

**PAC03I-SERIES**  
**三相 SCR 功率控制器**  
**使用说明书**

上海史晖自动化设备有限公司

## 使用注意事项

1. 请不要用手触及功率控制器内部，以防触电。
2. 请不要堵塞散热器上方，不要让杂物进入散热器内部。否则可能影响机器使用寿命。
3. 在切断电源后一段时间内。功率控制器的散热器，铜排等有可能处于高温状态，故请不要触摸，以免烫伤。

## PAC03I-SERIES 三相 SCR 功率控制器说明书

PAC03i是大功率固态电力模块应用技术的新产品。它集三相调压/调功方式为一体，采用锁相环同步电路、带自动判别相位、电源缺相保护、上电缓启动、缓关断、散热器超温、电流限制、过流保护、串行工作状态指示等功能，适用于电阻性负载和感性负载。

### 一. 技术规格

1	负载控制元件	光隔离触发型单向晶闸管反并联模块 (调相型大电流固态继电器)
2	负载电源	三相 380V AC $\pm 10\%$ 50HZ
3	电流容量	80, 105, 162, 255, 270, 320, 400, 570
4	控制板电源与功耗	电源: 380V AC $\pm 10\%$ 50HZ, 要求与负载电源同相位 功耗: 5W 最大
5	风扇电源 (根据型号配备)	电压: 220V AC 电流: 0.5 A 以下
6	控制输入	4~20mA DC 输入, 接收阻抗 120 0~10V DC 输入, 输入电阻 >450K
7	LED 状态显示灯	输入指示 LED 灯(1 支): 绿色, 输入线性亮度指示 三色状态 LED 灯(1 支): 绿色, 运行(有输出) 黄色闪烁, 停机(无输出) 红色, 过流报警(无输出) 红色闪烁, 电源缺相(无输出) 红绿闪烁, 散热器超温报警(无输出) 黄绿闪烁, 三相电源未供电 黄色, 控制板故障 三相电源相位检测 LED 灯(3 支): 红色, 相电压正常
8	控制方式	调相控制: 连续调压 调功控制: 阻性过零调功, 感性调功
9	调节输出分辨率	调相 0.2°, 调功 20ms
10	移相范围	0~175°, 星型负载(中心点接地) 0~145°, 三角型负载或星型负载(中心点不接地)
11	驱动输出	配调相型固态继电器, 可变宽度脉冲: 8°~120° 电压: 8V 电流: 20mA 最大
12	手动方式	外接 10K 电位器调整
13	缓启动时间	调相控制时, P3 电位器调整。调整范围: 0.2~120 秒
14	缓关断时间	调相控制时, 10 秒固定
15	电压限制	板内 P1 电位器或外接 10K 电位器调整。 调整范围: 0~100%
16	电流限制(选件)	外配 TCT1 电流变换器, 外接 10K 电位器调整。 调整范围: 20%~100% 取消电流限制: CT 输入端悬空或将外接电位器调至最大

17	散热器超温保护	75 温度开关，常闭接点 动作时间：< 20ms
18	过电流报警 (选件)	外配 TCT1 电流变换器，板内 P2 电位器调整。 调整范围：100% ~ 150% 过流设定：SW1-2 = OFF，板内 P2 电位器调整 过流报警：SW1-2 = ON，过流时报警动作 动作时间：< 20ms
19	报警输出	当电源缺相、散热器超温，负载过流时动作 规格：1 个常开接点，1A 250V AC 纯阻 输出端子：CN8-2、CN8-3
20	急停	报警动作时，控制输出急停 动作时间：< 20ms 解除：报警解除后，进入待机状态或重新上电解除
21	启动/停止开关 (外接开关)	RS 端：CN6-7 端子，GND 端：CN6-1 端子 RS - GND 端：无电压接点输入 短路：缓关断，开路：缓启动
22	调功/调压切换 (选件,外接开关)	U1 端：CN9-3 端子，GND 端：CN9-4 端子 U1 - GND 端：无电压接点输入 短路：调压(出厂设置)，开路：调功
23	串行状态发送 (选件)	电流环串行状态发送，配南岸普力 TDR 串行状态接收器 发送端子：SD+(CN9-1)、SD-(CN9-2) 五种状态输出：运行、散热器超温、过流、缺相、控制板电源正常
24	缺相运行方式	SW1-1: ON, 缺相强行运行，绿色运行灯继续亮、输出维持、报警继电器动作，适合纯阻负载。 SW1-1: OFF, 缺相停机，状态灯红闪、报警继电器动作、输出急停，适合感性负载。
25	三相电源相位检测	三个红色 LED 灯指示，自动判别相位 红灯亮：相电压正常；红灯灭：相电压异常
26	工作环境 和存储温度	温度范围：0 ~ +40 湿度范围：90% RH 最大，无结露 海拔高度：2000m 以下 存储温度：-10 ~ +60 其它要求：通风良好，不受日光直射或热辐射，无腐蚀性、可燃性气体
27	安装形式和要求	壁挂式，垂直安装，通风良好
28	绝缘电阻 介电强度	绝缘电阻：模块输出端与外壳，500VDC 20M 最小 控制板电源端与外壳，500VDC 20M 最小 控制输入端与外壳，500VDC 20M 最小 控制板输入端与电源端，500VDC 20M 最小 介电强度：模块输出端与外壳之间，2000VAC 1 分钟 控制电源端与外壳之间，2000VAC 1 分钟

