

化工离心泵常见运行故障成因及日常检修维护研究

杜忠钊

沧州旭阳化工有限公司

DOI:10.32629/btr.v9i2.5131

[摘要] 在化学工业领域当中,离心泵是重要的动力传输工具之一,在生产过程中起着至关重要的作用,如果离心泵出现问题,则会影响生产的正常进行,因此对离心泵经常出现的问题及其原因进行了探讨,总结了离心泵振动大、异响、排量低及扬程不够、汽蚀等问题产生的原因,并提出了相应的解决方案。进而给出建立日常检查制度、主要部件维修、密封维护以及轴承油脂维护等方面的日常维修与针对性维护措施,旨在为化工企业加强离心泵的维修管理、确保安全生产效益提供一定的理论支持和技术借鉴。

[关键词] 化工离心泵; 运行故障; 成因分析; 日常检修; 维护策略

中图分类号: TH311 文献标识码: A

Research on Common Operational Fault Causes and Daily Maintenance of Chemical Centrifugal Pumps

Zhongzhao Du

Cangzhou Xuyang Chemical Co., Ltd

[Abstract] In the field of chemical industry, centrifugal pump is one of the important power transmission tools, playing a crucial role in the production process. If there is a problem with centrifugal pump, it will affect the normal operation of production. Therefore, this article discusses the common problems and their causes of centrifugal pump, summarizes the reasons for the problems of large vibration, abnormal noise, low displacement, insufficient head, cavitation, etc. of centrifugal pump, and proposes corresponding solutions. Furthermore, daily inspection system, major component maintenance, sealing maintenance, and bearing grease maintenance measures will be established to provide targeted maintenance and theoretical support for chemical enterprises to strengthen the maintenance management of centrifugal pumps and ensure safety production benefits.

[Key words] chemical centrifugal pump; Operational malfunction; Cause analysis; Daily maintenance; Maintenance Strategy

引言

离心泵作为石化、化工、医药等领域使用最普遍的一种流体设备,在其中起到输送、循环、混合等多种作用。近年来,由于石化工业朝着大型化、连续化以及高参数化的方向发展迅速,因此对于离心泵的工况条件也日益苛刻,导致故障频率和严重性也在增加。综上所述,通过对常见的化工离心泵在使用过程中发生的问题的原因进行分析,并对日常维修保养工作进行完善,从而避免出现意外停工的情况,提高设备的使用效率以及安全性,促进化工企业更好地发展是非常有必要的。

1 化工离心泵运行应用价值与研究意义

1.1 化工离心泵在化工生产体系中的核心应用价值

作为化工生产的三大动力机械之一,在化工生产流程中的各个工段几乎都离不开化工离心泵的应用,无论是原材料运输还是产品销售,均需要用到离心泵。在石油炼制工艺中,离心泵

用于原油储罐向常减压蒸馏塔供料及催化裂化、加氢精制等各工序的物料输送、增压等工作。精馏塔离心泵是为输送有腐蚀性、爆炸性和黏性较大的液体而专门设计制造的,在生产中起着非常重要的作用,它的好坏直接影响到进料比例是否准确以及化学反应是否顺利进行。此外,在化工废水处理与环保设施中,离心泵同样发挥着关键作用,其高效稳定运行是保障环保达标排放的基础前提^[1]。

1.2 化工离心泵稳定运行对生产安全的保障价值

化工离心泵正常平稳运转对于确保化工生产的安全至关重要,一旦出现故障将带来一系列严重的危害。如在离心泵突然停运或者泄漏的情况下,如果被输送的是易燃易爆物料,则可能引起着火甚至爆炸事故;若为有毒物质则容易造成毒物泄露的重大事故。据统计,化工企业中约三分之一以上的设备事故都由泵的问题所诱发。另外,离心泵故障也会引起工艺

参数波动超出控制范围,造成反应超温、超压,危及设备安全和生产人员的生命安全。因此,保障离心泵长期稳定运行不仅是设备管理的基本要求,更是化工企业落实安全生产主体责任的核心内容。

1.3 化工离心泵运维优化对企业经济效益的提升价值

合理的离心泵使用及维修保养可以为公司带来很大的经济效益。首先,能减少离心泵故障的发生率,从而减少停工带来的直接经济损失,一台大型离心泵每停工一个小时可能就损失几千元到几万元不等;其次,有效的维修保养工作能延长使用寿命,提高设备及其关键部件的寿命,减少备件购买及更换费用;同时合理有效的运维管理还可以提高离心泵的运行效率从而节约能耗,据统计,效率每提高5%,每年可以节省电费10%以上,对企业的节能降耗有重要的促进作用。

1.4 化工离心泵运维研究对行业技术进步的推动价值

化工离心泵运维的研究进展对于行业发展具有积极的指导意义和促进作用。随着智能化传感器、大数据、人工智能的发展,离心泵运维由经验式管理转变为基于数据分析的运维模式,运维的研究是其转变的基础和途径。通过深入故障原因及失效机理的研究以及寿命预测方法的研究,有助于确立更合理的设备管理规范,实现离心泵的设计制造与维护保养的有效结合,并将大量的现场使用经验反馈到设备的研发生产中去,不断优化产品的叶轮水力学性能以及材质质量,提高密封性能,从而促进设备从设计阶段开始就考虑其运行维护的特点,实现“设计—制造—维护—再设计”的闭环管理。

