

Design of compressor equipment condition monitoring and fault warning system in natural gas station

Ning Jia

Xinjiang Hotan Xinjie Energy Co., Ltd., Hotan, Xinjiang, 848000, China

Abstract

As energy demand grows, natural gas has become a widely used clean energy source. The compressors in natural gas stations are crucial for gas transportation and pressure regulation, and their stability directly impacts the normal operation of the transportation system. However, over time, these compressors are prone to malfunctions, which can reduce production efficiency and pose safety risks. Therefore, establishing an efficient condition monitoring and fault warning system is essential. This paper introduces a fault warning system that integrates multi-parameter monitoring and big data analysis. By continuously monitoring and predicting key parameters of the equipment, this system can identify potential faults early, minimize equipment downtime, and enhance system stability and reliability. This research is significant for improving the operational efficiency of natural gas stations and reducing the frequency of failures.

Keywords

natural gas station; compressor equipment; condition monitoring; fault warning; big data analysis; reliability

天然气场站压缩机设备状态监测与故障预警系统设计

贾宁

新疆和田新捷能源有限公司, 中国·新疆 和田 848000

摘要

随着能源需求的增加,天然气作为清洁能源得到了广泛应用。天然气场站中的压缩机设备是气体输送和调压的核心,其稳定性直接影响运输系统的正常运行。然而,长期运行中,压缩机易发生故障,影响生产效率并可能引发安全隐患。因此,建立高效的状态监测与故障预警系统至关重要。本文设计了一种基于多参数监测与大数据分析的故障预警系统,通过实时监控和预测设备的关键参数,提前识别潜在故障,减少设备停机,提升系统稳定性和可靠性。研究对于提高天然气场站运行效率,降低故障发生率具有重要意义。

关键词

天然气场站; 压缩机设备; 状态监测; 故障预警; 大数据分析; 可靠性

1 引言

天然气作为清洁能源在全球能源中占据重要地位,压缩机作为场站关键设备,直接影响运输效率与安全性。随着设备使用时间增加,故障率上升,如何高效监控和预警已成为关键问题。传统的人工巡检效率低且易遗漏故障。随着传感器技术和大数据分析的发展,智能监测与故障预警系统成为研究热点。通过实时监控和数据分析,可以及时发现故障风险,提升设备可靠性。本文旨在设计一体化的压缩机监测与预警系统,减少非计划停机,提高场站安全和运营效率。

2 天然气场站压缩机设备的运行特点与故障分析

2.1 压缩机设备的运行原理与特点

天然气场站中的压缩机主要用于将天然气从低压系统压缩并输送至高压系统,确保天然气能够在长距离输送管网中顺利流动。压缩机的工作原理是通过机械能使气体的体积缩小,从而提高气体的压力,推动其沿着管道输送至目标地区。压缩机运行时通常伴随着较大的机械应力和热量变化,这使得设备的稳定性和可靠性对系统的正常运行提出了更高的要求。压缩机的工作状态会受到多种因素的影响,包括操作环境、设备的使用年限、维护管理状况以及外部环境的变化等。随着设备使用时间的延长,压缩机的磨损逐渐加剧,维护难度也随之增加。因此,压缩机的运行特点要求必须对其进行严格的监控和定期维护,以确保设备的正常运行并减少故障发生的可能性。

【作者简介】贾宁(1989-),男,中国河南信阳人,本科,助理工程师,从事地面建设与油气储运研究。

2.2 压缩机设备常见故障类型

压缩机在长期的运行过程中容易发生以下几类故障，这些故障不仅会影响设备的正常运行，还可能导致更为严重的系统故障：

机械故障：机械故障通常表现为轴承损坏、转子失衡或齿轮磨损等，这些问题通常是由于设备长期运行，缺乏有效的维护和不当使用引起的。设备老化和使用环境不良也会加速机械零部件的损耗，进而影响压缩机的正常工作^[1]。

电气故障：压缩机的电气系统故障，包括电机损坏、电气元件老化等，可能导致压缩机无法正常启动，或者在运行过程中发生故障。电气故障通常需要定期检测和及时维修，以确保电气系统的可靠性。

润滑系统故障：润滑系统的故障往往与润滑油的质量或润滑油系统的泄漏有关。润滑油质量不合格或缺少润滑会造成设备的过热，增加磨损，甚至导致压缩机损坏。因此，润滑系统的保养是压缩机设备维护中的一个关键环节。

振动故障：振动故障通常是压缩机设备运行状态的重要指标之一。异常振动可能表明转子、轴承或其它机械部件存在问题。振动的变化可以帮助诊断设备是否存在转动不平衡或其他机械故障，因此对设备振动的监测至关重要。

