

Research on Abnormal Vibration Fault Analysis and Solution of Screw Air Compressor

Bo Wang

Ningxia Coal Capital Construction Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

This paper proposes a series of solutions, including reasonable adjustment of rotor installation and alignment, optimization of operating conditions, strengthening vibration monitoring and daily maintenance. In terms of fault diagnosis, vibration sensors and spectrum analysis technology are widely used to achieve early fault warning. Through the implementation of these measures, the impact of abnormal vibration on the life and working performance of the equipment can be effectively reduced, and the operation stability and economy of the equipment can be improved.

Keywords

screw air compressor; abnormal vibration; troubleshooting

螺杆式空压机振动异常故障分析与解决方案研究

王波

宁夏煤炭基本建设有限公司, 中国·宁夏 银川 750000

摘要

通过深入分析螺杆式空压机振动异常的常见原因, 结合实际故障案例, 提出了包括合理调整转子安装与对中、优化运行工况、加强振动监测与日常维护等一系列解决方案。在故障诊断方面, 振动传感器与频谱分析技术被广泛应用, 以实现早期故障预警。通过这些措施的实施, 能有效降低振动异常对设备寿命与工作性能的影响, 提高设备的运转稳定性和经济性。

关键词

螺杆式空压机; 振动异常; 故障诊断

1 引言

螺杆式空压机作为工业生产中的关键设备之一, 凭借其稳定的压缩性能和较高的能效比, 已成为各类工厂和企业的标准配置。然而, 在长期使用过程中, 空压机振动异常问题逐渐暴露, 给设备的正常运行带来了隐患。振动异常不仅会加速机械部件的磨损, 导致设备故障频发, 还可能引起生产线停运, 造成巨大的经济损失。因此, 识别并解决螺杆式空压机的振动异常问题, 已成为确保其长期稳定运行的重要课题。

2 螺杆式空压机振动异常的常见原因分析

2.1 螺杆式空压机振动产生的主要原因概述

螺杆式空压机在工业生产中的应用越来越广泛, 但由于其结构复杂和工作环境的苛刻性, 振动异常已成为一种常见的故障表现。振动异常不是由单一因素引起的, 而是多个

因素共同作用的结果。在众多原因中, 螺杆转子的动平衡问题是一个重要的原因。由于螺杆转子在高速旋转过程中对精度要求极高, 任何微小的制造误差或转子内部的不均匀性都可能导致其运行时产生不平衡负载, 进而引发振动。尤其是在长时间运行后, 转子表面可能因磨损或外力作用出现形变或表面不规则, 进一步加剧了不平衡现象。转子的轻微失衡会导致机械振动和噪声, 且这种振动往往会影响到轴承和密封件的寿命, 形成恶性循环。即便是微小的振动也可能随着时间的推移, 逐渐加剧, 最终导致空压机出现严重故障^[1]。

此外, 螺杆式空压机的转子与壳体的间隙设计必须精确而稳定, 因为这一间隙直接影响到气流的流动和压缩效果, 如果间隙过大, 气流的流动性会受到扰动, 导致气体分布不均, 从而使得转子受力不平衡, 产生较大振动。间隙过大的另一种后果是转子和壳体之间的摩擦增大, 这不仅使得机械摩擦力增加, 造成能量浪费, 还可能导致设备的温升过高, 进而影响到设备的稳定运行。当间隙不均匀或设计不当, 局部的异常磨损会导致进一步的间隙不稳定, 进而加剧振动的幅度。

【作者简介】王波(1986-), 男, 中国宁夏中卫人, 本科, 工程师, 从事机械工程及自动化研究。

2.2 不平衡负载对振动异常的影响

不平衡负载指的是转子在旋转过程中由于质量分布不均或者负载分布不均而引起的失衡现象，螺杆式空压机的运作依赖于高精度的旋转部件，任何细微的不对称或不平衡，都可能引起较大的振动波动。这种不平衡负载的根源常常出现在螺杆转子的制造过程中，尤其是当转子在精度要求极高的情况下，任何微小的制造缺陷或原料的质量差异，都会导致转子旋转时无法维持均衡，产生额外的离心力。这些额外的力会迫使转子与其他部件产生不必要的摩擦或碰撞，从而引起振动。此类振动最初可能表现为轻微的噪音或震动，但如果未得到及时修正，随着时间的推移，振动的幅度和频率会逐渐加剧，最终可能对整个设备的稳定性和寿命产生深远影响。

2.3 螺杆转子与壳体间隙过大导致的振动问题

转子与壳体的间隙设计是保证空压机正常运行的重要因素，任何微小的偏差都可能导致振动异常，间隙过大会导致螺杆转子与壳体之间产生过大的摩擦力，从而引发振动。随着转子运转过程中不对称的空气流动，转子表面受力分布不均，进而形成局部高压区域，这些高压区对转子的扰动将进一步加剧机械部件之间的摩擦。过大的间隙不仅让转子与壳体之间的气流泄漏增加，还会引起转子的动态平衡受到影响。