## 二. 安装及使用须知

- 使用前请认真阅读本说明书，严格按照要求接线使用。
- 本电压调整器是壁挂式，垂直安装在通风良好，不受日光直射或热辐射，无腐蚀性、无可燃性的环境中。
- 负载应无短路、局部放电打火等现象，要求绝缘良好。
- 特别指出：变压器负载不能空载或轻载运行。
- 散热器超温保护后，如要运行，需排除故障后，再送电运行。
- 在使用过程中若发生过流现象，应首先检查负载有无短路等故障。
- 过流保护：一般地说，过流保护不能完全避免负载短路造成的设备损坏，不能代替快速熔断器。
- 负载短路保护：用户需配快速熔断器作为短路保护，一般按额定负载电流的 1.5 倍选择。

## 三. 装箱清单表

PAC03i 整机一台，10K 电位器两只，说明书 1 份。

## 四. 选型单

项目	型号代码	规格	
三相电力调整器	PAC03i	基本功能：移相调压，锁相环同步，宽脉冲触发 调节分辨率：0.2° (调压), 20ms (调功) 缓启动时间：0.2~120 秒可调 缓停时间：10 秒 报警输出：常开 1A 250V AC 基本报警：散热器超温，电源缺相 电源电压：380V AC ± 10% 50HZ 环境温湿度：0~40℃，90%RH 最大	
控制输入	4-	4~20 mA DC, 接收电阻：120	
	6-	0~10 V DC, 输入电阻：450K	
三相负载连接形式	Y0-	Y0：星型中心点接地	
	TR-	：三角型；或 Y：星型中心点不接地	
电流容量 (一般纯阻负载，阻值恒定) 外形尺寸 mm	080-	80A AC	270 长 × 124 宽 × 230 厚
	105-	105A AC	300 长 × 192 宽 × 220 厚
	162-	162A AC	310 长 × 242 宽 × 240 厚
	255-	255A AC	345 长 × 242 宽 × 265 厚
	270-	270A AC	345 长 × 242 宽 × 265 厚
	320-	320A AC	415 长 × 280 宽 × 265 厚
	400-	400A AC	460 长 × 310 宽 × 310 厚
	570-	570A AC	460 长 × 310 宽 × 310 厚
电流限制和过流报警(选件) (含 TCT1 电流变换器，测两相电流)		N	无
		C	电流限制和过流报警功能
电流环光隔离远程状态接口(选件) (散热器超温、过流、缺相、运行、电源)		N	无
		F	远程状态接口(含 TDR 远程状态接收器)
调功(选件)		00	无
		01	阻性调功
		04	感性调功
特殊要求(选件)		N	无
		0	老外形(外形厚度增加 17mm)
		S	用户特殊定制的功能

## 五 . 订货说明

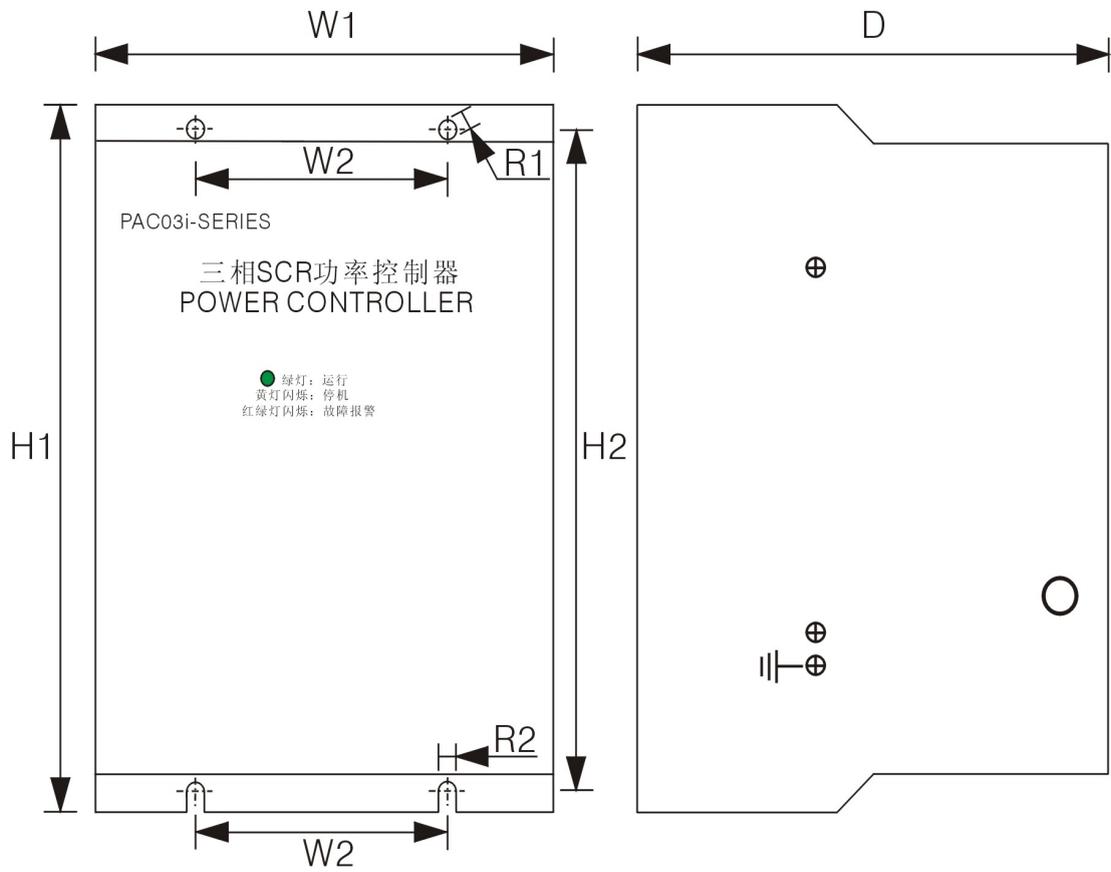
### 1. 电力调整器电流容量选择参考

- 一般纯阻负载：电力调整器电流容量应大于负载最大电流。
- 硅碳棒负载：当取消变压器时，硅碳棒应串联，使之能够承受电源电压的 70%~80% 以上。硅碳棒在 700~800 存在负阻区，电力调整器电流容量应大于负载最大电流的 1.7 倍。
- 电热管负载：电热管易受潮、局部短路和放电打火等，电力调整器电流容量应大于负载最大电流的 1.7 倍。
- 变压器负载：应带电流限制功能，电流容量应大于负载最大电流的 2~2.5 倍。
- 特殊负载应加大电流容量，订货时声明。

