

高温冷凝液泵机械密封泄漏原因分析及处理措施

胡博亚

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 宁东 750411

摘要: 宁夏煤业煤制油化工某公司高温冷凝液泵是气化变换装置的主要设备之一,其作用是将装置回收的工艺冷凝液送至气化炉,为装置生产提供用水。高温冷凝液泵在运行过程中受环境温度、工艺操作、运行工况等因素影响,机械密封易发生动静环磨损、弹性元件失效、泄漏等现象,使用寿命过短。下面通过对该泵机械密封型式、工艺操作、运行工况等方面进行探究,分析、解决此类设备机械密封运行周期短的因素,保证设备的正常、稳定运行周期。

关键词: 高温冷凝液泵;机械密封;隔离液;双端面

1 概述

气化变换装置高温冷凝液泵由德国凯士比集团旗下的上海凯士比泵有限公司设计制造,型号为RPHb 150-350/II,为垂直剖分式设计,具有径向叶轮、单流向、双级双支撑式型式,轴向力主要靠叶轮的反转运动平衡,轴端密封采用强制循环密封液的双端面密封(即

API Plan53B型机械密封系统,见图1),主要由双端面密封、外部管路、冷却器、蓄能器、压力和温度指示等部分组成,运行时通过对前后两个密封副之间的隔离液进行加压,使隔离液压力大于密封腔介质的压力,保证泵输送介质完全不泄漏,循环动力来自机械密封本身的泵送环,使密封隔离液往复循环(见图2)^[1]。

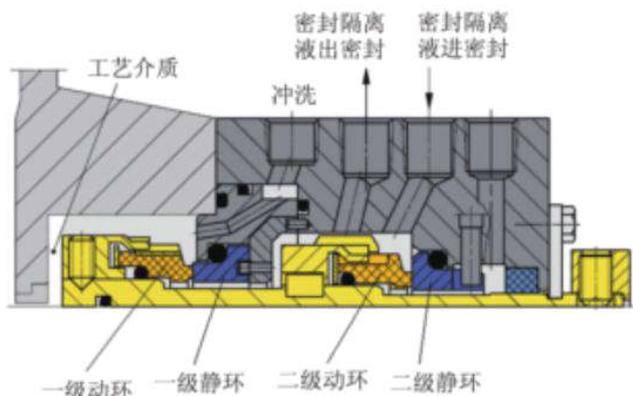


图1 API Plan53B型机械密封结构形式

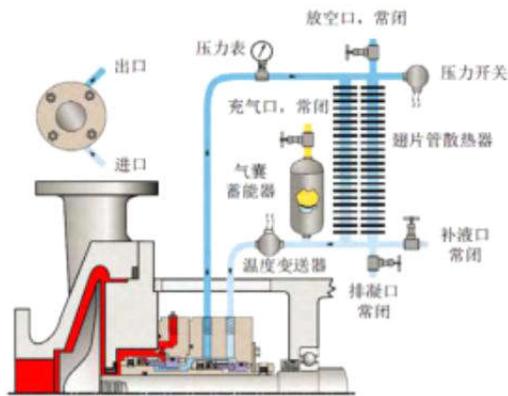


图2 Plan53B型机械密封流程

2 泄漏原因分析

高温冷凝液泵转速为2950r/min,入口压力为3.22MPa,出口压力为5.5MPa,输送介质为高温冷凝液,介质温度189~208℃,环境温度最低-27.7℃、最高41.4℃。密封隔离液采用白油,高压侧压力3.6-4.0Mpa、低压侧压力:4.0-4.3Mpa。冷却方式为水冷,供水温度为30℃,最高回水温度为42℃。

高温冷凝液泵自2016年5月投运以来至2019年8月,先后更换机械密封高达25次,而期间非驱动侧机械密封更换16次,明显高于驱动侧更换频率,通过现场检修统计发现存在以下问题:

2.1 泵体非驱动侧机械密封一级动静环检修拆解后

存在磨损,端面圆周方向有明显划痕,机械密封腔体内有大量硬质颗粒,机械密封冷却水换热器结垢严重(如图3)。



图3 机械密封及换热器拆解情况

2.2 泵体非驱侧轴承在日常巡检及定期状态监测过程中发现轴向方向的振速较大,尤其是一倍频及其谐波成分明显,轴向振幅明显超过径向振幅。在通过对泵体拆解后测绘发现对称布置的叶轮尺寸不相符,首级叶轮直

径为323.02mm, 二级叶轮直径为325.98mm, 泵在运行过程中轴向力无法平衡, 转子存在轴向窜动持续增大, 机械密封密封腔内压力发生变化。

2.3 泵体非驱侧轴承温度长期较高(非驱动侧轴承为2盘SKF7311 BECBM单列角接触球轴承, 采用背靠背方式安装), 运行时轴承平均温度在58°C-62°C左右, 冷却水回水温度在48-50°C左右, 远远大于设计的最大回水温度42°C。正常运行是驱动侧轴承温度在45°C左右, 两侧轴承温度相差明显。通过对非驱动侧轴承座使用离线监测设备监测诊断发现推力轴承座处存在明显的高频加速度包络能量值, 而非驱动侧机械密封泄漏后在检修过程中往往同时发现轴承存在保持架磨损、滚珠表面点蚀等缺陷。

2.4 经对检修频率进行统计后发现, 高温冷凝液泵在冬季更换机械密封次数为18次, 占比高达72%, 尤其是冬季温度大幅下降时, 该泵机械密封易发生泄露。因此判断环境温度急剧变化易导致机械密封泄露。而冬季机械密封更换后, 也发生过由于工艺操作人员未对机械密封外部管路内部结冰阻塞情况进行确认, 盲目投运设备导致机械密封干摩擦泄露的现象。

2.5 高温冷凝液泵更换驱动侧机械密封后, 存在运行两至三天机械密封隔离液泄漏现象, 拆检后发现驱动侧泵体密封腔内机械密封环存在偏磨。

2.6 高温冷凝液泵检查更换新机械密封后, 工艺操作人员投用机械密封隔离液, 投用压力4.5MPa时驱动侧隔离液压力下降至“0”, 拆卸该侧机械密封发现内侧密封静环在定位销处断裂(如图4)。



图4 机械密封静环断裂

经对以上问题分析, 导致高温冷凝液泵机械密封泄漏的主要原因有:

(1) 机械密封密封冲洗水系统未定期清理, 换热器锈蚀、冷却水污染, 换热器换热效率下降, 且有硬质颗粒进入机械密封系统, 导致机械密封加速磨损过早损坏。

(2) 机械密封隔离液系统检查清理不到位, 换热器及管路结垢后隔离液温度升高, 粘度下降, 机械密封密

封面润滑和散热恶化, 加速密封失效; 隔离液长期未检查补充, 储液罐液位低, 失去缓冲或传压功能, 导致机械密封泄露。

(3) 泵两级叶轮对称布置, 运行时反转运动用于平衡轴向力。因两级叶轮尺寸不符(首级叶轮直径为323.02mm, 二级叶轮直径为325.98mm), 泵在运行过程中轴向力无法平衡, 转子存在轴向窜动现象, 机械密封密封腔内压力频繁变化, 导致机械密封泄露。

(4) 泵体非驱侧箱内冷却方式为直管冷却, 换热面积不足, 加之非非驱动侧轴承箱末端未加装风扇冷却, 致使运行时轴承平均温度在58°C-62°C左右, 长期高温运行易轴承发生保持架磨损、滚珠表面点蚀、节流套磨损等缺陷, 以及高温下隔离液易发生氧化、裂解, 粘度变化, 导致机械密封隔离液发生泄露。

(5) 在冬季环境温度急剧下降的情况下, 泵体防冻管理不到位, 备泵通用前管线检查不到位。泵在备用过程中易发生机械密封冷却水管线等结冰堵塞, 在启泵时排查不到位容易导致机械密封损坏泄露。

