

球罐区多级离心泵机械密封泄漏原因分析及改造

隋德东

中石油蓝海新材料 江苏 南通 226000

摘要:球罐区多级离心泵作为化工、石油等行业中输送高压、大流量液体的核心设备,其机械密封的可靠性直接关系到生产的安全与效率。然而,机械密封泄漏问题频发,成为制约设备稳定运行的关键因素。本文深入分析了球罐区多级离心泵机械密封泄漏的原因,并提出了针对性的改造措施,旨在提高设备的运行稳定性和安全性。

关键词:球罐区多级离心泵;机械密封;泄漏原因;改造

引言

多级离心泵通过离心力将液体从低压区输送到高压区,广泛应用于石油、化工、电力等领域。在球罐区,多级离心泵承担着输送各种介质的任务。机械密封作为多级离心泵的关键部件,其性能直接影响泵的整体效率和可靠性。然而,由于工况复杂、介质特性多变以及设备维护不当等因素,多级离心泵机械密封泄漏问题时有发生,不仅造成能源浪费和环境污染,还可能引发安全事故。因此,对多级离心泵机械密封泄漏原因的分析及改造具有重要的现实意义。

1 球罐区多级离心泵机械密封工作原理

球罐区多级离心泵的机械密封是其关键部件之一,其工作原理复杂而精细。该机械密封主要由动环、静环、弹簧以及多个密封圈等核心部件精密组合而成。动环被牢固地安装在泵轴上,随着轴的旋转而同步转动;而静环则稳固地固定在泵体上,与动环紧密配对,形成一对高效的摩擦副。弹簧在这里扮演着至关重要的角色,它提供了持续的预紧力,确保动环和静环之间始终保持紧密的贴合状态,有效阻止介质泄漏。此外,密封腔内还设计有冲洗液系统,不断对摩擦副进行冲洗和冷却,既保证了密封面的清洁,又确保了良好的润滑和散热效果。多级离心泵机械密封的工作原理深度融合了流体力学和摩擦学的原理,通过精心的设计和精湛的制造工艺,实现了高效、稳定且可靠的密封性能。

2 球罐区多级离心泵机械密封泄漏原因分析

在球罐区多级离心泵的运行过程中,机械密封的泄漏问题是一个不容忽视的故障现象。机械密封作为离心泵的关键部件,其性能直接影响到泵的运行效率和安全性。然而,由于多种因素的影响,机械密封往往会出现泄漏问题。

2.1 安装不良

安装不良是导致多级离心泵机械密封泄漏的主要原因

因之一。在安装过程中,任何细微的疏忽都可能导致密封性能的下降。首先,动、静环接触表面的不平整是导致泄漏的常见原因。在安装前,如果未对动、静环进行仔细的检查和处理,那么接触表面上可能存在的划痕、凹坑等缺陷就会在泵运行过程中成为泄漏的源头。这些缺陷会破坏密封面的紧密贴合,使得介质有机会通过缝隙泄漏出来。其次,密封圈的尺寸和状态也是影响密封性能的重要因素。如果密封圈的尺寸不符合要求,或者安装过程中被损坏,那么它就无法有效地起到密封作用。密封圈的损坏可能是由于安装过程中的挤压、拉伸或切割等不当操作造成的。此外,密封圈的材料选择也至关重要,如果材料不耐磨、不耐腐蚀,那么密封圈的使用寿命就会大大缩短。再者,紧定螺钉的拧紧程度也是影响密封性能的关键因素^[1]。如果紧定螺钉未拧紧或松动,那么弹簧座就会后退,导致预紧力不足。预紧力的不足会使得动、静环之间的贴合力减弱,从而增加泄漏的风险。最后,安装过程中异物的夹入也是导致泄漏的一个重要原因。在安装过程中,如果密封面未彻底清洁,那么就有可能有异物夹入其中。这些异物会在泵运行过程中对密封面造成划伤或磨损,从而破坏密封性能。

2.2 介质特性

介质特性对机械密封的性能也有着至关重要的影响。不同的介质具有不同的物理和化学性质,这些性质会对机械密封造成不同程度的损害。首先,介质中的颗粒状杂质是导致密封面划伤和泄漏的主要原因之一。在泵运行过程中,介质中的小颗粒及盐酸盐等杂质会随着流体一起流动,并对密封面造成划伤。这些划伤会破坏密封面的光滑度,使得介质有机会通过缝隙泄漏出来。其次,介质中的腐蚀性物质会加速密封件的老化和腐蚀。腐蚀性物质会与密封件发生化学反应,导致密封件的材料性能下降。长时间暴露在腐蚀性介质中,密封件会逐渐失去弹性、硬度和耐磨性,从而无法有效地起到

