

# 离心泵机械密封装置故障分析及对策

王海朋

河南中原黄金冶炼厂有限责任公司 河南 三门峡 472000

**摘要:** 通过深入分析离心泵机械密封装置在运行过程中常见的故障类型,包括泄漏、过热、振动与噪声等,并探讨这些故障的原因及影响因素。针对这些故障,本文提出相应的对策,包括提高安装精度与质量、加强操作与维护管理、选用合适的材料与优化设计、采用故障诊断与检测技术以及实施故障处理与修复技术等。这些对策的实施可以有效预防和处理离心泵机械密封装置的故障,提高设备的运行效率和可靠性,为企业的安全生产和经济效益提供有力保障。

**关键词:** 离心泵;机械密封;故障分析;对策

## 1 离心泵及其机械密封装置基础

### 1.1 离心泵工作原理及结构组成

离心泵是一种常见的流体输送设备,通过旋转的叶轮将液体从低压区吸入并加速至高压区排出。离心泵的工作原理主要基于离心力的作用。电机通过泵轴带动叶轮高速旋转,液体在叶片之间的推动下,不断从中心被甩向四周。当泵内液体从叶轮中心被抛向边缘时,中心处形成了低压区。由于进泵前的液体压强大于泵吸入口处的压强,在压强差的作用下,液体便经吸入管连续地吸入泵内,以补充被排出液体的位置。只要叶轮不停地旋转,液体便不断地吸入和排出。离心泵主要由吸入室、叶轮、排出室(蜗壳)、轴、密封装置、轴向力平衡装置和支座等构成。吸入室位于叶轮进口前,其作用是把液体从吸入管引入叶轮,要求液体流过吸入室时流动损失较小,并使液体流入叶轮时速度分布较均匀。叶轮是离心泵的唯一做功部件,液体从叶轮中获得能量。对叶轮的要求是在流动损失最小的情况下使单位质量液体获得较高的能头。排出室常用的结构是由螺旋室加扩压管所组成的蜗壳,位于叶轮出口之后,其作用是把从叶轮内流出来的液体收集起来并送入下一级叶轮入口或送入排出管。更重要的是,由于液体流出叶轮时速度很大,为了减小后面管路或泵中的流动损失,利用蜗壳的扩压管或多级泵常用的导叶中扩压流道把速度能转换为压力能,提高泵的效率。

### 1.2 机械密封装置概述

机械密封是一种用来解决旋转轴与机体之间密封的装置,主要由静环、动环、压紧元件和密封元件组成。机械密封的工作原理是依靠弹性元件对动、静环端面密封副的预紧和介质压力与弹性元件压力的压紧而达到密封的轴向端面密封装置。动环和静环的端面组成一对摩

擦副,动环靠密封室中液体的压力使其端面压紧在静环端面上,并在两环端面上产生适当的比压和保持一层极薄的液体膜而达到密封的目的<sup>[1]</sup>。压紧元件产生压力,可使泵在不运转状态下也保持端面贴合,保证密封介质不外漏,并防止杂质进入密封端面。密封圈起密封动环与轴的间隙、静环与压盖的间隙的作用,同时对泵的振动、冲击起缓冲作用。机械密封的优点包括结构可靠、泄漏量小、寿命长、运转中无需调整、具有耐振性、波纹管密封轴或轴套不受磨损、适用范围广等。机械密封适用于介质易燃、易爆、有毒有害以及高温、低温、高压、真空等各种转速及腐蚀介质的设备密封。机械密封也有其缺点,如结构复杂、加工精度高、拆装不便等。特别是干气密封的安装要求更高,且密封技术发展迅速,不断出现的新技术给维修带来了新的挑战。

### 1.3 机械密封在离心泵中的应用

机械密封在离心泵中的应用至关重要,主要作用是防止泄漏、保持清洁和延长使用寿命。离心泵在工作中会产生高速旋转且有压力的流体,如果没有机械密封,就会造成流体泄漏,极大地影响设备的运行效率和安全性。机械密封通过动环和静环之间的摩擦副形成密闭空间,阻止流体泄漏。机械密封还能有效防止杂质进入机内,保持设备的清洁度,避免因杂质进入而导致机械密封磨损、泄漏或者设备故障。离心泵机械密封主要由动环、静环、弹簧、密封面等组成。当离心泵工作时,由于叶轮的旋转和液压力的作用,泵内产生了高速旋转的流体压力。随着泵内压力的不断增大,流体想要从压力高的内部逸出到压力较低的外部,导致流体产生泄漏。而机械密封的作用就在于阻止流体的泄漏。当动环和静环之间形成一定的压缩空气,其形成一个密闭的空间,防止流体泄漏。由于随着泵的运转,机械密封会受到一

