



Tr6G-2B 型晶闸管三相过零调功器触发板

使 用 说 明 书

北京瑞田达技贸有限责任公司电子器件厂

地址：北京市海淀区上地信息路一号国际创业园 1 号楼 302

销售电话：010-82895337

传真：010-82895621

工厂电话：010-62405380

目 录

一、概述	3
二、工作原理.....	3
三、技术性能与参数.....	4
四、结构与安装.....	5
五、接线与使用.....	5
六、控制器典型应用接线.....	6
七、运行前调试.....	7
八、使用注意事项.....	8
九、附图	9
附图一 触发电路板电路原理图.....	10
附图二 主要元件位置图.....	11
附图三 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 1 (二位式调节、继电器输出:间断比例调节与间断 PID 调节控温)	12
附图四 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 2 (0-10V 模拟量控制 , P、PI、PID 调节控温)	13
附图五 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 3 (4-20mA 模拟量 , P、PI、PID 调节控温)	14
附图六 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 4 (脉冲输出,间断 PID 控制控温)	15
附图七 晶闸管反并联三相交流移相控温接线示意图 5 (0-10V 模拟量控制 , PID 调节控温)	16
附图八 晶闸管反并联三相交流移相控温接线示意图 6 (4-20mA 模拟量控制 , PID 调节控温).....	17

一、概述

Tr6G-2B 型三相交流过零调功器（带移相功能）触发电路板，主要用作采用晶闸管反并联组成的三相交流过零(电阻性负载)调功装置的主要控制触发单元。在大、中功率温度控制装置和冶金电加热控制设备中得到广泛应用。

可以与转换成标准接口信号的单片机、二次控制调节仪表及相应测温探头组成自动温度控制系统。

采用先进的同步脉冲相位自动控制锁定技术和脉冲数字逻辑组合技术，触发板输出的六路触发脉冲对称度高，抗干扰能力强。本触发板移相调节功能，既能有效防止冷热态电阻值相差悬殊电加热器的开机冲击电流，也可以实现调功装置与电加热器之间的良好匹配。

触发板由开机封锁电路、稳压电路、缺相识别和保护电路、正、逆相序识别电路、锯齿波形成，过零脉冲发生电路、导通比设定电路、导通比周期设定电路、移相、锁相控制电路、脉冲列调制和功率放大电路、输入缓冲放大电路与过流保护等单元电路组成。

触发板结构合理，工作可靠，功能齐全；触发脉冲对称度高、输出稳定；字符标示明确，接线简单，维修更换方便。

二、工作原理

1. 电路构成（详附图一）：

- 1R12-1D8-1C1-1T1 等元件组成开机闭锁电路。
- 运放 IC2-A、IC2-B，电容 2C1，单相晶闸管 2T1 等元件组成长延时锯齿波周期设定电路。
- 3D1-3D4，SD1-SD5 等元件组成+5V、+10V、+15V 和-15V 稳压电路。
- 可编程集成电路 IC1，光电耦合器 GD1-GD4 及外围元件组成正、逆相序识别电路与缺相识别与保护电路。
- 运放 IC5-4C1 等元件组成脉冲列调制电路。
- 三极管 5T3-5T4 及 5C8-5WR3 等元件组成锯齿波发生电路。
- 运放 IC3-C、IC4-C 和 6WR、6WR2、6T1 等元件组成过电流保护电路。
- 运放 IC3-B，可调电阻 5WR4、5WR5 及外围元件组成 4-20mA/0-10V 转换电路。
- 集成电路 IC6 与有关外围元件组成同步相位自动控制锁定电路。
- 集成电路 IC8 与有关外围元件组成脉冲逻辑组合电路。
- 集成电路 IC7 与有关外围元件组成触发脉冲分配电路。
- 由三极管 8T1~8T6，变压器 8B1~8B6 及有关外围元件组成触发脉冲功率放大电路。

2. 手动或自动两种温度控制调节模式。

● 手动温控调节模式：

0-10V 导通比调节信号从外接电位器 WP2 中点经端子 JP5-2(+) / JP4-3(GND) 接入触发电路板，通过 2R19、2R18、电压跟随器 IC3-D 匹配、隔离，送入 IC4-B 比较器，调节电位器 WP2 中点电压即可改变晶闸管在设定周期内控制主电路输出正弦周波数的多少，达到调节负载或电加热器功率的目的。

