

大型仪器维护与维修(51~57)

BAIRD Ps- 6 真空型电感耦合等离子发射光谱仪的故障分析与对策

张文德* 陆 敏 李 煊
(中国石化总公司上海石化研究院 上海 201208)

摘 要 对Ps- 6 型光谱仪作了简介的基础上,从联锁保护电路入手,选择了射频(RF)发生器。相检测电路、气路、真空系统、光路准直监视系统、光电倍增管和高压电路等八例有代表性、已排除的故障实例深入进行分析研究,提出了排除故障的思路与办法。

关键词 光谱仪 联锁电路 故障分析

分类号 O657. 7

1 仪器简介

Ps- 6 型电感耦合等离子发射光谱仪是美国 BAIRD 公司产品,用于液体样品的快速定量分析;通过微机控制自动完成光路系统的校正与准直及 60 个通道指定元素的测量与计算;光室置于真空中,以利于特征谱线在 200nm 以下、诸如 P、S 等元素的分析,并减少光路污染;RF 发生器频率:46. 68MHz;输出功率:1. 5kW。图 1 为仪器的结构示意图。

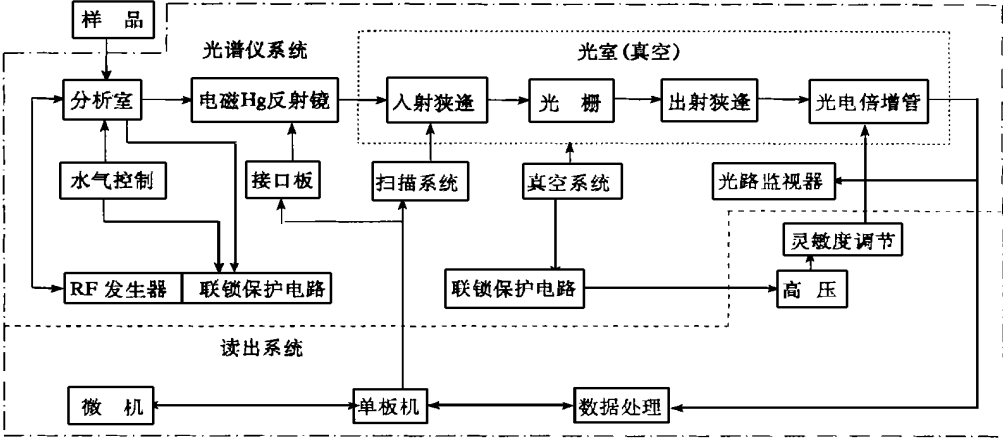


图 1 仪器结构示意图
Fig 1 Block diagram of the instrument

* 通讯联系人。
收稿日期: 1998- 01- 02。

2 联锁保护电路

RF 发生器产生的射频辐射对人体有伤害, 强大的输出功率极易使炬管及功放管受损, 为此, 仪器设置了多种联锁保护电路。鉴于使用与维修需要, 对电路进行分解、剖析和研究, 弄清电路走向及连接, 确认保护电路正常工作条件, 了解联锁保护控制过程及采取的保护措施。

保护电路归纳为: 1. 水、气、RF 发生器联锁保护; 2. 真空、倍增管高压联锁保护; 3. RF 发生器过载联锁保护; 4. 分析室门与点火电路联锁保护; 5. RF 发生器冷却风扇联锁保护; 6. 调谐回路真空电容位移限制保护。限于篇幅, 本文仅绘出了 1、2、3 三种保护电路分解图, 提出了正常工作条件与出现异常时仪器的保护措施。图 2~4 为保护电路分解图。