定的抛物线离心力,因此密封面之间会产生垂向力的变化,这时机械密封需要在密封面上施以一定的压力,保证密封面紧密贴合,防止泄漏。在离心泵的运行过程中,必须采用正确的机械密封及其安装方式,才能充分发挥机械密封的优势,提高设备的运行效率和安全性。机械密封的辅助设施如冲洗装置也至关重要,用于防止杂质集积、防止气囊形成、保持和改善润滑等,确保机械密封的正常运行。

## 2 离心泵机械密封装置常见故障类型

### 2.1 泄漏故障

泄漏故障是离心泵机械密封装置最常见的故障类型之一,它直接影响到设备的运行效率和安全性。泄漏故障通常表现为密封处出现液体渗出或滴漏现象,严重时甚至会导致大量液体泄漏,影响生产过程的连续性和稳定性。泄漏故障的原因多种多样,主要包括密封面损伤、密封元件老化、安装不当以及操作条件变化等。密封面损伤可能是由于介质中的硬质颗粒、杂质或腐蚀性物质造成的,这些物质在密封面之间摩擦,导致密封面出现划痕、磨损甚至破裂。密封元件的老化也是泄漏故障的常见原因,随着时间的推移,密封材料会逐渐失去弹性,密封性能下降,最终导致泄漏。安装不当也是导致泄漏故障的重要因素,如密封元件安装位置不准确、压紧力不够或过大等,都会影响密封效果。操作条件的变化,如介质温度、压力、流量的波动,也可能导致密封性能下降,引发泄漏故障。

### 2.2 过热故障

过热故障是离心泵机械密封装置另一种常见的故障类型,它通常表现为密封处温度过高,甚至可能引发火灾等严重后果。过热故障不仅会影响密封性能,还会加速密封元件的老化,缩短设备的使用寿命。过热故障的原因主要包括密封面摩擦过大、冷却系统失效以及介质温度过高等。密封面摩擦过大可能是由于密封元件的材料不匹配、密封面不平整或压紧力过大造成的。冷却系统失效则可能是由于冷却介质不足、冷却管道堵塞或冷却系统设计不合理等原因导致的。介质温度过高也会使密封元件承受过高的温度,从而引发过热故障<sup>[2]</sup>。

### 2.3 振动与噪声故障

振动与噪声故障是离心泵机械密封装置运行中不可忽视的问题,它们不仅会影响设备的稳定性和可靠性,还会对操作人员的身心健康造成不良影响。振动与噪声故障通常表现为密封处出现明显的振动和噪声,严重时甚至会导致设备损坏或停机。振动与噪声故障的原因主要包括密封元件安装不当、轴系不平衡、介质流动不稳

定以及密封面磨损等。密封元件安装不当会导致密封面之间的间隙不均匀,从而产生振动和噪声。轴系不平衡则可能是由于轴承损坏、轴弯曲或转子不平衡等原因造成的。介质流动不稳定也会引发振动和噪声,如介质中的气泡、涡流等,密封面的磨损也会导致振动和噪声的增加。

## 3 离心泵机械密封装置故障对策

### 3.1 提高安装精度与质量

提高离心泵机械密封装置的安装精度与质量是预防故障的首要措施。在安装过程中,任何微小的误差都可能导致密封性能下降,甚至引发泄漏、过热、振动与噪声等故障。必须严格按照操作规程进行安装,确保每一步骤都达到规定的精度要求。在安装前应对所有零部件进行仔细检查,确保无损坏、变形或腐蚀等问题。要清理掉零部件表面的油污、灰尘等杂质,以保证安装后的密封性能。其次,在安装过程中,应严格控制安装间隙、压紧力等关键参数。安装间隙过大或过小都会影响密封效果,而压紧力过大则可能导致密封元件变形或损坏。在安装前应进行精确的测量和计算,确保安装参数符合设计要求。在安装过程中还应使用专用工具和辅助设备,如千分尺、水平仪、力矩扳手等,以确保安装精度和质量。除了提高安装精度外,还应注重安装质量。在安装过程中,应严格遵守操作规程,确保每一步骤都按照既定程序进行。要对安装过程进行全程监控和记录,以便及时发现和解决问题。在安装完成后,还应进行严格的检查和测试,确保密封装置的性能符合设计要求。

### 3.2 加强操作与维护管理

加强离心泵机械密封装置的操作与维护管理是预防故障的重要措施。正确的操作和维护可以延长密封装置的使用寿命,减少故障发生的可能性。在操作方面,应严格按照操作规程进行。在启动和停机过程中,应遵循规定的程序和时间间隔,避免突然启动或停机对密封装置造成冲击和损坏。要密切监控设备的运行状态,及时发现和处理异常情况。在操作过程中,还应避免介质温度过高、压力过大或流量不稳定等不利因素对密封装置的影响<sup>[3]</sup>。在维护方面,应定期对密封装置进行检查和保养。检查内容包括密封面的磨损情况、压紧元件的压紧力、密封圈的弹性等。对于磨损严重的零部件,应及时进行更换或修复。要清理掉密封装置表面的油污、灰尘等杂质,保持其清洁和干燥。在维护过程中,还应使用专用工具和润滑剂,避免对密封装置造成损坏或污染。还应建立完善的操作和维护管理制度。制度应包括操作规程、维护保养周期、检查标准等内容。

