

化验室真空泵气源净化系统的安装研究及其应用

李鸿军 李明通

贵州黔希化工有限责任公司

摘要:为了延长 FP-640 火焰光度计的使用寿命,降低分析化验成本,必须保证其真空泵气路干燥、纯净,但是在空气压缩机工作过程中,会把空气中的灰尘、易腐蚀性物质、水分同时压缩到储气罐和过滤减压阀中,长期运行会造成储气罐腐蚀,减压阀处堵塞等现象。要消除仪器出现此类现象,加强空气过滤是关键,所以设计了一套空气过滤系统,同时在储气罐进口前和出口处加装一套空气干燥过滤装置,采用变色硅胶吸水,脱脂棉隔离杂质,使压缩空气经过两次干燥净化后进入减压阀,达到保证真空泵气路干燥、纯净的目的。本文主要介绍了这种简单实用、可以保证实验室真空泵气源得到净化的干燥系统及其安装方法,该项技术可以推广应用到对气源要求较高的其他分析设备上。

关键词: FP-640 火焰光度计;真空泵改造;气路净化;降本增效

工业循环水系统作为一种降低工业生产过程中的用水成本以及保护水资源环境的重要方式,已经逐渐成为当前社会广为关注的重点内容。提高循环水浓缩倍数不仅可以降低补充水量、节约水资源、降低排污水量、减少对环境的影响和废水处理量,还可以减少水处理剂及杀菌剂的消耗量、降低水处理成本^[1]。

测定循环水浓缩倍数分析方法有氯根法、电导率法、火焰光度钾离子法。通过试验对比发现,氯离子性质稳定,不易产生沉淀,但是为了控制菌藻,工艺操作过程中会加入一定比例的次氯酸钠试剂,同时由于进厂原水中氯离子含量不稳定,所以不能用氯根法测定氯离子以表示浓缩倍数。电导率法也存在人为添加物质导致电导率不真实稳定的劣势,故也不能采用。火焰光度钾离子法采用 FP-640 火焰光度计进行测定,具有灵敏度高、选择性强及操作简单的优点,同时水中钾离子稳定,循环水中又无钾离子来源,综上所述火焰光度钾离子法测定循环水浓缩倍数是比较合适的。

1 FP-640 火焰光度计简介及空气压缩机问题

测定钾离子需要用到 FP-640 火焰光度计,检测过程是由雾化器将试样喷入火焰,试样吸收火焰的热能,而跃迁到受激能级,再由受激能级恢复到正常状态时,电子释放能量。简单说就是用火焰激发溶液中的钾离子而产生钾的特征辐射光谱,进而测定其强度,该特征辐射光谱的强度与钾离子的含量成正比。

1.1 钾离子标液配置

钾离子标准储备溶液:准确称取经 105 ~ 110℃ 干燥 2 h 的氯化钾 1.9070 g 于 250 mL 烧杯中,用 100 mL 水溶解后转移至 1 L 容量瓶中,用水稀释至刻度,混合均匀。钾离子标准工作溶液:(0.05 mg/mL) 吸取 50.00 mL 钾离子储备液于 1 L 容量瓶中,用水稀释至刻度,混合均匀。

钠离子标准溶液(1 mg/mL):准确称取 2.5420 g 经 105 ~ 110℃ 干燥 1 h 的氯化钠溶于水,再转移至 1 L 容量

瓶中,用水稀释至刻度。

1.2 仪器开、关步骤

开机,按下电源开关,启动空气压缩机,此时仪器压力表逐渐上升至 0.15 MPa 左右,打开液化气开关总阀。按点火按钮,点燃火焰,若无法点燃,可调节仪器上燃气调节阀,加大燃气流量。调节燃气阀,从观察窗观察火焰呈浅蓝色、锥形、底部稍带弯曲形状。关机,用蒸馏水空烧 5 min,切断电源,关闭液化气总阀。