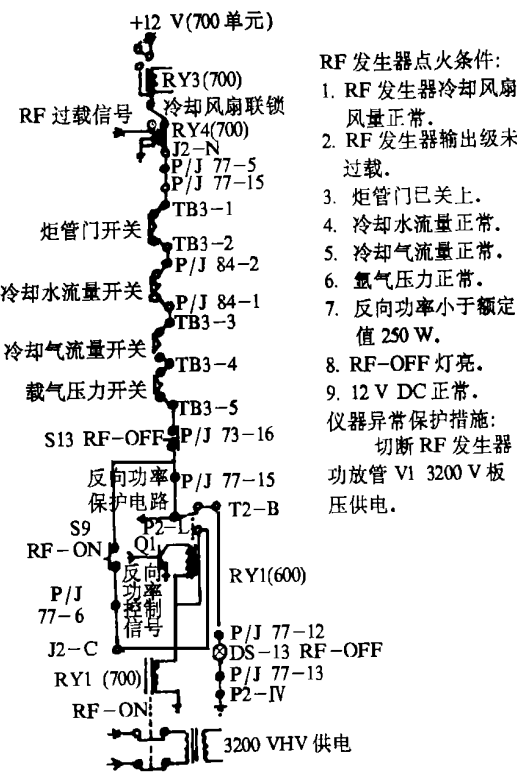


图 2 水气发生器联锁保护电路

Fig. 2 Interlock protective circuit of R. F. Generator about cooling water and carrier gas

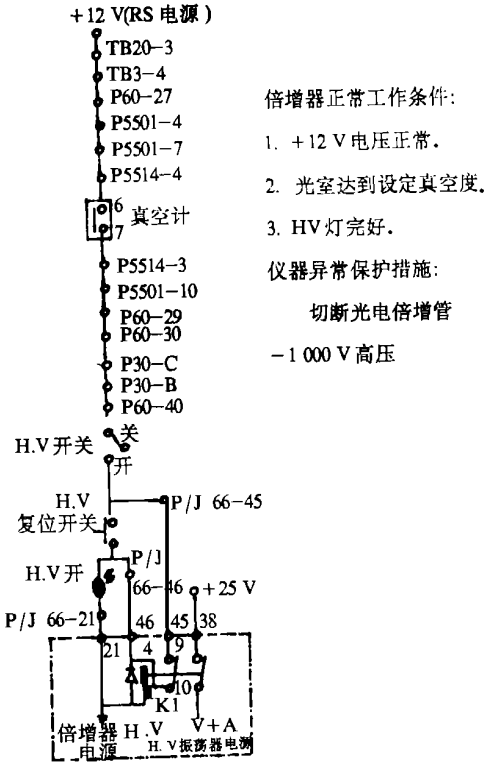


图 3 真空倍增管高压联锁保护电路

Fig. 3 Interlock protective circuit of vacuum and high voltage for PMT

3 故障分析与维修对策

3.1 RF 发生器

故障 1: 不能形成等离子火炬 (通称点不着火)。

检查与分析: 点火过程实质上是 RF 发生器的高频电能通过点火线圈火花放电引燃、耦合到炬管的等离子体上, 得到类似火焰的高频放电光源过程。点不着火的因素很多, 归

纳为: 1. 气路: 管道混入空气, 氩气不纯, 冷却气太大或太小; 2. 仪器: 炬管位置不当, 点火间隙太大, 点火高压电路故障, 调谐器调谐点与设定值相差太远, RF 电路故障、样品室门未关好; 3. 操作: 点火太迟, 时间太短。

出现故障时发现: 1. 自动调谐电路有平衡点; 2. 表头指示反向功率 $> 250\text{W}$, 正向功率仅 $50 \times 10\text{W}$; 3. 点火线圈有吱吱放电点火声; 4. 没有点火爆鸣声; 5. RF 功放管的极压、极流、灯丝电压、栅流正常; 6. 数天前仪器是正常停机。使用人员亦相当熟练。由此可排除气路、操作及点火器问题, 故障应在 RF 发生器部分。从 RF 发生器原理图(图 5)分析: 有正、反向功率指示, 说明在方向耦合以前各级放大电路工作正常。调谐电路有平衡点, 排除了相检测与自动调谐电路故障的可能, 问题应在匹配网络与负载线圈。如果匹配网络的输出阻抗与炬管电感阻抗不等, 会引起波的反射, 致使反向功率过大, 使图 2 水气

