电极电流同样也有尖峰,它们都示于图 2.6b。

由此可见,全桥式电路功率开关管稳态时其上最高施加电压即为输入电压,暂态过程中的尖峰电压亦被钳位于 E ,而且,钳位二极管将漏感储能归还给输入电源,也有益于提高效率。由于输入电压直接施加在中频变压器上,功率开关管的耐压要求低,宜于获得大功率输出。因此大功率电源宜采用这种电路。

2.3 功率开关器件

功率开关器件是弧焊逆变器的核心器件,对逆变电源的电路设计、性能有很大的影响。功率开关器件的不断发展和完善,为弧焊逆变器的更新换代提供了保证。功率器件的多样化发展为一切各种容量及特性的逆变焊机提供丰富的选择。从器件的发展趋势来看,晶闸管与晶体管式逆变器将退出市场,并完全被 IGBT 式和 MOSFET 式逆变器代替。IGBT 式逆变器是发展的主流器件并朝着高压、大容量化、集成化、高频化、多功能的方向发展。

2.3.1 功率场效应管(MOSFET)

这是一种单极型的电压控制器件,有驱动功率小、工作速度高、无二次击穿问题,安全工作区域宽等特点。MOSFET 可分 N 型沟道和 P 型沟道两种。它的符号如图所示。图中箭头表示载流子移动方向。图 2.7(a)表示 N 沟道,电子流出源极;图 2.7(b)表示 P 沟道,空穴流出源极。图中 D 为管子漏极,G 为栅极,S 为源极。

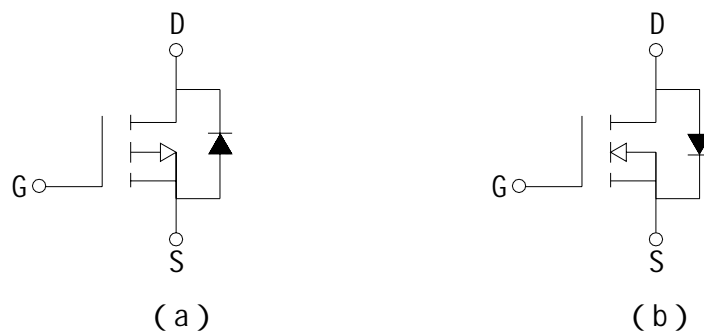


图 2-7 功率场效应管等效电路

2.3.2 绝缘门栅极晶体管(IGBT)

绝缘门栅极晶体管是把 MOSFET(场效应管)与 GTR(大功率晶体管)集成在一个芯片上的复合器件,它综合了这两类器件的优点,具有工作速度快,输入阻抗高、驱动电路简单、阻断电压高、电流容量大、安全工作区宽等特点,因而目前广泛地应用于逆变焊接电源上,它的图形符号及简化等效电路如图 2.8 所示。

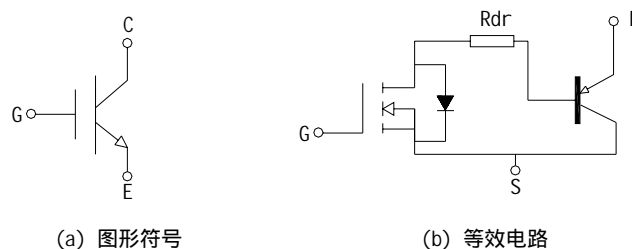


图 2.8 IGBT 等效电路

2.3.3 驱动电路

MOSFET 与 IGBT 栅极驱动电路分为直接驱动和间接驱动两种,直接驱动方式是指驱动电路与主电路之间直接连接,而间接驱动是指驱动电路与主电路隔离,隔离元件可采用脉冲变压器和光耦合器两种形式。

1、直接驱动

直接驱动电路如图 2.9 所示。

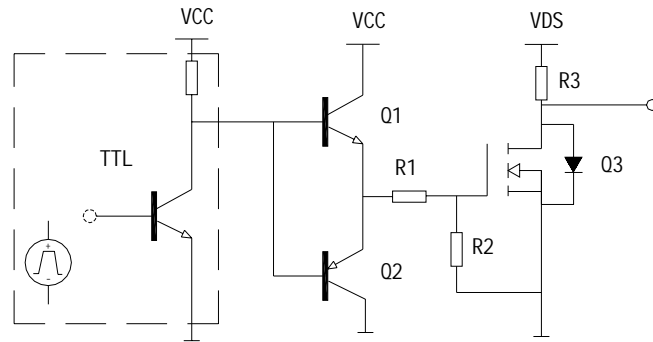


图 2.9 直接驱动电路

由于 MOSFET 的输入阻抗高，所以可用 TTL 器件和 CMOS 器件直接驱动。为了提高 TTL 输出控制电平，在 TTL 电路与 MOSFET 之间增加一级互补射极跟随电路 Q1、Q2 这样可提高驱动电压和减小信号源内阻。

CMOS 电路可直接驱动 MOSFET，但 CMOS 电路输出电流较小，如要加快开通过度，也可增加一级互补射极跟随器或采用多个 CMOS 并联输出的方法。

2、间接驱动

间接驱动由脉冲变压器作为隔离元件驱动电路如图 2.10 所示。

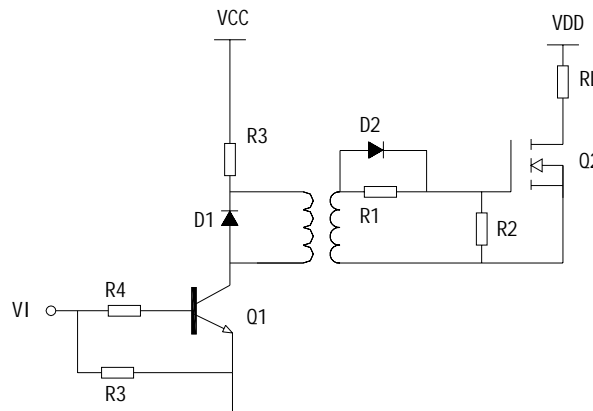


图 2.10 脉冲变压器驱动电路

本电路特点是在脉冲变压器两端并联了续流二极管 D1，用于限制驱动晶体管 Q1 中可能出现的过电压，电阻 R1 限制充电电流的数值，电阻 R2 防止栅极开路，R1 电阻两端并联了加速二极管 D2 使得充电电流增加，并提高开通速度。

间接驱动另一型式采用光电耦合器，隔离栅极驱动电路，其电路如图 2.11 所示。

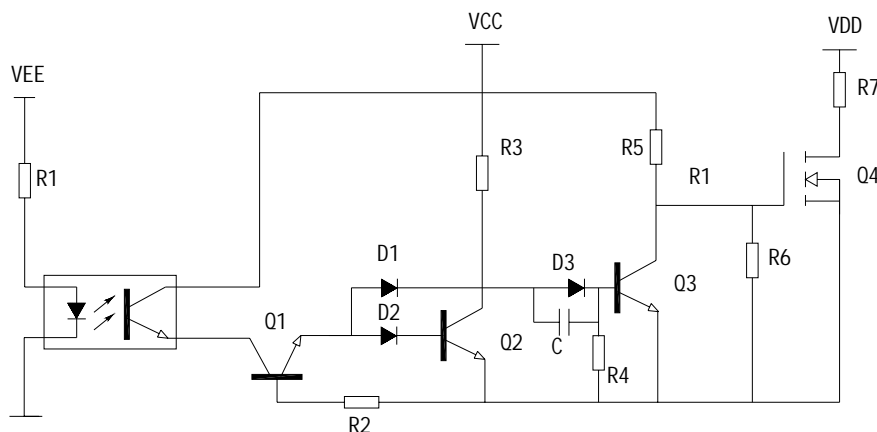


图 2.11 光耦驱动电路

这是一种基本的光电耦合电路，通过光电耦合器件将逻辑控制信号与驱动电路隔离。该电路关断时间短，光电耦合器件输出接成射板跟随器的型式。当光电耦合器件导通时，晶体管 Q1 随之而导通并向晶体管 Q2 提供基极电流，于是 Q2 导通而晶体管 Q3 截止 MOSFET-Q4 的栅极经电阻 R5 充电而开通。当光电耦合器件截止时，Q1 随之截止并使 Q2 经电阻 R3 切断，于是 Q2 截止，电源 Vcc 经电阻 R3 二极管 D3 电容 C 加速网络向 Q3 提供基极电流，使 Q3 导通将 Q4 的栅极接地，MOSFET-Q4 关断。由于该电路采取了光电耦器件的射极输出，Q2 具有钳位和 Q3 加速网络三项措施，因而大大提高了开关速度。

由于 IGBT 的输入特性几乎与 MOSFET 相同，所以用于 MOSFET 的驱动电路同样可以用于 IGBT 的驱动控制。

2.3.4 逆变器的磁性材料

弧焊逆变器中使用的磁性器件有许多新的特点，激磁电流可能是非正弦的，磁化不一定对称，因此磁性材料的选择要考虑逆变电源的工作频率、结构设计和成本。必须根据具体的情况作出合理选择。铁氧体的价格相对较低，制造工艺也较为成熟，是目前弧焊逆变器中应用最广泛的一种磁性材料，但其饱和磁通密度低、温度特性不好，居里温度低且易碎，制造大规格的磁心有一定困难，不适于超高频、超大功率的逆变器。在大功率逆变电源的饱和电感和电流互感器等体积要求小、要求高的场合，磁性材料采用非晶或微晶纳米软磁材料。非晶材料和微晶纳米材料，其电阻率高，温度系数小，矫顽力小，损耗小，是高频变压器的理想材料。但其价格较高，未能广泛应用。随着非晶和微晶合金性能的提高，成本的下降，它们将会在弧焊逆变器中得到广泛的应用。

2.3.5 功率器件的控制方式

弧焊逆变器的开关器件控制的主要方式有：脉宽调制硬开关控制、频率调制谐振电路控制、软开关脉宽调制变换控制。

脉宽调制硬开关控制采用固定逆变频率、调节占空比的方式，强迫开关器件在高电压下开通，大电流下关断，脉宽调制(PWM)控制逆变电源，控制电路简单可靠，易于设计不同的电源外特性，容易实现电压和电流的大范围无级平滑调节，具有良好的电气性能和动态特性，因此是目前应用较为成熟的一种控制方式。其缺点是在开关器件开通和关断期间，具有较大的电流冲击和电压应力，开关损耗大，因而硬开关电路的工作频率一般不会很高。

频率调制谐振电路控制是采用固定脉冲宽度，调节逆变频率的方式，通过谐振换流，控制弧焊逆变器的输出特性，通常晶闸管式弧焊逆变器采用这种控制。频率调制谐振技术可用来克服脉宽调制硬开关电路的缺点。在采用全控型开关器件的弧焊逆变器中，应用电感电容网络的谐振原理，迫使开关器件的电流或电压按正弦规律变化，实现器件的零电压或零电流开关，器件的开关损耗、电流应力和电压应力小，但由于对负载变化适应性差、开关频率的大范围变化并致滤波器、变压器难以优化，难以获得大功率输出。

软开关脉宽调制变换控制，脉宽调制软开关仅在功率器件的换流期间应用谐振原理，实现功率器件的零电压或零电流开关，其它大部分时间采用恒频脉宽调制方式完成对电源输出电压或电流的控制。该电路综合了脉宽调制硬开关电路和频率调制谐振电路的优点，同时又克服了两者的缺点，应用前景非常广阔，是目前研究的热点和主流。

脉宽调制(简称 PWM)控制方式的逆变焊接电源基本工作原理，就是 PWM 采用恒定的开关频率，在输入电压变化，内部参数变化，电弧负载变化的情况下，通过对被控制信号的闭环反馈控制，调节电路开关器件的导通脉冲宽度，使得逆变焊接电源的输出电流被控制信号稳定。控制取样信号有：输出电流、输出电压、输出电感电压、开关器件峰值等。由这些信号可以构成单环反馈系统，实现稳流、稳压及恒定功率的目的，同时可以实现一些附带的过流保护、抗偏磁等功能。

2.4 脉冲弧焊电源

2.4.1 脉冲弧焊电源的特点及应用范围

在生产实践中，对薄板和输入敏感大的金属材料的焊接以及全位置施焊等工艺，若采用一般电流进行焊接，则在熔滴过渡、焊缝成型、接头质量以及工件变形方面往往是不够理想的。然而，采用脉冲电流进

行焊接，由于可以用低于喷射过度临界电流的平均电流来达到喷射过渡，因此不仅缩小了熔池体积，易于实现全位置焊接、改善焊缝成型，同时缩小了热影响区，有利于改善接头组织、减小形成裂纹和出现变形的倾向。

脉冲弧焊电源与一般弧焊电源的主要区别就在于所提供的焊接电流是周期性脉冲式的，它包括基本电流（维弧电流）和脉冲电流，其电流基本原理是一台下降特性的直流弧焊整流器，通过其应发电路的控制来达到输出脉冲电流的各参数的调节，如维弧电流值、脉冲频率、幅值、宽度、电流上升速度和下降速度等，还可以变换脉冲电流波形，以便最佳的适应焊接工艺的要求。脉冲弧焊电源的应用范围十分广泛，大体可以归纳为以下几方面：

它适用于熔化极和不熔化极的气体保护焊接。其中包括熔化极，不熔化极电弧焊、混合型气体保护焊，等离子弧焊和微束等离子等主要的焊接方法，也可以用手弧焊。

它可通过窄间隙脉冲气体保护焊接方法，对厚度至 100mm 以上工件进行焊接，而且可以通过微束等离子弧焊工艺，实现对超薄金属（厚度仅为几十微米）的焊接。

它可以用于普通金属材料焊接，也可以用于普通电弧焊难以胜任的热输入敏感性大的高合金钢、铝合金或稀有金属的焊接。

对全位置的自动焊接，它具有独特优越性。正因为它的可调节的工艺参数很多，可以根据各个位置的成型要求，通过程控、数控和微型计算机的自适应控制，选择最佳的规范参数范围进行焊接，从而使各个位置的焊缝获得几乎均一无异的成型和接头质量。

在单面焊双面成型和封底焊等工艺上，也具有突出的优点，既能保证质量又可提高工作效率。

总之，脉冲弧焊电源由于它的优越性，在焊接工艺中得到越来越广泛的应用。用这种先进的弧焊电源焊接出来的接头质量高、成型美观、变形较小、合金元素烧损少和节约电能等优点。因而，脉冲弧焊电源是一种很有发展前途的新型弧焊电源。

目前，脉冲弧焊电源主要用于气体保护焊和等离子弧焊。它的控制线路一般比较复杂，维修比较麻烦，在工艺要求比较高的场合才适宜应用。结构简单、使用可靠的单相整流式脉冲弧焊电源，亦用在一般的场合。

2.5 弧焊电源的一般技术要求

2.5.1 焊接对电弧的要求

1、方便起弧

起弧是弧焊的先决条件。焊机的起弧难易度是焊机性能的主要参数之一，能否方便起弧决定了焊机性能的优劣；起弧的难易也直接影响焊接的效果。

2、电弧放电稳定

稳定燃烧的电弧是良好焊接的保障。电弧是一种气体放电形式，良好的气体氛围和稳定的输出电流是保持电弧稳定的重要条件。一般而言，手弧焊机焊接所需气体氛围由焊条上药皮受热产生，埋弧焊机则由颗粒状焊剂层受热产生；而氩弧焊、CO₂ 气体保护焊则由随机的气瓶提供。

