

ZKP-20 型二十工位真空开关管排气台

罗吉友, 杨洪森, 郑尚清, 兰 伟, 石玉贤, 吴广军, 赵云华
(核工业西南物理研究院, 四川 成都 610041)

ZKP-20 MODEL 20-PORT VACUUM EXHAUST APPARATUS FOR VACUUM SWITCH TUBE

LUO Ji-you, YANG Hong-sen, ZHENG Shang-qing, LAN Wei
SHI Yu-xian, WU Guang-jun, ZHAO Yun-hua
(Southwestern Institute of Physics, Nuclear Industry
Ministry, Chengdu 610041, China)

Abstract: The structure design of ZKP-20 model 20-port vacuum exhaust apparatus for vacuum switch tubes is described. The automatic control of all working procedures for the vacuum exhaust process has been reached due to the adoption of industrial programmable controller. The working strength has been decreased and the efficiency of the production increased.

Key words: 20-port vacuum exhaust apparatus; programmable controller; vacuum equipment

摘 要: 介绍了 ZKP-20 型二十工位真空开关管排气台的结构设计, 采用 PC 工业程序控制系统, 实现了整个排气工艺过程的自动化, 降低了操作人员劳动强度, 提高了生产效率。

关键词: 二十工位排气台; PC 控制; 真空设备

中图分类号: TB753; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7086(2000)03-0170-05

1 引 言

真空排气是真空开关管生产的关键工序, 排气质量的好坏直接影响到产品的质量和寿命。目前, 国内真空开关管的排气设备还比较落后。一是设备较小, 工位少, 能耗大; 二是自动化程度差, 效率低。这类排气台越来越不适应现代化生产的要求。80 年代后期, 有些真空开关管生产厂家从德国西门子公司引进了十六工位排气台, 提高了生产效率。但它仍存在有不少的缺点。例如每个排气工位都有一个加热用的钟罩, 造成真空开关管加热温度不均匀, 产品质量分散性大; 自动化程度低, 基本上是手动操作。针对国内需求, 研制了 ZKP-20 型二十工位真空开关管排气台。

2 排气台总体结构简介

二十工位真空开关管排气台主要由机架、真空抽气系统(两套)、加热烘烤系统(两套)、高

收稿日期: 1999-08-20

作者简介: 罗吉友(1942-), 男, 陕西省富平县人, 研究员级高级工程师, 研究生导师, 从事低温与真空技术的研究和产品开发。

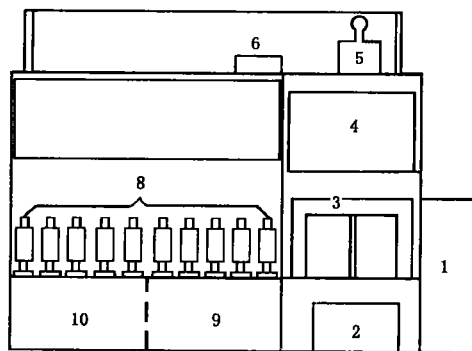


图1 ZKP-20 排气装置示意图

1. 控制柜; 2. 老炼箱传动电机; 3. 高压老炼箱; 4. 烘箱供电调节柜; 5. 高压变压器; 6. 烘箱升降电机; 7. 烘箱; 8. 真空开关管; 9. 1[#]真空系统; 10. 2[#]真空系统。

3 真空获得系统

3.1 真空系统主要技术指标

真空系统与开关管接口处应耐磨,耐 550 ℃ 的高温烘烤;系统初始真空度在 20 min 内达到 1×10^{-3} Pa;开关管封离时真空度小于 2×10^{-5} Pa;真空系统在高温烘烤时,系统真空度优于 1×10^{-3} Pa;真空系统在真空度优于 1×10^{-4} Pa 时,能够承受短时暴露大气的冲击;真空主系统烘烤温度小于 150 ℃。

3.2 真空系统结构

真空系统由 FB-450 型涡轮分子泵、2XZ-15A 型直联泵、低真空电磁阀、充(放)气阀、超高真空角阀、真空系统管路及测量系统等组成。系统有 10 个支路,每个支路均有一只手动超高真空阀门(见图 2)。

考虑到 20 min 内系统真空度达到 1×10^{-3} Pa,因此涡轮分子泵的前级泵选用低噪音的 2XZ-15A 型直联式旋片泵。选用抽速较大的前级泵,有利于涡轮分子泵的抽气^[1]。系统中配备的充气阀是保证在装开关管时,系统不受污染,可向真空系统充氮气或氩气进行保护。