● 自动温控调节模式：

调功器的触发电路板与单片机、温控调节仪表及相应温度检测传感器可以组成自动控温系统。

a. 0-10V 模拟量调节自动控温系统

控温调节仪表输出的 0-10V 模拟量调节信号从触发板端子 JP5-2 (+) / JP4-3 (GND) 接

入。温控仪表输出的模拟量调节电压大小，即可改变调功器输出正弦周波数的导通比，通过改变负载功率达到自动控温的目的。接线及使用注意事项详附图四。

b. 4-20mA 模拟量调节自动控温系统

控温调节仪表输出的 4-20mA 模拟量调节信号从触发板 JP4-6(+) / JP4-5(GND) 接入，经 5R24-5R26、IC3-B 等元件组成的转换电路，从端子 JP5-1 输出 0-10V 调节信号；此信号又从端子 JP5-2 接回触发板内，温控仪表输出的模拟量调节电流的大小即可改变调功器输出正弦周波数的导通比，达到改变负载功率实现自动控温的目的。接线及使用注意事项详附图五。

c. 脉冲输出间断 PID 调节自动控温系统

控温调节仪表输出 10V 脉冲间断 PID 调节信号，经 JP5-2 (+) / JP5-6 (GND) 接入触发板；将导通比调节电位器 WP2 的中点对 GND 电压调至 10V；由控温调节仪表输出控制脉冲的通断比决定调功器输出的导通比，改变负载功率达到自动控温的目的。接线及使用注意事项详附图六。

d. 继电器输出,二位式调节或间断比例调节自动控温系统

控温调节仪表为继电器输出，位式调节或间断比例调节控制接点(常闭)，经 JP6-3 端子和 JP6-5(GND) 端子接入触发板；将外电位器 WP1 和 WP2 顺时针调至最大值 (10V)。温控仪表的位式或间断比例调节输出，决定调功器的控制输出，调节负载功率实现自动控温的目的。接线及使用注意事项详附图三。

3 . 移相调节功能：

移相调节信号从外电位器 WP1 中点，经 JP4-4 端子接入，经电压跟随器 5T1 隔离，送 IC3-A 比较器，与电源同频的锯齿波进行比较后控制锁相环的工作。调节 WP1 控制电压可以改变 IC₇ 发出的六路触发脉冲移相角度，即可改变晶闸管控制主电路输出电压或电流的导通角的大小。

该项功能有三个作用：触发板移相调节功能，可以实现调功器的开机软启动，有效防止冷热态电阻值相差较大的电加热器开机冲击电流和延长电加热器的使用寿命。在加热器配置的实际功率大于温控所需功率时，通过调节外接电位器 WP1，微调晶闸管导通角度，可以实现控制装置与电加热器之间的良好匹配。在过零调功器自动控温方式引起的间断冲击电流不能为用户接受时，可以改为移相调节自动控温方式，接线及使用注意事项详附图七、八。

4 . 跳线插头 J 控制功能

- 跳线插头 J1 : 调功器的主电路输出端所接的负载无论是星形接法还是三角形接法 J1 均须插在“ Y ”一侧。
- 跳线插头 J2 : 当 J2 插在“ S ”一侧时，导通比设定周期为 1-10 秒 (可调)；当 J2 插在“ L ”一侧时，导通比设定周期为 10-30 秒 (可调)。

5 . 过流保护与外脉冲封锁功能：

- 经 IC3-C 放大隔离后的过电流信号，与 6WR2 的过流设定值比较后输出高电平，单相晶闸管 6T1 导通，将六路触发脉冲输出封锁，8DF1-8DF6 脉冲输出指示灯熄灭，过流指示灯 6DF1 发亮，同时通过 JP1-1、JP1-2、JP1-3 端子输出外控接点，可供变流装置过流故障显示或整机断电功能选用。过流保护同时具有板内复位或外复位两种功能。
- 外加 +5V 的直流脉冲电压于 JP4-1、JP4-3(GND) 端子即可直接封锁 6 路触发脉冲输出。
- 外加 +5V 的直流电压于 JP6-3、JP6-5(GND) 端子 (或外接温控仪表输出控制干接点) 即可对 6 路触发脉冲进行控制。此项功能可用于外控或电加热器的超温保护。

三、技术性能与参数

1. 电源：工频，三相 380V±10%
2. 给定电源电压：10V
3. 移相控制电压：0-10V

4. 移相范围 : 0-150 °
 5. 导通比控制电压 : 0-10V
 6. 导通比调节范围 : 0-100%
 7. 导通比设定周期 : 第一档 : 1-10S ; 第二档 : 10-30S ;
 8. 输入控制电压 : 0-10V
 0- 5V
 9. 输入控制电流 : 4-20mA
 10. 脉冲封锁信号 : 5V
 11. 外控信号 : +10V 电压信号 ; 干接点信号。
 12. 触发脉冲特征参数如下表 :

表二

脉冲性质	脉冲列调制频率	脉冲宽度	脉冲峰值电压	脉冲峰值电流
六路双脉冲列	7.5 KHZ	> 1.6ms	7.5V ± 0.5V	600mA

13. 整机功耗 : < 15W
 14. 适用环境 :
 环境温度 0-40 ° ;
 相对湿度 < 85% ;
 海拔 1000 米以下 ;
 无导电尘埃、无腐蚀性、爆炸性气体的场所。
 15. 重量 : 1.0kg