3、弧长可在一定范围变化。

由于焊接是一个动态过程，由于人手的抖动、焊条的燃烧，焊条与工件间的距离不可避免地要发生改变，要持续焊接，达到良好的焊接效果，就不能让电弧熄灭，即要求电弧的长度在一定的距离范围内改变时电弧不熄灭。正常焊接要求电弧长度为：

$$H=(0.5 \sim 1) \quad (\text{为焊条直径}) \quad \text{拉弧时, } H \text{ 可达 } (2 \sim 3) \quad .$$

4、电流大小可选择

所需电流的大小，是根据工件的厚度及工艺要求等因素决定的，为了适应不同工件及不同工艺的焊接需求，要求电流的大小可以调节。

2.5.2 弧焊电源的一般要求

弧焊电源的负载是电弧，要形成符合焊接要求的电弧，弧焊电源要满足以下要求：

1、较大的短路电流和较高的空载电压：

起弧时电流越大，空载电压越高，越容易起弧。

2、输出电流稳定：

以保持电弧的稳定燃烧达到良好的焊接效果。

3、具有较宽的电压跟随能力：

以保证电弧长度改变时，电弧不熄灭。

4、输出电流可调节：

以满足不同要求下的焊接需求。

5、具备完善的自我保护系统：

焊机的工作环境恶劣，完善的自我保护系统是保证焊机安全、人身安全的重要保障。

2.5.3 国家标准对弧焊电源的要求

1、国标规定的常用焊机额定电流分档如下：(A)

125, 160, 250, 315, 400, 500, 630

2、额定工作电压规定：

手弧焊机： $V=20+0.04I$

氩弧焊机： $V=10+0.04I$

CO₂ 气体保护焊机： $V=14+0.05I$

切割机： $V=80+0.4I$

例如：ARC160 机型的最大输出电压 $V=20+0.04I \times 160=26.4V$

3、安全要求

任何弧焊电源应符合国家标准 GB15579-2004 之规定。出口机则应符合当地的安全标准，如：欧盟 CE60974、澳洲 AN/NES60974.1 标准。

GB15579—2004 规定，在一般情况下，对 220V 和 380 交流电源输入的焊机，输入端与输出端间的介电强度（即两端的击穿电压）需分别达到 3000V（AC）和 3875V（AC），输入端与机壳间的介电强度分别达到 2000V（AC）和 1875V（AC）。

这要求焊接电源输入端与输出端不能有任何直接的相联，即不共地。一般采用电容、光电耦合器、变压器、继电器等进行连接，以达到国家标准要求的介电强度，保障人身安全。

2.5.4 公司产品简介

表 2.2 佳士公司产品种类表

名 称	公司型号	国家标准	主要产品	特点/用途		
直流手工电 弧焊机系列	ARC	ZX7	ARC160/250	轻便，适用于民用、小手工业。		
			ARC315/400B/500/630	适用于工程建设。		
氩弧焊机 系列	TIG	WS	TIG160S/180S/200S	用于不锈钢焊接。		
			TIG180A/250/400	氩弧、手弧两用机，适用于工程建设、工业制造。		
			TIG180P/200P/315P	脉冲电源氩弧焊，可焊薄板，用于各类工程建设。		
交直流氩弧 焊机系列	TIG	WSE	TIG200/250/315AC/DC	交、直流两用电源，用于铝件焊接		
等离子切割 机系列	CUT	LGK	CUT30/40/60	可切割 6—12mm 厚的各类金属板。		
			CUT70/100/120	中型切割机。		
氩焊/手弧/ 切割	CT	ZD	CT312/416	氩焊/手弧/切割三用一体机，适用于种类工程建设		
CO ₂ 气体保护 焊机系列	MIG	NBC	MIG200Y/250Y	焊接一体机，可焊 0.8—1.0mm 焊丝		
			MIG250L	MIG250F	拉丝机	分体机
			MIG350/400/500/630		IGBT 系列焊机	
埋弧焊	MZ	MZ	MZ—1000/1250	手工电弧焊；埋弧焊；碳弧气刨。		
简写说明	P—脉冲；S—纯氩弧焊；A—手焊；Y—一体化；F—分体。					



提示：马上要学习佳士焊机的实际电路了，要用功哟！

第 3 章 逆变焊机电路

3.1 主回路工作原理

3.1.1 各部分电路的主要功能与技术要求

起动与过压保护电路：避免因开机给滤波电容充电产生的浪涌电流而损坏电源开关及电路，整流桥避免因误接 380VAC 及电网波动带来的高压损坏机器；要求能安全起动，在输入电压过高时起动保护，不损坏工作电路。

一次整流、滤波电路：把输入的 50Hz 工频交流电转换成直流电。

过流保护电路：时刻对主回路中的电流进行采样，一旦电流超过允许值，便通过控制模块停止逆变电路工作。

逆变电路：完成直流的逆变并输出稳定的高频电流。

变压电路：进行电压电流变换。

二次整流：把高频交流转换成直流输出。

控制模块：控制电路的开通与断开，并提供驱动电路、驱动模块电流。要求输出稳定、控制灵敏。

驱动模块：提供逆变所需的开关信号。

辅助电源：给控制电路、驱动电路提供稳定的低压直流稳压电源。

电流给定、反馈电路：对输出电流进行采样，给控制模块提供反馈信号，以保证整机的稳定输出。

3.1.2 什么叫主回路

主回路指电路中通过主电能的部分，主要包含了一次整流、滤波电路、逆变电路、变压电路和二次整流等电路，见图 3.1。

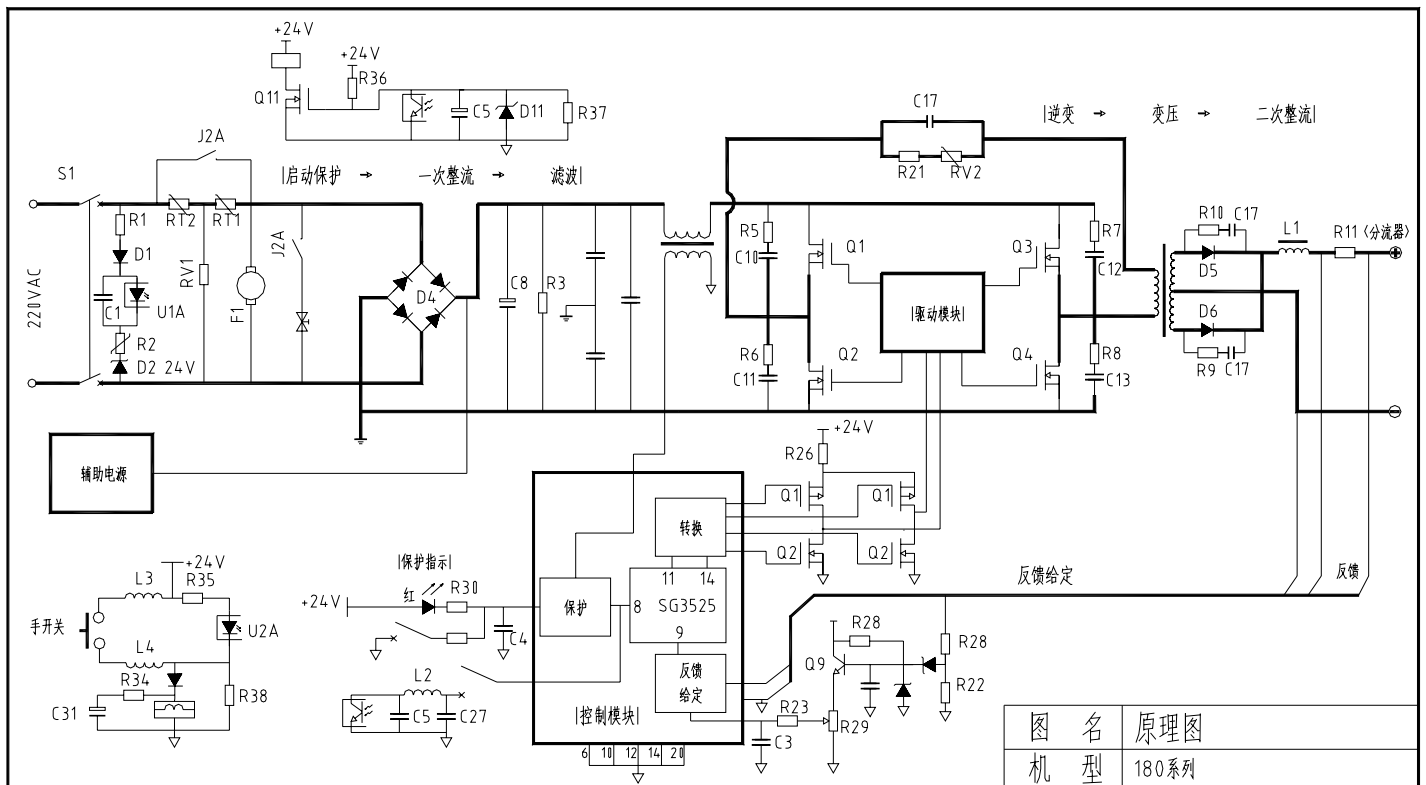


图 3.1 主回路原理图

3.1.3 180 主回路原理图及工作原理

如图 3.1 所示：当焊机开关 S1 合上时，220VAC/50Hz 的市电涌进起动电阻 RT1、RT2，由于 RT 的良好特性，使焊机开关不至于因开机浪涌而损坏，正常工作后，继电器 J2 吸合，起动电阻被短路。电流经 J2 流入硅桥（全桥）整流后输出 308V 的直流电，经阻容（R3、C8、C9）滤波后输入逆变器（Q1、Q2、Q3、Q4 等组成），在驱动模块的控制下输出脉冲电流，再经主变压器（T1）降压后，经二次整流（D5、D6），便可输出所需的直流电流。

逆变器采用场效应管作开关管，它具有开关速度快（50 万次/秒以上），开通电压高、耐高温、导通电阻小等优点，使得输出稳定、可靠。输出末端，采用 D92M—02 快速恢复整流管整流，并采用电抗器（L1）控制高频干扰，使得输出稳定。

在输入电路中，为避免因开机浪涌而引起的损坏，起动电阻采用了消磁电阻，它具有良好的耐冲击性，其温度会随着流经电流迅速升高，其阻值与温度的关系曲线如图 3.2，整流、滤波电路采用 25A/500V，耐高温 150 的硅桥 D4 及 470 μ /450V 的电解电容 C8，4.7 μ F 的高频聚脂薄膜电容，能达到良好的整流、滤波效果，其输出波形如图 3.3、图 3.4 所示。

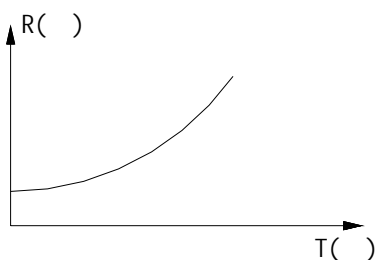


图3.2 消磁电阻特性

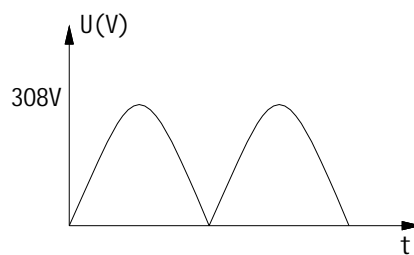


图3.3 整流输出波形

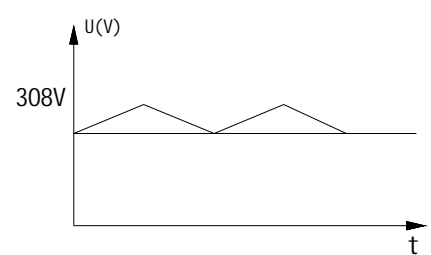
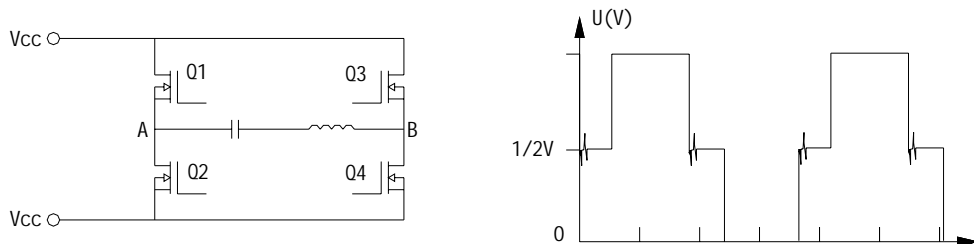


图3.4 整流滤波波形

3.1.4 ARC160 主回路中的特征波形

1、中点波形：指开关 Q1 与 Q2 之间，Q3 与 Q4 之间的电压波形，如图 3.5 所示。



2、主变压器输出电流波形：通过电流互感器对 D5、D6 的输出电流采样而得图 3.6 所示。

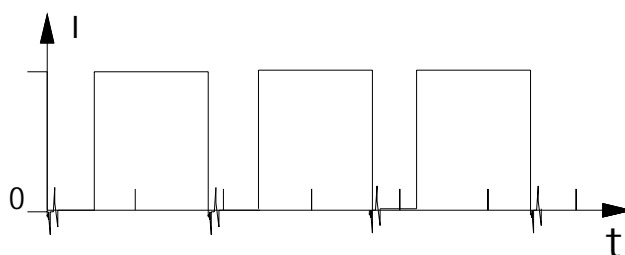


图 3.6 输出电流波形

3.1.5 ARC160 主回路的安装与防护

由于主回路是通过主电能的电路，主回路中各器件有自身的损耗，会产生大量的热，这些热量如不能得到良

好的释放，便会抬升机身温度，导致元器件损坏，并给人身安全带来威胁。

通常散热的方式有风冷和水冷两种，并通过加大散热面积、加强对流，加强导热等方法提升冷却效果。ARC160 完美地把主回路的功率器件集中在散热片上，加以风冷，达到了良好的散热效果。

3.2 辅助电源工作原理

3.2.1 辅助电源的作用与技术要求

辅助电源是控制电路、驱动电路的电源。其作用是给控制电路、驱动电路提供稳定的低压稳压电源。要求能输出 24V、12V 的稳压直流电。小机型的辅助电源采用的是单端反激式电路，其原理已在 2.2 中叙述。

