

化工多级离心泵常见故障及检修技术

尤恩波 韩 平 孙 磊
陕西长青能源化工有限公司 陕西 宝鸡 721405

摘 要：化工多级离心泵作为化工生产中的关键设备，其稳定运行对于保障生产效率和产品质量至关重要。本文深入分析了化工多级离心泵的常见故障类型，包括机械故障、密封问题、性能下降以及电气故障，并针对这些故障提出了相应的检修技术和维护策略。通过实施定期维护、故障排除和预防性维护等措施，可以有效延长泵的使用寿命，提高设备的运行可靠性。

关键词：化工多级离心泵；常见故障；检修技术；维护策略

引言：化工多级离心泵因其高效、稳定的特点，在化工生产中得到了广泛应用。由于工作环境复杂、介质多样，泵在运行过程中难免会出现各种故障。对化工多级离心泵的常见故障进行深入分析，并探索有效的检修技术和维护策略，对于保障生产安全、提高经济效益具有重要意义。

1 多级离心泵的结构与工作原理

1.1 多级离心泵的主要部件介绍

多级离心泵的结构颇为复杂，其核心部件构成精巧且各司其职。叶轮，作为泵的动力源泉，通过高速旋转将机械能巧妙转化为流体的动能与静压能。叶轮通常由多片后弯叶片精心组合而成，这样的设计使得流体在流经时能够获得显著的速度提升和压力增强。多级离心泵的独特之处在于其叶轮数量非一，而是依次排列在轴上，每个叶轮都肩负起对流体进行一次压力提升的重任，从而实现多级增压的卓越效果。泵壳，作为多级离心泵的外衣，不仅引导流体从进口有序进入，还确保流体在历经各级叶轮增压后，能顺畅地从出口排出。泵壳的设计既满足了流体的流动需求，又确保了结构的坚固与密封，有效防止流体泄漏。其流道形状与尺寸更是对泵的性能起着至关重要的作用，合理的流道设计能大幅减少流体阻力损失，提升泵的工作效率。轴，作为连接各级叶轮与驱动电机的桥梁，承载着叶轮的重量与旋转时的离心力，同时传递着电机的扭矩。轴的材料选择与加工精度均至关重要，以确保其具备足够的强度与刚度。轴承则默默支撑着轴，减少其旋转时的摩擦阻力。多级离心泵常采用滚动或滑动轴承，这些轴承不仅承载能力强，还具备良好的润滑性能与耐磨性。密封装置则是防止流体泄漏的守护神，其设计与材料选择均经过深思熟虑，以应对高压、高温或腐蚀性流体的挑战。

1.2 多级离心泵的工作原理

多级离心泵的工作原理基于流体动力学原理，其核心在于通过叶轮的旋转将机械能转化为流体的动能和静压能。当多级离心泵的电机启动时，轴开始旋转，带动各级叶轮一起旋转。流体从泵的进口进入，首先被第一级叶轮吸入并加速，其速度和压力都得到提升。然后流体被甩向泵壳的流道，进入下一级叶轮。在每一级叶轮中，流体都经历相同的过程，其速度和压力不断得到提升^[1]。多级离心泵的工作压力增益机制主要源于叶轮的旋转和泵壳的流道设计。当流体通过叶轮时，其速度增加，动能增大；由于流体被甩向泵壳的流道，其流道截面积逐渐增大，流速逐渐减小，动能转化为静压能。这样，每一级叶轮都对流体进行一次压力提升，最终实现多级增压。多级设计的意义在于，通过增加叶轮的数量，可以显著提高泵的扬程和流量。对于需要处理高扬程、大流量流体介质的场合，多级离心泵具有显著的优势。多级设计还可以使得泵在运行时更加稳定，减少振动和噪音，提高泵的使用寿命。在具体应用中，多级离心泵的性能不仅取决于其结构和设计，还受到工作介质、工作条件以及维护管理等多种因素的影响。在选择和使用多级离心泵时，需要综合考虑各种因素，以确保其能够安全可靠地运行。

2 常见故障分析

2.1 机械故障

轴承磨损是化工多级离心泵常见的机械故障之一。轴承作为泵的关键部件，其作用是支撑转子并减少运转时的摩擦。轴承磨损的主要原因包括润滑不良、杂质侵入、安装不当以及长时间过载运行等。润滑不良是导致轴承磨损的主要原因之一。当润滑油不足或质量不佳时，轴承表面无法形成有效的润滑膜，从而增加摩擦和磨损。定期检查和更换润滑油，确保润滑系统的清洁和畅通，是预防轴承磨损的重要措施。杂质侵入也是导致