1.3 样品测定

开机,火焰调至浅蓝色、锥形、底部稍带弯曲形状。用蒸馏水进样 30 min,使仪器稳定。根据实际样品浓度大小,选择较高浓度钾离子标液和较低浓度钾离子标液分别进行高标校正和低标校正。例如测定浓度约为钾离子为 30 mg/L,则高标可选择钾离子 40 mg/L,低标可选择钾离子 20 mg/L。进样稳定后用高、低旋钮调整数值到设定值。用实际样品进样,稳定后显示数值为样品钾离子浓度。用蒸馏水进样烧 5 min,关机或进

行下一个测定。

1.4 附注

被测样品浓度应处于低、高标浓度范围以内,若用低、高标定位后,测定试样时,发现仪器上无读数显示,在排除仪器方面因素外,则说明所选低、高标定位液浓度范围不当,应重新确定定位液低、高标浓度(单位为 mg/L);为保证高、低不同浓度的测量范围,定位时要求进行几次调节,使显示与低、高标浓度基本一致,才能进行样品测定;测定完水样后,一定要用去离子水彻底清洗喷雾器。在仪器运行期间必须保证气路干燥、纯净、无污染,这样才能确保仪器各个系统正常运行。但是在空气压缩机工作过程,会把空气中的灰尘、易腐蚀性物质、水分同时压缩到储气罐和过滤减压阀中,长周期运行会造成储气罐腐蚀,减压阀处堵塞,仪器腐蚀、憋压、损坏等现象,影响仪器正常运行,缩短仪器使用寿命。要消除仪器出现此类现象,必须保持进入储气罐和减压阀处的气体要干燥且无杂质。

为了延长设备使用寿命,降低仪器配件采购频次,降低分析化验成本,实现降本增效,经过研究,加强空气过滤是关键。空气过滤主要是对空气中的灰尘、杂质、水分等进行过滤,保证空气的清新程度^[2],所以在空气压缩机进口和出口安装过滤网,同时在进入储气罐进口前再加装一套干燥装置,因变色硅胶作防潮剂或吸水剂使用时,由蓝色变成粉红色时,就表示它吸收水分达到了饱和状态,于是就应将它取出用 100℃ 以上的温度将其烤干后可继续再用^[3]。进入干燥装置前增加防灰尘和腐蚀性物质的脱脂棉,隔绝固体物质进入,然后用耐压硅胶管将空气压缩机出口连接干燥装置进口,干燥装置出口连接储气罐进口,储气罐出口再连接一套干燥装置进口,使压缩空气经过两次干燥装置净化后进入减压阀,再进入燃烧室,与助燃气进行反应燃烧。

2 试验改造材料

变色硅胶、压硅胶管、脱脂棉、过滤网、硅胶管以及配套密封螺母若干。

3 试验改造方法与讨论

3.1 真空泵改造前准备工作

对真空泵储气罐内壁进行处理。先用 1:200 稀盐酸把储气罐浸泡 30 min,浸泡过程不断摇晃,浸泡内壁已突出的铁锈片,使其脱落,以便后期方便涂挂防腐漆。打开真空泵下部出口,用较细乳胶管伸入真空泵储气罐内部,用大量水冲洗内壁,把内壁铁锈冲出罐体,并使冲洗的水溶液保持中性,用试纸测试,确保储气罐内壁置换干净。用吹风机吹扫真空泵储气罐内壁,使内壁保持干燥;将真空泵倾斜,倒入适量防腐漆,转动真空泵,使真空泵储气罐内壁全部覆盖防腐漆,晾晒干透。

3.2 真空泵气路管线连接

根据 FP-640 火焰光度计工作原理,在空气压缩机进口和出口安装过滤网,同时在进入真空泵储气罐进口前再加装一套干燥装置,进入干燥装置前增加防灰尘和腐蚀性物质的脱脂棉,隔绝固体物质进入,然后用耐压硅胶管将空气压缩机出口连接干燥装置进口,干燥装置出口连接真空泵储气罐进口,储气罐出口再连接一套干燥装置,压缩后的空气经过两次干燥装置净化后进入过滤减压阀、燃烧室与助燃气进行反应燃烧。

