

天然气压缩机活塞振动故障分析

贾宝瑞

中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300450

摘要: 天然气压缩机活塞振动故障是压缩机运行中常见的问题, 其对压缩机的性能和可靠性都有着重要影响。因此, 预防和修复活塞振动故障是提高天然气压缩机工作效率和稳定性的关键。通过合理选用活塞材料、优化配合、保持润滑状态和定期检查与维护, 可以有效预防和修复天然气压缩机活塞振动故障, 提高压缩机的工作效率和稳定性。

关键词: 天然气压缩机; 活塞振动故障; 原因分析

1 天然气压缩机活塞振动故障概述

天然气压缩机是一种常用的工业设备, 用于将天然气压缩成高压气体, 以便于运输和储存。在压缩机的工作过程中, 活塞振动故障是一种常见的问题, 会对压缩机的性能和可靠性产生负面影响。活塞振动故障主要表现为活塞在工作过程中的震动和颤动。这种振动可能导致活塞与气缸壁之间的额外磨损和热量损失, 增加能耗和维护成本。此外, 活塞振动还可能导致噪音和震动传导到周围设备或结构中, 引起其他设备的故障或损坏。活塞振动故障的原因是多方面的。首先, 活塞与气缸壁之间的间隙过大或过小都可能导致振动问题。其次, 活塞环的损坏、磨损或不正确的安装也会影响活塞的工作稳定性。此外, 活塞销孔的松动或磨损, 以及活塞材料的选择或制造缺陷也可能是振动故障的根本原因。为了解决活塞振动故障, 可采用一系列的检测和诊断方法。借助振动传感器, 可以实时采集活塞振动信号, 并对信号进行分析, 以确定振动的频率、幅度和时间特性。通过振动信号分析, 可以识别故障模式, 并根据故障模式进行故障分析。

2 天然气压缩机的工作原理

天然气压缩机是一种重要的工业设备, 主要用于将天然气或其他气体压缩成高压气体, 用于输送、储存以及其他工业过程中的需要。在压缩机的工作过程中, 天然气通过连续的往复运动被压缩, 从而增加了气体分子的密度和压力。天然气压缩机的工作原理基于弗沃勒定律(Boyle's Law)和查理定律(Charles's Law)。根据弗沃勒定律, 当气体的体积减小时, 气体的压力将增加。而根据查理定律, 当气体的压力增加时, 气体的温度也将增加。因此, 通过控制气体体积的变化, 可以实现对天然气的压缩。天然气压缩机通常包括活塞、气缸、曲柄机构和气阀等组成部分。当曲柄机构通过驱动装置带

动活塞往复运动时, 气缸内的天然气会随着活塞的运动而被压缩^[1]。具体而言, 当内止点或者是外止点运动时, 气缸内的气体被吸入到气缸中, 并随着活塞位置而被压缩。在活塞运动的过程中, 气阀会根据压力和时间的变化开启或关闭, 以实现气体的吸入和排出。通过连续的往复运动, 天然气压缩机能够将进入气缸的低压天然气逐渐压缩成中压或者高压气体。这样的压缩过程可以根据需要进行多级压缩, 以达到所需的压力和流量要求。最终, 压缩后的中压或者高压气体可以用于输送到目标地点, 供应给工业和民用领域的各种场所。

3 活塞振动故障的原因分析

3.1 活塞与气缸壁之间的间隙

活塞与气缸壁之间的间隙是导致活塞振动故障的一个重要因素。活塞与气缸壁之间的适当间隙有助于活塞的平稳运动, 但如果间隙过大或过小, 都会对活塞振动和运动稳定性产生负面影响。当活塞与气缸壁之间的间隙过大时, 会导致活塞在往复运动过程中产生明显的摆动和摇晃。此外, 过大的间隙还容易导致气缸内的压缩气体泄漏, 降低压缩机的效率。相反, 当活塞与气缸壁之间的间隙过小时, 会导致活塞与气缸壁之间产生过大的摩擦力, 增加了活塞的阻力。这样的摩擦力会导致能量的损耗和温度的升高, 从而影响压缩机的运行效率和寿命。同时, 过小的间隙还容易导致活塞卡死, 与气缸内壁镜面发生摩擦加剧活塞环磨损变形以及气缸镜面可能出现划痕等, 进一步影响活塞的运动稳定性。

3.2 活塞环的损坏和磨损

活塞环作为活塞与气缸壁之间的密封元件, 不仅起到密封作用, 还承担着传递压缩力和减少摩擦的重要任务。然而, 如果活塞环损坏或磨损, 将导致活塞与气缸壁的摩擦增加, 从而影响活塞的稳定运动。活塞环的损坏可能是由于过度磨损、疲劳断裂、氧化或腐蚀等引