### 2. 定货例：PAC03i-4-TR-105-CN01N，含义如下：

PAC03i三相电力调整器（移相调压，散热器超温、电源缺相报警，控制板为380V电源供电），4~20mA 输入，星型中心点不接地或三角型一般纯阻负载，最大电流105A（纯阻负载最大电流105A；硅碳棒负载、电热管负载最大电流61A；变压器负载最大电流42A），带限流和过流报警选件功能，带阻性调功选件功能。

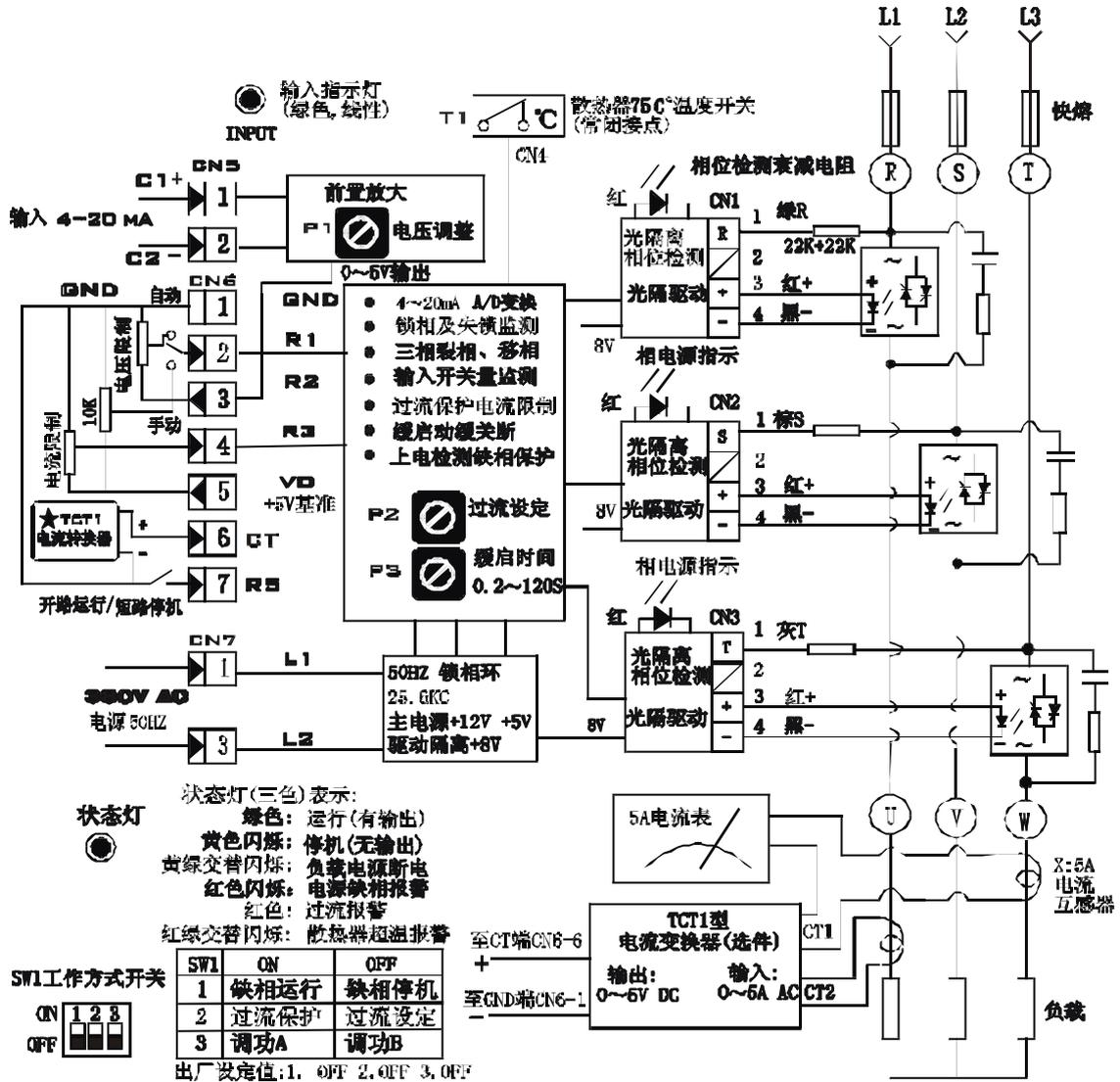
## 六. 装尺寸图和电器原理图框图



安装尺寸表

电流 A 尺寸 mm	80A	105A	162A	255/270A	320A	400/570A
H1	270	300	310	345	415	460
H2	248	280	290	325	395	442
W1	127	192	242	242	280	310
W2	97	140	140	140	180	160
D	230	220	242	265	270	310
R1	10	12	12	12	10	12
R2	8	8	10	10	10	10

