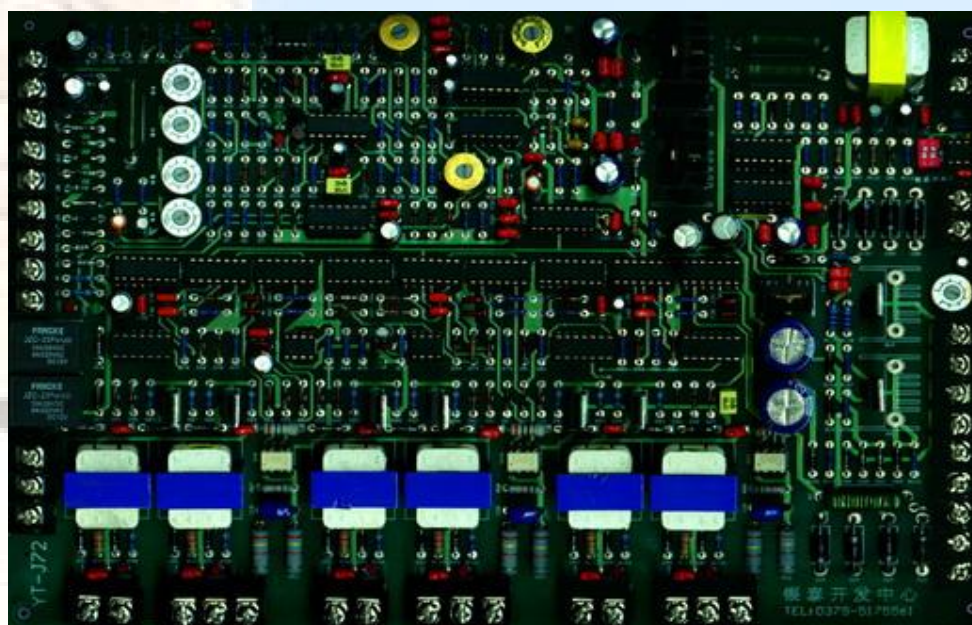


# 新型晶闸管变频装置

## 控制板 YT-J72 使用说明书

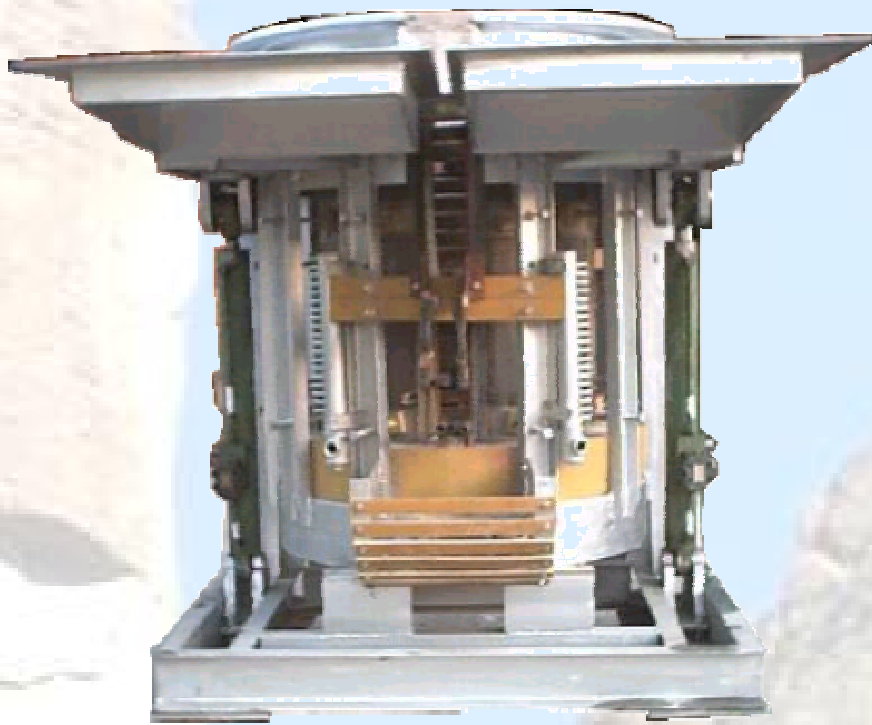


编写：杨玉清

洛阳银泰中频开发中心

---

**感谢贵厂(公司)使用我中心 YT-JX 系列  
中频感应加热控制板，为了更好地使用、  
领会本线路，请在使用前仔细阅读本说明  
书。**



TEL: 13783151360

FAX: 0379-65175561

Email: [ly-yintai@163.com](mailto:ly-yintai@163.com)

[Http: //yintai2000.51.net](http://yintai2000.51.net)

## 前言

我中心是一个具有独立开发能力的科研单位，所有控制板均系自主开发，具有独家知识产权。

我公司本着易用性和可靠性的原则，博取众家之长，开发出具有多家知识产权新一代 Y T-JX 系列控制板。适用于三相 380V、575V、660V、970V、1250V 等电压等级、6 脉波和 12 脉波、功率 10KW~6000KW、频率范围 400HZ~8000HZ 的可控硅变频装置中。自投放市场使用以来得到电炉厂、设备维修人员、设备使用厂家一致好评，取得了良好的经济效益，社会效益。该品牌线路板各项性能指标均优于目前市场同类产品。

**YT-J72** 是我中心专业针对可控硅中高频装置开发的新型控制板，主要用于感应透热、淬火机床、粉末冶金、贵重金属冶炼、科学实验等领域。

## 基本参数

- 1、板型规格：205×297(mm)；安装尺寸：195×287(mm),定位孔  $\Phi$  4mm。