密封作用。再者,高温高压的工况也会对机械密封造成损害。在高温高压下,密封件容易发生变形或失效。高温会使得密封件的材料发生热膨胀,从而改变其尺寸和形状;高压则会使得密封件承受更大的压力,增加其泄漏的风险。此外,高温高压还会加速密封件的老化和腐蚀过程,进一步缩短其使用寿命。

2.3 设备运行状况

设备运行状况也是影响机械密封性能的重要因素之一。泵轴弯曲、振动过大以及轴承故障等设备运行状况都会引发机械密封泄漏。首先,泵轴弯曲会导致密封面受力不均。在泵运行过程中,如果泵轴发生弯曲,那么密封面就会受到不均匀的力作用。这种不均匀的力会使得密封面产生间隙或变形,从而增加泄漏的风险。泵轴弯曲可能是由于制造过程中的误差、安装过程中的不当操作或长时间运行后的磨损等原因造成的。其次,振动过大也会产生间隙并导致泄漏。在泵运行过程中,如果叶轮轴向窜动量超过标准或转轴发生周期性振动,那么密封面就会产生间隙。这些间隙会使得介质有机会通过缝隙泄漏出来^[2]。振动过大可能是由于泵的设计不合理、制造质量不佳、安装不当或运行过程中的不平衡等原因造成的。再者,轴承故障也会引起泵轴晃动并加剧密封面的磨损和泄漏。轴承是支撑泵轴的重要部件之一,如果轴承发生故障(如磨损、损坏或润滑不良等),那么泵轴就会发生晃动。这种晃动会使得密封面受到更大的冲击和磨损,从而加速其失效过程。

2.4 密封件老化

随着使用时间的延长,机械密封件会逐渐老化、变形或失效。这是机械密封泄漏的另一个重要原因。首先,波纹管等弹性元件在高温高压下容易失去弹性。波纹管是机械密封中的一个重要部件,它起到补偿轴向位移和保持密封面紧密贴合的作用。然而,在高温高压下,波纹管的材料会发生热膨胀和蠕变等现象,导致其失去弹性。失去弹性的波纹管无法有效地起到补偿和密封作用,从而增加泄漏的风险。其次,橡胶件等易损件也容易因老化、变形而失去密封性能。橡胶件是机械密封中的另一个重要部件,它起到密封和缓冲的作用。然而,橡胶件的材料容易受到温度、压力和化学介质等因素的影响而发生老化和变形。老化和变形的橡胶件无法有效地起到密封和缓冲作用,从而导致泄漏的发生。

3 改造措施

3.1 优化安装工艺

安装工艺是机械密封性能的基础,其质量直接影响到密封效果和泵的运行稳定性。因此,必须对安装工艺

进行全面优化,确保每一个细节都达到标准要求。首先,严格安装前的检查工作是必不可少的。在安装机械密封之前,必须对动环、静环、密封圈等所有部件进行仔细的检查。动环和静环的接触表面应该平整光滑,无任何划痕、凹凸或损伤。密封圈的材料、尺寸和弹性都应该符合设计要求,且表面无裂纹、气泡或杂质。对于任何不符合标准的部件,都必须及时更换或修复,以确保安装过程的顺利进行。其次,选用合适的密封圈材料和尺寸也是至关重要的。不同的介质特性和工况条件对密封圈的要求是不同的。必须根据具体的介质温度、压力、腐蚀性以及颗粒含量等因素,选择具有相应耐性的密封圈材料。同时,密封圈的尺寸也必须与密封槽完全匹配,以确保其能够被正确压紧并形成有效的密封。在安装密封圈时,还需要注意其安装方向和位置,避免因安装不当而导致泄漏。在安装过程中,清洁和润滑工作同样不可忽视。在安装前,必须对密封面进行彻底的清洁,去除所有的油污、灰尘和杂质。同时,为了减少摩擦和磨损,还需要在动环和静环的接触表面涂抹适量的润滑剂。在安装过程中,必须使用专业的工具和方法进行安装,确保各部件的安装位置和紧固力度都符合要求。此外,还需要注意安装过程中的温度控制,避免因温度过高或过低而影响密封材料的性能。