RF 发生器保护电路中, Q_1 基极电平变低, $RY_1(600)$ 释放, 经 $RY_1(700)$ 切断功放管 $3, 2kV$ 的板压进入保护状态, 点火过程中止。由于炬管不能获得足够能量, 火不能点燃并维持。本仪器

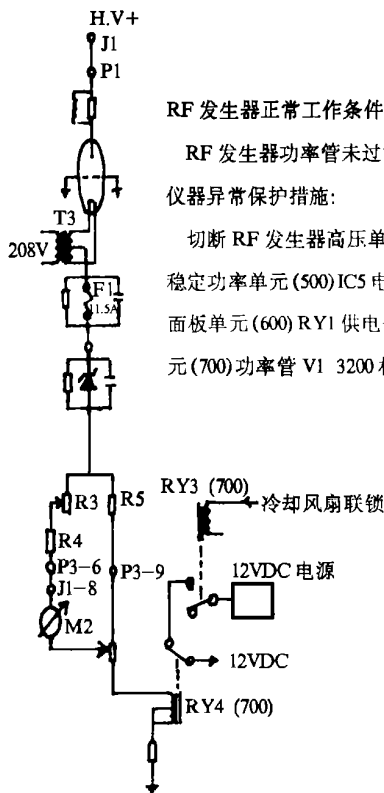


图 4 RF 发生器过载联锁保护电路

Fig. 4 Interlock protective circuit of the over load of R.F. Generator

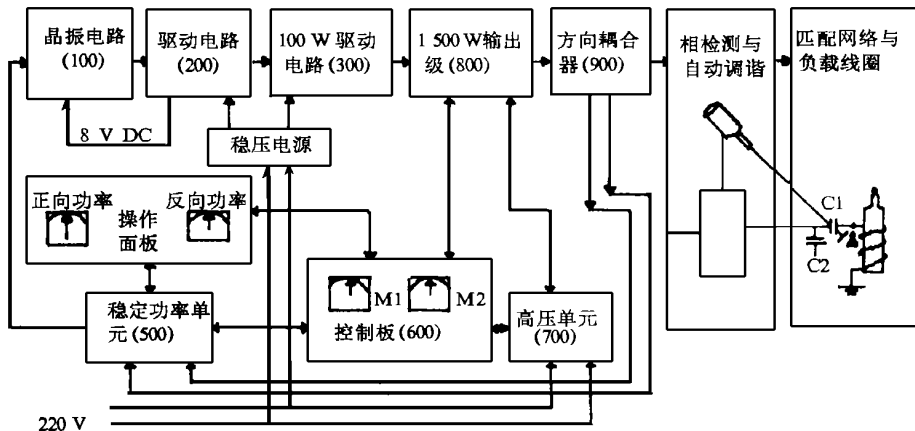


图 5 RF 发生器原理图

Fig. 5 Block diagram of R. F. Generator

引入单调谐自动匹配网络,使等离子体在点火前自动调谐到设定点,点火后重新调谐到新的匹配点,运行期间,自动补偿功率终端的阻抗变化,以获得稳定的等离子体和最小的反向功率。考虑到连续数天下雨,空气湿度大,空气的介电常数有所变化,使匹配网络负载电路阻抗改变。用热风干燥炬管及电感耦合线圈后,情况改善,偶尔能点着火但不能维持。打开机箱,调整匹配网络的电容 C_2 。调试过程中曾出现:功率输出不稳,反向功率过大,炬火窜至炬管底部等现象。

维修结果:经多次反复调节,炬火能点燃并维持。输出功率稳定,反向功率趋于零,炬火正常。

故障 2: 点不着火

检查与分析: 观察仪器各部分情况: 1. 自动调谐时,从匹配网络观察孔(RF CAPSETTING)中看不到真空电容 C_1 位置读数变化; 2. 反向功率 $> 250W$, 正向功率仅 $50 \times 10W$; 3. 点火线圈有吱吱放电点火声; 4. 没有点火爆鸣声; 5. RF 功放管、板压、板流、灯丝电压、栅流正常。

