

Shield Pump Fault Analysis and Treatment

Yuchun Yang

Yangzhou Petrochemical Co., Ltd., Jintu, Jiangsu, 211600, China

Abstract

Because of the sealing structure of the motor and pump integration, the shield pump has the characteristics of safety and no leakage, which is suitable for conveying flammable, explosive and toxic media, but its sealing structure also brings certain difficulties to the fault analysis and elimination. Taking the reflux pump of deethane tower in Yangzhou Petrochemical Olefins Branch as an example, the failure causes and maintenance of the pump are analyzed in detail, and reasonable suggestions are put forward for the fault diagnosis and removal of the pump, so as to improve the stability and service life of the pump.

Keywords

fault analysis; maintenance; deethane column; shielded pump

屏蔽泵故障分析及处理

杨雨春

扬州石化有限责任公司, 中国 · 江苏 金湖 211600

摘要

屏蔽泵因电机-泵一体化的密封结构, 具有安全无泄漏的特点, 适合输送易燃易爆和有毒等介质, 但其密封结构也给故障分析及排除带来了一定的难度。论文以扬州石化烯烃分厂脱乙烷塔回流泵为例, 对其故障原因及维修经过进行详细分析, 并针对屏蔽泵故障诊断和排除方法提出合理化建议, 以提高屏蔽泵运行稳定性和使用寿命。

关键词

故障分析; 维修; 脱乙烷塔; 屏蔽泵

1 引言

屏蔽泵因电机-泵一体化的密封结构, 全部采用静密封, 因此具有安全无泄漏的特点。此外, 屏蔽泵适合输送易燃、易爆、易挥发和有毒等介质^[1], 在扬州石化烯烃分厂的气分装置和 MTBE 装置中应用较为广泛。其中, 气分装置中脱乙烷塔回流泵 P6004A 属于标准型多级立式屏蔽泵, 由大连海密梯克

泵业有限公司于 2011 年 5 月制造, 于当年 8 月安装并投入使用。近期由于该设备老化引起振动上升等一系列问题, 并且该泵在本厂屏蔽泵的应用中具有代表性, 因此从保障设备长周期稳定运行的角度, 对该设备故障原因分析和故障消除研究很有必要。

2 设备运行概况

P6004A 的主要参数如表 1~ 表 3 所示。

表 1 P6004A 的离心泵参数

设备名称	工艺编号	设备型号	流量 (m ³ /h)	扬程 (m)	轴功率 (kW)	转速 (rpm)	汽蚀余量 (m)
脱乙烷塔回流泵	P6004A	CAMV32/6	18	163	6.79	2835	1.4

表 2 P6004A 的电机参数

电机名称	型号	功率 (kW)	电流 (A)	电压 (V)	转速 (rpm)
防爆屏蔽电机	N54P-2	13	29.9	380	2835

P6004A 使用材质为碳化硅的滑动轴承, 其寿命通常可达 3 年以上, 正常运行时振动一般为 1.5mm/s 左右。2016 年和 2017 年该泵均有返厂检修以消除振动。2022 年 10 月 13 日,

P6004A 由于振动突增并居于高位, 最高振动值达到 4.2mm/s (标准上限值为 4.5mm/s), 如图 1 所示。为保障屏蔽泵长周期运行, 决定停泵检修, 外送至大连金石泵业有限公司维修。

3 前期故障描述及分析处理

2022 年 11 月 25 日, P6004A 外送厂家解体检查。解体发现问题及原因分析如下:

作者简介: 杨雨春 (1992-), 男, 中国江苏金湖人, 本科, 工程师, 从事石油化工设备研究。

表 3 P6004A 的工艺参数

输送介质名称	输送介质温度 (°C)	输送温度下介质粘 度 (cp)	输送温度下介质相对密度 (kg/m ³)	泵入口压力(MPa)	泵出口压力(MPa)	工艺流向
C2、C3	40	0.063	437.8	2.4	3.2	V6003 经 P6004 至 T6002