四、结构与安装

1. 结构
 - 一体化结构 : 集电源变压器、同步变压器、脉冲变压器和触发控制电路于一体。结构紧凑 , 调试容易 , 接线简单。
 - 电路板四周配有可插拔的接线端子 , 调试使用维修更换方便。
2. 外形尺寸与安装尺寸
 - 外形尺寸 :长 238 × 宽 188 × 高 70 mm ;
 - 安装尺寸 :长 208 × 宽 160mm(孔: 5 × 4) ;
3. 安装方式用户可垂直安装在变流装置或电控柜中非密闭的铁制控制盒内。

五、接线与使用

1. 三相交流调功装置与电控柜接线
 - 不同控制要求,不同线路,可参照附图三~附图八接线。
 - 用户应按照各附图的要求,严格按触发板六路触发脉冲标号与主电路晶闸管的对应关系接线。
 - 为避免电磁干扰 , 给定、控制和取样信号线应与交流电源线、直流大电流线分开敷设有条件时 , 给定、控制和取样信号线应采用双股绞合线或屏蔽线。在取样信号对控制装置的壳体有可能产生高的交、直流电压时 , 用户应注意选择相应耐压的屏蔽线。
 - 用户若需接入交流电流取样信号, × × /5A 交流电流一次互感器与 5A/100mA 二次互感器接线 , 所选用的铜绝缘导线截面应不小于 1.5 平方毫米 , 其他控制线截面可选 0.5-1 平方毫米。
2. 触发板的使用
 - 面板移相调节电位器 WP1 的阻值为 10-20K .JP4-2(+)JP4-3(GND)/JP4-4 是其输入接

线端子,可参考各附图接线。

- 面板导通比调节电位器 WP2 的阻值为 10-20K , JP5-2(+) / JP5-6(GND) 是其输入接线端子,可参考各附图接线。

- 触发电路板与二次控制仪表或单片机组成的自动温控系统接线

a. 0-10V 控制信号组成的自动温控系统接线见附图四、六、七;

b. 4-20mA 控制信号组成的自动温控系统接线见附图五、八;

- 触发板指示灯

触发板设有“电源”、“失相”、“缺相”、“过流”和六个脉冲输出指示灯,以显示触发板和温控设备的工作状况:

a. 触发板工作正常时,“电源”指示灯亮,脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 亮,其它指示灯不亮;

b. 工作异常时,“失相”指示灯亮;

c. 电源掉相时,“缺相”指示灯亮,脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 熄灭;

d. 当触发脉冲正常时,脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 亮;

e. 当设备过流时,“过流”指示灯亮,脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 熄灭;

- 两输出继电器的使用

缺相或过流保护两输出继电器的接点容量为 220V/1A。若用于大容量交流接触器的线包控制,需加中间继电器扩展后,才能接入电路使用。

- 外脉冲电压封锁功能

外加+5V 的直流脉冲电压于 JP4-1、JP4-3(GND)端子即可直接封锁 6 路触发脉冲输出;详附图三。

六、控制器典型应用接线

1. 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 1..... 详附图三
(二位式调节、继电器输出:间断比例调节与间断 PID 调节控温)
2. 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 2..... 详附图四
(0-10V 模拟量控制; P、PI、PID 调节控温)
3. 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 3..... 详附图五
(4-20mA 模拟量控制; P、PI、PID 调节控温)
4. 晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 4..... 详附图六
(脉冲输出间断 PID 调节控温)
5. 晶闸管反并联三相交流移相控温接线示意图 5..... 详附图七
(0-10V 模拟量控制,PID 调节控温)
6. 晶闸管反并联三相交流移相控温接线示意图 6..... 详附图八
(4-20mA 模拟量控制,PID 调节控温)

七、运行前调试

1. 调试准备工作：

- a. 按附图三“晶闸管反并联三相交流调功器接线示意图 1”接线；
- b. 主电路输出端接三只 220V/300W 以上的灯泡或电炉作负载,星形接法；
- c. 在晶闸管输出端 A2~B2 相线间接一只 0-450V 交流电压表；
- d. 暂不接交流电流反馈信号；
- e. 跳线插头 J1 置于“Y”一侧位置；跳线插头 J2 置于“L”或“S”一侧位置
- f. 将移相调节电位器 WP1 和导通比调节电位器 WP2 按附图三接好并调回到零，即可开始整机调试。

2. 通电调试

- a. 合主电路电源开关 HD,接通触发板电源，触发板上电源指示灯 3DF1 亮，失相指示灯 5DF1、过流指示灯 6DF1、缺相指示灯 1DF1 熄灭；
- b. 测试给定电源(JP4-3 对 JP4-4 端子)电压应为 10V。调节移相调节电位器 WP1，使 JP4-4 对 JP4-3(GND)端子的电压，可以顺时针由 0 调到+10V；调节导通比调节电位器 WP2，使 JP5-2 对 JP5-6(GND)端子的电压，可以顺时针由 0 调到+10V。
- c. 调节电位器 WP1，使 JP4-4 对 JP4-3(GND)端子的电压为 5V 左右；调节电位器 WP2，使 JP5-2 对 JP5-6(GND)端子的电压也为 5V 左右。按下启动按钮，接触器 Km 吸合。接通主电路电源，六路脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 间断闪亮；调功器输出端所接电压表在有输出时指示仅为二分之一左右的额定输出值。顺时针调节电位器 WP1，主电路输出电压应同步增加；反之，主电路输出电压应同步减小。顺时针调节电位器 WP2，主电路控制输出的导通比加大；反之，导通比则减小。
- d. 用绝缘导线分别瞬时短接触发板端子 JP4-1/JP4-3 以及 JP6-3/JP6-5,调功器输出应被封锁，六路脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 应能熄灭。
- e. 按下停机按钮，主电路断电，输出仪表电压指示为 0。

