

# 焊接设备的 工作原理与维修

谢海兰 编

高效·节能  
新型·常用

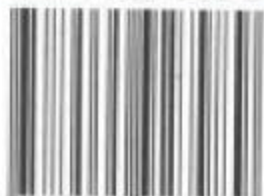
 广东科技出版社

责任编辑：杨贵生  
封面设计：陈维德

# 人海拾



ISBN 7-5359-2798-X



9 787535 927989 >

ISBN 7-5359-2798-X  
TG·17 定价：17.00 元

# 焊接设备的工作原理与维修

谢海兰 编

广东科技出版社

·广州·



**图书在版编目 (CIP) 数据**

焊接设备的工作原理与维修 / 谢海兰编. —广州: 广东科技出版社, 2001.7

ISBN 7-5359-2798-X

I. 焊… II. 谢… III. ①焊接设备-使用②焊接设备-维修  
IV. TG43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 15058 号

MAV 3P / 07

Hanjie Shebei De Gongzuo Yuanli Yu Weixiu

---

出版发行: 广东科技出版社

(中国广州市水荫路 11 号 13~14 楼 邮政编码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

出版人: 黄达全

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

印 刷: 广州市番禺新华印刷有限公司

(广州番禺市桥工农大街 45 号 邮政编码: 511400)

规 格: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张 8.25 字数 17 万

版 次: 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 1~4 000 册

定 价: 17.00 元

---

若发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

## 内 容 简 介

本书从维修的角度出发,结合作者长期工作中的经验体会,介绍了电气设备维修的一般方法。重点选择目前使用比较广泛的大阪(OTC)X系列、XC系列CO<sub>2</sub>半自动焊机,唐山松下KR系列CO<sub>2</sub>半自动焊机,上海MZ-1-1000型自动埋弧焊机,广州ZX<sub>5</sub>系列晶闸管整流弧焊机,成都ZX<sub>7</sub>系列逆变式直流弧焊机为例,既深入浅出地介绍了焊机的工作原理和故障分析处理,又体现出了设备维修应掌握的知识和技能,以及如何掌握设备的工作原理和分析处理维修问题的方法。书中还选入了排除疑难故障的实例。

本书注重介绍分析问题的方法和在实践中的应用,实用性强,而且条理清晰,文字简洁,通俗易懂,不仅对于焊接设备维修人员会有很大帮助,而且对一般电气设备维修人员也会有较大的启发与帮助。

本书可供设备维修人员、电气与焊接专业的工程技术人员、管理人员和焊工参考,还可供大专院校、技校和职校有关专业的师生参考,也可作高效节能焊接设备维修电工的培训教材。

## 前 言

高效焊接技术，是指与常规手工电弧焊相比生产效率较高的焊接技术。按其工艺和材料的不同，高效焊接方法，目前船厂常用的可分为六大类，即手工焊条高效焊、气体保护焊、埋弧焊、电渣焊、气电自动焊和单面焊。目前使用最广泛的是  $\text{CO}_2$  气体保护焊。

高效焊接方法具有效率高、质量好、成本低、适用广等优点。在发达国家，已普遍使用高效焊接方法了，焊接高效化率达到了 80% 以上。在我国，“八五”期间以来，高效焊接技术发展很快，但与国外相比，还有很大差距，我国各工业行业焊接高效化率平均为 25%，有些中、小型工厂，还在使用效率低、耗能大的直流旋转焊机。因此，无论是放眼世界，还是面对国内，为了降低成本，提高产品质量和竞争力，都应该大力推广使用高效焊接技术，使用高效节能型焊机。

高效节能焊接设备，一般都应用了当代电子技术，电子控制的焊接电源已成为当今焊接电源发展的方向，因此，技术比较复杂，购买设备投入的资金比较大，对维修保养的要求比较高。这是影响其推广使用的原因之一。但它的效率高，例如  $\text{CO}_2$  焊一般比普通手工焊生产效率高 1~4 倍，还有质量好、省电、减少变形等优点，无疑是合算的。如果选用质量比较好的焊机，正确地使用焊机，善于管理，注意维护保养，焊机的使用寿命将是很长的。平时，只需要正常的消耗，并不需要很多的维修费用。至于维修的技术能力，一般的企业都具备，关键是加强组织与管理，充分发挥有关人员的积极性。

高效焊接技术的进一步推广使用，在很大程度上取决于其设备的维修与保养。为此，作者将从事设备的电气技术与维修工作的近 30 年来的心得体会，倾注在本书的字里行间，希望能对设备维修（特别是对高效节能焊接设备的维修）提供帮助，能对我国焊接技术的进步尽点微薄之力。作者认为，只要读者能够很好地掌握几种典型的焊接设备的工作原理与故障分析处理方法，能够做到融会贯通，举一反三，不断提高自己分析和处理设备维修问题的能力，那么就能更好地做好电气设备的维修工作。

本书得到了赵子森、周方权、谢群集、刘桑、蓝方强、蔡新保等同事的大力支持和帮助，还得到了成都电焊机研究所、中国船舶工业公司高效焊接指导组、唐山松下机器有限公司、广州电焊机厂、珠海大衡焊割设备有限公司等单位的大力支持和帮助。在此，表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免有错误和不当之处，恳请广大读者指正。

# 目 录

第一章 电气设备维修的一般方法	(1)
第一节 对维修人员的具体要求	(1)
一、熟悉图纸	(1)
二、应掌握与设备使用与维修有关的知识	(2)
三、要注意积累经验	(2)
第二节 排除电气设备故障的一般方法	(2)
第二章 X 系列、XC 系列 CO <sub>2</sub> 半自动焊机原理和故障处理	(4)
第一节 主要技术参数与结构	(4)
一、主要技术参数	(4)
二、焊机结构	(4)
第二节 工作原理	(5)
一、主电路	(5)
(一)各元件的作用	(5)
(二)主要特点	(8)
二、控制电路	(9)
(一)主晶闸管(可控硅)触发脉冲电路	(9)
(二)送丝电动机控制电路	(14)
(三)程序控制电路	(15)
第三节 常见故障分析与处理	(17)
第四节 XC 系列与 X 系列 CO <sub>2</sub> 焊机工作原理比较	(20)
一、主电路	(20)
二、控制电路	(20)
(一)主晶闸管触发电路	(23)
(二)送丝机控制电路	(24)
(三)焊接基准信号、焊枪开关和点动开关电路	(24)
(四)程序控制电路	(25)
(五)附加功能电路	(29)
第五节 几种晶体管的简单介绍	(31)
一、二极管	(31)
(一)表示方法及主要特点	(31)
(二)简易判断方法	(31)
(三)基本参数及选用	(32)
二、晶闸管	(32)
(一)结构及表示符号	(32)

(二)简单测试 .....	(32)
(三)工作原理 .....	(33)
(四)基本特性与关断条件 .....	(33)
(五)主要参数及选用 .....	(34)
三、三极管 .....	(35)
(一)种类及图形符号 .....	(35)
(二)主要作用 .....	(35)
(三)主要参数及选用 .....	(35)
(四)利用万用表检测三极管 .....	(35)
四、单结晶体管 .....	(37)
(一)结构及图形符号 .....	(37)
(二)简易判别方法 .....	(37)
(三)基本特性 .....	(37)
五、程控单结晶体管 .....	(38)
<b>第三章 KR 系列 CO<sub>2</sub> 半自动焊机原理和故障处理 .....</b>	<b>(40)</b>
<b>第一节 特点及主要技术参数 .....</b>	<b>(40)</b>
<b>第二节 工作原理 .....</b>	<b>(41)</b>
一、主电路 .....	(41)
二、控制电路 .....	(41)
(一)主晶闸管触发电路 .....	(41)
(二)电压、电流控制与运算电路 .....	(45)
(三)送丝机控制电路 .....	(51)
(四)程序控制电路 .....	(55)
(五)其他控制电路 .....	(62)
<b>第三节 常见故障分析与处理 .....</b>	<b>(66)</b>
<b>第四节 焊枪与流量计的修理 .....</b>	<b>(69)</b>
一、焊枪 .....	(69)
(一)焊枪结构 .....	(69)
(二)焊枪的修理 .....	(69)
二、流量计 .....	(71)
(一)流量计结构 .....	(71)
(二)流量计的修理 .....	(71)
<b>第四章 MZ-1-1000 型自动埋弧焊机原理和故障处理 .....</b>	<b>(73)</b>
<b>第一节 主要技术参数与结构 .....</b>	<b>(73)</b>
一、主要技术参数 .....	(73)
二、结构及其作用 .....	(73)
(一)焊接电源 .....	(73)
(二)焊接小车 .....	(74)
<b>第二节 操作程序与线路工作原理 .....</b>	<b>(74)</b>



一、焊前准备与调整	(74)
二、焊机的起动力	(77)
三、起弧与焊接	(78)
第三节 维护与安全	(80)
第四节 常见故障分析与处理	(81)
一、焊接电源	(81)
二、焊机(焊接小车)	(82)
<b>第五章 ZX<sub>5</sub>系列晶闸管(可控硅)整流弧焊机原理和故障处理</b>	<b>(84)</b>
第一节 主要技术参数与结构	(84)
一、主要技术参数	(84)
二、结构及其作用	(84)
第二节 工作原理	(87)
一、主电路	(87)
二、控制电路	(87)
(一)晶闸管触发脉冲电路	(87)
(二)信号控制电路	(89)
(三)稳压电源电路	(91)
第三节 常见故障分析与处理	(91)
<b>第六章 ZX<sub>7</sub>系列逆变式直流弧焊机原理和故障处理</b>	<b>(94)</b>
第一节 逆变焊机简介	(94)
一、逆变器及逆变式弧焊电源	(94)
二、逆变电源的特点	(94)
第二节 主要技术参数与结构	(95)
一、主要技术参数	(95)
二、结构及其作用	(95)
第三节 工作原理	(100)
一、主电路	(100)
(一)输入整流器	(100)
(二)逆变电路	(100)
(三)输出整流器	(102)
二、控制电路	(102)
(一)信号综合放大电路	(102)
(二)V/f变换电路(压控振荡器)	(102)
(三)逻辑控制电路	(103)
(四)触发脉冲电路	(105)
第四节 常见故障分析与处理	(106)
<b>第七章 排除疑难故障的典型实例</b>	<b>(108)</b>
第一节 芬兰 Marc-500(500HF)型多功能焊机故障的排除	(108)
一、焊机的功能与特点	(108)

二、故障现象与排除 .....	(108)
第二节 林肯 DC-1000 型自动埋弧焊机故障的排除 .....	(111)
第三节 一线之差所引起的疑难故障.....	(114)
第四节 日本松下无控电缆 CO <sub>2</sub> 焊机故障的排除 .....	(115)
第五节 日本 SG-2Z 垂直气电自动焊设备主机印刷板的修理 .....	(116)
第六节 关于 ZX <sub>7</sub> -400 型逆变焊机维修小议.....	(118)
附:搞好高效焊机的维修与管理,促进高效焊接技术的推广使用——广州文冲 船厂维修与管理的经验体会 .....	(120)

# 第一章 电气设备维修的一般方法

对于电气设备的维修，我们都希望比较准、快、好地排除故障，要做到这一点是很不容易的。为了能正确、迅速地分析和判断设备发生故障的部位或损坏元件，一是要有该设备原理图，并了解清楚电路原理、结构和工艺特点；二是要有正确的维修方法和技巧；三是要有必要的工具和仪器；四是要有易损零部件的配件。为此，维修人员平时要注意钻研设备的技术图纸，学习与设备和图纸有关的知识，深入地掌握设备的工作原理及元件的性能与识别。在维修过程中，注意掌握分析问题、判断故障的方法，积累经验。对图纸的理解是关键，钻研越深，掌握的知识 and 积累的经验越多，在需要排除设备故障的时候，就会更有把握，就能比较迅速、准确地排除故障。

## 第一节 对维修人员的具体要求

### 一、熟悉图纸

在仔细地阅读设备使用说明书后，再去看图。对于比较复杂的设备的电气原理图，如何去看呢？

1. 首先，分清主电路和控制电路。
2. 联想工艺对设备的要求，了解主电路和控制电路分别由哪几部分组成，其作用原理如何。
3. 对电路中不清楚的元、器件或单元，看有关参考书、资料或与别人讨论。
4. 对于复杂的电路，必要的时候进行简化，掌握主要元件的作用。
5. 综观全图，看各电路之间的联系，电路是怎样实现设备各种功能的，形成整体概念。
6. 用符号、图形及简短的语言，按照自己的思路 and 需要，可详可略，写出设备的操作动作程序（即工作流程）。这是必要的。因为这是对看图纸资料的一个概括性总结，是读书“由厚变薄”的方法的应用，可以帮助记忆，以后维修设备时可以按照工作流程来查找故障。
7. 记住一些必须掌握的主要技术参数以及设备在正常工作时的某些测试点的参考数据或波形，以便维修时做比较。
8. 在工作中不断加深和完善对电气原理图的理解。

## 二、应掌握与设备使用与维修有关的知识

对于焊接设备来说，应掌握焊接材料、工艺、机械等因素对设备工作的影响，因为有的设备故障，是由于这些因素的问题而产生的。

## 三、要注意积累经验

俗话说，熟能生巧，有了经验，就能帮助我们掌握某些规律，更快地排除故障和预防故障的发生。为此，最好配一个笔记本，将某些故障发生的时间、现象、原因分析和处理方法记录下来。

## 第二节 排除电气设备故障的一般方法

1. 了解故障现象及其产生的原因，联系自己已掌握的知识，作出分析判断，确定是哪方面的问题。有时候，首先要检查一下是否正确地使用了设备（应仔细阅读说明书），然后再想一想是设备的电气、机械，还是操作是否符合规范等方面的问题。

2. 断开电源，对设备进行检查。对自己所怀疑的地方，先易后难或查找可能性最大的地方，检查接头、插头是否松脱，电线、电缆是否破损，印刷板元件或线路有没有脱焊或烧坏，注意机内有没有烧焦味等。

3. 做了外观检查后，再进行通电检查或试机。在通电的最初时刻，应注意有没有异常的声音、气味和火花。如有，则立刻断开电源，进行排除。如没有，则继续检查，观察设备的部件和元器件工作是否正常，根据图纸资料和工作流程，利用万能表进行检测，还可用观察印刷板的指示灯或更换印刷板等办法查找故障出在哪一环节。通电后，要特别注意人身和设备的安全，哪些部位已有电，要心中有数，即使认为没有电的地方，也要注意有可能带电。

4. 有时候，故障不很明显，如设备的各参数都正常，但设备不能正常使用，叫人“莫名其妙，无从下手”，或者设备时好时坏，故障现象不定，像“捉迷藏”。这类极少数的疑难故障，关系到设备的命运，但找出来了，也可能非常简单。可是，要找出来，却很不容易，有时真叫人绞尽脑汁。平时的学习与积累，此时显得很重要了。于是，要深入地看图，进一步分析可能是什么原因引起的，进行细致的检查，分析和处理方法如下：

(1) 接触不良。这类故障不易发现，甚至用万用表测量电阻、电压都没有问题或无明显问题，因此，应细心观察是否有点生锈，接触是否松动，接触面是否平整，是否足够大等。

(2) 可能有虚焊点。对可疑的焊点重新焊接。

(3) 可能有似坏不坏的元件。这种元件，用万用表测量是好的。但在使用中，即动态时就不行了。对所怀疑的元器件，可换上好的元件试一试。如果电线似断不断，电缆内某

线间绝缘不可靠，也可用这种“代替法”试一试。

(4) 缩小范围。如果不清楚故障出在什么地方，可断开线路或换上好的元、部件，将范围缩小，再用前述方法寻找故障。

(5) 检查接线或元件参数是否有错误，特别是别人已修过的设备。对照原理图或根据设备的性能进行分析，确有错误，则加以改正。值得一提的是，维修人员在修理设备时要细心，必要时要做好“记号”，不要接错线，用替代元、器件时，要知道换上该元件行不行，对电路有什么影响。如果维修人员不清楚，那还是照葫芦画瓢为好，不能随便使用代用元器件或改线，否则，会越修越糟，甚至损坏设备。

(6) 必要时，用示波器进行检查。

(7) 如果从各方面检查电器没有问题，那就要从机械、操作等方面寻找原因。

对疑难故障的排除，要沉着、坚持、细心。有时，感到“山穷水尽”，没办法了，其实，正因为已找遍了，所以，很快就会“柳暗花明”，找到故障的。

5. 关于印刷板的检修。一般设备的印刷电路板，厂家都没有提供电原理图，只有外部接线图，采用下面的办法查找印刷板的故障很有实效：

(1) 用万用表对所怀疑的元件、线路作一般检查。

(2) 查不出问题时，用万用表将坏了的印刷板与好的印刷板的元件或线路对比测量，分析判断（一般在板上测量，不要焊下元件），注意避免损坏元件和印刷板。

(3) 对所怀疑的焊点重新焊接。

(4) 画出印刷板的电原理图或发生故障的部分原理图，对故障进行分析检查。

(5) 根据对原理图的分析，掌握重要环节的参数及波形，用示波器进行检查。

## 第二章 X 系列、XC 系列 CO<sub>2</sub> 半自动焊机原理和故障处理

大阪 (OTC) X 系列 CO<sub>2</sub> 半自动焊机, 有 XⅢ-200PS、XⅢ-350PS、XⅢ-S 三种规格, 其工作原理基本相同。现在生产的新型 XC 系列焊机, 是在原 X 系列焊机的基础上, 有所改进。目前, 原大阪型机还在使用, 其图纸资料也比较齐全, 因此, 现在仍选 X 系列焊机为例。但为了满足对 XC 系列焊机维修的需要, 也对 XC-500 型焊机的控制线路进行了初步的测绘, 将在第四节对 X、XC 两系列焊机的工作原理作一比较。这样, 如果读者既能深入了解大阪型 CO<sub>2</sub> 半自动焊机的工作原理, 又能掌握 XC 系列与 X 系列焊机的不同之处, 那么, 无论是对旧机, 还是对新机, 就都能较好地解决其设备维修问题。下面以 XⅢ-500PS 型焊机为例加以说明。

### 第一节 主要技术参数与结构

#### 一、主要技术参数

1. 额定容量: 32kVA
2. 额定输入相数、电压: 3 相 380V (±10%)
3. 额定输出电流: 500A
4. 额定输出电压: 45V
5. 焊接电流范围: 50~500A
6. 焊接电压范围: 15~45V
7. 空载电压: 50~70V (R4 从 0 至最大时)
8. 额定负载持续率: 60%
9. 焊丝直径:  $\phi 1.2$ 、 $\phi 1.6$  (mm)

#### 二、焊机结构

1. 焊接电源: 具有一定的外特性, 提供可调的焊接电压和电流。

主要由主变压器、晶闸管整流器、平衡电抗器、直流电抗器、接触器、风机、控制元器件所组成。

印刷电路板都装在焊接电源内, 其功能如表 2-1 所示。



表 2-1 印刷电路板的功能

印刷电路板号	功 能
P7539S	触发电路
P7539Q	模拟控制电路；送丝机控制电路
P7204P	$\pm 15V$ 电源，同步脉冲电路，缺相保护电路
P1589J	触发主晶闸管的接线板
P7204J	主接触器控制电路
P7541R	焊接程序控制电路

2. 送丝机：自动输送焊丝。

主要元、部件有：送丝电动机、电磁气阀、减速箱、送丝轮、矫正轮、加压手柄等。

3. 遥控盒：用来远距离调节电弧电压和焊接电流，手动控制送丝，装有电位器和按钮。

4. 焊枪：具有送气、送丝和输电的功能。

半自动  $CO_2$  焊枪，一般采用鹅颈式焊枪，主要零件有：导电嘴、喷嘴、绝缘体、连杆、鹅颈管、焊把、手把开关、三位一体（气管、弹簧软管、焊接电缆线及控制电线）的电缆、导管、导管套等。

5. 流量计：预热、减压和调节  $CO_2$  气体流量。

主要零件有：加热装置，高、低压室，压力表、调压手柄、外表管、内表管、浮子、流量调节旋钮等。

## 第二节 工作原理

### 一、主电路

如图 2-1 中最上面部分电路所示，其组成主要有交流接触器 KM、主变压器  $T_1$ 、晶闸管整流元件  $VT_1 \sim VT_6$ 、平衡电抗器  $L_1$ 、直流电抗器  $L_2$  等。

#### (一) 各元件的作用

1. 交流接触器 KM：用来接通或断开主电路。

2. 主变压器  $T_1$ ：主要功能是把三相 380V 的电网电压降低到整流电路所需的电压值，该电压经晶闸管整流后，得到适合于焊接的电压值。 $T_1$  的原边为三角形接法，副边有 2 个三相绕组，都接成星形，且同名端相反（即相位相反）故称双反星形。此外， $T_1$  的副边还有 2 个绕组，即流量计加热器的电源（100V），送丝机主回路和程序控制电路的电源（26V）。

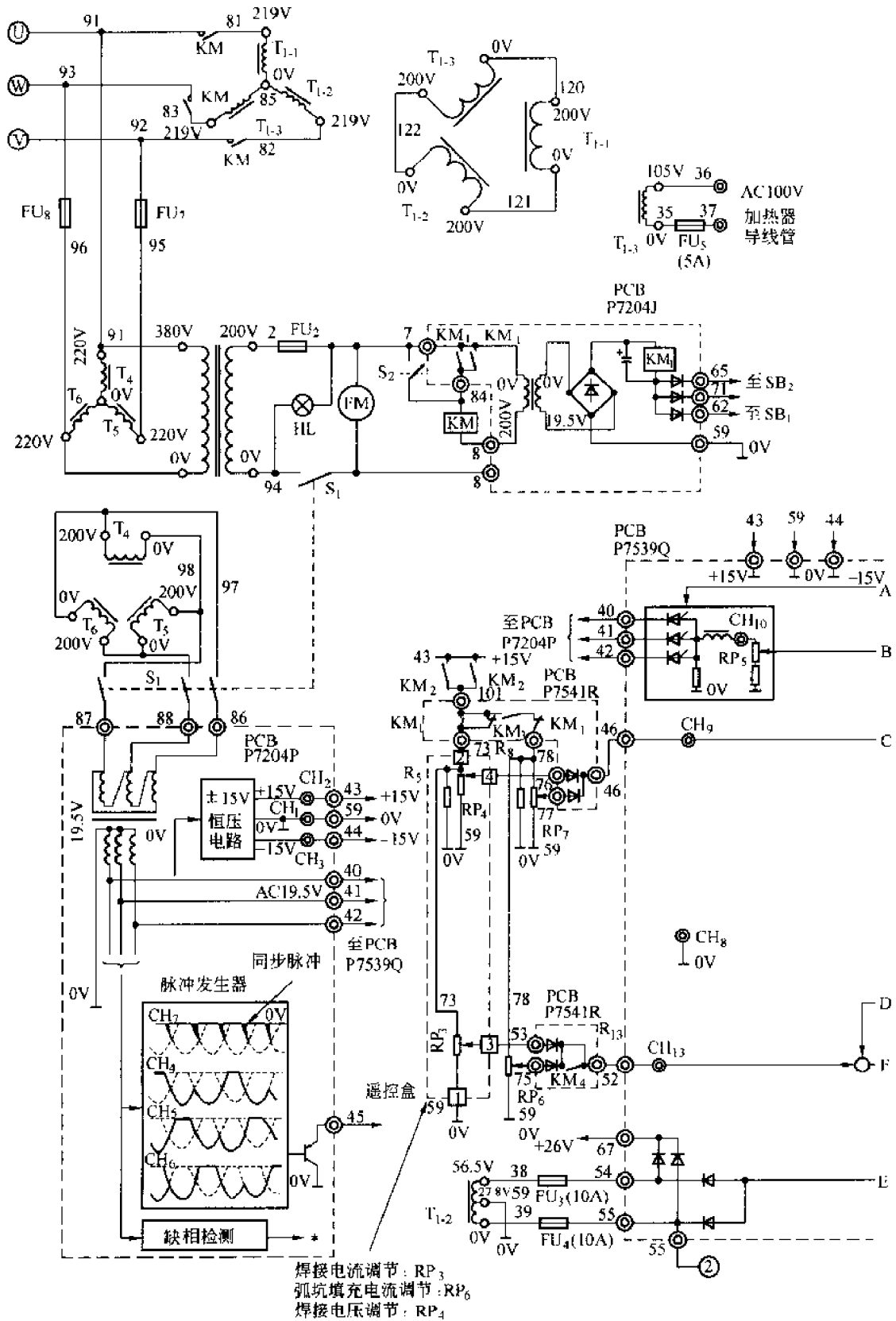


图 2-1 (1) XIII-500PS 型电路原理图 (1)

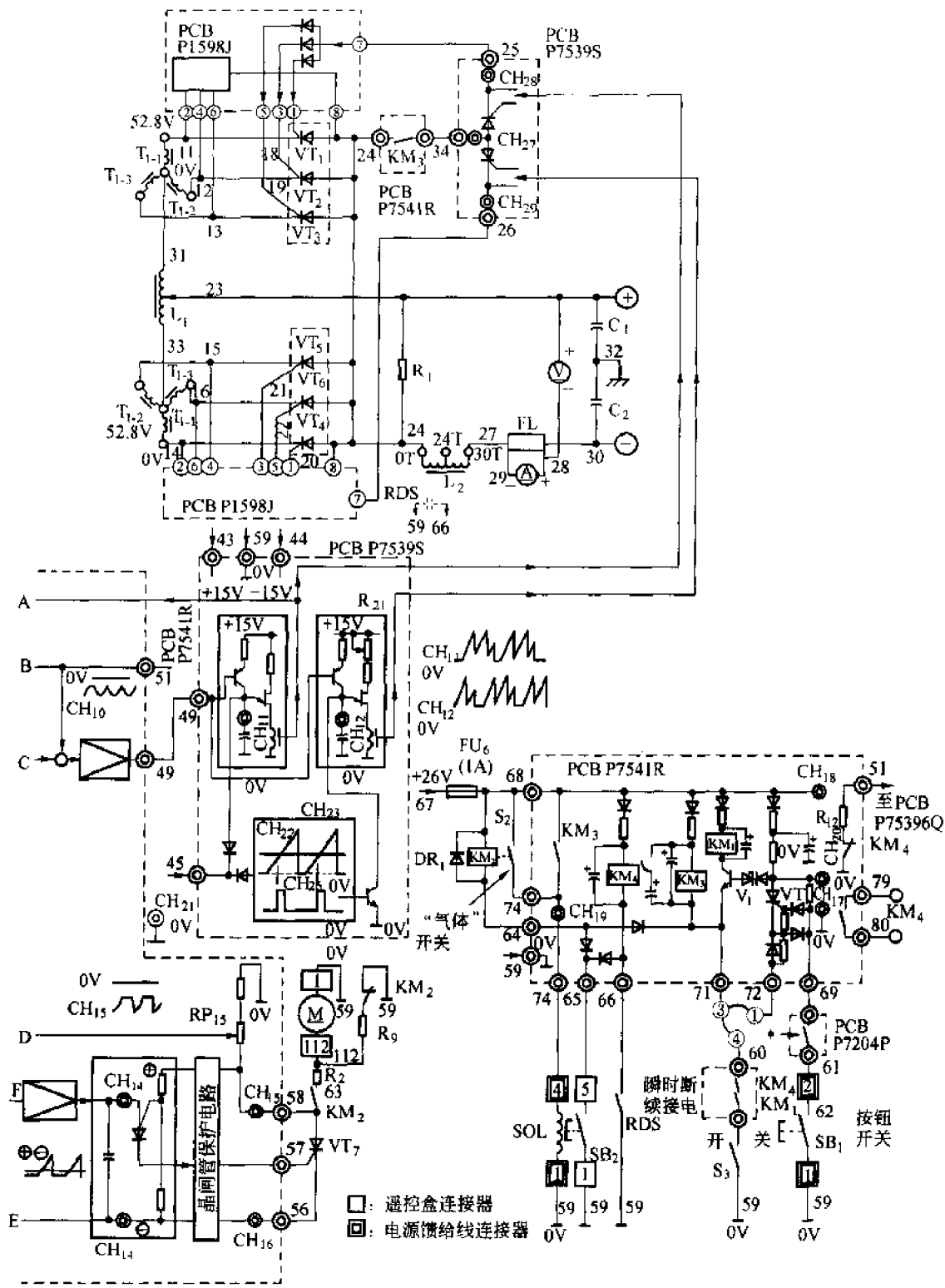


图 2-1 (2) XIII-500PS 型电路原理图 (2)

3. 晶闸管  $VT_1 \sim VT_6$ ：为可控整流元件，通过调节  $VT_1 \sim VT_6$  的导通角，来调节焊机输出电压的大小。

4. 平衡电抗器  $L_1$ ：是一个带中心抽头的有铁芯的电感，能使 2 组双反星形整流电路同时导电。

5. 直流电抗器  $L_2$ ：用作滤波，可减少飞溅，改善焊机的动特性，使电弧燃烧更稳定些。

6. 续流电阻  $R_1$ ：为晶闸管的维持电流提供通路。

## (二) 主要特点

焊机主回路采用了带平衡电抗器的双反星形整流电路（如图 2-2 所示）；

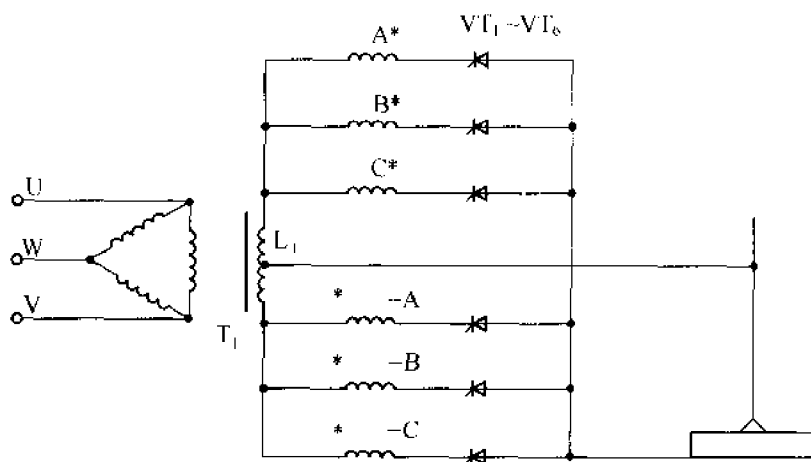


图 2-2 带平衡电抗器的双反星形整流电路

在这种电路中，2 组整流电路的整流电压平均值相等，但 2 组输出电压波形的相位相差  $60^\circ$ ，因此其瞬时值并不相等（如图 2-3a 和 b 所示）。

如果不带平衡电抗器，那么双反星形整流电路就是一个六相半波整流电路，它的工作方式与三相半波电路相似，任意瞬间只有一管导通，其他管子都因承受反向电压而关断。此时，每只管的导电时间短（ $60^\circ$ ），电流峰值高，变压器的利用率低，因此很少采用。

采用平衡电抗器后，双反星形电路相当于 2 组三相半波整流电路并联。这是因为 2 组整流电路瞬时值之差，降落在平衡电抗器上（如图 2-3d 所示），从平衡电抗器的中点引出导线作为整流输出的负端，其电位等于两端点电位的平均值。所以，2 组半波整流电路能够互不干扰，在任一瞬时各有一管导通，导电时间均为  $120^\circ$ ，电流峰值降低，因此，加大了输出电流，提高了变压器的利用率。

带平衡电抗器双反星形整流电路的输出电压为 2 组整流输出电压的平均值  $U_d$ （如图 2-3c 所示），当晶闸管全导通时，与变压器副边绕组相电压（ $U_{\text{相}}$ ）的关系为：

$$U_d = 1.17U_{\text{相}}$$

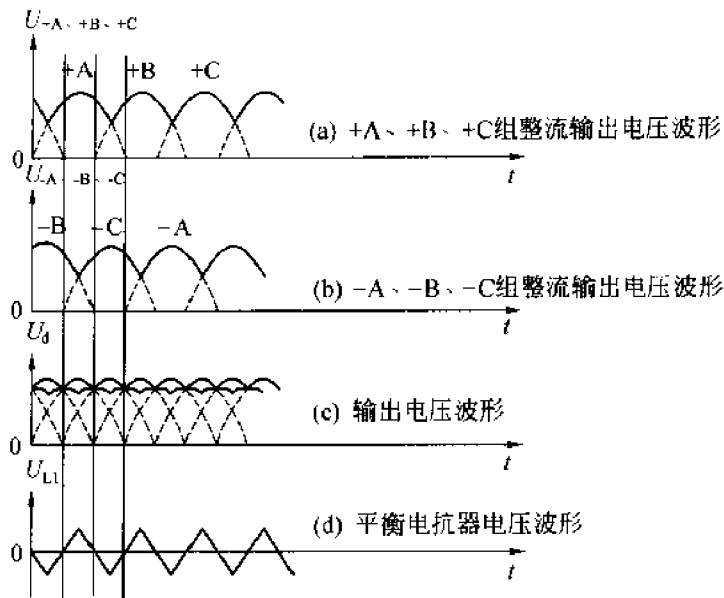


图 2-3 双反星形整流波形图

## 二、控制电路

控制电路的作用是实现焊机的各种控制与功能。主要由以下部分组成：1. 主晶闸管触发电路。2. 送丝机控制电路。3. 焊接程序控制电路。现对各部分电路作如下说明：

### (一) 主晶闸管（可控硅）触发脉冲电路

产生触发脉冲触发主回路晶闸管，并通过控制触发脉冲相位的控制，来控制晶闸管的导通角，从而调节焊接电压的大小。该电路又可分为 3 个部分：即触发脉冲产生及输出电路、同步电路、信号综合放大及网压补偿电路（如图 2-4 所示）。

#### 1. 触发脉冲产生及输出电路：

在对电路作说明之前，先了解几个基本概念，即什么是晶闸管的控制角、导通角及移相（如图 2-5 所示）。图 2-5a 为主电路中一组星形连接的半波整流电路的电压  $U_A \sim U_C$  的波形，中间是触发电路充电电容  $C_{10}$ （或  $C_{11}$ ）的电压波形，下面是脉冲变压器  $TP_1$ （或  $TP_2$ ）所产生的触发脉冲的波形。在晶闸管的一个导电周期中，晶闸管在正向电压下不导通的范围称为控制角，用  $\alpha$  表示；而导通的范围则称为导通角，用  $\theta$  表示。改变控制角  $\alpha$ （或导通角  $\theta$ ）的大小，使触发脉冲向左或向右移动，则称为触发脉冲的移相（如图 2-5 所示）。在单结晶体管触发电路中，晶闸管的控制角也就是电容（ $C_{10}$ 、 $C_{11}$ ）充电起始点到第一个脉冲电压出现的时间角（图 2-5c），因此，改变对电容（ $C_{10}$ 、 $C_{11}$ ）的充电速度，就能达到对晶闸管触发脉冲移相的目的（图 2-5 的 b 和 c）。

本机采用单结晶体管触发电路。该电路主要由晶体三极管  $V_3 \sim V_5$ 、电容  $C_{10}$  和  $C_{11}$ 、单结晶体管  $V_6$  和  $V_7$ 、脉冲变压器  $TP_1$  和  $TP_2$ 、小晶闸管  $VT_6$  和  $VT_7$  等元件组成。

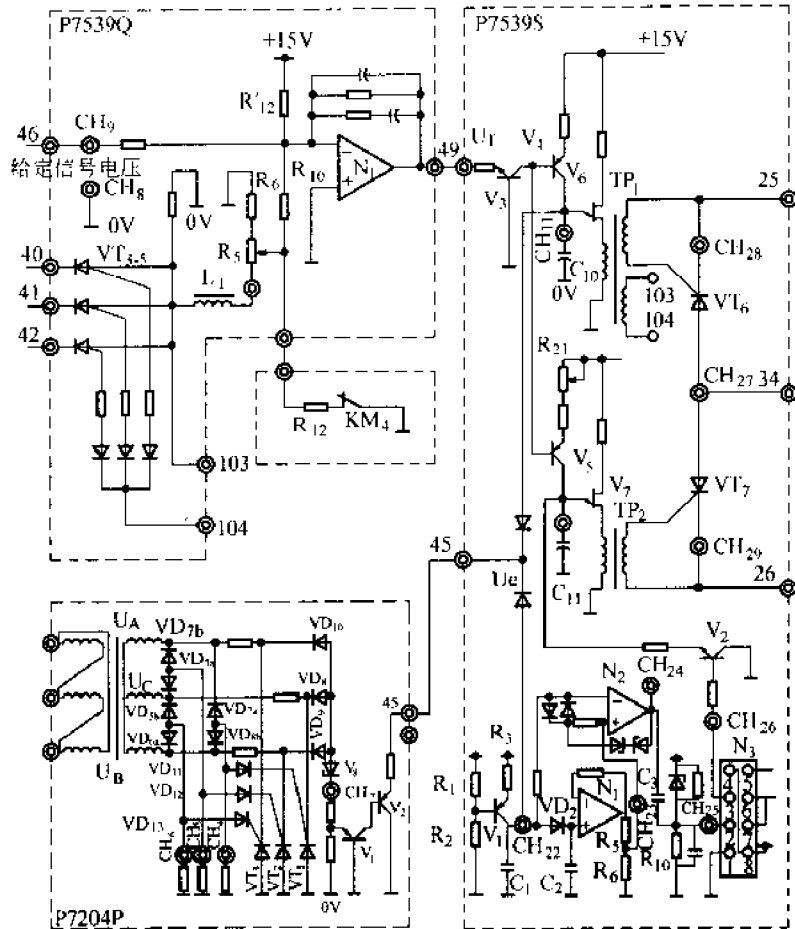


图 2-4 触发脉冲电原理简图

从 49 号端来的信号电压  $U_T$  经  $V_3$  分 2 路，分别控制  $V_4$ 、 $V_5$  集电极电流  $I_C$  的大小。当信号电压  $U_T$  越负，则  $V_4$ 、 $V_5$  的  $I_C$  越大， $C_{10}$ 、 $C_{11}$  的充电速度就越快，电容电压  $U_C$  就能较快地达到单结晶体管的峰值电压，而使单结晶体管  $V_6$ 、 $V_7$  导通， $U_C$  通过  $V_6$ 、 $V_7$  分别向脉冲变压器  $TP_1$ 、 $TP_2$  放电， $TP_1$ 、 $TP_2$  产生并输出脉冲。此时，触发脉冲前移，控制角  $\alpha$  较小（导通角  $\theta$  较大），主电路晶闸管输出电压升高（见图 2-5a）。反之，若  $U_T$  的负值越大（即  $|U_T|$  越小），则变化情况相反（见图 2-5b），使晶闸管输出电压降低。为保证触发可靠， $TP_1$ 、 $TP_2$  输出的脉冲电压，又经过一级小晶闸管  $VT_6$ 、 $VT_7$  功率放大后，分别触发主电路 2 组晶闸管。

根据双反星形晶闸管整流电路的特点，为保证 6 只晶闸管的控制角相等，则要求触发电路与主电路同步，而且同组触发脉冲之间的相位相差应为  $120^\circ$ ，而不同的 2 组之间的触发脉冲的相位差应为  $60^\circ$ 。由于 2 只单晶体管的对称性难以保证，因此，还在其中一只单晶体管电路中串入了半可调电位器  $R_{21}$ ，作为 2 组触发脉冲对称性（平衡）的细调。

下面对同步电路及信号综合放大电路做比较详细的说明。

## 2. 同步电路：

在三相全波可控整流电路中，三相交流电压的各个交点（如图 2-6 的 P、Q 点）是控



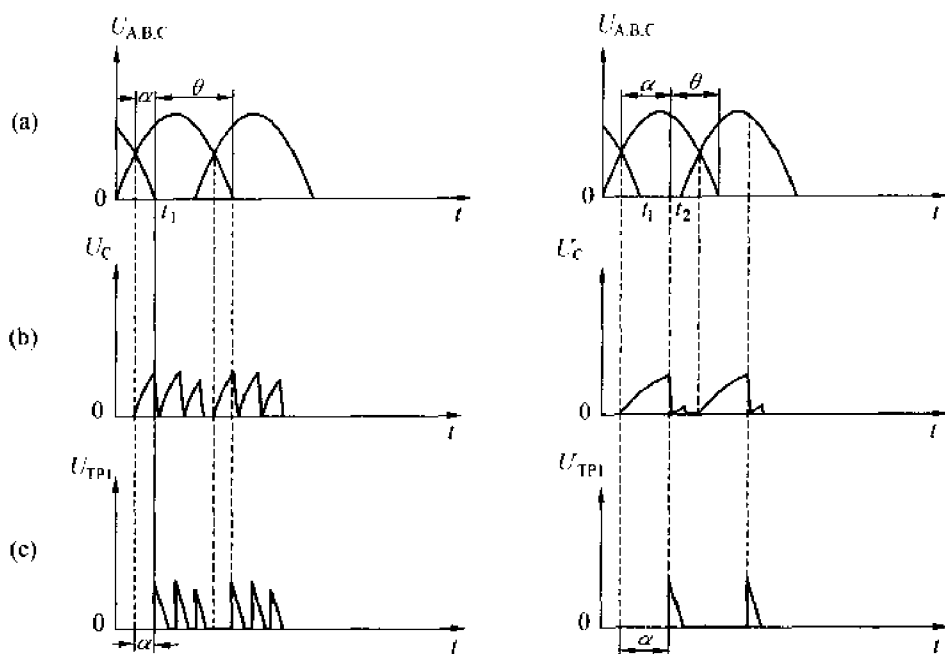


图 2-5 晶闸管触发脉冲的移相

制角  $\alpha = 0$  时各晶闸管轮流导通的转换点，通称为自然换向点。

所谓同步，就是指当控制角  $\alpha = 0$  时，晶闸管的触发脉冲与主电路电压自然换向点“同步”（即从自然换向点开始计算触发脉冲的时间）。这是因为：为了得到稳定的脉动直流电压，主电路各晶闸管在承受正向电压的半周内，得到的第一个触发脉冲的时间应该相同（第一个脉冲使晶闸管导通后，后面的脉冲就失去了作用）。即各管的控制角  $\alpha$ （或导通角  $\theta$ ）应该相等。调节  $\alpha$ （或  $\theta$ ）时，也应有同样的变化。为此，在主电路的自然换向点，单结晶体管振荡电路中的电容  $C_{10}$ 、 $C_{11}$  必须把电放完（清零），而接着从零开始充电，当充电电压  $U_C$  达到单结晶体管的峰值电压时而使其导通， $TP_1$ 、 $TP_2$  产生并输出触发脉冲。使触发脉冲具有这种与主电路电压自然换向点“步调一致”的功能的电路称为同步电路。

本机的同步电路由 2 个部分组成，分别产生同步脉冲信号，实现对主电路两组晶闸管的同步控制。

其中一部分电路组装在 P7204P 印刷电路板上，主要由晶闸管  $VT_1 \sim VT_3$ 、二极管  $VD_5 \sim VD_{13}$ 、稳压管  $V_8$  及晶体管  $V_1$  和  $V_2$  等元件组成（见图 2-4，P7204P 板），其同步脉冲信号的形成过程如下：

图 2-6a 为主电路三相电源电压  $U_A \sim U_C$  波形，设同步变压器二次绕组各相电压的相位关系也如图 2-6a 所示。

在  $0^\circ < \omega t < 30^\circ$  期间内，同步变压器（同时参看图 2-4）的二次绕组  $U_A$ 、 $U_C$  为正值， $U_B$  为负值，其中  $U_A$  正值增大， $U_C$  正值减小， $U_B$  是从负峰值减小。这时二极管  $VD_{6a}$ 、 $VD_{6b}$  的阴极电位最负，因此  $VD_{6a}$ 、 $VD_{6b}$  均处于导通状态。二极管  $VD_{7a}$ 、 $VD_{7b}$  的阴极电位

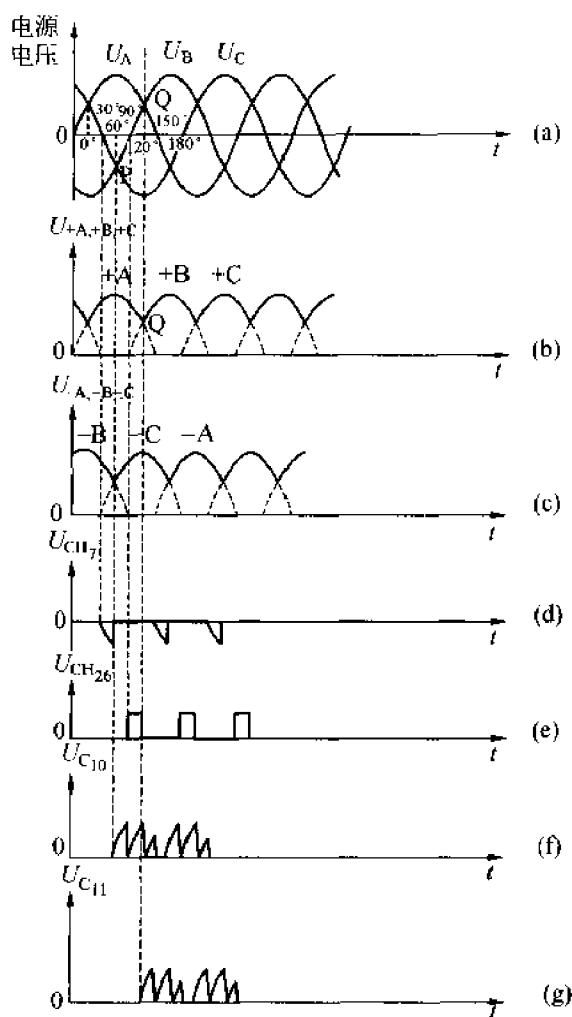


图 2-6 同步脉冲与自然换向点的关系

最高，因此均处于截止状态。二极管  $VD_{5a}$ 、 $VD_{5b}$  的阴极电位比阳极高，所以也处于截止状态。由于  $VD_{6a}$ 、 $VD_{6b}$  导通使  $VD_{11}$ 、 $VD_{13}$  承受反压而截止，封锁了  $VT_1$ 、 $VT_3$  的控制极触发信号而不能使其导通，于是二极管  $VD_{10}$ 、 $VD_8$  也处于反压而截止， $VT_1$ 、 $VT_3$  阴极的电位随  $U_A$ 、 $U_C$  变化。

由于  $VD_{5a}$ 、 $VD_{7b}$  截止，检测点  $CH_5$  的电位为  $0V$ ，又由于  $U_B$  负值最大， $VT_2$  阴极的电位最负，于是  $VT_2$  承受正向电压，另外  $VD_{12}$  也承受正向电压而导通，并向  $VT_2$  施加一控制脉冲信号而使  $VT_2$  导通，则二极管  $VD_9$  阴极被箝位在  $0V$ ， $VD_9$  也处于截止状态，检测点  $CH_7$  的电位为  $0V$ 。

在  $30^\circ < \omega t < 60^\circ$  期间内， $U_A$  为正值， $U_B$ 、 $U_C$  为负值，且  $|U_B| > |U_C|$ ， $VD_{7a}$ 、 $VD_{7b}$  仍处于截止状态， $VD_{6a}$ 、 $VD_{6b}$  仍处于导通状态， $VD_{5b}$  仍处于截止状态，但  $VD_{5a}$  承受正向电压，由截止变为导通，故  $VT_2$  还保持导通； $VD_8$  因  $U_C$  过  $0$  变负承受正向电压而导通，因此检测点  $CH_7$  的电位随  $U_C$  变化为负电位。

在  $\omega t \geq 60^\circ$  时,  $U_A$  为正值时,  $U_B$  负值减少,  $U_C$  负值增加, 且  $|U_C| > |U_B|$ ,  $VD_{7a}$ 、 $VD_{7b}$ 、 $VD_{6a}$  处于截止状态,  $VD_{6b}$ 、 $VD_{5a}$ 、 $VD_{5b}$  处于导通状态,  $VT_3$  仍处截止状态,  $VT_2$  仍然导通,  $VD_{10}$ 、 $VD_9$  仍然截止。由于  $U_B$  负值减小, 检测点  $CH_4$  电位在升高, 而  $VT_1$  的阴极电位最低, 因此  $VD_{11}$  承受正向电压而导通, 给  $VT_1$  脉冲信号, 使  $VT_1$  导通,  $VD_8$  阴极的电位变为 0 而截止, 这时  $CH_7$  的电位跳到 0V, 则产生一个同步脉冲信号。

从上述分析可知, 同步脉冲信号是由  $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$  分别过 0 变负时开始, 直到自然换向点为止,  $CH_7$  为负值, 此时,  $V_1$ 、 $V_2$  (7204P 板) 导通, 电容  $C_{10}$  放电清零。其余时刻,  $CH_7$  电位为 0,  $V_1$ 、 $V_2$  截止,  $C_{10}$  开始充电, 因此, 自然换向点处为同步点 (参看图 2-4, 图 2-6a、d 和 f 及图 2-5)。这一组同步信号每隔  $120^\circ$  产生一个脉冲, 能够实现对主电路一组晶闸管的同步控制 (图 2-6c)。

另一组同步脉冲信号需移相  $60^\circ$  后, 实现对主电路另一组晶闸管的同步控制 (参看图 2-6a、e、g 和 b)。该部分电路组装在 P7539S 板上, 主要由运放  $N_1$  和  $N_2$ , 集成电路  $D_3$ 、晶体管  $V_1$  和  $V_2$  等元件组成 (参看图 2-5)。  $CH_7$  的负脉冲消失后,  $C_1$  与  $C_{10}$  同时放电至 0V, 于是由  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  和  $V_1$  组成的恒流源以一定速度向  $C_1$  充电, 检测点  $CH_{22}$  的电位呈锯齿波。

$C_2$  也由恒流源充电, 但由于  $VD_2$  的隔离作用, 不会因  $CH_7$  的负脉冲而放电, 一直保持在一定值上。  $N_1$  构成一个跟随器, 其输出电压经过  $R_5$ 、 $R_6$  的分压后, 作为  $N_2$  组成的比较器的比较基准。当  $CH_{22}$  处电压高于  $CH_{23}$  的基准电压时,  $CH_{24}$  输出为负, 反之为正, 通过阻值匹配可以得到占空比为 50% 的矩形波, 其下沿跳与  $CH_7$  的负脉冲相位相差  $60^\circ$ 。  $CH_{24}$  的矩形波, 经  $C_3$  和  $R_{10}$  的微分作用, 得到正、负尖脉冲, 又经  $D_3$  组成的单稳态触发器, 输出 1 个很窄的正脉冲 (图 2-6e)。这个正脉冲滞后  $CH_7$  点负脉冲  $60^\circ$ , 控制  $V_2$  的导通, 从而控制  $C_{11}$  的清零及其电路触发脉冲的同步。

### 3. 信号综合放大及网压补偿电路:

该部分电路主要由遥控盒内的电压调节电位器  $RP_3$ 、组装在 P7539Q 印刷板上的运算放大器  $N_1$ 、程控单结晶体管  $VT_3 \sim VT_5$ 、电阻  $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_{10}$  和  $R_{12}$ 、电感  $L_1$  等元件组成。

有 3 个信号电压加在运放  $N_1$  的反向输入端, 经  $N_1$  综合放大后输出电压  $U_T$ , 作为单结晶体管触发电路的控制信号电压 (参图 2-4)。现着重对网压补偿的反馈信号电路进行分析。

所谓网压补偿, 就是补偿电网电压的波动对电弧带来的影响。该机网压补偿的反馈信号不是直接取自负载, 而是取自模拟负载。模拟电路直接由同步变压器供电, 可控整流元件为 3 只程控单结晶体管  $VT_3 \sim VT_5$ , 另外还有模拟电感  $L_1$  和模拟负载电阻  $R_5$ 、电阻  $R_6$ 。程控管的触发信号取自脉冲变压器  $TP_1$  的另一个副绕组 (两端为 103~104)。这样, 由  $VT_3 \sim VT_5$  组成的半波整流电路, 其电源与主电路三相电源同步, 其触发信号与主电路的晶闸管触发信号同步。因此, 模拟电路与主电路的导通情况相同, 其输出电压与主电路的输出电压的变化规律也相同, 这样, 就可以实现模拟控制作用。

从模拟负载  $R_5$  上取出的负反馈信号电压经  $R_{10}$  加在运算器  $N_1$  的反相输入端, 设为  $U_1$ 。加在  $N_1$  反相输入端的信号还有: 由遥控盒内电压调节电位器  $RP_4$  控制的、经 46 号

