

# 第一章 SCR 电力控制器总述

## 前言

SCR 电力控制器 (SCR POWER CONTROLLER)，目前在工业中已被广泛应用于各种电力设备中，诸如窑炉、热处理炉、电气高温炉、高周波机械、电镀设备、印染设备、涂装设备、射出机、押出机等等，然而因为负载的不同，使用环境的限制，而又有各种不同的控制模式及各种追加配备，如相位控制 (Phase Angle Control)，分配式零位控制 (Distributed Zero Crossover)，时间比例零位控制 (Time Proportional Zero Crossover)。基于此，本公司研制了 P/E 系列各种不同控制模式之电力控制器，以满足各用户的需要。

P/E 系列 SCR 电力控制器，完全采用 SCR POWER MODULE 密封的 IC 化电路板，使整个控制器简单轻便，以提高控制器的可靠度，当要使用本控制器时，请详读本说明，以了解各种控制器的结构、功能、接线方法。

SCR 电力控制器有多种不同的叫法：如晶闸管电力控制器，可控硅电力调节器，可控硅电力调功器，功率控制器等，虽然叫法不同，但所指的都是同一种产品。本公司以 SCR 电力控制器来命名。

### 1, 原理简介

SCR 电力控制器的基本原理是通过控制信号输入，去控制串在主回路中的 SCR (晶闸管) 模块，改变主回路中电压的导通与关断，由此达到调节电压或功率的目的。控制器一般是由控制板加上主机 (主回路) 组成。

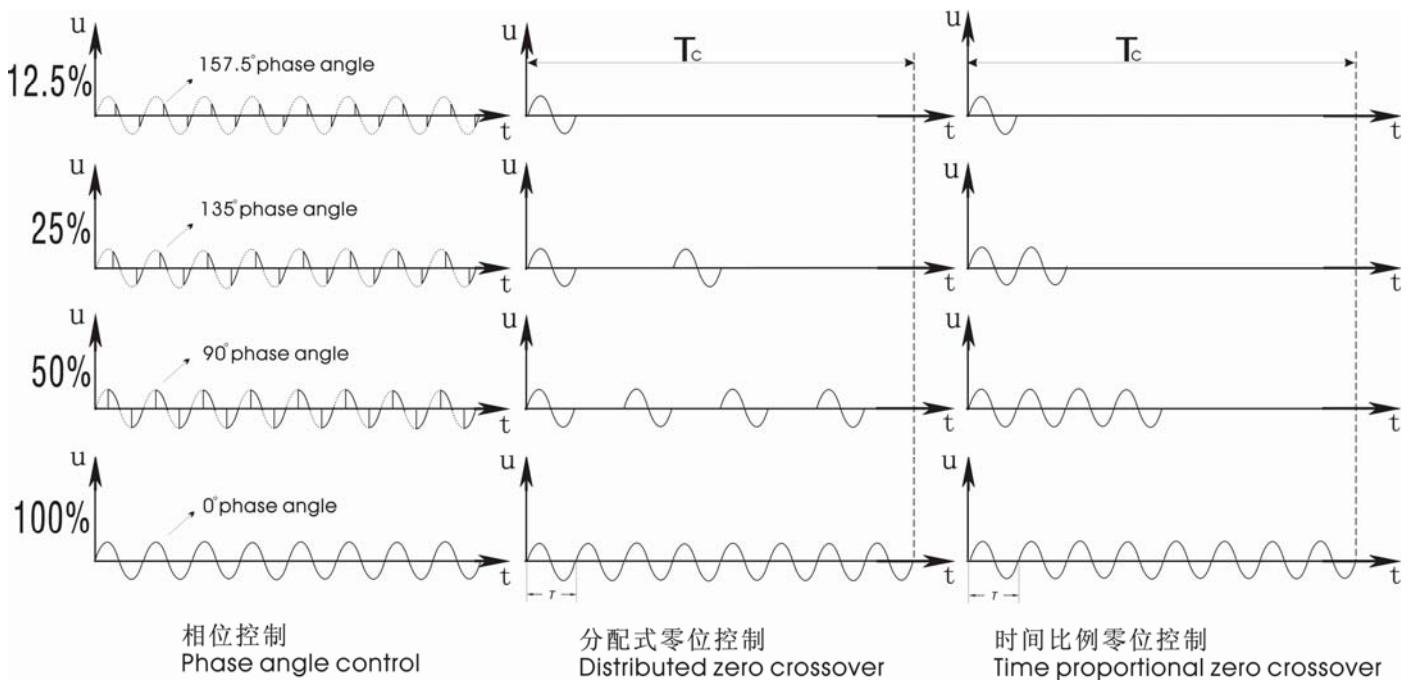
SCR 电力控制器又可分为调压器和调功器。

采用相位控制模式的 SCR 电力控制器可叫做调压器，它可以方便地调节电压有效值，可用于电炉温度控制，灯光调节，异步电动机降压软启动和调压调速等，也可用做调节变压器一次侧电压，代替效率低下的调压变压器。

