

Analysis and Countermeasures of the Causes of Abnormal Turbine Vibration of Semi-poor Liquid pump of Synthetic Ammonia Plant of a Company

Yingshan He Ping Chen

Equipment Operation and Maintenance Center of Yunnan Shuifu Yuntianhua Co., Ltd., Shuifu, Yunnan, 657800, China

Abstract

The semi lean liquid pump unit of the synthesis unit is a key unit of a certain company's ammonia synthesis unit. On April 8, 2022, the unit tripped due to high turbine vibration and was repaired before resuming operation. On April 10, abnormal vibration occurred again, which not only affected the safe and stable operation of the unit but also became a major hidden danger for the long-term operation of the ammonia synthesis unit. The paper will analyze the possible causes of abnormal turbine vibration based on relevant knowledge of semi lean liquid pump turbine units and the operating history of the units, and propose targeted solutions. After verification, the problem was completely solved, ensuring the safe and stable long-term operation of the equipment, and providing certain reference significance for handling abnormal vibrations similar to turbines.

Keywords

turbine; carbon ring; vibration; mounting slots

某公司合成氨装置半贫液泵透平异常振动原因分析与对策

和映山 陈平

云南水富云天化有限公司装备运维中心, 中国·云南 水富 657800

摘 要

合成装置半贫液泵机组为某公司合成氨装置关键机组, 2022年4月8日机组因透平振动高联锁跳车, 机组抢修后恢复运行, 4月10日再次出现振动异常现象, 两次异常振动现象不仅影响机组安全稳定运行, 还成为合成氨装置长周期运行的重大隐患。论文将根据半贫液泵透平机组相关知识, 结合机组运行历史, 针对性地对可能透平振动异常的原因进行分析, 并提出针对性解决对策。经过验证最终将问题彻底解决, 保障设备安稳长周期运行, 为处理类似透平异常振动解决提供一定的借鉴意义。

关键词

透平; 碳环; 振动; 安装槽

1 引言

合成装置半贫液泵机组为某公司合成氨装置关键机组, 由日本 EBARA (荏原) 公司制造, 自 1996 年 12 月投产至今已使用 27 年。主要用于合成氨装置脱碳系统。将 CO_2 再生塔中部来的半贫液 (0.175MPa、118.7℃) 通过进口管道进入半贫液泵, 经加压到 3.18MPa 后送入 CO_2 吸收塔中部。用以吸收工艺气中的 CO_2 ; 半贫液流量由调节阀自动调节, 当流量降到预给定值时, 低流量报警器就会发出警报。

2 设备简介

贫液泵由日本 EBARA (荏原) 公司制造, 系汽轮机驱

动的卧式、单吸双吸式离心泵。贫液泵与汽轮机之间由膜片式联轴器联接。该泵设有单独的油系统和密封水系统。

半贫液泵透平由依辽特公司制造的单级汽轮机, 汽缸采用水平剖分式。转子由叶轮与轴用碳钢整锻而成。在叶轮上装动叶片, 动叶片采用菌型叶根, 叶片顶部用围带铆接起来径向轴承采用的是五块可倾瓦。推力轴承采用的是金斯伯雷型推力轴承。汽封采用的是迷宫密封和碳环密封组合的结构, 该机组采用的是 PG-PL 型调速系统^[1]。

3 异常振动故障简述

2022 年 4 月 8 日因透平振动高联锁跳车, 查取运行参数, 在 4 分钟内振动测点 A 由 20 μm 突然上涨到 96 μm , 振动测点 B 振动由 13 μm 突然上涨到 64 μm , 直接触发振动联锁导致机组跳车, 如图 1 所示。公司立即组织相关人员开展机组抢修工作, 抢修检查轴封碳环已发生断裂故障, 取出断裂碳

【作者简介】和映山 (1984—), 男, 纳西族, 中国云南丽江人, 本科, 高级工程师, 从事维修机械故障诊断研究。

环后,转子盘车灵活,复测转子跳动检查合格后,更换碳环后,4月9日14:25分机组恢复运行。机组运行至4月10日,在4分钟内振动测点A由12um突然上涨到100um,振动测点B由10um突然上涨到57um,因两个点振动未同时达到联锁值,机组继续维持运行。从12点50分到12点53,在3分钟内振动逐步下降到正常数据^[2],如图2所示。