3. 过电流保护点的整定：

- a. 过流保护的整定应在粗调完毕,整机投入运行后进行
- b. 按附图接入交流电流取样信号；
- c. 将触发板上 6WR₁、6WR₂ 顺时针调至最大；
- d. 顺时针调节板外电位器 WP1 和 WP2 至最大值；
- e. 逆时针缓慢调节板上电位器 6WR₂使过流保护动作，触发板上过流指示灯 6DF1 亮，六路触发脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 熄灭；
- f. 调节电位器 WP1，减小移相电压，按复位按钮 AN₁，松手后,过流指示灯 6DF1 熄灭,六路触发脉冲输出指示灯 8DF1-8DF6 恢复发光。
- g. 过流整定点在出厂调试中已调整至最大值，用户可在调试和运行中自行整定至需要值。

4. 外脉冲封锁功能检查

- a. 根据图三接入脉冲封锁开关 K；
- b. 短接开关 K，触发板上六路触发脉冲被封锁，输出指示灯 8DF1-8DF6 熄灭，主电路输出为零；断开开关 K，触发脉冲封锁解除，输出指示灯恢复发光，主电路输出恢复正常。

5. 4-20mA/0-10V 转换整定

将二次仪表输出的 4-20mA 信号正极接至触发板 JP4-6 端子，负极接至 JP4-5 端子，用导线将 JP5-1 与 JP5-2 短接，调节二次仪表模拟量输出，触发板应能完成对变流装置的跟踪控制。不采用模拟量作调节控制信号的调功装置,此部分电路可不通电调试。

八、使用注意事项

1. 过电流信号的接入

变流装置的过流保护在实际运行中主要是起短路保护的作用，电流取样可按附图三接线。

- 请用户选用市售标准 BH0.66-30/5A 电流互感器与 5A/100mA 二次互感器串联后，从 JP5-3/JP5-4/JP5-5 端子接入触发板使用。

- 装置过电流整定点的确定，决定于负载的功率和电加热器的冷热态电阻差值的变化大小。

2. 调功装置的软启动

对于冷热态电阻差值变化大的加热器，顺时针调节电位器 WP1，逐步增大移相导通角至全导通，可实现调功装置开机软启动功能，但要求每次关机前须将电位器 WP1 回零。当不需要开机软启动功能时，可将电位器 WP1 中点对 GND 电压调至最大（10V）。选用开机移相调节软启动功能时，能在很大程度上有效避免开机引起的电流冲击。

3. 晶闸管保护元件的选用

- 阻容吸收元件的选用

在晶闸管反并联三相调功装置中，如果晶闸管是接在交流 220V 或 380V 的电路中使用，需在晶闸管两端接入过电压阻容吸收电路。

选用阻容元件经验数据如下（供参考）：

晶闸管的额定电流	10A	20A	50A	100A	200A	500A	1000A
电 容	0.1 μ	0.15 μ	0.22 μ	0.25 μ	0.5 μ	1 μ	5 μ
电 阻	100	80	40	20	10	5	2

注：电容：无极性电容；耐压一般选用晶闸管的正向转折电压的 1.2~1.5 倍。

电阻功率计算公式为： $P_x = F \cdot C \cdot U_m^2 \times 10^{-6}$ (W)

Px：电阻功率 (W)

F：电源频率 50HZ

C：电容容量 (μF)

Um：电路峰值电压 (V)

● 快速熔断器的选用

在触发板中，虽然设计了过流保护电路，但是由于晶闸管的过电流能力比一般电子元件差很多，加上各个用户的控制要求和使用对象的各不相同，建议用户在晶闸管桥臂上串联快速熔断器。为了保证使用可靠和选用方便，非冲击性负载，用户快速熔断器一般选用额定电流 $I_{rd} = I_{t(AV)}$ ，即 500A 的晶闸管选用 500A 的快熔（It 为晶闸管正弦半波的平均值）。

压敏电阻的选用

压敏电阻的标称工作电压值按晶闸管工作电压的 1.8-2.5 倍选取；选取压敏电阻瞬态泄放电流值可与主电路晶闸管额定电流相同。

4. 最小负载电流的选用

晶闸管通过交流电，必须在每一个周期的正负半波对门极触发一次，只有晶闸管中通过的电流大于晶闸管的擎住电流，去掉触发脉冲后，才能维持元件继续导通。调试时如果不带负载或所带的负载太小，通过晶闸管的电流有可能小于其擎住电流，变流装置是不能正常工作的。考虑到元件参数的离散性，设备调试时，一般输出电压最大值为三相 380V 时，可选用三个大于 300W 的灯泡或电炉（Y 形接法）作临时负载；低压大电流的变流设备，需选用 > 1A 电流的阻性负载，设备才能正常工作。