端来的给定信号电压  $U_g$ ，通过电阻  $R'_{12}$  来的维持信号电压  $U_V$ （当  $RP_4$  置 0 时，焊机最低空载电压约为 50V，该电压是由  $U_V$  提供的）。这 3 个电压共同作用，产生一个正的偏差信号电压，即  $U_\lambda = (U_g + U_V - U_f) > 0$ ，通过  $N_1$  的比例积分运算，输出一个负的电压值  $U_T$ 。这个电压经 49 号端被送到 P7539S 板，经  $V_3$  分 2 路又分别经  $V_4$ 、 $V_5$  控制电容  $C_{10}$ 、 $C_{11}$  的充电速度，从而控制 2 组触发脉冲的移相。

该电路具有良好的补偿电网电压波动的能力。例如，当网压的升高而使电弧电压升高时，模拟电程控管的输出电压同时也因网压的升高而升高，因此， $U_f$  升高，加在  $N_1$  反相输入端的电压  $U_\lambda = (U_g + U_V - U_f)$  则降低。这样， $C_{10}$ 、 $C_{11}$  的充电速度减慢，主晶闸管触发脉冲后移（导通角减小），电弧电压降低。与此同时，程控管的触发脉冲也将后移，输出电压下降， $U_f$  下降， $N_1$  的输出  $U_T$  又回升，触发脉冲前移， $U_f$  又上升，又使  $U_T$  减小，触发脉冲后移，如此往复，抑制了电压的升高，起到了稳定作用而使焊接参数不受电网波动的影响。

此外，加在  $N_1$  反相输入端的还有一个引弧信号电压，该电压经  $KM_4$  的常闭触点及电阻  $R_{12}$ 、 $R_{10}$  加到  $N_1$  的反相输入端，使  $N_1$  输出较高的负电位，因此，焊机输出较高的电压引弧。当电弧引燃后，继电器  $KM_4$  吸合，断开其常闭触点，该信号电压消失。这称为高压引弧，配合慢速送丝，可使引弧的成功率有较大提高。

## (二) 送丝电动机控制电路

该电路如图 2-7 所示，主要由以下元件组成：继电器  $KM_2$ 、晶闸管  $VT_7$  以及装在

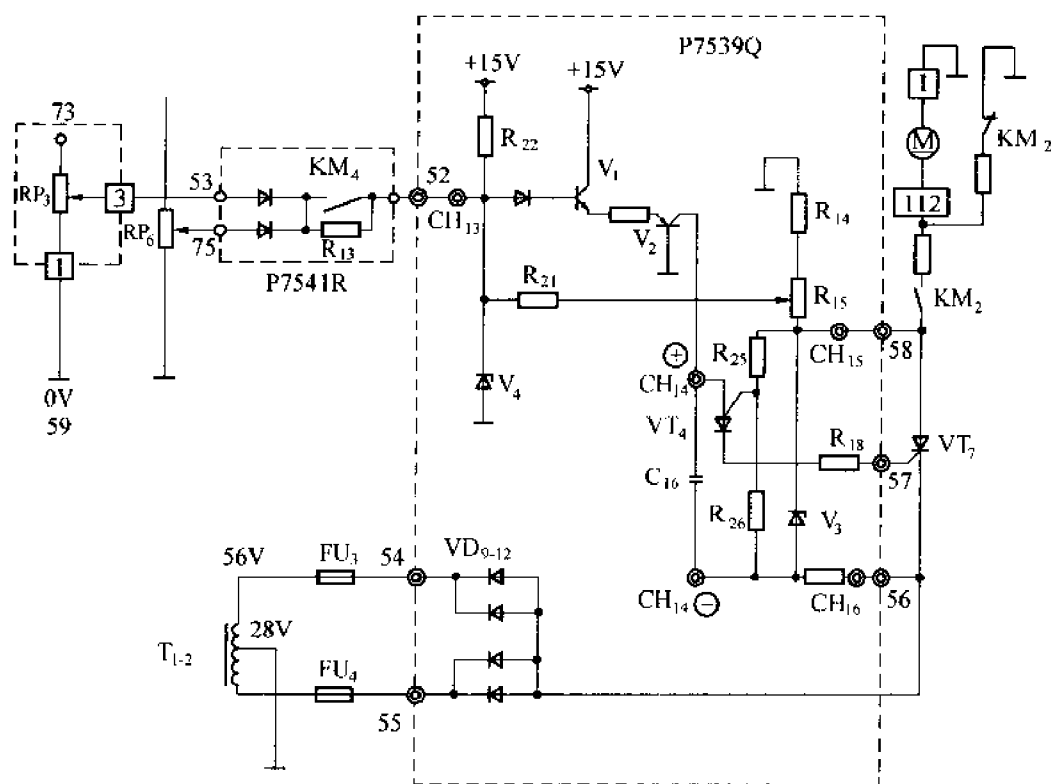


图 2-7 送丝机电原理简图

P7539Q 板上的程控管  $VT_4$ 、晶体管  $V_1$  和  $V_2$ 、电容  $C_{16}$ 、遥控盒上的电流调节电位器  $RP_3$  等元件组成。

送丝电动机  $M$  由变压器  $T_{1,2}$  及二极管  $VD_9 \sim VD_{12}$  组成的单相全波整流电路供电，该脉动电压还经稳压管  $V_3$  及电阻  $R_{15}$ 、 $R_{14}$  分压。 $V_3$  的电压又经  $R_{25}$ 、 $R_{26}$  再分压，给  $VT_4$  的控制极加一个负电压（对零点而言）。当遥控盒上电位器  $RP_3$  给定的正电压加到  $V_1$  和  $V_2$  组成的复合管的基极后， $V_1 - V_2$  立即导通，输出电流  $I_c$  给电容  $C_{16}$  充电， $C_{16}$  的电压随即升高。当该电压升高

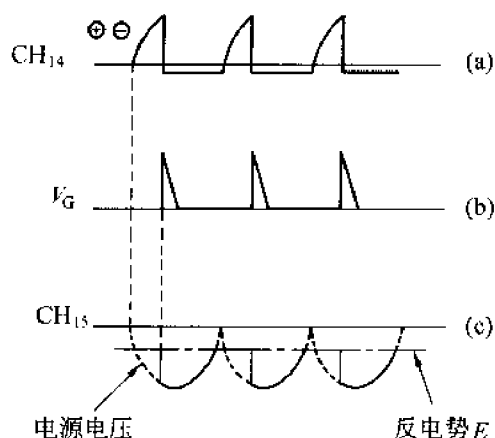


图 2-8 送丝电路检测点电压波形

到超过  $VT_4$  的控制极电压后， $VT_4$  导通，电容  $C_{16}$  经  $VT_4$ 、电阻  $R_{18}$  向  $VT_7$  的控制极放电， $VT_7$  触发导通。当放电过程结束，则  $VT_4$  关断， $C_{16}$  暂时保持低电位，一直到  $VT_7$  关断后才能重新充电。这是因为  $VT_7$  导通时，从  $R_{15}$  上引出的电压反馈值过高，而使复合管截止，则电容  $C_{16}$  不能充电。这里， $VT_7$  的关断过程是这样的：当整流输出的脉动电压低于送丝机电枢两端的反电势  $E$  时（见图 2-8c），使得  $VT_7$  阴、阳极之间施加了反压而截止。在  $VT_7$  截止期间，电机仍按惯性转动而产生一定的反电势，该电势与转速成正比。本机的端电压由电阻  $R_{15}$  和  $R_{14}$  采样作为复合管的负反馈电压信号，经电阻  $R_{21}$  与给定信号电压进行比较。在  $VT_7$  截止期间，给定信号电压大于反馈信号电压时，复合管再次导通，输出电流，向  $C_{16}$  充电，又使得  $VT_4$  导通， $VT_7$  导通，重复上述过程。向  $C_{16}$  充电的速度，决定了  $VT_7$  的导通角和送丝电动机的转速，调节遥控盒上的电位器  $RP_3$ ，则可调节  $VT_7$  的导通角和送丝机的转速。例如，调节  $RP_3$  使给定电压升高，于是复合管输出较大电流，使  $C_{16}$  充电速度加快， $VT_4$ 、 $VT_7$  触发脉冲前移，这样，就提高了送丝电动机的端电压和转速。反之，则情况相反。同时，还可以看出，负反馈信号电压可起到稳定送丝机端电压和转速的作用。

### (三) 程序控制电路

程序控制电路基本上集中在 P7541R 板上，另外还有一块小印刷板 P7204J 及继电器  $KM_2$  等。

本焊机有 2 种控制方式，即“无火口填充”（“无”收弧）或“有火口填充”（“有”收弧）情况。

请看图 2-1，由变压器  $T_{1,2}$  供电，经 P7541R 板上二极管整流后，由 67 号端输出 26V 电压，再经开关  $S_1$  及熔断器  $FU_6$ （1A）进入 P7541R 板控制电路。

#### 1. 无“火口填充”情况：

焊接程序控制过程如下：

将选择开关  $S_3$  置于“无”，气体检测开关  $S_2$  置于“焊接”，合上焊接电源控制开关

$S_1$ ，则风机转，并接通同步变压器，如不缺相，则缺相检测继电器吸合。

焊接时，按下焊枪手把开关  $SB_1$ （参看图 2-1，P7541R 板），电流便从  $CH_{1K}$ （+26V）流经二极管、电阻、 $CH_{20}$ 、69 号端、缺相检测继电器触头及  $SB_1$  到 59 号 0V 地端，在  $CH_{20}$  处产生一个大约 8V 的电压，三极管  $V_1$  基极的稳压管导通， $V_1$  导通，继电器  $KM_1$  动作，其电流经  $V_1$ 、71、72、69 号端及  $SB_1$  到地，同时，P7204J 板的继电器  $KM_1$  因 62 号端经  $SB_1$  接通地而吸合，因此，接触器  $KM$  动作，主变压器得电。此外，继电器  $KM_2$ 、 $KM_3$  也都因  $SB_1$  的接通而动作。

$KM_1$  触头的闭合，为遥控盒的电位器  $RP_3$ 、 $RP_4$  的接通作准备，其常闭触点断开  $RP_6$ 、 $RP_7$ （“有”收弧时分别作收弧时的电流、电压调节），在有/无火口填充开关  $S_3$  的线路中  $KM_1$  触点的闭合，作为有火口填充的自锁（与  $KM_4$  一起完成自锁）。 $KM_2$  触点的闭合，接通电位器  $RP_3$  和  $RP_4$ ，主晶闸管触发电路和送丝机控制电路工作，同时，送丝机  $M$  的电枢电路接通， $M$  慢速转动。 $KM_3$  的闭合，电气阀 SOL 通电开启而送气，主晶闸管控制回路接通，因而主晶闸管导通，输出直流电压，于是，当焊丝碰到工件时引出电弧。

电弧引燃后，焊接电流通过电感线圈  $L_2$  时，使继电器  $RDS$  动作，其触头接通继电器  $KM_4$  线路， $KM_4$  动作。 $KM_4$  的一对触头短接电阻  $R_{13}$ ，使控制送丝电动机的给定信号电压升高，慢速送丝转换成焊接时的正常（快速）送丝。 $KM_4$  的另一对触头断开电阻  $R_{12}$ ，使高压引弧转入正常电弧电压焊接。

由上面各继电器的工作情况可以看出：除  $KM_4$  外，通过其他各继电器（ $KM_1 \sim KM_3$ ）线圈的电流都经焊枪手把开关  $SB_1$  到地。因此，在整个焊接过程中必须一直按着手把开关  $SB_1$ 。

焊接结束时，松开手把开关  $SB_1$ ，则  $KM_1$ 、 $KM_2$ 、 $KM_3$  断电释放，遥控盒给定信号电压被切断，于是输出电压下降（维持电压），同时，送丝速度随  $M$  的惯性衰减，可起到焊丝去球作用和防止粘丝。接触器  $KM$  和继电器  $KM_3$  都由于电容的延时作用而滞后断开，于是电流被切断，送气停止，焊接过程结束。

如果需要填充火口，随后再次或几次短时间的按开关  $SB_1$ ，引燃电弧，直至填满火口。

为帮助记忆及方便维修，现将程序控制过程简要表示如图 2-9 所示。其中，符号“ $\downarrow$ ”表示接通或吸合、得电、导通；“ $\uparrow$ ”表示断开或释放、失电、截止。

## 2. 有“火口填充”情况：

这时，选择开关  $S_3$  置于“有”，气体开关  $S_2$  置于焊接，电源开关  $S_1$  置于“通”。

焊接时，第一次按下焊枪开关  $SB_1$ ，继电器  $KM_1 \sim KM_3$  动作，主接触器动作，此时，通电各回路与“无火口填充”时的情况一样。所不同的是引弧以后，继电器  $KM_4$  动作，其触点吸合自锁后，通过  $KM_1$ 、 $KM_2$  及  $KM_3$  线圈的电流还可以经 71、60 号端、 $KM_4$  及  $KM_1$  触点和开关  $S_3$  到地。因此，这时松开  $SB_1$ ，各继电器仍照常吸合，可以正常施焊。

松开  $SB_1$ ，62 号端与地断开。69 号端的电位，随着电容的充电作用而升高（图 2-1 中，未画出该电容及一些次要元件），通过二极管给晶闸管  $VT$  的控制极一个正电位，使  $VT$  导通。 $VT$  导通后，其电流经过的线路中的电阻得到分压，足以维持三极管  $V_1$  导通，



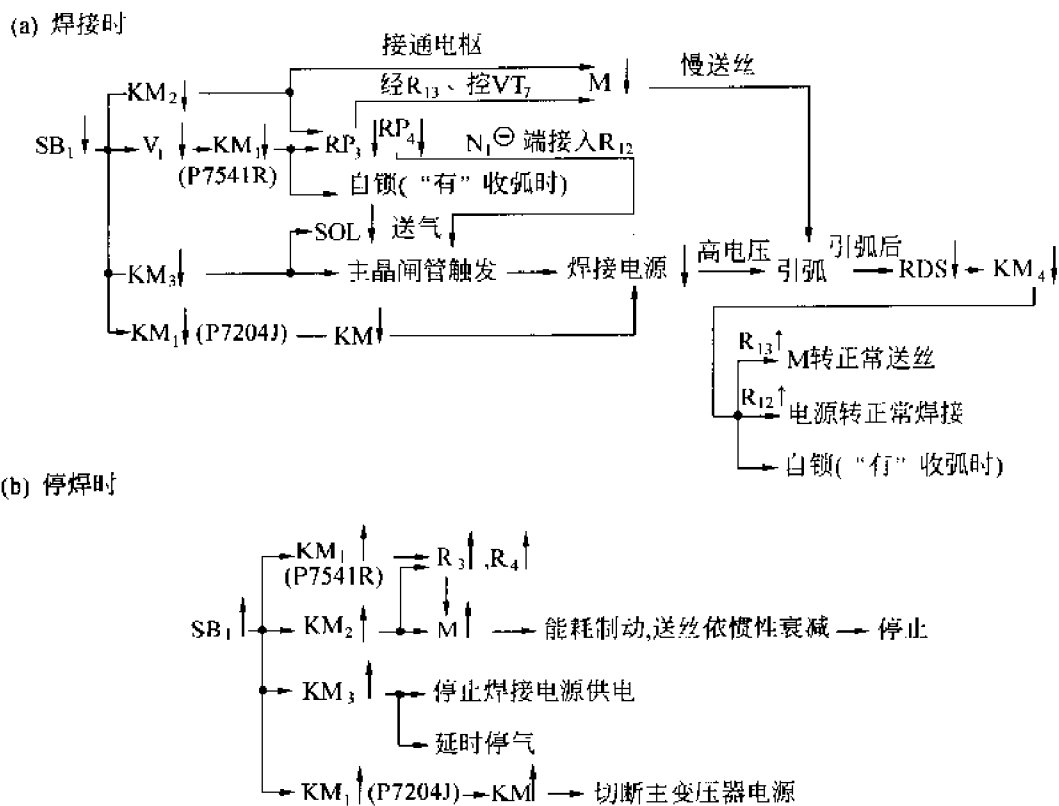


图 2-9 程序控制过程

所以，各继电器仍保持通电状态。

焊接结束时，第二次按下焊枪开关  $SB_1$ ，此时 69 号端变为 0 电位，经 VT 的电流通路，变为从 69 号端到地， $CH_{20}$  被箝位在 2V 以下，因此，稳压管不能导通，故三极管  $V_1$  截止，继电器  $KM_1$  断电。但其他继电器仍保持通电状态。由于  $KM_1$  断电， $KM_3$  仍继电，因此，其相应的触点将切断遥控盒上的电位器  $RP_3$  及  $RP_4$ ，而接通焊接电源面板上的电位器  $RP_6$  及  $RP_7$ ，按其预先调定好的电压与电流进行“火口填充”的施焊处理。这就是所谓“有收弧”。

再次松开  $SB_1$ ，与“无火口填充”情况一样，结束焊接。

读者可根据自己的理解和需要，画出程序控制简图作为练习。

### 第三节 常见故障分析与处理

表 2-2 列出了一般故障及处理方法，并分析了故障的可能原因。在分析过程中，基本上是按照先易后难和程序控制的顺序来查找。

一般应切断电源后进行检查, 如需带电检查, 请注意安全。

表 2-2 故障分析处理

故障现象	可能原因	处理方法
1. 无空载电压或空载电压低	(1) 保险丝 $FU_1$ 、 $FU_2$ 或 $FU_3$ 熔断。 (2) 接触器 KM 不吸合或接触不良。 (3) 遥控盒断线或电位器 $RP_4$ 有问题。 (4) 主晶闸管损坏, 控制极接头松动或主电路接头松动。 (5) 电源开关损坏, 电压低或缺相。 (6) 印刷板 7539Q、7539S 有问题, 如运算放大器 $N_1$ 、晶体管、电阻 $R'_{12}$ 等元件损坏等	(1) 更换熔芯。 (2) 查 KM 有关线路, 手把开关 $SB_1$ 接触是否良好, 有无断线, P7204J 板线路各接头接触是否良好。 (3) 调节 $RP_4$ , 从 0 至最大时, $CH_9$ 对 $CH_8$ (地) 为 0~15V。如没有电压或很低, 则查控制电缆和 $RP_4$ 。 (4) 检查主晶闸管及其各接头, 主电路各接头。 (5) 查电源电压及其开关。 (6) 检查印刷板有关插头接触是否良好, 调换好的印刷板。坏板后查
2. 空载电压高, (70V 左右) 不可调	(1) $RP_4$ 的电压不可调。 (2) 无模拟负载反馈信号电压	(1) 查 $CH_9$ 对 $CH_8$ 电压是否 0~15V。 (2) 查 $CH_{10}$ 对 $CH_8$ 是否有电压。正常情况下, 当 $RP_4$ 从 0 至最大时, $CH_{10}$ 对 $CH_8$ 电压为: -4~-13V; 若为 0 或电压低, 则进一步查模拟电路, 问题较多的是 104 和 103 插头接触不良、同步变压器损坏、脱焊 (仿大阪机)
3. 空载电压不稳, 时高时低	(1) 原因与“1”相似, 许多情况下是接触不良、虚焊、元件要坏不坏、导线要断不断等。 (2) P7204P 板 (如稳压管) 元件损坏引起同步信号失控	(1) 根据以下数据逐级检查, 对易出故障的地方重点检查。调 $RP_4$ , 0 至最大时: $CH_9 \sim CH_8$ : 0~15V $CH_{10} \sim CH_8$ : -4~-13V $CH_{11} \sim 59$ : 4.2~5.3V $CH_{12} \sim 59$ : 4.2~5.4V $CH_{27} \sim CH_{28}$ : 10~0V $CH_{27} \sim CH_{29}$ : 10~0V 同类型不同焊机, 以上数据有较大差异, 但规律同, 可作比较参考。 (2) 换好的印刷板。 (3) 对有疑问的导线或元件, 用好的来“替代”, 试一试。 (4) 按照“1”查主电路

续表

故障现象	可能原因	处理方法
4. 送丝机不转或 转速不正常	(1) 保险丝熔断。 (2) 遥控盒及送丝机控制电缆接头脱焊、断线、碰线、电位器 RP <sub>3</sub> 损坏。 (3) VT <sub>7</sub> 脱焊或损坏。 (4) 继电器 KM <sub>2</sub> 接触不良。 (5) 印刷板 P7539Q 有问题	(1) 更换熔丝, 查有关线路。 (2) 查控制电缆是否断、脱线, 各导线绝缘是否良好。RP <sub>3</sub> 是否良好, 还可测 CH <sub>3</sub> 对地、112 号线对地等处的电压来判断某部分线路的好坏。 (3) 查 VT <sub>7</sub> 及其接线。 (4) 查 KM <sub>2</sub> 的触头, 焊点及插头接触情况。 (5) 查 P7539Q 插头接触是否良好, 换好的印刷板
5. 焊接电流不稳, 飞溅大, 焊缝成形不良	(1) 空载电压不稳。 (2) 送丝机转速不稳。 (3) 送丝轮磨损严重, 压紧轮的压力不合适, 矫正轮太脏。 (4) 送丝软管弯曲, 太脏。 (5) 无 CO <sub>2</sub> 气体或很少	(1) 按照“3”、“4”检查空载电压, 送丝机转速是否平稳。 (2) 检查送丝机构, 观察焊丝的输送是否平稳。作相应处理。 (3) 用压缩空气清除送丝机构或软管的脏物或换新的送丝软管。 (4) 对号用导电嘴, 不能大当小用, 磨损严重时应及时更换。 (5) 检查喷嘴内是否有 CO <sub>2</sub> 气体流出
6. 焊接电压、电流基本正常, 但 焊丝熔化不好	(1) 焊接电流较小。 (2) 焊丝质量不佳	(1) 检查空载电压是否正常。如正常, 则着重检查焊接回路(包括地线)各接头接触是否良好; 如不正常, 按“1”作相应处理。 (2) 了解焊丝质量是否可靠
7. 电压及送丝正常, 但引弧困难	(1) 工件焊接面有锈、油等脏物。 (2) 地线接触不良	(1) 清除。 (2) 使地线接触良好
8. 焊枪喷嘴内无、 或只有很少的气体流出	(1) 焊枪堵塞或漏气。 (2) 气体流量调节偏小, 流量计堵塞或漏气。 (3) 电磁气阀未开启或堵塞。 (4) 气管漏气	(1) 检查焊枪的喷嘴、连杆, 清除飞溅物, 疏通出气孔, 或更换喷嘴、连杆。使用防飞溅剂。注意焊枪后部是否漏气。 (2) 流量计或气阀堵塞, 可用压缩空气吹一吹。如漏气, 修理或更换。 (3) 查电磁气阀是否开启。 (4) 气管漏气, 可剪断, 插入合适的细铜管接起来或更换

续表

故障现象	可能原因	处理方法
9. 焊缝有气孔	(1) 气体内含水量过高。 (2) 气体流量不足。 (3) 工件焊接面有锈、油或潮湿。 (4) 使用焊枪不当, 喷嘴到工件距离偏高	(1) 选购质量可靠的厂家的气体。如果 CO <sub>2</sub> 含水量高, 可用倒置法放水 (注*)。 (2) CO <sub>2</sub> 流量不足, 检查方法同“8”。 (3) 按规范及现场情况, 调节气体流量。 (4) 清除焊面水、锈、油等脏物。 (5) 保持合适的喷嘴高度
10. 气体流量计不预热	(1) 保险丝 FU <sub>5</sub> 熔断。 (2) 流量计内电热器断线、接头松脱、触点接触不良	(1) 更换熔芯。 (2) 查电热器线路, 如热丝熔断, 可换新的配件

\* 注: 倒置放水和正置放气: 即将充满液态 CO<sub>2</sub> 的气瓶倒立静放 1~2h, 使瓶里的水沉积到瓶口部位, 然后打开阀门, 放水 2~3 次, 每次间隔 30min。

放水处理后, 将气瓶立放 2h, 打开阀门, 放掉气瓶上部还含有空气和水分的 CO<sub>2</sub> 气体, 放气时间约 2~3min。

## 第四节 XC 系列与 X 系列 CO<sub>2</sub> 焊机工作原理比较

XC 系列相对于 X 系列 CO<sub>2</sub> 焊机, 有如下优点:

1. 体积较小, 重量较轻。
2. 从电源至送丝机, 只有一根控制电缆, 减少了断线的麻烦, 移动轻便些。
3. 控制线路采用了模块, 集成化较高, 将原来的 7 块印刷电路板减少到了 3 块, 减少了接头和插头, 提高了电路的可靠性, 方便维修。

XC 系列与 X 系列焊机的工作原理基本相同。XC 系列保持了原大阪 X 系列焊机的特点, 增加了某些功能, 使焊机更为完善。现以 XC-500 型焊机为例, 对其与 XⅢ-500 型焊机的工作原理作一比较。

### 一、主电路

参看图 2-1 和图 2-10。主电路基本相同, 只有很小的不同, 即增加了温度开关 TH<sub>1</sub>, 作主电路部件的过热保护。

在主变压器的副绕组 T<sub>1,2</sub> 中, 增加了控制电源绕组 Q<sub>3</sub> (20V)、Q<sub>4</sub> (36V)。

### 二、控制电路

控制电路可分为 5 个部分: 1. 主晶闸管触发电路。2. 送丝机控制电路。3. 基准信



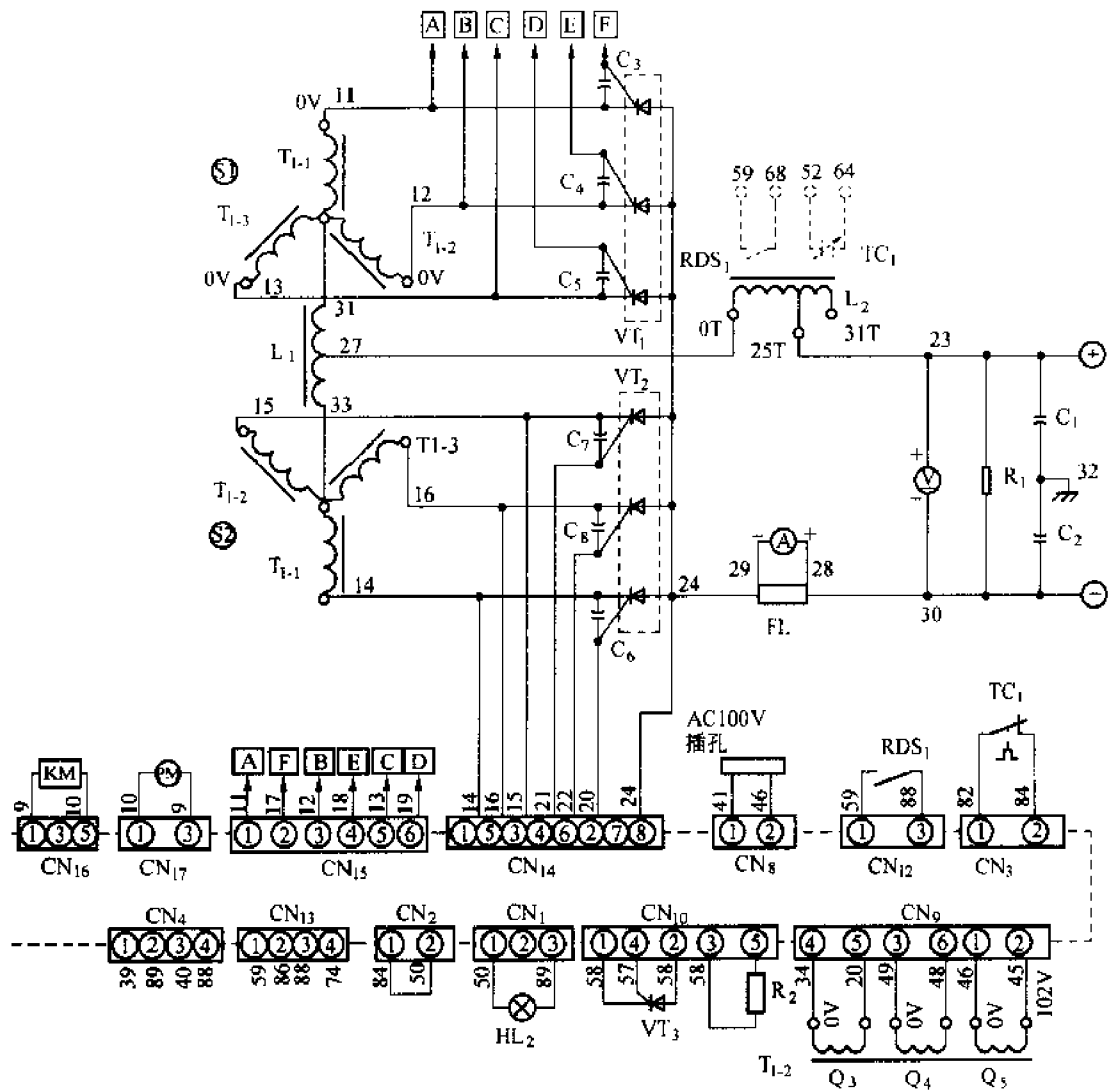


图 2-10 (2) XC-500 型焊机主电路图 (2)



号、焊枪开关和点动开关信号电路。4. 程序控制电路。5. 附加应用功能电路。

为便于比较，现力求将各部分电原理简图画得与 XⅢ-500 型焊机各部分电原理简图相似。

### (一) 主晶闸管触发电路

参看图 2-11，本电路可分为 4 个部分：信号综合放大电路，网压补偿、同步及触发脉冲产生电路，触发脉冲输出电路，P6521P 板 ±15V 电源电路。现分述如下：

#### 1. 信号综合放大电路：

主要由运放  $N_2$ 、二极管  $VD_{17a}$  和  $VD_{17b}$ 、电阻  $R_9 \sim R_{15}$  和电感  $L_1$  等元件组成。与图 2-4 相似，加在本电路运放  $N_2$  的反相输入端有 4 个信号电压，即  $CN_{5,5}$  端经二极管  $VD_{17a}$ 、电阻  $R_9$ 、 $R_{10}$  来的给定调节信号电压  $U_g$ ，由 +15V 电源经  $R_{11}$  来的维持信号电压  $U_v$ ，由模拟负载  $R_{15}$  取出、经  $R_{12}$  加入的负反馈信号电压  $U_f$ ，由  $KM_7$  的常闭触点来的引弧信号电压（该电压在引弧成功后消失）。

#### 2. 网压补偿、同步及触发脉冲产生电路：

与图 2-4 比较，电路的功能相同，只是元件有很大的不同。本电路用了集成块  $N_3$ 、 $N_4$  代替了原电路有关的分立元件（详细请参看本章第二节主晶闸管触发电路）。

#### 3. 触发脉冲输出电路：

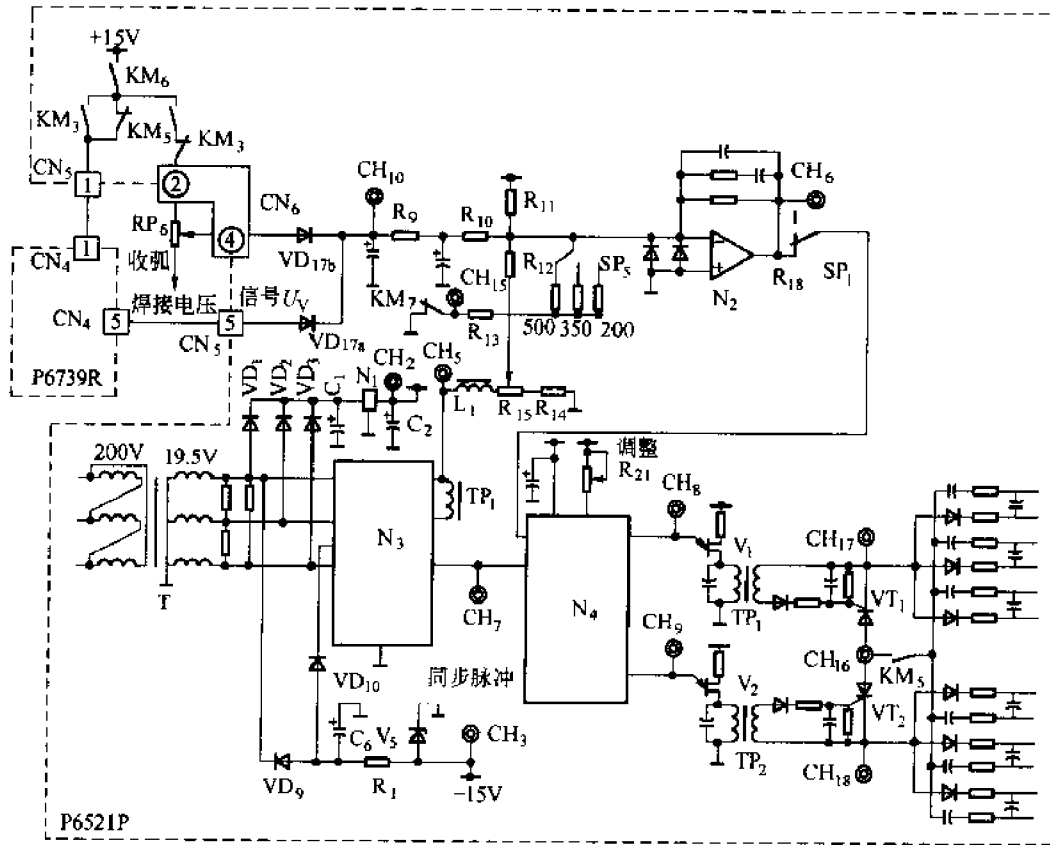


图 2-11 触发脉冲电原理简图

本电路主要由晶闸管  $VT_1$ 、 $VT_2$  及二极管、电阻、电容等元件组成。由脉冲变压器  $TP_1$ 、 $TP_2$  输入的触发脉冲分别经  $VT_1$ 、 $VT_2$  放大后，再经继电器  $KM_5$  的触头、二极管及电阻去触发 2 组主晶闸管。该电路的元件都组装在 6521P 板上。

#### 4. $\pm 15V$ 电源电路；

由稳压集成块  $N_1$ ，稳压管  $V_5$ ，二极管  $VD_1 \sim VD_3$ ，电容  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_6$  等元件组成，分别由  $N_1$ 、 $V_5$  输出  $\pm 15V$  稳压电源。

### (二) 送丝机控制电路

将图 2-12 与图 2-7 比较，可见其控制电路原理相同，只是个别地方有小小不同，因此，无需重述了。

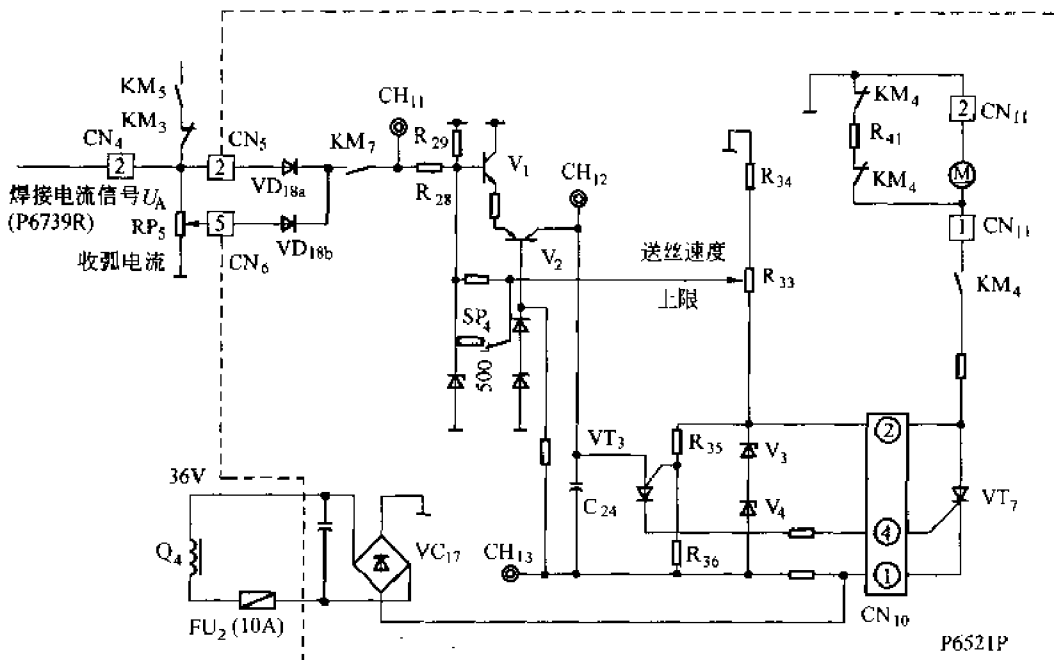


图 2-12 送丝机电原理简图

### (三) 焊接基准信号、焊枪开关和点动开关电路

参看图 2-13，X 系列  $CO_2$  焊机没有这部分电路，XC 系列焊机采用这一电路后，将该部分电路所需电缆芯数由 6 根减少到了 3 根。这样，XC 系列焊机只有 1 根控制电缆（X 系列焊机有 2 根）。

与第三章 KR 系列焊机的焊接基准信号相似，本电路由运放  $N_3$ 、电阻  $R_{13} \sim R_{15}$ 、电容  $C_{15}$  组成振荡电路，产生一定振荡频率的交流方波，如图 2-13 中所示。

开关电路的工作过程是：方波的正半周，三极管  $V_3$ 、 $V_4$  导通，+15V 电源电流经  $R_9$ 、 $V_3$ 、 $R_7$ 、电压调节电位器  $RP_1$  流入地；另一路电流自 +15V 电源，经  $R_{10}$ 、 $V_4$ 、 $R_8$ 、电流调节电位器  $RP_2$  流入地。 $RP_1$ 、 $RP_2$  的信号电压分别经  $N_4$ 、 $N_5$  放大后，为三极管  $V_7$ 、 $V_8$  的导通作准备。方波的负半周， $V_5$ 、 $V_6$  导通，电流自地（0V）流经  $SB_1$ （合上

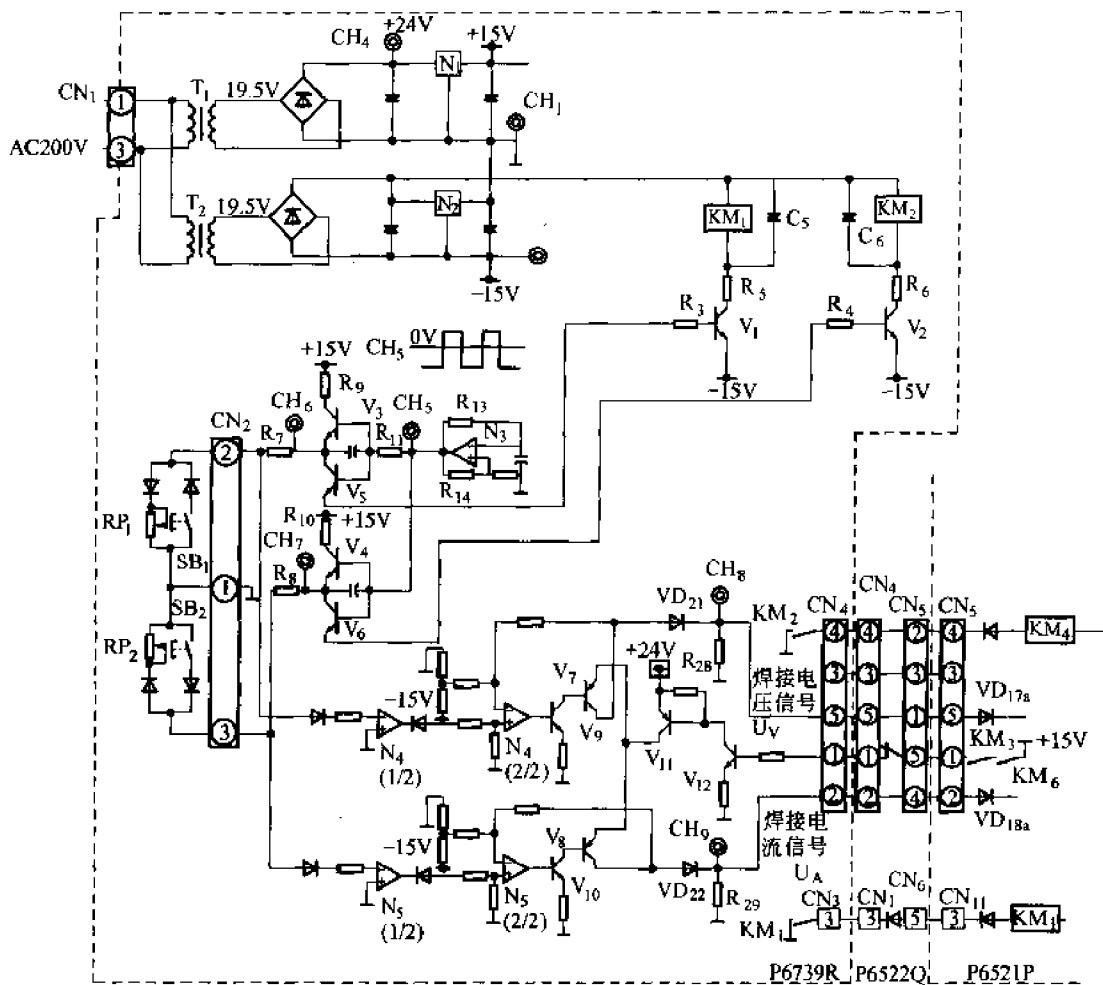


图 2-13 焊接基准信号及焊枪开关和点动开关电路简图

时)、 $R_7$ 、 $V_5$ 、 $R_3$ 、 $V_1$  至  $-15V$  电源；另一路电流自地，经  $SB_2$ （合上时）、 $R_8$ 、 $V_6$ 、 $R_4$ 、 $V_2$  至  $-15V$  电源。当  $V_1$  或  $V_2$  导通时， $KM_1$  或  $KM_2$  吸合，其触头闭合，发出手把开关  $SB_1$  或点动开关  $SB_2$  接通的信号。若  $SB_1$  或  $SB_2$  断开，则  $V_1$  或  $V_2$  截止， $KM_1$  或  $KM_2$  断电释放，其触头打开，发出  $SB_1$  或  $SB_2$  断开的信号。由此可见， $KM_1$  或  $KM_2$  的通、断与  $SB_1$  或  $SB_2$  的通、断保持一致。

三极管  $V_7 \sim V_{12}$  在什么情况下导通，如何输出焊接电压信号  $U_V$ 、焊接电流信号  $U_A$ ，将在下面程序控制电路中加以说明。

图 2-13 上部为 P6739R 板的电源电路，输出  $+24V$  电源及  $\pm 15V$  稳压电源。

#### (四) 程序控制电路

参看图 2-14，本电路集中组装在 P6521P 板上，与 X 系列焊机比较，线路有所改进，但其控制原理基本相同。

原 X 系列焊机的缺相保护继电器常开触头串联在手把开关  $SB_1$  的线路中，而 XC 系列

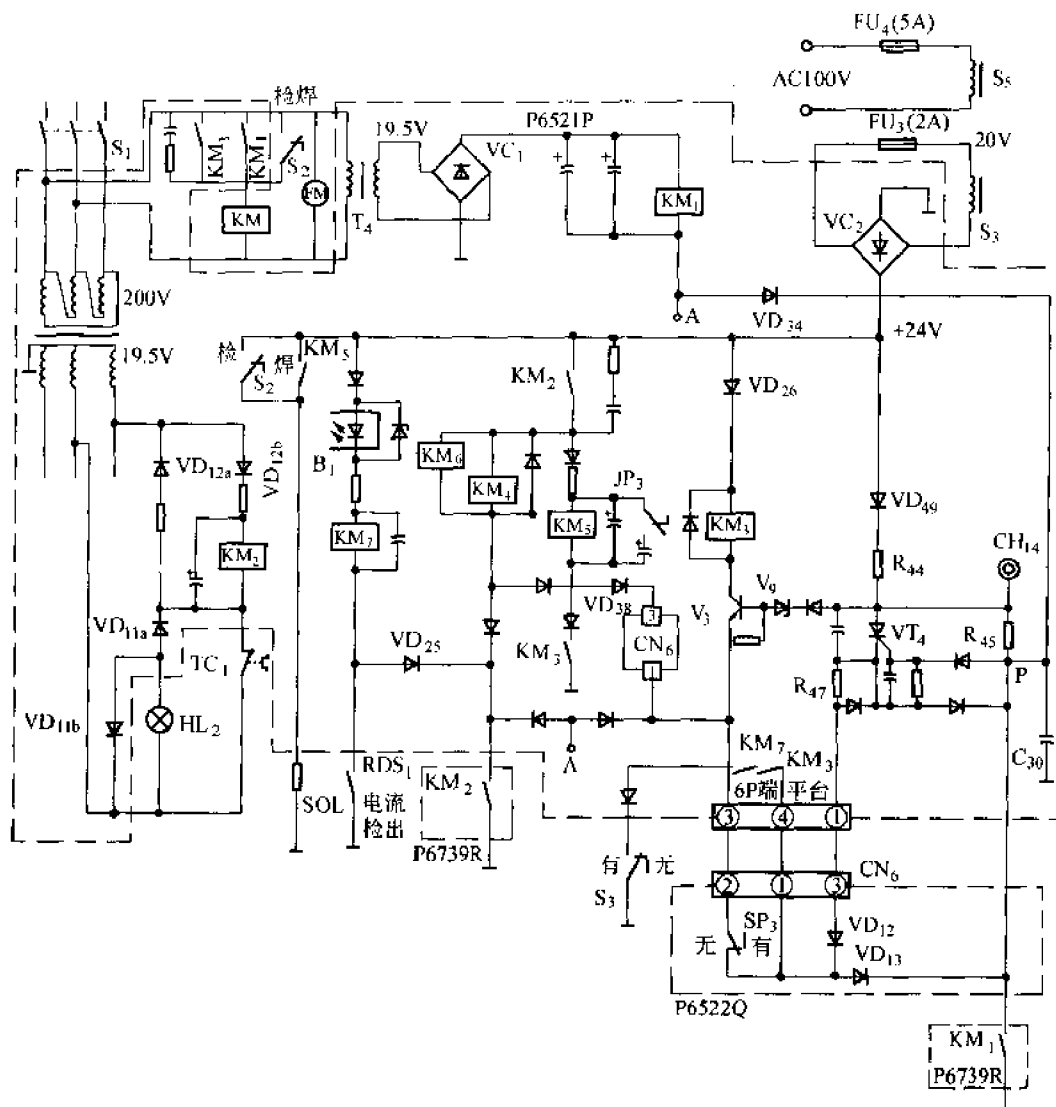


图 2-14 程序控制电路简图

焊机，缺相保护继电器  $KM_2$  的常开触头串联在继电器  $KM_4 \sim KM_6$  的线路中。在任何时刻出现断相时， $KM_2$  不能吸合，则  $KM_4 \sim KM_6$  线路断开，焊机停止工作。在  $KM_2$  的线路中，还串入温度开关  $TC_1$  的常闭触头，当焊接电源内温度过高时， $TC_1$  断开， $KM_2$  释放，其触头使  $CR_4 \sim CR_6$  释放，停止焊接。此时，异常指示灯  $HL_2$  亮。

下面分析 XC-500 焊机的两种控制方式，即“无”收弧和“有”收弧的控制过程。

#### 1. “无”收弧：

将选择开关  $S_3$  置于“无”，气体检测开关  $S_2$  置于“焊接”，合上焊接电源开关  $S_1$ ，如不缺相，则风机转， $KM_2$  吸合。

焊接时，按下手把开关  $SB_1$ ，则 P6739R 板上的  $KM_1$  吸合，于是图 2-14 中  $VC_1$  直流侧电流经  $KM_1$ 、 $VD_{34}$ 、 $KM_1$  (6739R 板) 的触头流入地端。 $KM_1$  吸合，接触器  $KM$  动

作，主变压器得电（参看图 2-14 和图 2-10）。

整流器 VC<sub>2</sub> 直流侧的电流经 VD<sub>49</sub>、R<sub>44</sub>、R<sub>45</sub>、KM<sub>1</sub>（6739R 板）触头流入地端，在 CH<sub>14</sub> 产生大约 8V 的电压，稳压管 V<sub>9</sub> 导通，三极管 V<sub>3</sub> 导通，电流自 24V 电源经 VD<sub>26</sub>、KM<sub>3</sub>、V<sub>3</sub>、6P 端子台的 3、SP<sub>3</sub>、VD<sub>13</sub> 及 KM<sub>1</sub>（6739R）触头流入地，继电器 KM<sub>3</sub> 吸合，同时继电器 KM<sub>4</sub>~KM<sub>6</sub> 也都因为 KM<sub>1</sub>（6739R）触头的闭合而动作。

KM<sub>3</sub> 触头的闭合，为焊接电压信号 U<sub>V</sub>、焊接电流信号 U<sub>A</sub> 进入主晶闸管触发电路作准备，其常闭触头断开收弧电压控制电位器 RP<sub>6</sub> 及电流控制电位器 RP<sub>5</sub>（参看图 2-11 至图 2-13）。在 S<sub>3</sub> 的线路中，KM<sub>3</sub> 触头的闭合，与 KM<sub>7</sub> 触头闭合，作为“有”收弧的自锁。

KM<sub>6</sub> 触头的闭合，其作用请参看图 2-13。图中，三极管 V<sub>12</sub> 导通，接着 V<sub>11</sub>、V<sub>7</sub> 与 V<sub>9</sub>、V<sub>8</sub> 与 V<sub>10</sub> 都导通。其中一路电流自 +24V 电源经 V<sub>11</sub>、V<sub>9</sub>、VD<sub>21</sub>、R<sub>28</sub> 流入地，在 CH<sub>8</sub> 点形成焊接电压信号 U<sub>V</sub>。U<sub>V</sub> 受电压调节电位器 RP<sub>1</sub> 的控制。调节 RP<sub>1</sub>，使其输出电压降低时，则 N<sub>4</sub>（1/2）输出的负电压绝对值减小，N<sub>4</sub>（2/2）的同相端输入的负电位绝对值减小。加在 N<sub>4</sub>（2/2）的反向输入端还有一个负的比较电压，这 2 个信号电压的共同作用，使 N<sub>4</sub>（2/2）输出的正电位随着升高，V<sub>7</sub> 基极电流增大，V<sub>9</sub> 集电极电流增大，CH<sub>8</sub> 点的 U<sub>V</sub> 升高，因此，焊接电压升高。反之，则情况相反。另一路电流自 +24V 电源经 V<sub>11</sub>、V<sub>10</sub>、VD<sub>22</sub>、R<sub>29</sub> 流入地，在 CH<sub>6</sub> 处形成焊接电流信号 U<sub>A</sub>。U<sub>A</sub> 受电流调节电位器 RP<sub>2</sub> 的控制，其情况与 U<sub>V</sub> 相似。U<sub>V</sub> 经 P6539R 板的插头 CN<sub>4,5</sub>，P6522Q 板的插头 CN<sub>4,5</sub>、CN<sub>5,1</sub> 至 P6521P 板的插头 CN<sub>5,5</sub>，再经 DR<sub>17a</sub> 进入信号综合放大电路，主晶闸管触发电路工作。U<sub>A</sub> 经 P6539R 的 CN<sub>4,2</sub>，P6522Q 的 CN<sub>4,2</sub>、CN<sub>5,4</sub>，P6521P 的 CN<sub>5,2</sub>、DR<sub>18a</sub> 进入送丝电动机控制电路，为送丝机运转作准备。

KM<sub>4</sub> 的闭合，送丝机 M 电枢电路接通，M 慢速转动引弧。

KM<sub>5</sub> 的闭合，其中一对常开触头接通电磁气阀 SOL，其阀门打开，送出保护气体。另一对触头接通主晶闸管控制触发回路，主晶闸管导通，焊机输出直流电压。于是，当焊丝碰到工件时，引出电弧。

电弧引燃后，RDS<sub>1</sub> 闭合，继电器 KM<sub>7</sub> 动作，其常开触头接通来自 RP<sub>2</sub> 的焊接电流信号 U<sub>A</sub>，慢速送丝转换成焊接时的正常速度送丝；另一对常闭触头断开 R<sub>13</sub> 支路，使高压引弧转入正常电弧电压焊接。对送丝机的控制，XC 系列与 X 系列焊机有所不同，XC 系列焊机的送丝机控制线路中，KM<sub>7</sub> 的常开触头未并联电阻，慢速送丝由三极管 V<sub>1</sub>-V<sub>2</sub> 的静态工作点决定。点动送丝时，按下 SB<sub>2</sub>，流过 KM<sub>7</sub> 的电流经 VD<sub>25</sub>、KM<sub>2</sub> 触头（P6739R 板）入地，KM<sub>7</sub> 吸合，送丝速度可以由 RP<sub>2</sub> 调节。

