

立式高速泵常见故障分析及处理措施

卡依萨尔·吐尔孙 摆文龙 雷立俊

(独山子石化公司设备检修公司乙烯钳工车间, 新疆 克拉玛依 833699)

摘要: 立式高速泵具有扬程高、流量低、易维护设计, 体积紧凑, 重量轻等特点, 在石化行业应用非常广泛。本文以胜达因 LMV311 型立式高速泵为例, 分析运行期间常见的故障类型、引起故障的原因及对故障的处理措施, 可有效降低设备故障率、提高了设备运行的可靠性, 保证设备长周期稳定运行。

关键词: 立式高速泵; 故障; 处理措施

某化工生产装置压缩单元的废碱氧化进料泵为立式高速泵, 由厂家胜达因生产制造, 型号为 LMV-311。此泵齿轮箱内部为 2 级增速, 输入轴和中间轴安装滚动轴承, 输出轴安装平板式径向及推力滑动轴承。密封组件从上(电机)至下(叶轮)为单端面密封(润滑油)、节流衬套(水冲洗)、单端面密封(碱液)的组合。该泵的工艺作用是将废碱储罐中的废碱送入高压废碱氧化单元。

表 1 立式高速泵设备参数

设备名称	废碱氧化进料泵
设备型号	LMV311-75-141S2SS
流量	21m ³ /h
功率	75kW
扬程	425m
输出轴转速	14100rpm

高速泵概述: 高速泵原理与普通离心泵类似, 都是由驱动机通过泵轴带动叶轮旋转产生离心力, 在离心力作用下, 介质沿流道被甩向叶轮出口, 介质经蜗壳收集送入排出口。介质从叶轮获得能量, 使压力和速度都增加, 并依靠此能量将介质输送到管网。高速泵所不同的是利用增速箱二级增速使工作叶轮获得数倍与普通离心泵的工作转速, 从而获得很高的输出压力。

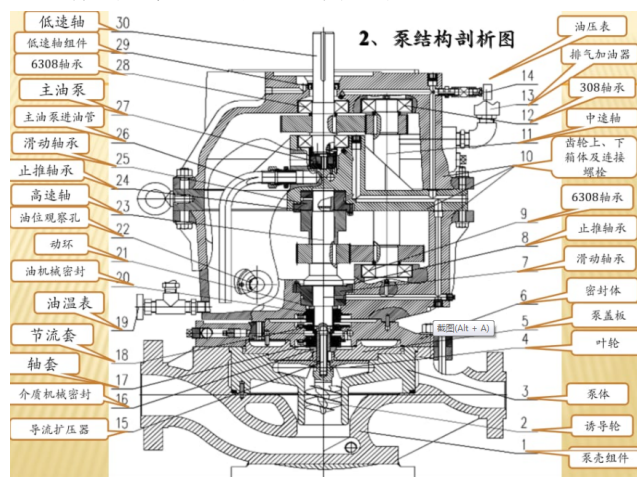


图 1 高速泵结构图

高速泵主要由泵机组、增速箱、润滑及监控系统、底座和电机组成。

其特点:

优点: ①具有稳定的小流量工作稳定性、高汽蚀性能和高效率; ②结构紧凑、维护方便、适用范围广、可靠性好; ③适用寿命长。

缺点: 易出故障, 维修成本高, 难度较大。

高速泵润滑油系统由外设辅助润滑油泵、单向阀及管线组成, 其作用是在泵启动前给增速箱内的轴承和齿轮进行预润滑, 避免在启动时可能引起轴承及齿轮的损坏。启动泵前操作启动辅助油泵, 油压不低于 0.1MPa, 就可以启动主电机, 泵启动后则可以停止辅助油泵。

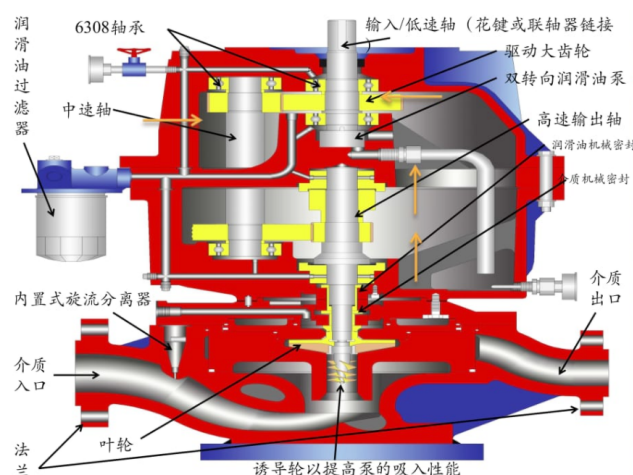


图 2 介质与润滑油示意图

根据立式高速泵多年的检维修数据统计, 我们从机械密封、齿轮箱、工艺条件等方面汇总了几种常见的故障现象, 并制定了相应的维护策略, 简要汇总如下:

1 机械密封泄漏

1.1 原因分析

由于高速轴普遍转速很高, 一般都达到一万多转, 因此若机械密封的追随性不良, 很容易造成泄漏。高速泵机械密封都由如下部件组成: 动环、静环、推环、弹簧、弹簧座、辅助密封圈、卡环等。其中静环材质为石墨, 动环材质为硬质合金。高速机械密封的动环除了做高速旋转外还存在着两种运动, 一种运动是随轴做小幅的轴向位移, 另一种是轴向摆振。当工艺负荷波动时转子发生一定的轴向位移, 受止推轴承间隙的制约, 该位移的距离在 $0.3 \pm 0.05\text{mm}$ 。

由于动环本身的制造精度和安装累计误差, 动环对

轴有一垂直度误差,在旋转时动环端面产生了振摆。在动环振摆的作用下,每转一周都要将静环推开一个很小的间隙,静环在弹簧力的作用下,如果及时贴合在动环的端面上,则追随性良好,反之,如果静环补偿的频率低于动环振摆的频率,在两者之间形成一个微小的间隙,泄漏量就会增大。



图3 输出轴窜量测量

静环在工作过程中,由于材质为石墨,加上介质所产生的聚合物如果集聚在辅助密封圈处,还会阻碍补偿环的补偿作用,在长期运转过程中,静环磨损得不到相应的补偿,介质会从摩擦副间泄露。



图4 动环磨损



图5 静环磨损

1.2 处理措施

为了改善追随性,高速泵的机械密封设计一般取小的静环质量和较大的弹簧比压;安装时要求动环端面和轴的垂直度控制在 $5\mu\text{m}$ 以内。同时,在实际检修时,有时会根据需要采用增加垫片的办法调整压缩量,必须要注意增加的垫片厚度必须均匀、表面光滑,尽量采用研磨的方法使厚度达到要求的值。

辅助密封圈应具有良好的弹性,根据辅助密封圈的失效分析,将辅助密封圈形式改为氟橡胶O型圈,同时安装一个矩形截面的聚四氟乙烯垫圈,垫圈内径与轴套接触部位紧密贴合,其作用为防止固体颗粒进入密封圈的密封面,破坏其随动性能。另外,在介质压力较高时,

还可以起到防止密封圈被挤出的作用。这样既保证了补偿环的补偿作用,有保证了辅助密封圈的密封作用,从而提高了密封的可靠性。由于密封圈的摩擦力大,也可以增大补偿环在非正常操作时起到缓冲作用,保护了摩擦副端面。

2 增速箱温度异常

2.1 原因分析

高速泵在使用一段时间后,经常会出现增速箱润滑油温度逐渐升高的情况。润滑油温度升高不仅会造成润滑效果下降,还会造成润滑油乳化变质进程加速,若不及时处理将导致齿轮箱内的齿轮、轴承快速磨损、损坏。维护人员往往采用更换过滤器、更换润滑油的方式进行解决,虽然短期内能收到温度下降的效果,但往往持续时间不长,此时有必要对油冷器进行解体检查。

2.2 处理措施



图6 冷却水管路堵塞



图7 解体增速箱检查轴承



图8 片式径向瓦

在轴承箱温度升高后,应先从以下几个方面解决问题:①加油量不合适,润滑油过多或过少,主要是加油过多,油冷器过滤效果达不到使用要求,需要核实润滑油加注量;②润滑油不符合要求或被污染、过期等,此时不易形成润滑油膜,无法减少轴承及齿轮内部的摩擦及磨损,导致温度升高,定期检验与更换符合标准的润滑油。根据润滑油的温升变化情况,需要合理制定维护策略。一般根据现场实际情况,每运行半年更换一次润