5. 电加热器的“形”与“Y 形”接法

调功器电加热器负载的接法有“形”与“Y 形”两类：

- “形”接法，虽然接线稍复杂、晶闸管耐压要求高，但不会对电网产生 3 次谐波干扰；
- “Y 形”接法中又分为星点接中线和不接中线两种。

“Y形”接法星点接中线：负载星点接中线，对晶闸管的耐压要求降低，但在电源中线上可能会产生3次谐波干扰。

“Y形”接法星点不接中线：电源中线上无3次谐波干扰，但加热器在大电流运行时，星点与电源中线之间有可能存在几十伏直流分量，在高湿热地区有可能会造成电加热器与不同金属导线及接头间的电化学腐蚀，影响设备使用寿命。

以上各点，用户可根据各自不同的要求和现场情况进行处理。

6. 三相电源相序

a. 用户应严格按照各附图中触发板输出六路触发脉冲的标号与主电路晶闸管的相序对应关系接线；相序接线正确（跳线插头J1位置设置正确、且电位器WP2顺时针调至最大），顺时针将电位器WP1从0逐步上升至10V，主电路输出端所接的电流或电压表指示从零逐渐平滑上升、无间断或跳跃现象；而在示波器上正弦波波形的导通角从零向全导通的方向逐渐上升，三相均匀变化，没有缺相现象，表明相序正确，否则说明接线相序对应关系不对。

b. 触发板设有正、逆相序自动识别电路，板内脉冲组合分配电路能根据电源进线的相序，自动调整六路触发脉冲的触发顺序，故采用本触发板作主控单元的调功装置，对进线电源无按相序接入要求。

7. 过电流故障的恢复

短路或过电流故障发生，应立即停电，将调节电位器WP1和WP2回零，用户应仔细检查并找出故障原因后，才能按复位按钮，恢复设备正常运行，以免扩大故障。

8. 指示仪表的选用

一般选用积分式百分比电流表作电阻性(或电加热)负载晶闸管调功装置导通比指示。若选用常规仪表来指示，表针受频繁冲击容易损坏。

9. 交流调功器的使用

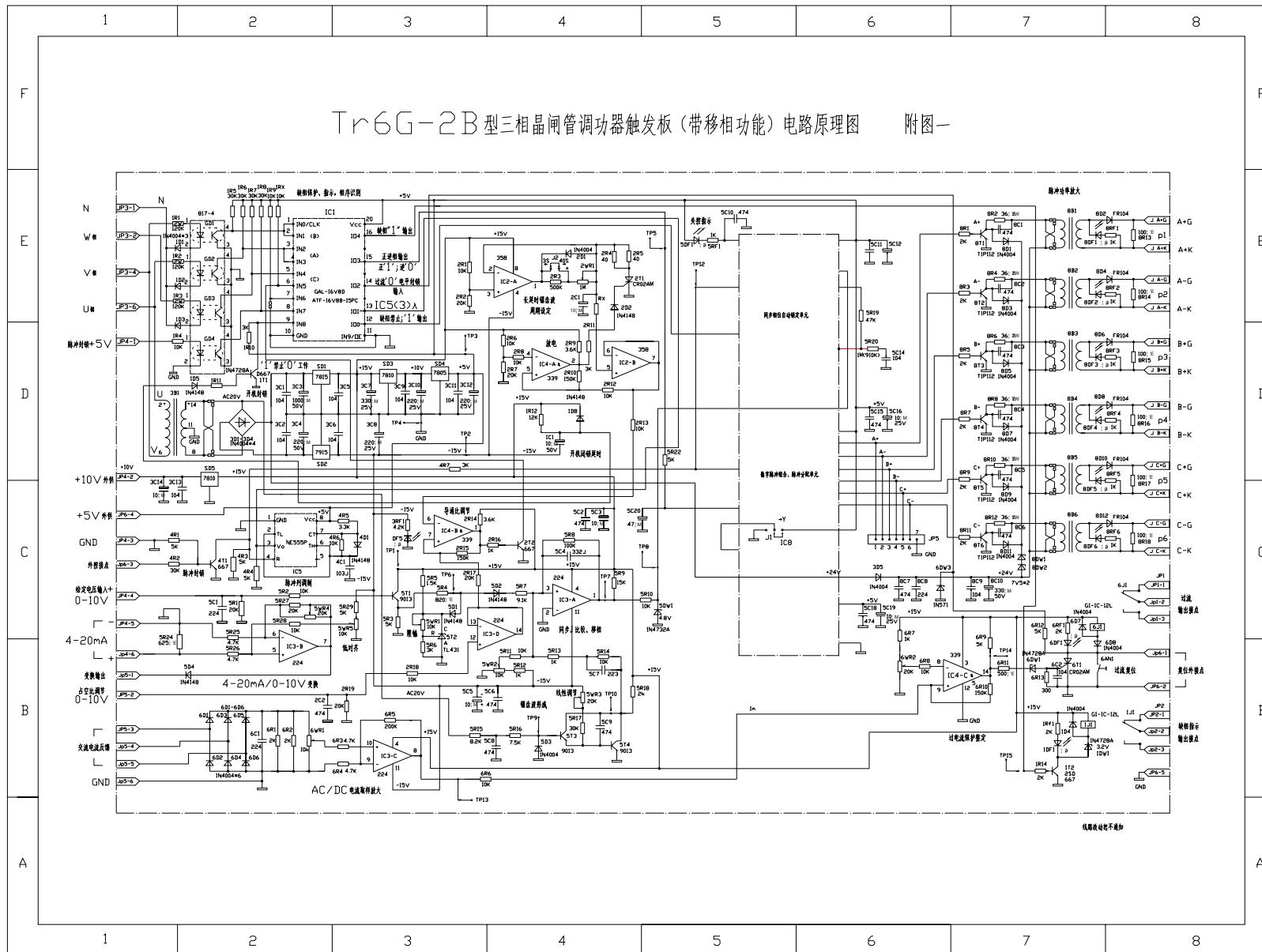
晶闸管反并联三相交流调功器控制装置，在电源电压过零时晶闸管被触发导通，负载上得到的是完整的正弦波。主回路的无触点化，实现了主电路调节的无噪声、无火花控制。过零触发控制，虽然电磁干扰或高频干扰不大，但其通断频率比电源频率低，特别在导通比较小时，电网中会出现低频电流冲击，照明灯光出现人眼能明显觉察的闪烁、配电仪表指针摇摆不定等问题。可以采用如下的几个办法予以改善：

