

离心式压缩机干气密封运行维护研究

朱中正 杨亚平 李拴

陕西省蒲城清洁能源化工有限责任公司, 陕西 渭南 715500

[摘要]在工业制冷技术迅速发展的背景下,离心式压缩机因其高效率 and 广泛的应用场景而受到重视。在此背景下,干气密封系统的优化与维护显得尤为重要。干气密封不仅保障了压缩机的高效运行,还显著降低了维护成本和停机时间。通过深入研究干气密封的运行机制和维护策略,可以进一步提升离心式压缩机的性能,实现更经济、可靠的工业应用。

[关键词]离心式压缩机;干气密封系统;运行维护

DOI: 10.33142/ect.v2i5.12166

中图分类号: TH45

文献标识码: A

Research on Operation and Maintenance of Dry Gas Seals in Centrifugal Compressors

ZHU Zhongzheng, YANG Yaping, LI Shuan

Shaanxi Pucheng Clean Energy Chemical Co., Ltd., Weinan, Shaanxi, 715500, China

Abstract: In the context of rapid development of industrial refrigeration technology, centrifugal compressors have received attention due to their high efficiency and wide application scenarios. In this context, the optimization and maintenance of dry gas sealing systems are particularly important. Dry gas sealing not only ensures the efficient operation of compressors, but also significantly reduces maintenance costs and downtime. Through in-depth research on the operating mechanism and maintenance strategies of dry gas sealing, the performance of centrifugal compressors can be further improved, achieving more economical and reliable industrial applications.

Keywords: centrifugal compressor; dry gas sealing system; operation and maintenance

1 离心式压缩机的工作原理

离心式压缩机,这一工程技术的杰作,依靠其独特的构造和精妙的工作原理,在各类工业领域展现出了不凡的性能。该设备的核心在于一颗旋转的心脏——叶轮,它在汽轮机的驱动下高速旋转,如同漩涡一般吸引周围的气体。气体在进入叶轮的瞬间,被强大的离心力抛向叶轮的外围,这一过程中,气体的速度和动能激增。随后,这股被赋予高速的气流进入扩压器,一个巧妙设计的空间,在这里,气流速度逐渐减缓,动能转化为增加气体压力的静压能。这样一来,原本紊乱低压的气体便被压缩成了高压状态,完成了压缩机的基本使命。

然而,单个叶轮所能提供的压力往往难以满足实际的需求,因此,离心式压缩机采取了将多个叶轮串联起来的策略,以此来逐级提升气体的压力。这种串联方式,通过精心设计的弯道和回流器相连,使得每个叶轮输出的气流都能流向下一个叶轮,进一步被压缩。每经过一个叶轮,气体的压力和温度就会上升一分,直至最终达到所需的高压状态。这样的设计不仅大幅提高了压缩效率,还使得设备能够更灵活地适应不同压力和流量的需求。通过对这一系列精细操作的控制和调整,离心式压缩机便能够在保证高效率的同时,也确保了运行的稳定性和可靠性,充分体现了人类智慧与技术的结晶。

2 离心式压缩机的应用场景

离心式压缩机凭借其卓越的工作效率,在多个工业领

域展现了不可替代的重要性。特别是在丙烯冷却这一关键工序上,其优异的压缩性能确保了温度与压力的精准控制,满足化工生产对于高效冷却及温度控制的严格要求。在丙烯的生产及加工中,温度的精确调节直接影响到产品的质量与生产的效率,离心式压缩机的应用极大提升了冷却过程的稳定性与效率,保证丙烯可以在最优状态下进行后续的化学反应或存储,从而确保生产链的高效运作。此外,离心式压缩机在节能方面的显著效果,也为企业减少了大量运营成本,体现了其在现代工业生产中的重要价值。

在合成氨工艺、甲醇工艺、尿素合成等工艺中的应用也证明了离心式压缩机的重要作用。在合成氨工艺、甲醇工艺、尿素合成等工艺对温度和压力的控制要求极高。离心式压缩机通过高效的压缩作用,提供了稳定的气体压力和流量,确保合成过程中压力性能发挥到最佳,这不仅提高了压力能,也提高了热能,还优化了整个系统的能耗比,实现了经济与环保的双重利益。更为关键的是,离心式压缩机还为工艺流程的顺畅运行和系统的整体安全性提供了坚固的保障,展示了其在复杂工业应用中的出色适应能力和可靠性。通过上述应用案例可见,离心式压缩机在提高工业产品合成及保障生产安全方面发挥了核心作用,成为现代工业中不可缺少的关键设备。此外,其在船舶制造、钢铁及冶炼、石油化工、煤化工等众多行业中的广泛应用,进一步证明了离心式压缩机的多面性与重要性,是支持现代工业发展的基石之一。

3 干气密封的基本原理及结构

干气密封系统，作为离心式压缩机的核心技术之一，以其结构的巧妙和原理的先进，充分体现了对高效、可靠密封技术的追求。在众多的密封形式中，包括单端面密封结构、双端面密封结构、串联密封结构以及带迷宫串联式干气密封结构，各自因其独特的设计而适应不同的工况条件。例如，带迷宫串联式干气密封不仅防止了压缩机内部的污染物质侵入密封端面，还能在压缩机高速运作时，通过螺旋槽设计在端面间形成稳定的气膜，实现润滑与冷却的双重作用。这种设计不仅提高了密封的可靠性，还增强了系统的整体效率和安全性。

