

# 化工泵机械密封泄漏的原因与预防措施

李海波

河南中原黄金冶炼厂有限责任公司 河南 三门峡 472000

**摘要:** 化工泵机械密封泄漏是影响化工生产安全与效率的关键问题。其主要原因包括材料选择不当、安装与对中精度不足、操作与维护失误以及介质特性与环境因素的复杂影响。为有效预防泄漏,需采取合理选材与设计优化、规范安装与严格对中、加强操作培训与维护保养以及实施状态监测与故障诊断等综合措施。通过精准施策,可显著降低泄漏风险,保障化工泵的稳定运行。

**关键词:** 化工泵;机械密封泄漏;原因;预防措施

引言:在化工生产过程中,泵作为输送流体的关键设备,其稳定运行对于整个生产流程的安全与效率至关重要,化工泵机械密封的泄漏问题却时常困扰着企业,不仅会导致介质浪费和环境污染,还可能引发安全事故,影响生产进度。深入探究化工泵机械密封泄漏的原因,并制定相应的预防措施,对于保障化工生产的安全稳定运行具有重要意义。本文将系统分析泄漏的主要原因,并提出一系列科学有效的预防措施,以期为化工行业的可持续发展贡献力量。

## 1 机械密封泄漏对化工生产的危害

机械密封作为化工设备中至关重要的密封元件,其性能的稳定性和可靠性直接关系到化工生产的安全与效率。一旦机械密封发生泄漏,将对化工生产造成多方面严重的危害,化工生产中涉及的介质往往具有易燃、易爆、有毒、有害等特性。机械密封泄漏会直接导致这些危险介质外泄,增加火灾、爆炸及中毒等安全事故的风险,严重威胁到生产人员的人身安全及周围环境的安全。泄漏的有毒有害物质若未经妥善处理而直接排放到环境中,将对大气、水体和土壤造成严重污染,破坏生态平衡,影响周边居民的生活质量和健康,甚至引发公众恐慌和社会不安定因素。机械密封泄漏会导致原料、半成品或成品的大量损失,增加物料消耗成本,为处理泄漏事故、修复设备和恢复生产,企业需投入大量的人力、物力和财力,造成直接和间接的经济损失,因事故导致的停产、减产也会进一步影响企业的经济效益和市场竞争能力。泄漏的介质可能具有腐蚀性,长期接触会加速设备其他部件的腐蚀和磨损,缩短设备的使用寿命,增加维护成本,泄漏还可能引起设备内部的压力波动,导致设备结构损坏或性能下降。机械密封泄漏往往需要紧急停机处理,这不仅打断了正常的生产流程,还可能因设备修复周期长而导致生产中断,影响企业的生产计

划和市场供应,损害企业信誉和客户关系。

## 2 化工泵机械密封概述

化工泵作为化工生产中不可或缺的关键设备,其性能稳定性和可靠性直接关系到生产过程的连续性和产品的质量。而机械密封作为化工泵的核心密封部件,其重要性不言而喻。机械密封通过其独特的结构和工作原理,有效防止了泵内介质向外部泄漏,确保了化工生产的安全与效率。

### 2.1 机械密封的构成与工作原理

机械密封主要由动环、静环、弹簧、轴套、水封和O型圈等部件组成。动环与泵轴相连并随轴旋转,而静环则固定在泵壳上。两者通过弹性元件(如弹簧)的弹力和密封流体的压力,使动、静环的端面紧密贴合,形成一道可靠的密封屏障。工作原理上,当泵轴旋转时,动环随轴一起转动,而静环则保持不动<sup>[1]</sup>。在弹簧的预紧力和介质压力的共同作用下,动、静环的端面相互贴合,并产生一定的比压。这种比压使得密封面间的微小间隙被有效封闭,从而阻止了泵内介质的外泄,为了防止密封面因干摩擦而过热损坏,通常会引入冲洗水等冷却介质对密封面进行冲洗和冷却。

### 2.2 化工泵对机械密封的特殊要求

由于化工泵输送的介质往往具有腐蚀性、易燃易爆、高温高压等特性,因此对机械密封提出了更为严格的要求。(1)耐腐蚀性:机械密封的材质必须能够耐受所输送介质的腐蚀作用,以保证密封部件的长期使用寿命和稳定性。(2)耐高温高压:部分化工介质需要在高温高压条件下进行输送,因此机械密封必须具备良好的耐高温高压性能。(3)密封可靠性:化工泵对密封的可靠性要求极高,任何微小的泄漏都可能导致严重的后果,机械密封必须确保在各种工况下都能保持稳定的密封效果。(4)适应性:由于化工介质的种类繁多,且不

同介质对密封性能的要求各异,因此机械密封必须具备良好的适应性,能够根据具体介质的特点进行选择和调整。(5)易维护性:为了降低维护成本和提高生产效率,机械密封应设计得易于安装、拆卸和维修,密封部件的更换和维修应尽可能简单快捷。