温度异常：压缩机在运行过程中，温度过高或过低都会对设备的正常工作产生负面影响。过高的温度可能导致润滑不良和设备过热，进而加速机械磨损；而过低的温度则可能导致设备启动困难。温度异常往往是故障发生的前兆，需要及时进行检查。

2.3 故障发生的影响

压缩机设备的故障不仅影响天然气的正常输送，还可能引发安全事故。在高压系统中，压缩机的突然停机会导致气体输送中断，影响上下游系统的正常运行。更为严重的是，压缩机故障可能引起气体泄漏或设备过热，进而引发火灾、爆炸等安全事故，危及人员安全和设备的完整性。因此，压缩机设备的故障预警和及时处理至关重要。故障一旦发生，可能导致严重的生产损失和高昂的修复成本。此外，由于天然气运输对社会生产和日常生活的依赖，压缩机的故障停机将对经济活动造成广泛的影响。因此，建立有效的设备监控系统 and 故障预警机制，对于保障天然气输送的安全、提高系统的可靠性具有重要意义^[2]。

3 压缩机设备状态监测技术

3.1 传感器技术在设备监测中的应用

传感器技术是实现压缩机设备状态监测的核心技术之一。通过在压缩机的关键部位如轴承、转子、气流管道等安装温度传感器、振动传感器、压力传感器等，可以实时采集设备的工作参数。这些传感器能够实时监控压缩机运行状态，及时捕捉到设备出现的异常信号。例如，温度传感器可以监测设备温度变化，判断润滑系统是否正常，振动传感器

可以检测设备的运行平稳性，发现是否存在机械失衡或轴承磨损等问题，压力传感器则帮助监控压缩机的气体压力是否处于正常范围。通过传感器的高精度测量，能够早期发现设备潜在故障，提高监测系统的实时响应能力。这些数据还可以为后续的数据分析和故障预测提供精确的基础信息，提升设备管理的智能化水平。

3.2 数据采集与处理技术

数据采集是设备状态监测的第一步，它为后续的分析 and 决策提供基础数据。采集到的传感器数据需要通过数据采集系统进行处理，并通过无线传输技术将数据实时传输到中心处理系统，实现远程监控。数据采集系统不仅要能够处理来自不同传感器的多种信号，还应具备数据同步、实时传输的能力。在数据处理方面，主要技术包括信号滤波、数据去噪和特征提取等，确保采集到的数据具有高准确性和可靠性。信号滤波技术用于去除噪声，保证传感器信号的清晰度；数据去噪处理可以有效剔除数据中由外界干扰或设备异常导致的无效信息；特征提取则将原始数据转化为有价值的特征，便于后续的数据分析。通过精确的数据采集和处理技术，能够为故障诊断提供准确的数据支持，确保监控系统的高效运行。

3.3 大数据分析 with 故障预测

随着设备运行数据量的不断增加，传统的数据分析方法已经无法满足大规模数据处理的需求。通过对大量设备运行数据的积累和分析，可以建立压缩机设备的健康模型，利用大数据分析技术实现故障预测。大数据技术能够将来自不同来源的数据进行整合，并对其进行深入挖掘，以发现设备的潜在故障模式。机器学习、神经网络和统计分析等技术常常被用于数据分析中，通过构建预测模型，根据历史数据和实时监测数据进行综合评估。这些技术能够根据设备的历史运行趋势和当前状态，提前识别出设备可能出现的异常趋势，进行故障预警。例如，通过对振动数据的分析，可以提前预测到转子失衡或轴承磨损的可能性；通过对温度和压力数据的分析，可以预警设备过热或故障的发生。通过对设备健康状况的评估，能够实现智能化故障诊断，显著降低设备停机时间，提高设备的可靠性和安全性^[3]。

4 故障预警系统的设计与实现

4.1 系统架构设计

故障预警系统的设计包括四个关键层次：数据采集层、数据传输层、数据分析层和用户界面层。数据采集层负责从压缩机设备的各个关键部位实时采集温度、振动、压力等运行数据，这些数据是后续分析的基础。数据传输层则将采集到的数据通过无线通信技术传输到远程服务器，确保数据能够实时、准确地上传和处理。数据分析层采用大数据分析技术，通过对海量数据的处理和挖掘，识别出设备运行中的潜在风险，及时发出故障预警。最后，用户界面层将分析结果