在干气密封的运用上，进一步的设计优化确保了密封系统在各种环境下的稳定运行。二级密封气和后置隔离气的引入，通过精细的控制与过滤机制，有效提升了系统的密封效果和安全性。二级密封气的使用，尤其在于其能有效隔离一级密封端面泄露的介质，确保即使在一级密封发生故障时，工艺气体也不会泄漏到环境中。这种设计思路不仅减少了潜在的安全风险，也提升了整个密封系统的可靠性和环保性。干气密封系统的这些结构特点和工作原理的应用，展现了其在满足现代工业密封技术要求中的关键作用，无论是在提高生产效率还是在保障生产安全方面，都体现了干气密封技术的先进性和重要性。通过这样的技术创新和应用优化，干气密封系统在离心式压缩机中的应用显得尤为重要，成为保障压缩机高效安全运行的关键因素。

4 干气密封系统故障分析

在离心式压缩机的运行中，干气密封系统的故障分析是确保设备稳定性和延长服务周期的关键环节。故障现象的出现往往是多种因素相互作用的结果，其背后的原因需要通过细致的分析才能准确把握。例如在迷宫串联式干气密封结构。一级密封泄漏气流量异常增高时，这通常指向一级密封面的损坏问题。这种情况下，即便二级密封的进气流量保持稳定，也无法阻止一级密封端面泄漏量的过度增加。这种故障的直接后果是压缩机效率的下降和运行成本的上升，其根本原因可能是由于密封面的磨损、材料老化或是外部杂质的侵入造成的物理损伤。

二级密封泄漏气流量异常减少亦是一个值得关注的故障现象。在这种情况下，若二级密封进气流量保持不变，却观察到二级密封端面泄漏量的显著增加，这暗示了二级密封面可能出现了损坏。二级密封的作用在于为一级密封提供一个额外的保护层，一旦其受损，整个干气密封系统的密封效率都会受到影响，进而影响到压缩机的正常运行。二级密封面损坏的原因可能与一级密封相似，包括但不限于密封材质的选择不当、安装误差或是运行中的异常冲击。另外，过滤器压差表指针持续处于红色区域是干气密封系统中常见的一个故障信号，这通常意味着过滤器滤芯出现了堵塞。堵塞的直接后果是密封气流量和压力的不稳定，

进而影响密封效果和压缩机的运行效率。同样，一级密封过滤器压差报警也是由滤芯堵塞引起，这不仅会降低密封气的质量，还可能导致一级密封迅速磨损或损坏。至于一级密封气与平衡管压差过低的问题，则通常是由于一级密封气供气压力偏低或是压缩机进出口压差降低所致，这将直接影响到干气密封的正常工作，进而影响整个压缩机的稳定运行。这些故障现象及其背后的原因分析，对于及时发现和解决干气密封系统中的问题，保证离心式压缩机高效、稳定运行具有重要意义。

5 离心式压缩机干气密封的运行与维护

5.1 干气密封系统的启动准备与调试

在离心式压缩机的运行中，干气密封系统的准备与调试工作显得尤为关键，这一过程涵盖了从细致的安装到精确的启动前准备。初始阶段，管线的敷设要确保符合设计要求，每一段管道都需按图纸精确布置，避免任何可能导致气流阻力增加或流动不畅的情况。管线敷设完成后，紧接着进行的是管道的清洁与吹扫工作，此步骤对于去除管路内的杂质、防止污染密封系统至关重要。特别是对于干气密封系统而言，任何微小的颗粒物都可能对密封性能造成不利影响。因此，采用干燥、无油的压缩空气对管道进行彻底吹扫，确保内部清洁，是启动前不可或缺的准备工作的。

对干气密封系统中的压力仪表和变送器进行投用，是确保系统准确反馈运行状态的关键步骤。在此阶段，首先对压力仪表进行校验，确保其精度满足运行要求，然后逐一检查变送器的连接状态及配置参数，保证其能准确传递压力、流量等关键数据。此外，压力调节阀的调试也同样重要，需要根据系统设计参数进行精确设置，以确保在系统启动和运行过程中，能够提供稳定且适宜的密封气压力。这些仪表和调节设备的准确投用，直接关系到干气密封系统能否实现高效稳定的密封效果，因此在启动前进行细致的检查和调试，是确保系统顺利运行的基础。通过这一系列严格的准备工作，不仅能够大大提高干气密封系统的运行效率和可靠性，也为后续的维护工作奠定了坚实的基础，确保了离心式压缩机在各种工况下的稳定性能表现。