# PAC03i 电原理框图

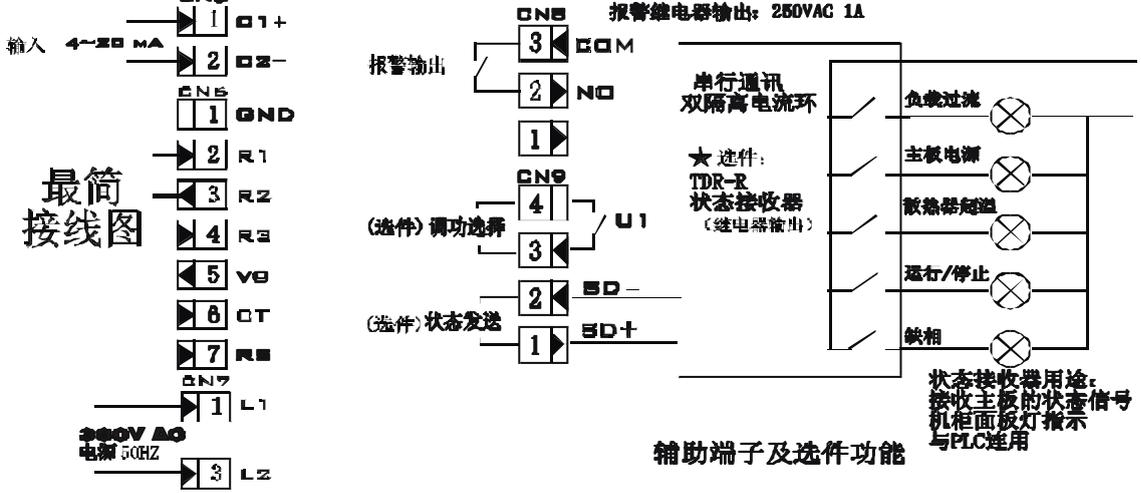


**状态灯 (三色) 表示:**  
 绿色: 运行 (有输出)  
 黄色闪烁: 停机 (无输出)  
 黄绿交替闪烁: 负载电源断电  
 红色闪烁: 电源缺相报警  
 红色: 过流报警  
 红绿交替闪烁: 散热器超温报警

SW1 工作方式开关	ON	OFF
1	缺相运行	缺相停机
2	过流保护	过流设定
3	调功A	调功B

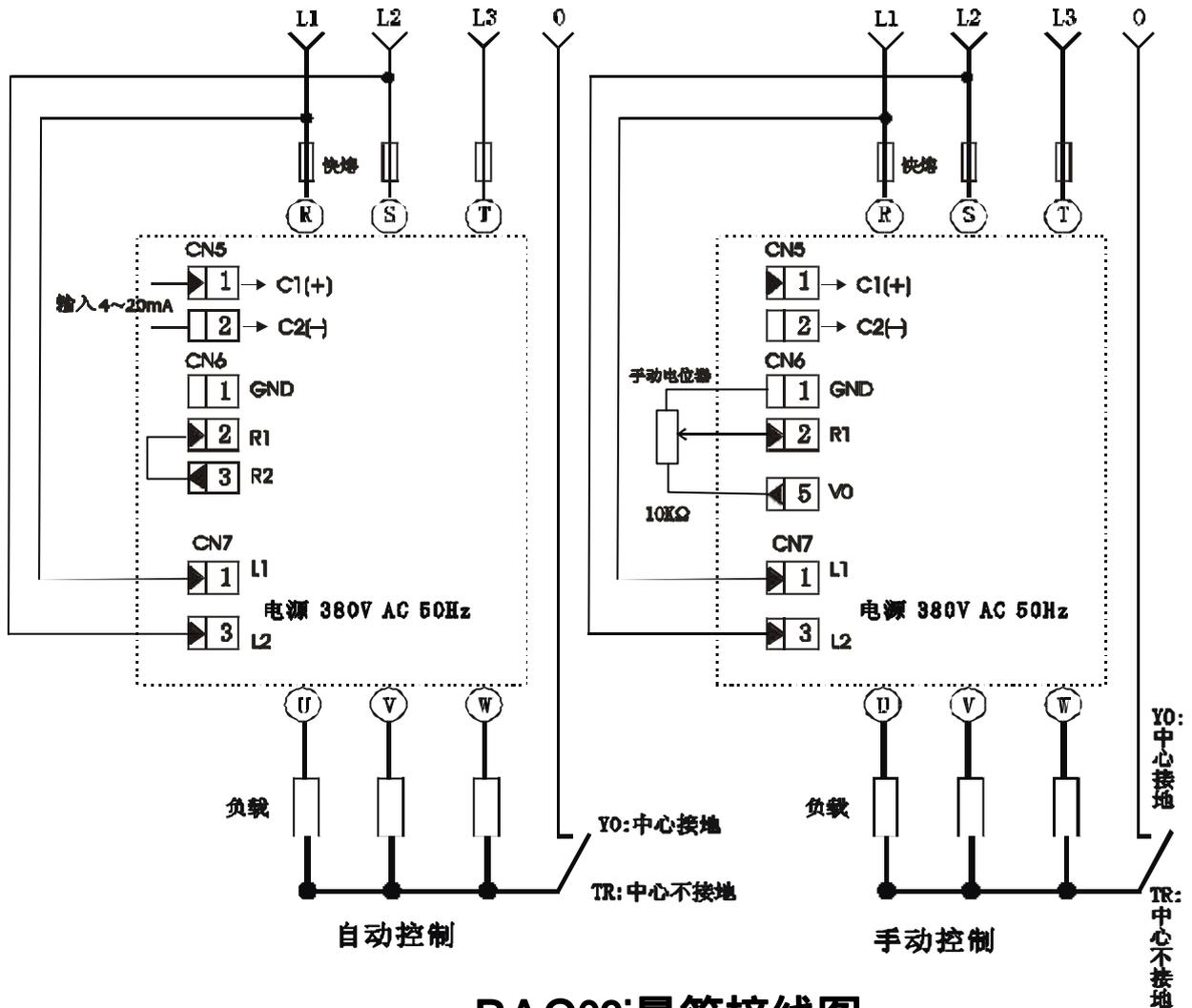
出厂设定值: 1, OFF 2, OFF 3, OFF

说明: 1) R1R2短路出厂配置。 2) 常闭温度开关T1不使用时, 必须短路, 否则视为超温报警。  
 3) 上限电压限制可由外部或板上P1电位器调整 4) 负载的中心接地或不接地订货申明 5) 调功时订货申明