4 加热烘箱

进口的西门子十六工位真空开关管排气台,有 16 个加热钟罩。这 16 个钟罩吊在一个架子上,架子上下运动带动 16 个钟罩一起提升或降落,不仅显得零乱,而且当钟罩扣在工作台面上时,不能保证每个钟罩准确到位,影响开关管受热的均匀性。在实际工作中,16 个钟罩的加热温度很难保证

压老炼系统、电器操作及控制系统、机械传动系统等组成(见图 1)。

二十工位分为两个独立的抽气单元,每个单元 10 个工位,与真空泵、超高真空阀门等构成一个独立的真空系统。一只长烘箱的内部用绝热层隔开而成两个独立的加热烘烤系统。烘箱由丝杠传动,可上下移动。高压老炼箱可在机架平台上沿长度方向进行平稳的直线运动。高压变压器置于机架顶部,高压线可随高压老炼箱移动。一个控制柜放置在排气台的右端,完成对两个抽气单元的控制。设备的外型尺寸为长 5 300 mm × 宽 1 600 mm × 高 4 300 mm,机架的外形尺寸为长 4 800 mm × 宽 1 250 mm × 高 3 200 mm,工作台面高 750 mm。

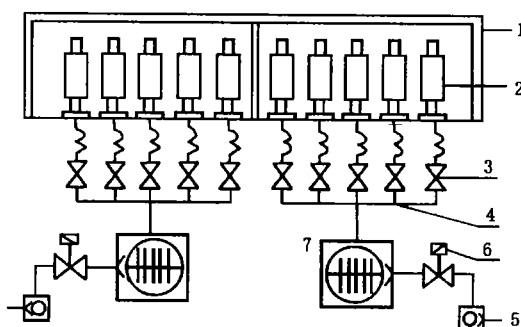


图2 真空系统

1. 烘箱; 2. 工件; 3. 超高真空角阀; 4. 主真空室; 5. 2XZ-15A 型直联泵; 6. 电磁阀; 7. FB-450 型涡轮分子泵。

相同,造成 16 只开关管加热温度不能一致,从而影响到开关管排气质量的一致性。在二十工位排气台设计时,采用一个长方形大烘箱,从中间用绝热层隔开,成为两个加热系统,与两个抽气单元相对应。加热件为带翅片的 U 型加热管。烘箱内壁用不锈钢制作。为保证烘箱上下温度均匀,在烘箱内又增加了不锈钢衬板。烘箱升降采用两根丝杠传动。

烘箱主要技术指标:工作温度 $470\text{ }^{\circ}\text{C}$;最高工作温度 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$;从室温到 $550\text{ }^{\circ}\text{C}$,烘箱升温时间小于 50 min (每只管重按 10 kg 考虑);加热区有效高度区间垂直截面温差小于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$;加热区外面板温升小于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$;工作台面温升小于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5 高压老炼箱

真空开关管高压老炼的作用,一是为了打掉电极的毛刺;二是通过放电可以轰击清洗电极,达到进一步除气的目的。高压老炼箱的设计主要考虑高电压引入的绝缘和打高压时放电所产生的 X 射线的屏蔽,以避免对人体的伤害。高压老炼箱箱体由不锈钢制作,内衬铅皮。它的四面都有门,前后门用铅玻璃制作,供操作人员给开关管接高压线时使用,并可观察打高压时的情况。老炼箱依靠机械传动可在台面上沿长度方向移动,此时两端的门均处于开启位置,以免碰坏开关管,到位后两端门关闭。老炼箱可罩住 10 只开关管,一次可同时对同侧的 5 只开关管并联打高压,打高压时老炼箱的前门及两端门均处于关闭状态。老炼箱的运动状态和停留位置状态分别由接近开关和光电开关控制。

6 电气控制系统

采用交流 50 Hz 、 $380/220\text{ V}$ 三相五线制供电,供电总功率为 70 kW 。为了提高供电部分的可靠性,各供电分支均采用具有过热和过流保护的微型断路器,所有三相电动机都加装缺相保护。为了防止干扰,PC 和分子泵电源及温控仪表等,都通过“WH38005”型隔离变压器供电。除 PC 本身供电外,其它供电控制全部通过 PC 来实现^[2]。

6.1 加热烘烤系统的控制

真空开关管的烘烤是保证管子质量的重要处理工序,只有让管子长时间处在较高温度中抽气,才能彻底去掉电极表面和深层中所吸附的杂质气体。在本生产线上,有两次烘烤抽气过程。具体要求:

1) 管子进行真空检漏,真空度达到设定值 V_1 ,由 PC 发出 PC1 加热信号,烘箱以一定速率、按 γ 角开始升温。

2) 当温度达到设定值 Q_1 时,检查真空度,如果真空度未达到设定值 V_2 ,加热系统处于等待状态;如果真空度达到设定值 V_2 ,PC 发出 PC2 继续升温的信号。

3) 当温度达到最终设定值 Q_2 时,恒温保持一定时间 t (t 的长短按工艺要求给定)。

4) 在 Q_2 温度下保持 t 时间后,检查真空度设定值 V_3 ,如果 V_3 没有达到,继续恒温等待,直到 V_3 达到,PC 发出 PC3 信号开始降温。降温时关断供电电源,自然冷却。

5) 上述参数 γ 、PC1、PC2、PC3、 Q_1 、 Q_2 、 t 等构成一条特定的升温曲线(见图 3)。不同类型的管子其曲线因参数不同而不同。

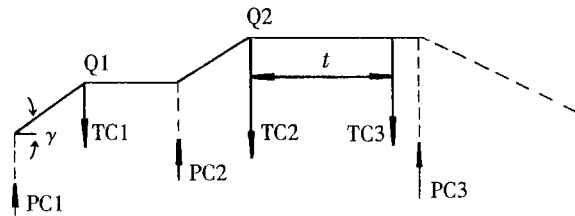


图3 烘箱加热工艺曲线图

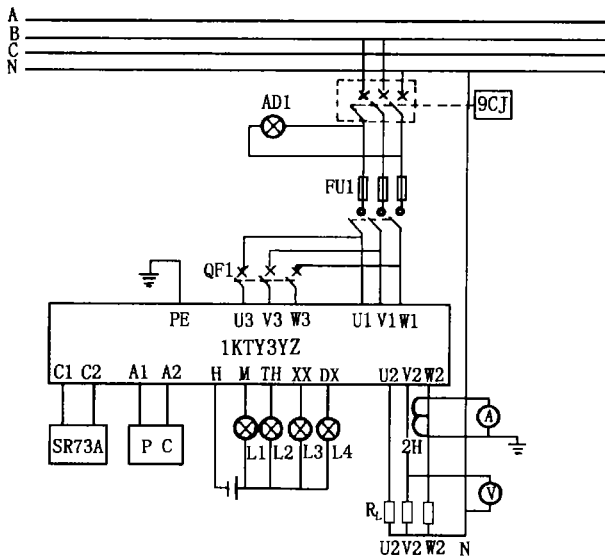


图4 加热供电原理图

烘箱的供电采用1KTY3YZ三相晶闸管电力控制器供给(见图4)。三相电源经微型断路器9CJ和快速熔断器FUL接入。U1、V1、W1为主回路电源输入线,U2、V2、W2为主回路电源输出线,负载为加热带 R_L 。U3、V3、W3为控制电源输入线。1KTY3YZ中的晶闸管,用过零触发方式通断加热带,加热温度由通电占空比实现控制。采用过零触发主要为防止移相触发可能对PC或其它仪器仪表引起高频干扰。控制信号由SR73A温控表发出,从C1、C2输入。故障指示灯分别表示:L1为过流,L2为过热,L3为相序,L4为缺相。这些故障除了在控制面板上显示外,还通过A1和A2继电器触点,送到PC参与其它过程的控制。

图5是为实现上述加热曲线而设计的温度控制原理图。图5中1~5是面板上5个开关,分别代表选择的加温工艺曲线。5条工艺曲线的具体参数值设在HTC温度控制接口中。HTC接到PC10306~10308的输出状态,按BCD码选择相应的工艺曲线的参数传送给温控表SR73A,温控表按设定值和热偶在现场获得的当前值,作PID处理后去控制和调节1KT3YZ烘箱的供电状态,有效地防止了温度的过冲和温度保持过程中保证波动不得大于 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的指标。同时,HTC根据从SR73A获得的温度值Q1、Q2以及保持时间到等信息传送给PC进行处理。

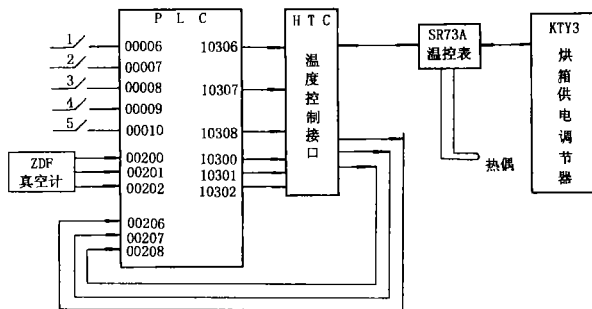


图5 温度控制原理图

6.2 高压老炼的控制

图6为高压老炼电气原理图。GYB为变压器,它由一个自藕调压器TB供电,当调压器输出0~220V交流时,输出0~100kV交流高压。为实现自动调压,采用0~110V供电的KD低速电机调节,通过控制3SC和3JC,实现对电机的