由以上分析可知，流经继电器 KM<sub>1</sub>、KM<sub>3</sub>~KM<sub>6</sub> 线圈的电流都通过 KM<sub>1</sub>（P6739R 板）到地。因此，在整个焊接过程中，应按住手把开关 SB<sub>1</sub>。

焊接结束时，松开 SB<sub>1</sub>，则 P6739R 板的 KM<sub>1</sub> 断电释放，其触头断开，KM<sub>1</sub>、KM<sub>3</sub>~KM<sub>6</sub> 断电释放，KM<sub>7</sub> 因 RDS<sub>1</sub> 触头断开而释放，焊接停止。

## 2. “有”收弧：

选择开关 S<sub>3</sub> 置于“有”，气体开关 S<sub>2</sub> 置于“焊接”，电源开关 S<sub>1</sub> 置于“通”。

焊接时，第一次按下  $SB_1$ ， $KM_1$ 、 $KM_3 \sim KM_6$  动作，通电各回路的控制过程与“无”收弧情况基本相同。所不同的是引弧以后， $KM_7$  吸合，其串联在  $S_3$  线路中的触头闭合自锁后，通过  $KM_1$ ， $KM_3 \sim KM_6$  线圈的电流还可以经  $S_3$  到地。松开  $SB_1$ ， $KM_1$ 、 $KM_3 \sim KM_6$  继电器因  $S_3$  支路的接通而保持吸合，因而，可以继续施焊。松开  $SB_1$  后， $KM_1$  (6739R板) 断开，P点电位随  $C_{30}$  的充电而升高，使  $VT_4$  导通，其电流经  $R_{47}$ 、 $VD_{12}$ 、 $KM_3$  和  $KM_7$  触头、 $S_3$  入地。由于  $R_{47}$  的分压， $CH_{14}$  的电位足以维持  $V_3$  的导通，故  $KM_3$  保持导通。

焊接结束时，第二次按下  $SB_1$ ， $KM_1$  (6739R板) 接通，P点电位变为0，经  $VT_4$  的电流改为从P点、 $KM_1$  (6739R) 触头流入地， $CH_{14}$  被箝位在2V以下，故  $V_3$  不能导通。因此， $V_3$  截止， $KM_3$  断电释放。但其他继电器仍通电吸合。由于  $KM_3$  的释放，其常开触头断开焊接电压信号  $U_V$  和电流信号  $U_A$  的控制电路，常闭触头接通焊接电源面板上的电位器  $R_{p_6}$  和  $R_{p_5}$ ，因而按其预先调定好的收弧电压与收弧电流进行“弧抗填充”的施焊处理。

再次松开  $SB_1$ ，与“无”收弧情况相同，结束焊接。

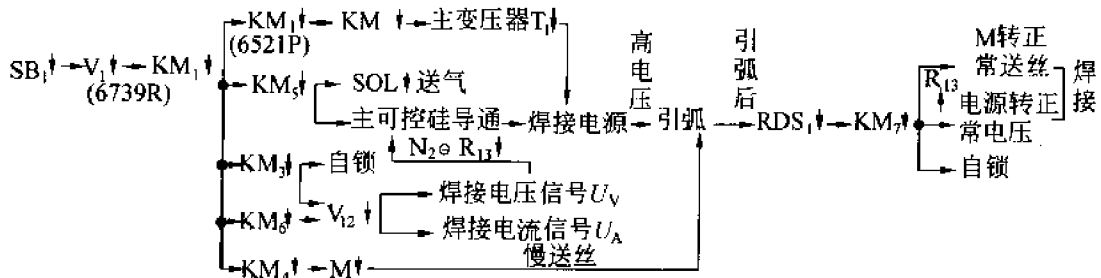
现将其程序控制过程简要地表示如图2-15所示，其中“↓”表示接通或吸合、导通、得电；“↑”表示断开或释放、截止、失电。

#### XC “有” 收弧工作过程

按  $SB_1$  焊接 → 松  $SB_1$  焊接 → 再按  $SB_1$  收弧 → 再松  $SB_1$  停焊

一、 $S_3$  ↓,  $S_2$  ↓,  $S_1$  ↓,  $KM_2$  ↑ (P652 ↑ P)

二、接 TS:



三、松  $SB_1$  →  $KM_1$  ↑ (6739R) →  $KM_1$  (6521P),  $KM_3 \sim KM_6$  线圈电流经  $KM_3, KM_7$  自锁触头及  $S_3$  至地保持吸合 →  $C_{30}$  充电 →  $VT_4$  ↑ →  $CH_{14}$  点有足够电压使  $V_3$  ↑ →  $KM_3$  ↑ → 继续焊接

四、再按  $SB_1$  →  $C_{30}$  放电至0,  $VT_4$  ↓ →  $CH_{14}$  电位2V →  $KM_3$  ↓ →  $RP_6$  ↑  $RP_5$  ↓,  $V_{12}$  ↓ → 接收弧规范填充弧坑

五、再松  $SB_1$  →  $KM_1$  ↑ (6739R) →  $C_4, C_5$  延时 →  $C_{35}, C_{36}$  延时 →  $KM_1$  ↓ →  $KM$  ↓, 切断主电源 →  $KM_5$  ↑ →  $SOL$  ↓ 停气 → 停焊

→  $KM_4$  ↑ → 接通  $R_4$ , M 能耗制动停转

→  $KM_6$  ↓ →  $RP_5$  ↑  $RP_6$  ↓

图 2-15 程序控制过程

### (五) 附加功能电路

在 XC 系列 CO<sub>2</sub> 焊机使用说明书应用功能中讲到：本机有气体预流功能、初期电流功能（仅 XC500）、弧坑填丝反复功能（仅 XC500），另外还附有点焊定时器。这些功能在 X 系列焊机中是没有的。

参看图 2-16，这些功能都设置在“有”收弧的情况下使用，现分述如下。

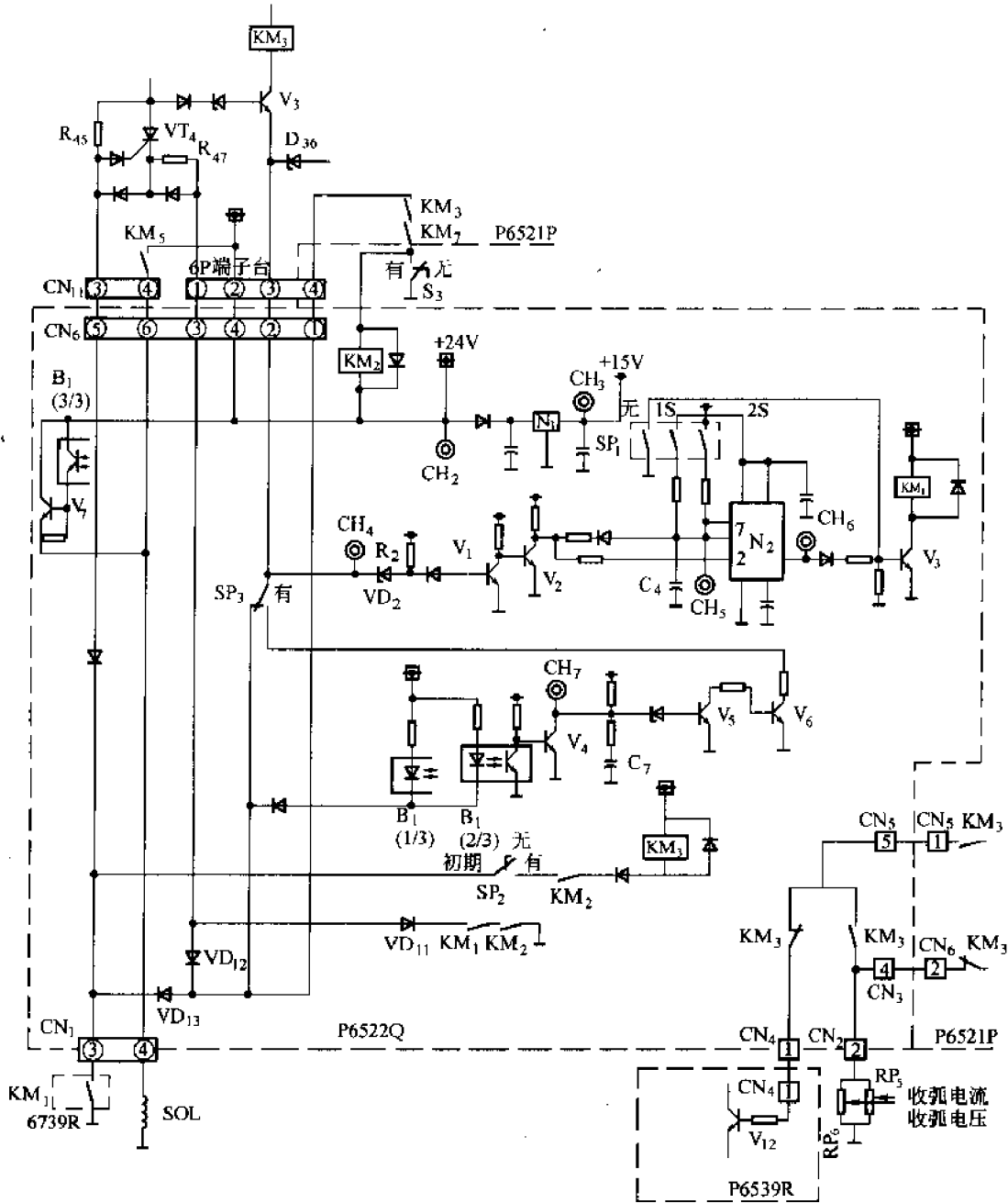


图 2-16 附加功能电原理简图

### 1. 气体预流功能:

希望在焊前有较长的送气时间时使用。气体预流时间设定为 5s 左右。气体预流功能由开关 SP<sub>3</sub> 控制, 其电路由光耦合器 B<sub>1</sub>、三极管 V<sub>4</sub>~V<sub>7</sub> 等元件组成。

将 S<sub>2</sub> 置“有”, SP<sub>3</sub> 置“有”。按下手把开关 SB<sub>1</sub>, KM<sub>1</sub> (6739R) 闭合, B<sub>1</sub> 导通, V<sub>7</sub> 导通, 气阀 SOL 开起送气。同时, 由于 B<sub>1</sub> 的导通, V<sub>4</sub> 截止, +15V 电源向电容 C<sub>7</sub> 充电, 约 5s, V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub> 导通, V<sub>3</sub> 导通, KM<sub>3</sub> 动作 (6521P 板), 送丝机控制电路及主晶闸管触发电路工作, 焊机开始引弧。向 C<sub>7</sub> 充电时间即为气体预流时间。

### 2. 初期电流功能:

希望在弧坑填丝相同的规范下引弧焊接。引弧后, 松开手把开关 SB<sub>1</sub>, 转正常规范焊接。这一功能称初期电流功能, 由开关 SP<sub>2</sub> 控制。

将 SP<sub>2</sub> 置“有”, S<sub>2</sub> 置“有”, 按下 SB<sub>1</sub>, KM<sub>1</sub> (6739R) 吸合, KM<sub>3</sub> 吸合, 其常闭触头断开三极管 V<sub>12</sub> (6739R) 的基极 (V<sub>12</sub> 控制焊接电压信号 U<sub>v</sub> 和焊接电流信号 U<sub>A</sub>) 电路, 常开触头接通收弧电流电位器 RP<sub>5</sub> 和电压电位器 RP<sub>6</sub>。这样, 按 RP<sub>5</sub>、RP<sub>6</sub> 控制的收弧规范引弧与焊接。松开 SB<sub>1</sub>, KM<sub>3</sub> 断电释放, 其触头接通 V<sub>12</sub> 基极电路而断开 RP<sub>5</sub>、RP<sub>6</sub> 支路, 因而按正常规范焊接。

### 3. 弧坑填丝反复功能:

希望反复在弧坑填丝条件下进行收弧的功能, 由开关 SP<sub>1</sub> 控制。使用这一功能时, 将 SP<sub>1</sub> 置 1S 或 2S, 其反复时限分别设定为 1s 或 2s 左右。

本电路主要由三极管 V<sub>1</sub> 和 V<sub>2</sub>、电容 C<sub>4</sub>、开关 SP<sub>1</sub>、集成块 (555) N<sub>2</sub>、继电器 KM<sub>1</sub> 等元件组成。

S<sub>2</sub> 置“有”, 开关 SP<sub>1</sub> 接通 1s (或 2s)。

第二次按下 SB<sub>1</sub>, KM<sub>1</sub> (6739R) 吸合。由前面程序控制电路可知, 此时 P6521P 板的 V<sub>3</sub> 截止, KM<sub>3</sub> 释放, KM<sub>4</sub>~KM<sub>6</sub> 保持吸合, 按收弧规范填充弧坑。同时, 由于 KM<sub>1</sub> (6739R) 的吸合, CH<sub>4</sub> 点电位为 0, 使得 V<sub>1</sub> 截止, V<sub>2</sub> 导通, CH<sub>6</sub> 为高电位, V<sub>3</sub> 导通, KM<sub>1</sub> 吸合。

第二次松开 SB<sub>1</sub>, KM<sub>1</sub> 释放 (6739R), KM<sub>4</sub>~KM<sub>6</sub> 断电释放, 停止焊接。此时, 因 CH<sub>4</sub> 电位不等于 0, 故 V<sub>1</sub> 导通, V<sub>2</sub> 截止, C<sub>4</sub> 充电计时, 当 CH<sub>5</sub> 点为高电位时, CH<sub>6</sub> 点变为低电位, V<sub>3</sub> 截止, KM<sub>1</sub> 释放。C<sub>4</sub> 的充电时间为填丝反复设定时限。由此可见, 有 2 种情况: (1) 在设定时限内, KM<sub>1</sub> 未释放。由于 KM<sub>1</sub>、KM<sub>2</sub> 的闭合, 电流经 VT<sub>4</sub>、R<sub>7</sub>、VD<sub>11</sub>、KM<sub>1</sub> 和 KM<sub>2</sub> 触头入地, VT<sub>4</sub> 保持导通。但 V<sub>3</sub> 因发射极线路被 KM<sub>1</sub> (6739R) 断开而保持截止。第三次按下 SB<sub>1</sub> 时, 因为 VT<sub>4</sub> 导通, 然而, 流经 VT<sub>4</sub> 的电流改从 VD<sub>30</sub>、KM<sub>1</sub> (6739R) 入地, 所以, V<sub>3</sub> 还是截止, KM<sub>3</sub> 保持释放, 其他继电器接通, 按收弧规范焊接。(2) 若第二次松开 SB<sub>1</sub> 的时间超过设定时限, 则 KM<sub>1</sub> 释放, VT<sub>4</sub> 截止。当第三次合上 SB<sub>1</sub> 时, 就得从头开始, 按正式 (焊接) 规范引弧焊接。

由上分析可知, 如在设定时限内, 就可以反复在收弧规范下进行弧坑填丝处理。如果超过设定时限, 就将按焊接规范重新引弧焊接了。



## 第五节 几种晶体管的简单介绍

### 一、二极管

#### (一) 表示方法及主要特点

通常用符号  $\text{—}\triangleright\text{—}$  来表示二极管，箭头所示方向就是它的导电方向。我们把二极管的一个极叫做正极或阳极，把另一个极叫做负极或阴极（如图2-17a所示）。

二极管突出的特点是单向导电性（电流总是从二极管的正极流向负极）。当二极管的正极电位比负极高时，二极管允许电流通过，这一方向称为正向，所加电压称正向电压；当正极的电位比负极低时，二极管阻挡电流通过，所加电压称反向电压。

二极管的正向电阻并不等于零，一般流过二极管的电流为额定电流时，硅管的压降为0.7V、锗管的压降为0.3V左右。二极管的反向电阻也不是无限大，一般加上反向额定电压时，大约有若干毫安的漏电流流过。二极管的电压-电流特性（又叫伏-安特性）如图2-17b所示。

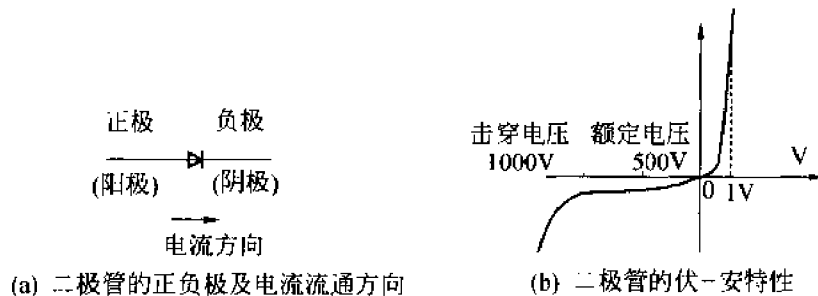


图 2-17 二极管表示方法及特性

#### (二) 简易判断方法

常用的方法是利用万用表来测二极管的正、反向电阻。使用万用表的电阻挡测电阻时，要注意到万用表的正表笔（红笔）接的是表内干电池的负极，因而带负电位；而负表笔（黑笔）接的是表内干电池的正极，因而带正电位。所带电位的极性正好和表笔的名称相反。

测量方法是：将万用表的正表笔接到二极管的一个极，负表笔接二极管的另一个极，如图2-18a所示。此时电表指示的电阻如果比较小（通常为100~1000Ω），而将二极管的两端对调后（图2-18b），电表指示的电阻值如大于几百kΩ，则说明管子的单向导电性能较好。如图2-18a的接法下，负表笔接的是二极管的正极，正表笔接的是二极管的负极。如果反向电阻太小，表明二极管被击穿了，失去了单向导电作用，如正、反向电阻均为无穷大则表示管子已断路。这两个情况下的二极管均已损坏。

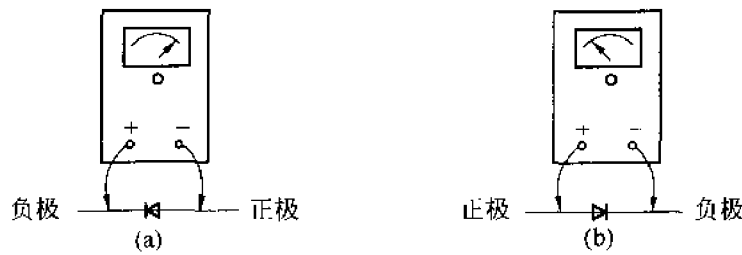


图 2-18 用万用表检测二极管

### (三) 基本参数及选用

1. 额定电流：就是额定正向平均电流，是指在一个周期内通过二极管的正弦半波平均电流。选用二极管时，应考虑电流的有效值等因素，其额定电流比通过二极管的实际电流应大一些。

2. 额定电压：就是最高反向工作电压（峰值），通常为二极管反向击穿电压的 1/2。选用二极管时，应注意到二极管承受的最大反向电压峰值，一般不得超过其额定电压。

## 二、晶闸管

### (一) 结构及表示符号

晶闸管有三个极，它的表示符号及内部结构如图 2-19 所示。

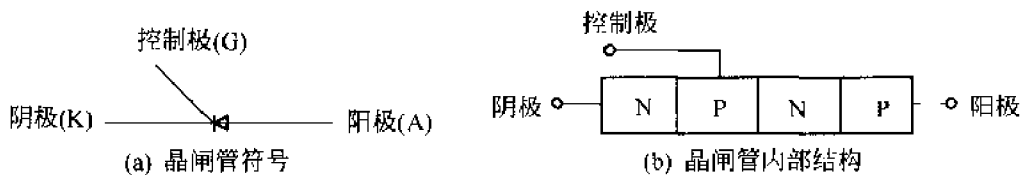


图 2-19 晶闸管的符号和内部结构

### (二) 简单测试

根据半导体 P-N 结的原理，用万用表测量晶闸管 3 个极间的电阻（如图 2-20 所示），就能鉴别它的 3 个极是否损坏。一般：

阳极与阴极之间正向与反向电阻在几百  $k\Omega$  以上。

阳极与控制极正向与反向电阻也在几百  $k\Omega$  以上。

控制极与阴极之间是一个 P-N 结，因此它的正向电阻大约在几  $\Omega$ ~几百  $\Omega$  的范围，反向电阻比正向电阻要大，其二极管特性不太理想，但不能说明控制极特性不好。另外，注意在测量控制极正、反向电阻时，应用万用表的  $R \times 10$  或  $R \times 1$  挡，以防止电压过高将控制极反向击穿。

若测得元件阳极与阴极正、反向已短路，或阳极与控制极短路，或控制极与阴极反向

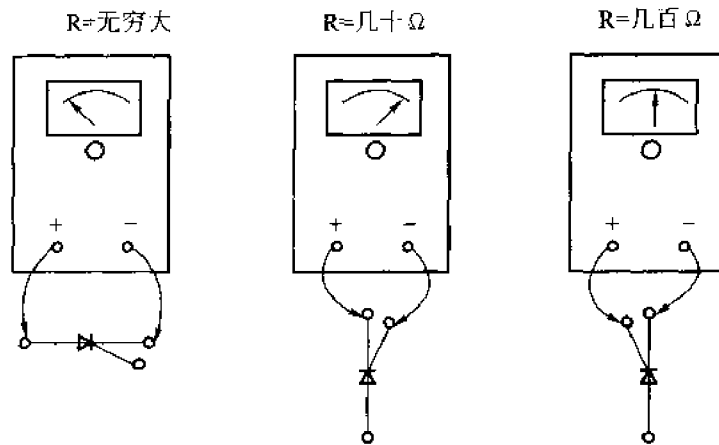


图 2-20 用万用表鉴别晶闸管的 3 个极

短路，或控制极与阴极断路，说明元件已损坏。

### (三) 工作原理

先看一个简单的电路，如图 2-21 所示：

1. 不合开关，灯不亮，说明晶闸管不导通。
2. 合上开关，灯亮，说明晶闸管导通。
3. 灯亮后，拉开开关，灯继续亮着，说明晶闸管仍然导通。

4. 将  $E_2$  反极性接入电路，即控制极接电源的负极，那么无论晶闸管阳极加上正电压或负电压，晶闸管都不会导通。同样，如果阳极加上负电压，即使控制极加上正电压，晶闸管也不会导通。由此可以得出：晶闸管由不通转换为导通，必须具备以下 2 个条件：

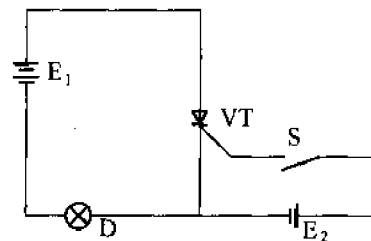


图 2-21 晶闸管导通条件

- (1) 晶闸管阳极加上正向电压。
- (2) 控制极同时加上适当的正向电压。

利用晶闸管的这一特性，当它工作在交流电路时，只要在阳极承受交流正半周电压的时间内，适当改变加入控制极正电压的时间先后，就能够改变通过晶闸管加在负载上的电压大小，即改变灯泡的亮度，实现可控整流。

### (四) 基本特性与关断条件

晶闸管的基本伏-安特性如图 2-22 所示。

使晶闸管控制极开路，给晶闸管加上正向电压，虽然电压较高，但元件中只有很小的电流流过，晶闸管阳极与阴极之间表现出很大的电阻，处于阻断状态。当正向电压上升到某一数值时，晶闸管突然由阻断状态转化为导通状态，这个电压称之为正向转折电压。元件导通后，可以通过很大电流，而元件本身却只有 1V 左右的管压降。若减小正向电压，正向电流就逐渐减小，当电流小到某一数值时，晶闸管又从导通状态转化到阻断状态，此

时的电流值称为维持电流。

晶闸管的反向伏-安特性与二极管相似。

如果通过晶闸管的正向电流小于维持电流时，晶闸管就不能继续导通而自行关断。由此可见，使晶闸管关断的条件为：1. 使流经晶闸管的电流变为零。2. 使元件经受一次短时间的反向电流与反向电压。不论在哪一种情况下，晶闸管恢复正向阻断能力都需要一定的时间，这时间称之为关断时间。

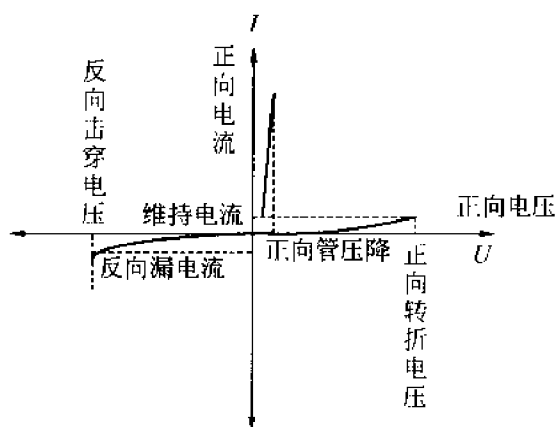


图 2-22 晶闸管的伏-安特性

#### (五) 主要参数及选用

1. 额定电流：全称为额定正向平均电流。即在规定的散热条件下，环境温度不大于 $40^{\circ}\text{C}$ ，管子全开通，允许通过的工频正弦半波平均电流（在半个周期平均）叫做额定正向平均电流。平常我们说一个 $50\text{A}$ 的元件，就是说在上述条件下，晶闸管允许通过的最大平均电流为 $50\text{A}$ 。显然，这个电流与许多因素有关，如元件导通角的大小及导电次数、电流波形、环境温度与散热条件等。选用晶闸管时，应考虑这些因素加以修正，使实际工作电流不超过元件的额定正向平均电流。

2. 额定电压：把正向阻断电压和反向峰值电压中较小的那个数值，定为该元件的额定电压。

正向阻断电压：正向转折电压减去 $100\text{V}$ ，称该元件的正向阻断电压。

反向峰值电压：反向击穿电压减去 $100\text{V}$ ，称该元件的反向峰值电压。

在选用元件的时候，应考虑留有一定的余量，常常选额定电压是实际工作电压峰值的 $1.5\sim 2$ 倍以上。例如，直接接入 $220\text{V}$ 电源的单相桥式晶闸管整流电路，其实际交流工作电压峰值为 $220\text{V} \times 1.414 = 311\text{V}$ ，应选额定电压为 $500\text{V}$ 以上的元件。

3. 控制极触发电压、电流：当元件阳极与阴极之间加上 $6\text{V}$ 直流电压，能使元件触发导通的控制极最小电流、电压分别称为触发电流、电压。

控制极瞬时峰值电压不能超过 $10\text{V}$ ，电流不能超过 $2\text{A}$ 。控制极反向电压不得超过 $10\text{V}$ ，有时在控制极反向并联一个二极管，把反向电压截去。

### 三、三极管

#### (一) 种类及图形符号

三极管的种类很多,有高频的、低频的(工作频率),有大功率的、小功率的(使用功率)硅管、锗管(材料结构),有PNP型、NPN型的(结构形式)。但它们都有3个电极,分别叫做发射极(用e表示)、基极(用b表示)、集电极(用c表示)。其图形符号如图2-23所示。

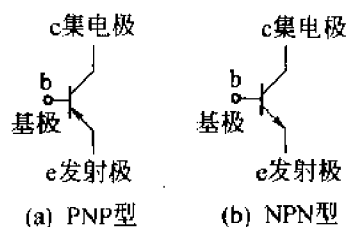


图 2-23 三极管的图形符号

#### (二) 主要作用

1. 起放大作用。在电路中把微弱信号放大。
2. 起可变电阻作用。受信号的控制,似可变电阻、集电极电流  $I_C$  大小可调。
3. 起提高放大器带负载能力的作用,即把前一级放大器输出信号传送给下一级而不影响其放大倍数(射极跟随器)。
4. 起开关作用、调压作用等。

#### (三) 主要参数及选用

1. 电流放大系数  $\beta$ : 是指在共发射极电路中,集电极电流(输出电流)和基极电流(即输入电流)的变化量之比。一般情况下,希望选  $\beta$  大些,则放大作用大些。但  $\beta$  大的管子,穿透电流  $I_{ce0}$  也较大,易受温度影响( $\beta$  随温度升高而增大),管子工作稳定性较差。因此,三极管的放大作用与稳定性之间存在着矛盾,选用时应根据实际要求来考虑。

2. 集电极最大允许电压  $BV_{ce0}$ : 指基极开路时,集电极与发射极之间的击穿电压。选用时,应注意到该电压要比电源电压高。

3. 集电极最大允许电流  $I_{CM}$ :  $I_C$  超过  $I_{CM}$  将使管子损坏,注意使用时,负载电阻  $R_C$  不可过小,以免  $I_C$  过大。

4. 穿透电流  $I_{ce0}$ : 穿透电流越大,管子受温度影响也就越大,工作越不稳定,而且使用寿命也较短,一般硅管比锗管的穿透电流小得多。

5. 集电极最大耗散功率  $P_{CM}$ : 管子使用时的内部损耗,即  $P_C = I_{ce} \cdot U_{ce}$  不应超过  $P_{CM}$ 。

上述参数的限制,可以在图2-24上表示出来。在限制范围以内,就是三极管的安全工作区。

#### (四) 利用万用表检测三极管

用万用表测试三极管时,通常用  $R \times 100$  或  $R \times 1K$  挡。不要用  $R \times 10K$  挡,因为在这挡表的内部所接的电压较高;也不要  $R \times 1\Omega$  挡,因为这挡电流较大。

1. 确定三极管的类型及基极 b:

三极管是由2个PN结组成。根据PN结正向导通、反向阻断的原理来辨别三极管类

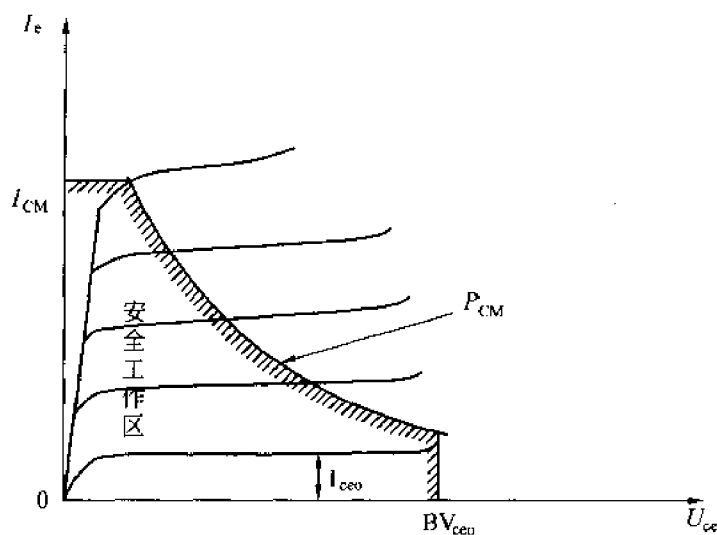


图 2-24 三极管的安全工作区

型及基极 b。三极管的测量见图 2-25。

用万用表的正表笔任意接三极管的一个极，负表笔分别接其他 2 个极，若所测电阻都很小（约几百  $\Omega$ ），则正表笔所接为 PNP 型管子的基极 b。若量得电阻都很大（约在几  $k\Omega$  以上），则正表笔所接为 NPN 型管子的基极 b。如量得一大一小，就需换一个极再量，直到量得两个读数都小或都大为止。

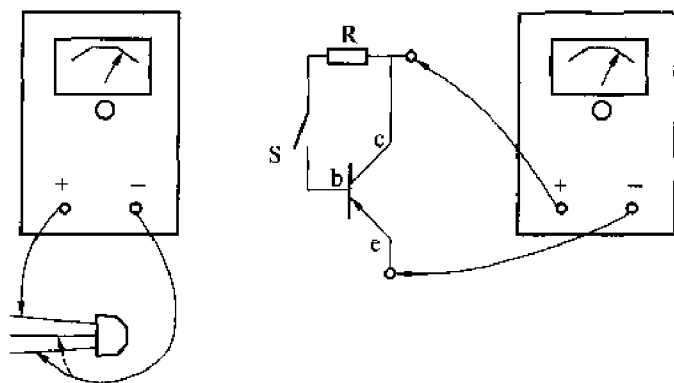


图 2-25 三极管的测量

## 2. 确定发射极 e 及集电极 c:

以 PNP 型三极管为例，当确定了 b 极以后，可用万用表的两笔接在另外 2 个未知极上，然后用一个 100K 的电阻 R 的一端与 c 极并联再与正表笔连接，另一端与管的 b 极时通时断，看表针摆动的大小。再把两表笔对调，重测一次。表针摆动得大的一次，正表笔所接为集电极 c，另一极为发射极 e。也可以用手捏或舌舔，利用人体电阻来代替 100K 电阻进行测定。

对于 NPN 型管子来说，则应该把 b 极与负表笔之间接一电阻。符合上述条件，则负表笔所接为 c 极，另一极为 e 极。

### 3. 集电极-发射极反向电流（穿透电流） $I_{ce0}$ 及电流放大系数 $\beta$ 的简单判别：

用万用表的欧姆挡测量三极管 c、e 极之间的电阻，一般阻值应在几  $k\Omega$  以上。如果电阻值太小，表明  $I_{ce0}$  很大。

在判别三极管的 e、c 极时，请留意表针摆动大的一次的测量，与 b 极断开前和接通后万用表的读数加以比较，前、后 2 次读数相差越大，表示  $\beta$  值越高。

在测量过程中，量得三极管任何 2 个极的正、反向电阻都很小（接近于 0）或都极大（表针不动），则说明该管已被击穿或烧坏。

## 四、单结晶体管

单结晶体管的外形、结构很像三极管，但是它和三极管的性能根本不同。单结晶体管比较广泛地用于晶闸管的触发电路，其线路简单，易于调整。

### （一）结构及图形符号

单结晶体管，又叫双基极二极管，它有 3 个极，分别称为发射极 e，第一基极  $b_1$ ，第二基极  $b_2$ 。其图形符号如图 2-26 所示。

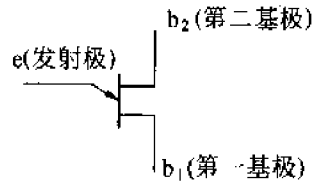


图 2-26 单结晶体管符号

### （二）简易判别方法

#### 1. e 极的确定（如图 2-27 所示）：

e 对  $b_1$ ：像一个二极管，用万用表的负表笔接 e，正表笔接  $b_1$ ，测得的电阻小，反过来电阻大。

e 对  $b_2$ ：也像一个二极管，情况同上。

而  $b_1$  与  $b_2$  之间相当于一个固定电阻，表笔正、反向测得的电阻值不变。不同的管子此值是不同的，一般在  $3k\sim 12k\Omega$  范围内。利用以上结果就可找出发射极 e。

#### 2. $b_1$ 、 $b_2$ 的区分：

按一般经验，可以比较 e 对  $b_1$ 、 $b_2$  两基极间正向电阻的微小差别来确定。e 对  $b_1$  的正向电阻比 e 对  $b_2$  的正向电阻稍大一些，这样，就可以区分  $b_1$ 、 $b_2$  极。实际应用中如果  $b_1$ 、 $b_2$  接反了，也不会损坏元件，只是发不出脉冲，或发出的脉冲很小。

如果用万用表量得的单结晶体管 e 和  $b_1$ 、 $b_2$  间没有二极管特性，或  $b_1$ 、 $b_2$  间的电阻比  $3k\sim 12k\Omega$  大很多或小很多，则表明管子已损坏或不合格。

### （三）基本特性

如图 2-28 所示，在单结晶体管的  $b_1$ 、 $b_2$  极之间加上电源  $E_1$ ， $b_2$  接正， $b_1$  接负（设为 20V）。 $E_2$  的电压低于  $E_1$ ，经 R 接于 e 与  $b_1$  之间， $E_2$  的电压可调。

当  $U_{eb1}$  由零开始增加到某一电压（图中为 12.7V）的过程中，e 与  $b_1$  之间不通， $I_c \approx$

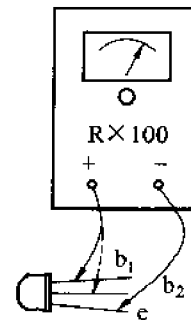


图 2-27 单结晶体管的测量

0, 呈高电阻特性; 当  $U_{eb1}$  大于这一电压 (12.7V) 时,  $I_c$  突然增大, 即 e、 $b_1$  之间的电阻忽然变得很小, 通常称这个电压为峰值电压, 用  $U_p$  表示, 对应这点的电流称峰值电流。  $U_{eb1}$  超过峰值电压后, 继续增大  $E_2$ , 我们会发现, 与一般情况不同: 随着  $I_c$  的增大,  $U_{eb1}$  是减小下来的, 这种现象叫做负阻特性。  $I_c$  继续增大,  $U_{eb1}$  减小到一定电压 (例图中为 3V) 时又重新缓慢上升, 这一电压称谷点电压, 用  $U_v$  表示, 此时的电流称谷点电流, 用  $I_v$  表示。  $U_{eb1}$  电压必须降到小于谷点电压以后, e、 $b_1$  之间才恢复阻断状态。

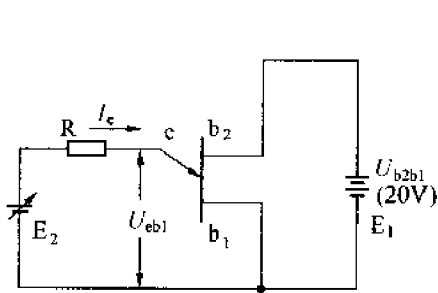


图 2-28 单结晶体管特性实验

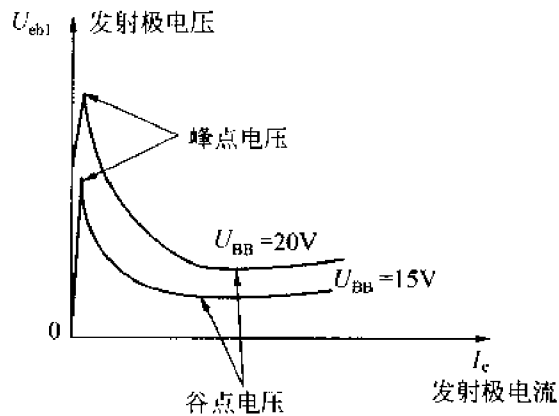


图 2-29 单结晶体管特性曲线

由上面的分析可以得出单结晶体管的一般特性:

1. 发射极电压  $U_{eb1}$  必须大于某一电压 (峰值电压  $U_p$ ) 时, 单结晶体管 e、 $b_1$  之间才导通。

$$U_p = n \cdot U_{bb2} + 0.7V$$

其中  $n$  称分压比, 不同的管子  $n$  不同。

2. 单结晶体管在导通后, 发射极电压  $U_{eb1}$  必须降低到低于电压  $U_v$  以后, e、 $b_1$  才恢复阻断状态。不同的管子,  $U_v$ 、 $I_v$  不同, 一般  $U_v$  在 2~5V。

在触发电路中, 希望选用  $n$  稍大些、 $U_v$  低些、 $I_v$  大些的单结晶体管为好, 这些会使输出脉冲幅度和相位调节范围都增大。

## 五、程控单结晶体管

程控单结晶体管的图形符号如图 2-30, 与晶闸管图形比较有些相似, 不同的地方是晶闸管的控制极在箭头之前, 靠近阴极 (与阴极间有二极管性质), 而程控管的控制极在箭头之后, 靠近阳极 (与阳极间有二极管性质)。

它们的特性也不相同, 晶闸管的阳极与阴极加上正向电压, 控制极相对于阴极, 加上正的电压, 即控制极电位比阴极高, 晶闸管导通。而程控单结晶体管阳、阴极之间加上正向电压, 而是控制极相对于阳极, 加上负的电, 即控制极电位比阳极电

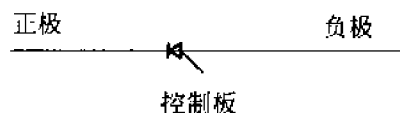


图 2-30 程控管的图形符号



位低时，程控管导通。根据这一特性，程控单结晶体管用于某些简单的可控整流线路。

程控单结晶体管与单结晶体管特性也不相同。单结晶体管发射极电压  $U_{e1}$  大于峰值电压  $U_p$  时导通，低于谷点电压  $U_v$  以后关断。程控管的阳极电位高于控制极电位时，程控管导通，低于该电位时关断。在焊接设备中，往往利用这一特性来控制某些晶闸管的触发。

### 第三章 KR 系列 CO<sub>2</sub> 半自动焊机原理和故障处理

#### 第一节 特点及主要技术参数

KR系列焊机，主要用于 CO<sub>2</sub> 气体保护焊，有 3 种规格，即 YM-200KR1VTA、YM-350KR1VTA、YM-500KR1VTA。KR 系列焊机，是唐山松下产业机器有限公司生产的比较新型的焊机，相对于 K 系列焊机，有如下比较突出的特点：

1. 从电源至送丝机，只有一根控制电缆，减轻了电缆的重量，减少了断线的麻烦，移动轻便一些。

2. 采用了模块和无触点开关，减少了电子元件的数量，将控制线路压缩到了一块印刷线路板上，提高了电路的可靠性，方便维修。

3. 电源的体积较小，重量较轻，防尘性能有提高。

4. 有电流、电压分别调整/简易一元化机能。

焊机的一般结构及其各部分的作用与大阪 CO<sub>2</sub> 焊机基本相同。这在第二章对于大阪机的结构作了比较详细的说明，因此，不重述了。KR 系列焊机的主要技术参数如表 3-1 所示。

表 3-1 KR 系列焊机主要技术参数

主要技术参数	KR-200 型	KR-350 型	KR-500 型
额定输入电压	AC 380V, 3 相		
额定输入容量	7.6kVA	18.1kVA	31.9kVA
输出电流	DC 50~200A	DC 60~350A	DC 60~500A
输出电压	DC 15~25V	DC 16~36V	DC 16~45V
额定负载持续率	50%		60%
焊丝直径	实芯 $\phi 0.9, \phi 1.0, \phi 1.2$		实芯 $\phi 1.2, \phi 1.4, \phi 1.6$
	药芯 $\phi 1.2$		药芯 $\phi 1.2, \phi 1.4, \phi 1.6$

## 第二节 工作原理

### 一、主电路

参看图 3-1, 其上半部分是 KR 系列焊机的主电路, 该电路主要由交流接触器 KM、主变压器  $T_1$ 、晶闸管  $VT_1 \sim VT_6$ 、平衡电抗器  $L_1$  及滤波电抗器  $L_2$  等组成。电路的主体是一个双反星形带平衡电抗器的晶闸管整流装置, 与大阪 X 系列  $CO_2$  焊机主电路基本相同。在第二章第二节, 关于大阪机主电路各部分的作用及整流电路的工作原理已作了清楚的说明, 在此不再重述了。

### 二、控制电路

主要由以下几部分组成: 1. 主晶闸管触发电路。其作用是接收操作电路及电压运算电路的信号后, 产生相应的脉冲来触发主晶闸管, 控制其导通角来调节焊接电压的大小。2. 电压、电流控制与运算电路。根据焊机的工艺要求, 对各种情况下的焊接规范及工作方式选择, 给出相应的控制电压, 来控制焊接电源输出电压的大小和送丝机的转速 (即焊接电流的大小)。3. 送丝机控制电路。根据工艺要求, 控制送丝电动机的运行。4. 程序控制电路。又叫操作电路, 即对焊接进行全过程的控制。5. 其他控制电路。现分述如下:

#### (一) 主晶闸管触发电路

参看图 3-2, 本电路主要由光耦双向晶体管  $B_4 \sim B_6$ 、开关管  $VR_6 \sim VR_8$ 、模块  $D_2 \sim D_4$ 、光耦合双向晶闸管、光耦合三极管等元件组成。

本电路对应于 U、V、W 三相交流电源由 3 个完全相同的电路组成, 每路触发 2 只主回路晶闸管。每相电路又可分为 3 个部分: 同步控制部分、脉冲产生部分、脉冲输出部分。下面以 U 相为例对这 3 个部分电路作一说明。

#### 1. 同步控制电路:

同步控制电路的输入电压直接取自主变压器  $T_1$  次级同一铁芯上相位相反的两个绕组, 省去了同步变压器, 使触发电路简单可靠, 保证了触发脉冲与主回路晶闸管电压相位的同步。其等效图如图 3-3 所示。

输入的交流电压由 30 点和 32 点, 分别经电阻和稳压管削波后, 加到光耦晶体管  $B_4$  的 1 脚和 2 脚。当输入电压非零时,  $B_4$  的输出端 3 脚和 4 脚导通, 使  $VR_6$  导通。而当输入电压过零时, 则  $V_4$  截止, 其 3 脚和 4 脚断开, 而使  $VR_6$  截止 (图 3-2)。

#### 2. 脉冲产生电路:

这部分电路的功能是由模块  $D_2$  实现的。 $D_2$  的 15 脚接电源, 1 脚及 10 脚接地, 6 脚接控制电源。当来自逻辑控制电路的信号由 G 点输入使  $B_{15}$  导通时, +15V 电源电流经电

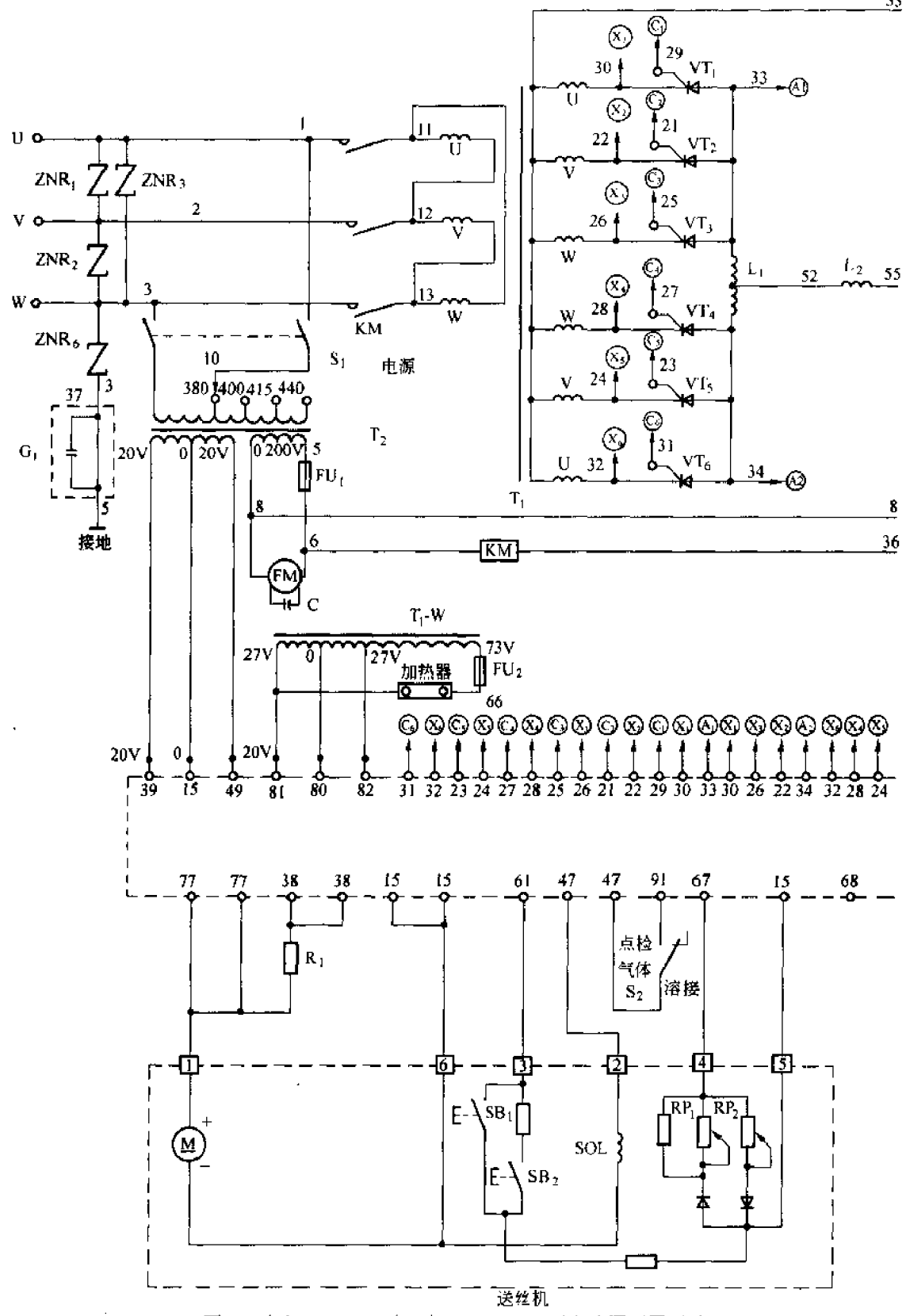


图 3-1 (1) YM-200/350/500KR1VTA 型电路原理图 (1)

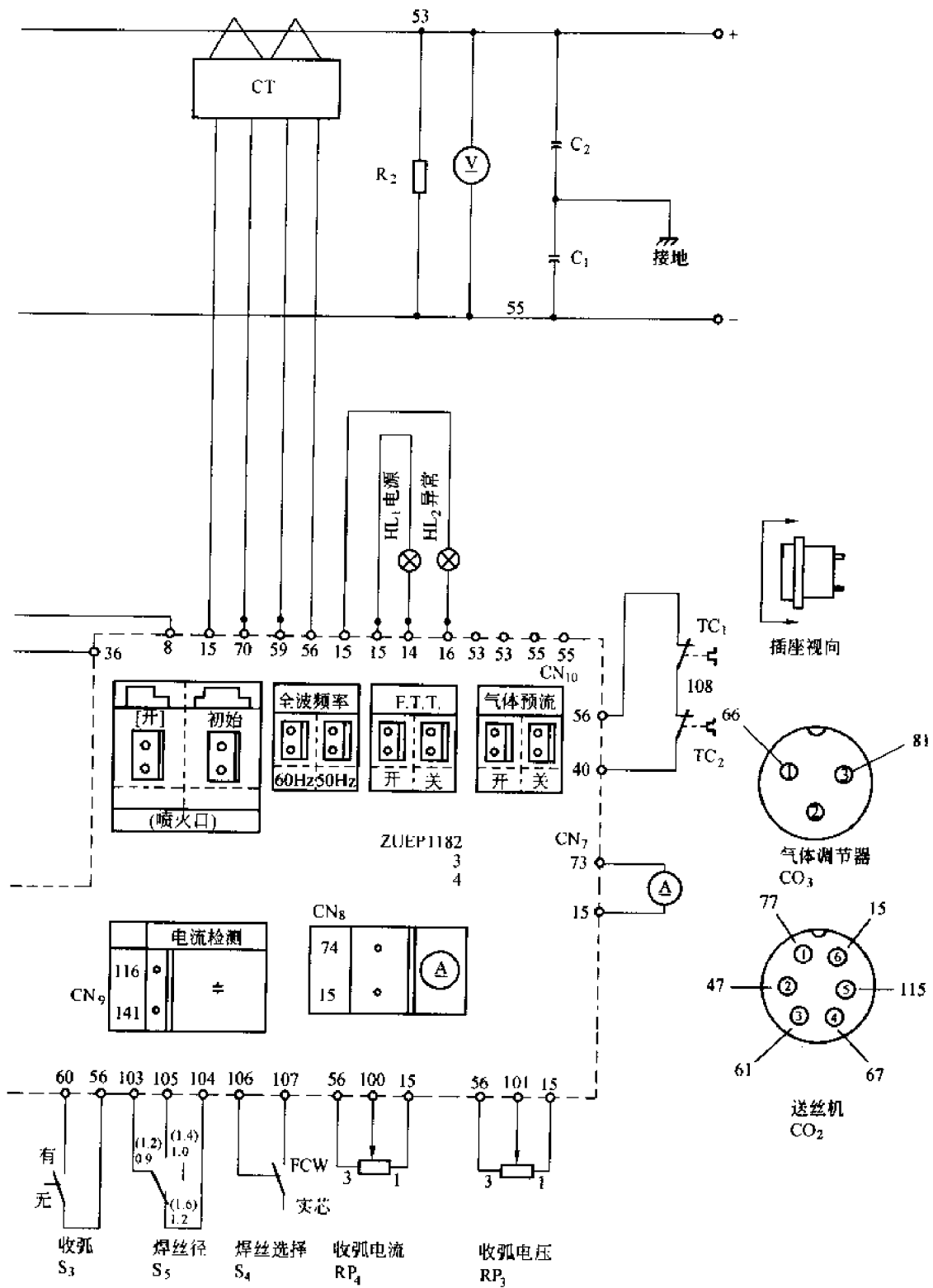


图 3-1 (2) YM-200/350/500KR1VFA 型电路原理图 (2)