3.2 改进密封结构

针对介质特性恶劣的工况,需要对密封结构进行改进,以提高其适应性和耐久性。一种有效的改进方法是采用双端面机械密封。双端面机械密封具有内外两个密封面,可以实现双重保护。即使外密封面出现泄漏,内密封面仍然可以起到密封作用,从而大大提高了密封的可靠性。同时,双端面机械密封还可以分散介质对密封件的冲击和磨损,延长密封件的使用寿命。在设计双端面机械密封时,需要合理设置内外密封面的间隙和压力分布,以确保其密封效果和稳定性。除了双端面机械密封外,还可以在密封腔内增设冲洗系统。冲洗系统可以对密封面进行持续的冲洗和冷却,及时带走密封面产生的热量和杂质,保持密封面的清洁和润滑。同时,冲洗系统还可以对密封件进行冷却,降低其工作温度,提高其耐磨损性和耐腐蚀性。在设计冲洗系统时,需要合理选择冲洗液的种类、流量和压力等参数,以确保其冲洗效果和稳定性^[3]。此外,还可以对密封腔结构进行优化设计。密封腔的形状和尺寸对密封效果有着重要影响。需要根据具体的工况条件和介质特性,合理设计密封腔的形状和尺寸,以减少介质对密封件的冲击和磨损。同时,还需要在密封腔内设置合适的导流槽和排泄孔,以

确保介质能够顺畅地流动和排泄,避免在密封腔内积聚和沉淀。

3.3 加强设备维护

设备维护是保证多级离心泵正常运行和延长机械密封使用寿命的重要手段。需要定期检查泵轴的弯曲度。泵轴的弯曲度是影响机械密封性能的重要因素之一。如果泵轴出现弯曲或变形,就会导致机械密封的接触面不均匀,从而引发泄漏。因此,必须使用专用工具对泵轴进行定期检查,确保其弯曲度符合标准要求。一旦发现泵轴出现弯曲或变形,就必须及时进行修复或更换。同时,还需要安装振动和噪音监测设备,实时监测泵的振动和噪音水平。振动和噪音是泵运行过程中的重要指标,它们可以反映泵的运行状态和机械密封的性能。一旦发现振动或噪音异常,就必须及时停机检查,找出原因并进行处理。振动和噪音的异常往往是泵轴弯曲、轴承故障或叶轮不平衡等问题的前兆,及时处理可以避免这些问题对机械密封造成损害。另外,定期更换轴承和密封件等易损件也是必不可少的。轴承和密封件是多级离心泵的重要部件,它们的性能直接影响到泵的运行效率和机械密封的寿命。因此,必须根据设备使用手册和维护计划,制定合理的更换周期,并按时进行更换。在更换轴承和密封件时,还需要注意选择质量可靠的配件,并严格按照安装工艺要求进行安装和调试。

3.4 选用高性能密封材料

密封材料的选择是机械密封性能的关键因素之一。必须根据介质特性和工况条件选用高性能的密封材料,以确保机械密封的可靠性和耐久性。对于高温高压工况,可以选用耐高温、耐腐蚀的合金材料制作密封件。这些合金材料具有良好的高温性能和耐腐蚀性,能够在高温高压下保持稳定的性能,延长密封件的使用寿命。同时,还需要注意合金材料的加工和热处理工艺,以确

保其密封面的平整度和光滑度。对于含有颗粒状杂质的介质,可以选用耐磨性好的硬质合金或陶瓷材料制作密封面。这些材料具有极高的硬度和耐磨性,能够抵抗颗粒状杂质的划伤和磨损,保持密封面的平整和光滑。同时,还需要注意硬质合金或陶瓷材料与密封件其他部分的配合和连接方式,以确保其整体性能和稳定性。此外,还可以采用先进的表面处理技术对密封面进行处理^[4]。如喷涂陶瓷涂层、镀硬铬等表面处理技术可以提高密封面的耐磨性和耐腐蚀性,增强其抗划伤和抗磨损的能力。同时,这些表面处理技术还可以改善密封面的润滑性能,减少摩擦和磨损,提高机械密封的可靠性和使用寿命。在选择表面处理技术时,需要根据具体的工况条件和介质特性进行选择,并确保处理后的密封面符合设计要求。

结语

球罐区多级离心泵机械密封泄漏问题是一个复杂而重要的问题。通过深入分析泄漏原因并采取相应的改造措施,可以有效提高设备的运行稳定性和安全性。具体措施包括优化安装工艺、改进密封结构、加强设备维护和选用高性能密封材料等。未来,随着材料科学和密封技术的不断发展,多级离心泵机械密封的性能将得到进一步提升,为工业生产提供更加可靠的支持。

参考文献

- [1]张曦,辛芳.浅析球罐区双端面机械密封失效的原因及解决方法[J].化工管理,2020,(12):172-173.
- [2]祁伟佳,辛芳,谢小军,等.球罐区丙烯泵机械密封辅助密封泄漏故障分析及优化措施[J].中国设备工程,2025,(02):167-169.
- [3]刘丙申,冯永江,祁伟佳.对球罐区几起机械密封泄漏事故的分析[J].化工管理,2016,(08):264+266.
- [4]夏晶晶.液态烃球罐区运行过程动态风险评估方法研究[D].中国石油大学(华东),2021.