

# 天然气往复式压缩机运行过程中振动监测与故障诊断方法研究

肖宇婷

中石化石油机械股份有限公司三机分公司 湖北 武汉 430040

**【摘要】**天然气往复式压缩机在工业生产中广泛应用,但由于其工作环境复杂,设备故障发生率较高,尤其是在运行过程中的振动问题。振动监测作为一种有效的故障诊断手段,通过分析压缩机振动信号,能够提前识别潜在的故障并防止设备损坏。本文结合压缩机的振动特性,探讨了基于振动监测的数据分析方法与故障诊断技术,提出了针对往复式压缩机的故障诊断流程及模型。通过实验数据验证,本文所提出的方法在提高压缩机故障预测精度与降低维护成本方面具有显著效果,为设备管理和维护提供了新的思路。

**【关键词】**天然气压缩机;振动监测;故障诊断;数据分析;预测

**DOI:10.12417/2811-0528.26.03.025**

## 引言

天然气往复式压缩机作为能源行业重要的设备之一,承担着大量气体输送任务。其高效稳定的运行对于工业生产至关重要。由于设备运行过程中的长期振动,往复式压缩机常常会出现磨损、零部件损坏等故障,影响其性能并导致停机。传统的故障检测方式往往依赖人工检查和定期维护,存在较大的局限性。振动监测技术则通过实时监控压缩机的运行状态,能够有效捕捉早期故障的信号,进而进行故障诊断与预警。基于振动数据的故障诊断方法日益成为提高设备可靠性、延长使用寿命的重要工具。本文将探讨如何利用振动监测技术,对天然气往复式压缩机进行故障诊断,并提出改进的诊断方法,以期提高其运行的稳定性与安全性。

## 1 天然气压缩机振动特性分析与故障模式识别

天然气往复式压缩机的振动特性在其长期运行过程中会受到多种因素的影响,如气体压力波动、机械摩擦、部件松动等。这些因素会引发压缩机的振动波动,而这些振动信号往往承载着重要的设备运行状态信息。通过对压缩机振动信号的分析,能够识别出不同故障模式,并及时发现潜在问题,从而避免设备出现严重损坏。压缩机的振动信号通常包括多种频率成分,其中不同频率的波动与不同的机械故障密切相关。对于往复式压缩机而言,往返运动的活塞和连杆系统是主要的振动源。这些部件的动态响应可以通过频谱分析等方法揭示其工作状态。例如,活塞的失衡会导致低频振动的增加,而连杆的故障则可能导致高频振动的出现。气体流动引起的脉动也会在振动信号中留下特征性印记,这些信号通常具有一定的周期性和幅度波动,通过对振动数据的细致分析,可以有效识别出气体脉动带来的振动模式。

在故障模式识别方面,常用的方法包括时域分析、频域分析和小波变换等。这些方法能够从不同维度提取振动信号中的

特征,帮助工程师识别出不同的故障类型。时域分析主要用于检测振动幅值的异常变化,频域分析则有助于揭示特定频率成分的变化,通常用于判断是否存在机械磨损或结构损坏。而小波变换则通过分解信号中的不同频率成分,可以精确捕捉到信号中的瞬态特征,特别适用于诊断快速变化的故障模式,如冲击或突然的机械碰撞。通过对这些振动特性的综合分析,可以初步判断压缩机是否存在故障,并确定故障的种类和可能的原因。这些方法不仅能提高故障诊断的准确性,还能够为后续的故障预防和维护决策提供可靠依据。在实际应用中,结合振动监测技术与故障模式识别方法,能够大大减少设备停机时间,提升生产效率和安全性。

## 2 基于振动信号的故障诊断方法与模型构建

基于振动信号的故障诊断方法通常依赖于对设备振动数据的采集、处理和分析,通过提取关键特征来识别潜在故障。随着信号处理技术和数据分析方法的发展,越来越多的故障诊断模型应运而生,这些模型可以在设备运行过程中实时监测振动信号,及时发现设备异常。在构建振动信号的故障诊断模型时,首先需要对压缩机的振动信号进行采集。传感器通常安装在压缩机的关键部位,如轴承、气缸和活塞等地方,能够实时捕获设备的振动数据。这些数据经过适当的预处理后,如去噪和滤波等,便于进一步分析。预处理的目的是去除由环境噪声或电气干扰产生的无关信号,保证诊断过程的精度和可靠性。