- 2、整流同步电压 380~1250V 直接输入，内置光电隔离。内置相序自适应电路，可以自动识别主电路相序。
- 3、整个控制电路除逆变末级触发电路板外,做成一块印刷电路板,整板仅有 40 个引出端口，连线方便。
- 4、板载过压、过流，限压、限流，中频建立，系统状态，电源，重起等状态显示。
- 5、整流移相方式：采用数字移相，整流移相范围 0~150°
- 6、具有限流、限压、起动预锁频、恒流起动、缓冲启动、重复启动等功能。
- 7、具有过流、过压保护、缺相保护、欠压保护、起动电流检测等全方位保护功能。保护方式采用双线程超速保护。
- 8、具有功率记忆功能。系统再次开机，可自动运行于先前设定的功率。
- 9、具有远程控制功能，具有满功率开机功能。
- 10、主控板交流供电:18V~0~18V,功耗<30W
- 11、起动方式：智能缓冲软起动。
- 12、逆变工作频率：0~15KHz
- 13、起动性能：100%（正常负荷）。
- 14、功率因数：≥94%，电源效率：97%，
- 15、调整方式：电流、电压双闭环调节，静态调整率 100%，动态调整率 97%。
- 16、给定电压 0~15V（正逻辑）。
- 17、逆变输出脉冲幅度>6v，脉冲宽度 15~100us（根据负载频率自动调整），脉冲前沿<1us。
- 18、整流输出脉冲：采用双窄脉冲列并经 5KHz 调制，宽度 25°、幅度>5v、触发电流 ≥800mA。
- 19、过流、过压报警独立接点输出（220V-5A），与控制板电气隔离。
- 20、智能“RE”外控功能：负逻辑、OC 输入（15V，15mA），可与压力控制器、温控仪表、计算机连接等多种周边设备相连，实现远程自动化控制。过流、过压报警独立接点输出（220V-5A），与控制板电气隔离。