轴承磨损的常见原因。当泵在恶劣环境中运行时,空气中的灰尘、颗粒物等杂质可能进入轴承内部,破坏轴承表面的光滑度,加速磨损过程。加强泵的入口过滤,定期清理过滤器和轴承座,是防止杂质侵入的有效方法。安装不当同样可能导致轴承磨损。如果轴承安装时未按照规范进行,如过紧或过松,都会使轴承承受额外的应力,导致早期磨损。在安装轴承时,应严格按照安装规范进行操作,确保轴承的受力均匀且适当。长时间过载运行也是导致轴承磨损的原因之一。当泵长时间在过载状态下运行时,轴承会承受过大的负荷,导致磨损加剧。合理控制泵的负荷,避免长时间过载运行,是延长轴承使用寿命的关键。轴弯曲或断裂是化工多级离心泵另一种常见的机械故障。轴作为泵的主要支撑部件,其稳定性对于泵的正常运行至关重要。轴弯曲的检测方法主要包括轴端跳动测量和轴颈圆度测量。通过测量轴端的跳动量,可以判断轴是否存在弯曲现象。而轴颈圆度的测量则可以反映轴颈的磨损情况和几何形状的变化。一旦发现轴弯曲或圆度超差,应及时进行修复或更换。修复轴弯曲或断裂的策略主要包括校直和更换。对于轻微的轴弯曲,可以采用校直的方法进行修复。校直时应注意控制校直力度,避免对轴造成二次损伤。对于严重的轴弯曲或断裂,则需要更换新的轴。在更换轴时,应选择与泵相匹配的轴,并确保安装过程中的精度和稳定性。

2.2 密封问题

泵密封失效是化工多级离心泵常见的故障之一。密封作为泵的关键部件之一,其作用是防止泵内介质泄漏到外部环境中。泵密封失效的原因主要包括干运转、腐蚀以及安装不当等。干运转是导致泵密封失效的主要原因之一^[2]。当泵在无介质或介质不足的情况下运行时,密封面无法得到有效的润滑和冷却,从而导致密封面干磨和损坏。在启动泵之前,应确保泵内有足够的介质,并避免长时间干运转。腐蚀也是导致泵密封失效的常见原因。当泵处理的介质具有腐蚀性时,密封面可能受到腐蚀而损坏。在选择密封材料时,应充分考虑介质的腐蚀性,并选择具有抗腐蚀性能的密封材料。密封选型不当也是导致泵密封失效的原因之一。不同的介质和工况对密封的要求不同,如果选型不当,可能导致密封无法适应实际工况而失效。在选择密封时,应充分了解介质的特性、温度、压力等参数,并根据这些参数选择合适的密封形式。

2.3 性能下降

效率降低是化工多级离心泵性能下降的主要表现之一。效率降低的原因主要包括流量不足和扬程不够等。

流量不足可能是由于泵入口阀门未全开、入口管道堵塞或叶轮损坏等原因造成的。当泵入口阀门未全开时,流体无法充分进入泵内,导致流量不足。入口管道堵塞则会影响流体的流动速度,从而降低泵的流量。叶轮损坏则会影响泵做功能力,导致流量下降。扬程不够可能是由于叶轮磨损、泵内存在气体或出口阀门未全开等原因造成的。叶轮磨损会降低泵做功能力,从而影响扬程。泵内存在气体则会导致气体占据部分泵腔空间,影响流体的压缩和排送过程。出口阀门未全开则会限制流体的排出速度,从而降低扬程。振动异常也是化工多级离心泵性能下降的表现之一。振动异常可能是由于泵轴与电机轴不同心、叶轮不平衡或基础不牢固等原因造成的。泵轴与电机轴不同心会导致泵在运行时产生额外的径向力,从而引起振动。叶轮不平衡则会使泵在运行时产生周期性的振动。基础不牢固则会导致泵在运行时产生晃动和振动。振动异常不仅会影响泵的性能和稳定性,还可能对泵及其周边设备造成损坏。

2.4 电气故障

电机过载是化工多级离心泵常见的电气故障之一。电机过载可能是由于电流过大引起的。当泵在过载状态下运行时,电机需要消耗更多的电能来驱动泵运转,从而导致电流过大。电机过载不仅会影响泵的正常运行,还可能对电机造成损坏。在泵的运行过程中,应合理控制泵的负荷,避免长时间过载运行。控制系统故障也是化工多级离心泵常见的电气故障之一。控制系统故障可能是由于传感器失灵、接线错误或控制器故障等原因造成的。传感器失灵会导致控制系统无法准确获取泵的运行状态信息,从而影响控制效果^[3]。接线错误则可能导致控制系统无法正常工作或产生误动作。控制器故障则会导致控制系统无法对泵进行有效的控制和管理。在泵的维护过程中,应定期检查控制系统的各个部件和接线情况,确保控制系统的正常运行。