## 七. 接假负载调试

为调试可靠、顺利进行，一般先接假负载(如：100~200W 灯泡、电炉等)。负载电压变化应连续、均匀、平稳，并与输入信号成线性关系，各相电压之间应平衡。对于变压器负载，应将变压器一次侧断开后，再接假负载。可按最简接线图(见下图)接线，进行自动或手动调试。注意电源电压的要求以及负载是否中心接地。



**PAC03i最简接线图**

- 自动调试：将仪表 4~20mA 的输出信号接到 C1、C2 端，R1、R2 短路，按上图的自动控制接线。输入变化信号逐步增大时，绿色输入灯亮度和负载电压应随输入增加。
- 手动调整：外接 10K 手动电位器。电位器的两个固定端分别接 V0、GND 端，滑动端接 R1 端，按上图的手动控制接线。调整手动电位器，负载电压调整范围为 0~100%。此时，负载电压应均匀变化。
- 上电缓启动时间：调整控制板上的 P3 电位器，启动时间 0.2~120 秒用户可设。

## 八. 接实际负载调试

假负载调试通过后，再接实际负载。对于变压器负载，变压器二次侧的负载不能开路，不能空载和半载，必须加实际负载。

加电前，需保证负载没有短路、接触不良等现象，绝缘强度应满足要求，负载的连接形式应与调压器型号相符；保证调压器安装与接线应符合要求，机柜通风良好等；控制板电源

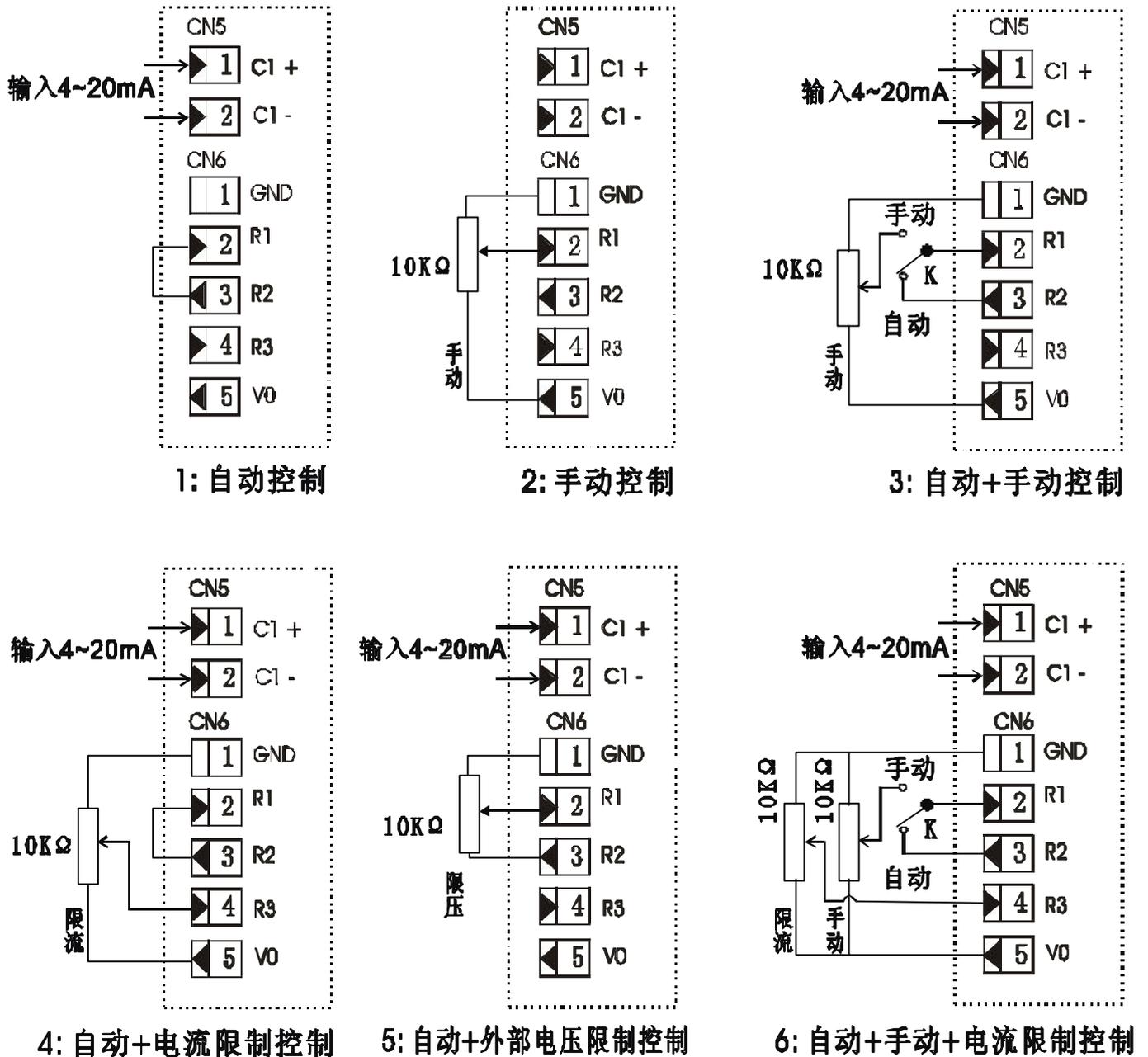
电压符合要求。

加电后，逐步增加控制输入信号或调整手动电位器，使负载电压从小到大逐步增加。若发现异常，需停机检查。

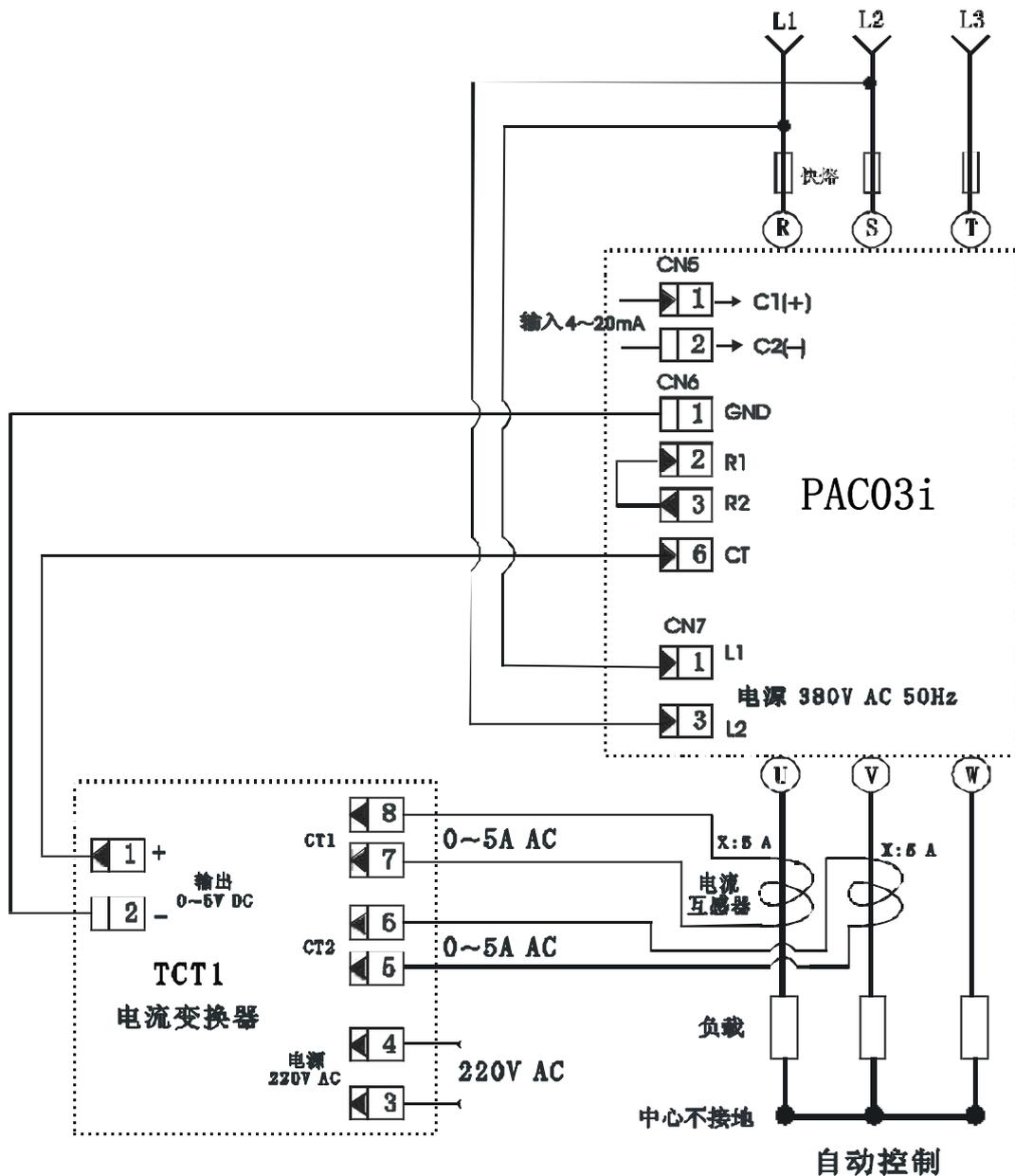
负载最大电压取决于负载特性，烘炉情况，炉温高低，负载电流大小等情况。若变压器设计不合理，发生磁饱和时，电压也加不上去。