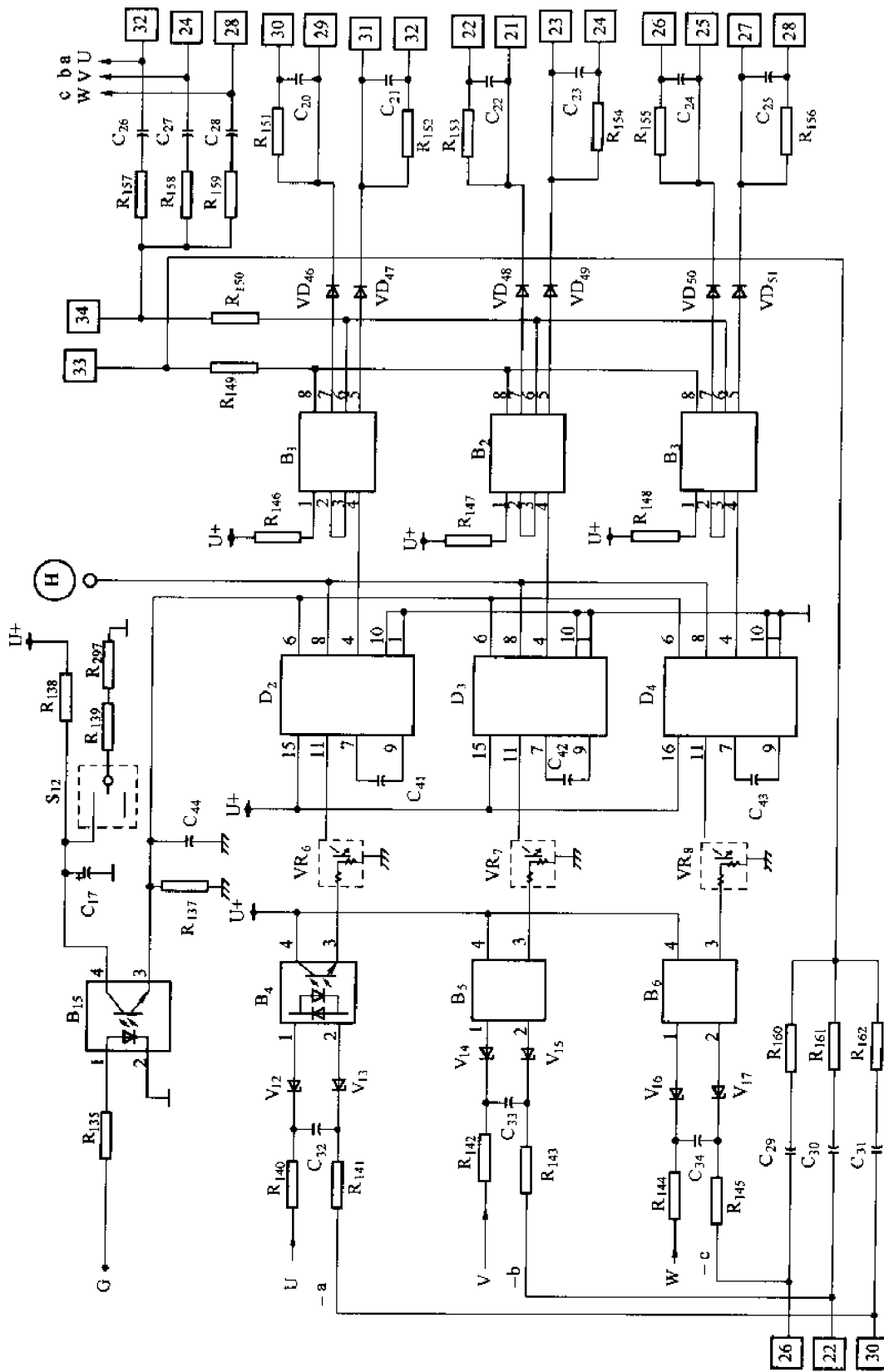


图3-2 触发电路

阻、 $B_{15}$  的 4 脚和 3 脚输入到 6 脚， $D_2$  开始工作。 $S_{12}$  为频率 50Hz/60 Hz 选择开关，当  $S_{12}$  设定在 50Hz 时，开关接通电阻和地，成为另一支路， $D_2$  的 6 脚电位将低一点，从而使其产生的触发脉冲的相位较 60 Hz 时滞后。 $D_2$  的 11 脚接  $VR_6$  的 C 极，7 脚和 9 脚之间接电容  $C_{41}$ 。当  $VR_6$  导通时，使 11 脚接地（图 3-2）， $C_{41}$  重复进行充电→放电的过程，每当  $C_{41}$  开始放电时，即从  $D_2$  的 4 脚输出一组脉冲。按照这个充、放电过程，在  $D_2$  的 4 脚产生一系列等距离的脉冲信号，这一系列脉冲信号直到输入电压过零点  $VR_6$  截止时为止。 $VR_6$  截止时，11 脚呈高阻态， $C_{41}$  通过另外的回路放电，此时 4 脚无输出。当输入电压过零点后， $VR_6$  又导通，开始重复上述的充、放电过程。由此可见，同步控制电路既保证了触发脉冲与外电源的相位同步，又保证了每个周期触发相位的一致性。

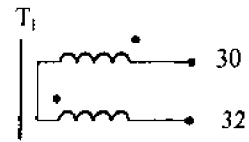


图 3-3 同步控制电路等效图

8 脚接入来自 H 点的电压调节电位器  $RP_1$  控制的给定信号电压。当 H 点电位高时， $C_{41}$  充电到一定电位的时间就短，使触发脉冲前移；反之，当 H 点的电压较低时，则触发脉冲发出的时间就滞后。因此，H 点的电压控制着触发脉冲的移相，从而控制了主回路晶闸管的导通角，来调整焊机输出电压的大小。

### 3. 脉冲输出电路：

触发脉冲的输出使用了光耦双向晶闸管  $B_1$ 。 $B_1$  的内部结构如图 3-4 所示。

$B_1$  的输出端为 2 组双向导通晶闸管，分别接到主变压器 2 个相序相反的绕组上的 2 只晶闸管的阳极与控制极之间，起到一个开关的作用，如图 3-5 所示。

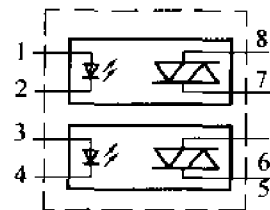


图 3-4 晶闸管  $B_1$  的内部结构

这种接法的优点在于：利用光耦使输入端与输出端相隔离，同时不需要对触发脉冲进行功率放大。

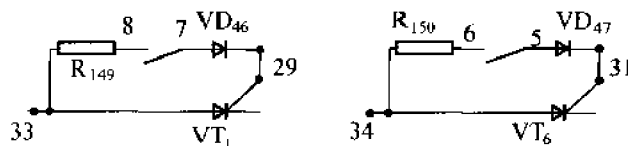


图 3-5 脉冲输出开关电路

$D_2$  的 4 脚输出的脉冲信号控制着  $B_1$  的导通状态，当有脉冲来时， $B_1$  导通，相当于图 3-5 中开关的闭合，从而使主电路晶闸管获得触发信号。

V 相和 W 相与 U 相原理相同。

触发电路波形如图 3-6 所示。

## (二) 电压、电流控制与运算电路

这部分电路可分为焊接基准信号电路和电压、电流运算电路。

### 1. 焊接基准信号电路：

参看图 3-7，由  $N_{14A}$ 、 $C_{67}$ 、 $R_{169}$ 、 $R_{170}$ 、 $R_{171}$  等元件组成的振荡电路产生频率为 1kHz

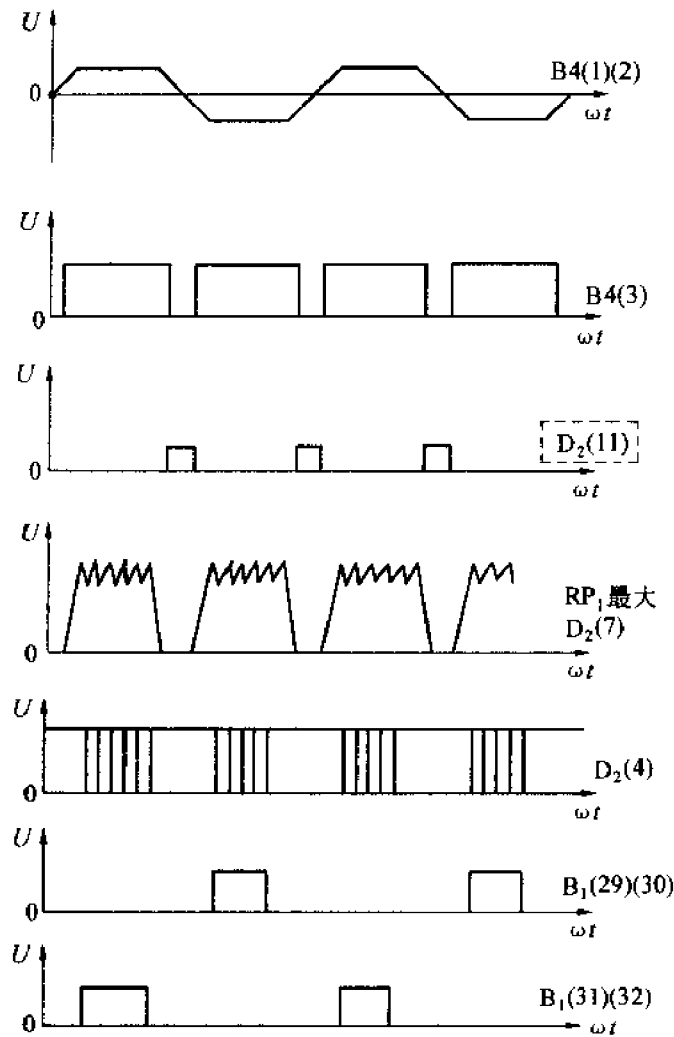


图 3-6 触发电路波形

的交流方波（如图 3-8 所示），此交流方波经分波输出后，作为分波电压、电流运算电路的基准信号。

其工作过程是： $N_{14A}$  的 1 脚产生的交流信号电压，经电阻  $R_{168}$ 、 $R_{291}$ ，由 67 点输出到焊接电压调节电位器  $RP_1$  和焊接电流节电位器  $RP_2$ 。当方波电压处于正半波时，二极管  $VD_A$  导通，由电阻  $R_{168}$ 、 $R_{291}$  和电位器  $RP_1$  对其分压后，经电压跟随器  $N_{14B}$  分别输入到  $N_{14C}$  的反相输入端 9 脚和  $N_{14D}$  的同相输入端 12 脚，此时， $N_{14C}$  的 8 脚输出为负电压，二极管  $VD_{67}$  截止，这一路无输出；而  $N_{14D}$  的 11 脚输出为正电压，二极管  $VD_{69}$  导通，输出的电压经电容滤波平滑后，与由  $R_{180}$  和  $R_{183}$  与  $R_{182}$  的分压（固定偏置，决定焊机的最低空载电压）合厉后，输入到  $N_{15A}$  的同相端，经其放大后，由 E 点输出焊接电压的基准信号，即给定调节信号。调节  $RP_1$  即可调节焊接电压的大小（调节电位器时，67 点的参考电压为 0~7V）。

当方波电压处于负半波时，二极管  $VD_B$  导通。此时，由焊接电流调节电位器  $RP_2$ 、



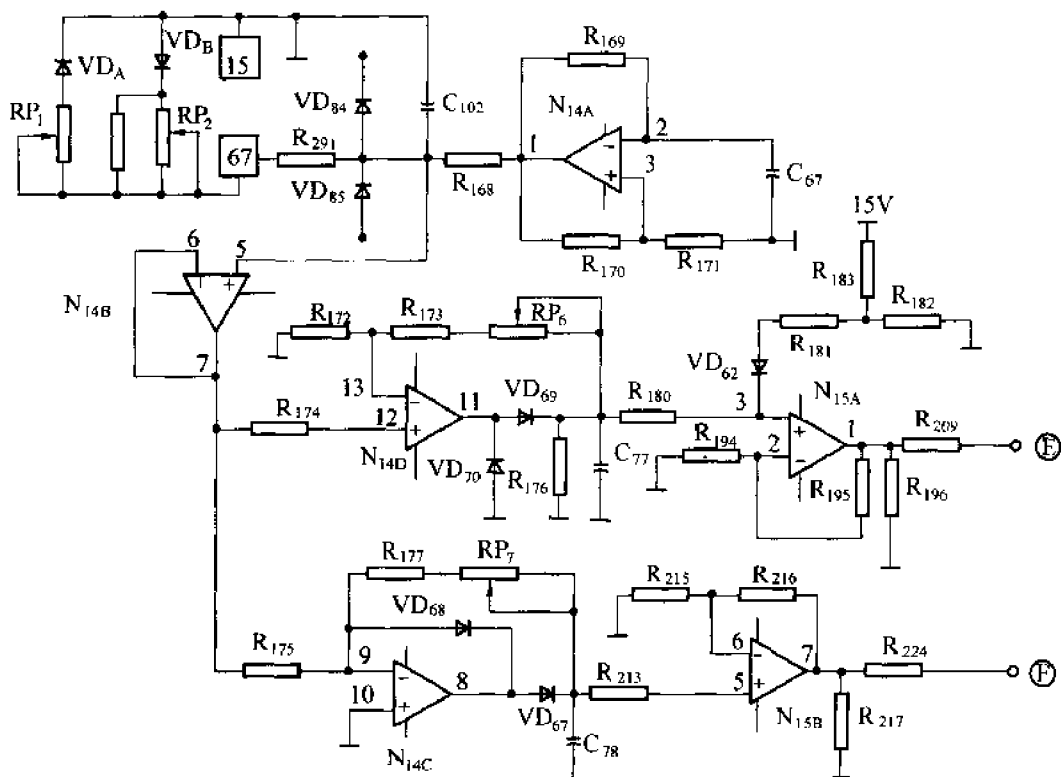


图 3-7 焊接基准信号电路

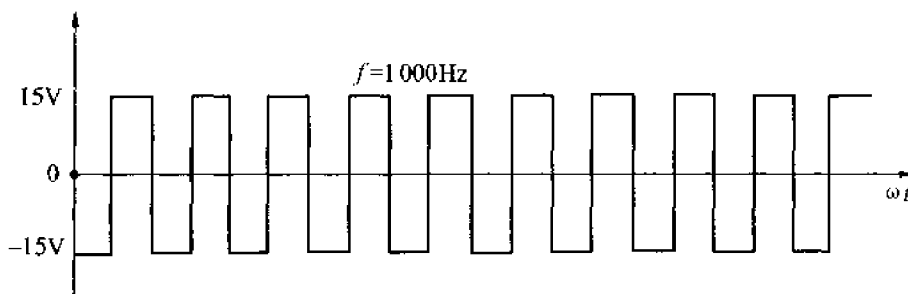


图 3-8 振荡电路产生的交流方波

电阻  $R_{291}$ 、 $R_{168}$  对其分压后，经跟随器  $N_{14B}$  分别输入到  $N_{14C}$  和  $N_{14D}$ 。 $N_{14C}$  的 8 脚输出为正电压，二极管  $VD_{67}$  导通，该电压经电容  $C_{78}$  滤波平滑后，由  $R_{213}$  输入到  $N_{15B}$  的同相端 5 脚，放大后由 F 点输出焊接电流的基准信号（即给定调节信号），此信号受  $RP_2$  的控制，调节  $RP_2$  即可调节焊接电流的大小。而  $N_{14D}$  的 11 脚输出为负电压，二极管  $VD_{69}$  截止，此时这一路无输出。

该部分电路的时序波形如图 3-9 所示。

## 2. 电压、电流运算电路：

该电路的作用是对不同的焊接规范及工作方式选择给出相应的控制电压，来控制输出电压的大小和送丝电动机的转速。电路主要由多路转换器  $N_7$  和  $N_{19}$ （TC4053BP）运放

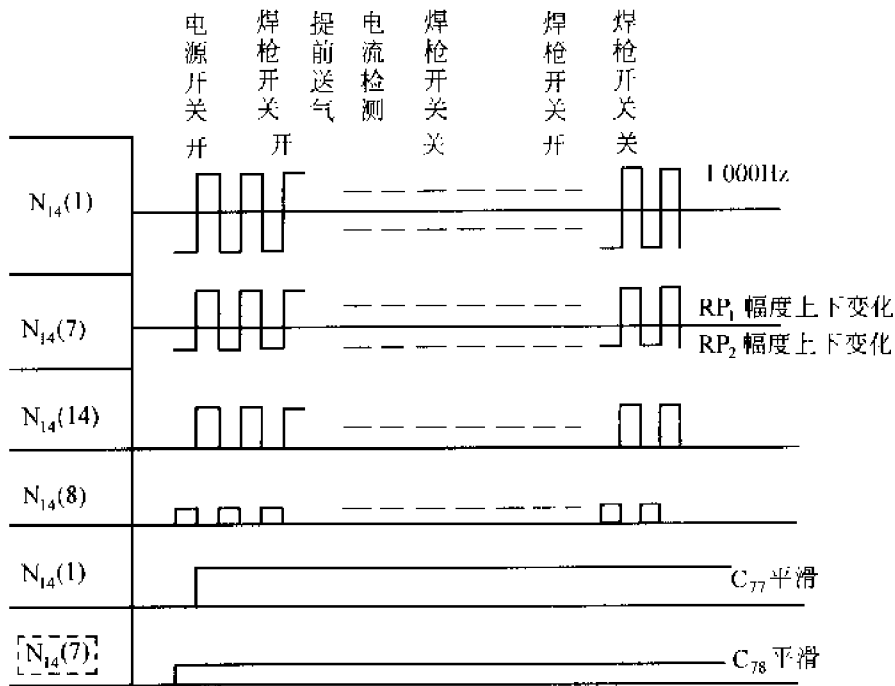


图 3-9 焊接基准信号电路时序波形

$N_9$  ( $\mu\text{PC4741C}$ )、 $N_8$  ( $\mu\text{PC324C}$ ) 等组成。TC4053BP 的逻辑表如表 3-2 所示。

表 3-2 TC4053BP 的逻辑表

“控制端”	“1”	“0”
9	3~4	5~4
10	1~15	2~15
11	13~14	12~14

该电路又可分为以下几部分（参看图 3-10）。

(1) 焊接/收弧切换电路：

E 点和 F 点分别输入电压基准信号和电流基准信号。N 点是由  $D_1$  的 29 脚发出的焊接/收弧切换信号，分别输入  $N_{7A}$  的控制端 10 脚和  $N_{7C}$  的控制端 11 脚。正常焊接时，N 点为低电平，所以  $N_{7C}$  的 12 脚与 14 脚接通， $N_{7A}$  的 2 脚与 15 脚接通，此时输出的电压给定信号和电流给定信号分别受焊接电压调节电位器  $RP_1$  和焊接电流调节电位器  $RP_2$  的控制。收弧焊接时，N 点为高电平， $N_{7C}$  的 13 脚与 14 脚接通， $N_{7A}$  的 1 脚与 15 脚接通，此时输出的电压给定信号和电流给定信号分别受收弧电压、收弧电流调节电位器的控制，这样就实现了正常焊接规范与收弧规范的转换。

(2) 焊丝选择与丝径选择部分：

焊接电压、送丝速度以及焊丝直径都影响着焊接电流的大小。例如：在焊接电压相同的情况下，使用的焊丝越细，焊丝的熔化速度就越快，所以需要的送丝速度也就越快。因此，在电路中对应于不同直径和不同种类的焊丝应给予不同的电压偏置，以确定相应的电

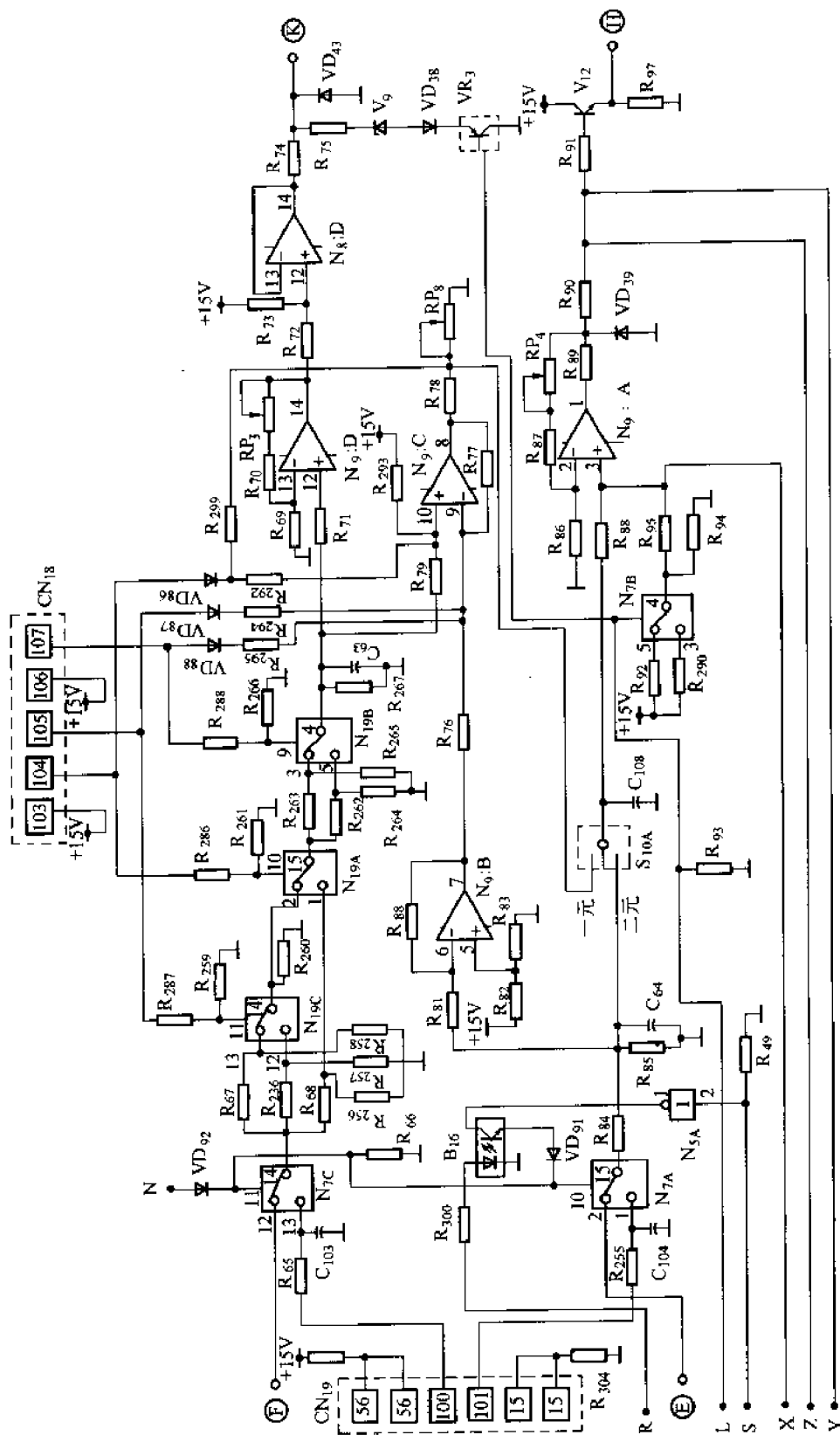


图3-10 电压电流运算电路

流给定信号。在一元化时，还同时确定相应的电压给定信号以得到一元化调节性能。

其工作过程是：当  $S_5$ （丝径选择开关）处于  $\phi 0.8$  ( $\phi 1.2$ ) 位置时，103 点与 105 点接通， $N_{19}$  的 11 脚为高电平，10 脚为低电平，所以， $N_{19C}$  的 13 脚与 14 脚接通， $N_{19A}$  的 2 脚与 15 脚接通。当  $S_5$  处于  $\phi 1.0$  ( $\phi 1.4$ ) 时，103 点悬空， $N_{19}$  的 11 脚和 10 脚都为低电平，所以，电子开关  $N_{19C}$  的 12 脚与 14 脚接通， $N_{19A}$  的 2 脚与 15 脚接通。当  $S_5$  处于  $\phi 1.2$  ( $\phi 1.6$ ) 位置时，103 点与 104 点接通， $N_{19A}$  的 1 脚与 15 脚接通。由此可见，对应于 3 种不同的直径，分别有 3 条电压通路，每一路的电压、电阻值各不相同，使得输入到运放  $N_{9D}$  的电压值不同，则输出的电流信号值不同，从而得到相应的送丝速度。

同理，通过  $S_4$ （焊丝选择开关）对  $N_{19B}$  的 9 脚（控制端）的控制来决定  $N_{19B}$  的 3 脚与 4 脚或 5 脚与 4 脚接通，从而在焊丝不同时，采用相应的送丝速度。

### (3) 电流运算部分：

由  $N_{19B}$  的 4 脚输出的电压经  $R_{71}$  加到运放  $N_{9D}$  的同相输入端 12 脚， $N_{9D}$  接成同相比例放大形式，放大倍数为：

$$A_V = 1 + (R_{70} + RP_3) / R_{69}$$

+15V 电压经  $R_{73}$  后与  $N_{9D}$  的 14 脚输出的电压叠加，经电压跟随器  $N_{8D}$ 、 $R_{74}$  输出电流给定信号，然后由 K 点将信号输出到送丝机控制电路，来控制送丝机的转速（当 K 点的输出电压在 3~11.6V 变化时，焊接电流的变化范围为 60~350A），从而控制焊接电流的大小。

引弧时的慢送丝控制是由稳压管  $V_9$  来实现的。当处于引弧状态时，L 点为高电位，使  $VR_3$  导通，此时 K 点电位高于  $V_9$  的稳压值， $V_9$  导通，使得 K 点被箝位到 3~4V，从而使送丝速度比正常焊接时的速度慢，有利于引弧。电弧引燃后，L 点电位变低， $VR_3$  截止，断开  $V_9$  支路，转入正常送丝。

### (4) 电压运算部分：

$N_{7A}$  的 15 脚的信号由  $R_{84} \rightarrow S_{10A} \rightarrow R_{88}$  输入到  $N_{9A}$  的同相输入端 3 脚，经放大后由  $N_{9A}$  的 1 脚输出，此输出信号经  $R_{90} \rightarrow R_{91} \rightarrow V_{12}$  来控制  $V_{12}$  的放大倍数，从而控制给定电压信号的大小。给定信号电压由 H 点输出到触发电路。 $N_{9A}$  的放大倍数为：

$$A_V = 1 + (R_{87} + RP_4) / R_{86}$$

通过  $N_{7B}$  的转换，可以在引弧时，H 点输出高电压引弧。即在引弧时，L 点为高电平，使  $N_{7B}$  的 3 脚与 4 脚接通，此时，+U  $\rightarrow R_{290} \rightarrow N_{7B}$  的 3 脚  $\rightarrow$  4 脚  $\rightarrow R_{95}$ ，给  $N_{9A}$  的 3 脚提供一个偏置电压；引弧成功后，L 点为低电平，使  $N_{7B}$  的 5 脚与 4 脚接通， $R_{92}$  替代了  $R_{290}$ ，由于  $R_{290}$  的电阻值小于  $R_{92}$  的电阻值，所以引弧时  $N_{9A}$  的 3 脚输入电压高于焊接时的输入电压，从而使 H 点输出一个较高的电压，主晶闸管的导通角较大而输出较高的电压引弧。现在的 P 板上的  $R_{290}$  与  $R_{92}$  阻值相同，均为 3.3k $\Omega$ ，因此，无高引弧电压控制。引弧时，是依靠双反星形电路自身的特点来得到较高的电压引弧，即当双反星形接线的整流电路的输出电流小于铁芯相应于外加三角波电压的磁通所需的激磁电流时，平衡电抗器因不能造成足够的三角电压波形而不起作用，这时线路就变成六相整流电路了。六相整流的输出电压为变压器二次电压的 1.35 倍（比双反星形的 1.17 倍略高），引弧开始的瞬间正

是这样的特点。

(5) 一元化调节:

$S_{10}$  (简易一元/个别切换开关) 打到“简易一元”位置时, F 点的电压经分压后由  $N_{19B}$  的 4 脚  $\rightarrow R_{79}$  输入到  $N_{9C}$  的 10 脚,  $N_{9C}$  接成差动比例放大形成, 其 8 脚的输出电压经  $R_{78} \rightarrow S_{10A} \rightarrow R_{88}$  输入到  $N_{9A}$  的 3 脚, 经  $N_{9A}$  放大后, 由 H 点输出到触发电路来控制焊接电压的大小。通过调节  $RP_8$  (一元微调电位器), 可以调节  $N_{9C}$  的 8 脚输出电压的大小。K 点的输出电压与“个别”调整时相同。由此可见, F 点电压的变化将使 K 点和 H 点的电压都发生变化。也就是说, 只调节电流电位器, 即可同时调整焊接电流和与之相应的焊接电压。这就是所谓一元化调节。同时 E 点的电压经  $N_{7A} \rightarrow R_{84} \rightarrow R_{81} \rightarrow N_{9B}$  的 6 脚, 再经  $N_{9B}$  放大后输出, 又经  $R_{76}$  输入到  $N_{9C}$  的 9 脚, 因此 E 点电压的变化将引起  $N_{9C}$  的 8 脚输出电压产生微小的变化, 因此调节电压电位器  $RP_1$  可以实现对焊接电压的微调整 (在一元化调节时, 一般焊接电压和收弧电压电位器均处于中间位置)。

(三) 送丝机控制电路

本电路主要由晶闸管  $VT_1$  和  $VT_2$ 、光耦合器  $B_7 \sim B_9$ 、三极管  $V_1 \sim V_{10}$ 、 $VR_9$ 、 $VR_{10}$  以及运放  $N_{10C}$  等元件所组成。电路如图 3-11 所示, 可分为以下几部分。

1. 送丝电动机的全波可控整流电路:

由 81 点和 82 点输入的交流 27V 电压经晶闸管  $VT_1$ 、 $VT_2$  全波整流后, 由 30 点  $\rightarrow R_1$   $\rightarrow$  77 点输出到送丝电动机, 30 点的最高输出电压为:

$$U_d = 0.9 \times 27 \approx 24 \text{ (V)}$$

77 点的输出电压是靠改变晶闸管  $VT_1$  和  $VT_2$  的导通角来控制的。调节 77 点的输出电压值, 即可改变送丝电机转速, 从而调节焊接电流的大小。

2. 晶闸管的触发电路:

B 点电压经稳压管  $V_{11}$  削波后, 作为单结晶体管  $V_1$  的同步电源。单结晶体管  $V_1$  和三极管  $V_4$ 、电容  $C_{34}$  构成张弛振荡电路。这个电路产生的脉冲信号经  $V_8$  来控制  $B_7$  的导通, 这样就在  $B_7$  的输出端产生一组触发脉冲来触发晶闸管  $VT_1$  和  $VT_2$ 。

$V_3$  导通后, 来自 K 点的电流给定信号通过电阻  $R_{122}$ 、热敏电阻  $RT_1$  为  $V_2$  提供基极电位, 使  $V_2$  处于放大状态, 从而使  $V_6$ 、 $V_7$  导通, 因此  $V_4$ 、 $V_5$  导通。 $V_4$  与  $V_5$ 、 $V_6$  与  $V_7$  分别组成镜像恒流源电路, 如果按照理想的镜像恒流源电路分析则应有电流  $I_{R_{118}} = I_{R_{119}} = I_{R_{120}}$ 。由此可见, 通过改变  $V_2$  基极电流  $I_{b_2}$  的大小就可以改变  $C_{34}$  充电电流的大小。因此, 当 K 点电流给定信号增大时,  $V_2$  的基极电流  $I_{b_2}$  也增大, 所以,  $B_7$  提前导通, 即触发脉冲前移, 晶闸管  $VT_1$  和  $VT_2$  的导通角增大, 使输出电压升高, 送丝速度加快。这就是电流调节电位器  $RP_2$  对送丝速度控制的全过程。

为了保持送丝平稳, 经  $VD_{34}$ 、 $R_{123}$ 、 $V_{12}$  至  $V_2$  的基极引入了电压负反馈。如果负载或网压等因素的变化使电机转速升高时, 电机反电势也升高, 因此  $VD_{34}$  阴极的反馈电压升高, 从而使得  $V_2$  的基极电流减小, 晶闸管导通角减小, 输出电压降低, 电机转速降低; 如果电机转速降低, 则电机反电势降低,  $VD_{34}$  阴极的反馈电压降低, 从而使得  $V_2$  的基极

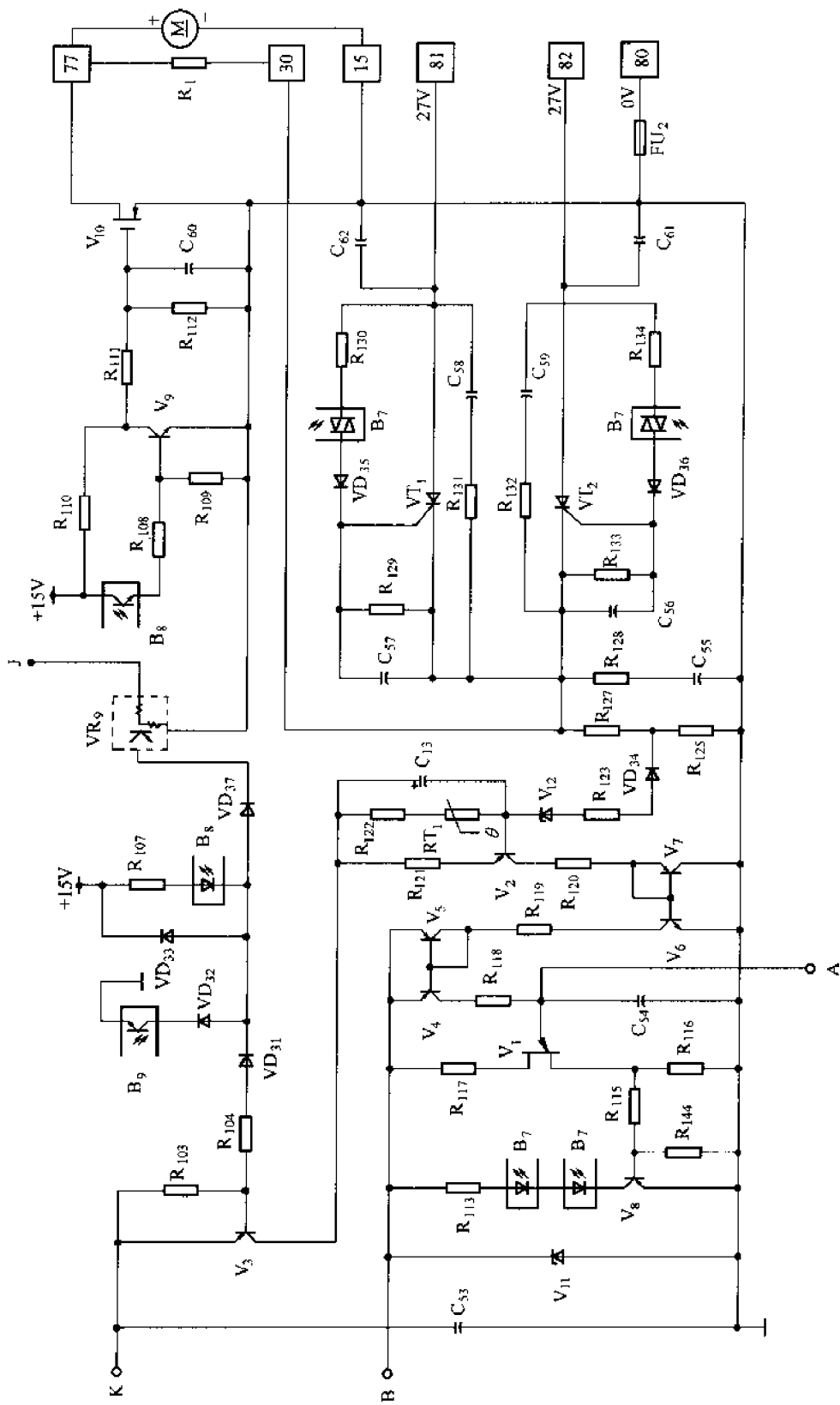


图3-11 送丝机控制电路

电流增大，晶闸管触发脉冲前移，导通角增大，输出电压升高，电机转速升高。这样，就使得送丝电动机转速在标准转速附近一个极小范围内变化，实现了送丝电机的稳速控制。

### 3. 触发脉冲的同步电路 (图 3-12):

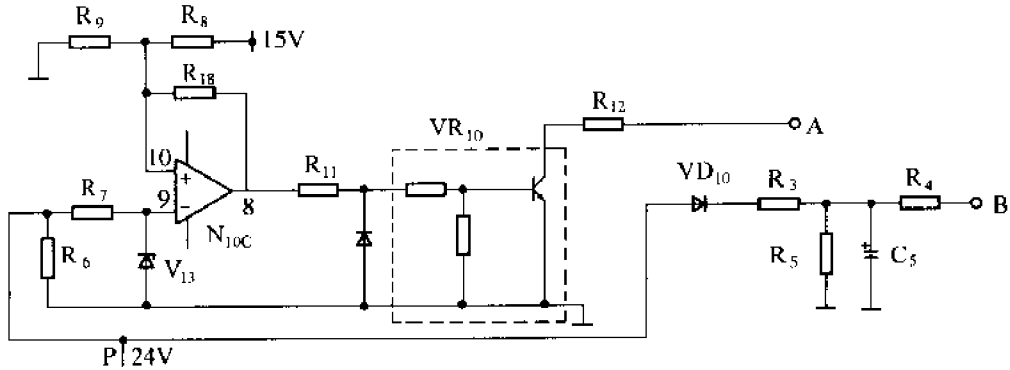


图 3-12 触发脉冲的同步电路

直流 24V 电压经限流电阻  $R_7$  和稳压管  $V_{13}$  输入到运放  $N_{10C}$  的反相端 9 脚，运放  $N_{10C}$  构成了施密特触发电路，具有滞回特性。利用这一特性，将 +24V 电压整形为周期 1ms 的窄脉冲，由  $N_{10C}$  的 8 脚输出，经过电阻  $R_{11}$  去控制  $VR_{10}$  的开关状态，即每当 81 点和 82 点的交流电压过零时（参看图 3-11）， $VR_{10}$  导通一次，使电容  $C_{54}$  通过 A 点对地放电，从而保证触发脉冲周期、相位的同步与准确。其波形如图 3-13 所示。

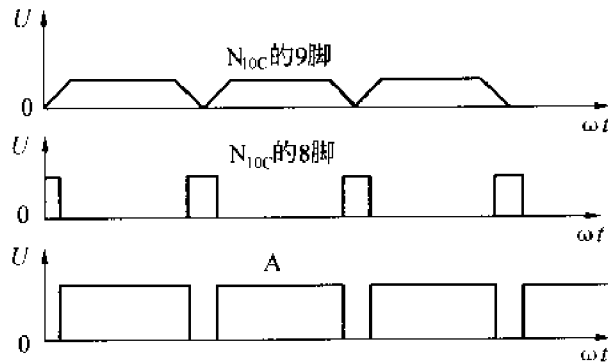


图 3-13 触发脉冲同步电路波形

### 4. 送丝机工作控制电路 (图 3-11):

焊机电源开关  $S_1$  闭合时， $V_{10}$  导通，77 点经  $V_{10}$  漏、源极接地，送丝电机处于制动状态。

当焊枪手把开关  $SB_1$  合上 (ON) 时，J 点为高电位， $VR_9$  导通，使得  $B_8$  导通，+15V 电源经  $B_8 \rightarrow R_{108}$  使  $V_9$  导通，从而使  $V_{10}$  截止，断开制动电路。同时， $V_3$  基极经  $R_{104} \rightarrow VD_{31} \rightarrow VD_{37} \rightarrow VR_9$  对地形成回路，所以  $V_3$  导通，K 点的电流给定信号经  $V_3$  输入到晶闸管  $VT_1$  和  $VT_2$  的触发电路，使其导通，送丝机工作。

当遥控盒上的点动开关  $SB_2$  合上 (ON) 时， $B_9$  导通，这时 +15V 电源电流经  $B_8 \rightarrow$

VD<sub>32</sub> → B<sub>9</sub> → 地，形成回路，同样使 V<sub>10</sub> 截止，而 V<sub>3</sub> 的基极电流则经 R<sub>104</sub> → VD<sub>31</sub> → VD<sub>32</sub> → B<sub>9</sub> 流入地，所以 V<sub>3</sub> 也导通，送丝机工作。

5. 送丝机制动电路 (图 3-11):

当送丝电机停止工作时，B<sub>8</sub> 截止，V<sub>9</sub> 截止，所以 V<sub>10</sub> 导通，送丝电机储能经 77 点 → V<sub>10</sub> → 15 点 (地) 迅速释放，进行能耗制动，使送丝电机立即停止转动，但还是有一定的惯性。

送丝机控制电路波形如图 3-14 所示。

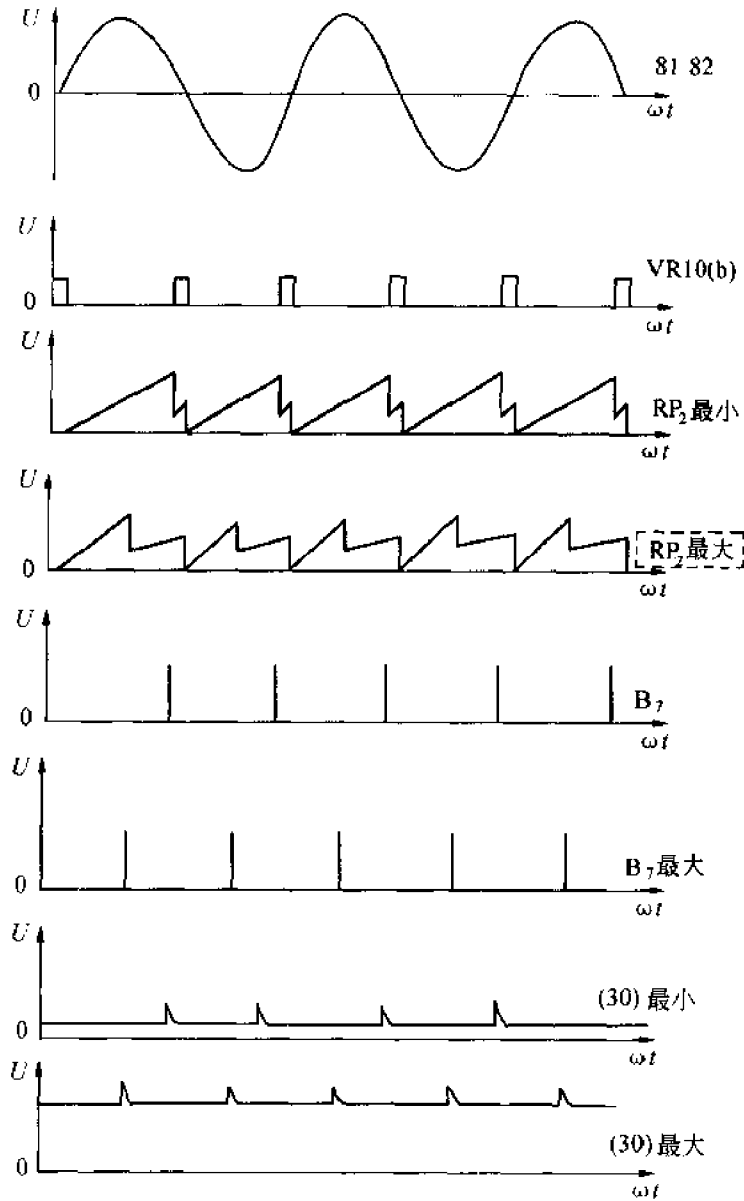


图 3-14 送丝机控制电路波形 (反电势负载)



#### (四) 程序控制电路

程序控制电路(图 3-15)的核心是模块  $D_1$ 。这个电路实现了收弧“有/无”选择、提前送气、引弧、焊接控制等全过程的各种功能。由于  $D_1$  的使用,大大减少了分立元件,从而提高了焊接的可靠性。

程序控制电路可分为以下几部分:模块  $D_1$ ;焊枪开关  $SB_1$  和点动开关  $SB_2$  电路;气阀 SOL 控制电路;启动电路;节电电路;电流检测及引弧控制电路;自锁电路;回烧时间调节电路;FTT 烧熔球电路。现分别对各部分电路进行叙述。

##### 1. 模块 $D_1$ (图 3-15):

$D_1$  的 1 脚为 +15V 电源,4 脚接地,2 脚和 3 脚接内部双稳态触发器(是引起内部逻辑变化的控制端),27 脚输出引弧/焊接转换控制信号,28 脚输出焊接控制信号,29 脚输出焊接/收弧转换控制信号,31 脚输出气阀 ON/OFF 控制信号,36 脚为异常信号输入端。

##### 2. 焊枪开关 $SB_1$ 和点动开关 $SB_2$ 电路(图 3-16):

本电路主要由  $N_{12}$ 、 $B_9$ 、 $B_{11}$  的导通状态,向模块  $D_1$  提供焊枪开关的 ON/OFF 信号或者控制点动送丝过程。此电路是整个焊接过程的起始控制部分。

$N_{12}$  (1C393) 是一个单电源双比较器,其输出是一个 NPN 型集电极开路的晶体管,发射极参考电位是地。 $N_{12A}$  和  $N_{12B}$  组成一个窗口比较器,上限参考电压  $U_H$  (3 脚) 为 10V,下限参考电压  $U_L$  (6 脚) 为 5V,当 2 脚和 5 脚输入电压  $U_{IN}$  位于窗口以内(即两个门限之间)时,两个输入端(1 脚和 7 脚)都关闭,即输出端悬空,由于集电极开路接法,所以输出为高电平;当  $U_{IN}$  超过一个窗口门限时,这个输出端就打开,即输出端通过内部晶体管 c、e 极接地,因而输出为低电平。

$SB_1$  和  $SB_2$  “OFF”时,61 点悬空,此时  $U_{IN}$  为 13.75V,高于窗口上限电压,所以 1 脚输出为低电平(0.28V), $VR_4$  截止,使得  $B_9$  截止;而 7 脚为高电平,因而  $B_{11}$  也截止。 $B_{11}$  截止,则模块  $D_1$  的 2 脚为高电平,3 脚为低电平。

当  $SB_2$  “ON”时,61 点通过  $R_A$  (10k $\Omega$ ) 和  $R_B$  (220 $\Omega$ ) 接地。由于  $R_A$ 、 $R_B$  的分压, $U_{IN}$  变为 7.25V,此时,  $U_{IN}$  的值位于窗口之内,因此 1 脚和 7 脚输出都为高电平。所以,  $VR_4$  导通,使得  $B_9$  导通,而  $B_{11}$  截止。

当  $SB_1$  “ON”时,61 点通过  $R_B$  接地,此时的  $U_{IN}$  为 0.4V,低于窗口下限电压,所以, 1 脚输出为高电平,而 7 脚输出为低电平。+15V 电源电压经  $R_{167}$  使  $B_{11}$  导通后,1 脚电位被嵌至 1.44V,所以,稳压管  $V_{20}$  截止,  $VR_4$  截止,使得  $B_9$  截止。 $B_{11}$  的导通,使模块  $D_1$  的 2 脚为低电平,3 脚为高电平。

##### 3. 气阀 SOL 控制电路(图 3-17):

本电路主要由三极管  $V_{13}$  和继电器  $KM_3$  等元件组成。当手把开关  $SB_1$  “ON”时,模块  $D_1$  的 31 脚输出高电平,使  $V_{13}$  导通,所以  $KM_3$  动作,其常开触点闭合,此时, +24V 电源电流经熔断器  $FU_3$ → $KM$  触头→47 点输送到气阀,使气阀 SOL 开启送气。在检测气体时,开关  $S_2$  打到“检气位置”, +24V 电源经熔断器  $FU_3$ → $S_2$ →47 点输出到气阀(图 3-17 和图 3-15)。

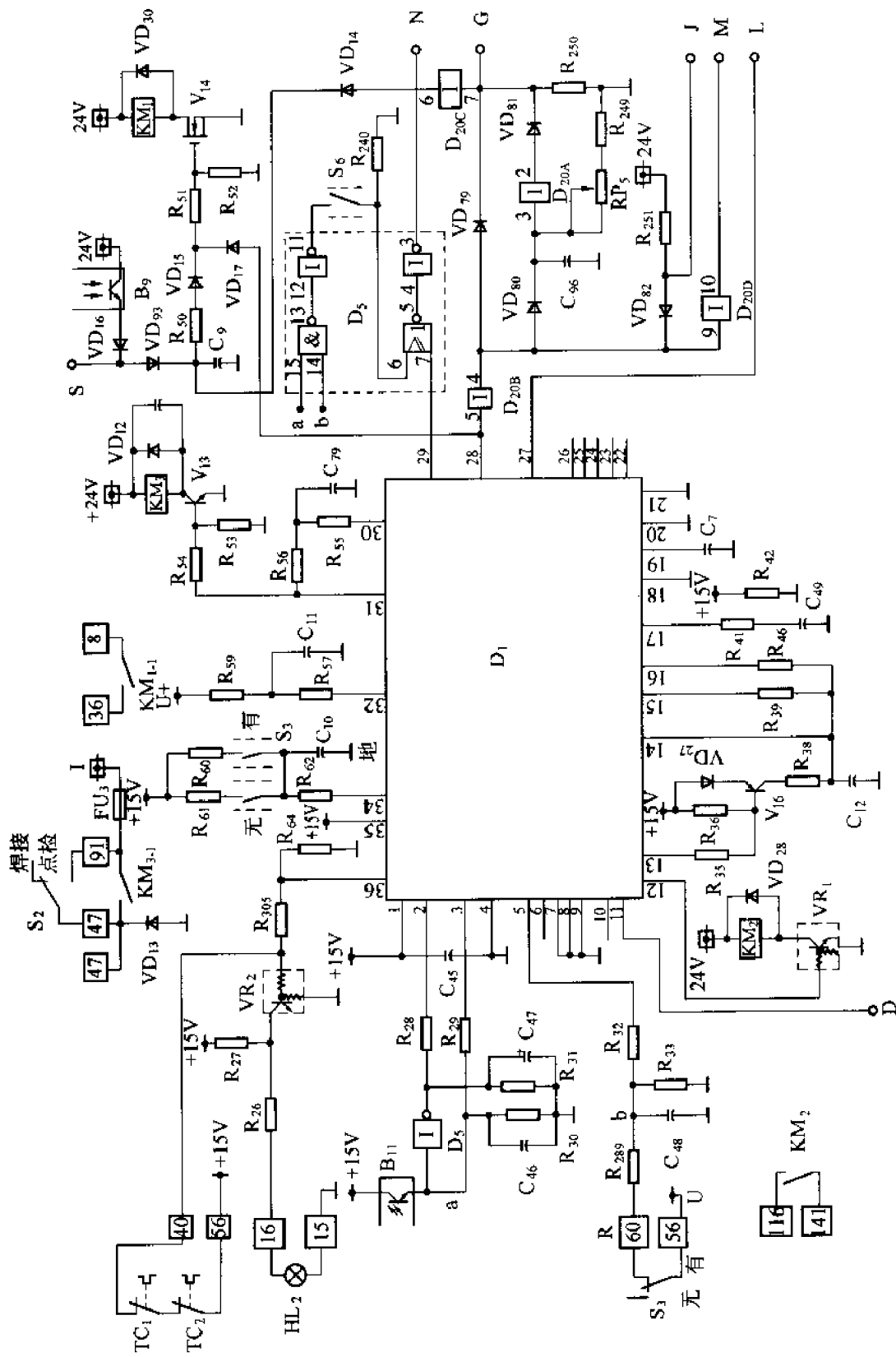


图3-15 程序控制电路

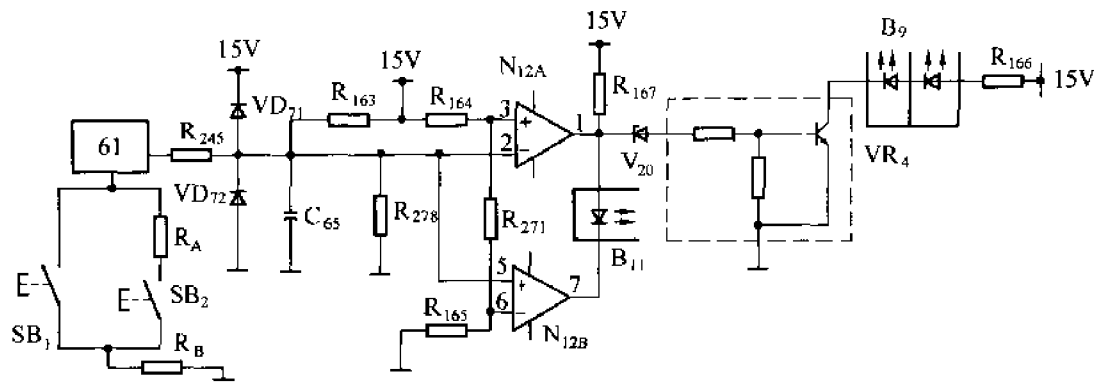


图 3-16 SB<sub>1</sub> 和 SB<sub>2</sub> 电路

SOL 的控制有提前送气和滞后停气 (图 3-15)。

(1) 提前送气:

提前送气是指开关 SB<sub>1</sub> “ON” 时, 先输出气体, 然后, 再开始引弧, 这样可以保证引弧部位得到充分保护。在 SB<sub>1</sub> “OFF” 时, 模块 D<sub>1</sub> 内部的晶体管 be 结接地, 此时, 34 脚为低电平。当 S<sub>3</sub> 处于 “有” 收弧的位置时, 电容 C<sub>10</sub> 的电压为 1.14V; S<sub>3</sub> 处于 “无” 收弧的位置时, 电容 C<sub>10</sub> 的电压为 4.24V。SB<sub>1</sub> “ON” 时, 由于 D<sub>1</sub> 内部晶体管关断使 34 脚悬空, +15V 电源经电阻 R<sub>60</sub> 或 R<sub>61</sub>

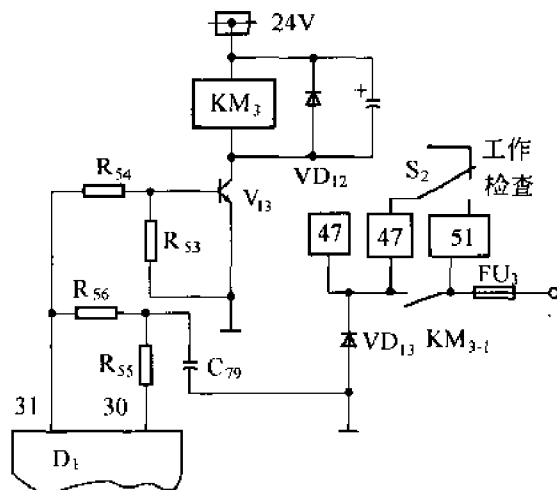


图 3-17 SOL 控制电路

给 C<sub>10</sub> 充电, 同时, 31 脚输出高电平, 开始送气, 随着 C<sub>10</sub> 的充电, 34 脚的电位逐渐升高, 当其电位达到逻辑高电平时, D<sub>1</sub> 的双稳触发器翻转, 27、28、29 脚开始输出信号, 进入引弧状态, 这样, 就实现了提前送气。焊接结束后, 34 脚又接地, C<sub>10</sub> 经 R<sub>62</sub> 至 34 脚对地迅速放电, 为下次焊接做好准备。提前送气时间, 由电阻 R<sub>60</sub>、R<sub>61</sub> 和 C<sub>10</sub> 决定, 无提前送气时, C<sub>10</sub> 充电时间为 0.3s。

(2) 滞后停气:

滞后停气是在焊接停止时, 先停电, 后停气。这样做是为了防止收弧处的金属氧化或出现气孔而产生缺陷。在焊接过程中, D<sub>1</sub> 的 32 脚通过 D<sub>1</sub> 内部的晶体管 BE 结接地。焊接停止时, 28 脚变为低电平, 停止输出焊接电压。同时, 由于内部晶体管关断使 32 脚悬空, +15V 电源经 R<sub>39</sub> 给电容 C<sub>11</sub> 充电。此时, 31 脚仍为高电平, 保持气阀 “ON”。随着 C<sub>11</sub> 的充电, 32 脚电位逐渐升高, 当 32 脚电位达到逻辑高电平时, D<sub>1</sub> 内部的触发器翻转, 31 脚变为低电平, 气阀 “OFF” 停止送气。滞后停气的时间由电阻 R<sub>39</sub> 和电容 C<sub>11</sub> 决定。

4. 启动电路 (图 3-16 和图 3-15 有关电路):

焊枪开关 SB<sub>1</sub> “ON” 时, D<sub>1</sub> 的 28 脚输出高电平。

(1) 这个电压经  $VD_{17}$ 、 $R_{51}$  使  $V_{14}$  导通，因此  $KM_1$  动作，其常开触点闭合，使得接触器  $MS$  吸合，主变压器开始供电。

(2) 这个电压又经缓冲器  $D_{20B}$  的 4 脚开始输出：

第一路：经  $VD_{79}$  由 G 点输出到主晶闸管触发电路，使  $B_{15}$  导通，触发电路开始工作，从而主回路晶闸管导通，输出焊接电压。

第二路：输出到  $VD_{82}$  阴极，使  $VD_{82}$  反向截止，+15V 电源电压经  $R_{251}$  由 J 点输出到送丝机控制电路，送丝电路开始工作。

第三路：经  $D_{20B}$  由 M 点输出到运算电路中的 FTT 电路（图 3-20），使  $VR_5$  导通，切断 FTT 控制电路。

这部分电路的控制程序可简单地表示如图 3-18 所示。

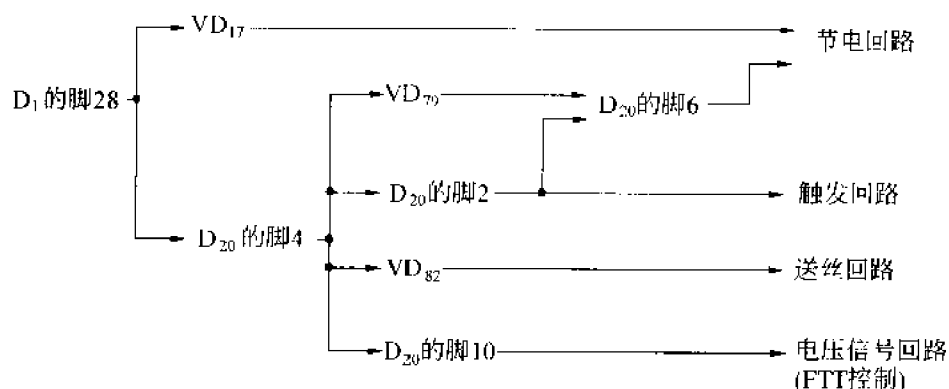


图 3-18 启动电路控制程序

### 5. 节电电路（图 3-15）：

当开关  $SB_1$  “ON” 状态时，模块  $D_1$  的 28 脚电压经  $D_{20}$  的 5 脚 → 4 脚 →  $VD_{79}$  →  $D_{20}$  的 7 脚 → 6 脚 →  $VD_{14}$  给  $C_9$  充电。 $SB_2$  “ON” 时， $B_9$  导通，+15V 电源电压经  $B_9$  →  $VD_{16}$  →  $VD_{93}$  给  $C_9$  充电。而  $SB_1$  和  $SB_2$  “OFF” 时，则  $C_9$  通过  $R_{50}$  →  $VD_{15}$  →  $R_{51}$  →  $R_{52}$  → 地放电，使得  $V_{14}$  保持导通， $KM_1$  继续吸合，所以  $KM$  继续吸合。随着  $C_9$  的放电， $V_{14}$  的栅极电压逐渐降低，大约 7min 后， $V_{14}$  截止， $KM_1$  释放， $KM$  断开，变压器停止供电。这就是说，当焊机连续 7min 无人使用时， $KM$  自动断开，从而避免空载损耗，节省电能。若 7min 内继续使用，则  $KM$  保持吸合，这样可以防止  $KM$  的频繁吸合或断开，从而延长  $KM$  的使用寿命。

### 6. 电流检测及引弧控制电路：

(1) 电流检测电路的作用是将来自 CT 的电压信号输出到电流表和引弧发信电路，从而确定焊接电流有无及其大小。

如图 3-19 所示，+15V 和 -15V 电源分别由 56 点和 59 点给 CT 供电，CT 将焊接电流信号转换成电压信号并由 70 点输入到电流检测电路。70 点输入的是一个负电压，+15V 电压经电阻  $R_{13}$  与这个负电压叠加后由电压跟随器  $N_{10A}$  输出， $N_{10A}$  的 3 脚的电压为 0V。当有焊接电流时， $N_{10A}$  的 3 脚的电压与焊接电流成正比关系。如当焊接电流为 0 时， $N_{10A}$  的 3 脚的电压为 0V。当焊接电流为 100A 时， $N_{10A}$  的 3 脚的电压为 1V。 $N_{10A}$  的 1 脚输

出的电压经  $R_{14} \rightarrow R_{15} \rightarrow N_{10D} \rightarrow RP_9$ ，由 73 点输出到电流表，指示出焊接电流的大小。同时， $N_{10A}$  的 1 脚输出的电压经  $R_{23} \rightarrow R_{24}$  输入到电压比较器  $N_{11}$  的同相端 2 脚。 $N_{11}$  为单电源比较器，当焊接电流小于 20A 时， $N_{11}$  的 2 脚为 0V，所以其 1 脚输出为 0V。当焊接电流超过 20A 时， $N_{11}$  的 2 脚的电压高于其反相端 3 脚的电压， $N_{11}$  翻转，其 1 脚输出高电平，此电压经 D 点输入到  $D_1$  的 11 脚，表示引弧成功。

C 点至过流保护电路。

$CN_8$  为外接端子用。

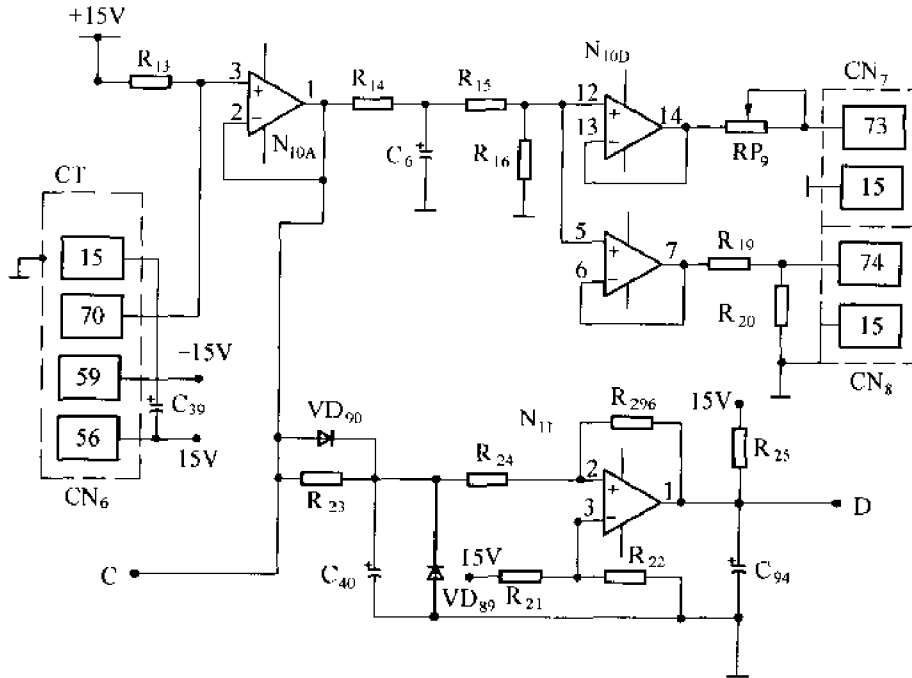


图 3-19 电流检测电路

(2) 引弧控制电路 (图 3-15 和图 3-10):

开关  $SB_1$  “ON” 时，模块  $D_1$  的 27 脚输出为高电平。此高电平输出到运算电路，控制  $N_{7B}$  和  $VR_3$  的动作，通过  $N_{7B}$  和  $VR_3$  的转换来实现引弧时的高压引弧和慢速送丝。电弧引燃后， $D_1$  的 11 脚接到来自电流检测电路的引弧成功信号，27 脚变为低电平， $N_{7B}$  转换，进入正常焊接状态。同时， $D_1$  的 12 脚输出高电平，使  $VR_1$  导通， $KM_2$  动作，其常开触点闭合。 $CN_9$  的两个接线端子通过  $KM_2$  触头相连。 $CN_9$  是作为引弧成功信号检测用的，一般半自动焊未使用这两个接线端子。

7. 自锁电路 (图 3-15 和图 3-10):

一般在焊接的收尾处，会产生像酒窝一样的小坑，称为“弧坑”。填补弧坑的处理方法称为弧坑填充焊，其电流设定值为焊接电流的 60%~70%。焊接结束时，操作焊枪开关，即可转换为这一收弧焊接电流的程序，称为“有”收弧，没有填补弧坑的控制程序设定称为“无”收弧。

控制“有”收弧的电路称自锁电路。

控制“有”收弧这种控制方式，根据有或无初期预置收弧电位器控制的焊接规范又有下面 2 种情况。

当收弧“有/无”选择开关  $S_3$  打到“有”时， $D_1$  的 5 脚输入为高电平。

(1) 无收弧初期预置：

开关  $S_6$  断开， $D_5$  的 6 脚为低电平。

$SB_1$  “ON”时， $D_1$  的 29 脚为低电平，因此  $D_3$  的 7 脚为低电平，则其 5 脚输出为高电平，经反相后，3 脚输出低电平，然后由 N 点输出到运算电路来控制  $N_7$  的状态。此时， $N_7$  输出的电压给定信号和电流给定信号分别受焊接电压调节电位器、电流调节电位器的控制，为焊接规范。

$SB_1$  “OFF”时，状态不变。

$SB_1$  再次“ON”时， $D_1$  的 29 脚输出为高电平，因此， $D_3$  的 7 脚为高电平，则 5 脚为低电平，3 脚输出为高电平， $N_7$  转换，输出的电压和电流分别受收弧电压和收弧电流调节电位器的控制，为收弧规范。

T.S 再次“OFF”时，停止焊接。

(2) 有收弧初期预置：

$S_6$  接通。

$SB_1$  “ON”时， $D_3$  的 7 脚为低电平，同时 a 和 b 都为高电平，因此， $D_5$  的 14 脚和 15 脚都为高电平，所以 13 脚为低电平，反相后由 11 脚输出高电平，经  $S_6$  至  $D_5$  的 6 脚，所以， $D_5$  的 5 脚输出低电平， $D_3$  的 3 脚输出为高电平，此时， $N_7$  转换，信号电压受收弧电位器的控制，为收弧规范。

$SB_1$  “OFF”时，a 点变为 0V，使得  $D_5$  的 6 脚为低电位，所以 3 脚输出为低电平， $N_7$  转换，进入正常焊接规范。

$SB_1$  再次“ON”时， $D_5$  的 6 脚和 7 脚都为高电平，所以，其 3 脚输出为高电平， $N_7$  再次转换，又转入收弧状态。

$SB_1$  再次“OFF”时，停止焊接。

8. 回烧时间调节电路（图 3-15）：

焊接时， $D_1$  的 28 脚电压经  $D_{20B}$  的 5 脚 → 4 脚 →  $VD_{30}$  给电容  $C_{96}$  充电。焊接停止时， $D_1$  的 28 脚变为 0V，此时， $C_{96}$  经  $D_{20A}$ 、 $VD_{31}$ 、 $R_{250}$  与  $RP_5$ 、 $R_{249}$  组成的相关回路放电。放电电压经 G 点使  $B_{15}$  保持导通，主晶闸管触发电路继续工作，提供回烧电压。随着  $C_{96}$  的放电，G 点电压逐渐降低，当 G 点电压低于  $B_{15}$  的导通电压后， $B_{15}$  截止，触发电路停止工作。通过调节  $RP_5$  的大小，可以调节  $C_{96}$  的放电时间，即调节回烧时间的长短。

9. FTT 烧熔球电路（图 3-20）：

FTT 电路，是为控制焊丝前端熔球的形成而设置的。使用 FTT “有”的方式，可以减少弧坑，得到良好的焊道终端形状及收弧手感。但是，在使用加长电缆时，应使用 FTT “无”。

参看图 3-15、图 3-20 及图 3-10，M 点是来自程序控制电路的回烧控制信号，Z 点输出到电压运算电路中的  $V_{12}$  的基极。

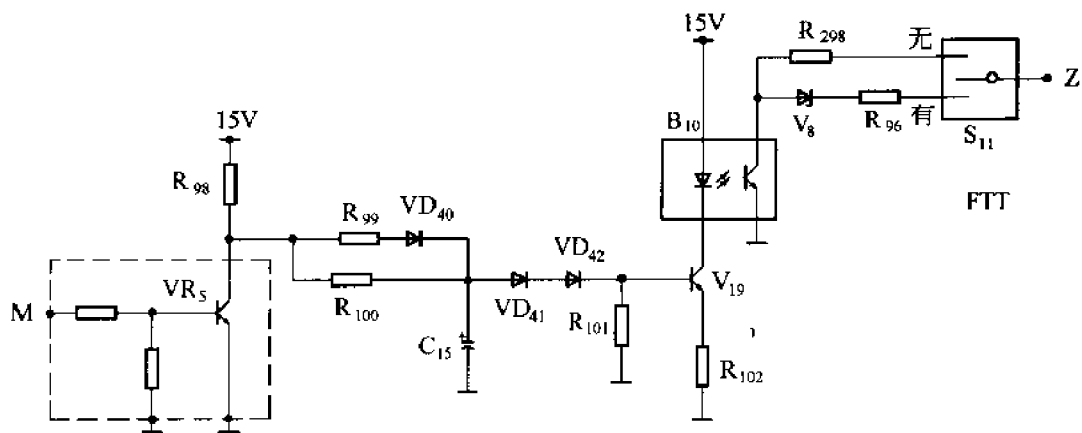


图 3-20 FTT 电路

正常焊接时，M 点为高电位， $VR_5$  导通，+15V 电源经  $R_{98} \rightarrow VR_5$  被旁路， $V_{19}$  截止，所以  $B_{10}$  截止。焊接结束时，M 点为低电位， $VR_5$  截止，+15V 电源电压经  $R_{98} \rightarrow R_{100}$  及  $R_{99}$ 、 $VD_{40} \rightarrow VD_{41} \rightarrow VD_{42}$ ，使  $V_{19}$  导通，因此， $B_{10}$  导通。

$B_{10}$  导通后，当  $S_{11}$ （FTT 有/无选择开关）处于“有”的位置时，如  $V_{12}$ （电压运算电路）的基极电压高于稳压管  $V_8$  的稳压值时，则  $V_8$  导通，将  $V_{12}$  的基极最高电压限制在其稳压值以下，从而使给定信号电压降低，此时，焊机输出电压较低。这一较低电压即为 FTT 电压，在设定的回烧时间内，将已经停止送进的焊丝端部熔球烧小或烧掉。当  $S_{11}$  处于“无”的位置时， $V_8$  的电路被断开，由电阻  $R_{298}$  分压。

对程序控制的各个部分电路进行分析后，现就在焊接中使用较多的两种控制方式，即“无”收弧和“有”收弧（无初期预置）作一综合性的说明，并简要地表示出操作及控制过程（参看有关部分电路图）。

#### (1) “无”收弧：

将收弧选择开关  $S_3$  置于“无”，气体检测开关  $S_2$  置于“焊接”，焊丝径选择开关  $S_5$ 、焊丝选择开关  $S_4$  置于所使用的焊丝类型相应的位置，合上焊机上的电源控制开关  $S_1$ ，则变压器  $T_2$  接通，印刷电路板的整流电路输出直流电压。

焊接时，按下手把开关  $SB_1$ ，61 点通过  $R_B$  接地， $N_{12A}$  的 1 脚输出高电平， $N_{12B}$  的 7 脚输出低电平， $B_{11}$  导通。 $B_{11}$  导通后，1 脚被嵌位为 1.44V，故  $V_{20}$  截止， $VR_1$  截止，使得  $B_9$  截止。

此时的工作过程由  $B_{11}$  控制。 $B_{11}$  导通后， $D_1$  的 2 脚为低电平，3 脚为高电平， $D_1$  由此而发出各种指令：

$D_1$  的 31 脚输出高电平， $V_{13}$  导通， $KM_3$  动作，气阀 SOL 开始送气。同时  $C_{10}$  开始充电，34 脚的电位逐渐升高，达到逻辑高电平时， $D_1$  内部的双稳态触发器翻转，27、28、29 脚开始输出信号。

$D_1$  的 28 脚输出高电平， $V_{14}$  导通， $KM_1$  动作，接触器 KM 吸合，主变压器供电； $B_5$  导通，主晶闸管触发电路工作，主回路输出电压； $V_{82}$  反向截止， $VR_6$  导通， $B_8$  导通，

$V_{10}$  截止,  $V_3$  导通, 送丝电动机晶闸管触发导通, 开始送丝;  $VR_3$  导通, 切断 FTT 电路;  $C_{96}$  充电, 为停焊时的回烧控制做准备。

$D_1$  的 27 脚输出高电平,  $VR_3$  导通分流, 送丝机慢速转动, 同时  $N_{7B}$  接入不同电阻而使 H 点输出一个较高的电压, 从而使主晶闸管输出较高的电压引弧 (前面谈到, 本机因  $R_{290}$  与  $R_{92}$  阻值相同而无这一功能)。电弧引燃后, 电流检测电路将发出信号,  $D_1$  的 11 脚变为高电平, 因此 27 脚变为低电平,  $VR_3$  截止, 送丝速度加快,  $N_{7B}$  转换, 进入正常焊接。

$D_1$  的 29 脚输出为低电平, N 点输出为低电平,  $N_{7A}$ 、 $N_{7C}$  分别接通焊接电压调节电位器和电流调节电位器控制的信号, 焊机输出的电压和电流受其控制, 为焊接规范。

停止焊接时, 松开  $SB_1$ ,  $B_{11}$  截止, 模块  $D_1$  的 2 脚为高电平, 3 脚为低电平, 于是有如下控制过程:

$D_1$  的 28 脚输出为低电平,  $C_{96}$  放电, 使  $B_{15}$  保持导通, 主晶闸管继续导通, 提供回烧电压。 $C_{96}$  的电压降低到一定的时候,  $B_{15}$  截止, 主晶闸管停止供电; 同时 M 点为低电位,  $VR_5$  截止,  $B_{10}$  导通, FTT 电路工作, 降低焊接电压, 在回烧时间内烧熔球; 同时, 气阀 SOL 经  $C_{11}$  的充电时间, 滞后断开, 停止送气。

其程序控制过程简要地表示为图 3-21。

(2) “有”收弧:

与“无”收弧的控制过程基本相同, 故不赘述了。图 3-22 简要地表示了其控制过程。

#### (五) 其他控制电路

包括稳压电源电路; 网压波动补偿电路; 过流保护电路; 异常停止电路。现分述如下:

##### 1. 稳压电源电路 (图 3-23):

稳压电源电路的作用是给控制电路提供直流电源, 其交流输入由变压器  $T_2$  提供 (图 3-1), 从 39 点和 49 点输入对地均为 20V 的交流电压, 经二极管  $VD_1 \sim VD_4$  全波整流后, 再经  $VD_5$  由 I ( $U_L$ ) 点输出对地为 +24V 的脉动电压, 作为继电器等部分电路的供电电源, 同时经稳压集成块  $N_{16}$  ( $\mu PC7815H$ ) 和  $N_{17}$  ( $\mu PC7915H$ ) 稳压后输出 +15V 和 -15V 的电压。

##### 2. 网压波动补偿电路 (图 3-24):

当外面的电网电压出现波动时, 焊机主变压器次级电压也将随着变化, 在主电路晶闸管导通角不变的情况下, 将引起焊接电压发生变化。这个电路的作用就是当外电产生波动时, 即电压升高或降低时, 焊接电压也随着降低或升高, 从而使焊接电压保持相对稳定。为此, 就需要相应地减少或增大主电路晶闸管的导通角。

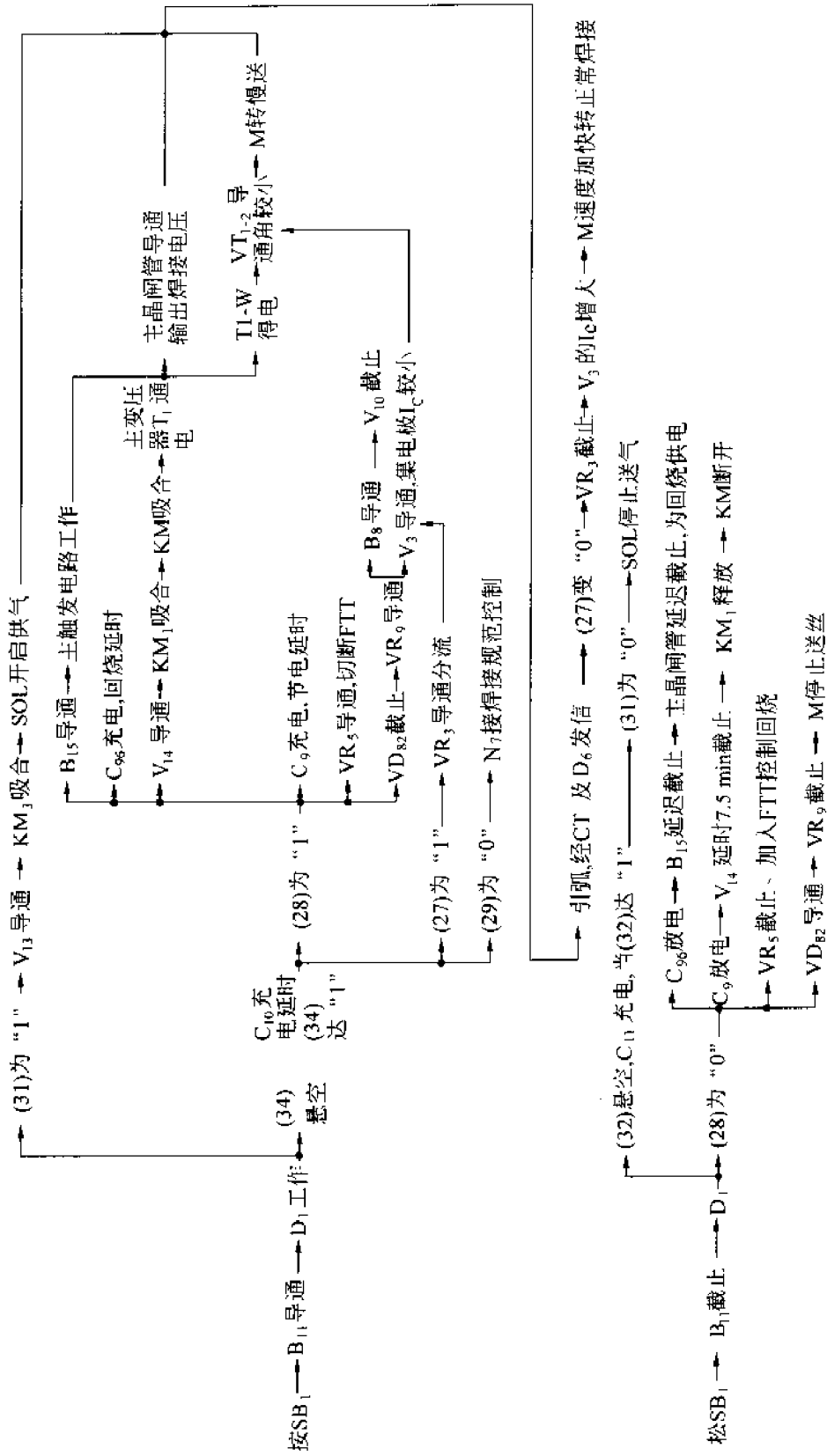
这个电路主要由  $N_{8C}$  构成,  $U_L$  是来自稳压电路的直流 +24V 脉动电压, X 点输出到  $N_{9A}$  (电压运算电路) 的 3 脚。

本补偿电路中  $N_{8C}$  的 8 脚输出电压:

$$V_0 = 11 (0.83 V_U - 0.9 V_s)$$



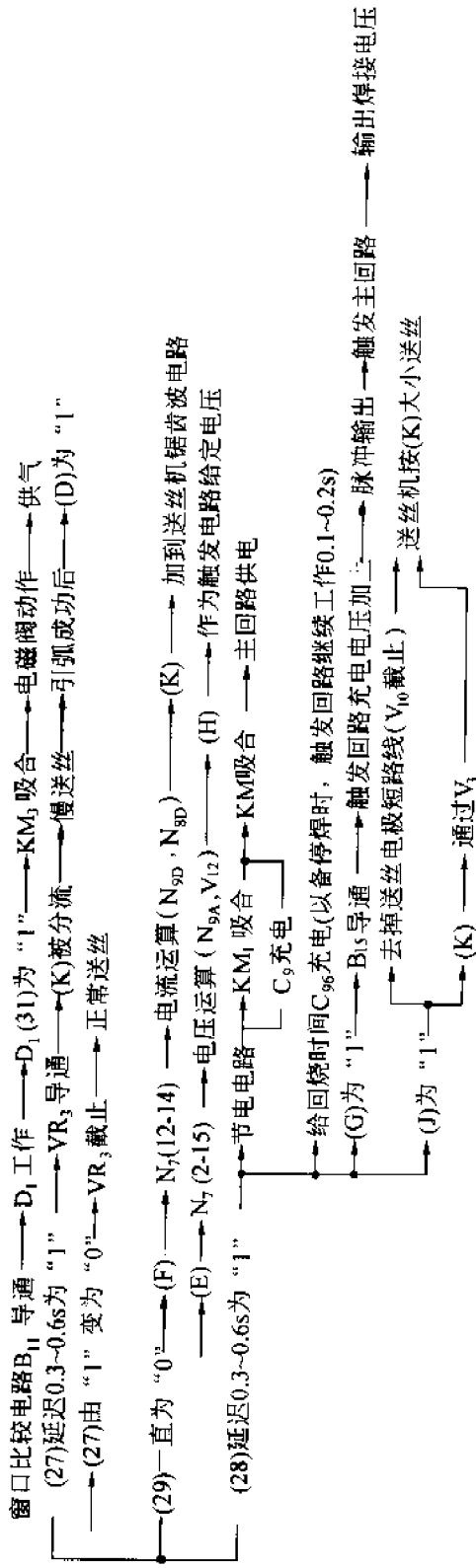
按SB<sub>1</sub>焊接 → 松SB<sub>1</sub>停焊



注：“1”为高电平，“0”为低电平

图3-21 KR系列二元化收弧“充”工作过程

按SB<sub>1</sub> 焊接 → 松SB<sub>1</sub> 焊接 → 再按SB<sub>1</sub> 收弧 → 再松SB<sub>1</sub> 停焊  
 一、按SB<sub>1</sub>



二、松SB<sub>1</sub> D<sub>1</sub> (27)为“0” (28)继续为“1”

三、再按SB<sub>1</sub> D<sub>1</sub> (27)为“0” (28)为“1”

四、再松SB<sub>1</sub> (27)(28)(29)全部为“0”

(33)为“1” 滞后停气

注：(F)、(E)是由遥控盒通过1000Hz±15V脉冲分离出来的  
 正脉冲 → (E) → 焊接电压给定正信号  
 负脉冲 → (F) → 反相放大 → 焊接电流给定正信号

图3-22 KR系列二元化收弧“有”工作过程

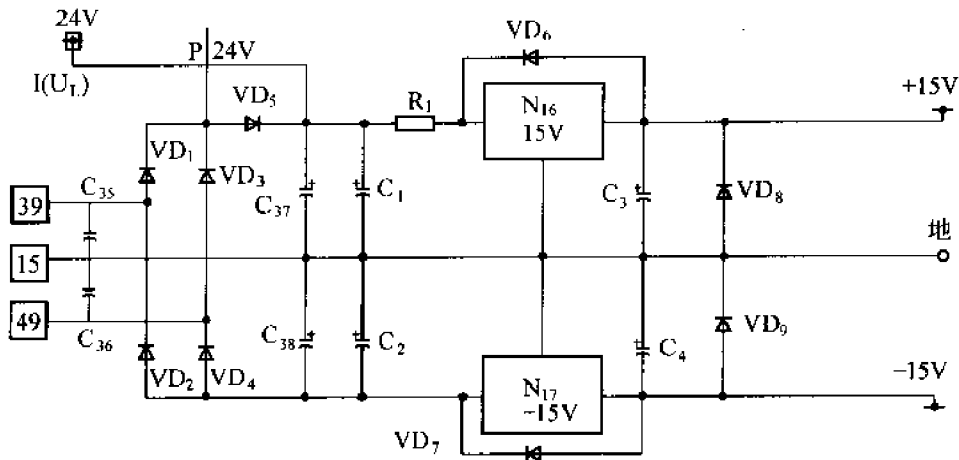


图 3-23 稳压电源电路

式中： $V_a$  为 A 点的电压， $V_b$  为 B 点的电压。

当电网电压升高时， $U_L$  电压升高，由上式可知  $V_0$  将降低，因此电压运算电路中，输出的信号电压降低，使得晶闸管的导通角变小，从而使焊接电压基本保持不变。反之，当网压降低时， $U_L$  的电压也降低，电压  $V_0$  升高，因此电压运算电路的信号电压升高，使得晶闸管导通角变大，这样就实现了对电网电压波动的补偿。

$S_{10}$  在一元化和个别调节时进行转换。

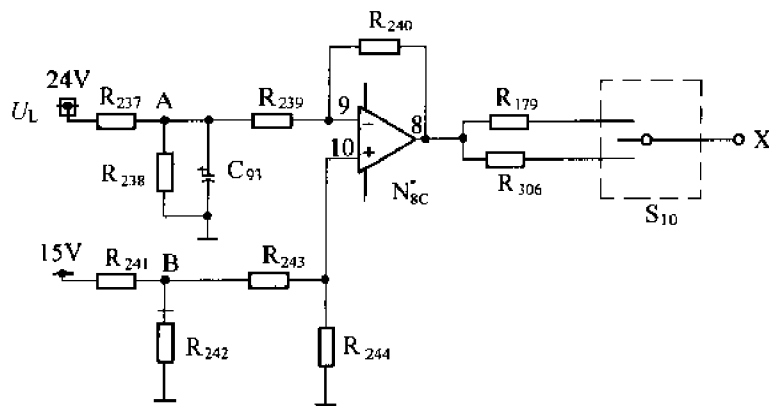


图 3-24 网压波动补偿电路

### 3. 过流保护电路（图 3-25）：

本电路的作用是当焊机次级输出之间发生短路时，将次级电流限制在一定的基准电流值以下。

图中，C 点来自电流检测电路，Y 点连接电压电流运算电路。C 点的电压  $U_C$  与  $-15V$  电源的分压叠加后输入到  $N_{8A}$  反相端的 2 脚。在正常焊接时，叠加后的电压  $\Delta U$  为负值，经反相放大后由  $N_{8A}$  的 1 脚输出一个正电压  $U$ ，此时， $N_{8A}$  处于饱和状态，输出电压  $U$  为  $13.7V$ ， $VD_{56}$  截止。发生短路时，C 点的电压急剧上升， $\Delta U$  减少，当  $\Delta U$  变得

非常小，几乎等于零时，输出电压  $U$  减少到 1.3V 左右， $VD_{56}$  导通，因此，三极管  $V_{12}$ （电压电流运算电路）的基极电压经 Y 点  $\rightarrow VD_{56}$ ，被限制在一个很低的电压值（2V）以下，使得电压运算电路的信号电压降低，所以，输出电压降低，从而将次级短路电流值限制在一定的基准电流值以下，防止主晶闸管因短路时的瞬间电流的冲击而损坏。

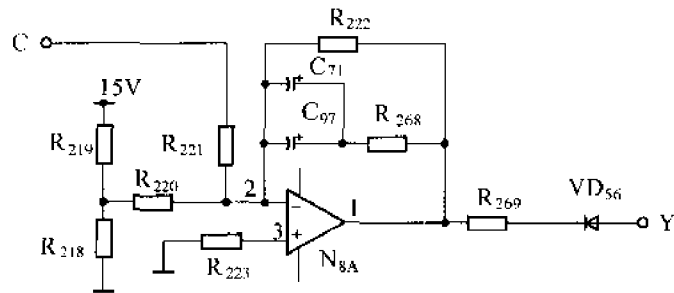


图 3-25 过流保护电路

#### 4. 异常停止电路（图 3-15 左上角）：

+15V 电压经两个热继电器输入到  $D_1$  的 36 脚，同时使三极管  $VR_2$  导通，从而使得异常指示灯的 +24V 的电源电压经  $R_{27}$  被旁路。当主变压器或主晶闸管过热时，热继电器动作，断开 +15V 电源， $D_1$  的 36 脚变为 0V，将 28 脚的输出封锁（即 28 脚变为低电平），停止焊接，保护变压器和晶闸管不受损坏。同时， $VR_2$  截止，异常指示灯亮，发出警报。

### 第三节 常见故障分析与处理

KR 系列机的常见故障和处理方法如表 3-3 所示。

表 3-3 KR 系列机常见故障现象与处理

故障现象	产生原因	处理方法
1. 接通电源开关，电源指示灯不亮	(1) 保险丝熔断。 (2) 指示灯损坏，接触不良。 (3) 外电不正常，开关接触不良	(1) 更换。 (2) 修理、更换。 (3) 查电源电压、开关及接头
2. 按焊枪开关，交流接触器不动作	(1) 焊枪开关损坏，其线路接头松动、断线。 (2) 保险 $FU_1$ 熔断，开关 $S_1$ 接触不良。 (3) 接触器 $KM$ 及线路有问题。 (4) 变压器输出、输入电压不正常。 (5) 线路板有问题	(1) 更换、修理。 (2) 更换、修理。 (3) 测电压，查接触。 (4) 查接头，测电压、电阻，判断是否断线或短路。 (5) 先查后换或先换后查。参考程序控制，查有关线路及元件

续表

故障现象	产生原因	处理方法
3. 空载电压低	(1) 外电不正常。 (2) 焊接回路、主电路接触器、晶闸管及各接头有问题。 (3) 线路板工作不正常	(1) 同1 (3)。 (2) 使电缆绝缘良好, 接头、触头接触良好, 更换坏的硅元件。 (3) 与2 (5) 同
4. 焊接电压太高	(1) 丝径选择开关位置不对。 (2) 50/60Hz 转换开关有问题。 (3) 电压电位器失调。 (4) 送丝轮打滑。 (5) 线路板工作不正常	(1) 调至相应位置。 (2) 修复或更换。 (3) 修复或更换。 (4) 观察、调整, 磨损严重则更换。 (5) 与2 (5) 同
5. 焊接电压失调	(1) 电压调节旋钮接触不良或损坏。 (2) 控制电缆断线, 接头、插头接触不良。 (3) 主晶闸管及线路有问题。 (4) 线路板工作不正常	(1) 修或换。 (2) 查接头及导线, 使连接及接触良好。 (3) 与3 (2) 同。 (4) 与2 (5) 同
6. 焊接电流失调	(1) 电流调节旋钮接触不良或损坏。 (2) 控制电缆断线, 接头、插头接触不良。 (3) 送丝电机或线路有问题。 (4) 线路板有问题	(1) 修或换。 (2) 与5 (2) 同。 (3) 观察运转、检测、修理。 (4) 与2 (5) 同
7. 电弧燃烧不稳定	(1) 导电嘴孔径不对, 磨损或松动。 (2) 焊枪有问题, 如弯管 (焊枪本体) 松动, 手把开关接触不良。 (3) 焊枪电缆弯曲严重, 内部送丝管不合适, 折弯或太脏。 (4) SUS 管安装不合适, 送丝轮压力不合适。 (5) 焊接规范未调好。 (6) 母材油污。 (7) 焊接回路接头接触不良。 (8) 主电路接头、触头接触不良。 (9) 焊接电压失调。 (10) 焊接电流失调	查找时, 先简单后复杂, 分辨是电压还是电流 (即送丝) 不稳所引起。 (1) 导电嘴、焊枪及其软管、焊丝、送丝轮压力、焊接规范等, 如有问题, 则修理、调整或更换。 (2) 查输出、输入电缆, 地线及其接头。 (3) 观察空载电压变化及送丝机转动是否平稳, 分辨是电压还是送丝方面的问题, 按照5或6进行检修
8. 按手动送丝按钮, 不送丝	(1) 印刷板上保险 $FU_2$ 熔断。 (2) 控制电缆断线或接头、插头接触不良。 (3) 电流调节旋钮调节过低。 (4) 手动按钮接触不良或断线。 (5) 线路板工作不正常	(1) 更换。 (2) 修复、拧紧插头, 使接触良好。 (3) 调高送丝机转速。 (4) 修或换。 (5) 与2 (5) 同
9. 未按焊枪开关, 就连续送丝	(1) 焊枪开关短路。 (2) 电缆插头座或导线短路。 (3) 线路板有问题	(1) 排除或更换。 (2) 排除或更换。 (3) 与2 (5) 同

续表

故障现象	产生原因	处理方法
10. 按焊枪开关, 无空载电压和慢送丝	(1) 焊枪开关损坏, 电缆断线, 接头、插头接触不良。 (2) 线路板有问题	(1) 更换、修理, 使其接触良好。 (2) 与 2 (5) 同
11. 按焊枪开关, 慢送丝, 无空载电压	(1) 电源主回路有问题。 (2) 线路板有问题	(1) 与 3 (2) 同。 (2) 与 2 (5) 同
12. 按焊枪开关, 无慢送丝, 有空载电压	(1) 送丝机保险 $FU_2$ 熔断。 (2) 控制变压器有故障。 (3) 线路板有问题	(1) 更换。 (2) 方法同 2 (4)。 (3) 重点查送丝机及控制电路。 $V_{10}$ 易损坏 (野外作业、注意电缆接头防潮)
13. 无快速送丝	(1) 电位器 $RP_2$ 损坏, 插头、接头接触不良, 电缆线有问题。 (2) 送丝机线路接触不良。 (3) 线路板有问题	(1) 与手动送丝比较检查, 修理或更换。 (2) 查修。 (3) 与 2 (5) 同
14. 能送丝, 并有空载电压, 但引不起弧	(1) 地线接触不良。 (2) 焊接电缆破损, 接头松动。 (3) 主电路有问题。 (4) 工件油污	(1) 查地线及接头, 使其接触良好。 (2) 使绝缘良好, 清锈固紧。 (3) 查接头、触头、元件, 使其良好。 (4) 清除
15. “有”收弧工作状态时, 有断弧现象	(1) 送丝系统阻力大, 压力不合适, 送丝不稳。 (2) 导电嘴磨损, 孔径过大。 (3) 焊枪与工件距离过大。 (4) 收弧有/无选择开关接触不良。 (5) 输入、输出线路接触不良。 (6) 线路板有故障	(1) 减少送丝阻力, 清洗送丝软管或更换, 调好压力。 (2) 更换。 (3) 保持适当距离。 (4) 修或更换。 (5) 使接头、触头接触良好。 (6) 与 2 (5) 同
16. 飞溅太大	(1) 焊接规范不当。 (2) 丝径选择开关位置不对。 (3) 焊道、焊丝锈污。 (4) 空载电压不平稳。 (5) 焊丝质量不好。 (6) 保护气体受阻。 (7) 线路板工作不正常	(1) 调整焊接规范。 (2) 将开关置合适位置。 (3) 清除。 (4) 检查空载电压, 使其变化平稳。检查方法与 5 同。 (5) 更换, 选购质量好的焊丝。 (6) 按 18 检查。 (7) 方法同 2 (5)
17. 气体加热器失灵	(1) 保险 $FU_2$ 、电源线断, 插头、接头接触不良。 (2) 加热器内电热丝断。 (3) 控温装置失灵	(1) 修复, 使接触良好。 (2) 修复或更换。 (3) 查触点, 修或换

续表

故障现象	产生原因	处理方法
18. 焊枪喷嘴内无或只有少量气体流出	(1) 气管漏气或被压住。 (2) 焊枪漏气或堵塞。 (3) 气体流量偏小, 流量计漏气或堵塞。 (4) 电磁气阀未开启或堵塞。 (5) 线路板有故障	(1) 检查, 修复。 (2) 修复。 (3) 调、修或更换。 (4) 检查开、断, 如堵塞用风管吹一吹。 (5) 方法同 2 (5)
19. 焊缝产生大量气孔	(1) CO <sub>2</sub> 气体纯度不够。 (2) 气体流量不足。 (3) 焊丝伸出导电嘴过长。 (4) 焊道锈污或潮湿。 (5) 风大保护效果差。 (6) 喷嘴变形。 (7) 无加热	(1) 选购质量好的气体。倒置法“放水”。 (2) 按 18 检查。 (3) 保持合适的长度和高度。 (4) 去污、潮。 (5) 挡风。 (6) 换。 (7) 按 17 检查
20. 焊丝与母材粘连	(1) 焊丝伸出过长。 (2) 电缆截面积不够。 (3) 操作及焊接规范有问题。 (4) 焊接电流小	(1) 保持合适长度。 (2) 使用相应截面积的电缆。 (3) 检查板面开关、焊接规范, 焊枪角度是否有误。 (4) 查输出电流过小的原因, 按前面的方法检查

#### 第四节 焊枪与流量计的修理

不论是哪种型号的焊枪或流量计, 其组成部分基本相同, 因此, 修理的内容和方法也基本相同。现以 KR 系列 CO<sub>2</sub> 焊机配用的焊枪和流量计为例, 作一说明。

##### 一、焊枪

###### (一) 焊枪结构

焊枪结构如图 3-26 所示, 其部件名细如表 3-4 所示。

###### (二) 焊枪的修理

焊枪的维修内容和处理方法如表 3-5 所示。

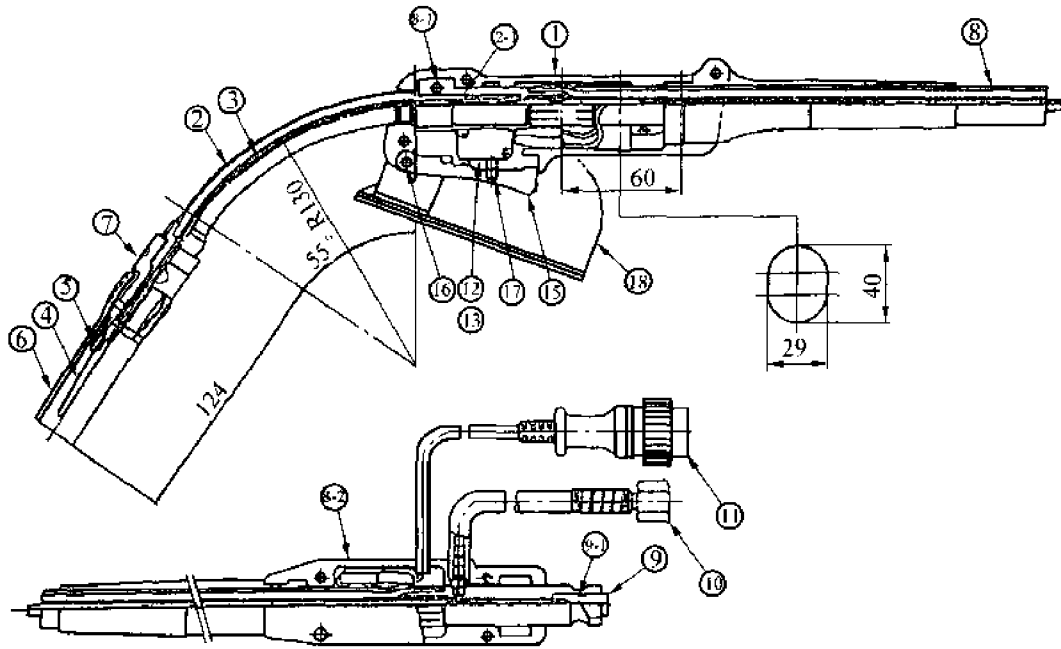


图 3-26 焊枪结构

表 3-4 焊枪部件明细表

No.	部件名		部件编号	No.	部件名		部件编号
1	枪把 C		TKC50109P	9	长送丝管	1.2	TLJ101254
2	焊枪本体 (组)		TCU50195			1.6	TDT01635
2-1	O型密封胶圈		F8V	9-1	O型密封胶圈		P-7
3	短送丝管	1.2~1.4	TGT00014	10	气管组件	TWC18102	
		1.6	TGT50150				
4	导电嘴	1.2	TE101247	11	控制电缆组件	TWU18101	
		1.6	TE101658				
5	气筛		TGR00902	11-1	(2芯插头)		MT25A2P
6	喷嘴	S3	TGN00004	12	微动开关		AH70619
7	喷嘴接头		TFZ50107	13	开关护罩		TSK50102
8	一线式电缆 (组)		TTU50153	15	扳机 C		THL50107P
8-1	(紧固螺钉)		XVE5A15	16	圆柱销		XPJ4B18
				17	开关弹簧		TBN00402
8-2	接线盒		TFP18101	18	护手 C		TKA50117



表 3-5 焊枪的修理

维修内容	处理方法
1. 导电嘴、喷嘴、气筛、喷嘴接头（绝缘体）损坏	这部分零件受于易损件，一般更换
2. 焊枪本体（又叫弯管或鹅颈管） (1) 连杆部分损坏。 (2) 密封胶圈损坏	(1) 更换。如修理可将损坏部分截去，再用材料相同的铜管制作，气焊焊接，打磨。 (2) 更换
3. 送丝管（弹簧软管） (1) 胶圈损坏。 (2) 折弯。 (3) 胶皮破、漏气。 (4) 脏	(1) 更换。 (2) 更换。 (3) 更换。 (4) 清洗或用压缩空气吹
4. 枪把（手把）破，手把开关损坏	更换
5. 电缆 (1) 接头松脱。 (2) 烧坏。 (3) 开关控制线接头松脱、断线	(1) 重新固紧。 (2) 如果内部气管未破。可把部分断了的铜线分支焊接起来，再用胶布、胶带包扎。 (3) 焊接好或外加双芯细电缆

## 二、流量计

### (一) 流量计结构

流量计的结构如图 3-27 所示。

### (二) 流量计的修理

流量计的维修内容和处理方法如表 3-6 所示。

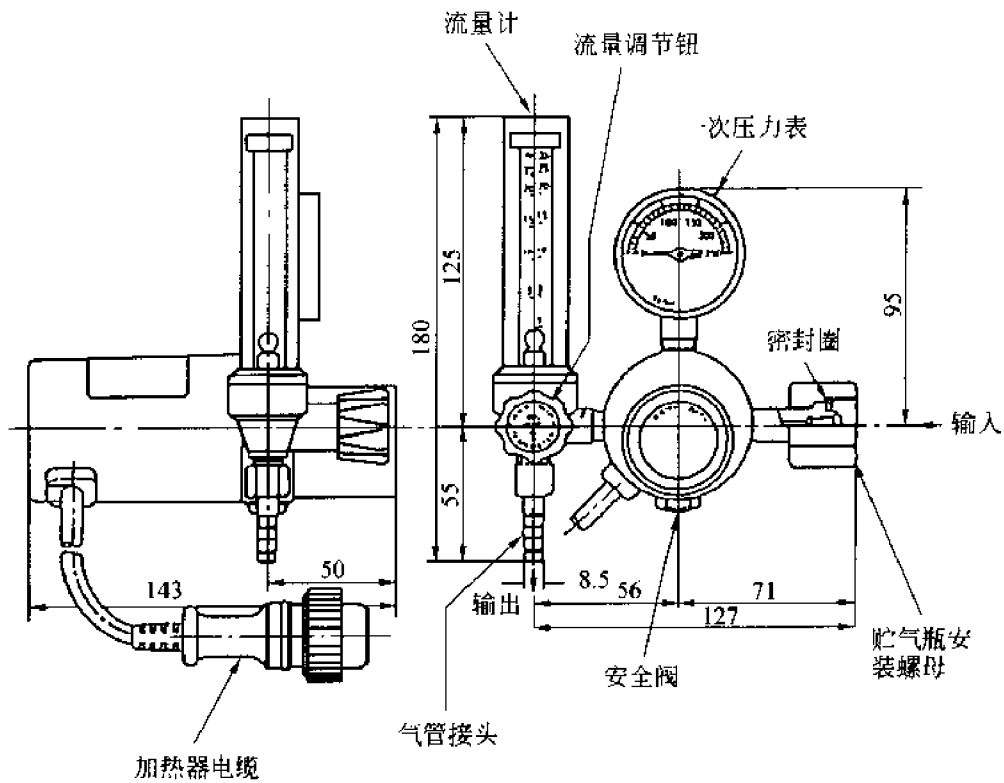


图 3-27 流量计的结构

表 3-6 流量计的修理

维修内容	处理方法
1. 漏气或堵塞	修理或更换
2. 内或外表管损坏	更换
3. 压力表坏	修理、更换或送修表单位修理计量
4. 安全阀漏气或动作	换橡胶圈，或与厂家联系修理
5. 温控失灵 (1) 热丝、导线断。 (2) 触头、接头、插头接触不良	检测、修复或更换加热器