4 原因分析

作为尿素关键机组,反复出现振动异常已严重影响尿素装置安全稳定运行,必须对透平振动异常的原因进行分析并解决。论文将根据透平机组相关知识,结合机组运行历史,针对性地对可能引起透平振动异常的原因进行分析。

4.1 运行过程中负荷过大或异常波动

半贫液泵因故障率低、运行稳定,一直作为运行机组常开,查取振动异常时段数据,2022年4月8日,机组转速一直在3500r/min到3700r/min之间波动,半贫液泵出口流量在200t/h到210t/h之间正常波动,机组负荷不仅在额定负荷以内,而且工艺参数未见任何异常波动,经分析半贫液泵机组工艺系统稳定,不存在负荷过大或异常波动的现象,因此该原因可排除^[3]。

4.2 运行过程中异物进入

透平机组介质为蒸汽,蒸汽是较为干净的介质。去除断裂碳环后机组盘车灵活,更换碳环后机组开车振动未见异常。对比跳车运行前后的正常运行的振动值,机组的振动值未见明显变化,都在20um以内,由此可知转子部位未出现类似叶片断裂、叶轮拉筋损坏等破坏转子平衡的现象。整个机组蒸汽管路及阀门未见任何异常。因此该原因可排除。

4.3 机组检修装配不良

机组于2022年3月进行彻底大修检查,大修对转子及静止部件进行全面检查,更换了梳齿密封组件,更换全部碳

环,严格按照检修标准化作业指导书要求进行作业,各项装配数据都控制在标准范围内,机组检修后单试及开车都运行良好。尤其对于抢修发现断裂碳环部位,装配前严格对密封槽的端面密封部位进行吹扫清理,确保密封端面光滑。控制好碳环与轴径的装配间隙,间隙控制在(0.20~0.23mm)同时将碳环防转块按标准装入对应中分面槽内。在4月8日抢修更换碳环时,严格按照更换碳环标准进行全部更换,更换后机组再次出现振动异常故障,因此该原因可排除。

4.4 碳环备件质量不良

机组一直采用原厂进口碳环备件,4月8日出现异常振动碳环备件为2022年大修换上,更换前通过入厂检验,仔细核对备件尺寸及外观质量,未见异常。因4月8日已无进口备件,只能采用国产碳环进行替代,国产碳环经过严格检验后投用。替换后的国产碳环再次出现异常故障。因此碳环备件质量不良不是导致机组异常振动的原因。

4.5 碳环密封结构设计不合理

2022年4月8日,检查发现轴封碳环已断裂,2022年5月6日,再次检查发现碳环已断裂,查取机组历史,每次碳环检修都存在有碳环断裂的现象,如图3所示。对碳环断裂的位置进行比较,发现碳环断裂位置都在防转块的安装槽部位,如图4所示。当机组运行时,碳环可能与轴发生轻微摩擦而产生气封碳环旋转的力,该力就由碳环传递到防转块上,同时防转块反作用于碳环安装槽。而安装槽设置在三瓣碳环的中部,碳环在运行过程中,安装槽整体U型部位易产生应力集中。会使安装槽部位有较大的切向力。同时安装槽为整体结构,产生的切向力无法及时释放,导致轴与碳环之间摩擦加剧,转子发生碰擦使转子振动迅速逐渐上升,最终导致碳环断裂后,切向力得到释放后,最终振动恢复正常。经过以上分析,碳环密封结构设计不合理的原因不能排除。

