

VPSA 装置水环式真空泵机械密封的改造建议

王 涛*

(中国石化集团四川维尼纶厂)

摘 要 根据实际运行情况,指出真空变压吸附(VPSA)装置中水环式真空泵的机械密封存在的问题,并提出改造意见。

关键词 真空泵 真空变压吸附装置 机械密封 改造

中图分类号 TQ051.21

文献标识码 B

文章编号 0254-6094(2011)05-0628-02

真空变压吸附(Vacuum Pressure Swing Adsorption, VPSA)是一种使较难吸附的杂质在负压下强行解析出来的气体分离与提纯技术。它通过吸附剂这个载体依靠工艺介质压力的变化,实现气体的吸附与再生,完成气体的分离与提纯。变压吸附制纯氢技术广泛应用于制氢变换气、炼厂重整氢、各种加氢尾气、乙烯尾气以及丙烯尾气等多种气源制纯氢的领域。真空变压吸附制氢主要为物理吸附,其原理是依靠吸附剂(密度相对较大的多孔固体)与吸附质(密度相对较小的气体或液体)之间的分子力(即范德华力)进行吸附,该吸附的特点包括无化学反应、过程进行极快、各项物质的平衡瞬间完成、完全可逆。

中国石化集团四川维尼纶厂的200kt/a合成氨装置根据上游气源情况,采用VPSA氢气提纯工艺,该工艺配有3台真空泵(两用一备),真空泵使用过程中机械密封老化较快,造成该工艺过程的安全隐患,笔者通过分析,找出机械密封的失效原因,并给出了改造建议。

1 真空泵及工作环境

1.1 真空泵组

VPSA装置选用2BEA-303A-0EG₂型水环真空泵,最大吸气量50m³/min,转速660r/min,排出压力0.05MPa(G);选用电机功率110kW、配带减速比*i*=2.2188、*n*=1485/669r/min的减速机。配置有板式换热器、出口分离器和相关的仪控设施。

1.2 工作原理

水环真空泵利用改变容积大小的方式达到吸、排气的目的,属于容积式泵。如图1所示,叶轮偏心装载于泵体内,偏心距为*e*,泵启动前向泵壳内加入适量的水(工作液),当叶轮旋转时,带动水,水受离心力作用在泵体壁上形成旋转水环,水环上部内表面与轮毂相切,沿箭头方向旋转,前半转的过程中,水环内表面逐渐与轮毂脱离,在叶轮叶片间形成空间并逐渐扩大,这样就在吸入口吸入气体介质;后半转的过程中,水环内表面逐渐与轮毂靠近,随着叶片间空间容积的减小开始压缩介质。每个叶片间的水就好像活塞一样往复,连续不断地抽吸压缩气体。

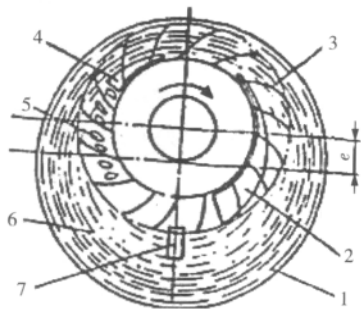


图1 水环真空泵的工作原理图

- 1——泵体; 2——进气口; 3——叶轮;
4——排气口; 5——椭圆排气口; 6——水环;
7——进水孔

1.3 输送介质及工作液

真空泵输送的介质主要为氢气,还有少量的氧气、氮气、甲烷、一氧化碳以及二氧化碳等气体。温度条件为常温,入口压力 $-0.08\text{ MPa}(\text{G})$ 左右,出口压力 $0.05\text{ MPa}(\text{G})$ 左右。

工作液主要是工业用 33°C 循环水,其中总磷、浊度、 Ca^{2+} 总碱度(以 CaCO_3 计)、 Cl^- 、异氧菌以及生物粘泥量等指标均在国家标准的许可范围内。