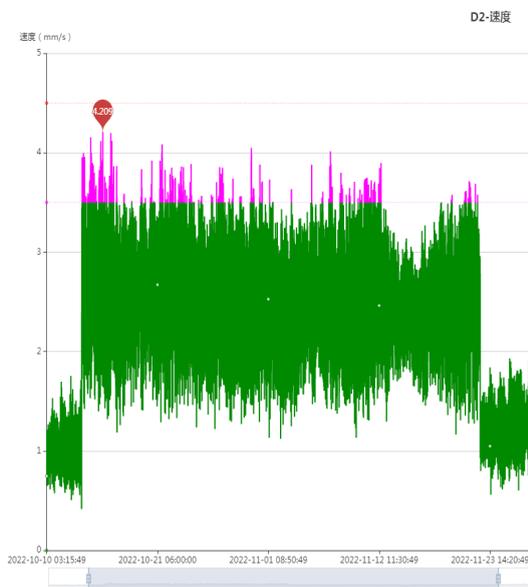


图 1 P6004A 振动值 (2022.10.10—2022.11.22)

①叶轮全部“腻死”在泵轴上面，造成拆解难度大。说明 P6004A 的叶轮存在较为严重的锈蚀，结垢现象严重。结垢不均匀往往会导致叶轮动不平衡加剧，是导致泵体振动增大的原因之一。P6004A 叶轮材质为碳钢，与之对应的 P6004B 的叶轮在 2020 年 8 月设备更新后，材质由碳钢升级为 304 不锈钢，在抗锈蚀方面取得更加良好的效果。由于该泵运行的工艺环境较为复杂，原料液化气经上游脱硫醇装置处理后如果不能将杂质脱除干净，如 S⁻ 和 OH⁻ 等具有腐蚀性的离子，从而对下游设备产生一定的腐蚀。叶轮锈蚀还可能由于泵在使用过程中曾经发生过气蚀，如灌泵不彻底、长时间小流量运行均会造成叶轮气蚀。叶轮的气蚀使得叶轮表面受损，会导致泵流量变少、扬程降低、效率下降^[2]。

②首级叶轮口环部位有明显的缺肉现象(如图 2 所示)。说明除了叶轮腐蚀现象外，在首级叶轮入口还存在固体颗粒冲蚀现象。由于介质流速很高，泵内锈蚀颗粒掉落并被吸入叶轮内部，与叶轮口环摩擦冲击形成缺口。尽管泵入口的过滤网能有效阻挡来自上游的机械杂质，却无法有效阻止泵内部机械杂质形成的冲蚀。2023 年 1 月 28 日对 P6004A 入口过滤网进行拆检，表面基本干净无杂质，可以基本排除来自上游装置固体杂质造成叶轮口环冲蚀的因素。

③前后滑动轴承都有磨损，滑动轴承套和轴套粘连在一起(如图 3 所示)。从图中得知，滑动轴承套表面存在较多且较深的划痕，推测在泵运转过程中，固体颗粒随工作介质进入屏蔽泵，引起轴承套表面擦伤和产生条痕，严重者出

现沟槽，最终导致轴承使用寿命缩短和失效。从泵群状态监测数据以及现场巡检测得的数据得出，P6004A 维修前的轴承温度并无超高现象(不超过 40°C)，加上大连海密梯克制作的碳化硅滑动轴承用轴套采用特殊的配合面(如图 4 所示)，具有良好的热变形及补偿内外膨胀量差异性能，不会对其外侧的碳化硅轴承套产生巨大张力^[3]。因此，排除超温轴承烧伤的因素，滑动轴承和轴套粘连仍与机械杂质有很大关系。