(6) 密封隔离液投用后进入了两个动静环密封的腔体, 内侧动静环在隔离液加压后受到向外的挤压力, 需要加入冲洗液来对此压力进行平衡, 由于介质未投用, 隔离液压力过高导致内侧密封环破裂^[2]。

3 改进措施

3.1 制定机械密封冲洗系统与密封隔离液系统定期清理制度, 每次大修时对储罐、换热器、密封腔及附属管线进行清理。隔离液添加时要检查确认, 保证添加的隔离液内无其他杂质, 定期检测隔离液品质(粘度、含水量、酸值、清洁度等指标); 将换热器中冷却水改为脱盐水, 减缓减少换热器沉淀物及锈蚀结垢, 保证机械密封冷却系统及密封隔离系统运行正常。

3.2 保证对称布置叶轮的外径尺寸一致, 对二级叶轮进行机械加工, 将原二级叶轮直径325.98mm车削加工至323.02, 实现泵轴向力通过叶轮的反转运动平衡, 降低转子存在运行过程中轴向窜动、维持机械密封密封腔内压力平衡。

3.3 对非驱动侧轴承箱进行改造, 将原冷却水直管冷却方式改为盘管式冷却, 加大换热面积, 同时增大轴承尺寸, 增加储油量; 对泵转子进行改造, 在非驱动侧转子末端加装风扇进行冷却^[3]。

3.4 加强检修过程管控。每次对机械密封进行更换时必须整套更换, 严禁混用新旧件, 同时彻底更换被污染的隔离液, 并清晰整个隔离系统; 严格保障机械密封压缩量, 泵轴与密封腔体的垂直度, 严格按照装配要求控

制节流套间隙；泵体回装时检查主轴跳动，对转子的全窜量和半窜量进行测量，半窜量调整垫符合转子居中要求，保证密封腔内压力变化在要求范围内；此外，检修时严格检查各级叶轮口环间隙，每级叶轮口环间隙小于0.61mm，对口环间隙偏差较大的进行更换。此外，加强对设备的日常巡检及状态监测，对轴承运行温度、振值进行登记记录，发现上涨趋势及时进行检修，避免设备故障劣化。

3.5 制定高温冷凝液泵冬季防冻备泵、启泵管理制度，冬季时采用设备本体及附属管线上加蒸汽伴热，同时用保温棉进行保温，确保机械密封在四季温差变化减小；备泵在启用时检查冷却水及密封隔离液等管线畅通后，严格按照操作规程进行启泵。

3.6 高温冷凝液泵密封采用强制循环密封液的双端面密封，是独立运行的一套密封系统。因此操作时严格按照PLAN53B型机械密封操作要求进行，密封隔离液压力高压侧3.6-4.0Mpa，低压侧：4.0-4.3Mpa，并定期对蓄能器压力进行检查，不足时及时补充。适时完善隔离液系统的监控与报警功能，实现储罐压力、温度、液位连续

监测并高低报警提醒。

经过整改后，高温冷凝液泵轴承及机械密封运行状况良好，在近5年的运行周期中运行良好，且在冬季最冷的环境下运行也十分稳定，非驱动侧推力轴承温度维持在45℃左右，未出现机械密封泄漏及非驱动侧轴承温度高等问题，实践证明以上整改措施有效。

结束语：针对高温冷凝液泵采用的强制循环密封液的双端面密封出现失效泄漏问题，进行了原因分析，并提出了解决方案，方案在现场实际运用中证明是有效的，可以作为其它高温双端面机械密封机泵出现的类似问题的分析和处理的依据，具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1]孙文涛.浅析API PLAN53B的密封形式及其实际应用[J].化学工程与装备.2016(8):224-226
- [2]胡力耀等.化工机械维修高压注水泵Plan-53B型机械密封泄漏原因分析及解决措施[J].综合技术.2018(1):82-84
- [3]陈志,李建明.第三版API682标准探析[J].流体机械.2010(11):36-40