采用零位控制模式的 SCR 电力调节器可叫做调功器，也叫周波控制器。它对交流电压的周波进行控制，通过控制负载电压的周波通断比来控制负载的功率，多用于大惯性的加热器负载。采用这种控制，即实现了温度控制，又消除了相位控制时带来的高次谐波污染电网，不过控制精度有所降低。

### 2, 控制模式比较

综观国内外 SCR 电力控制器产品，控制模式无非就是两种：相位控制和零位控制 (分配式零位控制、时间比例零位控制)。三者之间的比较请看以下图表：



**相位控制：**作用于每一个交流正弦波，改变正弦波每个正半波和负半波的导通角来控制电压的大小，进而可以调节输出电压和功率的大小。

**零位控制:** 在设定的周期  $T_c$  内,  $T_c$  通常为一秒, 触发信号使主回路接通几个周波 (几个完整的正弦波), 再断开几个周波 (几个完整的正弦波), 改变晶闸管在设定周期内的通断时间比例, 以调节负载上交流电的平均功率, 即可达到调节负载功率的目的。

根据输出电压分布的不同, 零位控制又分为分配式零位控制, 既在  $T_c$  周期内根据输出百分比平均分布周波; 时间比例零位控制则在  $T_c$  周期内根据输出百分比连续接通几个周波, 然后在  $T_c$  周期剩余的短时间内连续关掉几个周波。

**优劣性比较:**

控制模式	优点	缺点
相位控制	1, 控制精度高 2, 任何负载皆可控制 3, 可做各种控制变化	1, 控制不当易造成电磁干扰须加装各种防制措施 2, 费用较高
时间比例零位控制	1, 无电磁干扰 2, 构造较简单 3, 费用较低	1, 只能控制纯阻性负载 2, 负载较易受冲击 3, 控制精度较低
分配式零位控制	1, 无电磁干扰 2, 构造较简单 3, 费用较低 4, 控制效果比时间比例零位控制优异	1, 只能控制纯阻性负载 2, 负载较易受冲击 3, 控制精度较低

**3, 控制模式选择**

负载种类	驱动负载电源型式	控制模式选用	建议加装配备	备注
一般纯阻性负载 <input type="checkbox"/> Kanthal A, A-1, DSD <input type="checkbox"/> Nichrome wire/strip 镍铬耐热合金 <input type="checkbox"/> Cartridge heaters 环状加热器 <input type="checkbox"/> Stainless steel element 不锈钢加热组件	直接与电力电源连接	● 相位控制 ● 分配式零位 ● 时间比例零位		加热期间电阻几乎不变
负阻性负载 <input type="checkbox"/> Super Kanthal St, N, 33 <input type="checkbox"/> Carbon element 碳组件 <input type="checkbox"/> Tungsten element 钨组件 <input type="checkbox"/> Platinum element 白金组件 <input type="checkbox"/> Molybdenum element 钼组件 <input type="checkbox"/> Graphite element 石墨组件	经变压器降压供电	● 相位控制	● 定电流 ● 电子式过流保护	加热期间电阻改变上升 (未加热前电阻很低)
物体本身直接接电源加热 <input type="checkbox"/> Salt bath heat treat 盐浴 <input type="checkbox"/> Glass melting 玻璃溶解 <input type="checkbox"/> Zinc refining 镀锌 <input type="checkbox"/> Materials analysis 材料分析	变压器耦合并回馈保持稳定度	● 相位控制	● 定电压 ● 电子式过流保护	
特殊产品 <input type="checkbox"/> Silicon carbide element 硅碳棒	变压器耦合 (变压器必须有多种不同电压输出端) 以供应组件使用年限长久可改变供给电压, SCR 可接一次或二次侧	● 相位控制 ● 分配式零位		电阻由于使用年限而增加约 2 倍