- 不与照明灯共电源线，调功器直接从配电室拉专线供电。
- 选用较粗截面的供电导线，只要保证装置运行时线路压降不大于4V，一般不会出现明显闪烁现象。
- 调功器设计、选择电加热器时，如能将其分为垫底加热器和调节加热器两部分，则可大大减少调节部分的冲击电流（接线可参考附图七、考附图八）。
- 调功器所带负载在正常工作时的导通比如果能大于60%以上，则可减小电流的冲击和灯光的闪烁。
- 在保证控温精度前提下，适当延长调功器导通比设定周期，则可减少电流的冲击次数。

晶闸管调功器，因其控制属于连续型通断工作方式，不适于用来控制电感性负载（尤其是带铁芯的感性负载），因其频繁通断所造成的激磁冲击电流远大于正常工作电流，极易造成负载或晶闸管的损坏。

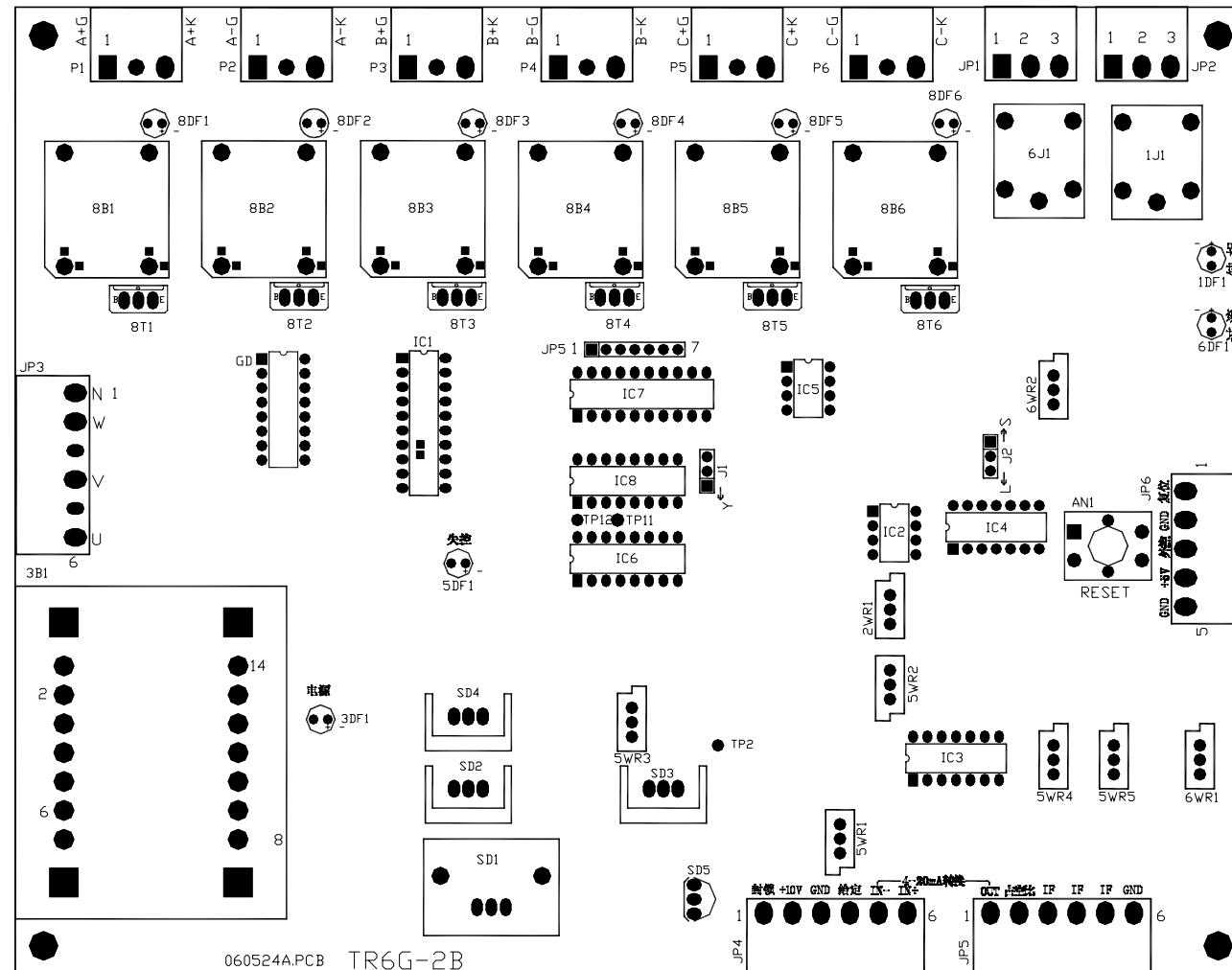
九、附图

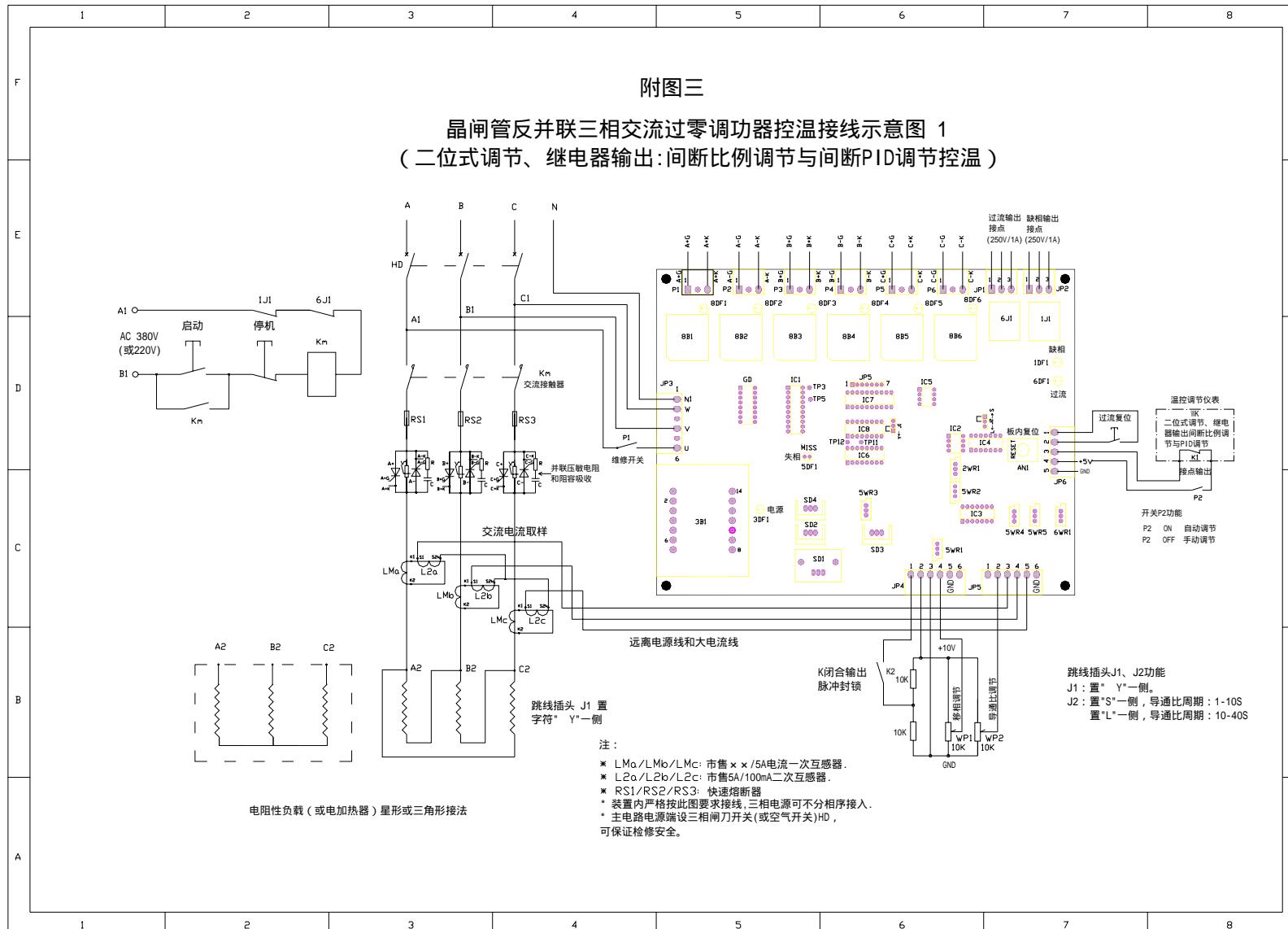
Tr6G-2B型三相晶闸管调功器触发板(带移相功能) 电路原理图 附图一