2 机械密封

该真空泵两端轴封采用单端面机械密封,具体结构简图如图2所示。

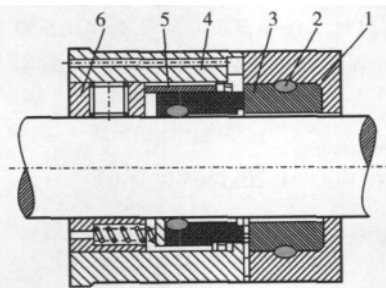


图2 轴向密封结构简图

1——机械密封压盖; 2——静环O形圈; 3——静环;
4——机封填料函; 5——动环O形圈; 6——动环

从图2可知,该机械密封动环材料为石墨,静环材料为碳化硅,辅助密封圈材料为氟橡胶,弹性元件为多弹簧。根据机械密封的分类,属于密封面接触的静环内装式、内置式、内流式、弹簧旋转式和非平衡式的单端面机械密封。密封所用工作液为循环水,密封旋转所产生的热量由工作液带走,外部无专用冲洗冷却液。

3 存在的问题

氢气为易燃易爆气体介质,若出现机械密封泄漏,不仅影响到设备的正常工作,还可能发生燃烧、爆炸,造成装置停工或人员伤亡等事故,而单端面机械密封容易造成泄漏。

由以上简介可知,该真空泵选用的单端面机械密封是利用工作液作为机封的冷却冲洗液,以带走摩擦所产生的热量,但由于真空泵叶轮的不断摩擦和水环对气体介质不断做功,形成较高的温度,使得进入摩擦副的液态冷却液非常容易汽化,同时也加速了辅助密封圈的老化,造成动、静环干摩擦引起密封失效。该机械密封接触的工作液(工业用循环水)中含有异氧菌、生物粘泥、 Ca^{2+} 及添加的相关化学药剂等物质,上述物质对机械

密封的各相关零部件包括密封摩擦副、弹簧和辅助密封圈的影响较大,主要有以下几点:

a. 生物粘泥日积月累填充了弹簧的间隙,影响了弹簧在密封中的补偿作用,还加剧了动、静环摩擦副的磨损,影响了辅助密封圈的密封效果;

b. 添加的相关化学药剂对机封辅助密封圈的缓慢腐蚀会引起密封失效;

c. 工作液中所包含的异氧菌、生物粘泥、 Ca^{2+} 和添加的相关化学药剂的综合作用对整个机械密封本体金属部件的腐蚀,严重影响该机械密封的密封效果和使用时间;

d. 真空泵工作液(含有 Ca^{2+})和被压缩介质中的二氧化碳反应所生成的碳酸钙对机械密封有损伤,该情况在实际检修真空泵时已得到确认;

e. 上游的吸附剂虽然在装填时通过筛选等步骤去掉了大部分粉尘,但是随着运行时间的增加和介质气流的冲刷,总会或多或少地产生新粉尘,而进入真空泵内的粉尘随时可能进入机封的密封部位,对其造成损伤。

由于上述几种原因,造成了真空泵在实际运行中机封的使用寿命缩短。

4 改造建议

结合以上分析,在现有情况下,通过对泵体密封腔的改造或与专业的密封制造厂合作,将单端面密封改为双端面密封,选用脱盐水或成分较单纯的工业水作为外供密封冲洗液,真空泵的工作液从现有的工业用循环水改为成分较单纯的工业水,并对相关的工作液循环管路进行整改,对于真空泵组所包含的换热器建议仍采用工业循环水。介质气中有可能携带吸附剂粉尘,这需要操作人员定期对工作液进行观察、排放。

5 结束语

现今的工程建设中,模块化小装置和小单元越来越多,成套供货商对包含其中的机械密封的选型多基于生产经验,造成配套的机械密封使用寿命短等现象。在真空泵机封选型过程中,应结合机封的具体工作环境、工艺介质的特性,还有机封接触的介质和工艺介质之间或工艺介质与所接触的其它物质之间发生的缓慢化学反应等因素,选用恰当的机封类型以保证设备的安全运行。

(收稿日期:2011-05-21)