3.3 真空泵干燥装置安装需注意问题

真空泵储气罐内壁处理,同时内壁附一层保护膜;根据 FP-640 火焰光度计的整个气路压力大小来确定所用硅胶管的耐压级别;FP-640 火焰光度计工作期间压力表压力控制在 0.15 MPa 左右,安装干燥装置后,必须保证进入燃烧室气体压力足够;干燥装置填装干燥剂后,设备运行过程应杜绝由于系统压力高而造成填装干燥剂被吸入气路系统的现象;干燥装置安装结束后,检查各个接口处是否漏气。

4 试验改造过程中遇到的技术难题

处理后的真空泵储气罐内壁已涂抹防腐漆进行防护,同时依据设计方案改装真空泵气路系统。经过增加两套干燥装置而达到进入燃烧室的助燃源干燥、无杂质,但在试运行期间发生压力偏低的问题。

4.1 查找具体原因,确定攻关方向

真空泵气路系统改装结束,进行试运行,发现真空泵发热,同时减压阀处压力一直处于 0.1 MPa 以下,正常工作压力应为 0.15 MPa 左右,压力偏低。将设备按正常程序运行,把真空泵出气口连接干燥系统进口的管线断开,用压力表测定出气口压力,发现出气口压力比较大,证明真空泵工作正常,排除真空泵问题。将真空泵出气口连接干燥系统进口,断开干燥系统出口与储气罐进口的连接,用压力表测定干燥系统出口,气路压力,发现压力低,压力表指示表盘几乎没有转动。关闭火焰光度计电源,拆除干燥系统,查看干燥系统是否堵塞。检查后发现无堵塞,进气口和出气口都可以正常通气。将干燥系统内分子筛装入干燥瓶子内,避免长时间接触空气而失效。将设备打开运行,在不装分子筛的情况下,用压力表测定干燥系统出口的气路压力,干燥系统出口压力低于真空泵出口压力,经过压力对比,发现是干燥系统安装的过滤膜孔径太小,气体通过困难,因而造成干燥系统出口压力低等问题。

4.2 进入攻关阶段,确认最终方案

经过对气路的一系列排查,最终确定问题所在,更换了干燥系统过滤膜,同时打开设备,让干燥系统在不加干燥剂的情况下单独运行,直到干燥系统出口压力和真空泵出口压力一致,气路压力降低问题得以解决。但由于过滤膜孔径增大,考虑到空气中粉尘及有害物质粒径小,过滤效果差,同时压缩后气路中含有固体颗粒,管路中压力大也

会导致干燥剂表面脱落粉末，都会经气路系统、减压阀进入燃烧室，造成燃烧室管路堵塞。为了避免此现象出现，经研究决定在干燥系统进出口加入一层脱脂棉，可以再次过滤固体颗粒物，也可以防止干燥剂由于吸力而进入硅胶管中，堵塞管路。为了保证整个管路的压力，避免造成憋压，脱脂棉安装尽量蓬松。干燥剂安装不要过多，保持 3/4 左右，干燥剂失效后要及时更换。

处理完异常问题，更换过滤膜型号，将设备管路重新连接，检查管路连接正常，打开真空泵开关，火焰光度仪器开关，进行管路试压测定。通过多次试验验证后，设备工作压力保持在 0.15 MPa 左右，熟练员工能一次点火成功，火焰光度计点火顺利，没有出现任何问题，设备工作运行期间调节后的火苗高度基本没变化。真空泵防腐装置技改后，从整个设备参数、工作运行期间仪器状态，使用效果等各方面进行评估，改造后管路压差问题可以忽略。