## 第四章 MZ-1-1000 型自动埋弧焊机原理 和故障处理

MZ-1-1000 型自动埋弧焊机，一般配用 ZXG-1000R 型弧焊整流器做电源。由于该机性能较好，工作可靠，结构较简单，使用与维修都比较方便，虽然技术落后一点，但目前使用仍然比较广泛。

该焊机主要由上海电焊机厂等厂家生产。

### 第一节 主要技术参数与结构

#### 一、主要技术参数

空载电压：90/80V

工作电压：24~44V

电流调节范围：100~1 000A

暂载率 100%：895A

暂载率 80%：1 000A

焊丝直径： $\phi 3\sim 6\text{mm}$

#### 二、结构及其作用

##### (一) 焊接电源

本机配用 ZXG-1000R 型弧焊整流器做电源，其结构主要有以下几部分（图 4-1）。

1. 三相降压变压器  $T_1$ ：变压器绕组为  $Y_0/\Delta$  接法，其作用是将电网电压降低到焊接所需要的整流交流侧电压。该电压经三相桥式全波整流后，得到焊接所需要的电压值。

2. 磁放大器：由饱和电抗器和硅整流器组成。

(1) 饱和电抗器：其作用是控制焊接所需要的下降外特性和调节焊接电流的大小。它的 2 个直流控制绕组中， $FK_1$  为焊接电流控制绕组， $FK_2$  为电网电压负反馈绕组。

(2) 硅整流器：将交流变成直流。

3. 输出电抗器 L：减少输出电流的脉动程度，使焊接电弧稳定，金属飞溅小。

4. 风机 FM：冷却机内各部件和元件。

5. 其他：主要有控制及过电压保护线路。

## (二) 焊接小车

采用 MZ-1-1000 型自动埋弧焊机。该机由焊车及支架、送丝机构、焊丝夹紧机构、校直机构、导电部分、焊接操作控制盒、焊丝盘、焊剂斗等部件组成。

控制线路元件装在控制盒内，控制盒面板上的元件名称及作用如下：

1. 控制电源：开关  $S_1$ ，接通或断开焊接小车的控制线路电源。
2. 焊车调试：开关  $S_2$ ，空载时观察焊车行走是否正常。
3. 焊接方向：开关  $S_3$ ，控制焊车前进或后退。
4. 焊接速度：电位器  $RP_2$ ，调节焊车行走速度。
5. 电表极性：用开关  $S_3$  控制，“正”，表示正极性接法；“反”，表示负极性接法。埋弧焊用负极性接法。
6. 焊丝向上：按钮  $BS_4$ ，控制焊丝上抽，作空载点动调整焊丝用。
7. 焊丝向下：按钮  $BS_3$ ，控制焊丝下送，作空载点动调整焊丝用。
8. 焊接电压：电位器  $RP_1$ ，调节送丝速度，从而调节电弧电压（即焊接电压）。
9. 电压指示：开关  $S_4$ ，将  $S_2$  拨向“电弧电压”时，电表所示为电弧电压；拨向“焊车电压”时，其所示为焊车行走电机的端电压，可间接了解焊接速度。
10. 电压表  $V$ ：一般作指示焊接电压用。
11. 电流表  $A$ ：指示焊接电流。
12. 起动按钮  $SB_1$ ：焊接时，启动焊机。
13. 停止按钮  $SB_2$ ：作一般停止焊接用。
14. 紧急停止按钮  $SB_3$ ：在碰到事故必须立即停止焊接和切断电源时用。与  $SB_2$  的区别是按下  $SB_3$ ，立刻断开电源，停止焊接，无电弧返烧过程，往往会使焊丝粘住熔池。

## 第二节 操作程序与线路工作原理

### 一、焊前准备与调整

本焊机采用电弧电压反馈自动调节系统（即变速给进焊丝），应将空载电压接为较高值，即为 90V。检查焊接电源后面的接线板，其接线是否为该挡接法。

按说明书中的外部接线图并按工艺对焊接极性的要求，接好各电线、电缆。

合上车间的电源开关，焊接电源（图 4-1）的指示灯  $HL_1$  亮，变压器  $T_3$  得电。 $T_3$  的副边有 2 组线圈，一组电压为 36V，53 号线接继电器  $KM_2$ ，54、52 号线分别接焊接小车上控制盒的开关  $S_1$  和继电器  $K_3$  的触头（图 4-2）。另外一组绕组的电压为 145V，为小车控制线路的整流器  $VC_7$  提供电源。

参看图 4-2，将焊车控制盒面板上的“电源开关”  $S_1$  拨到“通”的位置，变压器  $T_2$

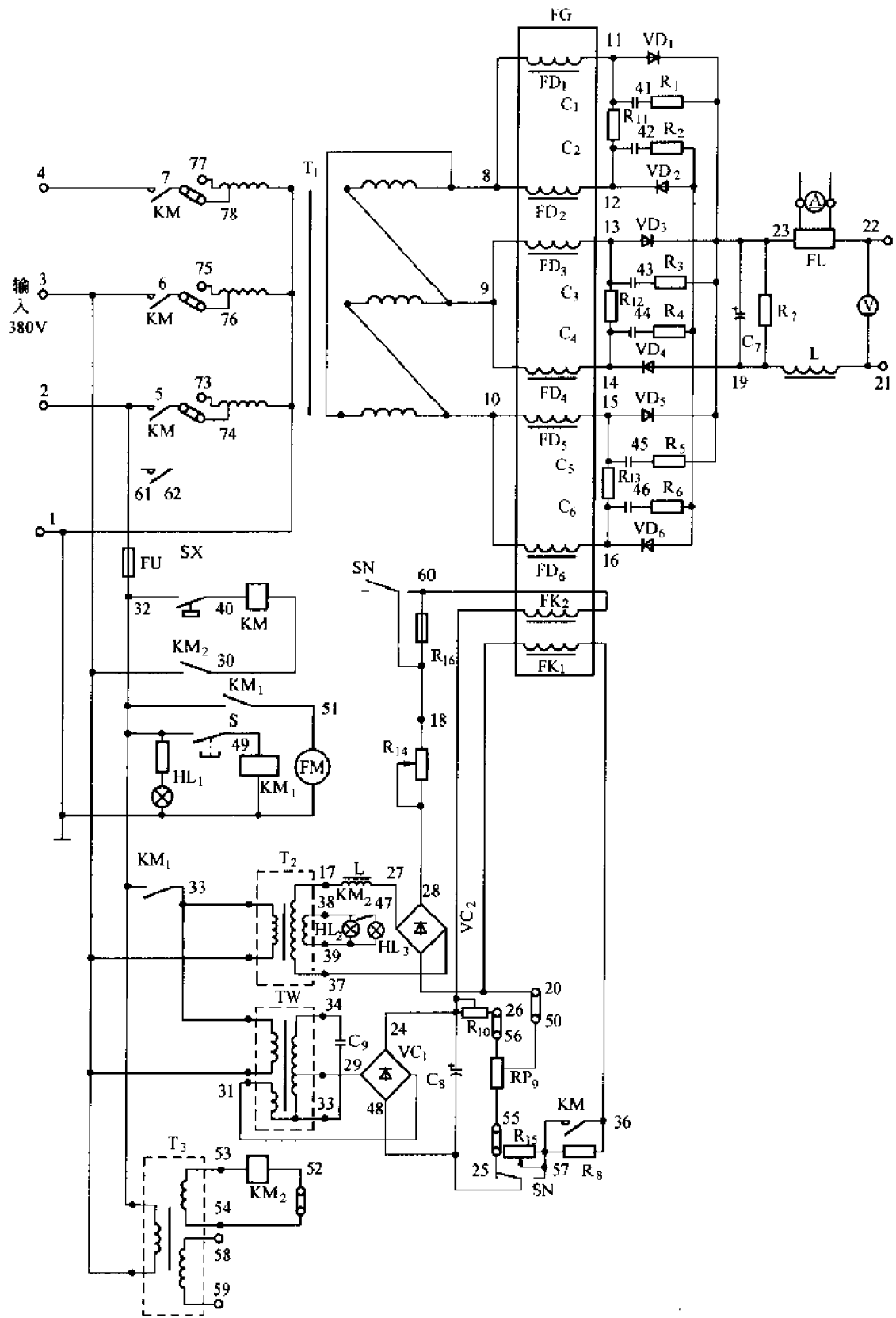


图 4-1 ZXG-1000R 型弧焊整流器电气原理



工作，电源指示灯 HL<sub>2</sub> 亮，线路板上各整流器工作。整流器 VC<sub>7</sub> 为电机 M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub> 的激磁绕组 M1F、M2F 供电，还为 M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub> 的电枢电路提供电源。

将焊车调试 S<sub>2</sub> 拨到调试位置，晶闸管 VT<sub>2</sub> 的控制回路接通。VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub> 均采用单结晶体管触发电路。调节 RP<sub>2</sub>，三极管 V<sub>5</sub> 导通，电容 C<sub>10</sub> 充电。当 C<sub>10</sub> 的电压达到单结晶体管 V<sub>6</sub> 的峰值电压时，V<sub>6</sub> 导通，脉冲变压器 TP<sub>2</sub> 发出脉冲，VT<sub>2</sub> 触发导通，行走电机 M<sub>2</sub> 运转。M<sub>2</sub> 运转的方向是由 S<sub>5</sub> 来控制的，通过 S<sub>5</sub> 改变 M<sub>2</sub> 电枢电流的方向，从而控制电机的正、反转（即焊车的前进或后退）。观察焊车行走是否平稳，调节 RP<sub>2</sub>，使焊车速度为焊接规范所需要的速度。调试好后，将 S<sub>2</sub> 拨到“焊接”位置。

VC<sub>5</sub> 为晶闸管 VT<sub>1</sub> 的触发电路供电。按“焊丝向上”按钮 SB<sub>4</sub> 或“焊丝向下”按钮 SB<sub>3</sub>，电流由 33 点经 SB<sub>3</sub> 或 SB<sub>4</sub>→R<sub>21</sub>→R<sub>22</sub>，给电容 C<sub>6</sub> 充电，达到 V<sub>4</sub> 的峰值电压时，V<sub>4</sub> 导通，TP<sub>1</sub> 发出脉冲，VT<sub>1</sub> 触发导通，M<sub>1</sub> 运转。M<sub>1</sub> 的转动方向由继电器 K<sub>4</sub> 控制。VC<sub>3</sub> 为操作控制电路提供直流 24V 电源，当 S<sub>1</sub> 合上时，三极管 V<sub>2</sub> 导通，K<sub>4</sub> 吸合。若按“焊丝向下”按钮 SB<sub>3</sub>，由于 K<sub>4</sub> 已吸合，因此，K<sub>4.3</sub>、K<sub>4.4</sub> 断开，K<sub>4.1</sub>、K<sub>4.2</sub> 接通，电流由 33→K<sub>4.1</sub>→36→M<sub>1</sub> 的电枢→35→K<sub>4.2</sub>→34，此时，M<sub>1</sub> 正转，焊丝下送。若按“焊丝向上”按钮，则 K<sub>4</sub> 释放，K<sub>4.1</sub>、K<sub>4.2</sub> 断开，K<sub>4.3</sub>、K<sub>4.4</sub> 吸合，电流由 33→K<sub>4.3</sub>→35→M<sub>1</sub> 电枢→36→K<sub>4.4</sub>→34，流经 M<sub>1</sub> 电枢的电流方向与“焊丝向下”时相反，因而 M<sub>1</sub> 反转，焊丝上抽。点动调节焊丝的“上”或“下”，使焊丝与工件接触良好（微压）。

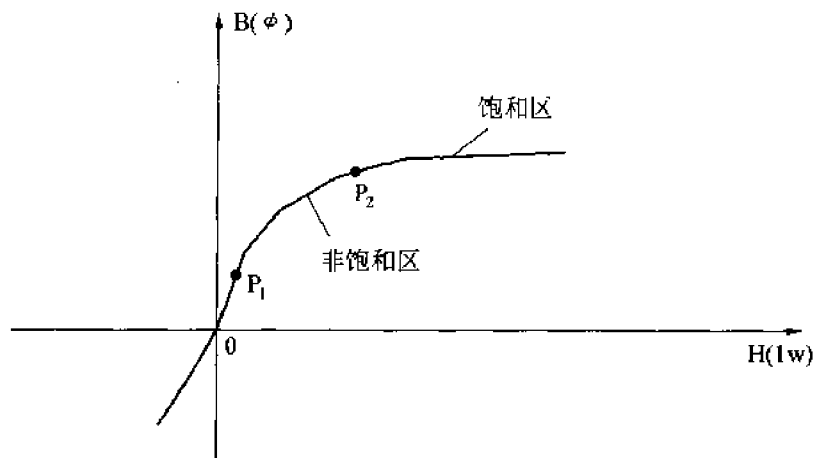


图 4-3 铁磁材料的磁化曲线

## 二、焊机的起动

参看图 4-1，将焊接电源上的开关 S 置于“通”的位置，继电器 KM<sub>1</sub> 吸合，风机 FM 运转，当风量达到一定时，风动开关 SX 闭合，为主电路接触器 KM 的接通作准备，变压器 T<sub>2</sub> 及稳压器 TW 接通，风机指示灯 HL<sub>2</sub> 亮。T<sub>2</sub> 为磁放大器 FG 的网压补偿绕组 FK<sub>2</sub> 提供电源，TW 为 FG 的焊接电流控制绕组 FK<sub>1</sub> 提供稳定的交流电压，该电压经 VC<sub>1</sub> 整

流后，由 24 点输出电流，经电阻  $R_{10} \rightarrow 26 \rightarrow 56 \rightarrow RP_9 \rightarrow 50 \rightarrow 20 \rightarrow FK_1 \rightarrow 36 \rightarrow R_8$ （或 KM 触点） $\rightarrow 57 \rightarrow R_{15} \rightarrow 25 \rightarrow SN$  小（或  $57 \rightarrow SN$  大） $\rightarrow 48$ 。调节  $RP_9$ ，便可以调节  $FK_1$  两端的电压（某机  $FK_1$  两端电压为 3~10V。不同焊机，差别较大），因而可以调节通过  $FK_1$  中的电流  $I_{k1}$ 。改变磁放大器控制绕组  $FK_1$  中的磁势（ $FK_1$  中的电流  $I_{k1}$  乘其绕组的匝数  $N_{k1}$ ，即  $I_{k1} \cdot N_{k1}$ ），达到调节输出焊接电流的目的。

为什么改变  $FK_1$  磁势的大小，可以调节焊接电流的大小呢？这是由于磁放大器的工作特性决定的。可以这样简单地理解（但不准确，如要清楚地了解磁放大器工作原理，请参看《弧焊电源》）。磁放大器是根据铁磁材料的磁化曲线的性质（图 4-3），用直流  $I_k$  激磁改变铁芯磁化程度，从而调节铁芯交流工作绕组电抗  $X_L$  大小的一种可调电抗器（与交流焊机比较）。

工作在铁芯的非饱和区时，电抗  $X_L$  很大，饱和后  $X_L$  很快下降，愈饱和  $X_L$  愈小。铁芯的磁化程度是由直流磁势  $I_k \cdot N_K$  和交流磁势  $I_f \cdot N_F$  共同决定的， $I_k \cdot N_K$  确定了铁芯磁化曲线的起始工作点， $I_f \cdot N_F$  确定在工作点附近的工作段。当电流  $I_k$  很小时，工作点  $P_1$  远离饱和区，焊接时，铁芯不易饱和，交流线圈电抗  $X_L$  很大，因此，焊接电源的内阻大，输出电流小。当  $I_k$  很大时，工作点  $P_2$  接近饱和区，则铁芯易饱和， $X_L$  变得很小，因此，焊接电源内阻小，输出电流大。所以，如果焊接电流小，达不到调节范围时，往往是由于两方面的原因：主电路二极管损坏（表现为空载电压低）及  $FK_1$  控制线路有问题，如松、脱、接触不良等，电流  $I_k$  小，线圈  $FK_1$  端电压低（某机最高  $I_{k1}$  约为 5A，线圈  $FK_1$  两端电压约为 12V）。

### 三、起弧与焊接

参看图 4-2，本机采用电弧电压负反馈来自动控制送丝速度。由 92 号控制线引入电弧电压，加到  $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_3$  构成的支路上，取  $R_4$  上的电压与电弧电压调节电位器  $RP_1$  上的指令电压  $U_{RP1}$  反向串联后，送到  $VC_4$  整流桥的输入端，其电压： $U_\lambda = U_{RP1} - U_{R4}$ 。

本机通常采用“短路-反抽”引弧方式。按下“启动按钮” $SB_1$ ，继电器  $K_3$  吸合，触点  $K_3$  闭合，使  $K_5$  得电吸合（即焊接电源中的  $KM_2$ ），因此，主接触器  $KM$ （即焊接电源中的  $KM$ ）吸合，继电器  $K_2$  吸合，同时  $RP_1$  接通。由于焊丝与工件接触，使得电弧电压为 0， $R_4$  上的电压  $U_{R4} = 0$ ，所以  $U_\lambda = U_{RP1}$ ， $VC_4$  输入端的电压为上“+”下“-”，三极管  $V_1$  导通， $V_2$  截止， $K_4$  释放，其常闭触头接通电机  $M_1$  的电枢，使之在准备上抽的位置；同时， $VC_4$  的“直流端”也输出一个电压  $U_{出}$ ，使  $V_3$  导通，触发电路工作，晶闸管  $VT_1$  触发导通，送丝机  $M_1$  电枢电路的电流方向是使其反转，因此，焊丝上抽引弧。此时， $K_3$  还接通晶闸管  $VT_2$  的控制回路，其触发电路工作， $VT_2$  导通， $M_2$  运转，焊车开始向规定方向行走。另外，由于  $K_2$  的吸合，而使  $SB_1$  自保（引弧后可松开  $SB_1$ ）以及焊接指示灯  $HL_1$  亮。

引燃电弧后，就有电弧电压加到  $R_4$  上，且  $U_{R4}$  随电弧的拉长（弧压的升高）而升高。前面谈到， $U_\lambda = U_{RP1} - U_{R4}$ ，因此， $U_\lambda$ 、 $U_{出}$  均减小， $V_3$  的集电极电流  $I_C$  减小， $VT_1$



导通角减小,电机  $M_1$  的端电压降低、转速减慢。当  $U_{R4} = U_{RP1}$  时,则有  $U_{\lambda} = 0$ , 所以  $U_{出} = 0$ ,  $V_3$  截止,  $VT_1$  关断,  $M_1$  停转。同时,  $V_1$  截止,  $V_2$  导通,  $K_4$  吸合。此后,电弧电压继续升高,当  $U_{R4} > U_{RP1}$  时,则  $U_{\lambda} < 0$ ,  $VC_4$  的输入端的电压变为上“-”下“+”,保持  $V_1$  截止,  $V_2$  导通。 $VC_4$  的输出端  $U_{出}$  也随之升高,  $V_3$  又开始导通,而且电流  $I_C$  增大,对  $C_6$  的充电速度加快,触发脉冲前移,  $VT_1$  导通角增大,由于  $K_4$  的吸合而使通过  $M_1$  电枢电流的方向改变,因此  $M_1$  正转,焊丝下送,且转速随电弧电压的升高而加快,直至焊丝速度与熔化速度相等时,电弧电压就稳定在这一数值上。

在焊接过程中,电弧电压由于某种原因而变动时,则  $U_{出}$  将使送丝速度自动变化,强制电弧电压恢复到原来的数值,起到了自动稳定电弧电压的作用。例如:由于输送焊丝的阻力而使电弧拉长,弧压升高,则引起  $U_{出}$  升高,  $V_3$  的电流  $I_C$  增大,晶闸管  $VT_1$  触发脉冲前移,输出电压升高,  $M_1$  的转速升高,焊丝下送速度加快,因此,电弧电压降低;如果由于某种原因而使弧压降低,则自动调节过程相反。

$V_3$  的输入端接有电位器  $RP_{13}$  和  $RP_{14}$ ,前者引入  $V_3$  一个控制电压用来调整和校正送丝最高速度,后者引入  $V_3$  一个偏置电流,用来调整和校正送丝的起始速度,以改善控制特性。 $V_3$  偏置回路中有一个二极管  $VD_{19}$ ,作  $V_3$  偏置回路的开关用。在正常工作时,  $VC_4$  “直流端”的电压大于  $VD_{19}$  导通电压时(约 0.7V),  $VD_{19}$  导通,接通  $V_3$  的偏置回路。如这一电压小于  $VD_{19}$  导通电压时,偏置回路关断,这期间正好  $K_4$  翻转,这样就可以使  $K_4$  触点在无电流时转换,改善  $K_4$  触点烧损情况,因此,  $K_4$  虽作为开关频繁使用,但触点保护较好,不易烧损。

如要调节焊接电压,则调  $RP_1$ ,改变送丝速度,从而改变焊接(电弧)电压。有时需要调节焊接电流的大小,则调控制器  $RP_3$ ,使磁放大器直流控制绕组  $FK_1$  的电流  $I_{K1}$  改变,磁势改变,因而焊机输出电流改变。焊接速度由  $RP_2$  调节。

该机还可以用慢速送丝(又叫刮擦)起弧方式。慢速起弧时,按下  $SB_1$  不立即释放,焊车向前行走,焊丝缓慢下送,在焊件上“刮擦”,引出电弧,松开  $SB_1$ ,正常焊接。一般不用这种起弧方法。

停止焊接时,采用定电压熄弧方法,由  $K_1$ 、 $V_7$ 、 $R_1$ 、 $C_1$ 、 $VD_5$  等组成的电路来实现。按下停止按钮  $SB_2$ ,电机  $M_1$ 、 $M_2$  的供电电源被切断,送丝与小车立即停止工作,但电弧的电源未切断,因而电弧继续燃烧。由于送丝停止了,所以,电弧的燃烧而使弧压升高,当弧压升高到约 52V 时,稳压管  $V_7$  导通,继电器  $K_1$  动作,短接  $K_2$  线圈,  $K_2$  断开,因此,  $K_3$  断开,  $KM$  断开,停止焊接。

值得一提的是:在行走电机的电路中,引入了由  $R_{30} \sim R_{32}$ 、 $C_{21}$  等元件组成的电枢电流正反馈,以增强小车的负载能力。当因更换行走电机控制电路的元件等原因引起“飞车”时(电机的速度很快),应对  $RP_{31}$  进行调整。

在维修或更换元件后,有时会发生工作点的变化,焊机工作不很正常,焊接质量较差,这时应注意到对焊机工作点的校正。校正方法,厂家的设备使用说明书都讲得很清楚,在此不重述了。维修时,有时可以利用校正时的瓷盘电位器来模拟电弧电压,引入控制线路,查找故障。

起弧与焊接以及停止焊接的控制过程可以简要地表示如图 4-4 所示。其中，“↓”表示按下、导通、闭合或得电；“↑”表示释放、截止、断开或失电。

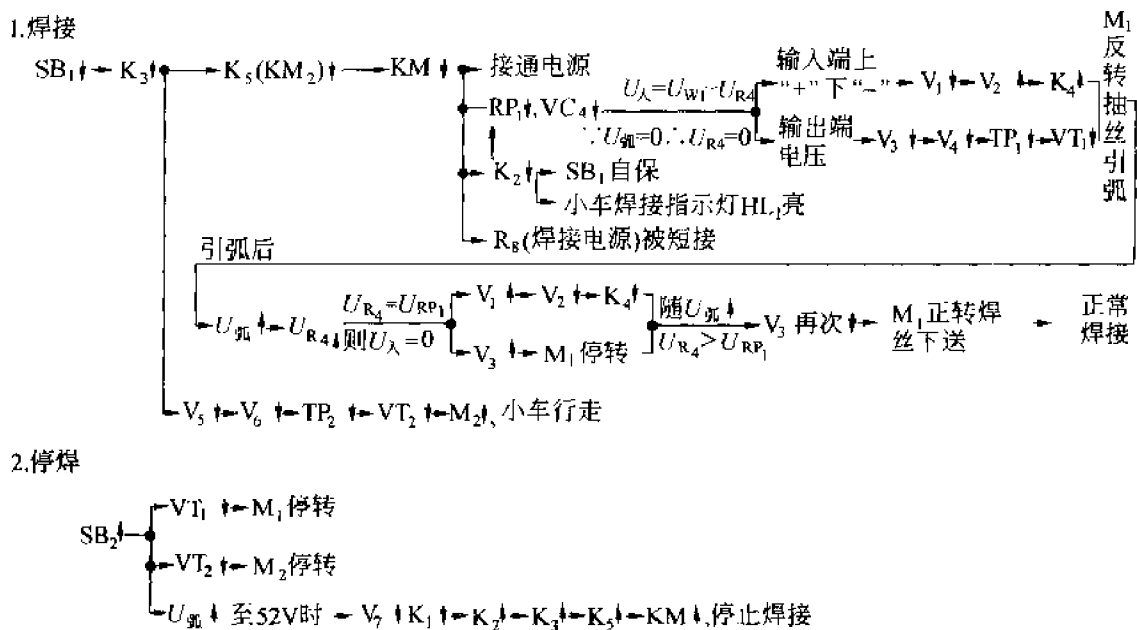


图 4-4 起弧与焊接及停止焊接的控制过程

### 第三节 维护与安全

对设备的正确使用与维护很重要，能使工作更主动，减少事故的发生及维修的工作量，保证焊机良好的工作性能，延长焊机的寿命，节约维修费用。

对该设备的维护应注意以下事项：

1. 移动焊机时，不要震动，以免磁放大器性能变坏。
2. 安装焊机的地方，要通风、清洁、干燥、防雨、防晒，机头及电缆等不要让雨水和有害气体侵蚀。
3. 新的焊机，或长期未使用之后的焊机，在使用前，应检查有没有损坏的地方，接头是否松动、绝缘是否良好等。
4. 了解焊机结构及其作用，熟练掌握焊机各开关、按钮、旋钮等元件的作用，熟练掌握焊接规范，防止误操作，影响焊接质量，损坏焊机。
5. 必须按照相应的负载持续率（暂载率）使用焊机，必须在风机转动的情况下焊接，尽可能避免大电流工作时出现短路现象，以免烧坏硅整流二极管。
6. 保险丝断了，不能随意加粗，应找电工查明原因，进行更换。
7. 由于风机引起的震动大，所以，风机的固定螺丝容易松动，引起风叶、风机等损坏。又由于震动大，机内线路各接头的螺丝也易松动，加之在大电流下工作，因此，主电

路松动的接头易发热氧化，甚至于燃烧起火，所以应加强检查，定期保养，清除事故隐患。

定期用低压干燥的压缩空气清洁焊机，检查电缆有没有破损、扭曲，各接头是否松动（要特别注意检查风机固定螺丝是否松动，机背面下方的空载电压调节接线板的接头是否松动。平时，还应对这些地方作重点检查）。检查送丝轮是否磨损严重，导电嘴与焊丝接触是否良好，检查电机电刷，清洁整流子等。

8. 检查焊机时，要注意切断电源。平时要注意接好焊机的地线。

9. 发生事故时，立刻按“紧急停止按钮”，停止焊接。但平时停焊时，不要按此按钮，因无“电弧返烧”过程，焊丝易粘熔池。

#### 第四节 常见故障分析与处理

一般应切断电源后检查焊机，需要通电检查时，要注意安全。

##### 一、焊接电源

焊接电源的常见故障及处理如表 4-1 所示。

表 4-1 故障分析处理

故障现象	可能原因	处理方法
1. 风机不转	(1) 保险丝熔断。 (2) 电机绕组断线。 (3) 线路接头、开关 S、继电器 KM <sub>1</sub> 的触头接触不良	(1) 更换。 (2) 修复电动机。 (3) 检查接头、触头接触是否良好，修理或更换
2. 空载电压低	(1) 电源电压偏低，电源开关、接线板、接触器 KM 等接头或触头接触不良。 (2) 整流二极管损坏	(1) 检查电源电压是否正常。各接头是否松动（注意进线板），触头接触是否良好。 (2) 可在机上初步判断二极管的好坏，必要时使其与线路断开，作进一步的检查
3. 焊接电流小	(1) 空载电压低。 (2) 调节器 RP <sub>0</sub> 接触不良或损坏。控制绕组 KF <sub>1</sub> 及其线路接触不良，元件损坏。 (3) 焊接电缆破损漏电，焊接回路（包括地线）接头接触不良。 (4) 电源进线细	(1) 抽出焊丝，检查空载电压是否正常，如低，则处理同“1”。 (2) 检查 RP <sub>0</sub> ，测量 FK <sub>1</sub> 的电压或电流（正常时，调节 RP <sub>0</sub> ，一般最高电压为 12V 左右，电流为 5A 左右）。检查其线路接头、元件及电压。 (3) 检查焊接回路电缆及其接头，使其绝缘或接触良好。 (4) 电源进线的截面积应不小于 25mm <sup>2</sup>

续表

故障现象	可能原因	处理方法
4. 整流二极管易损坏	(1) 使用不当, 大电流焊接时短路时间长。 (2) 元件质量差。 (3) 过电压保护失灵。 (4) 内桥内电阻 $R_{11} \sim R_{13}$ 损坏	(1) 尽可能避免大电流工作时短路。 (2) 选购质量好的元件, 必要时选用电流较大、耐压较高的元件。 (3) 检查过电压保护元件是否损坏。 (4) 检查 $R_{11} \sim R_{13}$ 绝缘是否损坏

## 二、焊机 (焊接小车)

焊机 (焊接小车) 的常见故障和处理方法如表 4-2 所示。

表 4-2 故障分析处理

故障现象	可能原因	处理方法
1. 合上开关 $S_1$ 或按下启动按 $AN_1$ , 保险丝熔断	(1) 印刷板各整流器有二极管击穿, 引起短路。 (2) 电机 $M_1$ 或 $M_2$ 的电枢短路或磁场开路。 (3) 控制线路有短路现象	根据熔断的保险丝, 检查有关线路。 (1) 初步检查印刷板元件及线路, 如未发现问题, 则换好的印刷板, 先试后修。 (2) 检查 $M_1$ 、 $M_2$ 绕组及其对地电阻, 判断是否短路。 (3) 检查有关控制线路
2. 按 $SB_1$ , 接触器 $KM$ 不动作	(1) 风动板未到位, 微动开关接触不良。 (2) $K_3$ 或 $KM_2$ 未吸合, 或触头接触不良。 (3) 以上电器控制线路接头松动或断线	(1) 调整风动板, 使其在风吹的角度, 微动开关接触良好。 (2) 查 $K_3$ 、 $KM_2$ 、 $KM$ 是否动作, 各触头、接头接触及导线是否良好
3. 按焊丝向上或向下按钮时, 送丝机不动作、转速低、只上不下或只下不上	(1) 保险丝熔断。 (2) 电枢电源未接通。 (3) 电机的电刷接触不良, 电枢及其线路断线或接头松脱。 (4) $M_1$ 磁场线路工作不正常。 (5) 晶闸管 $VT_1$ 损坏, 或其控制线路虚焊、元件损坏。 (6) $K_4$ 的触头接触不良, 控制线路元件损坏	(1) 查明原因, 更换保险丝。 (2) 检查 $S_1$ 及有关线路。 (3) 从插头来测电枢及激磁绕组 (应掌握各绕组电阻值, 便于比较) 电阻值。查电刷, 调整压力或更换电刷。查绕组有关线路。 (4) 查激磁回路, 使其保持良好的工作状态。 (5) 检测, 或换好的印刷板试一试, 再修复坏板。 (6) 检查 $K_4$ 的动作情况, 清洁其触头, 查有关线路和元件
4. 送丝机转速高	送丝机激磁回路断线、 $R_{38}$ 烧坏、接头或插头接触不良	检查 $R_{38}$ 、导线、接头、插头及绕组 M1F

续表

故障现象	可能原因	处理方法
5. 焊车不行走或行走不正常	(1) 未接通电源。 (2) 保险丝熔断。 (3) 电刷接触不良, 电枢回路断线、接头松动。 (4) 激磁回路断线, $R_{30}$ 烧坏, 接头接触不良。 (5) 晶闸管 $VT_2$ 及其控制线路虚焊, 元件损坏。 (6) 电流正反馈 $RP_{51}$ 调整不合适引起“飞车”或转速不稳。 (7) 离合器损坏或太脏	(1) (1) ~ (5) 处理方法同 3。 (2) 在更换小车电机控制线路元件后, 引起“飞车”或转速不稳, 有时需调整 $RP_{51}$ 。 (3) 松开或连接离合器, 观察电机或小车的运行, 分辨是电机, 还是离合器的问题, 清洁、润滑、修理
6. 按下启动按钮 $SB_1$ , 送丝正常, 但引不起弧	(1) 接触器 $KM$ 未吸合。 (2) 焊机空载电压低。 (3) 焊接电流小。 (4) 焊接电缆破损漏电, 地线接触不良。焊接回路有接头严重接触不良	(1) 方法同 2。 (2) (2)、(3) 方法同焊接电源的故障 2、3。 (3) 查焊接回路的电缆、各触头、接头 (注意地线)、使其绝缘或接触良好。 (4) 必要时, 可用手工焊检查, 但电流大, 应小心
7. 焊接过程中电流不稳, 焊缝成形不良	(1) 焊接规范不合适。 (2) 导电嘴孔径大或磨损严重, 与焊丝接触不良。	(1) 调整好焊接规范。 (2) 注意加工合适孔径的导电嘴, 清理导电嘴或调换。

## 第五章 ZX<sub>5</sub> 系列晶闸管（可控硅）整流弧焊机 原理和故障处理

ZX<sub>5</sub> 系列晶闸管整流弧焊机，有 ZX<sub>5</sub>-250、ZX<sub>5</sub>-400、ZX<sub>5</sub>-630 等 3 种规格，适用于各种牌号焊条的直流手工焊接，还可作为氩弧焊电源使用（其中 ZX<sub>5</sub>-630 型焊机还可以作为碳弧起刨用）。

ZX<sub>5</sub> 系列焊机的动特性好，电弧稳定，熔池平静，飞溅小，焊缝成型好，有利于进行全位置焊接。焊机的操作方便，可远距离调节焊接电流，具有可调的引弧电流及推力电流装置，使引弧容易及焊条不易粘住熔池。此外，焊机对电网电压的波动能自动补偿。

本系列焊机的效率高（70%~80%）、能耗低、噪音小，是国家推广的节能型产品，是替代 AX 系列直流旋转焊机的理想产品，目前使用非常广泛。

在广州地区，本系列焊机主要由广州电焊机厂等厂家生产。现以广州电焊机厂生产的 ZX<sub>5</sub>-400 型焊机为例来加以说明。

### 第一节 主要技术参数与结构

#### 一、主要技术参数

额定输入电流：37A  
额定焊接电流：400A  
额定工作电压：36V  
电流调节范围：80~400A  
空载电压：64V  
额定负载持续率：60%

#### 二、结构及其作用

参看图 5-1，焊机主要由以下部件组成：

1. 交流接触器 KM；接通或断开主电路变压器 T<sub>1</sub>、控制变压器 T<sub>2</sub> 以及风机 FM 等。
2. 主变压器 T<sub>1</sub>：将三相 380V 的电网电压降低到整流电路所要求的电压值。变压器原绕组为星形接法，副绕组为双反星形接法。

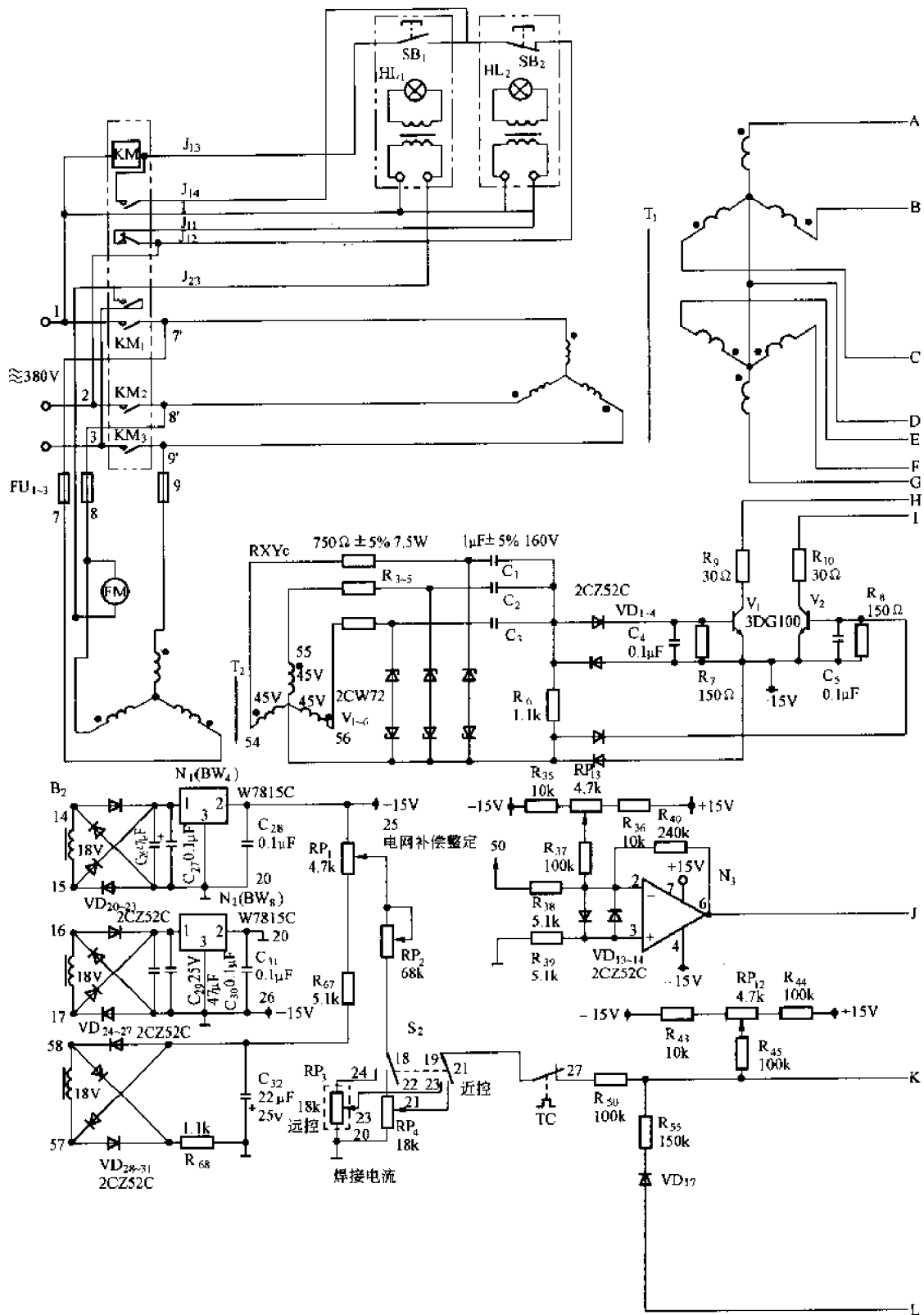


图 5-1 (1) ZX5-250/400/630 型晶闸管整流弧焊机电气原理图 (1)

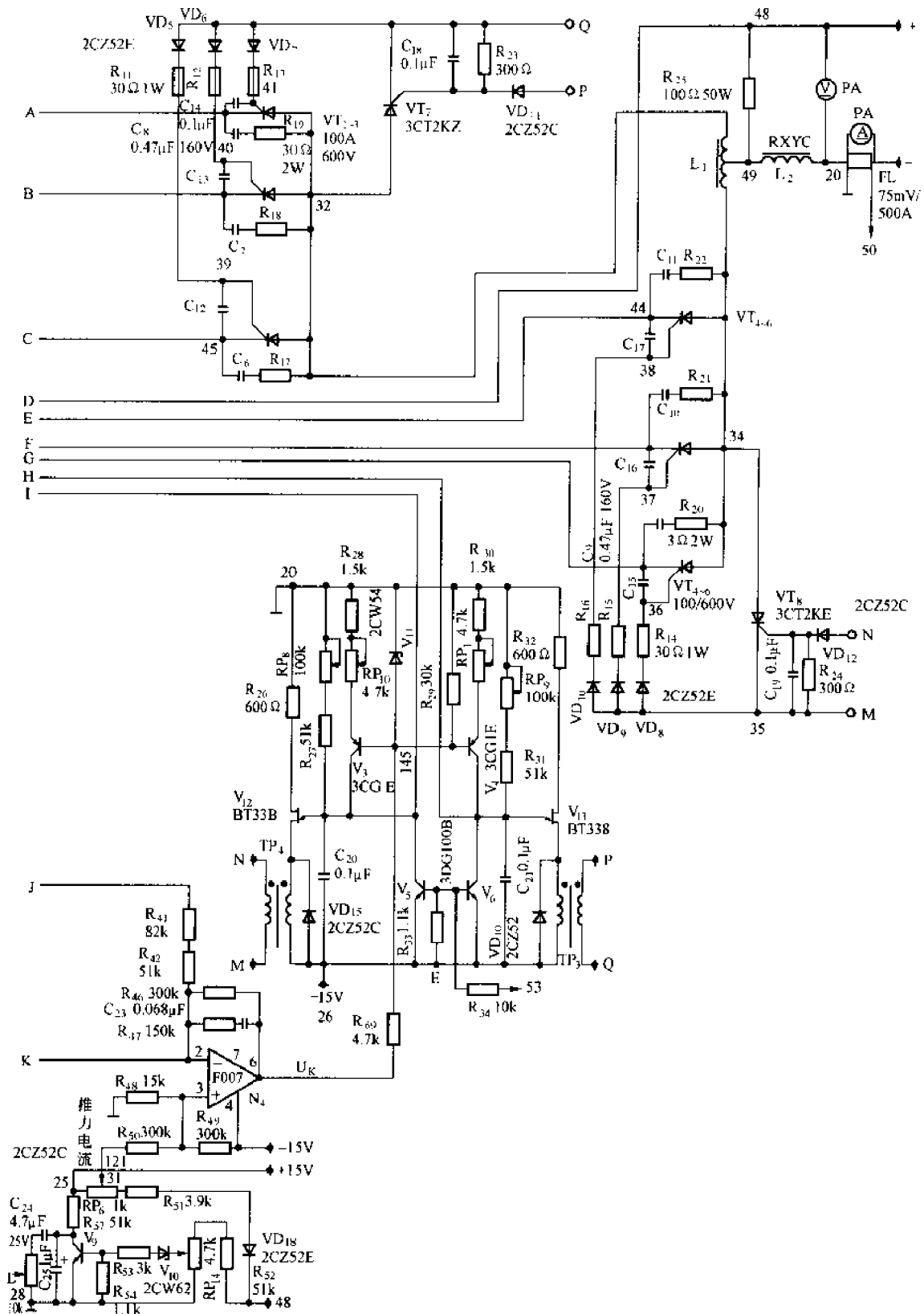


图 5-1 (2) ZX<sub>5</sub>-250/400/630 型晶闸管整流弧焊机电气原理图 (2)



3. 晶闸管  $VT_1 \sim VT_6$ : 将交流变成可调的直流电。
4. 平衡电抗器  $L_1$ : 使两组整流电路能同时导电, 从而加大输出电流。
5. 直流电抗器  $L_2$ : 滤波, 改善焊机的动特性, 减少飞溅, 使电弧燃烧更为稳定。
6. 分流器 FL: 为电流表 A 提供检测信号, 还为控制线路提供电流反馈信号, 经运算放大器反相放大后, 输出负的信号, 从而, 使焊机获得下降的外特性。
7. 风扇 FM: 冷却晶闸管, 变压器等元、部件。
8. 控制变压器  $T_2$ : 本变压器副边有多个绕组, 可将电网电压变成控制线路所需的各种电压值。
9. 控制、指示、保护等其他元件。

## 第二节 工作原理

### 一、主电路

参看图 5-1, 其上半部分为主电路, 主要由接触器 KM、主变压器  $T_1$ 、主晶闸管  $VT_1 \sim VT_6$ 、平衡电抗器  $L_1$ 、滤波电抗器  $L_2$ 、分流器 FL 等器件组成。 $T_1$  的原绕组接成星形, 副边绕组为双反星形连接。6 只晶闸管为共阳极接法, 分成 2 组, 每组由单独的触发电路控制, 与大阪 X 系列  $CO_2$  半自动焊机相似 (其控线路有很大差别), 因此不重述了。

### 二、控制电路

本机电路原理方框图如图 5-2 所示。

控制电路主要由以下部分组成: 1. 晶闸管触发脉冲电路。2. 信号控制电路。3. 稳压电源电路。现分述如下。

#### (一) 晶闸管触发脉冲电路

本电路 (图 5-3 及图 5-1) 可分为触发脉冲产生与输出电路、同步电路。

##### 1. 触发脉冲产生与输出电路:

电路主要由三极管  $V_3$ 、 $V_4$ , 单结晶体管  $V_{12}$ 、 $V_{13}$ , 电容  $C_{20}$ 、 $C_{21}$ , 脉冲变压器  $TP_3$ 、 $TP_4$ , 晶闸管  $VT_7$ 、 $VT_8$ , 二极管  $VD_5 \sim VD_{10}$  等元件组成。

来自运算放大器  $N_4$  的信号控制电压  $U_K$  至三极管  $V_3$ 、 $V_4$  的基极。 $U_K$  为负值, 使  $V_3$ 、 $V_4$  导通,  $C_{20}$ 、 $C_{21}$  分别被充电。于是, 由  $C_{20}$  与  $V_{12}$ 、 $C_{21}$  与  $V_{13}$  组成的张弛振荡器不断产生振荡, 脉冲变压器  $TP_4$ 、 $TP_3$  分别从  $N \sim M$ 、 $P \sim Q$  点输出脉冲, 先触发小晶闸管  $VT_8$ 、 $VT_7$  (作功率放大, 加宽触发脉冲的宽度, 提高触发的可靠性), 再由  $VT_8$ 、 $VT_7$  输出脉冲触发主电路晶闸管。 $U_K$  愈负,  $C_3$ 、 $C_4$  的充电电流  $I_C$  则愈大, 充电愈快, 产生第一个脉冲就愈早, 主电路中相应的晶闸管的控制角就愈小, 导通角愈大, 焊机输出电压

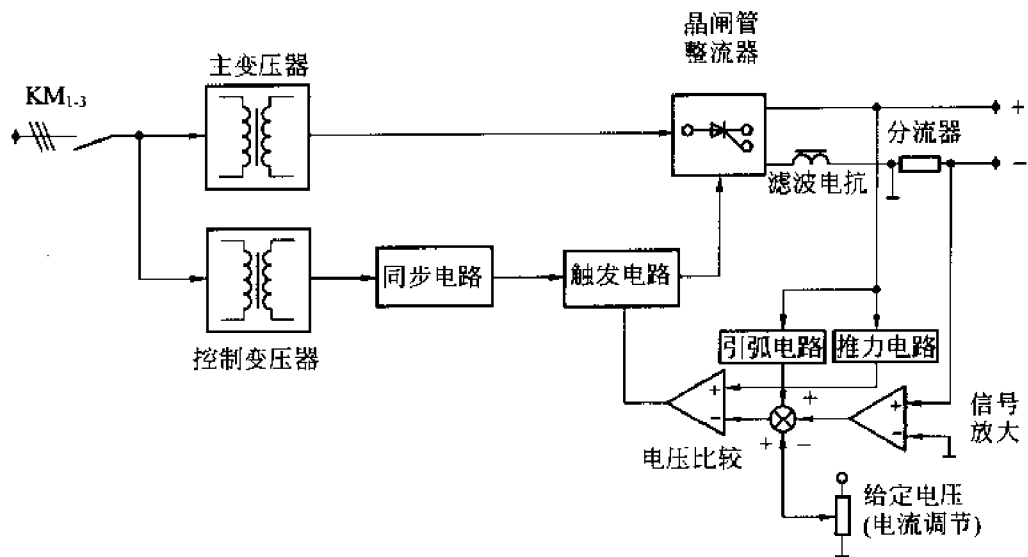


图 5-2 电路原理框图

愈高，输出电流就愈大。反之亦然。因此，只要改变  $U_K$  值即可实现脉冲的移相。由于单结晶体管和三极管的参数都存在分散性，即它们的型号相同，但参数往往有差别。为避免 2 组晶闸管导通角不同造成三相不平衡，线路中采用了电位器  $RP_8$  和  $RP_9$ ，分别用来弥补

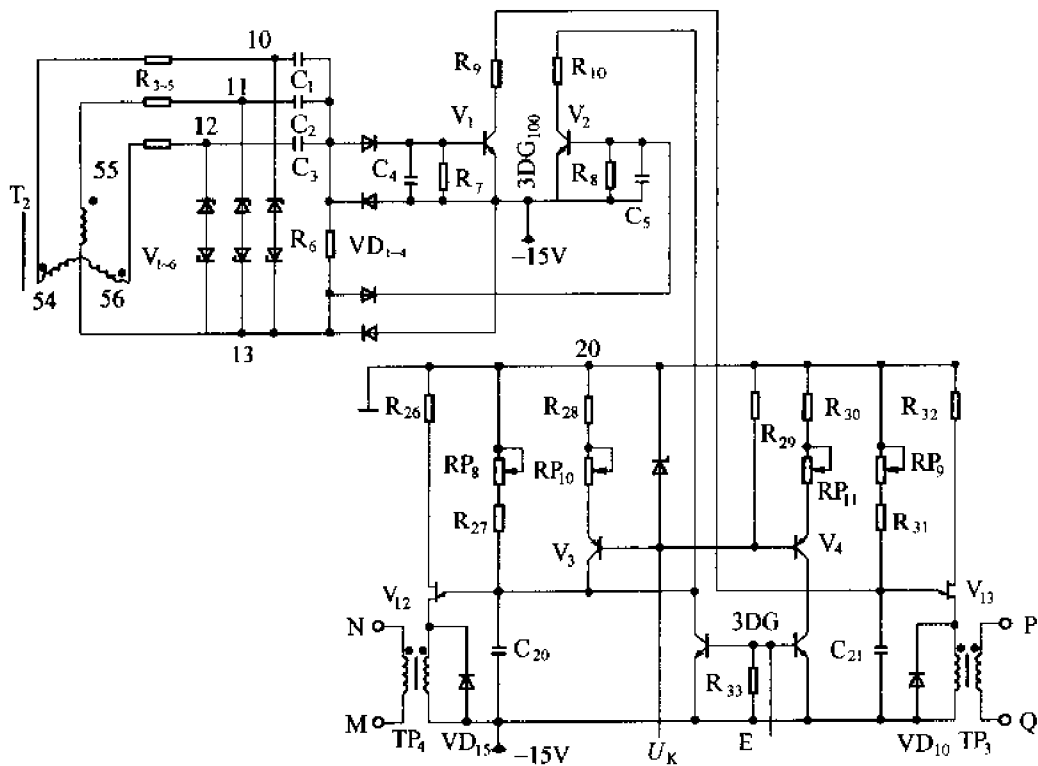


图 5-3 触发脉冲产生与同步电路

$V_{12}$ 、 $V_{13}$ 之间参数的不一致性，并用 $RP_{10}$ 、 $RP_{11}$ 来分别弥补 $V_3$ 、 $V_4$ 的差异，即调整电路参数，使2组触发脉冲的相位一致。这些电位器在焊机出厂时都已调试好，不要随便旋动。如果触发线路中晶体管损坏，换上了新的元件，引起电压、电流不稳，可对有关电位器作相应的调整。