感应高频加热 <input type="checkbox"/> Induction heating coils <input type="checkbox"/> RF heating-plate voltage	直接加电源或升压变压器, SCR 在一次侧	●相位控制	●定电压	高直流电压 供给负载
<input type="checkbox"/> Tungsten filament lamps	直接加电源	●相位控制	●定功率 ●软起动	
<input type="checkbox"/> DC-Tungsten lamps	直接加电源	●相位控制	●定电压	

## 第二章 E 系列 SCR 电力控制器

### 1, 产品特点

E 系列 SCR 电力控制器是我公司继 P 系列后开发的一套全新控制器, 为的是降低控制器的成本, 缩小体积, 改善外观。用在简易控制的场所, 主要用于控制一般的发热丝。全系列开模成型, 美观大方, 经济实惠, 即将成为 SCR 电力控制器领域的一大亮点。

其它特性还有: 全系列加装高速保险丝, 防止短路电流 ( $di/dt$ ) 对 SCR 造成损害; 体积小, 安装配线容易; 多只 LED 灯显示, 遇到状况立刻可判断故障原因, 迅速排除; 输出特性线性度高, 控温精度高; 高品质, 高技术产品, 绝无干扰现象。

### 2, 技术规格

#### ◆控制输入信号

电流输入: 4~20mA DC 输入阻抗: 120Ω

电压输入: 1-5V, 0-5V

手动输入: 5KΩ 电位器

接点控制输入

#### ◆负载额定电压范围:

220V: 220V AC ±10% 50HZ

380V: 380V AC ±10% 50HZ

#### ◆有效值电流与制冷系统:

40A, 60A, 80A, 100A, 120A 强制风冷系统

#### ◆控制模式

相位控制

时间比例零位控制, 周期 1 秒

可调周期零位控制, 周期调节范围 1-60 秒

分配式零位控制, 周期 1 秒

#### ◆短路、过流保护系统

保护动作: 当电流超过额定电流的 130~150% 时, 快速熔断器熔断

动作时间: < 20ms

复位: 更换快速熔断器

#### ◆散热器超温保护系统

保护动作: 当散热器温度超过 75℃ 时, 输出切断, LED 指示灯亮

动作时间: < 20ms

复位: 故障排除后重新上电

#### ◆运行环境:

周围温度范围: -10~50℃

周围湿度: ≤90%R

#### ◆绝缘阻抗:

最小 20MΩ 500V DC

◆绝缘体强度:

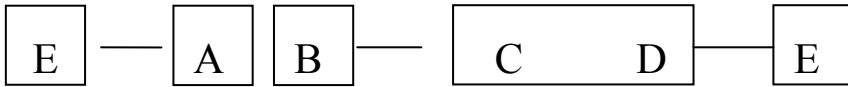
2000V AC 1 分钟 (220V)

2500V AC 1 分钟 (380V)

◆材料和外部涂层:

钢板/油漆涂层

3, 型号识别



**A**—电源种类

1: 单相 (1Φ)      3: 三相 (3Φ)

**B**—控制模式

P: 相位控制      Z: 时间比例零位控制      S: 可调周期零位控制

D: 分配式零位控制

**C**—电源电压

220V              380V

**D**—电流种类

40A~200A 按客户具体电流要求定制

**E**—保护方式

0: 无              1: 快速熔断保险管

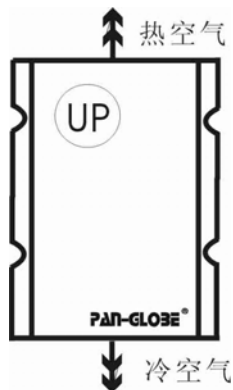
4, 外观尺寸及安装说明

1) 外观尺寸

单相	长	宽	高
40A~50A	160	101	122
60A~120A	225	110	162
三相	长	宽	高
40A~100A	210	140	185

2) 安装说明

SCR 电力控制器内部均会产生热量, 安装时请依据安装方向安装(见下图), 即控制器外壳上的文字方向朝上。一般 60A 以上我们就加装风扇冷却, 风扇在控制器的下端。请勿安装于高温或通风不佳之场所, 否则请低于额定之 70% 使用。