3.2.2 小机型辅助电源的工作原理

小机型的辅助电源采用单端反激式开关电源的形式，其原理电路如图 3.7 所示。

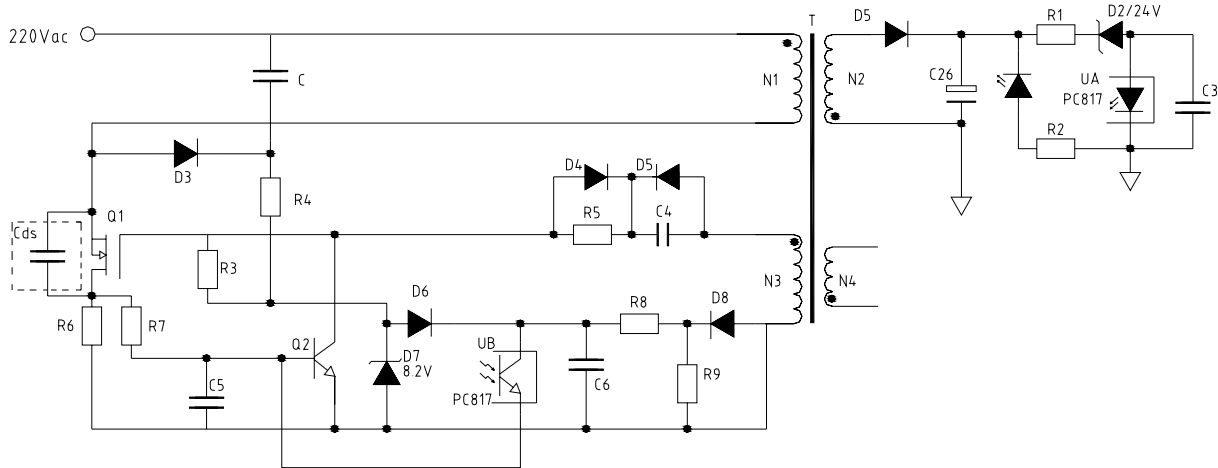


图 3.7 小型机辅助电源电路图

工作原理：

- 1、启动：电源通过 N1、D3、R4（150K），R3（5.1K）抬升开关管 Q1 的栅极电位，达到 8.2V 时被稳压管 D7 钳位（保护开关管）。此时，开关管 Q1 导通，同时，因 N3 与 N1 同位，N3 感生电流通过 C4、R5 给开关管供电，加速开关管的导通。
- 2、储能：开关导通后，电源给变压器 T 供能，并把能量以磁能的形式储存于变压器中。N1 的极性为上正下负，N2 极性为下正上负，由于二极管 D5 的作用，N2 级无电流通过。
- 3、关断：开关管导通后，电流经开关管、R6、R7 给电容 C5 充电，提高其端电压，当电压值到一定程度时（约 0.7V），三极管 Q2（8050）导通，线圈 N3 向三极管供电，开关管 Q1 的栅极电位（即 Q2 的集电极电位）迅速被拉低，此时，开关管截止。
- 4、放能：开关关断后，由于电感线圈 N1 的储能续流作用，N1 的极性变为下正上负，此时 N2 的感生电动势极性为上正下负，二极管 D1 导通，给负载供电，变压器的磁能由次极 N2 释放。
- 5、振荡：由于电感（N1 线圈）的续流，N1 给开关管的漏源电容 Cds（图中虚线）充电，至一定值（约 650V）时，电容反向电感充电，同时，通过线圈 N2 向负载供电，直到线圈 N1 的能量大于电容能量时，电感线圈再向电容 Cds 充电。如此，能量不断在容感间转移，而每次电容向电感线圈供能时，都通过 N2 向负载供电。
- 6、再次启动：电容线圈的能量放到一定程度时，由于电感续流，会使 Cds 的端电压低于电源电压，致使电源再给线圈和 Cds 充电，产生向下的电流。此时，N3 产生正向电流 Q1 再次导通，电源又给变压器充能，Cds 上的能量也通过开关管完全放掉，回到初始状态。

如此不断反复，在开关管漏极形成了如图 3.8 的电压信号，并在次极 N2 得到稳定的直流电压输出。

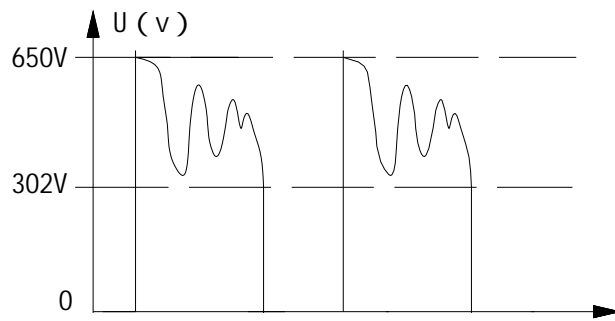


图 3.8 开关管振荡电压波形

(根据能量守恒定律，电源供给变压器的能量等于变压器供给负载通过 N2 的能量，即图中两阴影部分的面积相等)

7、稳压：在次级 (N2) 上接入 24V 的稳压管，钳住了电位，使得输出保持了 24V 的直流电压，且当初级由于电感储能致使电位过高时，N2 级通过稳压管、光电耦合器使三极管 Q2 提前导通，钳住了初级电位，起到保护电路作用。

8、其它次级 N3 同名端使用了两个二极管，其中 D4 在关断开关时迅速、可靠地拉低栅极电位，保证关断。D5 保证了第二次启动的电位需求。二极管 D8 在光耦动作时给 UB 提供电压，保证三极管的导通，并控制反向电流使 N3 饱和。

3.3 控制电路工作原理

控制电路是用以控制整机电路的开通与断开，并提供驱动电路、驱动模块电源的电路，要求输出稳定、可靠、控制灵敏的波形。

3.3.1 脉宽调节器

1、作用：脉宽调节器的作用是改变，输出电压、电流，以满足不同的焊接需求。

焊接要求：输出电流或电压不变，且电流、电压满足一定的函数关系 (国际规定)。通常，以调节输出电压的方式控制输出。而 $U_0 = N \times D \times U_1$ (N 为主变压器初级、次级匝数比， D 为占空比， U_1 为输入电压)，要改变输出电压，在一定的匝数比和输入电压条件下，可调节占空比，即调节脉宽。

2、调节方法：图 3.9 为一般脉宽调节器的基本电路，在正向输入的振荡信号一定的条件下，输出脉冲的占空比由基准电压决定，如图 3.9 右图示：

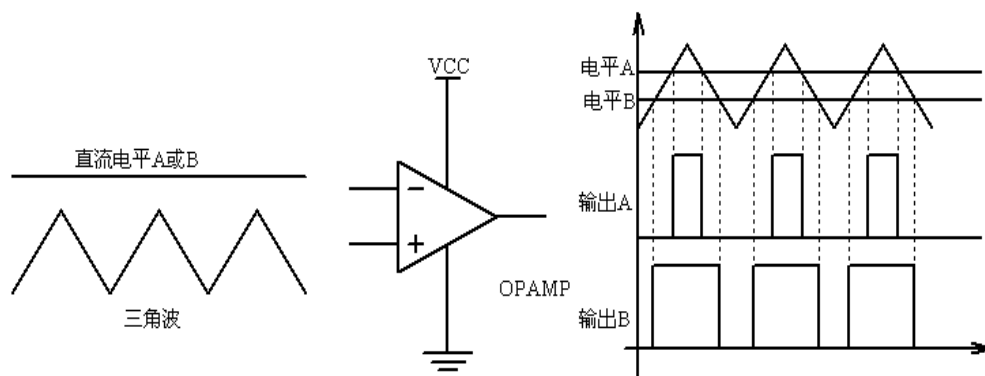


图 3.9 脉宽调节器输出波形

由图 3.9 可知，只要改变基准电压，即可改变输出脉宽，达到调节占空比的目的。

3、CW3525 集成脉宽调节器的工作原理

图 3.10 为 CW3525 集成脉宽调节器的外部引脚配置和内部结构框图：

1) 各引脚功能：

- 1、2 脚：为误差放大器正反向输入端，因 3525 内部误差放大器性能不好，所以在控制模块中没有使用。
- 3 脚：为同步时钟控制输入端，
- 4 脚：为振荡输出端；
- 5、6 脚：为振荡器 Ct、Rt 接入端， $f=1/Ct(0.7Rt+3Rd)$
- 7 脚：为 Ct 放电端，改变 Rd 可改变死区时间
- 8 脚：慢启动，当 8 脚电压从 0V—5V 时，脉宽从零到最大。
- 9 脚：补偿（反馈输入）端，9 脚的电压决定了输出脉宽大小。
- 10 脚：关闭端，当 10 脚电平超过 1V，脉宽关闭。
- 11、14 脚：脉冲输出端，输出相位相反的两路脉冲。
- 12、15 脚：为芯片接地和供电端
- 13 脚：输出信号供电端。
- 16 脚：输出+5V 基准电压。

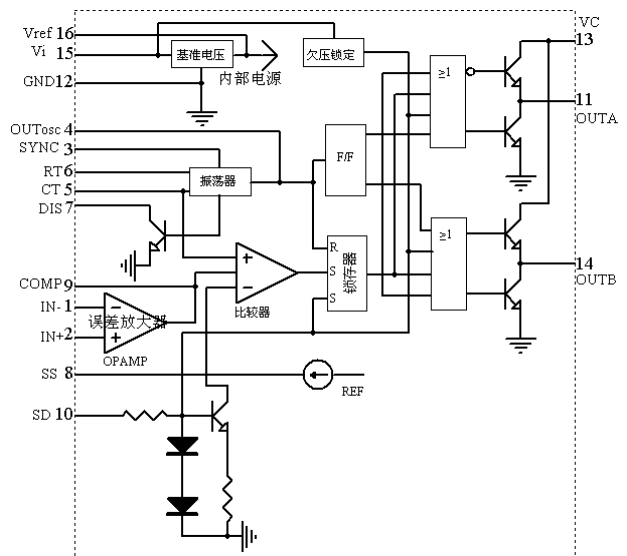


图 3.10 CW3525 内部结构

2) 3525 工作原理：CW3525 动作后，由 9 脚对外部电路采样，与 5 脚的标准振荡信号（锯齿波）进行比较，确定输出脉宽，在锁存器进行锁存，在触发器控制下输出，11 脚、14 脚的输出脉冲相位错开 180 度。8 脚为基准电压端，当外部电路对地短路时，8 脚电压变低，芯片停止工作（封波），同时，8 脚也为慢启动端，当其电位从“1V”到“5V”缓慢增长时，输出脉冲的脉宽也由（最）窄到（最）宽变化。10 脚可控制比较器输出，当其电位大于 0.7V 时，比较器反相输入端为“0”电压，芯片也停止工作。

3) 引脚与外部电路的连接：通常，在 9 脚接入整机电路的输出电流电压的反馈信号与给定信号，从而调节脉宽，控制输出大小，保证输出稳定。8 脚处理各种保护信号，一旦出现异常，8 脚电位迅速变低，停止工作，保护工作电路。11、14 脚分别连接一定的转换电路，以得到符合要求的脉冲，13、15 脚接直流稳压源（辅助电源）。5、6 脚接振荡信号（由电容和电阻组成）。

3.3.2 反馈与给定

1、反馈与给定的作用：

给定是指所需设定的输出电流（电压），它是一个可变值，以满足可变电流（电压）的焊接需求。反馈即是对输出信号进行采样，并与设定值进行比较，以保证输出控制到设定要求。

2、反馈与给定控制电路工作原理：

图 3.11 为反馈与给定控制电路原理图：

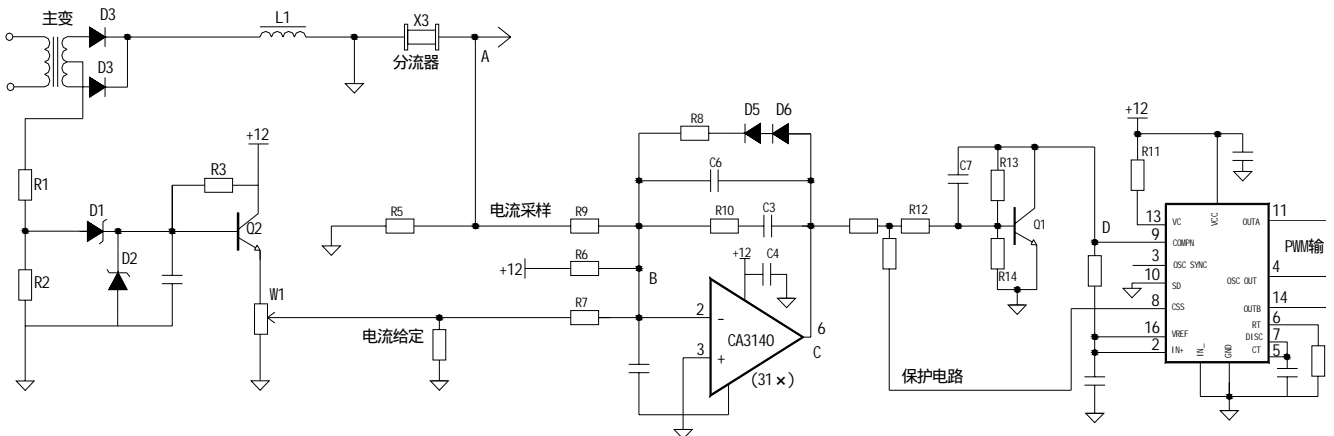


图 3.11 反馈与给定控制电路

如图：反馈信号由分流器负端取出，是一个负电压信号，此电压信号与给定信号在运放反相输入端叠加后输入到运放 CA3140。

假设：

分流器电阻为 $0.375\text{m}\Omega$ ，即流过 160A 产生 60mV 的信号。

当电位器调到电阻最大时，输出电流为 160A 。

假负载电阻为 0.165Ω ，即流过 160A 的电流时产生 26.4V 的压降。

此时，占空比 D 为 47% （不考虑主回路中压降），

当 3525 的 9 脚电压为 $+2\text{V}$ 时，输出脉冲占空比为 47% 。

由于 $Q1$ 、 $R12$ 、 $R13$ 组成 31 倍的反向放大器，即 3140 的输出电平值在 $0\sim 5\text{V}$ 变化时，9 脚电压在 $0\sim 5.0\text{V}$ 之间变化，即要使 9 脚为 2V 即要求运放 3140 的 6 脚输出 3V 。

因运放 3140 没有接入直流负反馈，其直流增益相当于开环增益（约为 105 ），由 $V_0=V_i \cdot A$ 求得其输出电平在 $0\sim 5\text{mV}$ 变化，则 6 脚电平为 3V 时，要求 2 脚输入 $V_i=0.03\text{mV}$ 。

$$V_5 + V_{\text{给}B} = -0.03\text{mV}$$

$$V_{\text{给}B} = -0.03 \cdot (-60\text{mV}) = 59.97\text{mV}$$

$$I_{\text{给}B} = 59.97 / 100 = 0.5997\text{mA}$$

$$\text{则 } R_x = 8\text{V} / 0.5997\text{mA} = 13.34\text{K}$$

由以上假设可知，只要调节 R_x 的值，便可设定最大输出电流，调节电位器 W 电压值，从而改变运放的输出电平，9 脚电位则输出脉、电压也随之改变。

当负载改变时，导致输出电流变大时，使得 A 点电位变高（负值），B 点电位下降（负值增大），C 点电平上升，D 点电平下降，脉宽（E）变大，又使得 A 点电位下降，形成了一个负反馈过程，保证了电路输出电流稳定，此时，电源的输出外特性如图 3.12，为一稳流特性，即恒流源。