## 2. 同步电路：

参看图 5-3 上半部分。本电路主要由控制变压器  $T_2$ ，稳压管  $V_1 \sim V_6$ ，电容  $C_1 \sim C_3$ ，电阻  $R_3 \sim R_8$ ，二极管  $VD_1 \sim VD_4$  以及三极管  $V_1$ 、 $V_2$  等元件组成。

为了保证触发脉冲与晶闸管电源电压之间的同步关系而使每只晶闸管的控制角相等，则要求同组触发脉冲的相位差为  $120^\circ$ ，不同组的触发脉冲之间的相位差则为  $60^\circ$ （在第二章第二节作了详细的说明）。如何满足这一要求呢？

本电路控制变压器  $T_2$  的次级各相电压互差  $120^\circ$ ，与主电路变压器  $T_2$  的次级正极性组的电压同相（如图 5-4a 所示）。各相接有正、反向稳压管  $V_1 \sim V_6$ ，因此，在点 10、11、12 对 13 之间各得正、反向矩形波（如图 5-4b、c、d 虚线所示）。各矩形波经  $C_1 \sim C_3$  和  $R_6$  构成的微分电路得到的尖脉冲电压也示于图 5-4 b、c、d 中。由图可见，各相正脉冲之间（脉冲 a、b、c 之间）和各相负脉冲之间（脉冲 a'、b'、c' 之间）都是互差  $120^\circ$ 。图 5-4e 是  $R_6$  上的脉冲波形，其正、负脉冲相间，每个正脉冲与后面的负脉冲之间都是相差  $60^\circ$ 。现将正脉冲经  $VD_1$ 、 $VD_4$  输送到  $V_1$  的发射结，而将负脉冲经  $VD_2$ 、 $VD_4$  输送到  $V_2$  的发射结，以便使  $V_1$ 、 $V_2$  产生短暂的饱和导通。 $C_{21}$ 、 $C_{20}$  分别经  $V_1$ 、 $V_2$  放电清零，正好满足了上述同步关系的要求。

对于三相可控整流电路，是以自然换向点为控制角的起始点（即控制角  $\alpha=0$  的点），该点是各相电压的交点（ $30^\circ$ ）处。对于单结晶体管触发电路，同步点可设在各相电压过零处或  $0^\circ \sim 30^\circ$ 。图 5-4 的脉冲是画在相电压过零处，这是在理想的情况下得到的。实际上由于稳压管削波的作用，得到的不是矩形波，而是接近于梯形波。还因为隔离二极管  $VD_1 \sim VD_4$  有正向压降等原因，使得  $V_1$ 、 $V_2$  产生短暂饱和导通的时刻（即同步点）是略滞后于各相电压过零时，因此，同步点是略滞后于各相电压过零处。

## (二) 信号控制电路

这部分电路见图 5-1 的中、下部分。图 5-5 是该部分电路的简化图，其元件主要有运

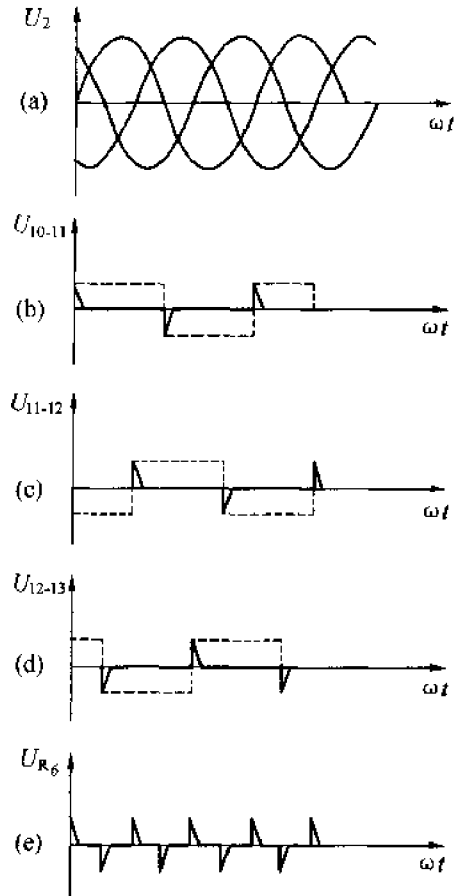


图 5-4 同步电路波形图

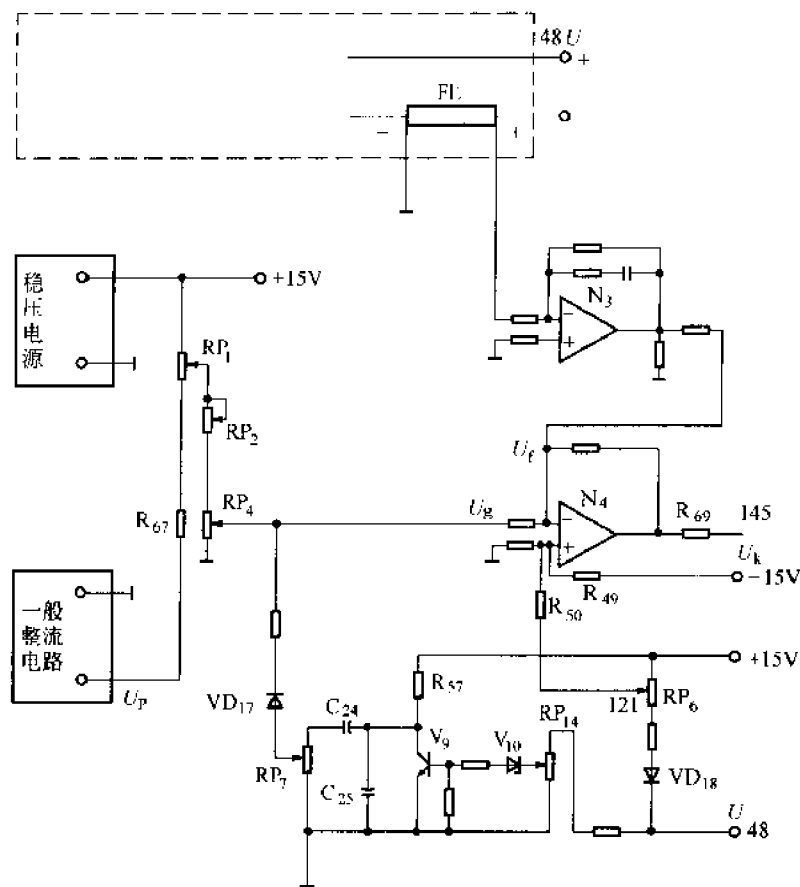


图 5-5 信号控制简化电路

算放大器  $N_3$  和  $N_4$ 、电位器  $RP_1 \sim RP_4$  及  $RP_6$  和  $RP_7$ 、整流器  $VD_{28} \sim VD_{31}$ 、二极管  $VD_{17}$  和  $VD_{18}$ 、稳压管  $V_{10}$ 、三极管  $V_9$ 、电容  $C_{24}$ 、 $C_{25}$  等。本电路主要由以下部分组成。

### 1. 外特性控制电路：

从主电路分流器 FL 上采样得到正的电流反馈信号，经电阻进入  $N_3$  构成的反相放大器，进行放大后输出负的信号电压。再将该信号电压输入到  $N_4$  的反相端，设其为  $U_t$ ，且  $U_t = -nI_f R_f$ ，与电位器  $RP_3$ （或  $RP_4$ ）上取出的给定信号电压  $U_g$  进行代数相加并放大，最后从 145 点输出  $U_k$ ：

$$U_k = -k (U_g - U_t)$$

$U_k$  经  $R_{69}$  加到三极管  $V_3$ 、 $V_4$  的基极，控制  $V_3$ 、 $V_4$  的导通。当  $U_g$  一定时，随着焊接电流的增加，信号电流  $I_f$  也增加， $U_t$  增加，因此， $U_k$  的绝对值减小。这使  $V_3$ 、 $V_4$  的集电极电流  $I_b$  减小， $C_{20}$ 、 $C_{21}$  的充电速度减慢，主晶闸管导通角减小，主电路输出的整流电压降低，从而得到下降的外特性。

调节电位器  $RP_3$ （遥控）或  $RP_4$ （近控），可以调节给定电压  $U_g$ ，即可调节  $U_k$ ，改变晶闸管的控制角，控制输出电流的大小。电位器  $RP_2$  可以改变外特性陡度，作额定电流调整。焊机出厂前，已调整好  $RP_2$ ，不要再旋动。

需要说明一点：在触发电路的 145 点与接地点之间接有稳压管  $V_{11}$ （见图 5-1），使电流负反馈带有截止。由上式可以看出，电流  $I_f$  减小，则  $U_k$  的绝对值  $|U_k|$  增大，当  $|U_k|$  大于  $V_{11}$  的稳压值时，则这时加于 145 与接地点之间的电压就是  $V_{11}$  的稳压值，与  $nI_f$  无关，即相当于电流负反馈被截止。只有当  $I_f$  超过这个限度，使  $|U_k|$  小于  $V_{11}$  的稳压值，则点 145 与接地点之间电压才与  $nI_f$  有关，而有电流负反馈作用。

### 2. 引弧电路与推力电路：

参看图 5-5，引弧电路是从焊机输出的正端（48 点）引入电压加到控制线路的 48 端。此电压经降压后由电位器  $RP_{14}$  取出信号电压，经稳压管  $V_{10}$  及电阻输入到三极管  $V_9$  的基极。焊接前，已启动了焊机并作了焊前调整，焊机有 60V 左右的空载电压输出，该电压很高，使稳压管  $V_{10}$  击穿导通，三极管  $V_9$  导通，电容  $C_{24}$ 、 $C_{25}$  被短接。引弧时，焊条碰地，48 点电位变为 0，随即使  $V_{10}$  关断， $V_9$  截止，+15V 电源电流经电阻  $R_{57}$  向  $C_{24}$ 、 $C_{25}$  充电，于是从电位器  $RP_7$  的动点输出正的电压，使给定电压  $U_g$  升高， $N_4$  输出电压的  $|U_k|$  增大，主晶闸管导通角增大，得到较大的引弧电流。电弧引燃后，焊条不再对地短路，有一定的工作电压（即电弧电压），使  $V_{10}$ 、 $V_9$  再次导通， $C_{24}$ 、 $C_{25}$  放完电后被短接， $RP_7$  输出的附加电压消失。调节  $RP_7$ ，即可调节引弧电流的大小。

推力电路是当焊机输出端（48 点）电压  $U$  高于 15V 时，二极管  $VD_{18}$  因反向电压而截止。由点 121 输往  $N_4$  的电压是  $\pm 15V$  电源在  $RP_6$ 、 $R_{50}$ 、 $R_{49}$  上的分压，该电压接近于 0， $U$  对  $N_4$  输出的  $U_k$  无影响。当  $U$  低于 15V 时， $VD_{18}$  导通，使 121 点电位随  $U$  降低而具有电压负反馈作用。因而，使可控整流电源的外特性在低压段下降变缓，出现外拖，短路电流增大，使焊件熔深增加并避免焊条被粘住。调节  $RP_6$ ，可改变外特性在低压外拖段的下降斜率，以满足不同工件施焊时对电弧穿透力的要求。

### 3. 网压补偿电路：

有关电路在图 5-1 的左下角，二极管  $VD_{28} \sim VD_{31}$  是一般的整流电源，因而能反映网压的变化。其整流电压  $U_p$  串联在由  $R_{67}$ 、 $RP_1$ 、+15V 的稳压电源而组成的支路上。 $U_g$  是从  $RP_1$  的动点和接地点之间的电压而取得的分压。所以，当电网电压上升时，整流器负端的电压随之更负（与 +15V 电源电压方向相反），而 +15V 稳压电源电压不变。因此， $RP_1$  动点的电位下降，使  $U_g$  以至  $U_k$  的绝对值和晶闸管的导通角减小，从而抵消电网电压升高对输出电压的影响。反之，当电网电压下降时，则补偿情况相反。

### （三）稳压电源电路

图 5-1 的左下角， $\pm 15V$  电源电压电路。这是一般的单相桥式整流和集成块组成的简单稳压电源电路。

## 第三节 常见故障分析与处理

常见故障、可能原因与处理方法如表 5-1 所示。

表 5-1 常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
1. 风机不转或转速低	(1) 保险丝 FU <sub>2</sub> 熔断。 (2) 线路断线或接触不良。 (3) 电容器损坏或失效。 (4) 电机断线或烧坏	(1) 查后, 更换。 (2) 查接头、触头, 使接触良好。 (3) 更换。 (4) 修复电机 (如果是 380V 单相电机, 因铜线细, 对耐压及制造的要求高, 易坏。建议厂家改用 220V 单相电机)
2. 风机噪声大	(1) 风叶碰风圈、松动。 (2) 轴承松动或损坏。 (3) 风机的固紧螺丝松动	(1) 调整支架, 使其不碰。 (2) 修理、清洗、润滑或更换。 (3) 检查、固紧
3. 按下启动按钮, 接触器 KM 不动作	(1) 按钮损坏。 (2) 电源电压偏低。 (3) KM 线圈线路接头松动、断线	(1) 查按钮, 修理或更换。 (2) 测电压, 查开关、接头。 (3) 测、查线路及其触头、接头
4. 无空载电压	(1) 控制箱焊接电缆或地线插头接触不良。 (2) 遥控盒电位器损坏, 其电缆接头松脱、断线。 (3) 线路板损坏	(1) 旋紧, 使其接触良好。 (2) 查电位器、电缆及其接头, 可分段测其电压。 (3) 修复, 或换好板后再修 (运放 N <sub>2</sub> 较易损坏, 测 U <sub>k</sub> )
5. 空载电压低	(1) 电网电压不正常。 (2) 交流接触器 KM 接触不良。 (3) 晶闸管部分未触发或损坏。 (4) 线路板损坏, 插头接触不良。 (5) 电位器 RP <sub>3</sub> (或 RP <sub>4</sub> ) 损坏, 电缆线接触不良	(1) 测、查、修。 (2) 查触头烧损是否严重, 各对触头接触是否一致。 (3) 检测晶闸管及其触发线路。 (4)、(5) 的检修与 4 中的 (2)、(3) 同
6. 焊接电流调节失灵	(1) 保险丝熔断。 (2) 焊接电缆破损碰地。 (3) 主电路有严重接触不良处。 (4) 近/远控制开关损坏。 (5) 调节电位器损坏, 电缆线接头松脱, 断线。 (6) 有关信号电路脱线、元件损坏。 (7) 晶闸管损坏。 (8) 印刷板损坏	(1) 先查后换。 (2) 包扎, 使绝缘良好且耐磨。 (3) 查接头、插头, 使其接触良好。 (4) 修理或更换。 (5) 与 5 中 (5) 同。 (6) 查元件及线路, 修或换。 (7) 与 5 中 (3) 同。 (8) 与 5 中 (4) 同
7. 焊接电压、电流不稳	(1) 控制线路或主电路某处接不良。 (2) 分流器到控制板的 20、50 号引线松动。 (3) 滤波电抗器匝间短路	(1) 查线路各处接触并注意到保险丝, 使其接触良好。 (2) 使接触良好。 (3) 消除短路处

续表

故障现象	可能原因	处理方法
8. 焊接过程中, 电流忽然变小, 电压降低或无输出电流	(1) 风扇不转或焊机长期过载, 使机内温升太高, 从而使温度继电器KT动作。 (2) KT损坏。 (3) 保险丝熔断。 (4) 晶闸管损坏或不导通	(1) 检修风机, 按负荷率使用焊机。 (2) 更换。 (3) 查后更换。 (4) 与5中(3)同
9. 机内发出焦味, 主电路保险丝熔断	(1) 风扇烧坏。 (2) 晶闸管击穿、短路。 (3) 变压器部分线圈短路, 或因过电流发热而使绝缘损坏	(1) 换、修。 (2) 更换, 检查阻容保护线路, 使其良好。 (3) 清修或更换线圈
10. 焊条易粘工件	(1) 引弧时, 短路电流太小。 (2) 焊接电流小	(1) 适当调大引弧电流及推力电流。 (2) 适当调大焊接电流

## 第六章 ZX<sub>7</sub> 系列逆变式直流弧焊机原理 和故障处理

### 第一节 逆变焊机简介

#### 一、逆变器及逆变式弧焊电源

将直流电转换成交流电的装置称逆变器。

逆变式弧焊电源，又称弧焊逆变器，是一种新型的焊接电源。这种电源一般是将三相工频（50Hz）交流网路电压，先经输入整流器整流和滤波，变成直流，再通过大功率开关电子元件（晶闸管 SCR、晶体管 GTR、场效应管 MOSFET 或 IGBT）的交替开关作用，逆变成几 kHz~几十 kHz 的中频交流电压，同时经变压器降至适合于焊接的几十 V 电压，后再次整流并经电抗滤波输出相当平稳的直流焊接电流。其变换顺序可简单地表示为：工频交流（经整流滤波）→直流（经逆变）→中频交流（降压、整流、滤波）→直流。如果用符号表示，即为：

$$AC \rightarrow DC \rightarrow AC \rightarrow DC$$

一般都采用上述这种体制。这是因为如果直接用逆变降压后的交流电进行焊接，由于其频率高，则感抗大，在焊接回路中有功功率就会大大降低。因此，还需再次进行整流。

#### 二、逆变电源的特点

弧焊逆变器的基本特点是工作频率高，由此而带来很多优点。这是因为变压器，无论是原绕组还是副绕组，其电势  $E$  与电流的频率  $f$ 、磁通密度  $B$ 、铁芯截面积  $S$  及绕组的匝数  $W$  有如下关系：

$$E = 4.44 fBSW$$

而绕组的端电压  $U$  近似地等于  $E$ ，即：

$$U \approx E = 4.44 fBSW$$

当  $U$ 、 $B$  确定后，若提高  $f$ ，则  $S$  减小， $W$  减少，因此，变压器的重量和体积就可以大大减小。这样，就能使整机的重量和体积显著减小。不仅如此，还因为频率的提高及其他因素而带来了许多优点，与传统弧焊电源比较，其主要特点如下：

1. 体积小、重量轻，节省材料，携带、移动方便。
2. 高效节能，效率可达到 80%~90%，比传统焊机节电 1/3 以上。



3. 动特性好，引弧容易，电弧稳定，焊缝成形美观，飞溅小。
4. 适合于与机器人结合，组成自动焊接生产系统。
5. 可一机多用，完成多种焊接和切割过程。

由于逆变电源具有上述一系列的优点，因此，自 20 世纪 70 年代后期间世以来发展极快，在美、日等工业发达国家，应用范围已相当广了。

逆变电源现在所用的开关元件有 SCR（晶闸管）、GTR（晶体管）、MOSFET（场效应管）、及 IGBT（兼有 GTR 和 MOSFET 优点的一种电子元件）。IGBT 有取代其他几种开关元件之势，IGBT 逆变焊机是当今世界焊机技术的重大进步，发展的新潮流。

## 第二节 主要技术参数与结构

ZX<sub>7</sub> 系列晶闸管逆变直流弧焊机，主要包括 ZX<sub>7</sub>-315S、ZX<sub>7</sub>-400S、ZX<sub>7</sub>-500S、ZX<sub>7</sub>-315ST、ZX<sub>7</sub>-400ST、ZX<sub>7</sub>-500ST 等 6 种规格，是国家部委推广的高效节能型机电产品，主要由成都电焊机研究所等多家企业生产。现以成焊所生产的 ZX<sub>7</sub>-400S 型逆变焊机为例来加以说明。

### 一、主要技术参数

- 额定输入电流：32A
- 额定焊接电流：400A
- 额定焊接电压：36V
- 电流调节范围：Ⅰ挡：40~140A；Ⅱ挡：115~400A
- 空载电压：70~75V
- 负载持续率：60%

### 二、结构及其作用

本机主要部件分为 4 部分：即上元件板、下元件板、后面板和前面板。现分述如下：

1. 上元件板和下元件板。装有主回路一次侧元件：限流电阻  $R_2$ 、原边滤波电容  $C_1 \sim C_4$ 、原边换向电容  $C_5 \sim C_8$ 、扼流圈  $L_{1A}$  和  $L_{1B}$ 、主晶闸管  $VT_7$  和  $VT_8$ 、 $AP_1$  板的限流电阻  $R_{13}$ 、过压保护板  $AP_1$ 、主控板  $AP_2$  及控制变压器  $T_2$ ；主回路二次侧元件：输出整流二极管  $VD_9$  和  $VD_{10}$ 、输出滤波电解电容  $C_9 \sim C_{12}$ 、输出滤波电感  $L_2$  和  $L_3$ 、分流器 FL 和主变压器  $T_1$ 、 $VT_7$  和  $VT_8$  的保护板  $AP_3$ 。

2. 后面板：其上部有做保护用的空气开关  $QF_1$  和三相整流桥堆，下部有风机。

3. 前面板：为操作面板，各元件及其作用如下：

(1) 电流表 A：显示输出电压。

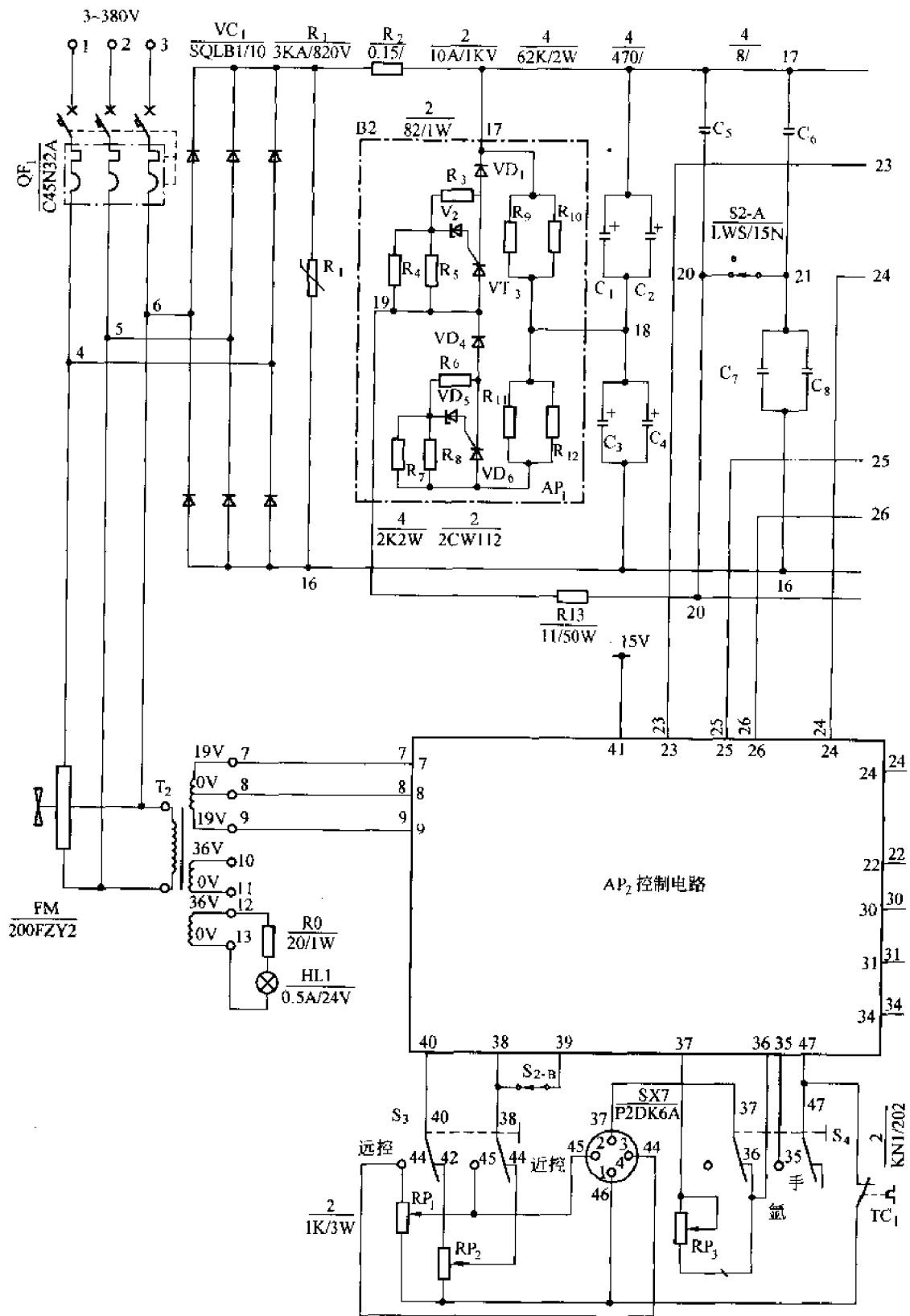


图 6-1 (1) ZX<sub>5</sub> 系列晶闸管逆变直流弧焊机主电路电气原理图 (1)

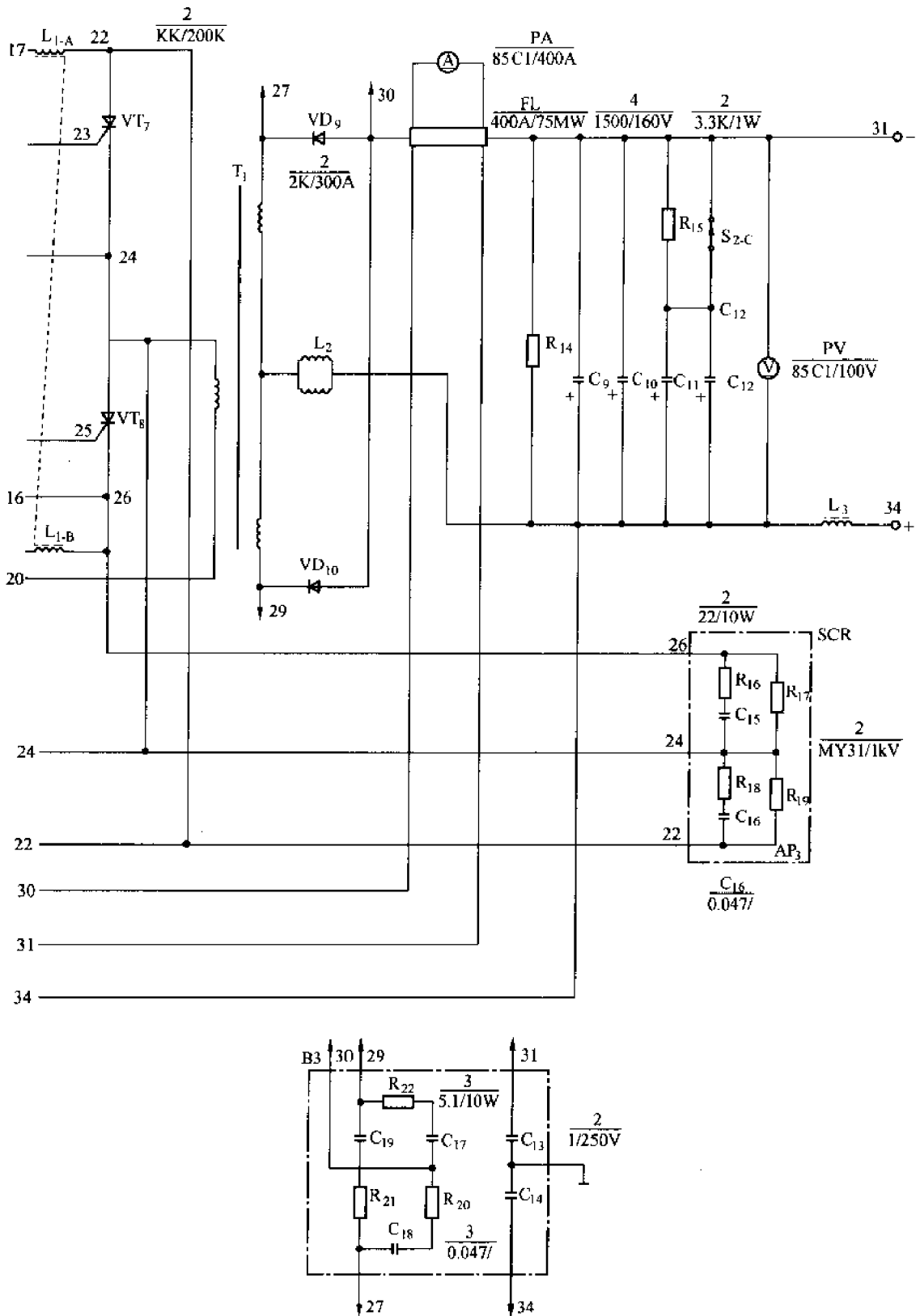


图 6-1 (2) ZX<sub>7</sub> 系列晶闸管逆变直流弧焊机主电路电气原理图 (2)

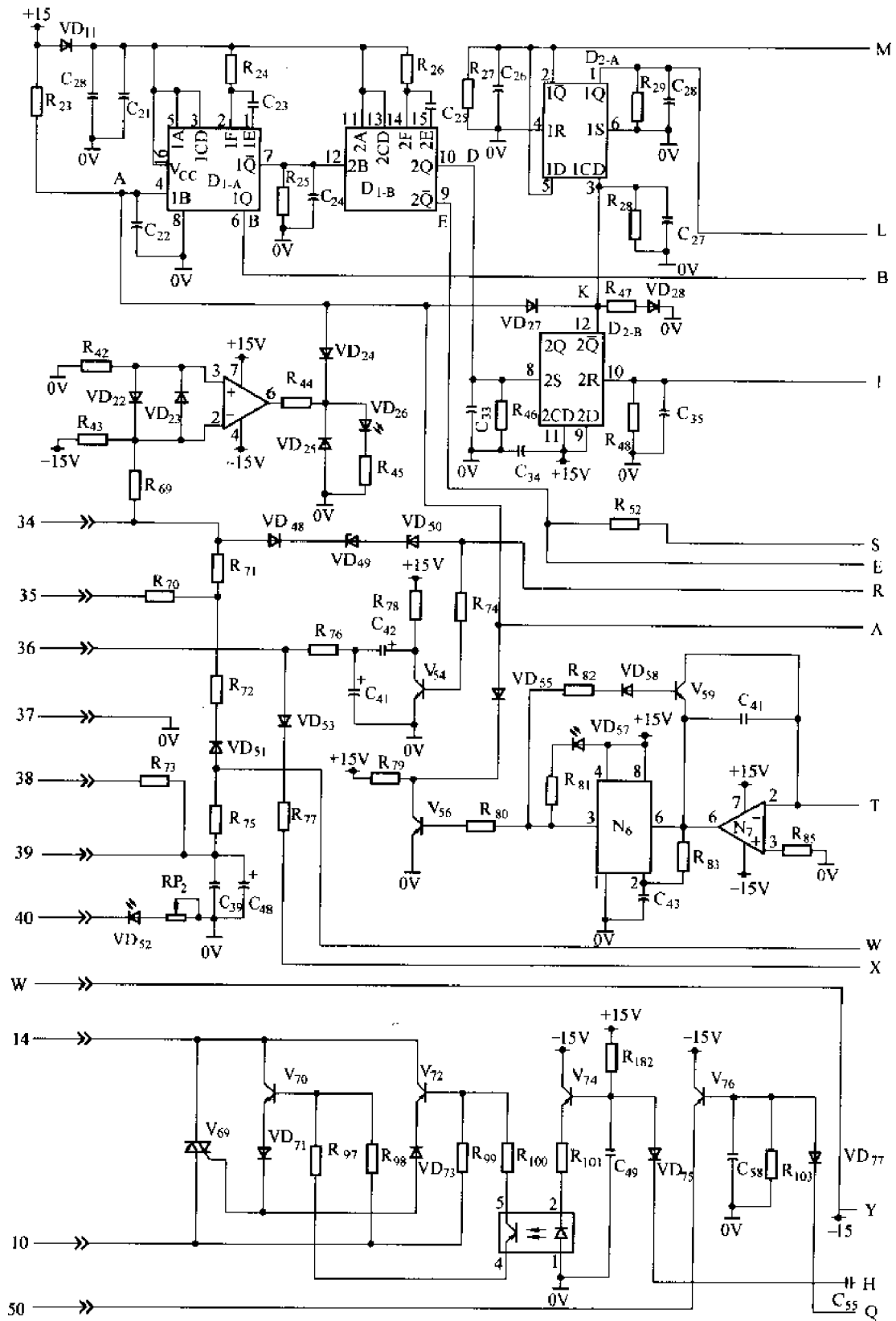


图 6-2 (1) ZX<sub>7</sub> 系列晶闸管逆变直流弧焊机控制电路电气原理图 (1)

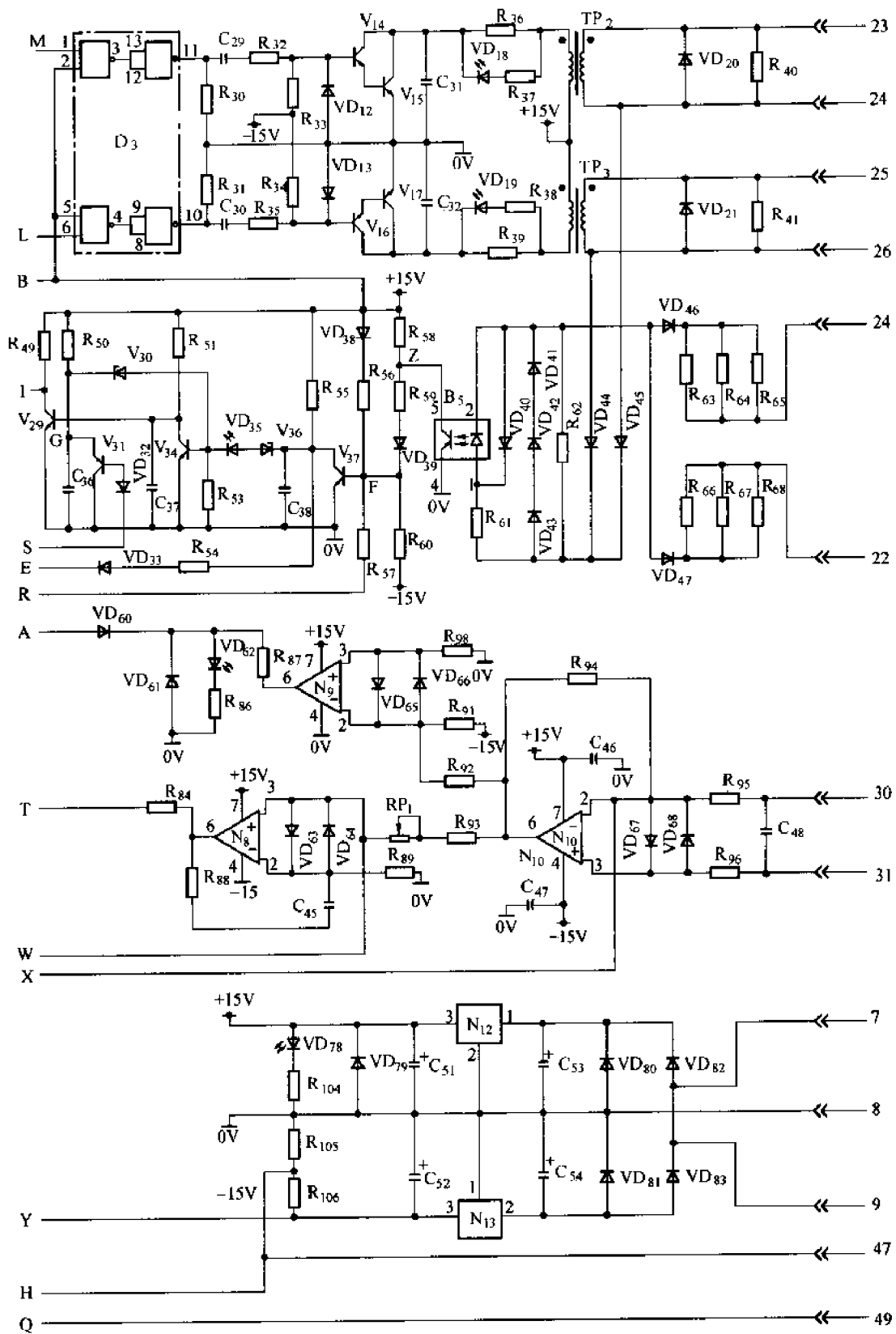


图 6-2 (2) ZX<sub>7</sub> 系列晶闸管逆变直流弧焊机控制电路电气原理图 (2)

- (2) 电压表 V：显示输出电压。
- (3) 电源指示灯 HL<sub>1</sub>。
- (4) 电流分挡开关 S<sub>2</sub>：用于选择大、小两挡的电流调节范围。
- (5) 起动电流调节电位器 RP<sub>3</sub>：为改善焊机的起弧性能，在起弧时，再叠加一个起弧电流。这称之为“热启动”功能，其强弱可根据需要由 RP<sub>3</sub> 调节。
- (6) 输出电流调节电位器 RP<sub>2</sub>（或 RP<sub>1</sub>）：注意使用时刻度读数与分挡开关所置挡数对应。
- (7) 近控/远控选择开关 S<sub>3</sub>：需要遥控时，将遥控盒接入遥控插座，并将 S<sub>3</sub> 置“远控”一边，即可由遥控盒上的电位器 RP<sub>1</sub> 来调节输出电流大小；如在本机控制时，则将 S<sub>3</sub> 置“近控”，由 RP<sub>2</sub> 来控制其输出电流大小。
- (8) 远控插座：连接遥控盒。
- (9) 输出电缆及焊接用地线插座：用来连接焊接电缆及地线。注意将插头插入插座后，用手顺时针方向旋紧插头。

### 第三节 工作原理

#### 一、主电路

本机采用半桥式串联逆变电路，主要由输入整流器、逆变电路和输出整流器所组成，参看图 6-1 上半部分。

##### (一) 输入整流器

输入整流电路由三相整流桥堆 VC<sub>1</sub>、限流电阻 R<sub>2</sub> 和滤波电容 C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub> 所组成。此外，还有自动空气开关 QF<sub>1</sub>、电阻 R<sub>1</sub>。QF<sub>1</sub> 内有热脱扣和电磁脱扣装置，当发生过载、短路等故障时，能自动切断电源以保护焊机。本开关只作保护用。启动焊机和停止焊接时，应由用户配电板的空气开关控制。R<sub>1</sub> 为压敏电阻，作过电压保护。三相 380V 的电压经三相桥式整流后以及由于滤波电容的作用，电压高达 600V，带电检查焊机的故障时，应特别注意人身安全，做好防护工作。

##### (二) 逆变电路

这是主电路的核心部分，它由换向电容 C<sub>5</sub>~C<sub>8</sub>、开关元件——晶闸管 VT<sub>7</sub> 和 VT<sub>8</sub>、主变压器 T<sub>1</sub>、限制冲击电流的电感 L<sub>1</sub> 等组成。现通过其电路简图来说明逆变的原理和过程。

参看图 6-3，当 VT<sub>7</sub> 被触发导通而 VT<sub>8</sub> 为关断时，C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub> 经 VT<sub>7</sub>、变压器 T<sub>1</sub> 的一次绕组 N<sub>1</sub> 放电，电流为 I<sub>1</sub>'，电压 U<sub>5,6</sub> 逐渐下降至零，于是 C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub> 中电场的能量转变成变压器的磁场能量。接着，磁场释放能量而向 C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub> 反向充电；与此同时，输入整流器经 VT<sub>7</sub>、N<sub>1</sub> 给电容 C<sub>7</sub>、C<sub>8</sub> 充电，充电电流为 I<sub>1</sub>''。I<sub>1</sub>' 和 I<sub>1</sub>'' 构成了变压器 T<sub>1</sub> 一次侧绕组 N<sub>1</sub>

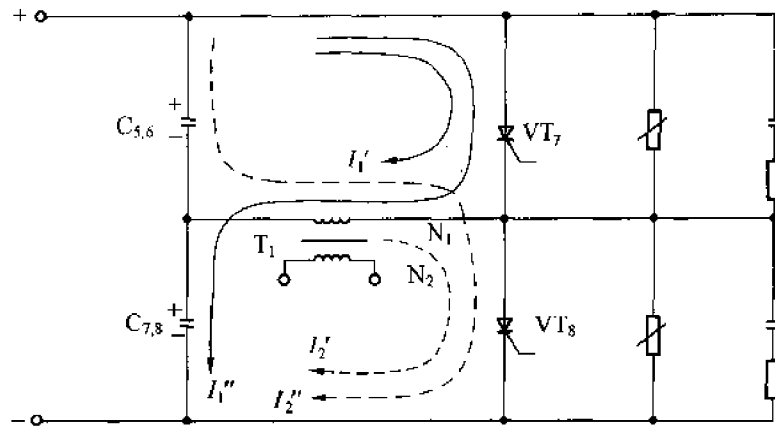


图 6-3 逆变电路简图

中的正半波电流  $I_1$ ，即  $I_1 = I_1' + I_1''$ 。当  $C_5$ 、 $C_6$  被反向充电， $U_{5,6}$  为负值时促使  $VT_7$  关断。

$VT_7$  关断后， $VT_8$  被触发导通，逆变工作过程与上所述相似，即  $C_7$ 、 $C_8$  经  $T_1$  的  $N_1$ 、 $VT_8$  放电，电流为  $I_2'$ 。放电至零时，接着变压器磁场释放能量向  $C_7$ 、 $C_8$  反向充电， $U_{7,8}$  为负值；与此同时，输入整流器向  $C_5$ 、 $C_6$  充电，电流为  $I_2''$ 。 $I_1' + I_2'' = I_2$ ，显然，与电流  $I_1$  方向相反，因而构成了  $N_1$  中的负半波电流。在  $U_{7,8}$  为负值时，促使  $VT_8$  关断。

这样，每当  $VT_7$  和  $VT_8$  交替导通、关断一次，就在主变压器  $T_1$  绕组中产生一个周波的电流。晶闸管每秒钟通、断的次数就决定了逆变器的工作频率。

由上述逆变过程可以看出：一个晶闸管关断后，另一个晶闸管才能导通。否则，将造成短路，烧坏晶闸管，并使逆变过程失败。为使逆变器能正常工作，在任意工作范围内，必须使流经晶闸管的瞬时电流过零的时刻（即换向电容放电，电压降到零后又出现负值）至其关断的这段时间间隔  $t_x$ （称晶闸管的休止时间）均应大于晶闸管的关断时间  $t_q$ ，即

$$t_x > t_q$$

而且，还应该对晶闸管的最高工作频率加以限制，即要求：

$$f_m \leq 1/2t_x$$

这样，才能确保逆变过程稳定地进行。

另外，防止过大的冲击电流、冲击电压损坏晶闸管，这也是逆变电路至关重要的问题。在弧焊逆变器中，晶闸管的工作条件十分恶劣。在电压高达数百 V 的初级侧，开关数千次/s；由于变压器的漏感，一个晶闸管导通时，就会在另一个关断的晶闸管两端施加很大的骤增电压；在焊接过程中，电弧负载由空载到短路、燃弧之间频繁交替变化，特别是在由空载到短路和晶闸管本身的开、关过程中，都会引起电流上升率  $di/dt$  和电压上升率  $dv/dt$  的显著增大，同时还会出现过大的冲击电流和冲击电压。为此，在逆变电路中设有足够大的电感  $L_{1A}$ 、 $L_{1B}$  来限制  $di/dt$ ，并通过  $R_{16}$ 、 $C_{15}$  和  $R_{18}$ 、 $C_{16}$  阻容吸收环节来限制  $dv/dt$ ，以保证晶闸管的可靠工作和避免损坏。

关于规范参数的调节和外特性的控制：本机是采用“定脉宽调频率”的方法来调节规

范参数，即通过改变晶闸管的开关频率（即逆变器工作频率）来调节输出电流。开关频率愈高，则焊接电压愈高，焊接电流愈大。

应当指出，逆变器的频率有 2 种参数。一种是逆变器主电路电感  $L$  和电容  $C$  决定的固有频率  $f_0$ ，在忽略主电路的电阻时，有：

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{LC})$$

$f_0$  愈大，则逆变器脉冲周期愈小。另一种是人为调节（电流调节电位器）的逆变器工作频率  $f$ ，它由触发脉冲的频率来确定。

电流的调节分粗调和细调。粗调即调节  $f_0$ ，通过开关  $S_2$ ，改变电容的个数（即容量）来实现。本机粗调分为 2 挡（即两大范围），电容量小的挡  $f_0$  较高，焊接电流较大；细调，即通过调节电位器  $RP_1$ （或  $RP_2$ ），以“定脉宽调频率”的方式，改变逆变器的工作频率  $f$ ，使之对应的焊接规范在某一挡范围内均匀调节。

晶闸管弧焊逆变器的外特性，是通过电流、电压负反馈以改变频率  $f$  来控制的。

### （三）输出整流器

由二极管  $VD_9$ 、 $VD_{10}$ 、电感  $L_2$ 、电容  $C_9 \sim C_{12}$ 、分流器 FL 等元件所组成。 $VD_9$ 、 $VD_{10}$  与变压器的二次侧绕组构成单相全波整流电路， $L_2$  与  $C_9 \sim C_{12}$  组成滤波电路。

## 二、控制电路

控制线路主要由以下几部分组成：1. 信号综合放大电路。2.  $V/f$  变换电路。3. 逻辑控制电路。4. 触发脉冲电路。现分述如下。

### （一）信号综合放大电路

参看图 6-2 及图 6-1。本电路主要由电流调节电位器  $RP_1$ （ $RP_2$ ）、运算放大器  $N_{10}$  和  $N_8$  等元件组成。由  $-15V$  稳压电源的分压电阻引出负电压，经 47 端、热敏继电器  $TC_1$ （作过载保护）的常闭触头至电位器  $RP_1$ 。由  $RP_1$  分压后输入到 38 端（或 38 和 39 端），经  $R_{73}$ 、 $R_{75}$ （或  $R_{75}$ ）输入到  $N_8$  的 3 脚，设其电压为  $U_T$ 。 $U_T$  为给定信号电压；电流反馈信号由分流器 FL 的 30、31 两端取出，经电阻输入到  $N_{10}$  的 2、3 脚。31 端电位较 30 端电位高，对  $N_{10}$  而言，为同相输入，因此， $N_{10}$  的 6 脚输出正的电压信号，经  $R_{93}$ 、 $RP_1$  输入到  $N_8$  的 3 脚，设其电压为  $U_F$ 。由于  $|U_T| > |U_F|$ ，所以， $U_T$  与  $U_F$  相加后，3 脚为负电位，较 2 脚的零电位为低，因此，6 脚输出为负电位。

### （二） $V/f$ 变换电路（压控振荡器）

运放  $N_7$ 、555 定时器  $N_6$  及其外围元件构成压控振荡器，即  $V/f$  变换电路（图 6-4）。

$N_6$  的 6 脚输出的电位为负，经  $N_7$  放大后，输出正电位。由于  $R_{83}$ 、 $C_{43}$ 、 $V_{59}$  充、放电作用， $N_6$  的 2 脚、6 脚的电压波形均为锯齿波。

查元件 555 功能表可知，当电压  $U_n$ （即  $N_6$  的 6 脚）小于  $10V$ ， $N_6$  的 2 脚电压  $U_b$  不





10脚D输出信号到D<sub>2</sub>-B(4013双重数据触发器)的8脚,而9脚E的信号输入到VD<sub>33</sub>的阴极,还经电阻R<sub>52</sub>输入到VD<sub>32</sub>的阴极。

表 6-2 4538 开通表 (有关部分)



A	B	CD	Q	$\bar{Q}$	T2
1	↑	1			
1	×	1	0	1	

表 6-3 4013 真值表

输 入				输 出	
CLOCK (时钟)	DATA (数据)	RESET (清零)	SET (设定)	Q	$\bar{Q}$
↑	0	0	0	0	1
↑	1	0	0	1	0
↓	×	0	0	Q	$\bar{Q}$
×	×	1	0	0	1
×	×	0	1	1	0
×	×	1	1	1	1

下面分析由光耦合器B<sub>5</sub>、二极管VD<sub>40</sub>~VD<sub>47</sub>、电阻R<sub>61</sub>~R<sub>68</sub>等元件所组成的同步信号检测电路是如何工作的:图6-2中,22与24点分别接主晶闸管VT<sub>7</sub>的阳极与阴极,而24、26点分别接主晶闸管VT<sub>8</sub>的阳极与阴极。只有在VT<sub>7</sub>、或VT<sub>8</sub>出现负电压、即将关断的瞬间B<sub>5</sub>才能导通。显然,该瞬间可以满足逆变电路必须在一个晶闸管关断后,另一管才能导通的条件,故取其为同步点。若VT<sub>7</sub>的24点电位比22点高时,则将有电流自TP<sub>2</sub>副边的24点流经VD<sub>45</sub>→R<sub>61</sub>→B<sub>5</sub>的1→2→VD<sub>47</sub>→R<sub>66</sub>-R<sub>68</sub>→22。若VT<sub>8</sub>的26点比24点电位高时,则有电流自26→VD<sub>44</sub>→R<sub>61</sub>→B<sub>5</sub>的1→2→VD<sub>46</sub>→R<sub>65</sub>-R<sub>65</sub>→24。光电三极管B<sub>5</sub>此时导通,发出同步信号。

由三极管V<sub>37</sub>、V<sub>34</sub>、V<sub>31</sub>、V<sub>29</sub>,稳压管V<sub>36</sub>、V<sub>30</sub>,电容C<sub>36</sub>,双重数据触发器D<sub>2</sub>(4013)等元件组成的电路,为逻辑判断、切换控制与同步选通电路。一般加在三极管V<sub>37</sub>的基极F点有3个控制电压:即±15V电源产生的比较电压U<sub>L</sub>、反馈信号电压U<sub>P</sub>、方波信号电压U<sub>Z</sub>。B<sub>5</sub>未导通时,U<sub>L</sub>约为6V。B<sub>5</sub>导通时,由于Z点电位为0,则U<sub>L</sub>约为-5V。焊机空载时,由于空载电压为70~75V,经稳压管V<sub>39</sub>、V<sub>30</sub>(稳压值为25V)降压后,U<sub>P</sub>则为20~30V的直流电压。而在焊接时,一般工作电压小于30V,因而负载时,U<sub>P</sub>为0。方波信号电压经电阻R<sub>56</sub>加到V<sub>37</sub>的基极。由于空载与负载时的情况不同,现分述如下(图6-5)。

#### 1. 空载:

由于U<sub>P</sub>为20~25V,因而V<sub>37</sub>保持导通,故V<sub>34</sub>截止,V<sub>29</sub>导通,I点电位为“0”,查

4013 真值表可知,  $D_2 - B$  的输出端 K 点也为“0”。同时, +15V 电源经  $R_{50}$  给  $C_{36}$  充电, 当 G 点电压达到 12V 后,  $V_{30}$  (稳压值 12V) 导通, 使  $V_{34}$  导通,  $V_{29}$  截止, I 点由“0”跳变到“1”, K 点随之由“0”变“1”。在  $V_{34}$  导通后,  $V_{31}$  因 E 点脉冲处在 0 电位而导通,  $C_{36}$  放电,  $V_{34}$  截止, I 点电位由“1”跳回“0”。接着,  $C_{36}$  因  $V_{31}$  的关断而开始下一次的充电, 为  $V_{34}$  再次导通做准备。 $C_{36}$  的充、放电, 使 I 点电位跳变, 切换  $D_2 - B$  的控制, 起到了同步信号的作用。K 点的信号输入到  $D_2 - A$  的 1CD 端, 当 K 由“0”变“1”( $\uparrow$ ) 时, 查 4013 真值表可知, 其输出 L 点与 M 点的脉冲相位相反。

## 2. 负载:

焊接时, 焊机的逆变工作频率升高, 而且是变化的, 即频率越高, 焊接电流越大。因而应直接取主晶闸管的关断信号作为同步信号。

前面谈到, 负载时,  $U_p = 0$ ,  $V_{37}$  的通断由  $B_5$  控制。当  $B_5$  截止时,  $V_{37}$  导通,  $V_{34}$  截止,  $V_{29}$  导通, I 点电位为“0”, K 点为“0”,  $D_2 - A$  处于等待中。负载时, 由于 E 点的频率高,  $C_{36}$  充、放电频率也就高, 故充电电压低, 达不到 12V,  $V_{30}$  截止, 故其电路对  $V_{34}$  无影响。 $V_{34}$  受  $B_5$  控制, 即当同步信号到来、 $B_5$  导通时,  $V_{37}$  截止,  $V_{36}$  导通,  $V_{34}$  导通,  $V_{29}$  截止, I 点电位由“0”变“1”, K 点随之由“0”变“1”。当同步信号消失时,  $N_5$  截止,  $V_{37}$  导通。如此往复, 于是, 从  $D_2 - A$  的 L、M 端输出相位相反的方波脉冲。