## 九．控制板常见接线组合及 TCT1 接线图

用户可根据实际使用需要，选择接线方式。下图列出了常见的接线组合，供设计时参考。



## 接线组合示意图



## TCT1 的接线图

### 十. 电流限制 (选件)

按PAC03i与TCT1的接线图(上图)接线, 并参照接线组合图(上图)的组合方式4或6, 接实际负载调试:

- 先将10K $\Omega$ 限流电位器调至不限流位置, R3与GND间电压约为5V。
- 手动(或自动)给定负载电流最大值后, 调限流电位器到电流刚开始下降位置, 即可。
- 调功方式时, 最大电流限制功能被取消。

## 十一. 过流报警（选件）

按PAC03i与TCT1的接线图(上图)接线，并参照接线组合图的组合方式3，接实际负载调试：

### ●DIP功能开关SW1-2的设置

SW1-2: ON, 过流报警方式

SW1-2: OFF, 标定过流报警值

### ●过流报警值的标定方法

一般，选取过流报警值为最大负载电流的1.3倍。**按过流报警值的1/2进行标定。**

1. 设SW1-2 为 OFF。

2. 手动调节负载电流，达到过流报警值的1/2（若负载电流达不到，可调限流电位器）。

3. 调整控制板内P2 电位器，使状态灯由绿变成黄色，标定完成。例如：若最大负载电流为100A，过流报警值选130A，则按过流报警值的1/2即：65A标定。

### ●过流报警

1. 设SW1-2为 ON

2. 运行中，负载电流大于过流报警值时，过流报警动作：调节输出急停、报警输出接点吸合、状态指示灯为红色。例如：若最大负载电流为100A，过流报警值选130A，按65A标定。运行过程中，负载电流大于130A时，过流报警动作。