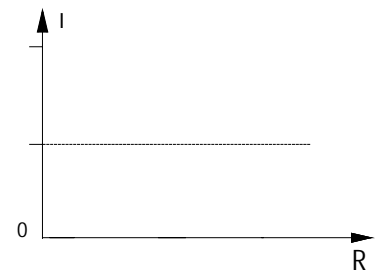


图3-12 恒流源特性

然而，为了达到“给定信号改变时，输出也跟着改变，最终达到动态平衡”的目的。在电路中给定信号中引入了反馈信号，如原理图中由 $D1$ 、 $D2$ 、 $Q1$ 、 $W1$ 等组成的信号给定电路，反馈电压由输出负端引出。当 $W1$ 值改变后，引起脉宽改变，从而改变了输出电压。输出电压反馈到信号给定电路，又改变了 $W1$ 上的压降，从而，给定电压值、脉宽、输出电压也随着先后改变。最终，达到了动态的稳定，此时，输出外特性曲线如图 3.13

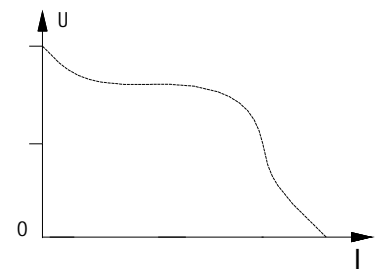


图 3.13 电源外特性

由于运放的特性，要求在反馈信号与给定信号的比较中，反馈信号一定占优势。如果给定信号占优，运放输出低电平，使得 $Q2$ 截止，9 脚电位约等于基准电压 5V ，此时，无脉冲输出。为了避免封波，在 $Q1$ 的基极引入稳压管 $D2$ ，钳住电位。不使给定电压过高。

稳压管 $D1$ 控制了反向电流，避免 $R2$ 影响给定而使外特性变差。 $R9$ （ 150K ）和基准电压 5V 给电路提供了一个最小给定，保证电路能正常工作。同样，由 $CW3525$ 的 16 脚引出一基准电压经分压后加到 9 脚，也给 9 脚提供了一个最小电压。

3.3.3 保护控制电路

CW3525 集成脉宽调节器的 8 脚电平变低时，能使芯片停止工作。同时，由于输出脉冲，驱动电路，输出电路也将停止运作，所以，在 8 脚处连接了各种保护电路，一旦电路出现异常，保护电路工作拉低 8 脚电位，保护电路如图 3.14。

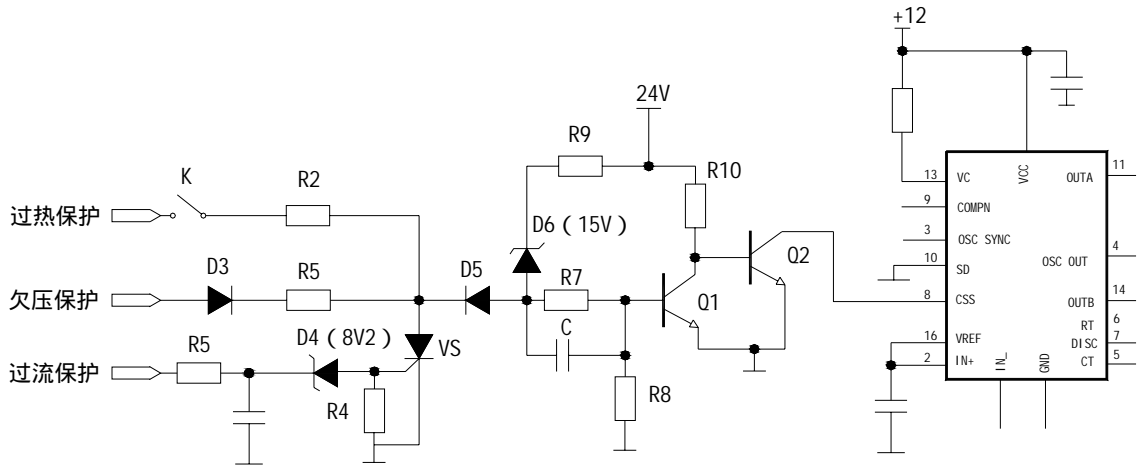


图 3.14 保护电路

过流保护控制电路（R3、C2、D4、R4、VS 等组成）

通过电流耦合器对主电路进行不断地采样，一旦出现异常（过流）过大的电流即通过 R3 给电容 C2 充电，使 C2 端电压大于 8.2 伏，击穿稳压管 D4，在 R4 上形成压降，并使可控硅 VS 导通，拉低 Q1 的基极电位，使得 Q1 截止，Q2 基极（Q1 的集电极）电位变高，Q2 导通，拉低 8 脚（Q2 集电极）电位，使芯片 CW3525 保护。

过热保护控制电路（热敏开关 K、R2 等组成）

热敏开关安装于整机电路的散热器上，一只散热器温度过高（元器件散热不好），热敏开关便导通，同样使 Q1 截止，Q2 导通，8 脚电平变低，电路停止工作。

欠压保护控制电路（R5、D3、R7、R8 等组成）

辅助电源正常工作时，输出 24V 的稳压直流电，并给 Q1 基极提供：

$$(24 - D3) \times R8 \div (R5 + R7 + R8) = (24 - 1.5) \times 0.68 \div (2 + 6.2 + 0.68) = 0.7Vr$$

0.7Vr 压降使得 Q1 导通，Q2 截止，CW3525 正常工作。如果辅助电源出现异常（欠压），输出不足 24V 时，Q1 基极电位变低，Q1 截止，Q2 导通，8 脚电位变低，保护电路。

欠压保护电路是为了避免因控制电路输出脉冲幅值偏低，而引起驱动电路误导通，导致炸机而设置的。是保证整机安全的重要保护电路。

3.3.4 输出转换控制电路

CW3525 能输出两个相位错开的脉冲信号（幅值为 12V），它仍然能满足驱动电路的要求，于是，经过转换，电路原理图下：

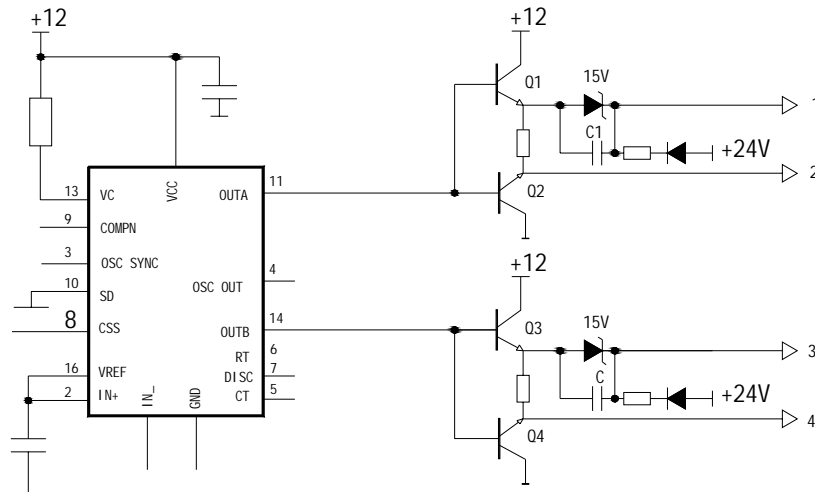


图 3.15 输出转换电路

如图 3.15：由 11、14 脚输出脉冲加到三极管 Q1、Q2、Q3、Q4，当 11 脚脉冲为高电平时，Q1 导通，Q2 截止，12V 电压加到稳压管正端。而电容 C1 经 24V 直流充电后由于稳压管的作用无法放电，而形成 15V 的压降，它与 12V 电压串联，于是在 1 处得到 27V 的高电平输出，而 2 处仍保持约 12V 的电压。当输出为低电平时，Q1 截止，Q2 导通，此时 1 处电平为 15V，而 2 处被拉低，输出低电平。同理，3 处在 14 脚输出高电平时输出 27V，14 脚为低电平时输出 15V，而 4 处则分别为 12V。低电平。其波形如图 3.16。

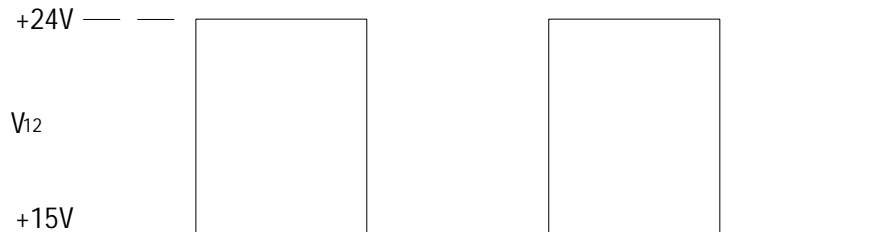


图 3.16 转换电路输出波形

3.3.5 控制电路原理图

图中，包含了脉宽调节器，给定与反馈控制电路，保护控制电路和输出转换电路。完成了电源需求的控制功能，其中，CW3525 上 5、6 脚所接的电容与电阻产生了约为 160K 的振荡信号，逆变开关的开关频率信号。

3.4 驱动电路工作原理

3.4.1 驱动电路的作用

驱动电路的作用是对控制电路输出的控制脉冲信号进行放大，电平转换等处理，并给逆变器提供开关驱动信号。

3.4.2 全桥逆变对驱动信号的要求

由于全桥逆的特性，它要求各桥臂的驱动信号：1) 相位不重叠；2) 回路独立，即不共地；3) 有强有力的上拉关断（以减小损耗，保证开关器件的导通与关断）

3.4.3 转换电路的工作原理

由控制电路输出的控制脉冲仍未能满足逆变器的要求，需要经过转换，其转换原理图如 3.17 所示：

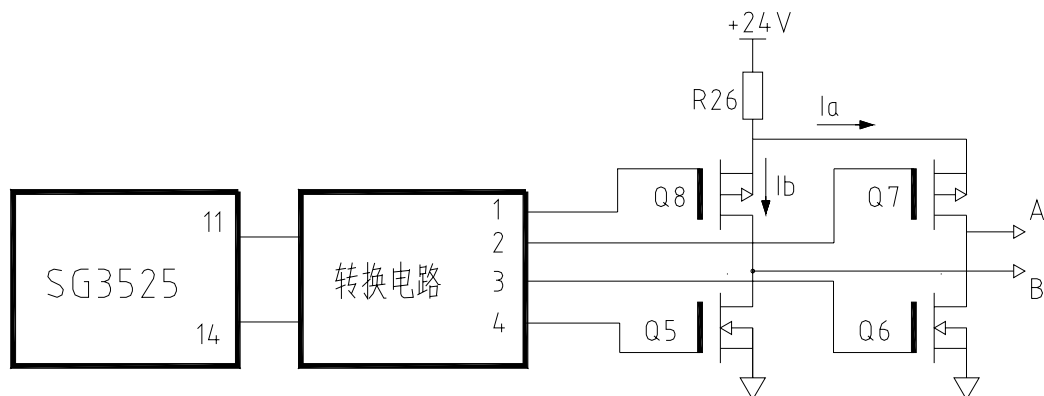


图 3.17 驱动电路原理图

如图 3.17 示：Q5、Q6 为 P 型场效应管，当其输入端输入高于电源电平（27V）时，场管截止，而输入低于电源电平（15V）时导通；Q7、Q8 为 N 型场效应管，当其输入端输入高电平（12V）时导通，输入低电平（0V）时截止，其波形如图 3.16，其中，以高电平代表场效应管导通，以低电平代表管子截止，参考第 3.3.4 节介绍的输出转换控制电路。

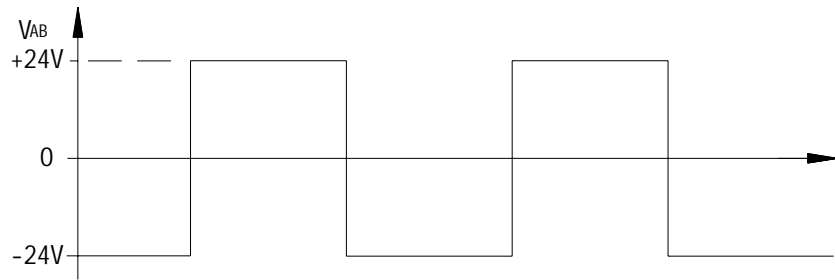


图 3.18 驱动电路波形

由图可知，当 Q6、Q8 同时导通时， I_b 电流方向如图中所示，Q5、Q7 同时导通时， I_a 输出电流方向如图中所示。则 A、B 点间的电流波形如图 7.3（其中以方向 1 为正，方向为负），此时，电流在电感线圈上形成的压降为 24V。

3.4.4 开关驱动电路工作原理

由开关驱动电平转换电路输出的脉冲电流，仍不能满足逆变器对开关信号的相位要求，也未能保证开关电路的强有力的开通与关断，还需要经过变压器的隔离和变换，其输出波形如图 3.20。

初级线圈流过电压波形如图 3.18，当电流为正，N1、N3 产生上正下负的感应电动势（由于线圈匝比为 25：8，则感应电动势的值为 +12V）；N1、N3 的感应电动势给电容以充电，由于稳压管和 D1 的作用，电容上的电不能放出，形成如图方向的 5.1V 电压降，它与 N1 上的感应电动势相串联，于是，在场效应管栅极产生 $12 - 5.1 = 6.9V$ 的电压，这时，场效应管导通；A、B 间无电流通过时（死区），栅极电位保持（-5.1V）的电压，场效应管截止；当初级线圈电流为负时，N1 上产生上负下正的感应电动势（幅值为 12V），其与电容上的压降叠加，此时，栅极电位为 -17.1V，场效应管截止。其栅极电压波形如图 3.20。（N2、N4 上所连接的场效应管栅极电压波形与之相位相差 180° ）。

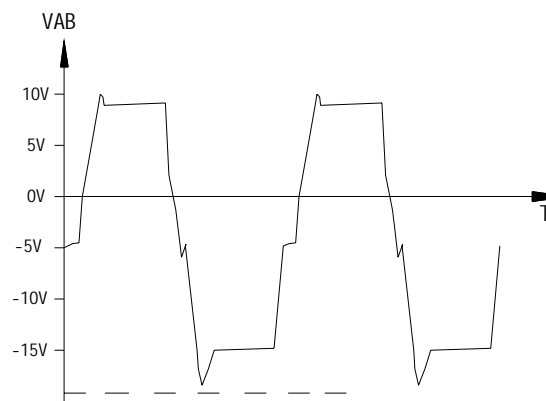


图 3.20 栅极电压波形

由电压波形图可以看出：

- 1) 正端上升沿呈弧角，这是由于电压上升时，R1 控制了电压快速上升，这样，在实际电路中，采用多只场效应管并联做一个桥臂时，能让这多只场效应管有充分的导通时间，保证桥臂动作，增强电路可靠性。
- 2) 正端下降沿呈直角，这是由于在关断时，二极管 D2 把 R1 短接了，这样，能迅速地把栅极电位拉低，形成强有力的关断。
- 3) 正端上约 5V 处有毛刺，这是由于电压上升使场效应管导通而产生的。
- 4) 负端 5.1V 处有强烈的毛刺，是由于二极管 D2 的强有力关断和变压器有漏感、电感线圈的续流作用等原因引起的。

开关驱动电路不仅满足了逆变器所需的强有力开通与关断的要求，还把栅极电压波形整个下沉 5.1V，这样，当机器在中点产生干扰时，便有了 5.1V 幅值的缓冲，而不致于因小干扰使开关误导通，保证了机器安全，提高了可靠性。