## 性能特点：

1. 整板全硬件控制，元件精心搭配、巧妙设计，不但具有硬件的稳定性，而且具有电脑板的多功能性。
2. 采用三相电源直接同步，不需同步变压器。除逆变末级驱动外,整个触发回路全部集成到一块印刷电路板，外围附件少，免继电组件，电路简单、调试简单、维修方便，控制系统一旦发生故障，只要换上备用板即可，不会影响正常生产。
3. 整板所有元件均经高温老化，达标安装。电阻全部采用精密金属膜电阻；电容采用优质 CBB、校正电容或名优电解电容；集成电路全部采用进口元件，温度漂移极小，性能绝对可靠。
4. 板载过压、过流指示，限压、限流指示，中频指示，系统指示，电源指示，重起指示等状态显示。设备运行状况及板子工作状态一目了然，调整直观，维修方便。
5. 内置相序自适应电路，可以自动识别主电路相序，主回路进线可以不分相序，省去相序调整麻烦。
6. 控制板有完善的**过流、过压保护、缺相保护、欠压保护、误操作保护、起动电流保护**多种保护系统。保护形式上采用双线程超速保护，保护动作敏捷，一旦电路出现故障，保护系统立刻动作，可靠地保护可控硅及电容免受过载冲击。
7. 整流触发电路：采用数字移相、过零同步，不受电网波形畸变和频率漂移的影响,三相平衡度好，抗干扰能力强。整个整流触发电路无任何需要调整元件，实现整流触发零调试。逆变触发采用适时定时触发，适应负载突变能力更强。
8. 缓冲启动及完善的启动检测系统，使本线路具有**满功率开机功能、功率记忆能力**，功率电位器任意位置可以开机，关机时功率电位器无需回零，再次开机，只需按下复位按钮，功率会自动恢复到先前设定的状态。可靠的起动性能，智能的诊断系统，即便满功率开机，也没有任何电流冲击。
9. 采用零电压软启动——扫频启振、恒流起动、缓冲升降，并采用了先进的限压限流双闭环调节系统。设备在实际运行中，启动可靠，无冲击，负载变化较大的情况下仍能稳定工作。
10. 整流触发采用±15 V 双电源供电，稳定性比单电源更为可靠无漂移。逆变单独供电，可避免整流逆变相互干扰。
11. 起动预锁频，在主回路送电之前，逆变触发回路即可捕捉住谐振频率，使设备启动成功率达到 100%。
12. 频带宽阔，适应各种负载频率。逆变脉宽自调整， 0~15KHz 直接使用无需更换元件参数。
13. “RE”智能端口集合“起动”、“停止”、“复位”、“外控”等功能于一体，使设备操作简单化、智能化。任何检测装置、计算机、温控仪表都可通过端口实现对本机的控制，达到恒温、保温的目的。



## 功能详解

1. **过压、过流超速双线程保护**——过压、过流动作后，保护信号分成两路：一路通过综合调节器处理，使整流移相回到零位；另一路送到移相电路内部，直接使整流桥迅速进入保护区，避免其它环节影响保护速度。
2. **恒流启动**——在零压起动线路中，起动初期逆变回路能否起振与整流电源提供的电流有很大关系，电流过大容易使逆变桥直通，过小使逆变硅不能维持正常开通，两种结果都不能使逆变可靠建立。我公司率先在启动上引入恒流启动，在启动初期，把电流恒定在逆变硅的换流点上，使扫频捕捉谐振信号的机率提高。
3. **启动电流预检测**——启动电流又称启动过流，YT-J72 在启动初期专门设置了一个电流检测线路，在中频电压信号没有建立的情况，启动过流阈值一般设定为额定电流的  $1/4$ ，一旦发现电流超过该阈值马上发出封锁信号，把整流移相回零以备再次重新启动。另外在启动初期引入电流检测，不但有利于设备自动进行重复起动，而且还可避免起动冲击。
4. **智能自动重起**——利用缓冲启动，再配合恒流启动、启动电流预检测、中频检测等功能巧妙实现自动重启功能，使起动智能化，避免人工启动造成元件损坏，并提高启动成功率。
5. **缺相保护、欠压保护**——时刻监视设备运行状态，确保设备安全运行。
6. **起动预锁频**——传统的起动线路,起动时利用电场杂波信号触发逆变可控硅,达到启动目的,由于杂波信号频率远远高于负载频率,起动效果不是很理想。YT-72 利用特殊信号处理方式，只要控制线路一上电（即便主回路没送电），逆变触发线路便智能锁定负载工作频率。启动成功率比传统线路要高得多。
7. **缓冲启动**——起动时电压电流上升过快会给元件及电网造成很大的冲击，缓冲启动工作原理是：在启动初期，电压电流以恒速率上升，并把电流恒定于某一定值，此时如果中频电压稳定建立，不管手动调功率速度有多快，功率仍以恒定速率缓冲上升直至升到满功率状态；假设中频没能正常建立，并且电流超过起动电流值，线路将自动复位并重复上述过程，直至起动成功。并且本线路还有一个“缓升快降”特性，完全符合可控硅变频装置的操作要求。
8. **智能“RE”端口**——集成起动、停止、复位等多项功能，配合“UKin”给定接口可与压力控制器、温控仪表、计算机等多种周边设备相连，可实现开机、停机、升降功率等远程操作，并可和其它检测设备配合进行自动化控制（例如保温、恒温）。

