

基于风险评估的离心泵分级检修策略优化与实践

方保成 吴乐天 马丰云

陕西延长石油榆林天然气化工有限责任公司 陕西 榆林 719000

摘要: 本文聚焦基于风险评估的离心泵分级检修策略优化与实践。阐述离心泵常见故障及风险评估方法,构建评估指标体系并划分风险等级。基于此制定分级检修策略,提出动态优化检修策略、把控检修过程质量及评估检修效果等优化措施。通过实践验证,优化后的策略能精准匹配离心泵风险等级,合理配置检修资源,降低故障率与运维成本,提升设备可靠性与运行效率,为工业生产稳定运行提供有力保障。

关键词: 风险评估;离心泵分级检修;策略构建

1 离心泵的工作原理

离心泵是依靠叶轮旋转使水产生离心运动来工作的水泵,核心部件有叶轮、泵壳、轴和轴承等。电机带动泵轴与叶轮高速旋转时,叶轮内液体在叶片推动下随之转动,在离心力作用下从叶轮中心被抛向外缘,动能大幅增加。同时,叶轮中心因液体抛出形成真空区域,与吸入管路液体产生压力差,液体便在压力差作用下不断被吸入叶轮中心,再经叶轮作用与泵壳导流,部分动能转化为压力能,最终以一定压力和流量从泵出口排出,实现液体连续输送。其性能受叶轮尺寸形状、转速、液体粘度密度等多种因素影响,合理调整这些因素可优化工作效率,适配不同工况需求。为保障离心泵稳定运行,需定期开展维护与检修工作。通过及时排查并解决潜在问题,能有效确保其性能始终处于稳定可靠状态,为工业生产的顺利推进以及日常生活的正常运转提供坚实有力的支持。

2 离心泵常见故障类型及原因分析

2.1 机械故障

机械故障在离心泵运行中较为常见,严重影响其正常运转。轴承损坏是典型机械故障,当轴承长期处于高负荷、高速运转且润滑不佳时,内部摩擦热增多,温度急剧上升,滚珠或滚柱表面易出现磨损、剥落,严重时轴承卡死,泵轴无法转动。安装时若轴承配合间隙不当,过紧会增大摩擦阻力,过松则使轴承晃动,均会加速其损坏^[1]。叶轮不平衡也较为常见,制造时可能质量分布不均,运行中受液体冲击、腐蚀及杂物磨损,部分叶片易损坏或变形,改变质量分布。叶轮高速旋转时,不平衡质量产生离心力,引发泵体振动,降低泵运行效率,还会损害轴、密封件等部件。泵轴弯曲同样不容小觑,安装时受不均匀外力或运行中受过大扭矩,都可能导致泵轴弯曲,进而使叶轮与泵壳间隙不均,影响液体

流动,加剧轴承和密封件磨损,缩短离心泵使用寿命。

2.2 密封故障

密封故障在离心泵运行中频发,严重影响其密封性能与运行稳定性。填料密封泄漏问题常见,填料压盖压太紧虽能减少泄漏,但会增加填料与轴摩擦力,致使轴发热、磨损,填料也加速老化而失效;压太松则无法有效阻漏。若填料材质选错,如输送腐蚀性液体却用不耐腐蚀填料,填料会被腐蚀而丧失密封作用。机械密封泄漏也较为普遍,其动静环密封面若有磨损、划伤或腐蚀,会产生间隙导致液体泄漏。密封面磨损原因,一是杂质进入密封面,二是润滑不良产生干摩擦,高速旋转下磨损加剧。另外,机械密封弹簧失效也是泄漏诱因,弹簧失去弹性后,无法为动静环提供足够压紧力,致使密封面密封效果变差,影响离心泵正常运转。

2.3 流体动力学故障

流体动力学故障主要影响离心泵的性能和运行效率。汽蚀是离心泵常见的流体动力学故障之一,当离心泵入口处的压力低于液体的饱和蒸气压时,液体就会汽化,形成气泡。这些气泡随着液体进入高压区后,会迅速破裂,产生局部的高压冲击,对叶轮和泵壳等部件造成冲击和磨损,同时还会使泵的扬程、流量和效率下降,产生噪声和振动。汽蚀的产生与离心泵的安装高度、吸入管路的阻力、液体的温度和性质等因素密切相关。流量不足也是流体动力学故障的常见表现。离心泵的叶轮损坏或磨损,会使叶轮对液体的做功能力下降,导致流量减少。吸入管路堵塞,如管路内有杂物、阀门未完全打开等,会增加管路的阻力,使液体进入泵体的流量减少。泵的转速过低,可能是由于电机故障或传动装置问题导致,也会使泵的流量达不到设计要求。