5 结果

气路系统改造前后数据对比，见表 1、表 2，所得数据均为蒸馏水空白后进行验证测定结果。通过在真空泵储气罐前后端增加干燥系统已达到以下效果：1) 改造后有效过滤真空泵输出气体的水分、灰尘及有害杂质，避免储气罐内壁腐蚀，造成漏气，仪器损坏等问题；2) 确保气源的纯净和干燥，有效地减轻后端过滤减压阀处的堵塞问题；3) 一台火焰光度计价位在 1.5 万元左右，真空泵价位在 0.3 万元左右，正常使用寿命是大概 20 年，但是真空泵系统没有改造前，由于空气中水分和有害物质会造成火焰光度计腐蚀损坏，整套设备的使用寿命最多 3 年，并且这 3 年期间仪器损坏后的维修成本也是一笔不小的费用。真空泵系统改造后大大延长了仪器使用寿命，节约了生产成本，改造后的真空泵空气净化装置如图 1 所示。

表 1 改造前后钾离子数据对比汇总

钾标准溶液溶度		改造前测定结果 / ppm	改造后测定结果 / ppm
蒸馏水	第一测定结果	0.02	0.00
	第二测定结果	0.01	0.00
	平均值	0.02	0.00
5 ppm	第一测定结果	5.08	5.01
	第二测定结果	5.10	5.00
	平均值	5.09	5.00
10 ppm	第一测定结果	10.10	10.01
	第二测定结果	10.12	10.02
	平均值	10.11	10.01
20 ppm	第一测定结果	20.06	20.01
	第二测定结果	20.07	20.02
	平均值	20.06	20.01
25 ppm	第一测定结果	25.04	25.01
	第二测定结果	25.07	25.00
	平均值	25.05	25.00
40 ppm	第一测定结果	40.04	40.01
	第二测定结果	40.05	40.00
	平均值	40.04	40.00

表 2 改造前后钠离子数据对比汇总

钠标准溶液溶度		改造前测定结果 / ppm	改造后测定结果 / ppm
蒸馏水	第一测定结果	0.01	0.00
	第二测定结果	0.02	0.00
	平均值	0.02	0.00
5 ppm	第一测定结果	5.16	5.01
	第二测定结果	5.12	5.00
	平均值	5.14	5.01
10 ppm	第一测定结果	10.10	10.00
	第二测定结果	10.13	10.01
	平均值	10.12	10.00
20 ppm	第一测定结果	20.08	20.00
	第二测定结果	20.10	20.02
	平均值	20.09	20.01
25 ppm	第一测定结果	25.04	25.00
	第二测定结果	25.05	25.01
	平均值	25.04	25.00
40 ppm	第一测定结果	40.08	40.00
	第二测定结果	40.05	40.00
	平均值	40.07	40.00

6 结语

综上所述，经过对化验室 FP-640 火焰光度计气源系统进行改造，增加了过滤空气中杂质与水分的装置，避免了仪器内部腐蚀，而且干燥过滤系统安装使用的变色硅胶可以经过高温处理后循环利用，不额外增加分析成本，降低仪器配件采购频次，维修成本，延长设备

使用寿命，助力企业降本增效，同时保证分析数据的准确性、有效性和及时性，为工艺系统操作提供了可靠的参考数据，该项技术可以对比推广应用到对气源纯净度要求较高的其他分析设备上。

参考文献：

[1] 王永海. 提高循环水浓缩倍数的具体措施[J]. 化工管理, 2014 (09) : 127.
[2] 石小枫. 空气压缩机的维护与保养[J]. 石化技术, 2019, 26 (06) : 325+332.
[3] 吴鹰. 硅胶[J]. 化工之友, 1998 (03) : 34.

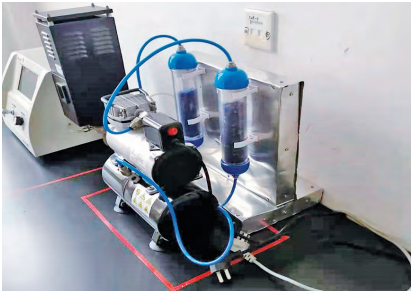


图 1 改造后的真空泵空气净化装置