## 电路原理

整个控制电路除逆变末级触发电路板外,做成一块印刷电路板结构,从功能上分为整流触发部分、逆变部分、保护控制部分。详细电路见《YT-J72 原理图》。

### 2.1 整流触发工作原理

这部分电路包括三相同步、数字移相、脉冲分配、脉冲形成、末级驱动等电路。移相部分采用的是数字移相,具有可靠性高、精度高、调试容易等特点。数字移相的特征是用计(时钟脉冲)数的办法来实现移相,该数字触发器的时钟脉冲振荡器是一种电压控制振荡器,输出脉冲频率受  $\alpha$  移相控制电压  $U_k$  的控制,  $U_k$  降低,则振荡频率升高,而计数器的计数量是固定的(512),计数脉冲频率高,意味着计一定脉冲数所需时间短,也即延时时间短,  $\alpha$  角减小,反之  $\alpha$  角增大。计数器开始计数时刻同样受同步信号控制,在  $\alpha = 0^\circ$  时开始计数。现假设在某  $U_k$  值时,根据压控振荡器的控制电压与频率间的关系确定输出振荡频率为 100KHz,则在计数到 512 个脉冲所需的时间为  $(1/100) \times 512 = 5.12 \text{ (ms)}$ ,相当于控制角  $\alpha = (5.12\text{ms} \div 10\text{ms}) \times 180 - 30 \approx 62^\circ$ 。显然,有三套相同的触发电路,而压控振荡器和  $U_k$  控制电压为公用。这样,在一个周期中产生 6 个相位差  $60^\circ$  的触发脉冲。数字触发器的优点是工作稳定,特别是用 HTL 或 CMOS 数字集成电路,则可以有很强的抗干扰能力。

IC8 及其周围电路构成电压——频率转换器,其输出频率随调节器送来的输入电压  $U_k$  而线性变化。

三相同步信号由控制电源开关送来三相进线电压信号或直接由晶闸管的门极引线 K4, K6, K2 从主回路的三相进线上取得,由 R51 ~ R57、C19~C20 进行滤波及移相,再经 6 只光电耦合器进行电位隔离,获得 3 组相位互差  $120^\circ$ 、占空比略小于 50% 的矩形波同步信号,相对于每组信号,极性相反。

IC18~IC19(4020 计数器)构成三路数字延时器。三相同步信号对计数器进行复位后,对电压——频率转换器的输出脉冲每计数 512 个脉冲便输出一个延时脉冲,因计数脉冲的频率是受  $U_k$  控制的,换句话说,  $U_k$  控制了触发脉冲的延时。

计数器输出的脉冲经分配、微分后,变成窄脉冲,送到后级的 LM556,它既有定输出脉宽的功能,又有一定的驱动功能(为后级功放电路提供前级驱动),输出的窄脉冲经电阻合成为双窄脉冲,再经晶体管放大,驱动脉冲变压器输出。