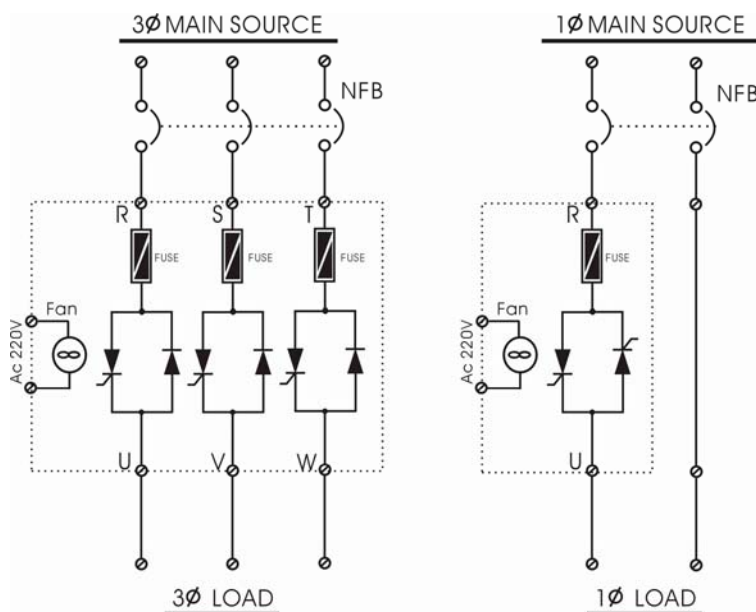
5, LED 灯显示状况及故障排除

在面壳上有四个 LED 灯，它们分别显示不同的状况，控制器的运行情况可以通过它们看出，一目了然，非常方便，其具体代表何种状况，请看下表：

编号	颜色	显示状况	异常故障原因	处理对策
PWL	红色	电源指示灯 如果亮表示电源工作正常 如果不亮则可能异常	1, 辅助电源未送电 2, PCB 基板故障 3, SCR 超温	1, 检查辅助电源电路 2, 更换 PCB 基板或送修 3, 检查 SCR 超温情形
IN	绿色	输入指示灯 随输入信号大小明减 如果灯不亮则可能异常	1, 输入信号未接或没输出 2, 输入信号接反 3, 内部 MAX 或外部 VR 归零	1, 检查输入信号 2, 检查输入信号接线是否正确 3, 检查内部 MAX 及外部 VR
OUT	黄色	输出指示灯 随输出量大小明减 相位：灯亮表示正常 零位：闪烁表示正常 如果灯不亮则可能异常	1, 无控制信号输入或反接 2, IN 灯有亮 OUT 灯不亮 3, OUT 灯亮，无电流输出	1, 检查 IN 灯，灯未亮表示无信号输入或反接 2, PCB 基板故障，更换或送修 3, 检查主电源或保险丝
ERR	红色	SCR 超温指示灯 正常情况下灯不亮 如果灯亮则可能异常	1, SCR 散热风扇故障或卡住 2, 周围环境温度过高或通风不良	1, 更换风扇或清除异物 2, 改善通风条件

## 6, 接线范例

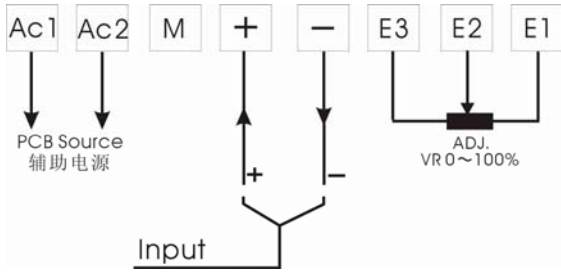
### 1) 主回路接线图



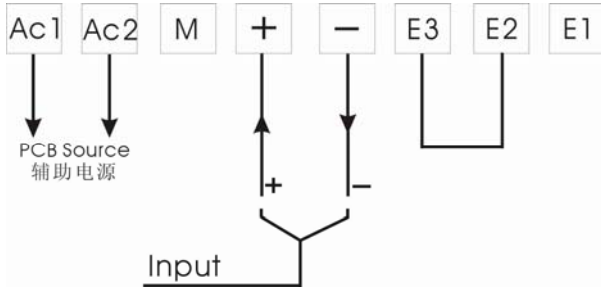
### 2) 控制信号输入接线图

E 系列 SCR 电力控制器的输入控制接线有多种接法来满足不同的控制要求。

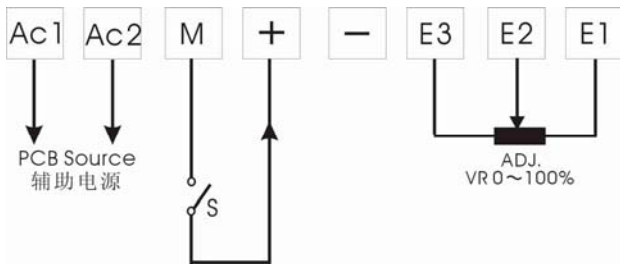
◆电压，电流信号输入，输出百分比可调。即直流电压 1-5V，直流电流 4-20mA 输入的同时可以通过电位器 ADJ 调节限制输出百分比。接线如下图：