5.2 干气密封的正常运行维护

在离心式压缩机的日常运营中，压缩机运转过程中必须保证密封气的供给，因为密封气的中断会导致密封面干磨，很短时间内密封就会烧坏，另外采用压缩机自身工艺气作为密封气时要注意密封气的脱液，防止液滴进入密封面破坏密封，还要注意压缩机工艺参数变化对密封的影响，不能保证密封气供给时及时投用辅助密封气。干气密封系统的维持需要精确的监控和及时的调整，以确保其持续稳定的运行。监控环节首要关注的是压力和温度这两项关键参数，因为它们直接影响到干气密封的性能和寿命。压力监控不仅包括密封气体的供给压力，还涉及密封腔内的工作压力，这要求安装在系统关键节点的压力传感器必须保

持高度的灵敏度和准确性。温度的监控同样重要,尤其是密封端面和附近区域的温度,因为过高的温度会加速密封面的磨损,甚至导致密封失效。因此,温度传感器的选型和布局,应能够真实反映密封区域的热状态,为维护人员提供准确的数据支持。

除了监控之外,对于发现的任何异常情况,及时进行调整和优化是保障干气密封系统稳定运行的关键。调节阀的调整尤为关键,它直接关系到密封气体的流量和压力是否适宜。在实际操作中,根据监控到的压力和温度数据,维护人员需对调节阀进行精细的调整,确保密封气体的供给既能满足密封需要,又不会造成资源的浪费。此外,系统的优化措施还包括定期的清洁和检查,特别是过滤器的清洁和更换,以及密封面的检查和维修。过滤器的堵塞不仅会影响密封气体的质量,还会增加系统的运行负荷,因此,定期的清洁和更换是不可忽视的维护内容。同时,对密封面的检查也极为重要,任何磨损或损伤都需要及时处理,以防止密封性能的下降。通过这些细致的监控、调整和优化措施,可以显著延长干气密封系统的使用寿命,保证离心式压缩机的高效稳定运行。

5.3 干气密封系统的异常处理与维修

在离心式压缩机的日常运营过程中,干气密封系统的维护人员需时刻保持警觉,通过持续的监控活动捕捉任何微小的异常信号。监控的焦点集中在系统的压力和温度两大关键参数,这两者直接关联到干气密封的运行状态和效能。压力监控确保密封腔内外压差保持在设计范围内,过高或过低的压差都可能导致密封失效。温度监控则主要防止密封端面因过热而加速磨损,或因温度异常引起的密封材料性能变化。为此,维护团队需定期校准压力和温度传感器,确保数据的准确性。同时,调节阀的灵活调整对于维持系统稳定运行至关重要,任何时候发现压力或温度偏离预设值,都需立即对调节阀进行精确调校,以调整密封气体的流量和压力,确保其符合系统的实际运行需求。

当干气密封系统出现异常时,迅速而准确的应急措施是保障压缩机安全稳定运行的关键。密封失效的初步诊断起始于异常信号的检测,如异常的压力变化、温度升高或密封气体流量的异常。一旦发现这些信号,需立刻进行原

因分析,包括但不限于过滤器堵塞、密封面磨损或损坏、调节阀故障等。维修方案的快速制定依赖于对问题根源的准确判断,如过滤器堵塞需清洁或更换滤芯,密封面磨损则需检查密封端面的状况并进行必要的翻新或更换。对于调节阀的故障,则需检查阀体的物理状态及控制系统的响应性,必要时进行调整或更换。在整个异常处理过程中,维护团队需紧密协作,迅速响应,确保每一步操作都旨在快速恢复系统的正常运行,从而保障离心式压缩机的安全稳定运行。此外,记录和分析每一次异常事件及处理结果,对于预防未来的故障、优化维护策略具有重要价值。

6 结束语

在深入探讨离心式压缩机干气密封的运行与维护之后,会发现高效稳定的密封系统对于压缩机性能的优化及其长期可靠运行起到了至关重要的作用。精确的监控、及时的调整和恰当的异常处理措施,共同构成了干气密封系统维护的核心。面对未来,随着技术的不断进步和工业需求的日益增长,对干气密封技术的完善与创新将持续推进,以期达到更高的效率和可靠性。对于维护策略的优化和维修技术的革新也将成为提升离心式压缩机整体性能的关键。

[参考文献]

- [1]赵辉,刘泽军,徐军,等.离心压缩机干气密封失效原因分析及运行维护管理[J].设备管理与维修,2023(10):155-157.
 - [2]高文江.离心式压缩机干气密封工作原理与典型故障研究[J].石化技术,2022(10):190-191.
 - [3]刘晓晨,穆坤,余光兴,何臣雄.离心式压缩机干气密封运行维护研究[J].四川化工,2022(2):13-16.
 - [4]张磊.离心式压缩机干气密封系统常见故障探讨[J].中国设备工程,2022(2):54-55.
 - [5]徐岩.关于干气密封在离心压缩机上的应用研究[J].中国设备工程,2021(23):113-114.
 - [6]王臣,肖婷方.离心式压缩机干气密封故障分析及处理[J].中国设备工程,2021(17):79-80.
- 作者简介:朱中正(1984.5—),男,毕业于西北大学化学工程与工艺专业,就职陕西省蒲城清洁能源化工有限责任公司,甲醇中心技术主管/副主任工程师,中级工程师。