当三相交流输入时,本控制板能对电源实现保护和指示。其原理是:由 4#、6#、2#晶闸管的阴极(K)分别取 A、B、C 三相电压信号(通过门极引线),经过光电耦合器的隔离送到 IC26 进行检测和判别。为了使控制电路能够更可靠准确的运行,控制电路上还设置了上电延时、欠压保护、缺相保护等检测线路。上电延时,在开机的瞬间,控制电路的工作是不稳定的,设置一个 1 秒钟左右的定时器,控制 IC26 的复位端。欠压保护由 R71、DW3、等组成,缺相检测电路(由 D47、D48、D75 组成),一旦发生缺相和欠压故障 IC26 即发生发生反转,输出低电平,系统灯熄灭,通过 IC8 封锁整流输出脉冲,并同时使控制回路置零。为避免产生更大故障,本线路设置成不可复位。出现故障时,必须断电检查,修复如后才能开机。

## 2.2 起动控制电路的工作原理

起动控制电路设有：限压限流电路、过流过压保护电路、缓冲起动电路、重复起动电路、起动检测电路、综合调节器。

其中限压、限流电路和综合调节器组成常规的电流、电压双闭环系统,在设备运行时由于负载变化,或网路电压波动,使电流电压超过设定值, IC5B、IC5C 变输出负极性截止信号,控制综合调节器,使整流输出作相应调整,把电压电流稳定在设定值上。

中频电压互感器过来的中频电压信号由 UH1 和 UH2 输入,通过二极管整流后分为三路:一路送到恒压线路,一路送到过电压保护,一路用于起动检测。

由主回路交流互感器取得的电流信号,从 LK1、LK2、LK3 输入,经二极管三相整流桥整流后,再分为三路。一路作为电流保护信号,另一路作为恒流电路的反馈信号,还有一路作为起动电流检测的反馈信号。

限流、限压电路由 IC5 组成,其输出信号一路送往综合调节器 IC17C 调整流移相角,控制精度在 1%以上。另一路送往限压限流指示电路。

过流、过压保护电路由 IC1 组成,其输出信号分成三路:一路控制缓冲启动线路,使给定回零;另一路经极性转换电路 IC4A 转换成正极性信号,分别送往综合调节器和整流触发电路的压控振荡器,实现快速保护。

IC4B 组成起动电流检测电路(重复起动电路),调节 W10 可改变启动电流的大小。当电流反馈电流信号大于阈值电平时 IC4B 反转,输出的低电平信号和保护电路一样迅速使整流移相回零,准备再次重起。和保护电路不同之处在于该电路可以定时复位,保护电路则不能自动复位,必须手动复位。

恒流线路由锁频电路 IC6A 和 W11、IC7B 组成,在逆变没有建立时, IC6A 输出低电平, W11 中心电压头降低,经 IC7B 对缓冲电压进行嵌位,进而控制整流输出电流,实现恒流起动功能;当中频电压建立时, IC6A 输出高电平,箝位电路开释。

## 2.3 逆变部分工作原理

逆变反馈信号通过 US1、US2 端口输入,经隔离、限幅后,送入 IC25A、IC25D 组成的方波转换电路进行方波转换。转换后的方波信号,通过启动预选频线路鉴频,鉴频结果送到脉冲形成线路 IC24 进行脉冲定宽。最后送到末级功放电路进行功率放大,并 N24、M7、M8 端口输出。

W7 用于整定频率表的读数。

## 配套操作规程

1.中频电源开机操作程序:

1.1 开启水泵,检查各支路流水应畅通无阻。

1.2 合控制电源开关,并将功率电位器旋至零位。

1.3 合主回路电源开关,打开复位开关(起动开关)。

1.4 以上动作完成后,缓慢旋动功率电位器,观察直流电压和中频电压,当听到中频叫声后,说明已经启动,继续旋动功率电位器,调至所需的电压和功率,装置进入正常运行状态。