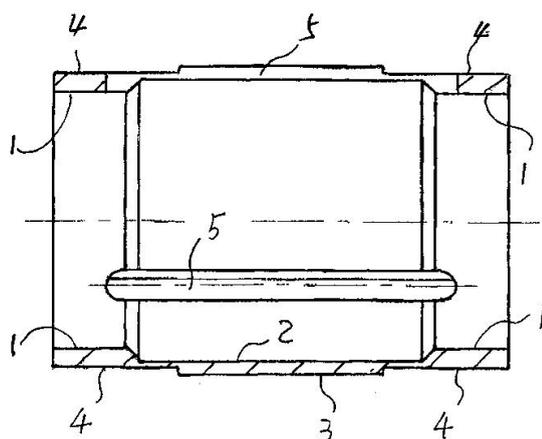


图 2 P6004A 首级叶轮



图 3 P6004A 滑动轴承套和轴套

④转子屏蔽套有明显的划痕，有局部地方比较深(如图 5 所示)，轴叶轮端跳动 0.1mm。由图 5 可以看出，转子屏蔽套表面的划痕呈规则的环形，可排除气蚀和机械杂质冲蚀的因素(气蚀或冲蚀会形成洞穴状腐蚀破坏的坑点)。这主要是由于滑动轴承磨损到一定程度后，转子在运行过程中屏蔽套和电机定子屏蔽套之间发生了摩擦导致的。滑动轴承磨损得越厉害，这种摩擦就会越加剧。轴跳动量大于标准值 0.05mm，说明轴存在弯曲现象，多由转子动不平衡引起，是对泵体振动影响较大的因素之一，需对轴进行校正处理。



1—固定；2—非固定；3—滑动；4—非滑动；5—开槽口（3个槽口互为 120°）

图 4 P6004A 轴套示意图



图 5 P6004A 转子屏蔽套

⑤后轴承体环和平衡盘环均受到磨损，平衡盘锈蚀（如图 6 所示）。后轴承体环和平衡盘环都属于易损件，能够一定程度保护轴承和平衡盘使其不被磨损，需及时进行更换。图中平衡盘表面锈蚀严重，其原因与叶轮相似，不再赘述。



图 6 P6004A 平衡盘

针对上述故障及问题，大连金石采用焊起拔螺母用拉马拆解的方式进行拆解，并进行如下处理：

- ①更换首级叶轮，并修复其余叶轮；
- ②更换前后滑动轴承，滑动轴承套及推力盘；
- ③校正转子组件，更换转子屏蔽套；
- ④更换后轴承体环和平衡盘环；
- ⑤更换泵用密封垫一套；

- ⑥转子组件动平衡试验、整机性能及运转试验；
- ⑦拆泵清洗、组装、气密检验。

由于转子屏蔽套和定子屏蔽套摩擦均受到一定程度损伤，而大连金石前期仅更换了转子屏蔽套，导致最后打压试水时电机定子屏蔽套破损进水。

4 后期故障描述及分析处理

2023 年 1 月 5 日返厂后安装并于 1 月 9 日进行初试，但由于电气综合保护器故障未能正常投用。电气工程师处理之后，于 1 月 10 日投入运行后，初始振动值 1.5mm/s 左右。在 1 月 15 日 P6004A 电流从 20A 的正常电流突然迅速上涨，直至超电流自停。1 月 16 日 10 时许重启该泵后振动值缓慢上涨至最高 3.0mm/s。1 月 20 日、1 月 26 日和 1 月 30 日 P6004A 均出现超电流现象，与 15 日情况类似。其中，1 月 20 日的电流趋势如图 7 所示。1 月 28 日钳工进行盘车和进出口管线拆检，未能确定故障原因。

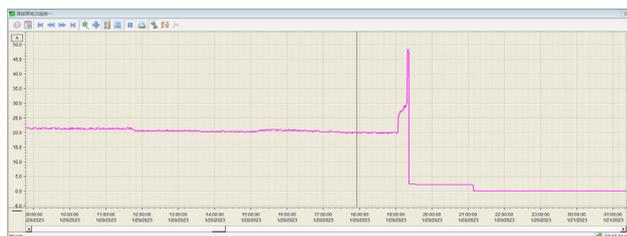


图 7 P6004A 电流趋势（2023.1.20）

故障原因分析：通过分析电流数据判断，P6004A 电流突升至超电流仍然是电气方面原因。泵在停机后，电流指示在短期内仍然有数据（0~5A 之间波动），在 1 月 30 日的电流趋势中尤为明显（如图 8 所示）。