3 检修技术与维护策略

3.1 定期维护制度

定期维护是保障化工多级离心泵稳定运行的基础,包括日常巡检和定期拆解检查两个主要环节。日常巡检是及时发现并处理泵潜在问题的重要手段。巡检内容应涵盖泵的运转状态、振动情况、噪音水平、温度指标以及泄漏现象等。操作人员应定期检查泵的进出口压力、流量是否稳定,有无异常波动;观察泵体及管道是否有振动过大或异常噪音;通过触摸或测温仪器检查泵体、轴承座等部位的温度是否正常;还需仔细检查泵轴封、法兰等连接处是否有泄漏迹象。巡检周期的安排应根据

泵的使用频率、工况条件以及制造商的建议来确定。一般来说,对于高频率运行的泵,每日巡检是必不可少的;而对于使用频率较低的泵,每周或每月进行一次巡检也是必要的。巡检过程中发现的任何异常都应及时记录并报告,以便后续分析和处理。定期拆解检查是深入了解泵内部状况、预防故障发生的有效方法。拆解检查的重点部位包括叶轮、轴承、轴封、泵壳以及紧固件等。在拆解过程中,应特别注意检查叶轮是否有磨损、腐蚀或裂纹等损伤;轴承是否光滑、有无磨损或过热迹象;轴封是否完好、弹性是否足够;泵壳内部是否有结垢、腐蚀或损伤;紧固件是否松动或损坏。拆解检查时应遵循一定的步骤和注意事项。必须确保泵已完全停止运行并切断电源,以避免意外伤害。在拆解过程中应小心谨慎,避免损坏泵的内部零件。拆解后的零件应清洗干净,并进行必要的测量和检查,以便及时发现并处理问题。

3.2 故障排除中的检修技术

在机械故障的范畴内,轴承损坏是一个经常遇到的问题。处理这类故障,关键在于使用轴承拉拔器来谨慎地拆下损坏的轴承。在整个拆卸过程中,必须格外小心,以避免对轴或轴承座造成任何不必要的损伤。一旦旧轴承被成功拆下,接下来的步骤就是安装新的轴承。在此之前,必须确保轴承座内部完全清洁,无任何杂质残留。新轴承在安装前需要加热至适宜的温度,然后迅速进行安装,以确保其与轴的配合紧密无间隙。这一过程中,轴承拉拔器、轴承加热器以及游标卡尺等工具是不可或缺的^[4]。叶轮磨损也是机械故障中常见的一种。处理叶轮磨损时,需要使用专用工具将叶轮小心拆下,并对其进行仔细的磨损状况检查。如果磨损程度较轻,可以通过研磨的方式进行修复;而如果磨损严重,则需要更换全新的叶轮。在安装新的叶轮时,必须确保叶轮与轴的配合紧密,同时叶轮的动平衡性能也要良好,这样才能保证设备的稳定运行。轴封泄漏则是密封故障中较为常见的一种情况。在检修时,首先要检查轴封件是否因老化或损坏而导致泄漏。确认后,使用轴封拆卸工具将其拆下,并进行彻底的清洗和检查。安装新的轴封件

时,务必确保密封面干净整洁,无任何杂质,并且轴封件的压缩量要适中,这样才能保证其良好的密封性能。

3.3 预防性维护中的检修技术

预防性维护的成效,关键在于维护计划的周密制定,更在于专业检修技术的熟练运用。润滑剂的更换与补充是其中一环。需定期借助润滑油分析仪,对润滑剂的质量进行精准检测,依据分析结果来判定是否需要更换。在更换时,务必彻底清洗润滑系统,确保新旧润滑剂不会混合,以维护系统的纯净。此过程中,润滑油分析仪、清洗工具、注油工具等发挥着重要作用。防腐处理同样不可忽视。泵体及内部零件需定期检查,一旦发现腐蚀迹象,应立即进行防腐处理。喷涂防腐涂料、电镀或热浸镀等方法均可有效防腐。喷枪、电镀设备、热浸镀设备等工具将助力防腐工作的顺利进行,操作时需严格遵循相关规范,确保处理效果。定期拆解检查与调整也是预防性维护的重要环节。需按照维护计划,定期拆解泵进行全面检查,对叶轮、轴承、轴封等关键部件进行细致排查。磨损或损坏的部件需及时更换或修复,并调整泵的运行参数至最佳状态,以确保泵的稳定运行。

结束语

化工多级离心泵作为化工生产中的关键设备,其稳定运行对于保障生产连续性和安全性具有重要意义。通过深入了解其结构与工作原理,分析常见故障及其原因,并提出有效的检修技术与维护策略,可以有效保障化工多级离心泵的稳定运行,延长设备寿命,提高生产效率。未来,随着化工行业的不断发展和技术进步,化工多级离心泵的检修技术与维护策略也将不断完善和创新。

参考文献

- [1] 候燕涛. 化工企业离心泵常见故障与维修措施探讨[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(11): 226-227+253.
- [2] 孟繁亮. 石油化工离心泵的常见故障及日常维护[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(05): 47-49.
- [3] 尹亮. 当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.
- [4] 殷文成. 化工离心泵故障分析及维护[J]. 设备管理与维修, 2024, (17): 159-161.