2. 中频电源关机操作程序:

2.1 先将功率电位器旋至零位。

2.2 关闭复位开关,断开主回路电源。

2.4 冷却系统应在中频电源停机一小时后再关闭。

## 主控板接线：

1. VCC、UKin、GND——功率电位器（1K / 5W）
2. GND、RE——接复位按钮常开触点或起动继电器常开触点，也可作为自动化控制控制端口（如温控）。闭合时停机或复位。此处的复位按钮既可作为故障保护复位之用，亦可作为启动停止使用，允许逆变工作过程对此按钮进行操作，建议采用开关自锁按钮以简化线路。
3. LK1、LK2、LK3——电流反馈输入端口，主电路进线电流互感器（X00 / 5）检测到的电流信号，经变比互感器（5 / 0.1）变为小于 100mA 反馈信号后由此馈入。主电路进线互感器配置原则是：预备开多大电流，就选多大的电流互感器。如果主电路进线电流互感器选用 X00/1 级互感器，则不需变比互感器，但须在每个互感器二次并一个 10 欧 / 50W 的线绕电阻。
4. UH1、UH2——电压反馈输入端，取自中频电压互感器二次 20V，该信号作为过压保护和限压用。该端口最高引入电压有效值一般为 20~25V
5. LDI、LDO、LDU——保护输出端口，LDI、LDO 过流输出，LDO、LDU 过压输出。输出端口是接点输出，和主控板已有电气隔离。该端口也可控制其他电气设备做联保之用。
6. G1K1~G6K6——整流硅触发信号。
7. XA、XB、XC——三相电压同步信号（380V）。建议该同步信号和控制电源都取自主回路开关上端（进线端），这样不但方便检修，而且可以提高控制板的抗干扰能力。如果同步信号取自整流硅阴极端，须将控制板上 D42 去掉，否则，先送控制电源，后送主回路电源将不能开机（缺相保护，不可复位）。
8. 181、182、GND——主控板电源输入端：双 18V 电源，中心头接 GND（频率表端口下边的 GND）
9. N24、M7、M8——接逆变脉冲变压器，N24 是公共电源端，建议取脉冲变压器两路信号的 N24 分别走线，可避免两路信号相互干扰。
10. GND、Hz——频率表接口，频率表可用 1mA 表头改装。校正频率表时，可将控制板上的“检查开关”闭合，此时主控板发出 1KHz 它激信号，调整 W7 校正频率表。
11. 183、184——逆变触发电路单 18V 电源，留此端口的目的是将整流和逆变电源分开，避免整流、逆变相互干扰，如果该端口接入 18V 单电源，应将控制板上跨接线 L1、L2 去除；如果控制板上跨接线 L1、L2 连上，该端口可空着不接，此时整流逆变将共用电源。
12. US1、US2——逆变反馈信号（电压电流合成信号）输入端。该端口最高引入电压有效值一般为 20~50V。如果工作频率低于 1.5KHz，应将主控板上的隔离变压器 M7 去除并短接，外置隔离变压器（800/800，25W）。