有正向输出功率,功放及板压、板流、灯丝电压、栅流参数正常,可排除 RF 发生器、相检测与自动调谐电路以前各级故障,问题是网络匹配不好,反向功率过大($> 250W$)而进入联锁保护,故怀疑输出能量未传输到电感线圈,在图 5 中 A 点,绕二圈电线,逐渐加大 RF 发生器输出发射功率,直到反向功率接近 $250W$ 为止。从示波器观察线圈上感应电压,此时电压仅 mV 级,(正常时峰-峰值达 V 级),怀疑相检测电路、自动调谐电路与匹配网络有问题。检查相检测电路静态工作点正常,用手动调节调谐匹配马达,能听到马达旋转声,但观察孔仍看不到 C_1 位置计数器数字变化。拆开匹配网络发现 C_1 真空电容一头粘接处脱落,带动 C_1 进行调谐的马达动作正常,同步带动的计数器与真空电容限位开关的传送带塑料老化,传动齿剥落,见图 6 调谐马达传动示意图。笔者用特种胶将电容脱落部分粘回,但修复后的电容耐压仅 $1600V$ 左右,与其标称值 $CADD-30-01153 \sim 30pF$

$15kV$ 的 $15kV$ 相差甚远,为避免电容击穿使 RF 发生器受损,未再试验。向 BAIRD 公司订购传动带及真空电容,价近 3 千美元,半年后到货。

维修结果:换上传动带及真空电容,调准限位挡板位置,经过反复调试后,仪器运行正常。(因设计上的问题,如限制挡板调整不当,有可能损坏真空电容 C_1 。)

故障 3: 自动调谐时点火困难

检查与分析:在排除了气路、点火电路及操作上可能造成点火难的因素后,重点查相检测与自动调谐电路图 7。该电路作用是使调谐马达带动匹配网络的 C_1 电容使 RF 发生器输出阻抗与负载

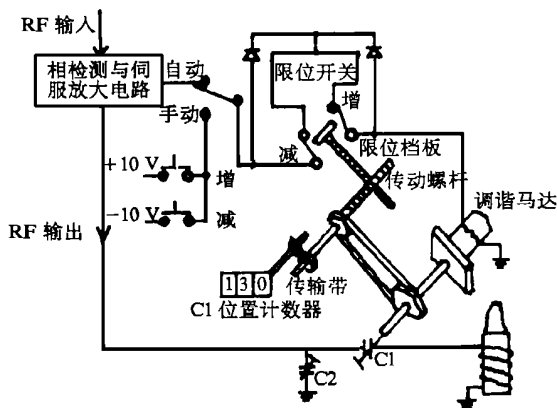


图 6 调谐马达传动示意图

Fig. 6 Schematic diagram of the movement of turning motor

阻抗相匹配, 反向功率接近零。

点火前、点火时乃至点火后, 由于负载电感周围环境变化, 负载阻抗将改变, 调谐马达的位置也会改变。R11 决定了调谐马达点火时的设定点位置, R6 则决定了反射波的取样信号。如果调整不当, 会造成调谐点与设定点相差较远, 点火时还未到调谐点, 反向功率就到 250W 保护值而进入保护, 中断点火。

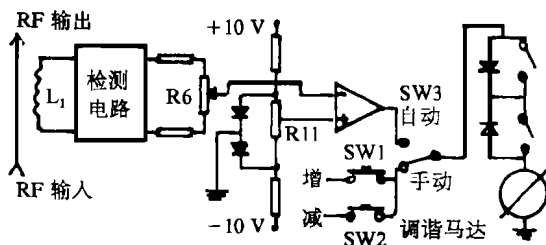


图 7 相检测放大伺服驱动系统

Fig. 7 Phase detector and serve amplifier

维修结果: 重调 R11、R6 后, 点火难问题得到改善。

作为一种临时补救办法, 点火前将匹配网络调节置手动, 通过增减按键试着找到最易点火的位置, 从 RF CAP SETTING 窗读得 C1 位置读数, 以后开机时, 在该位置手动点火, 待火点燃后, 再将匹配网络调节开关切换至自动。