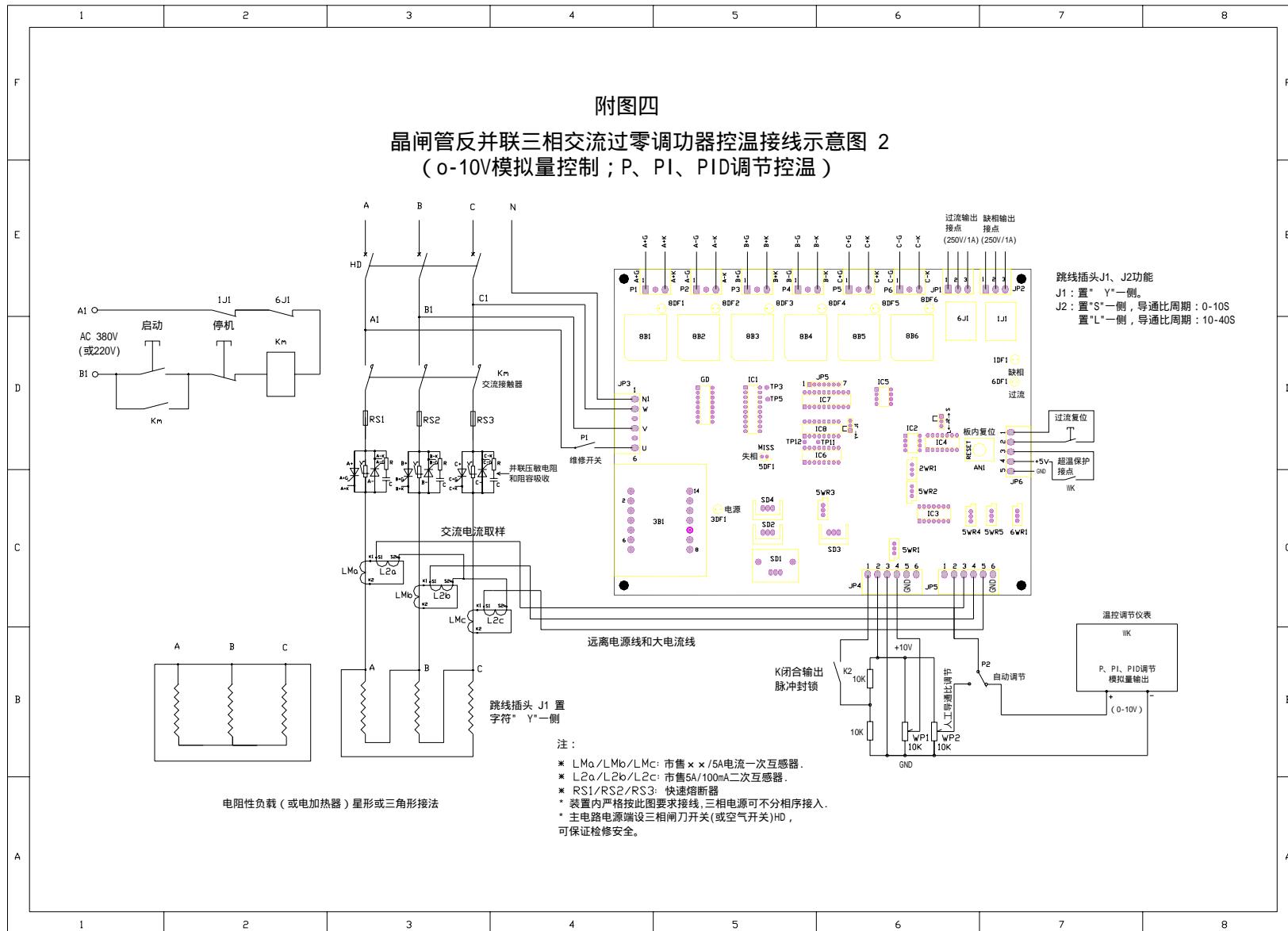
附图2 主要元件位置图







附图四

晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 2
(0-10V模拟量控制; P、PI、PID调节控温)



附图五

晶闸管反并联三相交流过零调功器控温接线示意图 3
(4-20mA模拟量控制; P、PI、PID调节控温)