### 3 化工泵机械密封泄漏的原因分析

#### 3.1 材料选择不当

材料选择不当是导致化工泵机械密封泄漏的根本原因之一。在复杂的化工环境中,每种介质都有其独特的化学性质和物理特性,这些特性对密封材料提出了严格的要求。如果设计或采购过程中未能充分考虑到介质的腐蚀性、温度稳定性、耐磨性等因素,就可能选择了不合适的密封材料。例如,对于强酸或强碱介质,若选用了不耐腐蚀的材料,这些材料会迅速被介质侵蚀,导致密封面破损,进而引发泄漏。

#### 3.2 安装与对中问题

安装与对中问题是机械密封泄漏的常见技术原因。在安装过程中,如果安装人员的技术水平不足或疏忽大意,就可能导致密封部件的装配精度达不到要求。例如,动环和静环的端面若未经过精确研磨和平整处理,就可能在安装后出现不平整的情况,影响密封效果,泵轴与密封腔体的对中也是关键环节,若对中不良,会导致密封面受力不均,部分区域承受过大的压力或摩擦力,从而加速磨损和泄漏。对中问题还可能由泵体本身的设计缺陷、加工精度不足或长期运行后的变形引起<sup>[2]</sup>。

#### 3.3 操作与维护不当

操作与维护不当是导致机械密封泄漏的人为因素。在化工泵的运行过程中,操作人员需要严格遵守操作规程,避免突然启动、停止或调节流量等操作,以减少对密封面的冲击和振动,在实际操作中,由于操作人员的经验不足、疏忽大意或故意违规操作,往往会导致机械密封受到不必要的损害,维护工作的缺失或不当也是导致泄漏的重要原因。例如,未能定期检查和更换磨损的密封部件、未能及时清洗密封面以去除固体颗粒和沉积物、未能调整密封间隙以适应介质和工况的变化等,都会使密封性能逐渐下降,最终引发泄漏。

#### 3.4 介质特性与环境因素

介质特性与环境因素是影响机械密封性能的重要外部条件。介质的温度、压力、粘度、腐蚀性以及固体颗粒含量等特性都会对密封面的磨损和腐蚀产生影响。例如,高温介质会加速密封材料的老化和变形;高压介质会增加密封面的受力负荷;高粘度介质会增加密封面的摩擦阻力和热量积聚;腐蚀性介质会侵蚀密封材料并

破坏其表面结构;固体颗粒则会在密封面间形成磨粒磨损并加速密封面的损坏,环境因素如温度波动、湿度变化、振动和冲击等也会对机械密封的性能产生影响。

## 4 化工泵机械密封泄漏的预防措施

### 4.1 合理选材与设计优化

为有效预防化工泵机械密封的泄漏,首要任务是进行合理选材与设计优化。选材方面,需深入了解泵送介质的化学性质、温度范围、压力等级及固体颗粒含量等特性,依据这些数据精心挑选耐腐蚀、耐高温、耐磨损且机械性能优异的密封材料。设计优化同样关键,需通过精确的流体动力学分析,优化密封结构,确保密封面受力均匀,减少不必要的摩擦和磨损,还应考虑设置合理的冲洗系统和冷却系统,以维持密封面的良好润滑和冷却状态,进一步提高密封性能<sup>[3]</sup>。在具体实施过程中,企业可与材料供应商和设计机构紧密合作,共同研发适合特定工况的专用密封材料和设计方案,建立材料数据库和设计标准,为选材和设计提供科学依据。

### 4.2 规范安装与严格对中

规范安装与严格对中是预防机械密封泄漏的重要环节。在安装前,应对泵体、密封腔体及密封部件进行全面检查,确保无损伤、无缺陷,并清除所有杂质和污垢。安装过程中,应严格按照操作规程进行,确保密封部件的装配精度和安装质量。特别是对于动环和静环的安装,需保证端面平整、光滑,无划痕和碰伤;轴套与轴之间的间隙应控制在合理范围内,以确保密封面的紧密贴合。对中工作同样不容忽视。泵轴与密封腔体的对中精度直接影响密封面的受力情况和磨损程度。在安装过程中应使用专用工具进行精确对中,确保泵轴与密封腔体的同轴度符合设计要求,还应对中后的泵体进行静态和动态测试,以验证对中的准确性和稳定性。为确保安装与对中的规范性,企业应建立完善的安装流程和质量控制体系,对安装人员进行专业培训,提高其操作技能和质量意识,加强现场监督和检查力度,及时发现并纠正安装过程中的问题,确保安装质量达到标准要求。

### 4.3 加强操作培训与维护保养

操作人员的技能水平和维护保养的及时性对于预防机械密封泄漏至关重要。企业应加强对操作人员的培训和教育,使其掌握正确的操作方法和维护保养知识。培训内容应包括机械密封的基本原理、结构特点、使用注意事项以及常见故障及处理方法等。通过培训,提高操作人员的操作技能和安全意识,减少因操作不当导致的机械密封泄漏事故。在维护保养方面,企业应制定详细的维护保养计划和流程,明确维护保养的内容和周期。