3 离心泵风险评估方法与指标体系构建

3.1 风险评估方法选择

在离心泵风险评估里,选对风险评估方法极为关键。常用方法有故障模式与影响分析(FMEA)、层次分析法(AHP)和模糊综合评价法等。FMEA通过对离心泵各部件可能出现的故障模式展开分析,评估其影响程度与发生可能性,确定关键故障模式与风险优先级。它能系统识别潜在故障,为评估提供详细基础信息,但主观性强,依赖评估人员经验^[2]。层次分析法(AHP)把离心泵风险评估问题拆解成多个层次,构建判断矩阵,算出各层次元素相对权重,进而得出整体风险综合评估结果。此方法能将复杂评估问题层次化、量化,不过构建判断矩阵时可能有主观偏差,影响结果准确性。模糊综合评价法考虑到评估中的不确定性因素,借助模糊数学理论将定性评价转为定量评价,能综合考量多种因素对风险的影响,合理处理模糊信息,但确定模糊隶属度函数需大量数据与经验,存在一定难度。实际应用中,可结合离心泵具体情况、评估目的及数据获取难易程度,选一种或多种方法组合评估,以此提升评估结果的准确性与可靠性。

3.2 风险评估指标体系构建

3.2.1 确定评估指标

构建科学合理的评估指标体系是离心泵风险评估的关键。从机械性能方面,可选取轴承磨损程度、叶轮平衡状态、泵轴弯曲度等指标。轴承磨损程度反映了轴承的运行状况,磨损越严重,风险越高;叶轮平衡状态影响泵的振动和效率,不平衡会导致振动加剧,增加故障风险;泵轴弯曲度则影响叶轮与泵壳的间隙,弯曲度过大将影响泵的正常运行。在密封性能方面,填料密封泄漏量和机械密封泄漏量是重要指标。泄漏量的大小直接反映了密封的效果,泄漏量过大不仅会造成液体损失,还可能影响泵的运行安全和周围环境。流体动力学性能方面,汽蚀余量、流量偏差率和扬程偏差率可作为评估指标。汽蚀余量反映了泵抗汽蚀的能力,余量不足易发生汽蚀故障;流量偏差率和扬程偏差率则体现了泵实际运行性能与设计性能的差异,偏差过大将影响泵的使用效果。

3.2.2 指标权重确定

指标权重的确定直接影响风险评估结果的准确性。可采用专家打分法、熵权法或两者相结合的方法。专家打分法邀请相关领域的专家,根据经验对各指标的重要性进行打分,通过统计和计算得出权重。这种方法能够充分利用专家的知识与经验,但主观性较强。熵权法基于数据本身的信息量确定权重,通过计算各指标数据的熵值,反映指标数据的离散程度,离散程度越大,权重

越大。该方法具有较强的客观性,但完全依赖数据,可能无法充分考虑指标的实际重要性。将专家打分法和熵权法相结合,综合主观经验和客观数据,能够更合理地确定各指标的权重,提高风险评估的准确性。

3.2.3 风险等级划分

根据风险评估结果,将离心泵的风险等级划分为低风险、中风险和高风险三个等级。低风险等级表示离心泵运行状况良好,故障发生的可能性较小,对生产和安全的影响较小;中风险等级意味着离心泵存在一定程度的潜在故障风险,需要加强监测和维护,及时采取措施防止故障进一步恶化;高风险等级则表明离心泵存在严重的故障隐患,故障发生的可能性较大,且一旦发生故障,将对生产和安全造成严重影响,需要立即采取检修或更换等措施。通过风险等级划分,能够直观地反映离心泵的风险状况,为制定检修策略提供依据^[3]。

4 基于风险评估的离心泵分级检修策略构建

4.1 分级检修策略的基本思路

基于风险评估的离心泵分级检修策略以风险评估结果为基础,根据离心泵的风险等级制定相应的检修计划。其基本思路是,通过风险评估准确识别离心泵存在的风险和潜在故障,将风险等级作为检修决策的重要依据。对于低风险离心泵,以日常维护和定期巡检为主,确保其正常运行;对于中风险离心泵,在加强日常维护的基础上,增加定期检修的频次和内容,及时发现并处理潜在故障;对于高风险离心泵,则制定详细的检修方案,安排专项检修或更换,以消除故障隐患,保障生产安全。这种分级检修策略能够合理分配检修资源,提高检修效率,降低检修成本,同时确保离心泵的安全可靠运行。

4.2 不同风险等级离心泵的检修策略

针对不同风险等级的离心泵,需采取差异化维护与检修策略。低风险离心泵,日常维护以定期检查运行参数为主,如流量、扬程、压力等,确保其处于正常区间;同时检查轴承温度、振动及润滑状况,及时补换润滑油,并清理泵体周边杂物,保持清洁。定期巡检可每月开展一次,重点查看泵外观、密封件、连接部件有无泄漏、松动等异常。通过这些举措,能及时发现并解决小问题,避免问题恶化,保障低风险离心泵稳定运行。中风险离心泵在低风险泵日常维护与巡检基础上,增加检修频次,如每季度全面检修一次。检修时,详细检查叶轮、轴承、泵轴等关键部件,测量叶轮间隙、泵轴弯曲度等参数,评估磨损程度;检查并更换密封件,确保密封良好;清理泵体内部杂物与沉积物。还需检查电气

