

UTI 在线质谱仪的维护翻新

丁军平 刘学博 刘金生

(航天医学工程研究所 北京 100094)

摘要 本文概述 UTI 在线质谱仪的结构原理, 描述一台 UTI 在线质谱仪的故障现象, 并从硬件和软件两个方面进行故障排除和性能调整, 最后将其工作状态恢复正常。

关键词 UTI 在线 质谱仪 维护调整 翻新

概述

UTI 质谱仪是我国在 90 年代初期从美国引进的一种高性能四极质谱仪, 主要用于残余气体分析和在线气体成分监测。它主要由探测器、控制器和计算机三大部分构成, 探测器由进样系统、离子源、四极分析场、检测器(法拉第桶、电子倍增器可选)和射频电源盒, 以及真空系统组成; 计算机中装有质谱仪分析监控软件。UTI 质谱仪的结构框图见图 1。

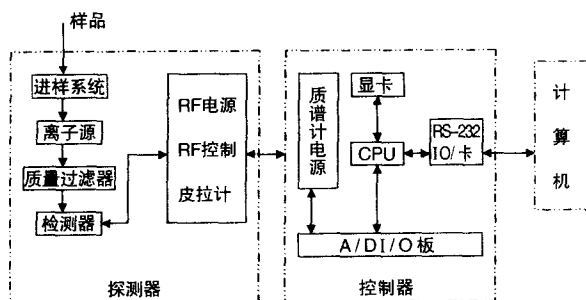


图 1 UTI 质谱仪的结构框图

进样系统、离子源、质量过滤器和检测器处于真空腔内

UTI 质谱仪的计算机处于指挥控制的地位, 由其分析测试软件 (SpectraSoft II) 发出各种测试、监测指令, 并显示最后的测试监测结果。软件启动后, 首先检测探测器真空腔的真空度, 当真空度小于 10^{-4} Torr 时, 灯丝开始加热, 半小时后, 便可开始测试或监测。控制器则起上传下达的作用, 将测试软件发出的指令处理后向探测器提供测试监测所需的电源电压、扫描电压等, 再将探测器测试或监测到的离子电信号采集处理后上传给计算机。控制器的启动分两个阶段, 一是启动其计算机部分, 二是启动控制器, 使其处于工作状态。探测器则是一个具体进行样品的测试监测传感器。样品首先在离子源中离子化, 离子在加有高频扫描电压的四极杆中间按扫描时序分离, 飞出四极分析场, 法拉第桶或电子倍增器接受飞出的离子, 并产生电流, 控制器的 A/D 采集板采集电信号, 经转换后传送到计算机, 计算机处理后显示其监测测试值。

1 故障检查

启动 UTI 质谱仪, 经过仔细检查, 发现质谱仪存在如下故障:

(1) 控制器不能启动, 软驱不读启动盘, 工作状态指示灯不亮。打开控制器, 发现控制器中的主板上的芯片、插槽、CMOS 电池等多处存在铜锈腐蚀痕迹, CMOS 电池焊接不牢。控制器正常工作后, 控制器的计算机部分散热不良。

(2) 在探测器上外接热偶真空规和电离真空规, 利用带前极的涡轮分子泵抽真空, 发现真空度抽不到 10^{-4} Torr。

(3) 打开探测器, 发现离子源和四极杆存在不同程度的污染; 测试后发现离子源有一根灯丝烧断。

(4) 进样抽真空只能抽到几百托, 真空度抽不到要求值。

(5) 分析监测软件 SpectraSoft II 为 DOS 版本, 计算机只有 DOS 操作系统。

2 故障排除

按照传统的故障树排除模式, 进行故障排除和性能恢复, 故障排除流程(见图 2)。

2.1 控制器

控制器在 UTI 质谱仪中起着中间桥梁的作用, 为探测器提供灯丝电源、四极杆电源以及采集处理并向计算机传输从接受器检测出的电信号, 同时向探测器下达测量、控制、检测等各种指令信号。控制器出现故障时, UTI 质谱仪就处于瘫痪状态。

2.1.1 控制器硬件 首先对控制器计算机系统进行故障排除。在控制器上连接显示器和键盘, 让其进入本地工作状态, 发现不能启动。拆开控制器, 对 486 主板进行清洁除锈处理, 并重新焊接 CMOS 电池, 对主板上的数据采集卡、显卡、RSR-232 数据通讯卡等进行插拔, 以提高接触可靠性。重新启动, 发现控制器的计算机部分能够启动, 重新设置 CMOS 后发现工作正常。