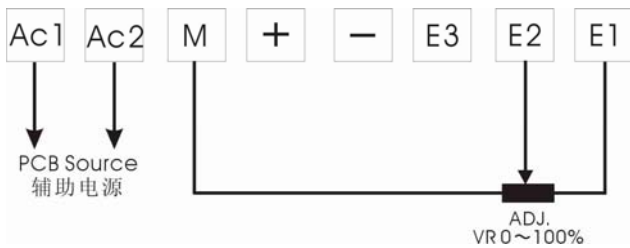
◆电压，电流信号输入，输出百分比不可调。接线如下图：



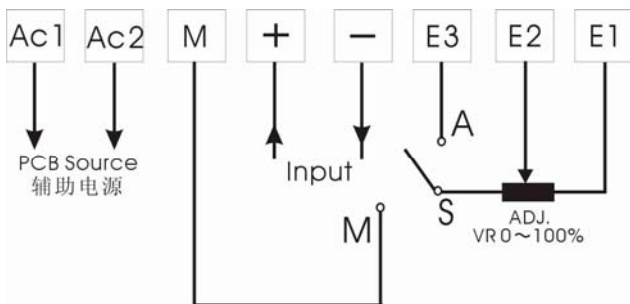
◆接点控制信号输入，输出百分比可调。即用一个开关信号输入，输出可以通过电位器 ADJ 调节。接线如下图：