●调功方式时过流报警值的标定调功方式的过流报警值必须在调压方式下进行标定。标定后，再转到调功方式。

### ●过流报警的复位

过流报警保护时，状态灯变成红色，继电器动作吸合、输出停止。需检查原因排除故障后再启动。复位方法：1) 断电后重新上电运行或2) 闭合启停开关，置停机状态，黄灯闪烁；断开启停开关，系统运行，绿灯亮。

### ●注意事项

由于实际负载冷热阻变化、负载老化、变压器负载、上电浪涌电流、瞬间电流异常等因素，过流保护动作灵敏度过高容易造成误动作。进一步可微调P2，反时针调整灵敏度高，动作提前；顺时针调整灵敏度低，旋到极限位置时（或置SW1-2为 OFF 时）保护被取消。

因为过流保护并不能取代快速熔断器的作用，所以用户应自行外配快速熔断器，容量应为负载最大电流的1.5倍左右。

**注：过零调功时无电流限制功能。**

## 十二. 串行状态发送（选件）

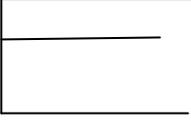
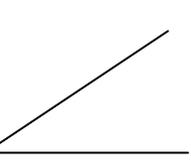
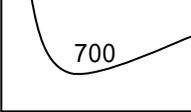
接线见PAC03i电原理图框图。外配 TDR串行状态接收器。电流环串行状态发送，具有五种状态输出：运行、散热器超温、过流、缺相、控制板电源。可用于在机柜面板显示PAC03i状态，与PLC可编程控制器的接口等。

### 十三 . 调试中的问题及故障排除

当用户系统出现故障时,首应判断故障的部位,应将仪表、调压器和负载的问题分开处理。

- 负载无输出
  1. 检查电源:控制板、负载电源是否正常,快熔是否烧断。
  2. 检查负载:负载是否开路或接线有问题。
  3. 检查控制板状态灯:绿色,运行状态;黄色闪烁,停机状态(无输出);红色,过流报警(无输出);红色闪烁,电源缺相(无输出);红、绿闪烁,散热器超温报警(无输出);黄色常亮,控制板故障;不亮,未供电或控制板故障。
  4. 检查控制板输入指示灯:绿色,亮度应随输入信号变化。
  5. 检查控制板 P1 电位器的位置:顺时针调整,输出电压增加。
  6. 检查控制板 R1、R2 短路片:自动控制时,R1、R2 短路片应接好。
  7. 检查输入信号:范围,4~20mA。输入信号 > 5.6mA,应有输出。极性是否接反。
  8. 检查控制板 R2 端:R2 输出 0~5V(随输入信号 4~20mA 变化)。
  9. 检查控制板 RS 端:RS、GND 端短路,停机状态(无输出),状态灯黄色闪烁。
  10. 检查电流限制电位器:是否限流值调得太低。
- 负载电压不正常
  1. 检查电源:控制板、负载电源是否正常。控制板电源应与负载电源同相位。
  2. 检查负载:是否空载、轻载运行。变压器负载:二次侧不能空载,必须带全载。
  3. 手动检查:若手动控制正常,初步判断调压器没有问题。否则,接假负载继续检查。
  4. 自动检查:控制输入变化 4~20mA 时,R2 端的电压变化范围应为 0~5V。
  5. 输出电压只能调到负载电源的一半:调压器的晶闸管模块损坏一支臂。
  6. 检查阻容吸收器是否接触不良或损坏。
- 负载电压始终为最大且不受控  
输出始终为最大,无论是手动还是自动都不可调,可能原因:
  1. 可能负载开路或未接负载
  2. 调压器的晶闸管模块击穿损坏。晶闸管模块输出端的电阻一般大于 500K 。
- 开始运行正常,一段时间后,输出始终为最大。无论是手动还是自动都不可调。关机后、再开机,又能正常运行。可能原因:
  1. 环境温度过高。
  2. 负载长期过流。
  3. 负载瞬时过流造成晶闸管模块热击穿。
- 接假负载按最简接线调试  
若故障部位不易判断,可采用假负载调试法,假负载一般为 100~200W 的灯泡。
  1. 手动调节正常:初步判断调压器正常,怀疑负载有问题。需检查负载电源电压、保险丝和接触不良、断线、短路、绝缘下降、放电打火等问题。
  2. 手动调节正常,自动不正常:若控制输入 4~20mA 电流不正常,需进一步检查仪表;否则,需检查 P1 电位器是否将电压限幅调得太低,R1、R2 短路片是否接好。
  3. 手动、自动调节都正常:判断调压器没有问题。