然而，由于场管参数不可能完全一样，不同参数的场效应管作桥臂时，会使中点（-5.1V）产生漂移，降低电路可靠性，这时，可以改变 R1 的阻值加以改善。

3.5 保护电路工作原理

3.5.1 保护电路的作用与要求

由于焊机、切割机的工作环境十分恶劣，环境对机器安全、人身安全存在着种种隐患。为了保证机器、人身安全，便需要各种保护电路。并要求保护电路的控制灵敏、及时、安全。

3.5.2 保护电路工作原理

1) **过压保护**：过压保护是为了避免因工人误接高电压电源等原因而损坏机器而设置的，它预防开机浪涌结合在一起，其原理电路如图 3.21。

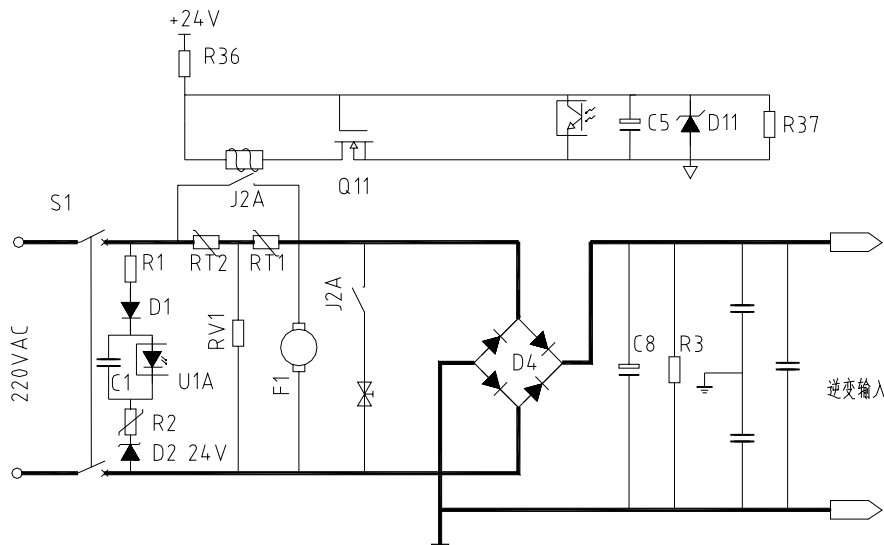


图 3.21 输入保护电路

当有

路耐压要求而设定

的)。形成短路，保护了后面电路。

而较大的电流急剧地把消磁电阻（温敏器中）的温度抬高，而使消磁电阻的阻值随之迅速上升（其阻—温特性见图 3.2，相当于把电路断开，从而保护了电路。此保护是可恢复的，当接错高压电后，改正后，等消磁电阻温度降下，便又可正常工作。避免了因过压而损坏的维修、提高了工作效率。

如开机不产生过压保护，则正常的电压会给电容 C1 充电，它使光电耦合器不动作，使继电器控制电路中的场效应管导通，使继电器动作，把 J2A 吸合，短路消磁电阻，使后面的电路正常工作。

以下的三种保护电路见图 3.14

2) **过流保护**：是为了避免因元件损坏、干扰、异常而引起过大电流对逆变器产生损坏而设置的。它通过电流互感器时刻对主回路中的电流进行采样，一旦发现电流超过允许值，便通过控制电路中保护控制电路动作，停止主回路的工作。

电路采用 1:300 的电流互感器对主回路进行采样，由 $I_1/I_2 = n_2/n_1$ 可知，当主回路中流过 300A 的电流时，保护电路能采样到 1/300 的电流信号，该信号对控制电路中的电容充电，并形成压降，一旦这压降大于保护控制电路中给定的基准电压，便使保护控制电路动作，进行封锁。使整个电路停止工作。

3) **过热保护**：过热保护电路的作用是避免机器因散热不良，环境温度过高或元器件工作异常而损坏电路。通常，把热敏器件（常开）（热敏开关）置于散热装置上，一旦散热装置温度过高，热敏器件便动作闭合，使长条板 13 脚呈低电平，最后将 3525 的 8 脚降低，从而使保护控制电路动作，进行电路保护。

4) **24V 欠压保护**：欠压保护是对辅助电源输出异常而设置的保护，它对辅助电源的输出值进行检查，如发现辅助电源输出偏低，便使电路停止工作。

第 4 章 氩弧焊机工作原理

4.1 氩弧焊的主要用途和适用范围

4.1.1 什么是氩弧焊

氩弧焊即钨极惰性气体保护弧焊，指用工业钨或活性钨作不熔化电极，惰性气体（氩）作保护的焊接方法，简称 TIG。

4.1.2 氩弧焊的起弧方式

氩弧焊的起弧采用高压击穿的起弧方式，先在电极针（钨针）与工件间加以高频高压，击穿氩气，使之导电，然后供给持续的电流，保证电弧稳定。

4.1.3 氩弧焊的一般要求

对气体的控制要求：要求气体先来后走，氩气是较易被击穿的惰性气体，先在工件与电极针间充满氩气，有利于起弧；焊接完成后，保持送气，有助于防止工件迅速氧化，保证了良好的焊接效果。

电流的手开关控制要求：要求按下手开关时，电流较气延时，手开关断开（焊接结束后），根据要求延时供给并将气后断开。

高压的产生与控制要求：氩弧焊机采用高压起弧的方式，则要求起弧时有高压，起弧后高压消失。

干扰的防护要求：氩弧焊的起弧高压中伴有高频，其对整机电路产生严重的干扰，要求电路有很好的防干扰能力。

4.2 氩弧焊机的工作原理

4.2.1 氩弧焊机与手弧焊机的工作电路的差别

氩焊机与手弧焊机在主回路、辅助电源、驱动电路、保护电路等方面都是相似的。但它在后者的基础上增加了几项控制：1、手开关控制；2、高频高压控制；3、增压起弧控制。另外，在输出回路上，氩弧焊机采用反接输出方式，输出负极接电极针，而正极接工件。在此着重介绍氩弧焊机所特有的控制功能及起弧电路功能。

4.2.2 手开关控制

氩弧焊机要求氩气先来后走，而电流则后来先走（相对气而言），这此都是通过手开关控制实现的。手开关原理如图 4.1。

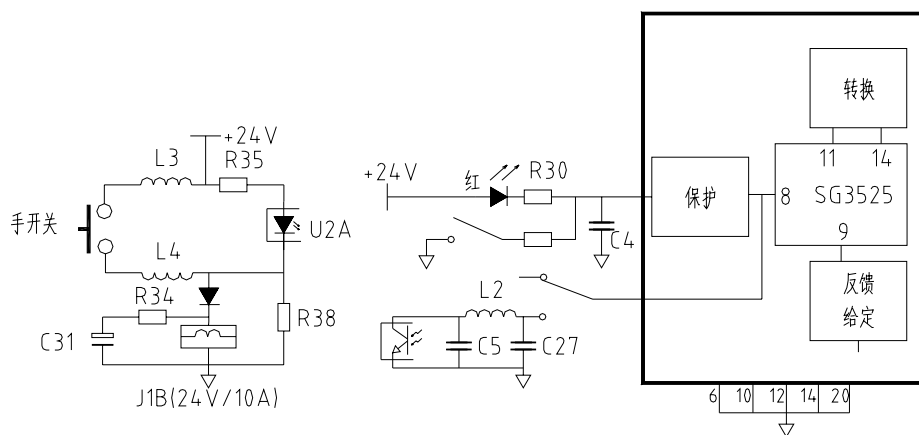


图 4.1 手开关原理图

由图知：当焊机主开关合上后，辅助电源工作，给控制电路提供了 24V 的直流电。手开关未合上时，24V 直流电通过电阻 R35、R38 使光耦合器工作，使 CW3525 芯片的 8 脚经过 T 形滤波器（L2、C5 组成，抗干扰用）对地短路，此时，CW3525 处于封波状态，电路无输出；手开关合上时，光电耦合器被短路，开关 S 断开，24V 直流电使继电器 J 吸合，使控制气体供给的电磁阀工作，给焊接供气。而 8 脚电位位于缓起动电阻，

电容的作用缓慢增长，经过一定时间，CW3525 开始工作，电路开始输出功率。这样，电流就较气延时供给（延时时间由缓起启动阻、容值决定）。

电磁阀为气体供给控制器件，当继电器 J 合上，电磁阀中的电感线圈获得电流，产生磁能，把铁块吸离气管管口，气体通过电磁阀供给焊接。

手开关控制电路中，电感线圈 L3、L4 及 C1、C2 起到防止干扰而使手开关误导通的作用。电容 C31、电阻 R34 保证气体的先来后走：1) 手开关合上时，由于 R2 的作用，使继电器马上动作，电磁阀打开供气。辅助电源向电容 C31 充电。而由于 R34 的限流，使得手开关不至于因电流过大而损坏；2) 焊接结束，手开关断开后，S 合上，CW3525 8 脚电位被拉低，电路停止输出，而 C31 上仍充有电能，它通过 R34 放电供给继电器 J 电能，保持继电器导通，延时供气（延时时间等于 C31 与 R34 的乘积）。实现了焊接对电流、气体的控制要求。

4.2.3 高频、高压电流的产生与控制

1、产生：氩弧焊机的起弧需要高压，为了能在手弧焊机的基础上产生高压并送到输出回路，采用了如图 4.2 的电路。

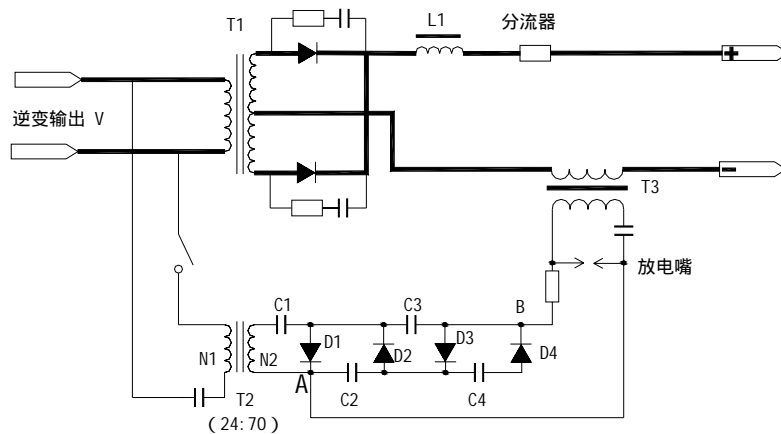


图 4.2 升压电路图

工作原理：

1) 升压变压器；图 4.2 中变压器为 24 : 70，将 307 电压升高约 3 倍。

2) 采用四倍压整流电路；如图 (C1 ~ C4、D1 ~ D4) 来产生高压：

当主变 (T1) 初级流过一个正脉冲电流时 (电压值为 6V)，N2 产生一个上正下负 (正向) 的感应电动势，并给电容 C1 充电，使电容 C1 的端电压也为 V，(方向如图)；且由于线圈续流和 D1 的作用，在主变中无电流流过时，C1 也不能放电；

主变流过一个等值的负脉冲电流时，在产生一个上负下正的感应电动势 (其值为 V)，给 C2 充电，使得 C2 上的压降 $V_{C2} = V_{C1} + V_{\text{感应}} = 2 \times V$ ，方向如图；

主变 T1 再流过一个正脉冲电流时，N2 上又产生一个上正下负的感应电动势，这时，电容 C3 充电，端电压 $V_{C3} = V_{C2} + V_{\text{感应}} = 3 \times V$ ，方向如图；

主变下的电流方向再次改变，使得 N2 上的感应电动势方向为上负下正，这时，电容 C4 得到电能，且 $V_{C4} = V_{C3} + V_{C1} - V_{C2} = 4 \times V$ ，方向如图，这样，在 A、B 间便形成了 $4 \times V$ 的压降。

3) 高频振荡发生器：(由 T3、C5、放电嘴组成)：

A、B 两点的压降达到 $4 \times V$ (V 为逆变器输出电压，约 1KV)，给电容 C5 充电；

放电嘴因高压击穿放电，此时，相当于短路 T3、C5；

T3、C5 产生高频振荡， $f = \frac{1}{2\sqrt{LC}}$

由于输出能量的不断补充，使得每隔一定时间，T3、C5 便产生高频振荡电流，并通过 T3 次级输出到输出端 C 点电压波形如图 9.4。

由于 T3 上要通过高频高压的电流，其技术参数要求严格，它的质量是起弧难易、焊接效果的决定性因素。

2、控制

输出回路中有高频高压电流后，保证了起弧，可如果防护不当，高频高压电流便会反向击穿二次整流中的整流管，甚至损坏主变 T1 初级线圈所联接的电路，而且，高频高压只是在起弧时使用，起弧后，便不再需要，所以，需适时断开高频高压发生器，其控制电路如图 4.3 所示。

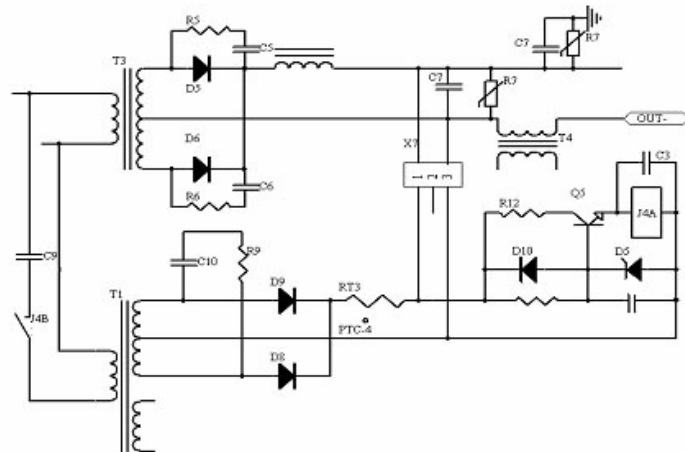


图 4.3 控制电路

防干扰控制：在输出端的正负极间接有压敏电阻与电容，其对于高频高压电流来说相当于短路同时，正负端都接有抗高频的电感线圈，这样，就控制了高频高压电流反窜到二次整流的电路中，只在输出端形成回路。同时，接在正极与机壳间的电阻（压敏）和电容也能有效地防止高频电流及其它干扰。

高频高压电流的产生与关断控制：高频高压电流的产生与关断都由继电器 J 控制，手开关合上时，把 S2 合上，这时，电路工作，输出约 56 伏的直流电压，它使继电器动作，吸合 JA，使高频高压发挥工作，产生高频高压电流输出，引起电弧，电弧一引起，输出回路便出现大电流，流经电抗器（电感线圈）；由于电感的续流作用，能使电抗器正端（图中 A 点）电压降到很低的电位（甚至为负值），这时，继电器被可靠地断开，高频高压发生器停止工作，完成了对高频高压电流的控制。

3、增压起弧控制

为了保护轻易起弧，提供焊接质量，氩弧焊机还在输出端增设了一个增压起弧的装置，其利用高频高压发生器的变压器的另一组次边作为增压变压器，使得高频高压发生器工作时，也同时抬高了输出端的电压，保证起弧，起弧后，增压装置也随着高频高压电流发生器一起被断开。其原理图如 4.2。