以图形化的形式展示给操作人员，操作人员可以通过界面实时监控设备的状态，并根据预警信息采取及时的维修或操作措施，从而保证设备的正常运行。整个系统的架构设计不仅要具备高效的数据采集和传输能力，还要具备强大的数据处理和分析能力，确保故障预警的及时性和准确性。

4.2 关键技术的实现

传感器选型与布局：根据压缩机的结构特点，选择适合的传感器类型，如加速度传感器、温度传感器、压力传感器等，并合理布置传感器位置，以获取关键的运行数据。

数据通信与存储：采用无线通信技术进行数据传输，并通过云存储技术对采集到的数据进行存储，便于历史数据的查询和分析。

故障诊断与预测算法：基于机器学习算法，分析历史数据和实时数据，提取出设备运行中的异常模式，提前预测可能出现的故障类型。

4.3 系统测试与优化

系统的测试环节是确保故障预警系统稳定性和可靠性的关键步骤。在实际测试过程中，必须模拟多种设备故障情况，如振动故障、温度异常、压力波动等，验证系统在这些情况下的预警能力。通过对不同故障场景的模拟，能够评估系统的响应速度和准确性。测试结果将为系统的优化提供数据支持，帮助工程师发现系统中潜在的缺陷和不足。根据测试结果，系统的参数和算法可以进一步优化，提升预警精度和响应速度。例如，优化传感器的灵敏度设置，调整数据分析算法，以便更准确地识别潜在的故障。此外，系统的优化不仅限于算法的改进，还应包括硬件的升级，如提升数据采集精度、增加冗余设备等措施，以确保系统在各种复杂环境下依然能够稳定运行。

5 系统应用案例分析

5.1 某天然气场站压缩机设备监测系统应用

在某天然气场站，通过安装设备状态监测与故障预警系统，实现了对压缩机的实时监测。系统实时采集压缩机的温度、压力、振动等关键运行参数，并通过数据分析，能够有效识别出设备运行中的潜在风险。在实际应用过程中，该系统成功预警了多个设备故障风险，如轴承磨损、转子失衡等，避免了由于设备故障引起的突发性停机。通过与传统的人工巡检模式相比，系统大大提高了设备运行效率，降低了停机时间。此外，系统能够进行持续的数据积累与分析，

通过长期的监测，设备的运行可靠性和稳定性得到了显著提升。通过这一系统的应用，场站的压缩机设备在运行中得到了更好的监控，避免了许多潜在的故障问题，为后期的运营和维护节省了大量的人力和物力成本。

5.2 故障预测与响应效果分析

在某一应用案例中，系统成功预测了压缩机的轴承故障，并提前几小时发出警报。通过分析设备的振动数据和温度变化，系统识别出轴承出现异常磨损的趋势，并根据预测模型，及时向操作人员发出了故障预警。操作人员在接到警报后立即采取了相应的措施，对设备进行了检查和维修，避免了设备发生重大损坏。如果没有预警，轴承故障可能导致压缩机的停机，甚至引发更为严重的系统故障。通过该预警系统，设备的维修周期得到了有效优化，提前发现并解决潜在故障，减少了设备的非计划停机时间。此外，通过对设备的故障预测，维修人员能够更准确地安排维护工作，降低了维修成本，并提升了设备的可用性和可靠性。该系统的成功应用证明了故障预测技术在设备管理中的重要作用，能够显著提高设备管理的效率和安全性^[4]。

6 结语

随着天然气行业的快速发展，压缩机设备在天然气场站中发挥着重要作用。传统的设备监测方式存在一定的局限性，而基于多参数监测和大数据分析的故障预警系统则能够更有效地提高设备的可靠性和安全性。通过本文设计的压缩机设备状态监测与故障预警系统，可以提前识别设备的故障风险，减少非计划停机时间，提升天然气场站的运营效率。在未来的研究中，随着技术的不断进步，系统的智能化水平将进一步提高，为天然气场站的安全运行提供更加有力的保障。

参考文献

- [1] 温纪宏,许付晓,项应志,等.数字化技术及其在天然气场站实施方案研究应用[C]//2024年山东省数据技术与应用论文集.国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司,2024:233-239.
- [2] 罗星刚,时元宝,任伟丽,等.天然气场站联合运行风险因素分析及安全管理方法研究[J].化工管理,2022,(34):127-130.
- [3] 李通,吴远银,周岳洪.天然气场站维护与管理[J].化工管理,2022,(01):73-75+139.
- [4] 朱同,董飞,刘媛,等.压缩机预选启动与负荷分配自动控制设计开发[J].计算机测量与控制,2021,29(08):125-130.