### 3.3 选用合适的材料与优化设计

选用合适的材料和优化设计是预防离心泵机械密封装置故障的重要手段。不同的介质和工况对密封装置的材料和设计要求也不同。在材料选择方面,应根据介质的腐蚀性、磨蚀性、温度等因素选择合适的密封材料。对于腐蚀性介质,应选择耐腐蚀性能好的材料;对于磨蚀性介质,应选择耐磨性能好的材料;对于高温介质,应选择耐高温性能好的材料。还应考虑材料的机械性能和加工性能,以确保密封装置的性能和可靠性。在设计方面,应根据设备的工况和性能要求进行优化设计,设计应包括密封面的形状、压紧元件的结构、密封圈的材料和尺寸等内容。通过优化设计,可以提高密封装置的密封性能、耐磨性能和耐高温性能等。同时还可以降低密封装置的摩擦阻力和能耗,提高设备的运行效率和可靠性。在选择材料和设计时,还应充分考虑设备的可靠性和安全性。对于关键设备和重要部件,应采用冗余设计和备份措施,以提高设备的可靠性和安全性。

### 3.4 故障诊断与检测方法

故障诊断与检测是及时发现和处理离心泵机械密封装置故障的重要手段。通过故障诊断与检测,可以准确判断故障的类型、位置和原因,为故障处理提供有力的支持。在故障诊断方面,可以采用多种方法和技术。还可以利用振动分析、温度测量、压力监测等手段对故障进行进一步的分析和诊断。还可以利用专业的故障诊断设备和软件对密封装置进行在线监测和诊断,以实现实时监测和预警。在检测方法方面,可以采用多种检测技术和工具。还可以利用泄漏检测仪器对密封装置的泄漏情况进行检测和测量。还可以利用在线监测系统 and 传感器对密封装置的运行状态进行实时监测和记录,以便及时发现和处理异常情况。在故障诊断与检测过程中,应注重数据的收集和分析。通过对故障数据的收集和分析,可以深入了解故障的发生规律和特点,为故障预防和处理提供有力的支持。还可以通过对故障数据的挖掘和分析,发现设备运行中的潜在问题和风险,为设备的优化和改进提供依据。

### 3.5 故障处理与修复技术

故障处理与修复技术是解决离心泵机械密封装置故

障的关键措施。通过故障处理与修复技术,可以恢复密封装置的性能和可靠性,确保设备的正常运行。在故障处理方面,应根据故障的类型和原因采取相应的处理措施。例如,对于泄漏故障,可以通过更换损坏的密封元件、调整压紧力或清洗密封面等方法进行处理;对于过热故障,可以通过改善冷却条件、调整介质温度或更换耐高温材料等方法进行处理;对于振动与噪声故障,可以通过调整安装间隙、平衡轴系或优化介质流动等方法进行处理。在修复技术方面,可以采用多种修复方法和工艺。例如,可以采用焊接、喷涂、镶嵌等方法对密封元件进行修复;可以采用研磨、抛光等方法对密封面进行修复;可以采用热处理、表面改性等方法对密封材料的性能进行改善<sup>[4]</sup>。在选择修复方法和工艺时,应根据故障的类型、位置、严重程度和修复成本等因素进行综合考虑。在故障处理与修复过程中,应注重安全和质量控制。在处理故障时,应严格遵守安全操作规程,确保人员和设备的安全。在修复过程中,应严格控制修复质量和工艺参数,确保修复后的密封装置性能和可靠性符合设计要求。同时还应加强对修复过程的监控和记录,以便及时发现和处理问题。

### 结束语

综上所述,离心泵机械密封装置的故障分析与对策对于确保设备的正常运行和延长使用寿命具有重要意义。通过深入分析故障类型及其原因,并采取针对性的对策措施,可以有效预防和解决离心泵机械密封装置的故障问题。未来,随着技术的不断进步和经验的积累,将进一步完善故障分析和对策体系,为离心泵机械密封装置的安全运行提供更加有力的支持。

### 参考文献

- [1]汪祥.污水处理中设备机械密封的故障和处理[J].设备管理与维修,2023,(04):154-155.
- [2]王志平.基于MR的离心泵单元操作开发[J].化工管理,2022,(03):137-139.
- [3]张明杰.离心泵工艺系统安全设计概述[J].广东化工,2021,48(02):147-148.
- [4]谢应智.离心泵机械密封故障损坏及预防措施探讨[J].华东科技(综合),2021,000(001):P.1-1.