第 5 章 空气等离子切割机工作原理

5.1 空气等离子切割机工作特点

5.1.1 等离子弧的产生与特点

通常把电弧密度为自然条件下的电弧密度（未经压缩）的电弧称为自由弧；自由弧的导电气体设有完全电离，电弧的温度在 6000 到 8000 之间。而在气压、电压和磁场的作用下，柱状的自由弧（柱截面积正比于功率）可以压缩成等离子弧，等离子弧的导电截面小，能量集中，弧柱中气体几乎可全部达到离子状态，电弧温度可高达 15000—30000。能使金属等物体迅速熔化。

5.1.2 等离子切割的原理与应用

切割，一般指的是金属的切割。等离子弧切割是利用极细而高温的等离子弧，使局部金属迅速熔化，再用气流把熔化的金属吹走的切割方法。等离子弧切割由于切割效率高、损耗低、适用范围广等优点已广泛应用于各类工程建设、制造等行业。

5.1.3 等离子弧切割电源与氩弧焊电源技术参数比较

表 5.1 等离子切割与气体切割的比较表

项目 \ 机型	氩弧焊电源	等离子切割电源
输入电压	220VAC 或 380VAC	220VAC 或 380VAC
占空比	85%以上	90%以上
输出空载电压	50 ~ 70Vdc	200 ~ 300Vdc
输出电流	160 ~ 400A	30 ~ 160A
使用气体	氩气	压缩空气

5.1.4 等离子切割机工作技术参数

表 5.2 切割机技术参数

项目 \ 机型	CUT30	CUT40	CUT60	CUT70	CUT100	CUT120
供电	220V			308V		
占空比	90%					
喷嘴孔径 (mm)	1.0	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5
气压 (kg)	4	4.5	5	5.5	6	7
切割厚度 (mm)	1—8	1—12	1—23	1—25	1—35	1—40

5.1.5 等离子切割与气体切割比较

表 5.3 等离子切割与气体切割的比较表

项目 \ 机型	等离子切割	气体切割
能源	电、空气	氧气、乙炔
工作方式	人工	人工
损耗	/	
切割速度	/	
切割能力	能切割不锈钢、铜	不能切割不锈钢、铜、铝
效率	高	低

5.2 等离子切割的起弧方式

等离子弧切割一般有两种切割方式，即接触起弧与转移起弧。

5.2.1 接触起弧

把与极针绝缘的喷嘴贴在工件（联接切割电源正端）上，见图 5.1a；然后把高频高压电流加到联接电源负端的电极针（钨针），使极针喷出电弧，电弧在电压、气压、磁场作用下形成等离子弧，通过大电流维持等离子弧稳定燃烧，然后稍抬高喷嘴（避免炽热的工作件损坏喷嘴），开始切割，其过程简图如图 5.1b。这种切割方式多适用于小电流（小功率的切割机）。

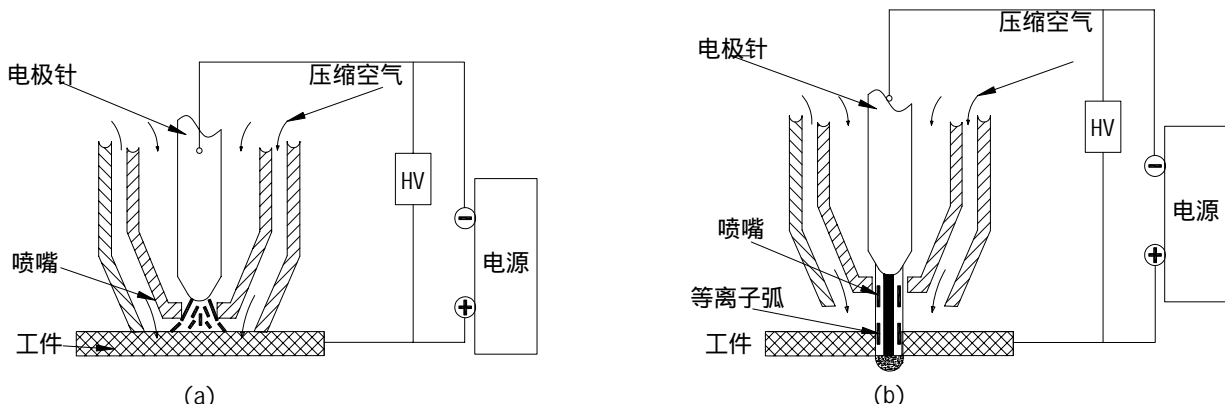


图 5.1 接触起弧方式

5.2.2 转移弧式（维弧式）

把电源正端通过一定的电阻 R 和继电器开关 J 连接到喷嘴上，使得极针与喷嘴间形成电弧（由于有电阻限流，电弧较小），见图 5.2a；然后把喷嘴靠近直接联接电源正端的工件上，极针与工件间便形成能量更大的电弧，电弧被压缩后形成等离子弧，而喷嘴与电源正端的联接被断开，开始切割，参见图 5.2b。

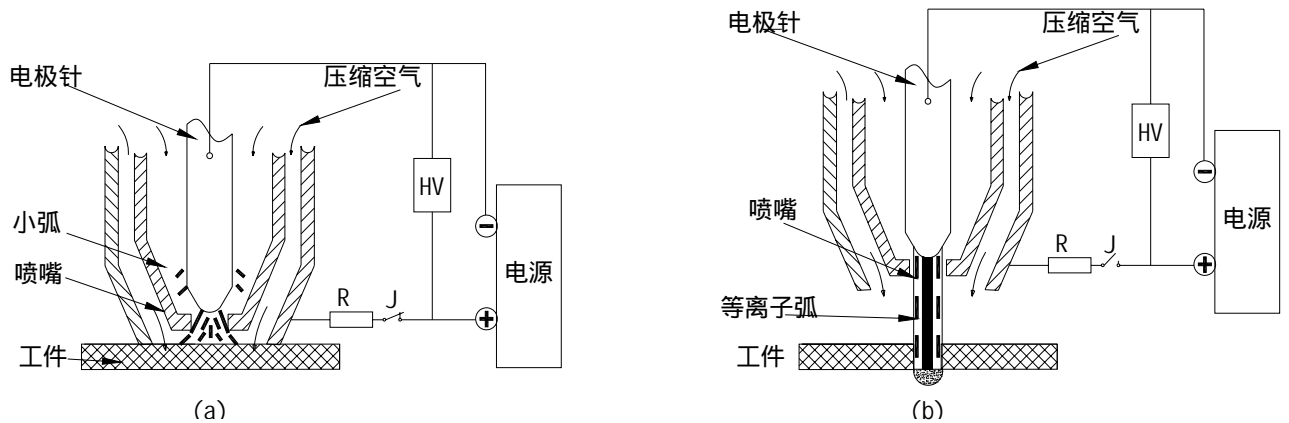


图 5.2 维弧式切割

转移弧式切割方式可以避免电弧在气压的作用下偏离喷嘴中心而损坏喷嘴。此种方式适用于大功率切割机。

5.3 工作原理

转移弧式切割方式，要求先在极针上喷嘴间产生小电弧，然后靠近工件产生等离子弧，通以大电流维持电弧稳定后断开用于起弧的高频高压电流以及小电弧，其控制电路原理如图 5.3。

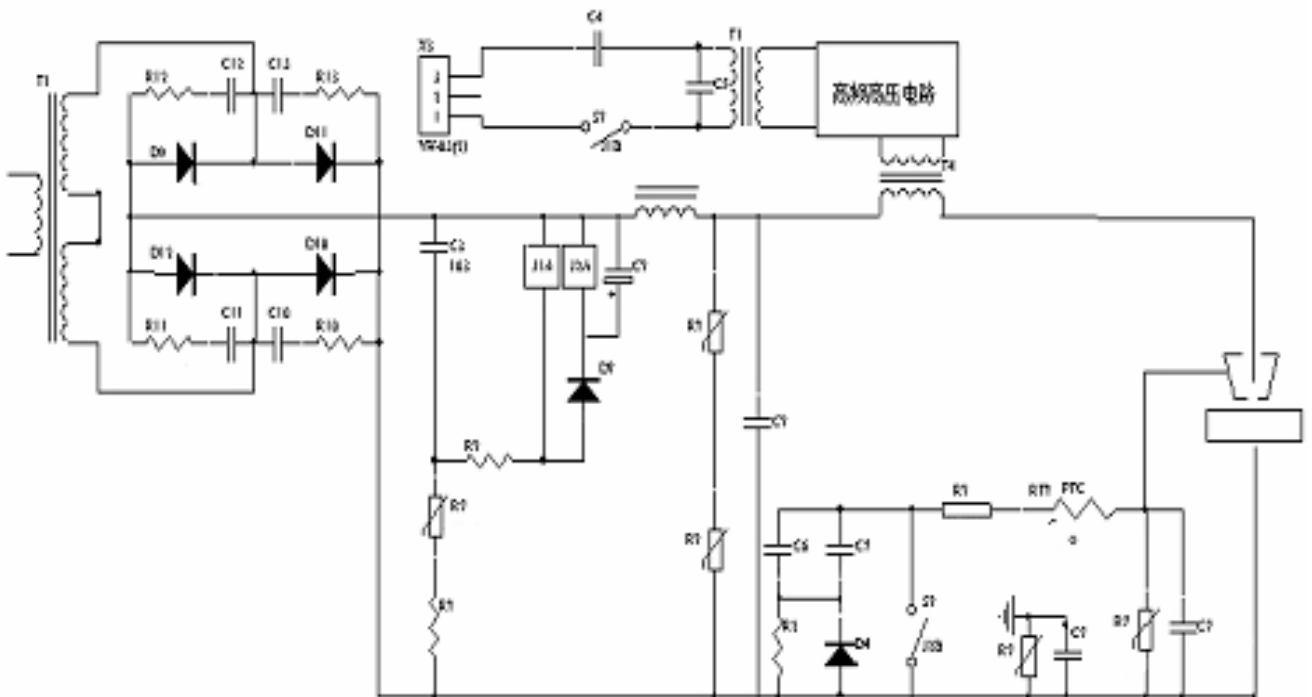


图 5.3 维弧控制电路

维弧电路的控制继电器 (J2) 与高频高压电流产生，控制继电器 (J2) 并联，这样，手开关合上时 (S1 合上)，由于输出电压的作用使得 J1、J2 同时动作，J1A、J2A 吸合，高频高压电流产生器工作，把高频高压

电流加到了电极针上，而 J2A 吸合使得喷嘴经过电阻 PTC、R3、R4 联接到了电源输出正端，于是，钨针与喷嘴间形成电弧，由于 PTC、R4、R5 的限流，此电弧较小，温度低。且由于有 C2 对高频短路，电抗器及主变压器次级的高频阻碍，用于起弧的高频高压电流不能反窜到二次整流（D1、D2）电路。

钨针与喷嘴起弧后，电流很小，不能使继电器两端的压降低到使继电器断开，于是，小弧一直都维持着。切割时，把喷嘴（极针）靠近直接联接到电源输出正端的工件上，由于高压及小弧的作用，使得极针（钨针）与工件间形成大电弧（能量大），使得输出电流变大，电流变大后维持电弧（大弧）的稳定燃烧，由于电感（电抗器）的续流作用，使继电器 J1、J2 都断开，此时，高频高压电流断开。钨针与喷嘴间的小电弧也消失。

切割机使用的是等离子弧，等离子弧的产生是电压、气压、磁场的共同作用，所以，切割机的输出要求要有较高的电压，（一般为 100 ~ 180V）而电流较小（一般为 30A ~ 160A）。

这样，相对于焊机，切割机的技术参数有所改变：

- 主变压器匝数比变小，以得到较高的输出电压；
- 慢（缓）起动时间变长，以保证气体的供给与气压；
- 反馈增益变小，反馈运放增益由开环增益变为闭环增益；
- 占空比变大（90%以上），以得到较高的输出电压；
- 电抗器阻抗变大，以防高频干扰并保证控制继电器可靠的关断。

5.4 CT 三用机系列

5.4.1 原理模型

手弧焊、氩弧焊、切割三用一体机的设计与实现：

为了适应大工程建设，特殊环境（窄或交通不便等）的需求，本公司首创把手弧焊、氩弧焊、切割三种用途的焊接（切割）电源合为一体，组装成三用一体机。

由以上的介绍知道，氩弧焊和手弧焊的区别除了焊枪及气瓶的有无之外，内部电路中，前者多了高频高压电流的产生、控制电路、增压起弧电路、高频防护等，而这些，都在手开关的控制之下，于是，在手弧焊机的基础上很容易实现氩弧焊，只需改变主变压器初次级匝数比，添加手开关及各种电路并把控制电路置于手开关的控制之下即可。使用时更换焊枪，添加气瓶即可。

而切割机与氩弧焊机的主要区别在于输出电压、输出电流的变化，切割机输出电压高、输出电流低，但如果同时使用两个或两个以上的焊接电源，通过并联和串联的转换，便可方便地实现输出电压、电流的变换，其原理如图 5.4 示意。

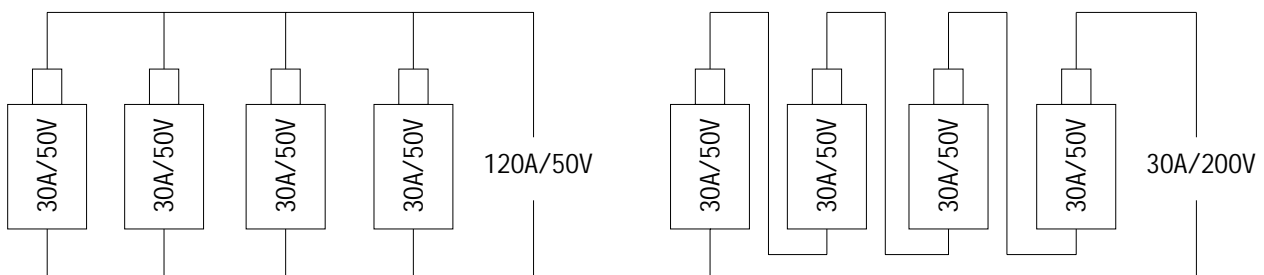


图 5.4 焊机的串并联示意图

5.4.2 转换电路

由图 5.4 可知，只要对几组电源的联接关系进行适当的调整，即可改变输出电压、电流的值；从而适应不同的需要。氩弧焊机与切割机的转换也是基于这样的原理，当电源并联时，输出电压低、电流高，此时，作为氩弧焊机的状态；串联时，电压高、电流低，为切割状态。通常，在实际电路中，电源输出电压、电流的变换是通过改变主变压器几组次边的联接关系而实现的，如图 5.5。