系统,保证电机运行正常。如此,可及时发现并处理潜在故障,降低故障发生概率。高风险离心泵需制定详细检修方案,安排专项检修或更换。检修前,全面停机检查,拆卸关键部件进行细致检测与维修,如修复或更换叶轮、校正或更换泵轴、更换轴承等。对老化严重、无法修复的泵,应及时更换。检修过程要严格遵循工艺与标准,确保质量。检修完成后,全面调试与试运行,保证离心泵性能符合设计要求。

4.3 检修资源配置优化

在分级检修策略实施过程中,检修资源的合理配置至关重要。对于低风险离心泵,由于其检修任务相对较轻,可安排少量经验丰富的检修人员进行日常维护和巡检,同时配备必要的常用工具和备件。中风险离心泵的检修需要增加检修人员数量,配备专业的检测设备,如振动分析仪、温度检测仪等,以便更准确地评估部件的状态。储备一定数量的关键备件,如轴承、密封件等,确保在需要时能够及时更换。对于高风险离心泵的专项检修,需要组建专业的检修团队,包括机械工程师、电气工程师等,确保具备解决复杂故障的能力。配备先进的检修设备和工具,如大型吊装设备、精密加工设备等,以满足检修需求。同时要储备充足的备件,包括叶轮、泵轴等关键部件,确保检修工作能够顺利进行。

5 离心泵分级检修策略的优化与实施

5.1 检修策略的动态优化

离心泵的运行工况和环境会随着时间的变化,因此检修策略需要动态优化。通过建立离心泵运行数据监测系统,实时收集泵的运行参数、故障信息等数据,并运用数据分析技术对数据进行处理和分析。例如,利用大数据分析技术挖掘数据中的潜在规律,预测离心泵可能出现的故障趋势。当发现离心泵的运行参数出现异常变化,如振动增大、温度升高时,及时调整检修计划,增加检修频次或提前安排专项检修。根据离心泵的实际使用情况和故障处理经验,不断优化检修项目和检修周期,使检修策略更加科学合理,提高检修的针对性和有效性。

5.2 检修过程质量控制

检修过程质量控制是确保离心泵检修质量的关键。在检修前,要对检修人员进行技术培训,使其熟悉检修工艺和标准,掌握关键部件的检修方法和质量要求。检

修过程中,要严格按照检修工艺和标准进行操作,对关键检修环节进行质量检验和记录。例如,在叶轮修复或更换后,要进行动平衡试验,确保叶轮的平衡性能符合要求;在轴承安装过程中,要控制好轴承的配合间隙和润滑情况^[4]。建立质量追溯制度,对检修过程中出现的质量问题进行追溯和分析,找出原因并采取改进措施,防止类似问题再次发生。通过严格的质量控制,确保离心泵检修后的性能达到设计要求,延长其使用寿命。

5.3 检修后的效果评估

检修后的效果评估是对离心泵分级检修策略实施效果的重要检验。评估内容包括离心泵的运行性能、可靠性、安全性等方面。通过对比检修前后泵的运行参数,如流量、扬程、效率等,评估检修对泵性能的提升效果。统计检修后泵在一定时间内的故障发生次数和停机时间,评估检修对泵可靠性的改善情况。检查泵的安全防护装置是否正常运行,是否存在安全隐患。根据评估结果,总结经验教训,对分级检修策略进行进一步优化和完善。如果评估发现检修效果未达到预期目标,要深入分析原因,可能是检修工艺不合理、备件质量不过关等,针对问题采取相应的改进措施,不断提高离心泵分级检修策略的科学性和有效性,确保离心泵的安全稳定运行。

结束语

基于风险评估的离心泵分级检修策略优化与实践,为离心泵的科学运维提供了新思路与有效方法。通过动态优化策略、严格把控质量及全面评估效果,实现了检修工作的精准化与高效化。未来,随着工业技术发展,需持续完善风险评估体系与检修策略,融入智能化监测手段,进一步提升离心泵运维水平,助力企业实现降本增效与可持续发展,推动工业生产迈向更高台阶。

参考文献

- [1]尹亮.刍议离心泵常见故障原因及维护保养[J].中国设备工程,2023,(19):56-58.
- [2]姜鹤.利用故障诊断技术解决离心泵振动异常问题实例[J].设备管理与维修,2023,(15):82-83.
- [3]张鹏.离心泵常见故障解析[J].今日制造与升级,2023,(05):153-155.
- [4]方清华.几种离心泵流量调节方式的节能分析[J].石油和化工设备,2023,26(09):148-151.