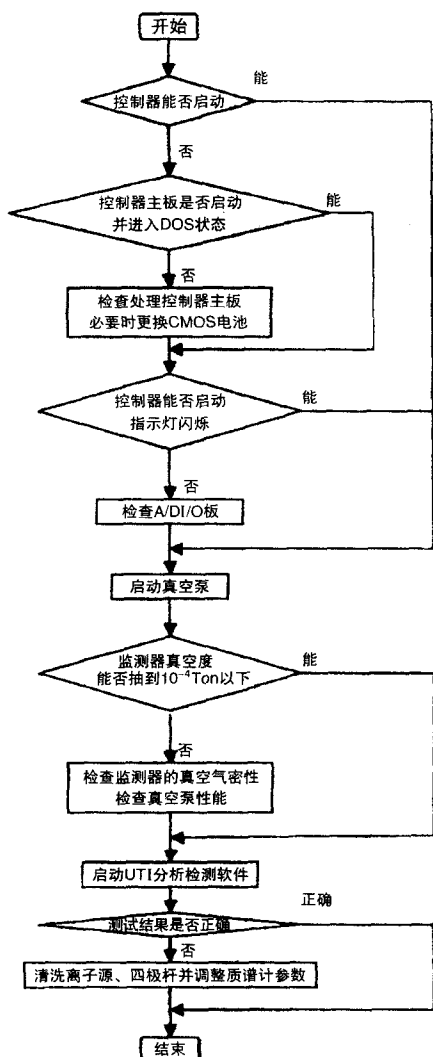


图2 UTI质谱仪故障排除流程

在以后的质谱仪维修中发现,控制器计算机部分工作不稳定,时好时坏。经分析判断,认为这主要是由主板的铜锈清洁不彻底引起,而主板出现铜锈是由于主板没涂防锈漆,经不住沿海潮湿空气长期腐蚀所引起。用一586主板(CPU为133)代替原主板,发现可以工作,但控制器指示等处于“常亮”状态,经分析和多人辨认,认为指示灯在闪烁,而是因为主板工作频率太高引起发光二极管的闪烁频率很快,以至于人眼无法分辨。最后,用另外一块工况正常的486主板更替生锈主板,这时控制器工作良好,工作不稳定现象消失,指示灯闪烁如初,人眼可分辨其闪与不闪。

在控制器的计算机部位加装一风扇,增强其散热,提高测试可靠性。

2.1.2 控制器软件 控制器的计算机部分,仅有主板、CPU、软驱以及其它所需板卡,而没有硬盘。控制器计算机的启动是通过一张UTI启动盘来完成,启动分为

两个阶段。第一阶段,软盘引导计算机部分启动;第二阶段,再启动引导控制器的电路部分,如离子源电源、高频电源等,使控制器进入工作状态,同时在分析软件计算机检查控制器状态时,予以应答。

对控制器软件,采取备份的方式,以防软盘损坏而导致控制器无法启动。

2.2 探测器

对于探测器的离子源和四极杆分析场的真空污染问题,采用化学方法进行清洗。通过配置合适比例的HCL、HNO₃、HF和H₂O₂溶液,用超声波清洗器进行清洗,再分别用丙酮和酒精超声清洗,最后烘干,以去除真空或大气暴露所造成污染,恢复探测器的性能。

选取铼钨丝,绕制弹簧状灯丝,其阻值按0.6Ω绕制,点焊代替烧断的灯丝,并保证单灯丝阻值为0.6Ω,双灯丝并联后其阻值为0.3Ω,最后再调整离子源灯丝电流,具体见第四部分。

对于探测器真空抽不到10⁻⁴Torr以下的问题,分析认为是由于探测器腔壁存在泄露所引起。更换高频电源盒端的CF63法栏垫圈,问题仍不能解决;再更换进样端的KF35法栏垫圈,抽真空,可抽10⁻⁴Torr以下,真空密封性能恢复,并能达到要求。

2.3 进样真空

对进样真空故障采用排除法进行故障查找。先将机械真空泵拆离,单独检查真空泵的抽真空性能,经检查发现真空泵性能正常;再检查管路连接部件,如KF卡箍、O形圈等,最后将故障锁定在管路上的Al₂O₃吸附阱。

仔细人眼检查Al₂O₃吸附阱的两个KF连接端面、中部大O形圈以及大卡箍,发现一端面有明显凹陷,进行研磨和选大BO形圈,仍不能解决管路的真空泄露问题。最后决定对Al₂O₃吸附阱采用正压法检漏,这时找到真正的泄露根源——一端面的KF台内焊接处存在漏缝,分析认为是焊接强度不够,在来回装卸过程中引起焊缝破裂所致。重新在内侧焊接,并在外侧采取肋加强焊,以增加强度。

2.4 分析测试软件

对分析测试软件,采用与控制器启动盘相同的方法进行维护,即先备份,后维护。结果证明,备份的软件可以正常运行。

由于分析测试软件只能在DOS操作系统下运行,而不能在WINDOWS操作系统下的MS-DOS下运行,这影响计算机资源的充分利用。首先,格式化硬盘,安装DOS6.0,拷入UTI分析测试软件;然后,

安装 WINDOWS 98 操作系统;最后,更改 WINDOWS 98 的 CONFIG 启动文件,让计算机在启动时,可以在 DOS 操作系统和 WINDOWS 98 操作系统之间进行选择,分析测试时进入 DOS,文字处理或其它计算机操作时进入 WINDOWS 98。