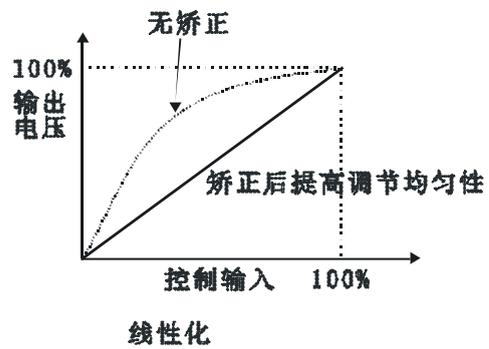
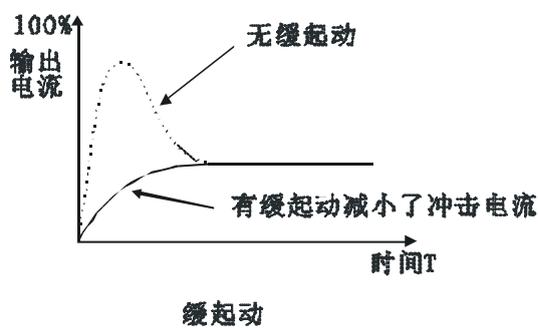
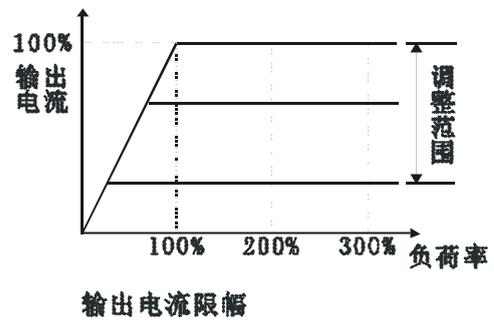
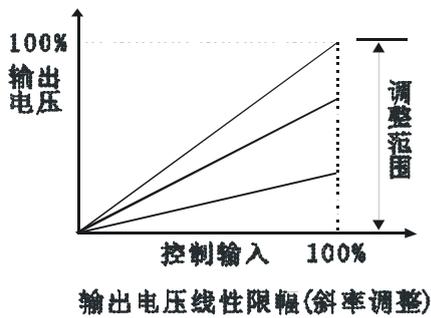
## 十四．加热器特性

负载	分类	类型	最高温度	电阻-温度特性	适用的调节方式
恒阻 冷热阻 变化小	合金	镍铬	1100 (空气)		普通调压方式: PAC03i基本型 PWM 过零方式 周波过零 调压/调功一体化
		铁铬	1200 (空气)		
		铁铝钴	1330 (空气)		
变阻 冷热阻 变化大	纯金属	钨 W	2400 (真空)		缓启动 >10S 或更长 电流限制 一般配变压器 带多组输出限幅 PID 调节器
		钼 Mo	1800 (真空)		
		白金 Pt	1400 (真空)		
		MoSi2	1700 (空气)		
		硅钼棒			
	硅碳棒	SiC	1600 (空气)		缓启动 > 10S 或更长 取消变压器时,需限制最大电流 带输出限幅控制器 先调压, 800 后调功

## 十五．不同负载的控制策略

1. 变压器控制: a) 变压器的设计容量不足, 造成当电流增加到一定程度时变压器铁芯饱和, 导致电流剧增、波形畸变、损坏器件。需重新设计变压器, 或加负载最大电流限制功能。b) 运行过程瞬间断电后又上电等, 造成上电时的磁通极性与剩磁极性 (固有剩磁和瞬间断电正在衰减的磁场) 的“撞车”, 产生危害性冲击电压、电流。所以电感负载尤其是变压器, 应采用上电缓启动, 逐步顺磁和缓关断逐步衰减磁场。c) 变压器为感性负载, 窄脉冲触发不可靠。脉宽可变直流触发技术, 能提供负载电流到达晶闸管擎驻电流的足够时间, 确保可靠触发。注: 变压器负载不能空载调试、运行。
2. 纯金属类: 硅钼、钼丝、钨、白金、石墨等负载冷态电阻小, 低、中温段需限压和限流; 随着温度增高, 电阻按线性增大, 在高温段反而需增加负载电压。TAC03i 调压器的电流限制功能, 是专门为这类负载设计的。此外, 带有多组 PID 和调节输出限幅的仪表, 也可控制负载电流。例如: 日本 Shimaden (岛电) 的 FP23、SR23、FP21、SR253、FP93 等可设计低、中、高温区的调节输出限制。
3. 硅碳棒: 一般采用缓启动 > 1 分钟或更长和电流限制, 避开在 700 附近负阻的冲击电流 (新棒更明显)。
4. 恒阻 (泛指冷热阻变化小的负载): 控制策略较简单, 可采用过零调功方式, 克服调压方式功率因数低、污染电网的缺点。周期过零 (占空比控制), 一般采用大功率 SSR 实现。周波过零调功, 负载电流以全正弦波为单位均匀分布, 多台设备运行时, 总动力电流相对均衡 (避免了周期过零方式电流集中), 改善炉温均匀性, 避免了电流表撞针, 重要的是: 提高了电源利用率和避免电力设备增容, 节电效果十分明显。TAC03i 是调功调压一体化设计, 既可调压也能调功 (周期和周波过零两种方式), 可满足不同的控制策略。

## 十六. PAC03i控制器的基本特性图示



## 十七. 调功、调压一体化功能（选项）

调压方式具有负载电流冲击小、适合变压器控制等特点，但不可避免产生电源污染和降低电网功率因数。过零调功方式避免了调压方式的不足，但无法限制电流，负载冲击电流较大。PAC03i的调功、调压功能提供了两者优点的结合，可根据负载情况方便地切换这两种工作方式。

U1 (USER) 外部开关设置：开路时，为调压；短路时，为调功。

调功方式	拨码开关 SW1-3	
	ON	OFF
阻性调功	CYC	PWM
感性调功	软慢 CYC	软 PWM

- CYC：变周期过零调功，最小分辨率为单个周波，也叫周波调功。
- PWM：定周期过零调功，正、负半周对称。
- 软慢 CYC：带缓起/缓关过渡的 CYC 调功，最小分辨率为 15 个周波。
- 软 PWM：带缓起/缓关过渡的定周期调功。