3.2 气路

故障 4: RF OFF 灯不亮, 仪器不能进入点火前的准备状态。

检查与分析: 从图 2 水气 RF 发生器联锁保护电路分析, RF- OFF 灯亮才具备点火的必要条件: 1. RF 发生器冷却风扇风量正常; 2. RF 发生器输出级未过载; 3. 炬管门关上; 4. 冷却水流量正常; 5. 氩气压力正常; 6. 反向功率小于额定值; 7. RF- OFF 灯完好; 8. 12V DC (700) 正常。逐条核对上述条件发现: CARAIEA (载气) 压力调不高, 并有吱吱漏气声, 循声查找, 声音出至减压阀, 拆下发现, 减压阀膜破裂, 在得知需三个月才能得到所订备件后, 笔者用液化气减压阀膜代用。

维修结果: RF- OFF 灯亮, 仪器正常工作, 至今已正常运行三、四年。

3.3 真空系统

故障 5: H. V 灯不亮

检查与分析: 从图 2 真空、倍增管高压联锁保护电路知, H. V 灯亮的条件: 1. + 12V 电压正常; 2. 达到设定真空值; 3. H. V 灯完好。查看真空计指示, 真空未达到上限值 15τ , 对真空系统作例行处理: 1. 清洗泵体并更换泵油; 2. 更换油气分子筛; 3. 打开光室, 取下周长 1m 左右真空密封圈, 清洗后, 涂上真空脂, 再重新安装。

维修结果: 经上述处理后, 真空度达额定值, H. V 灯亮。

3.4 光路准直监测系统

故障 6: 用泵灯准直光路时, 仪器无响应。

检查与分析: 光路的入射狭缝, 在计算机控制可手动控制时, 由步进马达带动, 可在 2mm 范围移动获得各元素的特征谱线。在一般情况下, 用汞灯作光源, 使入射狭缝获得最佳位置, 光学准直监测系统见图 8。观察发现: 1. 电磁驱动镜有响应; 2. 步进马达无响应; 3. 入射狭缝指示表头指针无响应; 4. 汞灯亮。查步进马达, 无输出驱动脉冲, 查驱动电路, 24V 电源中有 - 3k 电阻开路, 更换后, 24V 电源正常。

维修结果: 再作准直, 仪器工作正常。

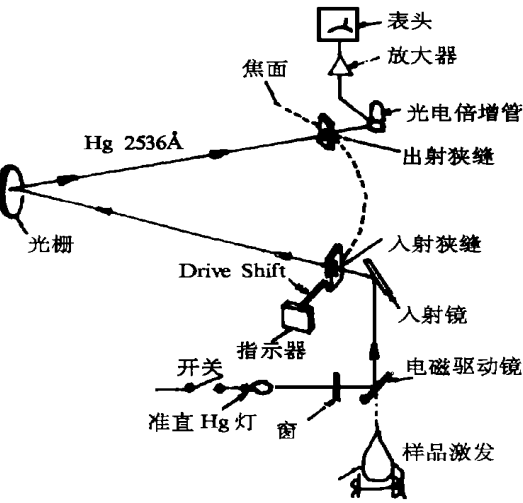


图 8 光路准直监视系统

Fig. 8 Optical alignment monitor system

维修结果: 系统稳定后, Ba、Sr 通道均有光强读数, 仪器正常, 说明原 16 通道光电倍增管未损坏, 仅接触不良。

3.6 高压系统

故障 8: 数据误差大

检查与分析: 重新准直, 光路监视器读数达 143, 正常时在 100 附近, 说明准直后的汞灯光强读数偏高。测定各通道暗电流读数, Co: 660, F: 1159, Ag: 19, 大部分通道暗电流偏高(正常时仅为 0 或 1), 测得光电倍增管高压为- 1275V (正常值为- 1000V 左右), 调整图 9 中光电倍增管高压稳压电源中 R2 电位器, 无效, 说明电路失控。查 R5、R6、R7 取样电阻, R7 已开路。