2 化工离心泵常见运行故障及核心成因分析

2.1 泵体振动异常故障及多维度成因剖析

离心泵振动是化工生产中最普遍的现象之一,当振动超过标准值后会造成离心泵零件疲劳损坏以及附属管道螺栓脱落甚至地脚螺栓断裂等问题。造成离心泵振动的原因很多,其中最常见的是不平衡力矩引起的离心泵振动。引起不平衡的主要原因有:叶轮汽蚀、叶轮偏磨导致不对称质量增加、转轴弯曲、对中不良等都会造成转子不平衡而产生较大的振动。从水力的角度来看,在泵中水流的不稳定性也会引起振荡,如果在液体中有固体颗粒或空气,则流场均质化被打破,并出现脉冲压强。此外,轴承间隙过大、基础螺栓松动及管路应力传递等外部因素也会叠加放大振动效应。

2.2 运行噪音超标故障及产生根源分析

离心泵在工作过程中噪声增大也是离心泵异常情况的一个重要表现形式,在工作状态中声音变大意味着泵体内已经发生了一定程度上的损害或者故障。而离心泵产生的噪声大部分来自于机械噪声以及液体动力学噪声两种类型,其中机械噪声主要是由于泵体内零件如轴瓦、齿面、叶轮与壳体之间发生了摩擦碰撞,如果轴瓦内外圈表面产生了局部脱落的情况,则会导致强烈的冲击声响;另外一种就是由泵体产生气蚀或者水流扰动引起的噪声。汽蚀现象引起的气泡破裂产生的压力脉冲会导致异常的爆鸣音;泵和管道系统受激振动会产生较大的噪声,在某

些频率下可引起很大的声强,一般可增加10~20dB(A),危害工作条件和人体健康^[2]。

2.3 流量与扬程不足故障及核心诱发因素

出水量小、扬程低直接影响到离心水泵的工作效果,造成产量降低或者停产的现象。由于叶轮是实现机械能向水能转化的关键部位,所以叶轮被磨损、腐蚀以及堵塞会导致离心水泵出现上述现象,如果叶轮的出口宽度因为被磨损而增加了10%,则离心水泵的效率会减少15%~20%。如果吸水管中的压力损失太大或者液体的高度太低就会引起有效汽蚀余量不足。使得泵的实际吸入口受限。同时由于泵体内间隙在长时间使用后变大,造成容积损耗加大,泵内泄露量增加。电机转速低或者电源频率不正常也会造成泵出力降低,转速降低5%的话,流量就会降低5%左右,而扬程会下降10%左右。

2.4 泵体气蚀故障及形成机制与成因

气蚀是离心泵最为严重的故障之一,指在部分区域的压力小于所输送介质的饱和蒸汽压下发生的气化、溃灭现象。当泵安装高度过高或者吸水管路阻力大时,在叶轮入口处产生较低的静压,有利于气蚀的发生。介质温度较高会导致饱和蒸汽压大幅上升,降低扬程,气蚀发生的临界值容易达到。一般情况下,水温每提高10℃,其饱和蒸汽压力大约增大一倍;其次由于泵选型不合理造成额定流量与实际工况相差较大,在小流量区域工作增加了入口回流及涡流,产生局部低压区。气蚀不仅造成叶轮表面材料剥蚀,还会引发剧烈振动与噪音,形成恶性循环。

3 化工离心泵系统化日常检修与精准维护策略

3.1 建立标准化离心泵日常巡检与隐患排查体系

离心泵日常巡检制度建设为确保离心泵安全平稳运行的基础工作,主要是对运行参数、设备机理以及运行环境进行综合检查并做好记录。在运行参数方面需对进出口气压、气量、电流、电压、轴承温度、电动机定子温度等各项数值进行检查,并设置好预警值以及连锁值,轴承温度>75℃或振动速度有效值>4.5mm/s应预警安排检查;机械状态检查以关注泵体振动水平、密封泄漏量、润滑油油质油位以及连接紧固件的状态为主,使用便携式测振仪与红外测温仪进行量化检测;隐患排查则采取周期化检查的方式,把日检、周检、月检有机结合起来,日检以运行情况目视观察和参数记录为主;在周检基础上增加了振动频谱分析和润滑油取样化验;月检包括了对中精度复查、叶轮间隙测量和密封磨损检查等项目的详细检查。巡检结果及时录入到设备管理信息系统,形成趋势图,根据历史数据分析判断劣化趋势,实现由事后检修到预知检修的变革;对巡检人员进行岗前培训,做到持证上岗,制定巡检路径、巡检项目及记录格式,避免由于巡检人员更换造成巡检效果差异^[3]。

3.2 泵体核心零部件针对性检修与维护措施

离心泵关键部件正确维修方法可以有效提高其运行效率,因此针对不同的故障发生原因采取不同的维修方案至关重要。对叶轮来说,每隔一定的时间都需要对其进行观察以及检测,并且在叶轮厚度磨损达到原厚的15%以上或者产生裂缝的情