## 主要元件功能

### 1、电位器功能及参考位置：

W1——限压调整（顺小逆大）调试前置置于 1/2 位置

W2——限流调整（顺小逆大）调试前置置于 1/4 位置

W3——缓冲调整（顺小逆大），调试前置置于 1/2 位置，主要用于调整缓冲启动直流电压上升速率。

W7——频率表校正（顺小逆大）

W8——过流调整（顺小逆大）调试前置置于 1/4 位置

W9——过压调整（顺小逆大）调试前置置于 1/4 位置

W10——重起电流调节，又称启动过流（顺小逆大），一般调为 1/4 额定电流。调试前置置于 1/4 位置

W11——恒流启动调节（顺小逆大）调试前置置于 1/4 位置

### 2、相应指示灯功能：

LED1：过压指示

LED2：过流指示

LED3：正电源指示（+15V）

LED4：负电源指示（-15V）

LED5：重复启动指示

LED6：限压指示

LED7：限流指示

LED8：系统灯，在系统欠压或缺相时该灯将熄灭，并停止输出整流脉冲。

LED9~LED14：整流脉冲指示灯

## 调试方法

### 一、准备工作

1. 按接线图连接控制板所有连线。
2. 将中频输出接到一个空载感应线圈上。
3. 将主控板过压 W9、过流 W8、限压 W1、限流 W2、启动电流 W10、恒流启动 W11 等电位器顺时针调到最小，然后回旋至 1/3 位置
4. 断开检查开关 S1
5. 断开逆变脉冲电源线 N24，在整流输出接上一个功率大于 500W 的阻性负载。

### 二、整流调整

1. 打开控制电源开关，合上主回路电源开关。
2. 顺旋功率电位器至最大，并把恒流启动电位器 W11 逆时针调到最大，正常情况下，直流电压应能缓慢上升到最大值（一般为进线电压的 1.35 倍）。然后把恒流启动电位器 W11 顺时针调回，使直流电压降到 120V 左右即可。
3. 功率电位器回零，断开主回路电源。

### 三、逆变电路调试

把 N24 恢复原位，去掉假负载，打开启动开关。

将功率电位器升到 1/4 位置，应能正常起机。

如不能正常启机，对换一下逆变同步信号 US1/US2 极性。（在逆变电流反馈信号极性正确的情况下，即便不送主回路电源，控制板亦可发出和负载频率一致的脉冲，否则脉冲变压器将出现杂波声。）

### 三、保护及限压限流整定

- 1) 过流过压保护整定和限压限流整定应同步进行。调整原则是，先在空载下调中频电压，后在重载下调直流电流。
- 2) 在空炉状态下，缓慢升高功率，随时观察中频电压和直流电流的变化，切勿使其超过元件允许工作值。
- 3) **限压调整**：将功率电位器升至最高最大，调整限压电位器，使中频电压稳定在预设值，如果功率电位器已升至最大值，中频电压仍未达到设定值，并且限压灯没亮，应调整控制面板上的引前角电位器使中频电压达到设定值，并调限压电位器 W1，使限压灯刚亮即可。
- 4) **过压调整**：限压调整后，顺旋过压电位器 W9，人为使过压动作。而后倒退一小格即可。
- 5) **限流调整**：在炉中加满炉料启动中频，缓慢升高功率，同时观察中频电压和直流电流的变化，切勿使其超过元件允许工作值。如果功率电位器已升至最大值，直流电流仍未达到设定值，且限压、限流灯都不亮，应调整控制面板上的引前角电位器使直流电流达到设定值，然后调整限流电位器 W2，使限流灯刚亮即可。
- 6) **过流调整**：顺旋过流电位器 W8，人为使过流动作。而后回旋 2 小格即可。
- 7) 如果在升功率过程中出现过流、过压保护动作，可适当放大相应的保护值，切记每次不可放得过多。

### 四、起动电流、恒流起动的调整

对于正常负载状况，起动电流、恒流起动无需调整，对于负载阻抗偏低比较难启动的炉子，可进行以下两项工作：

1. **起动电流**——起动前把 US1 / US2 去掉，使逆变暂时不能建立，并把恒流起动电位器适当放大，而后缓慢顺旋功率电位器，使电流达到  $1/4I_{dmax}$ ，然后再调整起动电流电位器 W10，使重复起动动作。此时应当看到重启灯每隔一秒闪亮一下，在重起状态下，启动电流视觉值和实际值会有偏差，应避免误判。启动电流调整完毕后，把 US1、US2 重新接上。
2. **恒流起动**——在炉子重复起动状态下，调整 W11 使起动时电流上升到 50A 左右时有明显减缓现象，并能看到频率表指针摆动最明显，且能听到电抗器有略微的“突突”声。此时启动效果最好。

——至此整机调试完毕，祝君顺利