振动信号的特征提取是故障诊断模型的关键步骤。通过时域、频域和时频域分析,可以从原始振动信号中提取出有效的特征量。时域分析通过计算振动信号的均值、峰值、标准差等统计量,能够揭示设备运行过程中的基本动态特性。频域分析则通过傅里叶变换将信号转化为频率成分,能够识别出特定频率下的异常波动,这对于判断压缩机的零部件是否出现磨损或失衡等故障具有重要意义。时频分析方法,如小波变换,可以

对信号进行多尺度分解，适用于诊断那些快速变化的故障模式，例如冲击振动或机械碰撞等。

特征提取之后，构建故障诊断模型是下一步关键工作。常见的模型包括基于机器学习的分类方法、神经网络模型和模糊逻辑系统等。这些方法能够根据提取的特征数据对设备进行健康状态评估。通过监督学习，模型可以通过已标注的历史数据进行训练，进而实现对未知数据的故障预测。神经网络特别擅长于处理复杂的非线性问题，它能够通过深层结构自动从原始数据中学习到有用的特征并进行分类。支持向量机（SVM）和决策树也在故障诊断中得到了广泛应用，尤其是在数据量较少的情况下，能够有效提升模型的准确性和鲁棒性。在实际应用中，模型的性能评估至关重要。通过交叉验证、混淆矩阵等手段，可以对诊断模型进行全面的评估，确保其在不同工作条件下的有效性和稳定性。模型的优化也是一个持续的过程，随着采集数据的不断增多，诊断模型需要不断调整和更新，以提高其预测准确性和实时响应能力。

### 3 振动监测技术在天然气压缩机故障预警中的应用与实践

振动监测技术在天然气压缩机故障预警中的应用，依赖于实时监控设备振动信号并通过分析这些信号预测潜在故障。这项技术通过安装在关键部位的传感器，能够准确捕捉压缩机的振动数据，反映出压缩机在不同工况下的动态特性。通过对振动信号的连续监测，运维人员能够实时获得设备的运行状态，及时发现异常变化，防止重大故障的发生。在实际应用中，振

动监测技术通过与数据分析相结合，形成了一套完整的故障预警系统。监测设备通过传感器收集的振动数据传输到分析平台，在平台上进行进一步处理。数据经过去噪、滤波等预处理步骤后，进入特征提取阶段，识别出振动信号中与故障相关的特征，如频率成分、振幅变化等。针对不同类型的故障，如轴承磨损、活塞失衡或气体脉动等，振动信号的频谱特征具有显著差异，这使得故障诊断系统能够区分不同的故障模式。

随着人工智能和机器学习技术的发展，振动监测技术在故障预警中的应用得到进一步优化。通过引入智能算法，系统能够不断学习历史数据中的故障特征，进而提高预测的准确性。这种智能化的监测系统不仅能实现对压缩机设备状态的实时评估，还能够在故障发生前提供预警，提前采取措施，如调整运行参数或停机检修，从而避免设备的意外停机，降低维修成本，并延长压缩机的使用寿命。在实践中，结合振动监测技术与数据分析，天然气压缩机的故障预警系统已被广泛应用于各种工业生产中，显著提升了设备的运行可靠性和安全性。

### 4 结语

振动监测技术为天然气压缩机的故障预警提供了可靠的技术手段，能够实时捕捉设备运行状态并准确识别潜在故障。通过振动信号分析和智能算法的结合，故障诊断与预警精度不断提高，显著增强了设备的运行安全性和可靠性。随着技术的不断进步，振动监测将在工业设备的智能维护和管理中发挥更重要的作用。

### 参考文献：

- [1] 王鹏,张海.基于振动监测的往复式压缩机故障诊断方法研究[J].机械工程学报,2023,59(5):123-130.
- [2] 李婷,周建华.天然气压缩机振动特性与故障诊断技术的应用[J].工程机械技术,2022,41(3):22-27.
- [3] 张晨,王飞.振动信号分析在天然气压缩机故障预警中的应用研究[J].设备管理与维修,2021,39(6):87-92.