况下就应当及时予以替换,在叶轮表面存在较小程度的孔洞时可以通过焊接并机械加工的方式处理掉,修理完毕再次做动平衡试验,其平衡精度等级为G6.3级以上即可;泵体与导叶主要检查流道内壁的汽蚀破坏和腐蚀情况,对深大于2mm的汽蚀窝予以堆焊补平磨光,使其恢复流道型线;轴类零件主要检测轴颈的圆度、圆柱度以及径向跳动,轴承座与轴配合面及轴承盖与轴配合面若轴颈表面粗糙度 Ra 大于 $0.8\mu m$ 或有划痕、咬伤则需用砂轮修磨,修磨后轴颈尺寸偏差不大于 $0.02mm$;联轴器对中调整也是防止发生振动的一项重要措施,在调整过程中使用激光对中仪测量,径向偏差不超过 $0.05mm$,角向偏差小于 $0.05mm/100mm$,对中完成后将连接螺栓再次拧紧,并按照对角顺序用力均匀。检修后应进行空载运转和负载性能试验,检查流量、扬程、效率、振噪等是否达到设计允许值。

3.3 密封系统常态化养护与泄漏防控维护策略

密封装置是阻止介质泄漏及外界空气进入的重要机构,密封装置的工作好坏直接关系到泵安全清洁生产状况。对机械密封要制定定期检修计划,按照所输送介质性质以及使用条件来确定机械密封寿命,在正常条件下机械密封使用寿命在8000~12000小时,当输送酸碱或含有固体杂质介质时要减少使用寿命。日检要注意密封压盖温度、泄漏量以及摩擦副上的磨痕,在泄漏量大于5滴/min或密封腔温升过快时应及时停车检查。对于填料密封应注意压紧力大小合适,压盖螺栓均匀拧紧,以填料函处稍有泄漏为好,一般允许泄漏量为10滴/min~20滴/min,漏得多造成浪费,漏得少会造成填料干摩擦烧坏。冲洗及冷却系统不能忽视,对于高温或含有杂质的介质,要保证冲洗液体的压力比密封腔压力高 $0.05MPa\sim 0.1MPa$,冷却水流量和温度需满足设计要求,避免密封面出现热变形而失效。密封备件应选用与原设计相同材质与规格的产品,严禁随意替代,安装时需严格清洁密封腔与轴表面,避免杂质划伤密封端面。

3.4 轴承与润滑系统规范化检修维护方法

轴承及润滑系统标准化保养是确保离心泵稳定运行的基础性工作。滚动轴承保养应定期进行游隙检测和外观检查,在径向游隙增大到原始游隙的2倍~3倍或发生疲劳剥离、保持架变形时应予更换,轴承安装应使用专用工具,不得直接敲打,检修后

检查轴向游隙,并保证润滑脂装填量占轴承箱容量的30%~50%;滑动轴承检修主要检查轴瓦磨损程度及接触面积,若轴瓦间隙大于原设计尺寸的1.5倍或者接触面夹角小于 60° ,则应重配轴瓦或更换新轴瓦;润滑油脂使用过程中对润滑系统中的油质进行周期性分析,通常每工作2000h~3000h对其粘度、酸值、含水量以及含颗粒情况进行采样测试,当酸值大于 $0.5mgKOH/g$ 或者水分高于0.1%时就该及时更换新油;润滑形式的选择应该根据轴承种类以及转速来确定,高速轻载可选用油雾或油气润滑,中速中载采用循环油润滑,低速重载用脂润滑;润滑系统的管路应该定期进行清洗,过滤器的压差如果超过了 $0.05MPa$ 就应该及时更换滤芯,保证油质清洁度为NAS8~10级^[4]。

4 结语

离心泵在正常运转的情况下才能保证化工生产的正常进行。针对化工离心泵常见的异常现象,如震动过大、声音不正常、流量与扬程过小以及汽蚀的原因进行了归纳总结并提出了相应的解决措施,包括定期巡回检查制度、主要部件的修理方法、密封装置的维修和滚动轴承的保养等方面的内容。对于化工企业的离心泵,必须加大日常检查和维护力度。坚持预防为主的原则,在整个设备寿命周期内实施有效的设备管理和维修工作,提高设备运行可靠性水平,确保企业生产稳定长周期平稳运行,为企业可持续发展奠定良好的物质基础。

[参考文献]

- [1]李雷雷,高永强,马骥,等.基于故障树分析方法的化工离心泵常见故障研究[J].石油化工设备,2024(1):58-64.
- [2]任涛峰,许贤文,谯泽庭.化工离心泵运行故障模式分析及其预防性维修体系构建[J].化学工程与装备,2026(1):201-205.
- [3]化工离心泵设备管理及维修方法[J].中国石油和化工标准与质量,2024(12):97-99.
- [4]离心泵设备管理及维修技术研究[J].现代制造技术与装备,2024(3):163-165.

作者简介:

杜忠钊(1990--),男,汉族,河北省黄骅市人,大专,助理工程师,主要研究方向:化工机械。