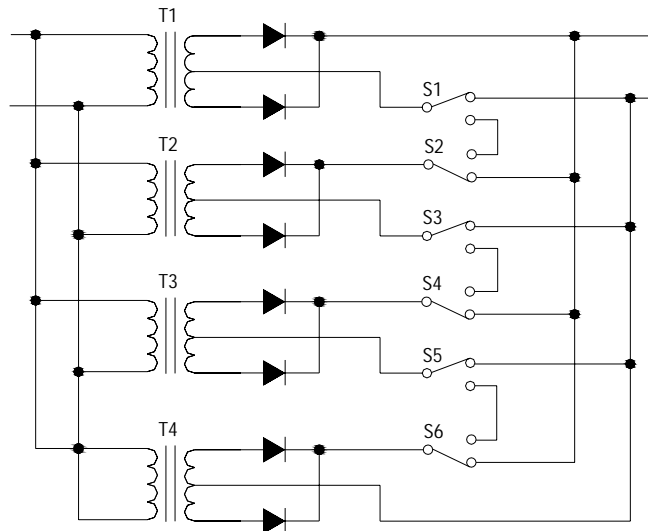


图 5.5 变压器转换电路

第 6 章 二氧化碳气体保护焊机工作原理

6.1 CO₂ 气体保护焊机的特点

6.1.1 二氧化碳气体保护焊机的一般结构图

二氧化碳气体保护焊即熔化极惰性气体保护焊，指用金属熔化极作电极，惰性气体（CO₂）作焊接方法，简称 MIG。

相对于其它弧焊机，MIG 焊机添加了送丝结构及相应的送丝控制电路，在焊接过程中实现了半自动化，不但提高了效率，也减少了损耗。焊接过程中使用廉价的 CO₂ 气体作保护，使得起弧容易，焊接成本低而效果好。而且，送丝速度、输出电压可调节，可使两者达到良好匹配，提高了焊接质量，适用于各类焊接。MIG 机的送丝方式一般有三种：推丝式、拉丝式、推拉结合式，不同的送丝方式对送丝的软管要求各不相同。对于推丝式送丝软管一般在 2.5 米左右，而推拉结合式的送丝软管可达 15 米，为了保证送丝恒度，相应的送丝电机和送丝控制电路都要求严格。

6.1.2 MIG 焊的特点

生产效率高：CO₂ 的电弧穿透力强、熔深大、焊丝熔化率高、熔敷速度快，生产率比手工弧焊高 1~3 倍；

焊接成本低：CO₂ 气体是工厂的副产品，来源广、价格低。其成本只有埋弧焊和手工焊的 40%~50% 左右。

能耗低：相同条件下，MIG 焊与手弧焊相比，前者消耗的电能约为后者的 40%~70%。

适用范围广：MIG 焊能焊接任何位置，薄板可焊致电 1mm，最厚几乎不受限制。而且焊接薄板时，较氩气焊速度快、变形小。

抗锈能力强：焊缝含氧量低，抗裂性好。

焊后无需清渣，因是明弧，便于监视和控制，便于实现自动化。

6.1.3 MIG 焊机的一般要求

1、MIG 焊机的焊接过程

起始时，焊丝由送丝机送出，接触工件；
 焊丝与工件短路，产生大电流，使得焊丝顶端熔化；
 焊丝与工件间形成电弧；
 焊丝送出，电弧变短；
 焊丝再次接触工件。

2、MIG 焊机的一般要求

在焊接过程中，电弧不断地燃弧、短路、重新引弧，燃弧如此周而复始，从而使得弧焊电源经常在负载、短路，空载三态间转换，因此，要获得良好的引弧、燃弧和熔滴过渡状态，必须对电源的动特性提出如下要求：

焊接电压可调，以适应不同焊接需求；
 最大电流限制，即有截流功能，避免因短路、干扰而引起的大电流损坏机器，而电流正常后，又能正常工作；
 适合的电流上升、下降速度，以保证电源负载状态变化，而不影响电源稳定和焊接质量；
 满足送丝电机的供电需求；
 平稳可调的送丝速度，以满足不同焊接需求，保证焊接质量；
 满足其它焊接要求，手开关控制、焊接电流、电压显示、2T/4T 功能、反烧时间调节、焊丝选择，完善的指示与保护系统等等。

3、MIG 焊电源的外特性曲线

由于 MIG 焊接电源的负载状态不断地在负载、短路，空载三态间转换（其输出电压、电流特性曲线如图 6.1a），为了得到适宜的输出和良好的焊接效果，采用了具有图 6.1 的外特性的焊接电源。

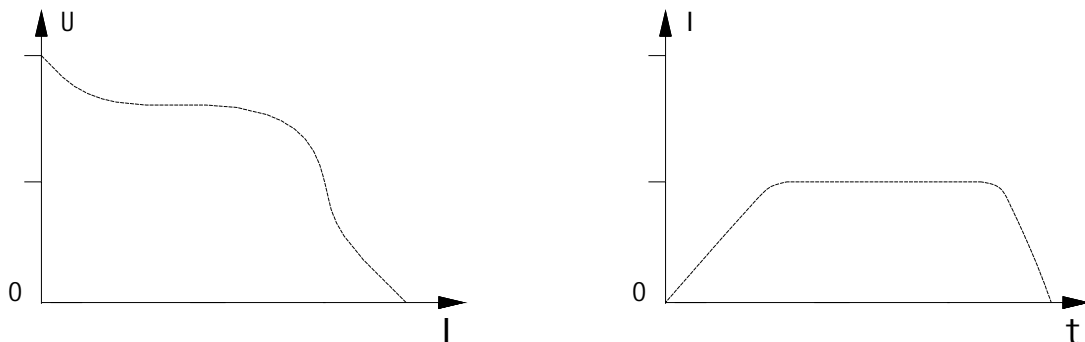


图 6.1 MIG 焊电源的外特性曲线

采用恒速送丝配合如图 6.1 的平外特性电源的控制系流，有以下优点：

弧长变化时引起较大的电流变化，因而电弧自调节作用强，而且短路电流大，引弧容易；
 可对焊接电压和焊接电流单独加以调节，通过改变送丝速度来调节电流，改变占空比调节电压，两者间相互影响小；
 焊接电压基本不受焊丝伸出长度变化的影响；
 有利于防止焊丝回烧和粘丝。因为电弧回烧时，随着电弧拉长，电弧电流很快减小，使得电弧在来回烧到导电嘴前已熄灭，焊丝粘丝时，平特性电源有足够大的短路电流使粘接处爆开，从而可避免粘丝。

6.2 MIG 焊机控制板电路工作原理

6.2.1 它激式辅助电源工作原理

1、3843 集成脉宽调制器工作原理

通常采用脉宽调制器调节脉宽,以达到调节输出电压的目的;反之,通过反馈的方式,可以把对输出电压的采样信号反馈到脉宽,调制器中,利用脉宽调制器的特性控制开关电源的开关,从而达到稳定输出的脉宽。3843 集成脉宽调制器是一种单端输出电路控制型电路,其内部结构框图如图 6.2 所示:

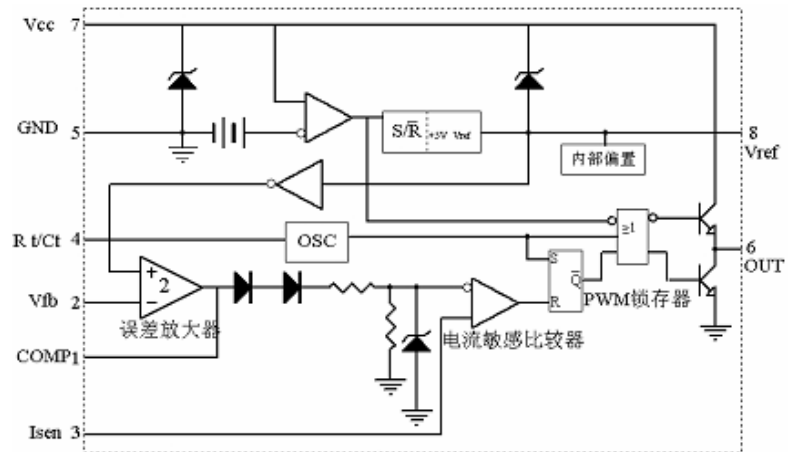


图 6.2 3843 内部原理图

工作原理：

供电：电源由 7 脚输入，在施密特触发器的控制下，电源电压大于 16V 时，芯片工作，低于 10V 时关闭。6V 的启动、关闭的差值电压可有效防止电路在阈值电压附近工作时振荡。输入端设置了一个 34V 的齐纳稳压管，保证其内部电路绝对在 34V 以下工作，防止高压损坏。通常，从高压输入端用电阻分压后供给 7 脚。

振荡信号的产生：其振荡器的工作频率由 4 脚外接的电阻、电容值决定，由 8 脚供给振荡的电源。通常，在 4 脚与地间接电容，4 脚与 8 脚间接电阻，其振荡频率 $f = 1/T = 1/(t_c + t_d)$ (t_c 、 t_d 分别为电容充放电时间)

输出控制：输出信号的控制由误差放大器、电流比较器、锁存器完成。分述如下：

误差放大器：其同相输入端接内部+2.5V 基准电压，反相输入端接受外控制信号。输出端通常接补偿 R、C 回路，R、C 回路接到反相输入端，以控制放大器闭环增益，并起到稳定的作用。

电流比较器：用于电流感应和限制，防止过大电流损坏外部电路，通常，在 3 脚处接一采样信号（可通过电阻接地把外部电路电流转为电压信号），其与误差放大器的输出电压经两个二极管降压后所得的电压进行比较。

锁存器：加入锁存器可以保证输出端在每一振荡周期内仅出现一个单控制脉冲，防止了噪声干扰和开关管的超功耗。

由图可知，当电流比较器输出高电平时，锁存器复位，关闭输出（与非门输出低电平、三极管截止），至下一个时钟脉冲中又将锁存器位置，输出开启（高电平）。

脉宽调制：3843 脉宽调制器的 6 脚外接开关器件，当开关器件流过的电流改变（因负载变化）时，3 脚所采样到的电压信号也随之改变，通过电流比较器，就能改变输出脉冲宽度，从而调节开关管导通时间，即占空比。

6.2.2 他激式开关电源工作原理

图 6.3 为他激式开关电源原理图:

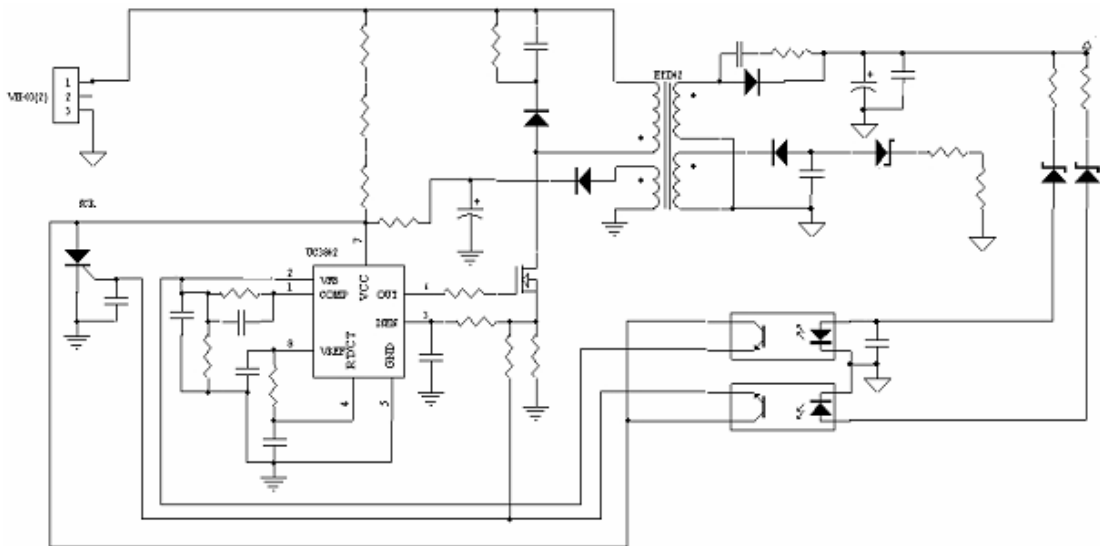


图 6.3 他激式开关电源原理图:

工作原理：

充能：主电源开关闭合后，电源经变压器 T 的初级线圈 N1 供电给功率开关管 Q1 的漏极。同时，UC3843 集成 PWM 的 7 脚也获得电源电压经分压后（R1、R2、R3 分压），大于 16V 的电压，芯片工作，6 脚输出幅值为 12V 的脉冲，使得开关管 Q1 导通。此时，电源给 N1 充电，电能转化为磁能储存于变压器中。

开关管断开：3843 的 6 脚输出脉冲的频率由内部电路的振荡频率（由 C6 和 R8 决定），经一定时间，第一个高电平结束，转为输出低电平，使开关管截止。

放能：开关管 Q1 截止，由于电感（线圈 N1）的续流作用，N1 继续给电容 C8 和 Q1 的漏电容 c_{ds} 充电。此时，在 N1 上的电压方向为上负下正，而 N2 上的感应电动势方向为上正下负，二极管 D4 导通，给负载供电并向 C10 充电。由于稳压管 D5 的稳压钳住作用，使得 N1、N2 上的电压不会太高，而 N1 上的电压也不会因电感特性（续流）而产生尖峰而损坏电路。

振荡：变压器初级线圈在向负载供电的同时也给电容 C8、 C_{ds} 充电。当电容两端的电压大于 N1 上的电压时，电容反向向电感供电，能量由电容向电感和电源转移，等到两者的端电压的大小再发生变化时，电感向电容充能，如此反复，形成正弦振荡（阻尼振荡）。而且，每当电容向电感充电时，N1 线圈都通过 N2 向负载供电并各电容 C10 充电。

稳压输出：在 N1 向 N2 供能时，负载从变压器中得到能量，当 N2 上的感应电动势反向（上负下正）时，电容 C10 向负载供电，从而，在负载上得到稳定的电压供给。

开关管导通，再次充能：在 3843 的输出脉冲控制下，开关管 Q1 再次导通，回复到初始状态。如此周而复始，负载得到持续的稳定的能量供给。

稳压：当负载变化时，辅助电源（他激式开关电源）的输出电压、电流都将发生变化。此时，3843 芯片 2 脚采样到的电压信号（通过 N1 和 N3 采样）以及 3 脚的电平值（输出电流反映到 N1 上的电流在 R12 而形成的压降）也随之改变，从而，3843 内部的电流比较器输出值也发生改变，由此而改变了 6 脚的输出脉宽。例如：当负载变大时，电流变小，使得 3843 内部的电流比较器输出低电平，使锁存器锁存，降低占空比，开关关断时间长，使得振荡次数加大，负载获得的能量变大，保证了负载的需求。

过压、过流保护：如果输入电压过高，在开关导通时，在 N2 上感应到的感应电动势过高，使得 D6(27V) 稳压管被击穿，光耦 U2 动作，触发可控硅 VS，可控硅阴阳两极导能，拉低 3843 的 7 脚电位，芯片停止工作。如果因漏感作用干扰或不正常输入使得开关管漏源电流过大，此时，在 R12 上形成的压降也变大，3843 内部的电流比较器的同相输入端（3 脚）电位变高，当大于 1V 时，电流比较器输出翻转，变为高电平，使得锁存器锁住，芯片输出低电平，关闭开关管，从而保护了功率开关管。

辅助电路：线圈 N3 及 D2、C2、R5 组成一个滤波电路，吸收因电感作用而产生的电流尖峰（当 N1 电流方向改变时，由于电感续流和漏感的作用，会产生尖峰）避免开关管造成误动作，D1、C1 及 R4 组成的电路也具有同样的功效。