定期对机械密封进行检查和清洗,及时更换磨损的密封部件和易损件;检查冲洗系统和冷却系统的运行情况,确保其正常工作;调整密封间隙以适应介质和工况的变化,建立维护保养记录和档案管理制度,对维护保养情况进行跟踪和评估,以便及时发现并解决问题。企业还应加强与其他部门的沟通和协作,共同做好机械密封的维护保养工作。例如,与采购部门合作,确保及时采购到优质的密封材料和易损件;与生产部门合作,合理安排生产计划以减少对机械密封的频繁启停和调节;与维修部门合作,共同解决机械密封的复杂故障和问题。

#### 4.4 实施状态监测与故障诊断

状态监测与故障诊断是预防机械密封泄漏的重要手段。企业应建立完善的状态监测系统 and 故障诊断机制,对机械密封的运行数据进行采集、分析和处理。监测系统应能够实时监测密封面的温度、压力、振动等参数,并具备异常报警功能。一旦发现参数异常或超出设定范围,系统应立即发出报警信号并通知相关人员进行处理。在故障诊断方面,企业应采用先进的故障诊断技术和方法,如振动分析、声发射检测、红外热成像等,对机械密封的故障进行快速准确的定位和分析。通过故障诊断技术,可以深入了解机械密封的故障机理和演变过程,为制定有效的维修方案提供科学依据,建立故障诊断专家系统和知识库,将常见的故障类型、原因和处理方法进行总结和归纳,为维修人员提供有力的技术支持和参考<sup>[4]</sup>。为确保状态监测与故障诊断的有效实施,企业应加强对监测系统和诊断技术的研发和应用力度,不断引进新技术和新方法以提高监测和诊断的准确性和可靠性,建立完善的监测和诊断管理制度和流程,明确监测和诊断的职责和权限以及报告和处理的程序和要求,通过制度化管理确保监测和诊断工作的规范性和有效性。

#### 4.5 优化运行条件与工艺参数

在化工生产中,优化化工泵的运行条件与工艺参数是预防机械密封泄漏不可或缺的一环。通过精细调控泵的运行状态和工艺条件,结合具体数据参数,可以显著降低密封面的磨损和腐蚀速度,进而延长机械密封的使用寿命,确保生产的安全与稳定。具体而言,首先需确保泵在额定工况范围内运行。例如,某型号化工泵的设

计流量为 $100\text{m}^3/\text{h}$ ,扬程为 $50\text{m}$ ,转速为 $2950\text{rpm}$ 。操作人员应严格监控泵的实际运行参数,避免长时间偏离这些额定值,如将流量控制在 $90\text{-}110\text{m}^3/\text{h}$ 之间,扬程波动不超过 $\pm 5\text{m}$ ,转速稳定在 $\pm 5\%$ 的范围内,以减少对密封面的额外负荷。对于介质条件的优化,若介质温度为 $80^\circ\text{C}$ 且具有轻微腐蚀性,可安装冷却系统将其温度维持在 $60\text{-}70^\circ\text{C}$ 之间,以降低高温对密封材料的损害。根据介质的腐蚀性等级(如pH值、氯离子含量等),选择合适的缓蚀剂或耐腐蚀材料,如选用不锈钢或钛合金等高级材质制成的密封部件,以增强其抗腐蚀能力。在控制泵的启停和调节方面,数据表明,每减少一次不必要的启停操作,可显著降低密封面的瞬间冲击负荷。应合理规划生产计划,减少泵的启停次数。此外,调节流量的幅度也应尽量平缓,避免大幅度调节导致的振动和磨损。建议将流量调节幅度控制在设计流量的 $\pm 10\%$ 以内,以确保泵的稳定运行。在工艺参数设置上,针对特定介质和生产需求,通过试验和计算确定最佳入口压力、出口压力及介质流速等参数范围,通过精确控制这些工艺参数,可以进一步优化泵的运行条件,减少泄漏风险。

#### 结束语

化工泵机械密封泄漏的预防和治理是一个系统工程,需要企业从选材、设计、安装、操作、维护等多个环节入手,采取全面而有效的措施。只有不断提高管理水平和技术能力,才能确保化工泵机械密封的密封性能和使用寿命,为化工生产的顺利进行提供有力保障。未来,随着科技的不断进步和工艺的不断优化,相信化工泵机械密封的泄漏问题将得到更好的解决。

#### 参考文献

- [1]余杰.化工泵机械密封泄漏的原因与预防措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(06):36-38.
- [2]王辉.浅析化工泵用机械密封O形辅助密封圈的性能[J].通用机械,2021,(06):73-75.
- [3]李骞.化工泵机械密封泄漏分析及检修措施[J].中国设备工程,2020(05):115-117.
- [4]马军杰,白凯丰.化工用泵机械密封泄漏与检修问题的探讨[J].化工管理,2019,(07):152153.