维修结果: 更换电阻, 重调 R2, 使高压输出为- 1000V, 几小时后, 仪器稳定, 测得暗电流正常(最大值为 1)。准直后表头指示 96。因原设计 R5、R6、R7 功率偏小, 仅 1/4W, 致使此故障重复出现。取样电阻 R5、R6、R7 全更换为 1/2W 电阻后, 不再出现上述故障。

3.5 光电倍增管

故障 7: Ba 通道光强读数始终为零

检查与分析: 其他通道有关强度读数, 说明前放及多路转换开关以后的数据处理系统不可能有问题。从微机数据库查得, Ba 对应 16 通道, 光电管型号 R300, Sr 对应 17 通道, 光电管型号 R300。测“光电倍增管灵敏度及 1 000V 监视电路板”上 R16A、R16B 处有高压, 说明高压已向光电管送出。将数据读出系统的 CH16、CH17 接头互换, CH17 信号变为零, CH16 正常, 说明 Ba 对应光电管未输出电信号。打开真空光室, 循线找到通道 16、17 对应的光电管, 与不常用的 Sr 17 通道的同型号光电管对换, 重新装回。

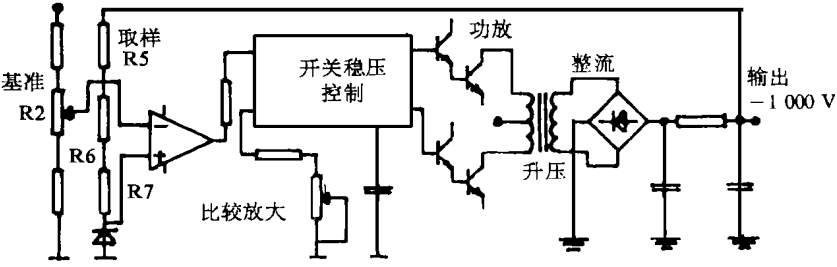


图 9 光电倍增管高压稳压电源

Fig. 9 High voltage source of PMT

4 结束语

Ps- 6 型真空电感耦合等离子发射光谱仪是集真空、光、机、电、仪和计算机技术于一体的大型测试仪器, 故障率较高。遇到故障, 不要盲目动手, 随意拆卸, 必须从理解仪器工作原理入手, 在弄清各部件、各电路单元的功能及相互关系、信号的控制与流向的基础上, 仔细观察研究故障现象的内在联系, 分析可能导致故障的原因, 逐个检查, 缩小范围, 最终找出故障点并加以排除。特别指出: 有联锁保护的仪器, 得先弄清仪器正常工作的条件、保护对象、保护措施、传感器位置和特性, 方能进行理性维修。希望本文能对该仪器的使用、维修人员有所启示和帮助。

本院陈伯君分析工程师对撰写本文给与了帮助, 谨以致谢。

参考资料: BAIRD 公司提供的电路图及“ICP 光谱仪操作手册”。

The Faults Analysis and Their Solution of Baird Ps- 6 Plasma Spectrometer

Zhang Wende Lu Min Li Xuan

(Shanghai Petrochemical Research Institute of SINOPEC Shanghai 201208)

Abstract The Plasma Spectrometer Ps- 6 is introduced briefly. Based on the Link-lock protect circuit, typical faults occurred in RF generator, phase detector, gas supply system, vacuum system, optical alignment monitor system, PMT, high voltage supply etc. are analyzed and studied thoroughly. And ideas to resolve these faults are given.

Key words spectrometer link-lock circuit faults analyzed

Classifying number O657.7