3 性能调整

在 UTI 质谱仪的维护工作完成后,应对其进行必要的调整,以使其性能恢复正常。由于质谱仪可以调整的参数较多,如离子源的灯丝电流、发射电子能量、四极杆高频电压、倍增器电流、信号处理等,在此只对离子源灯丝电源的调整给以说明,其它调整相类似,可参考质谱仪安装维护手册和分析测试软件说明书进行。

在更换完离子源灯丝后,发现控制器指示灯总提示单灯丝工作,而实际用万用表测量发现两灯丝都正常。打开控制器,启动控制器使其进入工作状态,调整灯丝电源板上的电位器 R12,动作轻微,直至“single filament”等熄灭,即将灯丝电流调整到 6A 或更低。另外,测试离子源板上的 TP2,可知灯丝的发射电流是否正常,正常为 $2 \pm \text{VDC}$,偏离正常值时,应调整控制板上的电位器 R39;测试离子源板上的 TP4,可检测发射的电子能量,正常为 $-55(\pm 5) \text{VDC}$,偏离正常值时,应调整控制板上的电位器 R14,发射电子能量关系到质谱计的分辨率,应结合分辨率进行调整。

4 测试结果

在 UTI 质谱仪的性能调整完成后,对监测器本

底进行测试,测试结果(见图 3,4),图 5 为 UTI 质谱仪在 1993 年时的本底图。

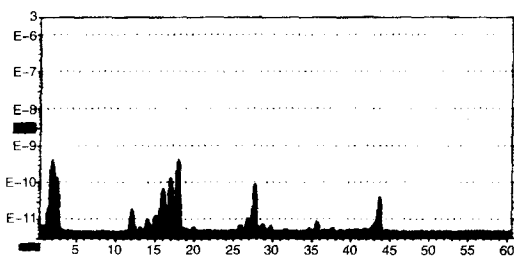


图 3 维护后本底模拟图(48h)

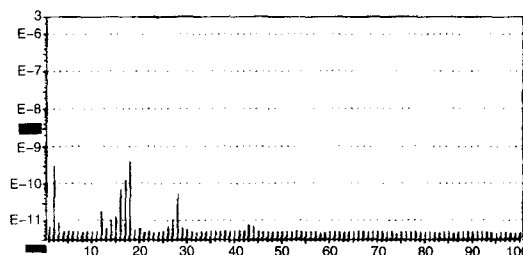


图 4 维护后本底棒图(48h)

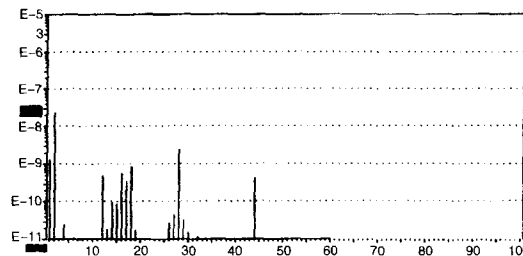


图 5 原先本底棒图(1993)

将图 3、图 4 和图 5 相比较,可以看出,维护后 UTI 质谱仪的性能指标恢复到原来的性能指标,甚至探测器的真空气密性还优于以前,这说明 UTI 质谱仪的本次维护翻新是成功的。

(上接第 50 页)

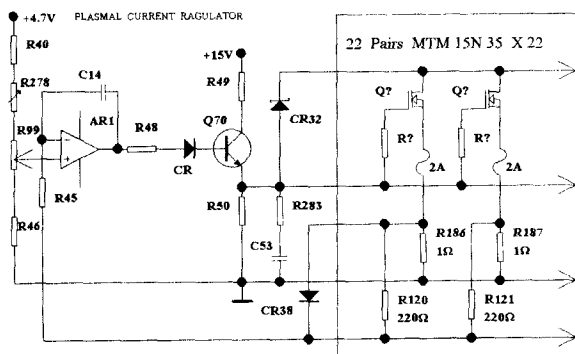


图 2 重新设计的电流调整主电路

激光器的工作电流最大一般不超过 35A,即每组晶体管的平均电流最大不超过 1.6A,每组晶体管功耗最大不超过 90W。调整电路晶体管我们选用 MTM15N35

塑封 VMOS 管,其主要参数为:15A、350V、250W。VMOS 管无二次击穿现象,工作更可靠,每只价格较 2N3773 低,驱动电路很简单,安装也较金封的 2N3773 方便。电路由每组 2 只晶体管串连改为单只工作,省去了上面的管子及其驱动电路,电路共用 22 只 VMOS 晶体管,较原电路省了 26 只晶体管;由于 22 只 VMOS 管的 D 极全部接在水冷板上无需绝缘,省去了 23 只绝缘垫片;电路共用 22 只保险丝,较原电路省了 26 只。电路中 CR 用于调整电路与运放 AR1 的隔离,防止调整电路的高电压烧坏运放,使电路工作更安全。电路大为简化,尤其是维修或更换时的工作量大大减少。原电路的其它部分仍保留。

经几个月的试用,电路工作稳定,再未出现烧功率管的现象。经测试,改造后电路的电流稳定性很高。