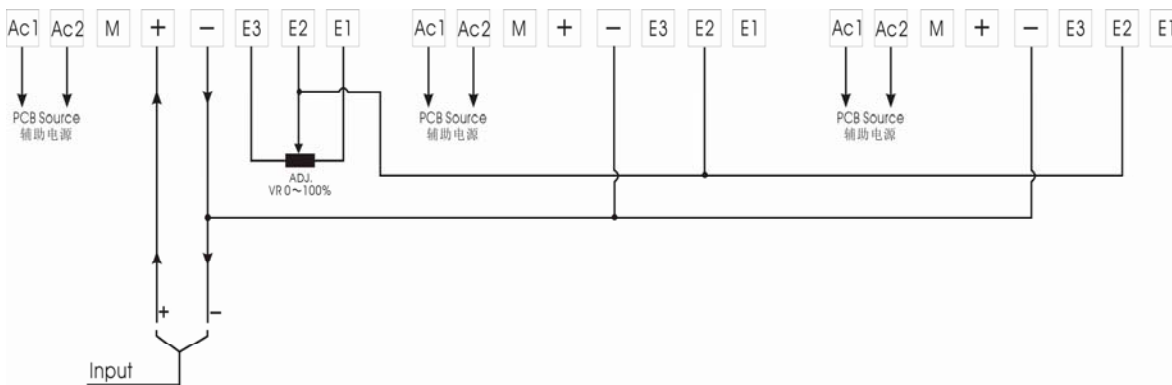
◆手动输入，直接在控制器上连个电位器，调节它改变输出百分比。接线如下图：



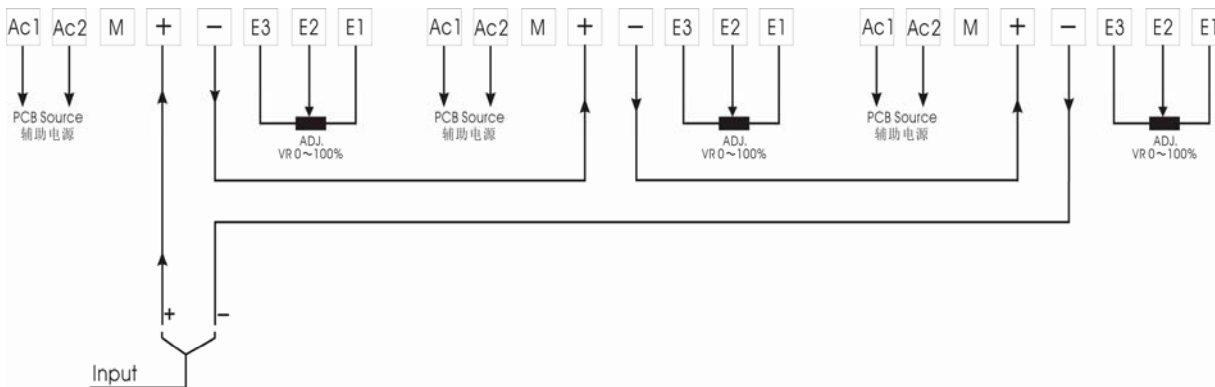
◆自动/手动切换控制，输出百分比可调。即 S 开关打到 M 则选择手动输入，S 开关打到 A 则选择自动输入。接线如下图：



◆多台连接，一台外部 VR 设定。即多台连接在一起，输出百分比由一个电位器 ADJ 统一控制。接线如下图：



◆多台连接，各自外部 VR 设定，本串联接法最多只限三台。即三台用一个控制信号串联，各自的输出可以通过各自的电位器调节。接线如下图：



外部接线方式如上所示，在 SCR 控制器内部，如果输入的是 4-20mA 或手动信号时请将控制器电路板上 J6 短路片置于 4-20 位置处；如果输入的是 1-5V 或 0-5V 信号那么请将 J6 短路片置于 1-5 位置处。

### 第三章 安装调试步骤

由于 SCR 电力控制器的安装涉及了一些接线和调试问题，尤其是三相控制器，涉及到的问题就更多，本章侧重于介绍三相控制器的调试，请安装调试人员在调试前参考阅读此章。

#### 1, 检查控制器

- 1) 检查控制器因运输的影响是否有撞伤，损坏现象。如有明显的损伤，请与我公司联系。
- 2) 打开控制器的面板，检查因运输的影响而是否有导线送动，脱落现象，并且用螺丝刀紧固所有的接线端子螺丝。
- 3) 翻开控制板，检查铜排与可控硅模块相连的螺丝是否松动，并紧固螺丝。

#### 2, 检查变压器

对于变压器一次侧调压的应用场合，在使用前简单检查变压器。

- 1) 断开变压器原边和副边的联机，用万用表检查变压器原边对副边，原边对地，副边对地的电阻都应不小于 1M 欧。
- 2) 检查变压器的夹紧螺丝是否松动，硅刚片是否松动现象，并紧固螺栓。

#### 3, 检查负载

- 1) 断开电源与炉膛内负载的联机，用万用表测量发热丝对地的电阻是否符合要求。一旦其中有两点对地短路，轻则引起三相电流电压不平衡，出现过流报警，重则引起控制器损坏。

2) 检查炉膛内发热丝是否有断开或松动。

3) 当发热丝对地的电阻符合要求后, 方可与变压器副边相连, 并且紧固螺栓。若螺栓松动引起接触不良也可引起控制器损坏。

#### 4, 轻载实验

连接控制器的输入电源线, 断开控制器与负载的联机, 用三只 60W/220V 的灯泡作假负载, 三只灯泡呈星形连接(无需引出中心线), 分别接到控制器的输出端。用我公司提供的附件 5K 欧电位器接成手动控制方式。接通电源, 做以下检查:

#### 对于 P 系列 SCR 电力控制器

●查看控制板上相序判别氖灯是否亮(三相), 风扇工作是否正常。

若相序判别灯不亮, 风扇不转, 请按以下步骤检查:

1) 检查控制器的输入电压 R-S-T 电压是否正常, 若正常, 再检查三相相序是否接错, 互调两条电源线, 直到相序判别灯亮为止。

2) 在主回路电源进线处, 有一条电源线(单相)或三条电源线(三相)引到控制器的控制板上电源上, 看接线是否脱落。

3) 检查控制板上电源变压器是否损坏。电源变压器原边或副边开路或短路, 停电后可检查原边线圈、副边线圈的电阻值是否正常。正常时原边在 700 欧左右, 副边 5-10 欧。如损坏请与生产厂方联系。

4) 风扇工作不正常请检查风扇电源联机是否正确。控制器出厂时, 已经接好电源线, 请打开主机, 看联机是否松动。

●调节手动电位器, 输出电压 U、V、W 两相间的电压应在 0-98%输入电压内连续可调, 并能稳定在任意值。

若控制器输出电压不随控制信号的变化而变化, 请作以下检查:

现象 1: 调节手动电位器时, 控制器无电压输出。

1) 检查控制器输入端 R、S、T 电压应为  $3 \times 380V \pm 10\%$ 。

2) 检查手动电位器(5K)接线是否正确, 请按手动控制方式正确接线。

3) 检查灯泡的联机是否开路或内部是否开路, 停电后检查控制器输出端电阻(带负载)任意两相应一致。

4) 控制电路板损坏, 有手动调节的控制信号, 无触发可控硅的触发信号。检测方法: 当电位器调节至最大时, 电位器抽头端对信号地之间的直流电压应在 5V 左右, 用万用表直流电压挡测量 G1 与 K1, ..., G6 与 K6 之间电压在 1.5VDC 之间, 如果没有触发电压信号, 则可能是控制板故障, 如损坏请与我公司联系。

现象 2: 控制器的输出电压不受手动电位器的控制, 始终有输出电压或最大输出电压。

1) 检查手动电位器(5K)接线是否正确及电位器是否损坏。手动电位器抽头端对信号地之间的直流电压应在 0-5V 连续可调, 如果不能连续可调, 则可能是接线错误或电位器损坏。

2) 控制电路板损坏。有手动调节的控制信号, 但触发可控硅的触发信号不随手动电位器的控制信号变化而变化。检测方法: 当电位器调节使输入在 0-5VDC 变化时, 用万用表直流电压挡测量 G1 与 K1, ..., G6 与 K6 之间电压在 0-1.5VDC 变化, 如果电压信号稳定在较大值不变, 导致控制器始终有电压输出, 则可能是控制电路板故障。如损坏请与我公司联系。

3) 可控硅损坏。可控硅损坏一般为阴极与阳极通路。检测方法: 停电后, 用万用表欧姆档测量 R 与 U, S 与 V, T 与 W 之间的阻值都应不小于  $10M\Omega$  才属正常。如阻值为零, 则可控硅损坏。如损坏请与我公司联系。

现象 3: 控制器的输出电压可由手动电位器控制, 但控制器(三相)的输出电压三相不平衡。

1) 控制器输入端 R-S-T 三相电网间电压不平衡, 可引起控制器的输出电压不平衡。其输出电压不平衡比例与电网电压不平衡比例相接近。



2) 三相负载(灯泡)阻值不平衡,可引起控制器输出电压不平衡。检测办法:检查三只灯泡的功率应一致,停电后直接用万用表欧姆档测量 U、V、W 之间的阻值应一致。

3) 控制电路板损坏。控制电路板的六组触发输出信号有一组或几组无法触发信号,可引起六组可控硅一组或几组未导通,导致控制器输出电压不平衡。测量方法:当电位器调节至最大时(电位器中间抽头与地的电压在 5V 左右),用万用表直流电压档测量 G1 与 K1, ···, G6 与 K6 之间电压 1.5VDC 左右,并且六组电压信号基本一致。如果有一组或几组无触发信号或相比较后差别过半,则有可能控制电路板故障。另一种方法是:直接用万用表直流电压 500V 档测量控制器的输出端 U-V-W 的直流电压,正常时应小于±3V,不正常时应大于±100V 以上。此种情况请与我公司联系。

4) 可控硅模块损坏。首先检查控制电路板上可控硅触发信号线 G1, K1, ···, G6, K6 接线是否松动,排除由于接触不可靠引起可控硅无触发信号而不导通的可能性。可控硅损坏有两种情况:一,是可控硅的阴极与阳极通路。若可控硅一只或两只通路可引起控制器输出电压不平衡(三只全部通路,则三相全输出,相当于三相电源直接连接灯泡负载)。二,可控硅触发极 G, K 开路。判别方法:停电后用万用表欧姆档测量控制电路板 G1 与 K1, ···, G6 与 K6 之间的阻值,正常时应为 10-30 欧姆,若确定可控硅损坏,请与我公司联系。

### 对于 E 系列 SCR 电力控制器

在面壳上有四个 LED 灯,它们分别显示不同的状况,控制器的运行情况可以通过它们看出,一目了然,具体请参考 E 系列 SCR 电力控制器第二章第五节 LED 灯显示状况及故障排除。