图 6-2 中,  $N_9$  的作用是限制短路接触引弧时出现过大的冲击电流和作一般的过电流保护。 $N_4$  的作用是设定焊机的空载电压。本机的空载电压设定为 70~75V。

## (四) 触发脉冲电路

参看图 6-2 和图 6-5。由  $D_2 - A$  输出的 L、M 点的方波信号电压, 分别进入与非门电路  $D_3$  (4013) 的 6 脚与 1 脚。 $D_3$  的 5 脚与 2 脚有来自  $D_1 - A$  输出 B 点的脉冲。在这两个

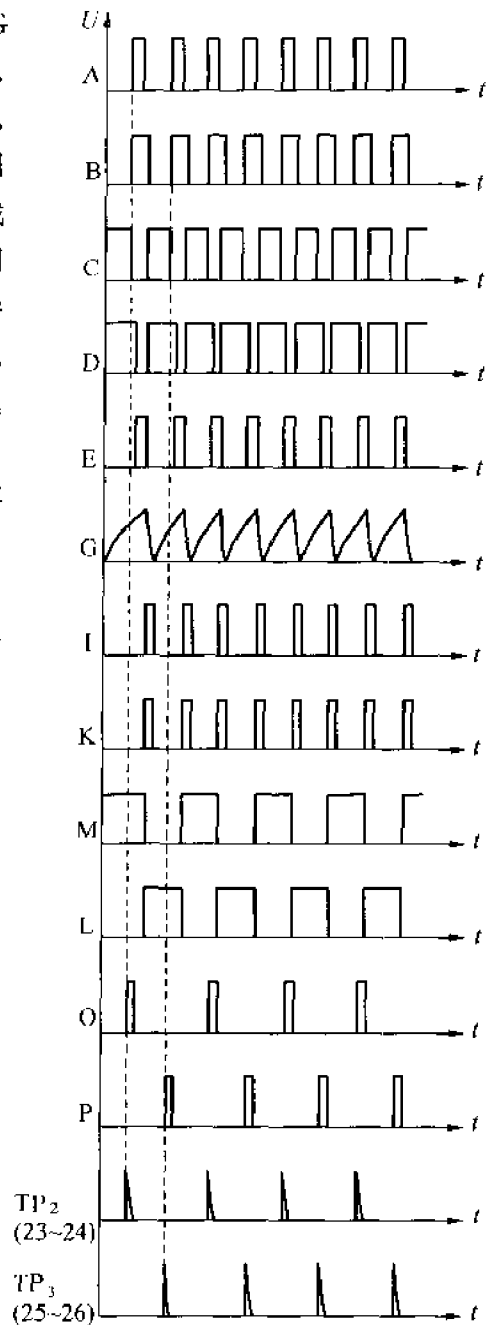


图 6-5 逻辑控制及触发电路波形 (空载)

信号的作用下,  $D_3$  的 10 脚 P 点及 11 脚 O 点交替产生脉冲。

由复合三极管  $V_{14} - V_{15}$  和  $V_{16} - V_{17}$ , 脉冲变压器  $TP_2$  和  $TP_3$ , 电阻  $R_{30} \sim R_{35}$ 、电容  $C_{29} \sim C_{32}$  等元件组成推挽功率放大电路。由  $D_3$  的 11、10 脚输出的脉冲信号电压, 分别且交替加到复合管  $V_{14} - V_{15}$ 、 $V_{16} - V_{17}$  的基极上, 两复合管交替导通, 在  $TP_2$ 、 $TP_3$  的副边便交替输出脉冲分别触发主晶闸管  $VT_7$  与  $VT_8$ 。

图 6-5 为空载时, A、B、C、D、E、G、I、K、M、L、O、P 等各点波形。

#### 第四节 常见故障分析与处理

由于三相全波整流和电容的关系, 本机内最高电压可达 600V, 修机时, 应注意切断电源进行检查, 如果需要通电检查, 应特别注意人身和设备的安全防护。常见故障和处理方法如表 6-4 所示。

表 6-4 常见故障和处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
1. 指示灯不亮, 风机不转	(1) 缺相。 (2) 空气开关 $QF_1$ 损坏。 (3) 风机断线或烧坏。 (4) 风机电容失效或损坏	(1) 测电压, 查接头、触头, 使其接触良好。 (2) 修理或更换。 (3) 测电机绕组及绝缘, 有问题时, 拆机作进一步检查。 (4) 更换
2. 无空载电压或空载电压低	(1) 电源线接头松动, 电源开关或空气开关损坏。 (2) 机内主电路接头松动。 (3) 控制变压器 $T_2$ 、电位器 $RP_1$ 损坏、线路脱线。 (4) 换向电容 $C_5 \sim C_8$ 接头松动或失效。 (5) 控制线路板损坏。 (6) 晶闸管 $VT_7$ 、 $VT_8$ 损坏	(1) 检、测, 使其接触良好。 (2) 固紧。 (3) 检、测, 修理或更换。 (4) 重焊或更换。 (5) 修理, 或换好板后再修坏板。检查元件及线路是否损坏, 接头是否松动。用万用表对所怀疑的元件进行测量、判断 (一般不断开接头)。查不出故障时, 再用示波器测主要测试点波形, 找出损坏元件 ( $N_{12}$ 、 $N_{13}$ 、 $N_6$ 、复合三极管可能损坏)。 (6) 检测、更换
3. 空载电压正常, 焊接电流小或不可调	(1) 远/近控开关 $S_2$ 脱线或损坏。 (2) 焊接回路电缆破损、接头接触不良。 (3) 电流反馈导线接头接触不良, 印刷板中 $N_{10}$ 损坏。 (4) 有关其他线路接触不良	(1) 查、修或换。 (2) 查, 使其绝缘、接触良好。 (3) 检查线路及元件, 修理或更换。 (4) 检查方法同 (2)

续表

故障现象	可能原因	处理方法
4. 接通电源, 空气开关 $QF_1$ 立刻跳闸	(1) 晶闸管 $VT_7$ 、 $VT_8$ , 二极管 $VD_3$ 、 $VD_4$ 有损坏。 (2) 三相整流堆 $VC_1$ 、压敏电阻 $R_1$ 损坏。 (3) 电容 $C_1 \sim C_4$ 失效。 (4) 印刷电路 $AP_2$ 板损坏	(1) 检测, 更换。 (2) 检测, 更换。 (3) 检测, 更换。 (4) 更换后再检修坏板 ( $D_1$ 、 $D_2$ , 复合三极管可能损坏)

## 第七章 排除疑难故障的典型实例

### 第一节 芬兰 Marc-500 (500HF) 型多功能焊机故障的排除

#### 一、焊机的功能与特点

芬兰多功能焊机的电源采用了方波技术,焊接性能优良,可用于交、直流2种焊接方法,能够进行:1.钨极氩弧焊。2.手工电弧焊及碳弧刨。3.熔化极气体保护焊。

#### 二、故障现象与排除

熔化极气保焊是该机主要功能。但进行熔化极气体保护焊时,电流极小,不能焊接。

首先,对焊机空载电压进行了测试。焊接方式选择开关  $S_{102}$  置不同挡位时,所测空载电压如下表:

表 7-1 芬兰 Marc-500 (500HF) 型多功能焊机的空载电压

$S_{102}$ 所在位置	直流空载电压 (V)	交流空载电压 (V)
非熔化极氩弧焊	90	69
手工焊及碳弧刨	60~70	69
熔化极气保焊	6	4

由于能进行钨极氩弧焊及手工焊,因此,电源主电路不会有问题,故障可能出在控制线路上。

焊接电源控制线路可分为以下几部分:

1. 电位器  $RP_{101}$  延时接通电路 (图 7-1), 脉冲变压器  $TP_{104}$  较  $TP_{102}$  其脉冲延  $300\mu s$  电路。

$RP_{101}$  为焊接电流调节电位器。将选择开关  $S_{102}$  扳到 1 挡或 2 挡时, 线路中三极管  $V_{310}$  首先导通, 使继电器  $KM_{301}$  吸合, 电位器  $RP_{103}$  得电, 产生给定信号, 通过控制电路使主晶闸管导通。在  $V_{310}$  导通的同时,  $C_{307}$  充电至一定电压时,  $V_{309}$  导通, 使  $V_{310}$  截止, 继电器  $KM_{302}$  吸合,  $KM_{301}$  释放,  $RP_{103}$  断电,  $RP_{101}$  通电, 主晶闸管按  $RP_{101}$  给定的调节信号导通。

当  $S_{102}$  扳到 3 挡（熔化极气保焊）时， $V_{309}$  电路是断开的，未接通电源，所以， $KM_{301}$ 、 $KM_{302}$  就不能动作，因此，电位器  $RP_{101}$  未接入控制电路，主晶闸管未触发导通，故无焊接电流产生，不能焊接。问题可能就出在这里。

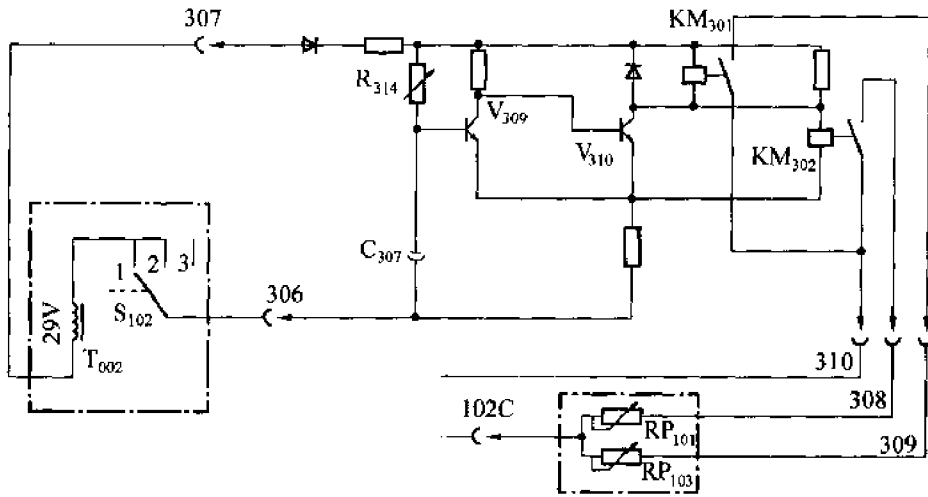


图 7-1 芬兰 Marc-500 (500HF) 型延时接通电路

## 2. 电流调节、焊机外特性控制及保护电路。

这部分电路主要由运算放大器  $N_{140}$ 、 $N_{141}$ 、 $N_{142}$ 、光耦合器  $B_{145}$ 、三极管  $V_{135}$  等元件组成，其电路简化如图 7-2，可分为以下 4 部分：

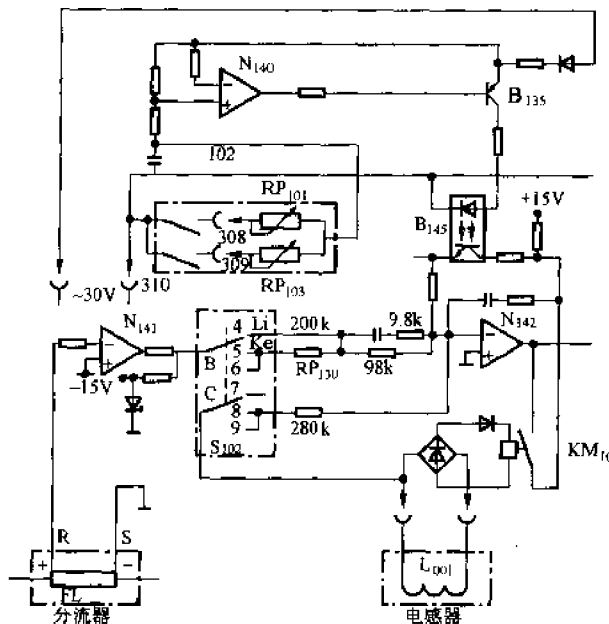


图 7-2 芬兰 Marc-500 (500HF) 型电流调节、焊机外特性控制及保护电路

(1) 焊接电流（实际上是调晶闸管导通角）控制信号输入及放大电路。由电位器  $RP_{101}$  控制的给定信号电压，加到运放  $N_{140}$  的同相输入端，再由  $V_{135}$ 、 $B_{145}$  控制，加到  $N_{142}$

的反相输入端。

(2) 电流负反馈电路。由分流器 FL 取样，运放  $N_{141}$  放大，通过开关  $S_{102}$  的 B 挡控制，加到  $N_{142}$  的反相端。当  $S_{102}$  的 B 挡扳到 4 时，反馈强，同时，由于无电压负反馈而得陡降外特性。当  $S_{102}$  的 B 挡扳到 5 或 6 时，电流负反馈弱，此时，有电压负反馈，故得下降外特性。

(3) 电压负反馈及空载电压  $V_0$  比额定电压高于 12V 时的安全保护电路。由电感器  $L_{401}$  取样， $S_{102}$  的 C 挡为电压负反馈控制。 $S_{102}$  扳到 7，无电压负反馈； $S_{102}$  扳到 8 或 9，有电压负反馈。

(4) 信号综合放大电路。由运算放大器  $N_{142}$  等元件组成，给定调节信号和反馈信号并联加入  $N_{142}$  的反相端， $N_{142}$  对信号综合放大。

### 3. 晶闸管触发电路。

### 4. $\pm 15V$ 的直流稳压电源电路。

综合以上分析，可以看出：焊接方式选择开关  $S_{102}$  置非熔化极氩弧焊时，开关的 A 与 1、B 与 4、C 与 7 分别接通，有焊接电流调节，焊机为陡降外特性； $S_{102}$  置手工焊和碳弧刨时，A 与 2、B 与 5、C 与 8 分别接通，有焊接电流调节，焊机为下降外特性； $S_{102}$  置熔化极气保焊时，A 与 3、B 与 6、C 与 9 分别接通，无焊接电流调节，焊机外特性与碳弧刨时相同。因此， $S_{102}$  置熔化极气保焊时，不能焊接。错误就在于  $S_{102}$  的 A 挡的接点 3 缺一根连线，未与 29V 变压器接通（图 7-1）。

由于  $S_{102}$  置手工焊，焊机外特性与气保焊时的外特性相同，因此，将  $S_{102}$  置手工焊这一挡来进行熔化极气体保护焊。

在进行熔化极氩弧铜焊时，有了焊接电流，可调大调小，但又出现了新的问题，即焊缝与母材熔合不好，没有那种预示熔合好的“噼噼啪啪”的声音，焊枪的气罩和连杆烧得发红。

这又是什么原因呢？仔细检查焊机后，未发现问题。用直流钳表测量焊接电流，电流很稳定。于是，怀疑可能是电源的外特性（即伏-安特性）调整得不够好而引起的。

焊接电源各种外特性如图 7-3。

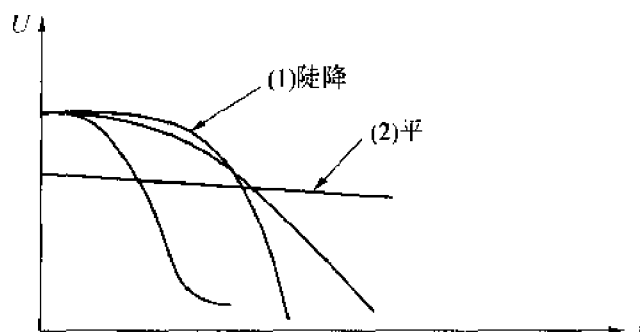


图 7-3 芬兰 Marc-500 (500HF) 型焊接电源外特性

《焊接手册》第二卷焊接方法（美国）关于熔化极气保焊中谈到：“通过改变电源的伏-安特性，实现斜率对短路电流和焊丝上最大电磁收缩力的控制”。“当陡的斜率将短路



电流限制到低值时,焊丝便可承载全部电流且自身不会消除短路。所以,焊丝向工件上堆积,或者,偶尔使焊丝与焊接熔池凝结在一起并使二者熔化”。“当短路电流大小合适时,熔滴顺利地脱离焊丝的尖端且飞溅很小”。

看了这一节后,对照故障现象,更觉得可能是外特性的原因了。因为焊丝承载全部短路电流且自身不会消除短路,就会引起焊枪的导电嘴和连杆发热烧红。陡的斜率的外特性,重者,焊丝向工件上堆积;轻者,焊丝能与焊接熔池凝结在一起并使二者熔化,但熔合不很好,现在出现的问题就是熔合不好,因此,可能是外特性的斜率稍为大了一点。

在画出印刷板的部分接线图并找出有关元件及电阻值后,作出了调整外特性的方案。首先,断开R线(参看图7-2)。R线为分流器的电流反馈信号传输线。这样,在只有电压反馈的情况下试焊。此时,电源为平特性,斜率很小,短路电流大,飞溅大,不能焊接。接着,将R线接好,断开 $R_{130}$ ( $200\text{k}\Omega$ ),再串入2个 $200\text{k}\Omega$ 的电位器,此时,飞溅也大,短接一个电位器,还是有较大飞溅,后将另一个电位器调至 $50\text{k}\Omega$ ,就可以正常焊接了。焊丝与工件熔合很好,飞溅小,声音正常。故障得以排除。

## 第二节 林肯 DC-1000 型自动埋弧焊机故障的排除

曾有两台林肯自动埋弧焊机(DC-1000型电源,配LT-7型焊机)买回后在调试中遇到了问题,主要问题是:

1. 送丝电动机激磁回路的电阻 $R_{101}$ 烧焦了,过流继电器跳闸。
2. 按下焊机的启动按钮,焊丝只上抽不下送。

焊机的电气原理比较复杂。在使用说明书中,DC-1000型电源只有接线图,LT-7型焊机有接线图及原理图,但都没有说明。通过看图、看参考书和讨论,对电气原理有了比较清楚的了解,因而能“对症下药”,修好了这两台焊机。下面谈谈出现上述故障的原因及修复的办法。

1. 电阻 $R_{101}$ 烧焦,过流继电器跳闸。

送丝电动机电气原理简图如图7-4。115V交流电源经开关 $S_1$ 、3A过流继电器、单相桥式可控整流,为送丝电动机电枢供电。送丝机的激磁绕组,由晶闸管 $VT_{101}$ 、 $VT_{102}$ 来控制电流的方向,从而控制送丝机的正、反转,使焊丝能上抽或下送。

图7-4中,3A过流继电器,主要用作送丝电动机的过载保护。在检查焊机时发现一台送丝机激磁回路的电阻 $R_{101}$ 被烧焦,另一台焊机的 $R_{101}$ 电阻已经换上了一个 $150\Omega$ 、12W的电阻。查图纸, $R_{101}$ 阻值是 $80\Omega$ 、12W。

为什么 $R_{101}$ 会烧焦,过流继电器会跳闸呢?对 $R_{101}$ 的功率进行了估算,结果为8W,小于12W,说明设计是正确的。 $R_{101}$ 的过热可能是元件的实际功率达不到标准(12W)。加大 $R_{101}$ 的电阻,应该慎重。因为直流电动机激磁回路阻值的改变,相当于改变激磁调速。 $R_{101}$ 的加大,将引起激磁电流 $I_f$ 减小,电动机转速 $n$ 升高,电枢电流 $I_a$ 增大。 $I_f$ 小到一定的时候,将使 $I_a$ 增大到引起过流继电器跳闸。若 $I_f$ 趋近于0,则将引起“飞车”。

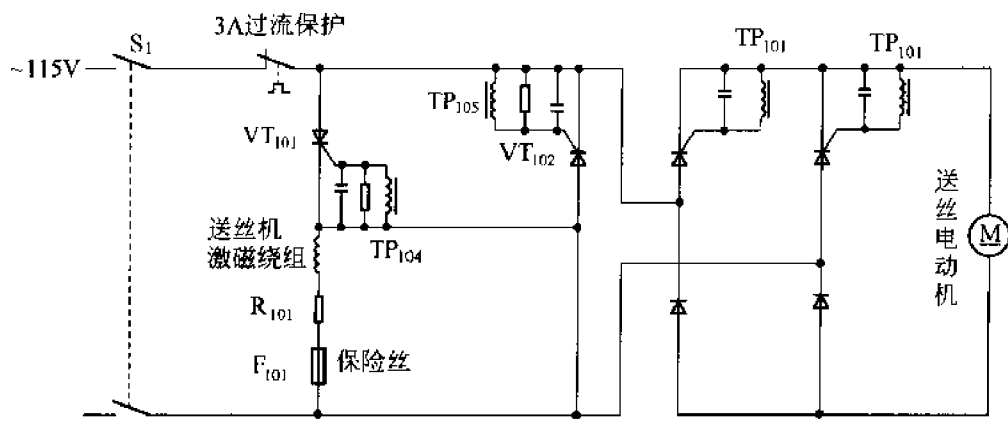


图 7-4 送丝电动机电气原理简图

也估算了一下用 150Ω 代替 80Ω 电阻，电枢电流就约可增加 20%，故引起过流继电器跳闸。因此，决定不改变阻值，只加大功率或选用好的电阻。没有买到合适的电阻，便用了 4 个 22Ω、5W 的电阻串联代用。R<sub>101</sub> 没有过热冒烟了，过热继电器也未动作，线路工作情况良好。

2. 启动焊机，焊丝只上抽不下送。

首先应了解按下启动按钮后，送丝机是怎样工作的？电弧如何引燃？

焊接前，点动送丝，焊丝接触工件后自动停止。此时，送丝机激磁回路的工作状况（图 7-5）是：接通焊机的控制电源开关 S<sub>1</sub> 后，三极管 V<sub>107</sub> 导通，脉冲变压器 TP<sub>105</sub> 有脉冲，晶闸管 VT<sub>102</sub> 导通（图 7-4），激磁方向是使送丝电动机反转，焊丝上抽（为上抽做准备）。

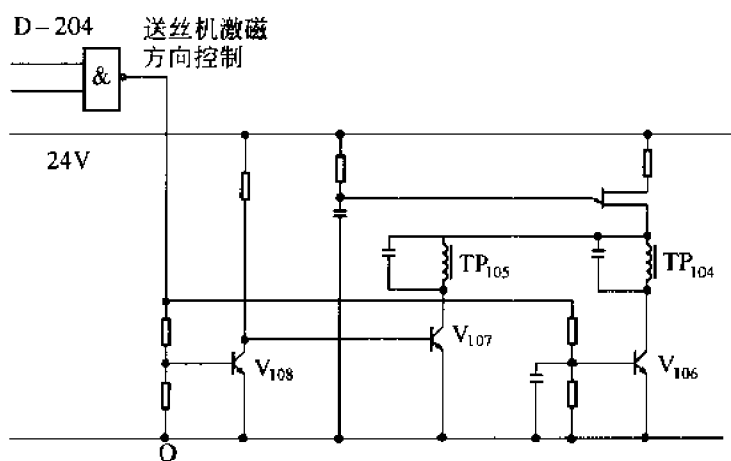


图 7-5 送丝机激磁回路

按下启动按钮后，经过 5 个门的传输（图 7-6），门 D-203E 输出为“1”（即为高电位），三极管 V<sub>204</sub> 导通，继电器 KM<sub>1</sub> 动作，接通焊接电源主晶闸管触发电路，焊机输出电压（图略）；与此同时，当门 D-202C 输出为“0”（低电位）时，门 D-204C 输出为“1”，送丝电动机电枢回路接通，因此，焊丝上抽，引燃电弧（图略）。

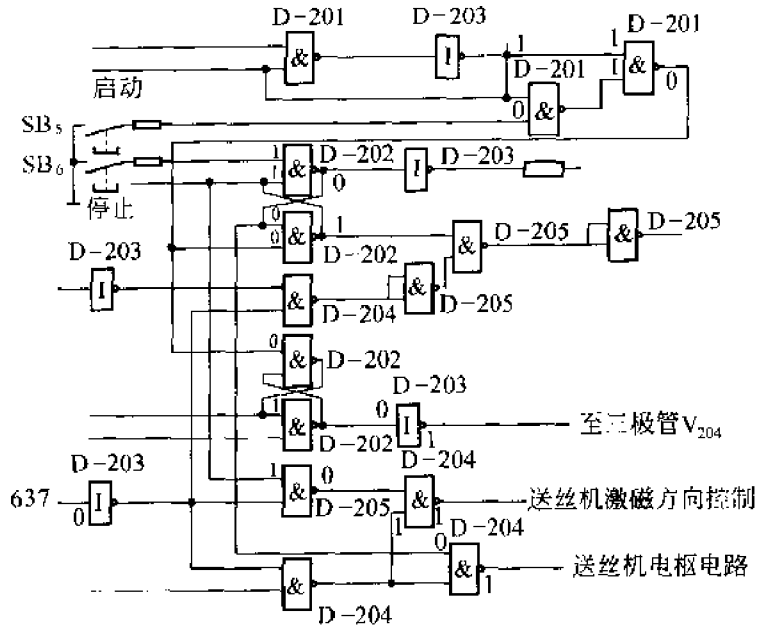


图 7-6

电弧引燃后 (图 7-7 及图 7-8), 由于电弧电压的作用, 光电管  $B_{301}$  导通, 晶体管  $V_{302}$ 、 $V_{303}$  导通, 637 点输出为“0”, 门 D-203a 输出由“0”变“1”, 于是 D-204B 输出高电位 (图 7-5 及图 7-4), 使三极管  $V_{106}$ 、 $V_{108}$  导通,  $V_{107}$  截止,  $TP_{104}$  产生脉冲, 晶闸管  $VT_{101}$  导通,  $VT_{102}$  截止, 所以, 激磁电流方向改变, 送丝电动机正转, 焊丝下送。

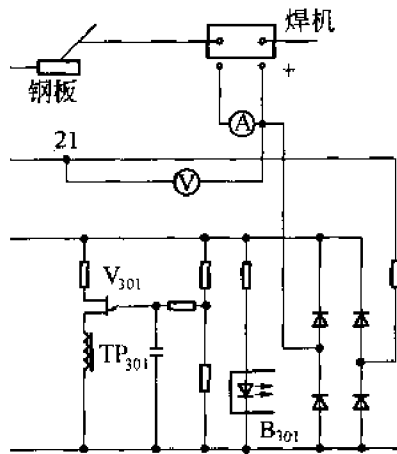


图 7-7

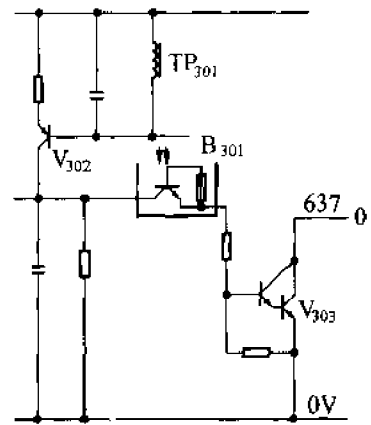


图 7-8

由此可见, 该机采用短路反抽引弧方式。还可以看出, 如果电弧电压没有形成或不稳定, 都可能出现焊丝不下送、一直往上跑的现象。应力求了解焊机的工作原理, 查可能产生该故障的有关电路或其他因素, 保证线路接触良好, 引弧可靠 (顺便说一下, 进口焊机往往资料不全, 给维修人员带来很大困难), 故障是不难排除的。在调试中, 几次碰到了上述现象, 其中一次是由于 21 号线松动, 还有一次是因为焊接电源的保险丝接触不良, 影响晶闸管触发, 使电弧电压不稳, 换了好的保险盖子后, 保险丝管接触良好, 故障就消

除了。

### 第三节 一线之差所引起的疑难故障

曾有一台国产仿日 X MARK III 500PS CO<sub>2</sub> 焊机，使用半年多后，出现了故障。

为简化起见，文中采用大阪 X-500PS 型焊机图纸上的文字符号（有关电气原理图从略）。

故障现象：将电压调节电位器 RP<sub>4</sub> 从零调到最大时，空载电压从 46→70→50→70 (V)。正常情况下应该是 46~70V，中间不应有升降。施焊时，电流不稳，飞溅大，电弧电压在 50V 左右，降不到 15~42V。

怀疑是因某处接触不良所致，检查了有关线路接头和印刷板有关元件的焊接情况及模拟控制电路，测量 CH<sub>9</sub> 与 CH<sub>8</sub>、CH<sub>10</sub> 与 CH<sub>8</sub>、49 号线与 CH<sub>8</sub> 的电压变化情况（将 RP<sub>4</sub> 从零调到最大。后面谈到侧量电压变化也是调节 RP<sub>4</sub> 测得的。），分别为 0~+13.8V，-4.7~-12.8V，-1.1~-4.6V，与正常焊机的参数基本一致，说明模拟控制电路工作正常。但焊机不能施焊。

于是怀疑同步电路可能有故障，测量其 CH<sub>11</sub>、CH<sub>12</sub> 的对地电压，分别为 4.2~5.3V、4.2~5.4V，也基本正常。再测量 2 个小晶闸管 VT<sub>1</sub>、VT<sub>2</sub> 的正向压降，即 CH<sub>27</sub> 与 CH<sub>29</sub>、CH<sub>27</sub> 与 CH<sub>28</sub> 之间的电压，其变化情况分别为 10→0→10→0 (V)，10→16→0→6→0 (V)。测量正常焊机的参数均为 0~10V。于是又检查了 P1598J 板的元件，晶闸管正向电压，变压器相间电压，均正常，查不出问题所在。

在修理过程中，还先后更换了 P7539Q、P7539S、P7204P 和 P7541R 板，也无济于事。

最后用示波器检查 CH<sub>11</sub>、CH<sub>12</sub> 对地电压波形，发现两组波形间相位有较大偏离，不是相差 60°，如图 7-9 所示。调节 R<sub>21</sub>，波形正常了，再配合调 R<sub>5</sub>，使波形更为标准，如图 7-10 所示。焊机的空载电压稳定些了，但还是不能正常施焊。

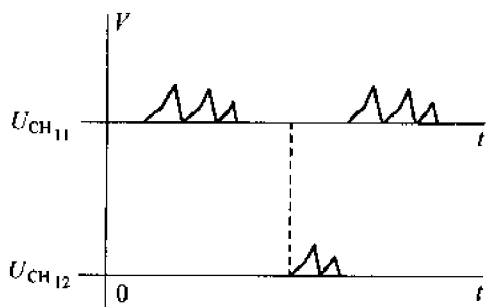


图 7-9

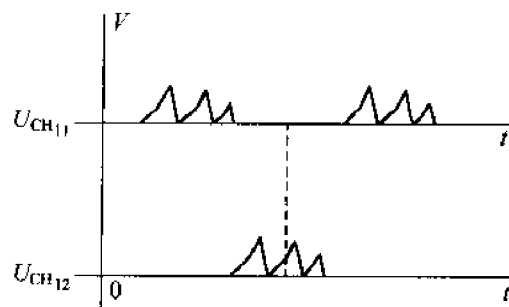


图 7-10

经仔细地分析了检查故障的全过程后，又着重检查了晶闸管的触发电路的接线，从标

号和原理看，都没有错。又进一步分析，假设该部分的 25、26 号线接反了（见图 7-11），其结果将会怎样呢？必然引起移相范围改变和触发混乱。因此，把 25、26 号线对调，结果排除了这一线之差所引起的疑难故障。焊机的空载电压稳定地从 50V 调到 72V，两个小晶闸管的正向压降均为 9~0V，试焊效果良好。

该焊机属使用过的焊机，为什么还会接错线呢？分析有两种可能：1. 前修机人员更换晶闸管时，将两组晶闸管的触发板 P1598J 板装反了（虽然印刷板相同，但外部的接线不完全一样），更换后两组触发脉冲互换了，因相位的错误而引起移相范围改变，主晶闸管触发混乱，如图 7-12 所示。曾用示波器看过小晶闸管正向压降波形，和分析的情况基本一致。2. 如果控制板没有装反，则可能是生产厂标号错误。维修时拆开插头的接线时，没有注意到标号的错误。

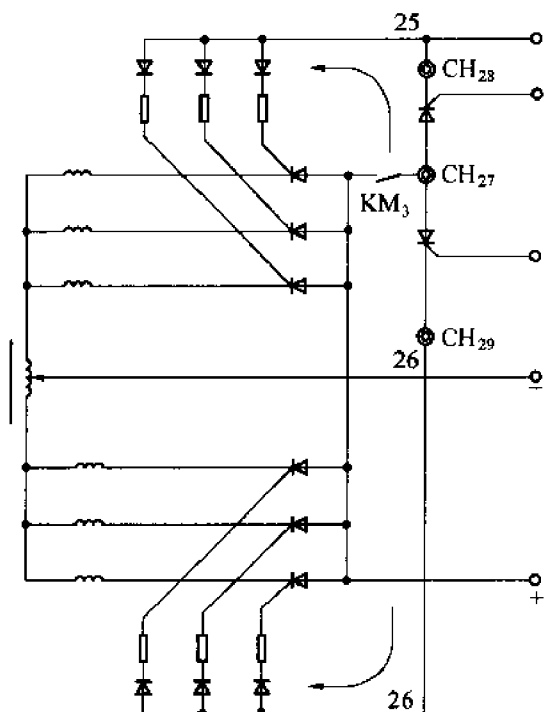


图 7-11

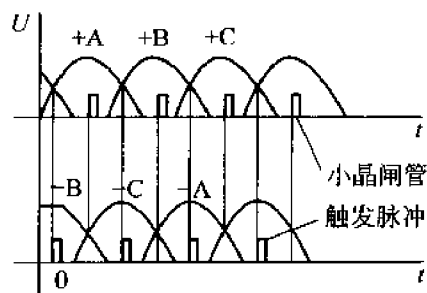


图 7-12

#### 第四节 日本松下无控电缆 CO<sub>2</sub> 焊机故障的排除

日本松下 YM-500CL-3 型无控电缆 CO<sub>2</sub> 保护焊机性能优良，最突出的优点是没有控制电缆，使用起来几乎和手工焊机一样方便。但它的价格贵。每台的价格是普通 CO<sub>2</sub> 焊机的两倍左右。

某厂在 1989 年买了 6 台这样的焊机，使用一年多后，有 5 台出现故障，主要是送丝机内的 7721 印刷板损坏。有些厂家买的 CL 型焊机，也出现了同样的问题。看来，这一

故障现象有一定的普遍性。

故障现象是：焊机空载时，按下手把开关，8A 保险丝立刻熔断。判断是 7721 板的问题。为此，画出了 7721 板部分电路图，将坏的印刷板与好的印刷板进行对比，就在印刷板上，首先用万用表电阻挡测量分立元件的电阻，初步发现电容  $C_1$  有问题。再拆下  $C_1$  测量，其电阻为  $35k\Omega$ 。这说明  $C_1$  已损坏了。该有关主要元件线路图如图 7-13 所示。

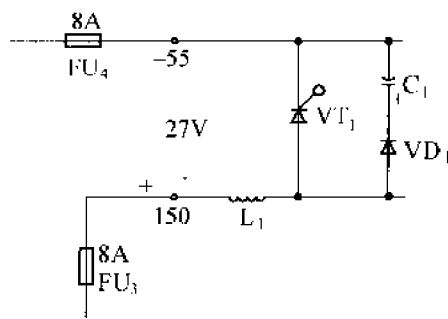


图 7-13

由图中可以看出，如果  $C_1$  的充电电流过大或被击穿，都可能引起 8A 保险丝熔断。我们先提高  $C_1$  的工作电压，用  $470\mu F160V$  电容代替原  $470\mu F100V$  电容，结果 8A 保险丝不炸，问题解决了。

以后，又有 3 台焊机的 7721 板上的电容  $C_1$  被换过。故障现象与前述差不多。不过，有时是引弧时，8A 保险丝熔断。而用万用表测量  $C_1$ ， $C_1$  并未损坏，检查没有其他问题。分析上述线路图，认为可能还是  $C_1$  的问题，因此，用  $470\mu F200V$  的电容换下了原来的电容，于是，故障排除了。为什么看来电容没有坏，也会出现炸 8A 保险丝的现象呢？可能是按手把开关或引弧时，有高压谐波串入，将  $C_1$  击穿，引起 8A 保险丝熔断。但断电后， $C_1$  还有自恢复能力。因此，用万用表测量  $C_1$ ，出现了绝缘良好的假象。

该厂 6 台 CL 型的焊机，有 4 台焊机的 7721 板换过电容  $C_1$ 。在 8A 保险丝经常被熔断的时候，有两块板的晶闸管  $VT_1$  因过热而被损坏，固定该管部位的印刷板胶木被烧焦。此管与国产品晶闸管有点区别，但知道它的作用后，便用了国产 10A100V 晶闸管代用，用万能胶补好了胶木板，这样，修好了 7721 板。

## 第五节 日本 SG-2Z 垂直气电自动焊设备主机印刷板的修理

某造船厂在 1993 年从日本购买了一台 SG-2Z 垂直气电焊机。这是一种采用细直径 ( $\phi 1.6$ ) 药芯焊丝的高性能的  $CO_2$  自动焊设备，用于造船在大台拢时焊接分段的大接头。

这是该厂的重要设备之一。使用 6 年多来曾经发生过几次较大的故障，其中主机的印刷电路板坏过 3 次。如果购买新的印刷板或请厂方修理，其费用很高，决定还是自己来修。

修理比较复杂的印刷电路板，对使用单位的维修技术人员来说，有时候困难很大。往往没有印刷电路板的图纸资料，更谈不上有专门的检测设备了。主要依靠的是普通的万用表（必要时用示波器），但只要小心谨慎，还是可以修理的。

### 1. 故障现象与发生时的情形：

焊接小车行走电机不转，主机控制箱内冒烟。

打开控制箱检查，发现印刷电路板烧坏了，有好几根铜箔完全被烧毁，某些元件的外表有一层烟尘。这是主机印刷板第一次损坏的情况。

询问焊工和观察现场，了解到焊车是在轨道的接头处停住的。焊车先停下来，后箱内冒烟。由于船体外形的弧度较大，因此，分段大接头处不很平整，焊车行走受阻。后又发现控制箱至行走电机的电缆被扎断了。

## 2. 修理方法与原因分析：

由于印刷板损坏比较严重，有可能烧坏了元件。第一次修这块印刷板，因此，决定先画出印刷板的电原理图，了解其工作原理后，再作分析检查。

首先，画出损坏部分的电原理图。依照元件的位置，画出电路的接线图，再根据接线图画出电原理图，而后再将初步的原理图加以整理，变成比较清楚的电原理图。对本次事故所画的有关送丝电机线路的电原理图如图 7-14 所示。

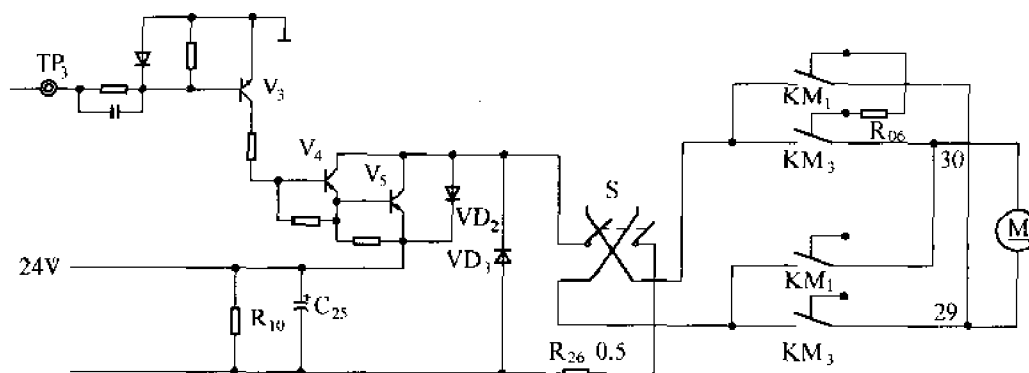


图 7-14

参看该图，24V 的整流电压经阻容滤波，再经三极管  $V_5$ 、电阻  $R_{26}$ ，接到扳钮开关 S 上。由 S 经继电器  $KM_1$ 、 $KM_3$  连接行走电动机 M。 $V_5$  作可变电阻用，控制 M 电枢电流  $I_a$  的大小，从而控制 M 的转速。S 为印刷电路板上的开关，一般不需扳动，由  $KM_1$ 、 $KM_3$  控制 M 的正、反转。 $VD_3$  为续流二极管， $R_{06}$  为能耗制动的放电电阻。

工作过程是：空载调试焊接小车或施焊时，操作相应的开关或按钮，在程序控制过程中，由  $TP_3$  来的信号电压使  $V_3 - V_5$  导通。同时，有控制信号使  $KM_1$  或  $KM_3$  吸合，因此，M 正转或反转，焊车上升或下降。如果  $TP_3$  的信号电压升高则加在  $V_3$  基极上的电压升高， $V_4$  基极电流增大， $V_5$  基极电流增大，因而  $V_5$  的集电极电流增大（相当于可变电阻的阻值变小），即通过 M 的电枢电流  $I_a$  增大，因此，M 的转速升高；相反，如果  $TP_3$  的信号电压降低，则变化过程相反。

控制箱至电动机 M 的电缆内有 3 根导线，即 M 端电压（24V）的输入（29 号、30 号）线及电压表的地线。

电机在行走中受阻，会引起 M 过载，电枢电流  $I_a$  增大，一般不会将线路烧毁得那么严重。看来，M 主回路的铜箔完全烧毁，是由于 29 号、30 号线在扎断时短路而引起的。这样，线路短路点前面有关元件有可能被烧坏。

于是，用万用表在印刷板上（一般不要焊下元件）对 24V 整流块，三极管  $V_5$ ，二极

管  $VD_2$ 、 $VD_3$ ，电阻  $R_{26}$  等元件进行了测量。初步检查、判断： $VD_3$ 、 $R_{26}$  可能损坏。于是，焊下元件的一端进行测量，其结果： $VD_3$  被击穿了， $R_{26}$  被烧断。由于  $M$  有可能过载，因此，对行走电机  $M$  也作了测量，其情况良好。

### 3. 处理方法：

更换了新的二极管  $VD_3$  和电阻  $R_{26}$ ，用细导线将  $M$  的主回路重新焊接起来，用酒精对有烟尘的元件和线路进行了擦拭。修好了印刷板后，对主机进行了空载调试，一切正常。后在施焊中使用，也很正常。

在以后的修理中，对整块印刷板的线路图进行了细心的绘制，对印刷板进行检修，换过  $N_2$  集成块。所画的线路图，虽然可能不很准确，可能有个别元件查不出来，但对维修时分析问题、查找故障有很大帮助。

## 第六节 ZX<sub>7</sub>-400 型逆变焊机维修小议

从焊机的使用情况来看，国产晶闸管式逆变焊机技术上没问题。但由于制造上的原因，不同厂家生产的焊机，质量上的差别却很大。如某厂买的 2 台皮克电源有限公司的逆变焊机，使用 2 年多后，才出现小的故障。而上海某公司的 8 台焊机，使用不久，就接连不断地出现故障。

现举一例来说明如何修理这种逆变焊机，并由此提几点建议。

### 1. 故障现象及修理步骤（可参看第六章图纸）：

使用过程中，机上空气开关跳闸，机内向外冒烟。

开机检查，发现输出滤波电容有不同程度的损坏。继续对主电路作全面（元件及绝缘）检查，发现有一只快速晶闸管被击穿。

更换元件后，合上电源开关，焊机上的空气开关还是跳闸。再次检查机内各元件，未发现问题。于是，换上好的印刷电路板，空气开关不跳闸了。不过，焊机空载电压不够稳定。试焊时，引弧困难，电弧不稳，不能正常焊接。

用示波器检查印刷板输出的触发脉冲，波形正常，请看图 7-15。

于是，仔细地检查机内各电器及其线路，着重于接触不良，发现近/远控选择开关内部触头接触不良。换了开关后，焊接正常了。

修好焊机后，再来修理坏了的印刷板。用示波器对其进行检查，从最后一级、即触发脉冲的输出开始，逐级往前检查。当测 G4—K4 之间的波形时，无脉冲输出，而测 G3—K3 之间有脉冲输出。于是，检查  $V_2$  三极管，已损坏。换上好的三极管后，印刷板工作正常了。

### 2. 原因分析：

前面谈到，4 个电容有不同程度的损坏。当电容被击穿时，输出短路，空气开关（有热脱扣和电磁脱扣保护）就会跳闸。当一只晶闸管被击穿时，输入整流器短路，也会引起空气开关跳闸。



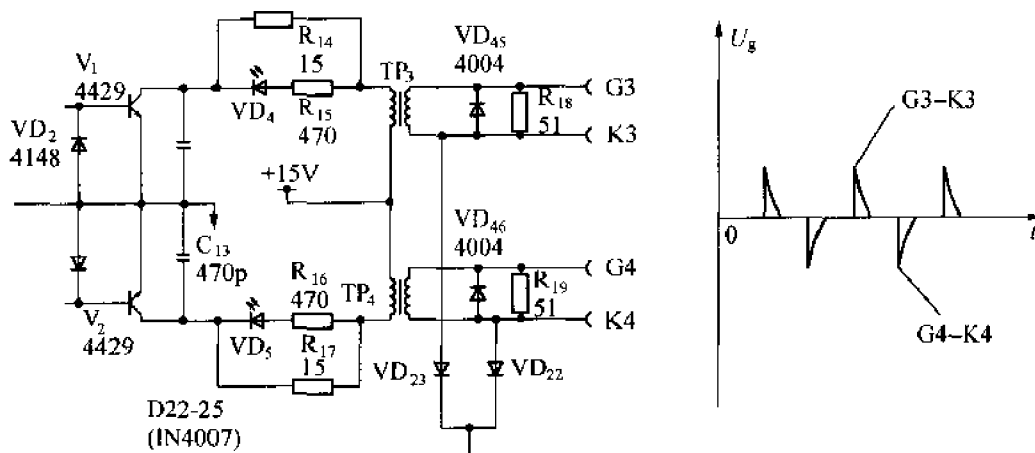


图 7-15

为什么元件易损坏呢？主要是元件的质量问题，生产厂家没有把好元件的质量关。1996年5月至1997年8月，上海某公司的8台ZX<sub>7</sub>-400型焊机的维修，换过快速晶闸管3个，修理印刷板11次，换过三极管V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>（4429）、V<sub>6</sub>（9014），集成块4013、4538、4011、555和稳压块7915，还有二极管、电阻等。此外，还坏过空气开关，控制变压器、风扇等。

### 3. 希望与建议：

- (1) 把好焊机制造中各个环节的质量关，生产出可靠性高的产品。
- (2) 对使用中出现的问題，抓住不放，尽快改进。例如，珠海某公司生产的TC-400逆变焊机，使用一年多后，才频繁出现热保护动作停机现象。如果该公司能够解决好这个问题，这种焊机是受用户欢迎的。
- (3) 有完整的图纸资料。不仅要有主电路原理图，还应有印刷板的电原理简图，提供主要测试点的电压或波形。

## 附：搞好高效焊机的维修与管理，促进高效焊接技术的推广使用

### ——广州文冲船厂维修与管理的经验体会

1991年前后，广州文冲船厂造船分厂高效焊的推广，遇到了很大困难，其主要原因是：设备在使用一段时间后，大部分坏了，维修困难，管理不力。当时，23台CO<sub>2</sub>焊机，有18台坏了；8台自动埋弧焊机，有3台坏了，4台性能不好。1992年，我厂成立了由一名电气工程师和一名焊接工程师组成的维修小组，专修高效焊机。

我们在完成日常工作之余，逐步对高效焊机进行了维修。1992年修好了1987年买的，未完全调试好的两台林肯DC-1000埋弧自动焊机，一台凯比Marc-500(500HF)多功能焊机，使价值75493元(1987年价)的设备发挥了它应有的作用。1994年初，我们修好了所有坏了的CO<sub>2</sub>焊机，后又将几年来坏了的焊枪、流量计收集起来，进行了修理。在修理过程中，我们自做了加长电缆5根，绕制同步变压器6台，修好松下无控电缆CO<sub>2</sub>焊机的7721印刷板4块，大阪CO<sub>2</sub>焊机的印刷板2块，自动埋弧焊机的印刷板3块。1994年底所做统计，只报废焊枪6把，流量计7个。

1994年，我们修机次数明显下降，焊机使用率明显提高。如1993年10月至1994年10月，我们修机次数如下表：

年份	1993			1994									
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
次数	23	29	23	22	13	18	13	16	15	9	8	21	10

我部此时有29台CO<sub>2</sub>半自动焊机，1台垂直气电焊机，2台CO<sub>2</sub>自动焊机，6台自动埋弧焊机，全部投入了使用，使用率及完好率都达到了100%。现在，我们所有的高效焊机，也基本上保持了完好。CO<sub>2</sub>焊高效化率由1992年的4.3%上升到1994年14.7%。

我们能取得较好的成效，一是依靠我厂各级领导的重视和支持；二是依靠维修人员的敬业与奉献精神以及较强的业务能力，这是十分重要的因素；三是得益于各部门、各工种的相互配合与支持。我们加强了与设备员、焊工、组长之间的联系与配合，较好地开展了QC活动，从自己的实际情况出发，制定了焊机的维护保养制度，采取了一些较好的管理办法。

#### 1. 建立了焊机的使用与维护保养制度。

有日常维护和年度二级保养。日常保养由焊工进行，焊工应保持焊机外表清洁，电缆的完好，保持电缆接头接触良好等。每年由设备员组织、焊工配合，维修人员对焊机进行一次二级保养。焊工负责一级保养工作。维修人员主要对电气及机械部分进行检查与保养。

#### 2. 对焊机、焊枪、流量计实行专修专管。

以前，焊枪的修理除电气部分外，其他部分由焊工自己修，流量计由钳工修。但工作不方便，质量不高，对生产有影响。1994年3月，我们实行了专修专管，焊枪和流量计的简单故障，由焊工或维修人员在现场处理，一时修不好的，我们以好换坏，集中修理。

### 3. 现场与室内修理结合，修理与保养结合。

焊机出了故障，由维修人员到现场修理，如果较长时间修不好，对生产有影响时，我们告诉设备员或工、组长，调换好的焊机使用，将坏的焊机调到我们修机房修理。在修理焊机时，我们经常顺便对焊机易出故障的部分进行检查、保养，预防故障的发生。随时注意向焊工讲维护保养知识。

### 4. 制定了元配件的购买与发放办法。

将所有的配件进行了清理、登记并分类放好。每年提两次配件清单。对消耗件、易损件保持足够配件。估计某些会损坏的元件，也有少量配件。尽量做到既方便维修又不积压浪费。易耗件、不急用的配件，由设备员报请分厂购买。急用件，估计采购员不太熟悉的元配件，我们自己购买。一般配件的发放，建立账本，以旧换新。

### 5. 对设备易出故障的部分进行改进。

### 6. 定人或分档使用焊机，外场使用的焊机放在焊房内。

我们要求定人定机使用高效焊机，但刚开始大部分班组做不到。后来船体课焊接工段首先采取分档（3~5人一档）的办法，使用和保养CO<sub>2</sub>焊机。大家认为很好。现在不能定人定机的班组，根据自己的情况，基本上采取了分档的形式。

### 7. 对不熟练的工人及未使用过高效焊机的外包工进行理论和实操培训。

目前，有部分单位对高效焊机感到维修难。我们认为，高效焊机是强、弱电结合的电气设备。有些焊机的电气工作原理比较复杂，因此，维修难度比较大，对维修人员要求比较高，一般来说，应有电气技术人员参加，维修人员应有较高的文化水平，懂电子技术，修理的问题是能够解决的。但另一方面，对于参加维修工作的技术人员，应提高他们的待遇。他们经常在现场干活，既动脑，又动手，碰到疑难故障，寝食不安。如果他们的待遇既不如工人（体脑倒挂），又不如技师（有终身补贴），要他们长期安心搞这种维修工作，恐怕难以坚持下去。

我们虽然在高效焊机维修及管理方面取得了一些成绩，但与很多兄弟船厂比较起来还有一定的差距。我们的高效焊机不很多，CO<sub>2</sub>焊单项高效化率比较低，有些制度还不够落实和完善。现在，我们打算要推广CO<sub>2</sub>角焊，在内场分段结构上推广CO<sub>2</sub>焊，加强对焊工的培训，进一步提高CO<sub>2</sub>焊接高效化率。我们将不断学习，提高自身素质，改进工作，为高效焊的顺利进行提供可靠的保证。

（注：本文为1995年10月中国船舶工业总公司系统中小型船厂推广应用高效焊技术方面的经验介绍。）