此外，振动本身就会对轴承、密封件及其他精密部件造成长期的冲击和磨损，加速设备的老化和故障发生。转子与壳体间隙过大会导致气体压力不平衡，气流扰动增加，这直接影响空压机的工作效率，还会使得润滑油分布不均，形成润滑不良的恶性循环。与此同时，振动还会传递到其他部位，可能导致电机的负荷增加，进一步恶化设备的整体稳定性，如果这种问题得不到及时修复，空压机的运行稳定性将严重下降，甚至可能导致设备停机和经济损失^[2]。

3 螺杆式空压机振动故障的诊断方法

3.1 振动传感器的安装与数据采集技术

在螺杆式空压机的振动异常故障诊断中，正确的传感器安装能帮助捕捉到机械设备的微小振动信号，还能实时监控空压机在运行中的振动状态，例如，在转子与壳体、轴承以及电机等关键部位安装振动传感器，可以精确地获取各部件的振动数据，从而为故障定位提供有效支持。然而，振动传感器的选择与安装角度、方式、位置等因素密切相关。若安装位置不当，传感器采集到的数据可能无法反映实际的振动情况，甚至会导致误诊断。特别是在螺杆空压机这样高度集成的设备中，振动源常常比较复杂，可能是多种因素的叠加，若传感器布置不合理，容易漏掉某些细微而关键的振动信号，影响故障的提前预警。

在空压机的运行中，尤其是发生故障时，振动信号通常是非线性和时变的，这就需要数据采集系统具有较高的时

间分辨率和处理能力，采样频率的选择必须根据设备的工作特性和振动频率进行合理设定。过低的采样频率可能导致重要振动信息的丢失，过高的频率则可能增加数据处理的复杂性和存储压力。因此，合适的采样率应根据螺杆空压机的具体运行状态进行调节，确保能够捕捉到关键的频率成分。此外，数据采集后需要通过高效的数据处理算法进行分析，振动信号的频谱分析是常见且有效的手段。

3.2 振动频谱分析在故障诊断中的应用

在螺杆式空压机的振动故障诊断中，通过对振动信号进行频谱分析，可以揭示出设备内部潜在的机械故障类型以及故障的严重程度，例如，正常运行的螺杆式空压机会产生一个相对稳定的振动频谱，其中的频率成分主要反映了转子的旋转频率、工况变化以及偶尔的外部干扰。但当空压机的某个部件出现故障时，频谱会显示出异常的频率成分。比如，若振动信号中出现了与转速倍数相关的频率峰值，则可能表明转子存在不平衡，导致设备出现了明显的振动异常。通过对这些频率成分的分析，能够帮助工程师快速定位故障部位，从而提高故障诊断的准确性和效率。

振动频谱分析的实际应用不仅限于对故障频率的检测，它还可以帮助判断故障的发生时间及其发展趋势，例如，在某些情况下，随着空压机的运行时间增加，机械磨损逐渐加剧，频谱中的高频成分也会逐步增加。此外，频谱分析通过对不同频段的能量分布进行分析，可以进一步分析出故障的具体类型，比如，若频谱中出现了低频和中频的振动峰值，则很可能是由于轴承损坏引起的，若频谱中高频信号异常，则可能与密封件的老化或者润滑不良有关。因此，通过对频谱中各频段信号的综合分析，工程师不仅可以识别故障的具体部位，还可以评估故障的潜在影响，从而采取更有效的维修措施，防止故障进一步扩展，避免严重的停机 and 经济损失。

4 螺杆式空压机振动异常故障的解决方案

4.1 合理调整螺杆转子的安装与对中

螺杆转子的安装与对中是影响螺杆式空压机运行稳定性的关键因素，即便是微小的偏差，也能导致设备运转中的不平衡，从而引发明显的振动问题。当螺杆转子的对中不当时，转子和壳体之间的间隙分布不均，局部压力的异常增大将对设备的整体性能产生负面影响。特别是在高转速条件下，转子偏离轴心会加剧旋转不稳定性，使得旋转部件与壳体产生强烈的摩擦或撞击，从而导致异常振动。若长期忽视这些细微偏差，逐步积累的振动将加速机械部件的磨损，甚至导致设备的过早故障。因此，对螺杆转子的安装精度要求极为严格，偏差控制在微米级别对于确保空压机长期稳定运行至关重要。通过精准的对中调整，可以使转子在工作过程中保持最佳的平衡状态，避免局部磨损，减少过度热量的积累，从而有效降低振动的产生频率和强度。为了实现对螺杆转子精准的安装与对中，合理的安装工艺和先进的测量手段