### 5. 额定负载实验

连接好实际负载后,将手动电位器调至最小,即使抽头端与地电压为零或小于 1.2VDC(若采用 4-20mA 温控仪调节,请正确接线后,让温控表输出 4mA 左右)。接通主电源,缓慢调节电位器,控制器的输出电压(电流)应随电位器变化,若是三相控制器,那么三相输出电压(电流)应平衡。如出现故障,请按下述方法检查。

#### ●三相控制器的输出电压(或电流)三相不平衡

1) 控制器输入端 R-S-T 三相电压不平衡,可引起控制器输出电压不平衡。其输出电压不平衡比例与电网电压不平衡比例相接近。

2) 三相负载阻值不平衡,可能引起负载不平衡的原因有:

A,三相负载本身不平衡,引起控制器三相输出不平衡,其输出电压(电流)不平衡比例与三相负载不平衡比例相接近。

B,负载连接处接触不牢靠(如炉膛内发热丝是否断开或松动),由于接触电阻引起三相负载阻值不平衡。

C,如果三相负载中,每相负载为多组小负载并联,小负载接触不良或开路引起三相负载不平衡。

D,炉膛内发热丝有两点或两点以上对外壳(或大地)短路,轻则引起三相电压(电流)不平衡或出现过流报警,重则引起控制器损坏。

E,若负载为变压器,三相输出不平衡或损坏(变压器损坏情况极少出现),可脱开变压器的原边、副边联机,直接接入 3×380V 电压,检查变压器的空载电压和空载电流。

3) 控制器故障。检查方法:请脱开控制器实际负载,按照上述控制器轻载实验方法判定控制器是否正常,确认控制器故障,请与我公司联系。

#### ●P 系列控制器过流报警,控制器无输出

1) 负载故障

A,控制器主回路、负载连接接触不牢靠,如炉膛内发热丝是否断开或松动,似通非通,电流急骤跳变引起过流报警动作。

B,负载短路或炉膛内发热丝有两点或两点以上对外壳(或大地)短路。检查对地短路可用万用表测量发热丝对地的电阻是否符合要求。此种情况可引起控制器损坏。

2) 控制器故障

首先排除是因控制器电路板上触发线接线不良引起的故障。

A, 控制器电路板损坏, 出现少一组或几组触发信号, 使每组反并联可控硅单向导通, 控制器的输出有直流电压。如果用在变压器一次侧调压, 将使变压器磁化而引起控制器过流报警。

B, 可控硅损坏, 出现少一组或几组可控硅的触发极 G、K 开路。使每组反并联可控硅单向导通, 控制器的输出有直流电压。如果用在变压器一次侧调压, 将使变压器磁化而引起控制器过流报警。

C, 控制电路板不可控或可控硅损坏 (阴极与阳极短路), 使控制器输出电压 (电流) 不可控, 在负载冷态升温时, 工作电流过大而引起控制器过流报警。

检查方法: 请脱开控制器实际负载, 按照上述控制器轻载实验方法判定控制器是否正常。确认控制器故障, 请与我公司联系。

注: 过流报警后, 控制器将截止输出, 须按复位开关或停电重新启动。

#### ●控制器过热, 控制器无输出

1) 检查风扇是否停转或转动是否正常, 有无异常噪音或转速变慢。

2) 使用环境温度是否偏高或者通风较差, 要加大排风量。

3) 控制器长时间超额定电流工作, 引起散热器温度过高而截止输出, 须选用较大功率的控制器。

注: 控制器过热后会截止输出, 当散热器温度低于报警温度时, 控制器将自动恢复输出。

#### ●控制器的控制信号已加到最大值, 但控制器输出电流达不到额定电流值

1) 检查控制器的控制信号是否达到最大值 (5V 左右), 测量控制电路板输入端对信号地电压应为 5V 左右。

2) 控制器的输出电压已经达到最大输出值 (97%左右), 但输出电流不到额定电流值, 是因为负载的电阻值偏大 (加热功率偏小) 或变压器负载的副边电压偏低, 控制器属于正常, 只须更换较大功率的负载即可。

3) 控制器的输出电压不到最大输出值, 输出电流也不到额定电流值, 是控制器满度调整没有调好, 一般在出厂时, 已经调整好, 如果没有特殊需要请用户不要调节控制器上任一电位器。

## 第四章 定货须知

定货时请确认您需要的工作电压与电流, 电源的种类及频率。按型号识别正确填写型号。

最后请注明您要控制的负载种类。