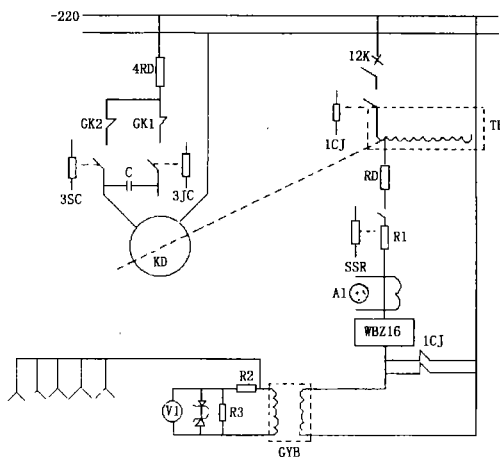


图6 电气原理图

正反转(升降压)的控制。在高压变压器的初级回路中,有电阻器 $R1(6.3\ \Omega)$ 限流,保护次级电流不超过 100 mA。打压有两种方式,一是手动,二是自动。手动由开关设定的脉冲或连续进行打压;自动则按程序完成脉冲和连续的打压功能,由波段开关按自动、脉冲、连续来选择。为使管子不受破坏,打压应从较低的电压开始,分步逐渐达到电压设定值。前几步以间隙脉冲方式(周期 1.5 s 到 4.0 s, 占空比为 1, 依管子型号而定)进行打压,最后连续打压。不论是间隙打压,还是连续打压,都通过程序由 PC 控制过零触发的固态继电器 SSR 去实现。图中, WB-216 是电流传感器,在打压过程中,PC 通过它监测开关管打压进行时的放电电流,以确定开关管打压老炼的情况。

手动时所有的操作,例如真空抽、停;烘箱加电的通、断等等,都是按控制面板上的相应按钮去执行。半自动时除了有手动的全部功能外,在烘箱升温 and 保温过程中,能根据真空情况自动控制烘箱通电的通断。在打高压时,能自动监测管子的打压情况和作升降压的控制。在自动过程中,启动程序按钮之后所有过程,从抽真空开始直至下管子的全部过程都自动完成。

7 设备运行情况

二十工位真空开关管排气台使用半年来,设备运行良好。真空系统抽气达到初始真空度 $1 \times 10^{-3}\ \text{Pa}$ 的时间小于 15 min, 开关管封离真空度优于 $8.5 \times 10^{-3}\ \text{Pa}$ 。烘箱达到的最高温度 550 $^{\circ}\text{C}$ 所需要时间小于 45 min; 烘箱加热区有效高度区间垂直截面上下温差小于或等于 10 $^{\circ}\text{C}$; 在保持期温度变化小于 1 $^{\circ}\text{C}$ 时,烘箱及工作台面温升小于 3 $^{\circ}\text{C}$ 。高压老炼系统,在同时对 5 只开关管并联进行打压老炼时,安全可靠。先进的 PC 控制系统,实现了整个抽气过程的自动化,大大降低了操作人员的劳动强度,提高了生产效率。

参考文献:

- [1] 达道安. 真空设计手册[M]. 北京:国防工业出版社,1991:625~626.
- [2] 青木正夫. 可编程控制器的技术潮流[J]. 自动化信息,1998,6(2):2~5.

(上接第 169 页)

3.5 两种校准方法一致性

定容法和定量气体动态比较法有一部分重叠的测量区间,用两种方法校准同一支正压漏孔,每种方法对正压漏孔的漏率值重复测量 6 次。定量气体动态比较法校准的漏孔平均漏率为 $5.35 \times 10^{-3}\ \text{Pa} \cdot \text{L/s}$, 不确定度 4.98%; 定容法校准的漏孔平均漏率 $5.64 \times 10^{-3}\ \text{Pa} \cdot \text{L/s}$, 不确定度 2.95%。这两种方法之间偏差约 5%。可见,虽然两种方法的原理不同,定容法采用的是全压力测量,而定量气体动态比较法采用的是分压力测量,但两种方法具有较好的一致性。

4 小 结

正压漏孔校准装置技术指标的测试结果表明,定容法的校准范围为 $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-3}\ \text{Pa} \cdot \text{L/s}$, 测量不确定度为 2.60%~9.10%; 定量气体动态比较法的校准范围为 $1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-5}\ \text{Pa} \cdot \text{L/s}$, 测量不确定度小于 14.20%。