线圈 N4、D7、D8、R15、R16 组成的电路具有电网补偿的作用。接上一定的控制电路，可以控制因电网波动而引起辅助电源的输出值。其输出与整机电路的给定值叠加，通过反馈的形式，可以控制输出值，从而避免因输入波动而改变电流的输出值。

在输出端接有 7812 集成稳压器件，可以轻易得到 Q2 的直流稳压电，以满足不同负载的需求。

特征波形：当负载变化时，3843 的输出脉冲的脉宽、电流比较器的同相输入信号，开关管漏极波形都随着改变，反应了电路对输出变化的应变能力和调整能力。

当负载变大时，脉冲变窄，开关管的导通时间变短，则线圈 N1 与电容 C8、CDS 间的振荡次数变多，这样，负载获得能量补充的次数也变多，一周期内获得能量变大。当负载变小时，脉冲变宽，开关管导能野变长，线圈 N1 所获得的能量虽然加大，但其供给负载的变小。这样，在负载的输入端，就能得到稳定的电压供给。而且，开关管的控制脉冲的脉宽与输出的波动有良好的线性关系，所以，电路对负载的反应灵敏，线性调整好。

此种辅助电源因输出电流较大、功率在，适用于大功率的机器。

6.3 送丝机构

6.3.1 送丝控制功能的一般要求

MIG 焊机采用自动送丝的焊接方式，其要求：

焊丝的送出速度可调，以满足不同的环境、人为要求；

送丝速度平稳，以达到良好的焊接效果；

尽可能短的送丝停止时间，即急刹车功能；

另外：送丝控制与开关控制是同步的，为了方便控制，在送丝板电路中，包含了手开关控制电路，MIG 焊机要求手开关具有：

灵敏的送丝起动、刹车控制；

适宜的输出电流延时、封波控制；

灵敏、可靠、适宜的通断气体控制。

6.3.2 送丝机构控制电路工作原理

1、TL494 脉宽调制器 (PWM) 工作原理

与其它控制电路相似，为了满足良好焊接对送丝的要求，送丝机构控制电路也采用了调节脉宽输出（送丝速度）并输出反馈而稳定输出的方式。MIG 焊机的送丝控制电路采用 TL494PWM 作为主控制器件，其内部结构框图如图 6.4 所示。

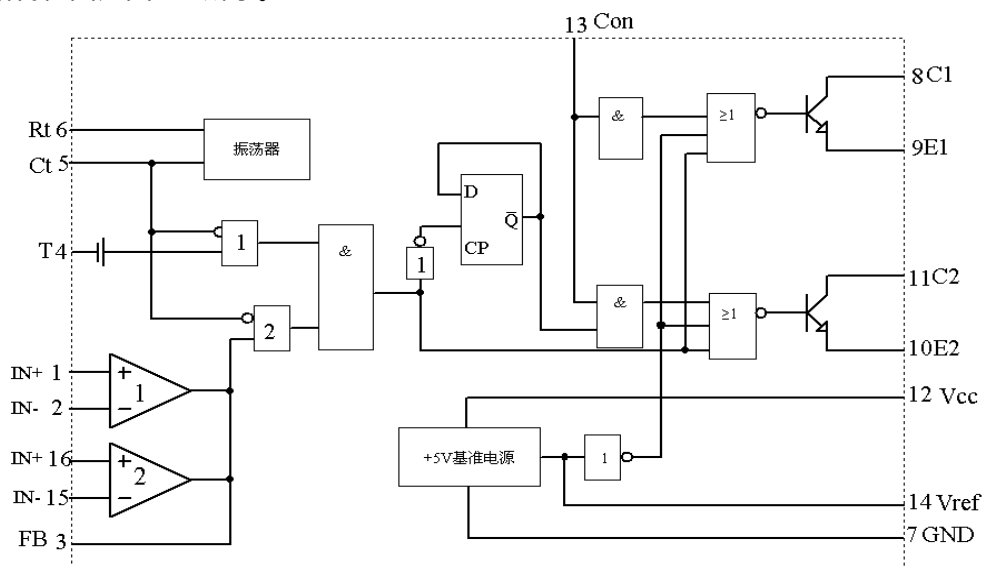


图 6.4 TL494 内部结构框图

工作原理：

振荡信号产生：TL494 中有一振荡器，其振荡信号由阴容器件产生，其振荡频率由外接的电容的充放电决定， $f=1/(tc+td)$ (tc 、 td 分别为电容充放电时间)。

脉宽控制：与 CW3525 类似，通过改变基准电压的方式改变运放输出脉宽。即把振荡信号（锯齿波）由反相输入端送入 PWM 比较器（运放），可调（控制）的基准电压由 PWM 比较器的同相输入端输入。只需改变外电路的给定值，即可调节基准电压，从而调节脉宽。

死区时间控制：TL494 较 CW3525 更优秀的一点在于增添了一个死区比较器，它可以控制两路输出脉冲之间的死区时间，以满足不同开关的需求。它与 PWM 比较器的输出（都为脉冲信号）作为数字与门的两个输入信号，只要有一比较器输出低电平，即中锁住锁存器输出，而死区时间比较器与 PWM 比较器的输出状态都受到振荡信号和基准电压的控制，这样，改变死区比较器某一输入端的值，即可改变其与另一输入端的输入值之间的关系（大于、等于或小于），从而改变死区时间比较器的输出状态。通常，在死区时间比较器的同相输入端（TL494 的 4 脚）外接电阻，以外电路电流在该电阻上形成的压降作为比较器的同相输入，即以之控制死区时间，这样，改变外接电阻的值即可改变死区时间。另外，它还可以设计成电源软起动控制及不死保护控制电路等。

输出稳定控制：调节输出脉宽可通过改变 PWM 比较器的同相输入端（3 脚）的值来实现，但由于电网波动，负载变化等因素，会导致输出电压、电流变化。于是为稳定输出，TL494 通过运放对输出回路进行采样，采样的值与设定的稳定的一个基准电压比较（运放映机的输出），比较后的值叠加在给定值上，从而控制输出脉宽，由于这样的采样控制是一个负反馈过程，能适当改变脉宽，使得输出稳定。另外，双运放比较输出形成还能完成过电流保护等功能。

输出方式控制：输出方式由 13 脚的电平值决定。当该端为高电平时，两路输出分别由触发器的 Q 和 G 端控制，形成双端输出方式，当 13 脚为低电平时，触发器失去作用，两路输出同时同 PWM 比较器后的或门输出控制，同步地工作，两路并联输出。两路并联输出时，输出驱动电流较大。

6.3.3 手开关控制电路工作原理

图 6.5 是 MIG 焊机手开关控制原理图，它完成手开关通断控制，2T、4T 转换，电磁阀的通断控制等功能。

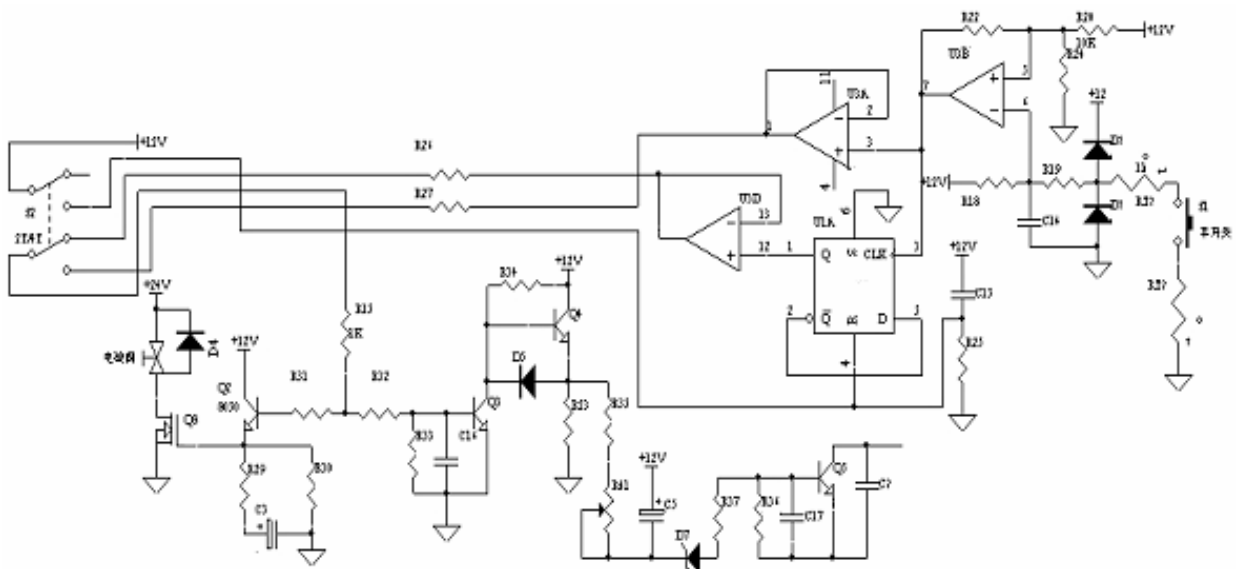


图 6.5 手开关电路

手开关的开通与关断状态

当手开关合上时，UB 的反相输入端电位变低 ($V=12/51+5.1+1+1 \times (5.1+1+1) \approx 1.45V$) 低于 4V 时，UB 输出高电平（12V），使得电压跟随器 UA 也输出高电平。

当手开关打开时，12V 直流电直接加到 UB 的反相输入端，使 UB 的输出变为低电平，同时，UB 也输出低电平（零电位）。

另外：在手开关处对电源接有两个二极管（D1、D2），是为了防止手开关抖动而产生误导而设置的。由于焊接工人或其它原因，手开关产生抖动时，接触触点后又马上断开，这时，触点上便产生很大的电压，使得二极管导通，而不致于使 UB 因高电压损坏或因手开关抖动而改变输出状态。

2T、4T 转换控制：

由图中可看出，当 2T/4T 开关打到 2T 时，12V 电源加到 D 触发器的复位端（R），使得 D 触发器复位，不工作，输出零电平。同时，使电压跟随器 UD 也输出零电平。即手开关合上时，电磁阀控制电路（Q1、R13、C2、Q2 等组成）有输入信号，而手开关打开时，无输入信号，即 2T 功能。

当 2T/4T 开关打到 4T 时，触发器正常工作。手开关合上时，UB 输出状态由低电平转为高电平，使得 D 触发器触发，输出高电平，手开关打开，UB 的输出状态由高电平（“1”）转变为低电平（“0”），但 D 触发器是在脉冲的上升沿触发点，此时 D 触发器输出状态保护高电平。而 Q 为低电平，D 为高电平。当手开关再次按下时，时钟脉冲由低（“0”），变高（“1”），D 触发器触发，而 D 输入端为高电平，由 $Q_{n+1}=D_n$ 可知，输出仍为高电平。

电磁阀的开关控制：

电磁阀的开关控制电路由 Q1、R13、C2、Q2 组成，当手开关控制电路输出高电平信号时，使得 Q1 导通，给电容 C2 充电，使得开关管 Q2 的栅极电位升高而导通，24V 直流电压使得电磁阀动作，让气体通过。

当手开关打开后，手开关控制电路无输出（输出低电平），使得 Q1 截止，但于电容 C2 的储能作用，Q2 仍然导通，电容 C2 通过 R13 缓慢放电，当电容 C2 的端电压降到一定程度时，电磁阀关闭，停止供气。实现气体的延时，保证焊接质量，其延时时间取决于电容 C2 与电阻 R13 的值的大小。

反烧时间控制电路：

其作用是使焊机有一个适当的通电延时，使焊机在手开关断开后，仍保持供电，避免焊丝在送丝机的惯性作用下送出而扎到熔池里或在焊丝端头结成金属球，影响下次焊接。

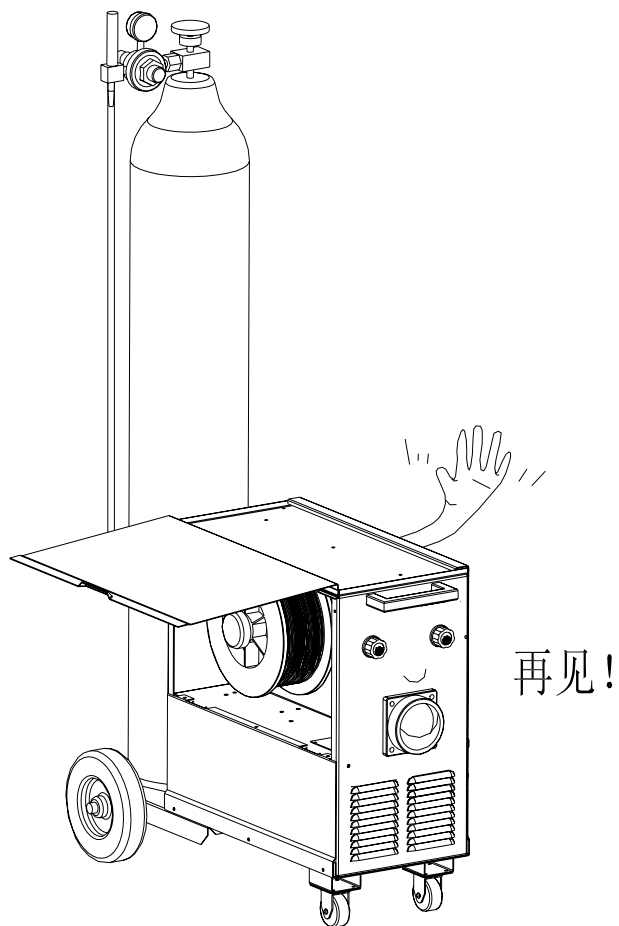
其原理是调节使电流延时适当的时间，使得在送丝机惯性作用下送出的焊丝完好地融化到焊缝里。


因为反烧是在手开关的控制之下。当手开关关断时，Q1 截止，而 Q2 导通，电容 C2 放电，使得 RW1 的非可变端（稳压管的负端）电位上升，当上升到超过 5.1V 时，Q3 导通，从而使得 Q3 集电极位变低，通过控制电路，使得控制芯片 3525 8 脚的电位被拉低，停止输出（封波）。由于电容 C2 和 RW1 的关系电位器非可变端的电位缓慢上升，使得手开关关断时，使得芯片 3525 并非马上封波而停止主电路输出，而是经过一定的时间，该时间由 C2 及 RW 该时间由 C3 及 RW1 的值决定，这样，调节 RW 的值即可调节电流延时时间，即反烧时间。

结束语

至此，第一册的内容就讲解完了。关于维修或了解更多佳士焊机的内容，读者可参考其它佳士的用户手册、维修手册等。

佳士公司陆续开发了以数字化技术、IGBT 为代表的新一代的焊机，逆变焊机的技术日新月异。本手册是公司在数年前为内部培训编写，主要选择的是较成熟的场管焊机技术进行讲解，并未包含最新的技术。此次再版，主要是校正了一些文字和插图的错误，并对以前的章节重新编排，因编者水平有限，难免挂一漏万，错误之处望读者不吝指出。



 提示：本资料仅供内部参考，禁止拷贝！