起的。过度磨损可以导致活塞环与气缸壁之间的间隙变大,进而增加了摩擦力和振动。而疲劳断裂则通常是由于活塞环在长期往复运动中受到的应力累积超过了其承受能力。此外,氧化和腐蚀等因素也可能导致活塞环的损坏。除了损坏,活塞环的磨损也会导致活塞振动故障。随着活塞环与气缸壁之间的摩擦,活塞环表面的油膜或涂层逐渐磨损,使得摩擦系数增大。摩擦力增大将导致活塞在运动过程中受到阻力增强,产生振动和不稳定的运动^[2]。

3.3 活塞销和销孔的松动或磨损

活塞销是连接活塞与连杆的关键部件,而销孔则是活塞销的安装位置。如果活塞销与销孔之间存在松动或者磨损,将会导致活塞在运动中产生不稳定的振动。当活塞销和销孔之间存在松动时,活塞在运动过程中会发生摇晃和晃动。这种摇晃和晃动会导致活塞在气缸内的运动轨迹变得不稳定,从而引起振动和噪音。松动可能是由于销孔磨损、材料腐蚀或不合适的安装导致的。无论是哪种情况,都会使活塞运动时产生额外的摩擦和阻力,进一步加剧振动问题。另一方面,活塞销和销孔的磨损也会导致活塞振动故障。长期的摩擦和磨损会导致活塞销和销孔的尺寸发生变化,过大的磨损会导致间隙扩大,而过小的磨损则会增加摩擦力。这些因素都会影响活塞的稳定运动,导致振动和噪音产生。

3.4 活塞材料的选择或制造缺陷

活塞作为压缩机中的核心零件,其材料的选择和质量直接影响着活塞的性能和稳定性。如果活塞材料的选择不当或存在缺陷,可能会导致活塞在工作过程中发生振动和不稳定的运动。例如,如果活塞材料的强度不够高,会导致在高压和高温环境下活塞的强度不足,从而使活塞在运动过程中发生变形或破裂。此外,如果活塞材料的热膨胀系数与其他零件不匹配,也会导致活塞与气缸壁之间的间隙发生变化,造成活塞振动。除了材料的选择,活塞的制造质量也会对活塞振动故障产生影响。如果活塞在制造过程中存在缺陷,例如表面的不平整、形状尺寸不准确等问题,都会影响活塞与气缸壁之间的配合和流体动力学特性,导致振动的产生^[3]。

4 活塞振动故障的预防和修复措施

4.1 活塞间隙的优化设计和控制

为了预防活塞振动故障并提高压缩机的性能稳定性,一个关键的措施是对活塞间隙进行优化设计和控制。首先,活塞间隙的设计要合理。过大的活塞间隙会导致活塞在往复运动中摇晃和晃动,而过小的活塞间隙会增加摩擦力,增加能耗并导致活塞运动不稳定。因

此,活塞间隙的设计应根据具体的工作条件和要求进行合理的选择,以确保活塞的运动平稳性。其次,需要进行精确和严格的控制活塞间隙。在活塞的制造和安装过程中,应严格控制活塞与气缸壁之间的间隙。使用高精度的加工设备和检测手段,确保活塞的尺寸和形状符合要求,以及与气缸壁之间的配合紧密。此外,应注意检查和调整活塞环的装配间隙,以确保活塞能够在气缸内平稳运动。同时,定期检查和维护活塞间隙的状态也是防止活塞振动故障的重要步骤。经过长时间使用,活塞间隙可能会因磨损、松动等原因发生变化。因此,应定期检查活塞与气缸壁之间的间隙,并根据需要进行调整或更换相关零件,以保持活塞的稳定运动。在活塞间隙的优化设计和控制过程中,需要综合考虑工作条件、气缸材料和润滑方式等因素,以实现最佳活塞运动和压缩机性能的平衡。通过这些预防和修复措施,可以有效地减少活塞振动故障的发生,提高压缩机的可靠性和稳定性。

4.2 活塞环的选择和安装

为了预防和修复合活塞振动故障,活塞环的选择和安装十分重要。活塞环应具有良好的材料强度、耐磨性和耐高温性能。对于高压和高温的工作环境,可以选择使用耐高温材料的活塞环。此外,注意活塞环的尺寸和形状,确保与活塞和气缸壁之间的间隙配合良好。在安装活塞环时,需要遵循正确的程序和技术要求。首先,保证活塞环不受损坏和变形,确保环的形状和尺寸与活塞和气缸壁的配合正确。然后,使用适当的工具和技术,将活塞环均匀地安装在活塞上,并确保活塞环的端点间有适当的间隙。定期检查和维护活塞环的状态也是预防振动故障的重要措施。检查活塞环是否有损坏、磨损或松动等问题。如果发现活塞环有问题,及时更换新的活塞环,确保良好的密封性和摩擦性能。

4.3 活塞销和销孔的配合优化

为了预防和修复合活塞振动故障,对活塞销和销孔的配合进行优化是至关重要的措施。活塞销和销孔材料应具有良好的强度和耐磨性,以确保在高压和高温条件下能够承受工作负荷。同时,考虑到活塞销和销孔的热膨胀系数匹配,以减小因热膨胀引起的摩擦和损耗。活塞销和销孔之间的配合应满足一定的间隙要求,以确保活塞销能够在销孔内自由运动,同时防止过大或过小的间隙。使用高精度的制造工艺和设备,确保活塞销和销孔的几何尺寸和形状符合设计要求。必要时,采用适当的涂层技术来改善活塞销和销孔的摩擦性能。涂层可以提供额外的抗磨损和耐热性能,减少摩擦力和摩擦损失,提高配合的稳定性。通过优化活塞销和销孔的配合,可