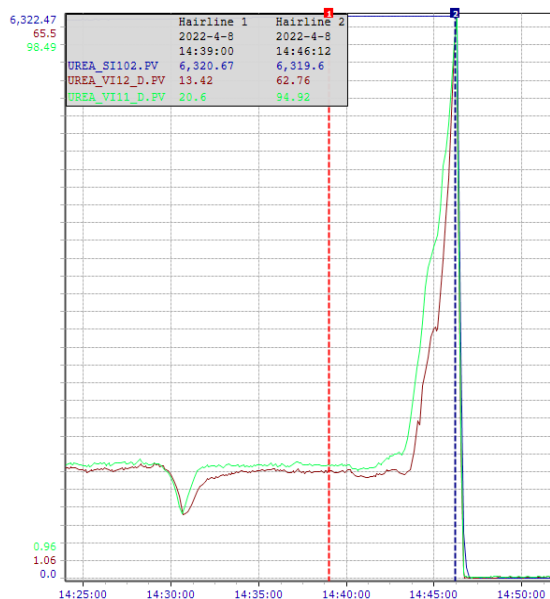


图1 4月8日跳车振动异常数据

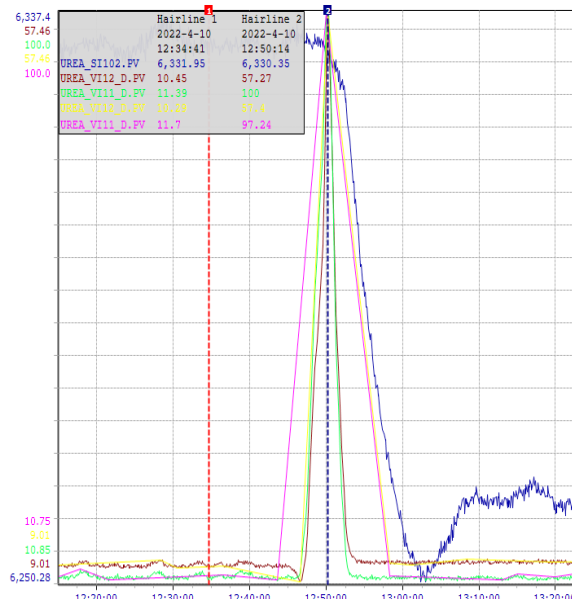


图2 4月10日振动异常数据



图3 碳环断裂图

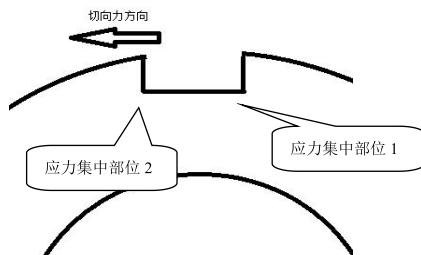


图4 安装槽示意图

4.6 原因小结

通过以上原因分析,碳环密封结构设计不合理是引起半贫液泵泵透平 N104JAT 异常振动的根本原因,原有碳环安装槽设置在三瓣环中部,存在应力集中和强度不足的问题,当碳环可能与轴发生摩擦时,产生的切向力不能及时释放,导致轴与碳环之间摩擦加剧,转子发生碰擦使转子振动迅速逐渐上升。最终导致碳环断裂后,切向力得到释放,最终振动恢复正常。

5 对策

针对碳环密封结构设计不合理的原因,针对性地提出以下改进措施:

①对碳环轴封进行结构改进:将防转块安装槽位置由中部改到端部,增加安装槽的强度,减少应力集中,提高碳环的承载能力和耐用性。

②与国内优质碳环加工厂家共同研究,对碳环材质进行优化:将碳环材质由 M106H 提升至 M260H,以提高碳环的综合运行性能,如强度、硬度、耐磨性等。

③在碳环轴封的装配过程中,要严格控制汽封装配间隙,将汽封间隙控制在标准范围内。为确保碳环的工作状态良好,应对气封配合轴颈部位进行清洁和平整加工,尤其是对配合密封端面进行重点处理,以避免汽封密封不严、渗漏等情况的发生。

2022 年 5 月 6 日,将结构优化后的碳环投入使用,2023 年 1 月大修对碳环进行检查,碳环轴封运行良好,未出现断裂现象。2023 年 8 月 3 日再次检查,未出现断裂现象。

自改进碳环投用以来,异常振动的故障已彻底解决。改进后碳环使用后照片如图 5 所示。



图5 改进后碳环使用后照片

6 结语

通过此次异常振动原因分析研究,得出以下启发:

①遇到长期存在又难以解决设备故障时,我们不妨跳出原来的思维框架,勇于对原有结构进行怀疑分析,对原有结构进行创造性改进往往会有奇效。

②近年来中国科学技术发展日新月异,国内高科技企业发展迅速,许多的技术壁垒已被我们攻破,国产化将是未来长期的主题,国产化不仅能显著降低运行维护成本,还能更进一步推进中国科学技术发展。

参考文献

- [1] 许卫刚,蔡国政,胡杰红.工业汽轮机驱动合成气压缩机设计[J].今日自动化,2023(2):79-81.
- [2] 刘强.汽轮机振动高原因分析及对策[J].氮肥与合成气,2023,51(10):22-24.
- [3] 庄法坤,史进,康昊源,等.合成氨装置半贫液泵泵轴失效原因分析[J].金属热处理,2019(S1):6.