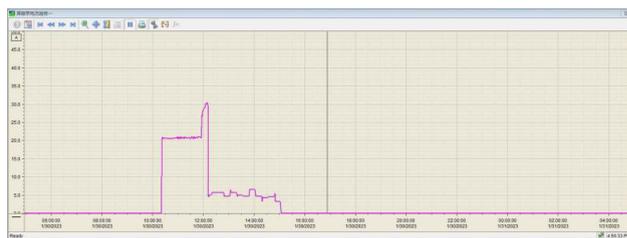


图 8 P6004A 电流趋势（2023.1.30）

后经电气工程师检查发现，P6004A 运行时会出现间歇性地电流缺相，进而发现是由于综合保护器老化发生故障，受热到一定程度便会发生电流短路，以至于 P6004A 每运行一段时间便会电流迅速上升从而触发保护开关。后期经电工更换新综合保护器后，P6004A 运行正常，但运行一段时间后振动便会达到 3mm/s 以上（如图 9 所示）。推测由于之前的几次超电流事件，导致屏蔽泵较长时间低转速小流量运行，轴承因润滑不足而受到损伤。3 月 5 日，P6004A 振动值达到 3.5mm/s，切换至备用泵。



图 9 P6004A 振动值 (2023.2.24—2023.3.5)

5 结语

通过对扬州石化烯烃分厂脱乙烷塔回流泵的故障原因分析,对将来更快更准地判断和排除屏蔽泵故障具有重要意义,可采取有针对性的措施提高屏蔽泵运行稳定性和使用寿命。为此,论文提出如下见解和建议:

①优化设计选型,提升泵内零部件材质,以提高其抗腐蚀性能和使用寿命。屏蔽泵的种类较多,应根据介质特点选用合适的屏蔽泵类型。逆循环型屏蔽泵因其自身介质流向的特点,适用于输送易挥发液体,且抗气蚀能力较普通型要强^[4],因此可作为重新选型的一个参考。此外,叶轮、平衡盘等易腐蚀部件宜选用高强度、高硬度和高韧性的不锈钢材质,叶轮的形状设计宜采用“马刀形”以减少流体阻力损失。

②通过故障现象及特征正确判断出故障类型,对于后期的故障诊断及排除尤为重要。根据故障排查的难易程度,确定排查优先级为:工艺>电气>机械。对于屏蔽泵故障的机械原因,更多往磨损、腐蚀和润滑的角度去分析,并以此作为提高屏蔽泵运行稳定性和使用寿命的基点。而就如何提高泵体抗磨损和腐蚀能力,可以从升级材质、增加表面处理工艺等角度进行考虑。电气原因,从电气设备及线缆两方面进行排查;而工艺原因,则更多的是从上游装置查找原因。

③对于重复出现相同故障现象时,一定要排查清楚故障原因,切忌频繁启停屏蔽泵,以防屏蔽泵损伤扩大化。从之前分析的案例中可以推测,P6004A 二次维修后振动值缓慢上涨跟 1 月 15 日—1 月 30 日之间数次超电流事件有很大的关系。如果 1 月 9 日初试时就对综合保护器故障引起重视并及时更换修复,就有很大概率避免频繁低转速小流量运行而造成轴承损伤。电气故障相对于机械故障而言具有较强的隐蔽性,因此在设备变更前均应对电气状况做全面检查,确保电气设备及线路的完好性。

参考文献

- [1] 涂建安.屏蔽泵的性能特点及选型[J].流体机械,2000,28(2):34-35.
- [2] 康立新.离心泵叶轮气蚀原因及解决[J].石油和化工设备,2011(14).
- [3] 才有恒.碳化硅滑动轴承用轴套[P].中国:02280756X,2003-09-24.
- [4] 陈媛媛.浅谈屏蔽泵的性能特点及选型[J].企业技术开发.2011,30(16).