以降低振动的发生概率,提高活塞的运动稳定性和压缩机的性能。同时,合理的活塞销和销孔配合优化也可以减少摩擦和磨损,延长活塞和销孔的使用寿命。除了优化配合,还要定期检查活塞销和销孔的润滑情况。使用适当的润滑剂可以减少摩擦和磨损,提高活塞销在销孔中的运动平稳性。确保活塞销和销孔的润滑状态良好,可以有效减少振动和噪音的产生^[4]。为了预防和修复活塞振动故障,定期进行维护和保养也很重要。定期清洁活塞、销孔和活塞销,及时清除积聚的污物和碎屑物,确保活塞的自由运动。同时,定期检查活塞销和销孔的磨损情况,及时进行维修或更换,避免进一步损坏和振动的产生。

4.4 活塞材料的优化选择

为了预防和修复活塞振动故障,活塞材料的优化选择是至关重要的措施之一。首先,活塞材料应具有高强度和耐磨性能,以承受高压和高温的工作条件。常见的活塞材料包括铝合金、铸铁和特殊合金等。铝合金活塞具有优良的强度和轻量化,适用于高速发动机;铸铁活塞具有较高的崩裂韧性和耐磨性,适用于低速发动机;而特殊合金活塞则具有出色的高温强度和耐磨性能,适用于苛刻的工作环境。其次,活塞材料的热膨胀系数要与其他零部件相匹配,以确保在不同温度下活塞与气缸壁之间的间隙保持稳定。如果活塞材料的热膨胀系数与其他零部件不匹配,会导致活塞与气缸壁之间的间隙发生变化,引起活塞振动和摩擦,甚至可能导致活塞卡死或磨损加剧。活塞材料的制造质量也十分重要。制造过程中的缺陷可能导致活塞材料的不均匀应力分布和瑕疵,引发振动问题。因此,在选择活塞材料时,应选择具有良好制造工艺和质量保证的供应商,以确保活塞材料的质量符合标准要求。最后,定期检查和维持活塞材料的状态也是预防振动故障的重要措施。定期检查活塞材料的磨损、腐蚀或其他损伤,及时修复或更换受损部分,保持活塞的正常运行。

4.5 定期检查和维持

为了预防和修复活塞振动故障,定期检查和维持是至关重要的措施。首先,定期检查活塞和活塞环的磨损

情况。长时间的使用会导致活塞和活塞环的磨损,这可能导致活塞的不稳定运动和振动。定期检查并测量活塞和活塞环的磨损,确保其尺寸和形状符合设计标准。如出现异常磨损,应及时进行维修或更换。其次,定期检查并清洁活塞和气缸。积聚的沉积物、碎屑和污垢可能导致活塞的运动不稳定性和振动问题。定期清洁活塞和气缸壁,确保表面光滑和清洁,减少摩擦和损耗。另外,定期检查和维持活塞销和销孔。注意检查销孔的磨损程度,确保活塞销的稳定配合。如发现销孔磨损严重,应及时修复或更换。同时,定期检查和维持润滑系统。润滑系统的异常运行或润滑不足会导致活塞摩擦增加,引发振动故障。定期检查润滑系统的油液品质、油压和润滑点的畅通情况,确保润滑系统正常运行,为活塞提供充分润滑。最后,定期进行运行状态监测和振动分析。通过监测活塞和压缩机的运行状态和振动情况,可以及早发现活塞振动故障的迹象。定期进行振动分析,找出引起振动的原因,并采取相应的修复措施。

结束语

天然气压缩机活塞振动故障是一个需要重视的问题,它不仅会降低压缩机的工作效率,还有可能导致设备的损坏甚至事故的发生。因此,在设计、制造和运行过程中,始终关注活塞振动故障的预防和修复措施。通过合理选用活塞材料、优化配合、保持润滑状态和定期检查与维护,可以有效地解决活塞振动问题,保证天然气压缩机的稳定运行。应该始终将预防和修复活塞振动故障作为一项重要工作,并加以重视和管理,从而提高天然气压缩机的工作效率和可靠性。

参考文献

- [1]张伟,徐建军,刘振强.天然气压缩机活塞振动监测与诊断方法研究[J].压缩机技术,2021(1):1-6.
- [2]王丽,赵海鸥,王明.天然气压缩机活塞振动故障分析及对策[J].流体机械,2021(4):49-54.
- [3]高峰,李文华.基于大数据技术的天然气压缩机活塞振动故障预测[J].化工机械,2021(2):69-74.
- [4]杨帆,陈振华,黄海滨.基于有限元分析的天然气压缩机活塞振动研究[J].机械设计与制造工程,2021(5):59-63.