是不可或缺的,使用高精度的激光对中仪器进行实时监测是目前常见的对中方法之一。激光对中仪能够通过光学测量,精确到微米级别,确保螺杆转子在安装过程中达到最佳对中状态。除此之外,结合空压机的负载和运行环境,定期对安装精度进行检查和校准,是确保长期平稳运行的必要步骤。对中误差不仅仅是简单的机械问题,它与空压机的整体动态性能紧密相关,直接影响其工作效率和使用寿命。在空压机运行过程中,通过数据采集系统对振动信号的实时监控,可以及时发现因转子偏差导致的微小振动变化。若监测到异常振动频率,相关人员应立即进行反向检查,确保螺杆转子对中度符合要求^[3]。

4.2 优化空压机运行工况以减少振动

螺杆式空压机在运行过程中,由于负荷波动、环境变化及操作不当等因素,容易引发过度的振动,优化运行工况是通过控制负载来减轻振动负担,更需要从根源上寻找解决方案,例如,负荷波动是导致空压机振动的常见原因之一,在负荷过高或过低的情况下,螺杆转子的负荷分布不均匀,可能造成其转动的不平衡,从而引发振动。当空压机处于过载状态时,螺杆转子的负荷超出设计范围,不仅增加了机械磨损,还导致空压机在运行过程中产生周期性、强烈的震动。而在低负荷工况下,空压机的转速与压缩效率不匹配,导致气流的不稳定,也会产生一定的振动。此时通过调节负荷和转速的匹配,保持空压机处于最佳工况区间,可以有效减少振动的产生,确保设备在长时间内稳定高效地运转。

此外,螺杆式空压机在高温运行时,内部润滑油的粘度会发生变化,导致润滑效果不佳,增加摩擦和振动,这个时候空压机的各个部件,包括螺杆、轴承和密封环等,承受的负荷也会不均,从而加剧振动问题。因此,优化空压机的温度控制系统,确保其在稳定的温度范围内运行,是减少振动的有效途径之一。合理选择和添加润滑油,确保其在工作温度下保持良好的粘附性和润滑效果,也是控制振动的关键。同时空压机的冷却系统需要定期检查和维修,防止因冷却不良引发的过热现象,从而影响整个系统的平稳运行。这些工况优化措施可以最大程度地减少空压机运行过程中的振动问题,提升设备的稳定性和使用寿命。

4.3 加强日常维护与振动监测体系建设

在螺杆式空压机的运行中,日常维护与振动监测体系的建设成为防止设备故障与延长使用寿命的核心组成部分,

为了有效预防振动异常,必须在空压机的使用过程中加强定期检查和维修工作,维护的核心应注重对振动监测系统的实施与完善,特别是在振动传感器的安装上,合理布置传感器位置和种类,能够提供更加准确的振动数据。通过安装多个传感器覆盖空压机关键部位,可以实现对不同频段振动的实时监控,这对于故障的预判与及时处理至关重要。尤其是螺杆转子、轴承、气体流通部分等关键区域,一旦出现异常波动,及时的数据反馈能够使维护人员迅速定位问题源头,防止小问题迅速扩大,造成更为严重的机械损坏。振动数据的积累和分析,将为未来的维修计划提供科学依据,有效避免了传统依赖人工经验的盲目性和滞后性。

与此同时,振动监测体系不仅是一个实时预警系统,更应融入空压机的全生命周期管理中。具体而言,监测的重点不应仅停留在设备的表面振动分析,更要结合运行工况、负载变化以及设备老化等因素,形成数据驱动的故障预测机制。在设备运行过程中,定期的数据采集与分析可以发现潜在的振动异常趋势,如负载不平衡、传动系统磨损等早期症状,从而提前采取预防措施,避免因过度磨损引发的振动问题。此外,通过对比历史数据,振动监测系统能够识别设备在不同工况下的正常振动模式与异常波动,帮助维修人员精确地制定维护计划和调整方案,最大限度地延长设备的有效使用期。

5 结语

综上所述,螺杆式空压机振动异常故障的有效识别与解决,是保证空压机长期稳定运行的重要环节。通过深入分析振动产生的主要原因,结合振动监测与数据分析技术,可以提前预测并处理潜在故障,从而降低生产中断的风险。针对振动异常的解决方案,合理调整转子安装与对中、优化运行工况以及加强日常维护,均能在不同程度上提高设备的运转效率与使用寿命。

参考文献

- [1] 王鹏飞.螺杆式空压机在煤矿领域应用的要点分析[J].当代化工研究,2022(6):126-128.
- [2] 温超,杨世冬,潘川.螺杆式空压机余热回收在矿区供暖工程中的应用[J].世界有色金属,202(23):174-175.
- [3] 何亚银,高卫丽,梁智鸿.双螺杆空压机壳体结构振动特性研究[J].陕西理工大学学报(自然科学版),2020,36(4):1-6.