滑油、过滤器。每年清理疏通一次油冷器的冷却水系统为宜；③冷却不足，检查冷却器管路是否堵塞，进水温度及回水温度是否超标。若冷却器选用不合适，冷却效果差，无法满足使用要求，需要检查冷却器，检查水路和油路是否通畅，进水温度与排水温度是否符合要求。油冷器的作用是通过冷却水的强制循环，对润滑油进行换热、降温，一旦油冷器发生内部泄漏，冷却水将通过漏点进入润滑油，导致润滑油乳化变质、降温效果下降。另外，油冷器的冷却水水质如果较差，会在管程形成水垢，堵塞管路导致冷却水流量降低，间接影响换热效果；④检查轴承的质量及配合间隙，齿轮的啮合间隙。轴承质量若无法满足高速运行的要求，其内外圈、滚动体、保持架都会有不同程度的损伤，会造成温度升高。滑动轴承的配合间隙若超标，则无法形成油膜，没有形成液体摩擦，温度也会升高。需要更换调整轴承径向及轴向间隙，符合高速泵检修标准。



图9 输出轴径向推力瓦座



图10 输入轴轴承



图11 滚动轴承的保持架断裂脱落

3 齿轮箱振动超标

3.1 原因分析

立式高速泵在运行过程中会出现短时间内振动速度突然升高的现象。发现振动速度值升高后，使用状态监测仪采集数据进行分析，发现振动速度峰值在多倍频，但峰值频率频繁波动，基本没有规律。当齿轮箱振动速度值高于 6 mm/s 后，必须及时停泵检修，避免损失扩

大。在一次拆检中我们发现滚动轴承的滚动体发生局部剥离、保持架断裂的现象。

引起高速泵振动的原因主要有两方面，其一是由机械原因引起的振动，如转子组件不平衡、机组不对中、轴弯曲、齿轮接触面磨损、滑动轴承油膜震荡、热胀超差引起管路振动、地脚螺栓松动等；其二是流体作用引起的振动，如小流量、抽空、汽蚀等现象。

3.2 处理措施

齿轮箱出现振动超标时，必须停机进行解体检修，根据维修手册的内容逐个检查各个零部件，如轴承的配合间隙、齿轮是否出现断齿及磨损、高速轴的跳动等，回装时必须保证所有尺寸符合技术标准。当设备运行 5 万 h 以上时，即使滚动轴承没有出现明显的故障，也应利用检修窗口对低速轴和中间轴的滚动轴承进行更换。出现振动超标时应先检查工艺流程，检查入口滤网是否堵塞，进液是否充足，排液压力及流量是否符合工艺要求，避免小流量运行，防止抽空现象的发生。在回装前，应重点检查润滑油管路，使用压缩空气对所有管路进行吹扫，确保无任何异物残留。

4 设备不上量

4.1 原因分析

立式高速泵由于其结构的特殊性，在长期停用、检修后首次开车、工艺流程发生波动等情况下会出现不上量的情况。排除入口阀门未完全打开的因素，不上量通常是由于泵腔内存有较多气体引起的。当不上量的情况发生时，必须尽快检查处理，否则极易造成机械密封的损坏。设备入口过滤网堵塞造成吸入管线压降增大也会导致不上量的情况发生。

4.2 处理措施

在设备投用前，必须对进出口管路进行充分排气，确保泵腔内完全被介质充满。在设备切换时，双泵运行很可能出现抢量抽空现象，因此若运行机泵无异常，应尽快停止备用泵，保证入口流量满足设备运行要求。在设备运行一段时间后，应择机安排检查清理入口过滤网，根据堵塞的实际情况合理制定清理频次。在日常巡检中，操作人员应重点关注入口储罐的液位，保证装置可用气蚀余量 $NPSH\alpha$ 高于泵的实验报告所必需的气蚀余量 $NPSH$ 。

5 结论

通过认真分析装置在用的立式高速泵的结构和工作原理，在统计、归类机泵检修数据基础上，结合多年来的检修维护经验，笔者以 LMV311 泵型为例针对故障频率较高的机械密封和齿轮箱，简要分析了几种常见的故障原因，提出了处理措施和预防性维护方案。工厂实施改造方案和预防性维护方案后，提高了机泵连续运行的可靠性，同时也降低了检修费用。

参考文献：

- [1] 焦峰. 基于可靠性的 GSB-L1 型立式高速泵维护探讨[J]. 石油化工设备, 2020, 19(03): 81-85.