

基于人工智能的天然气站场设备故障诊断研究

霍威宇

国家管网集团北京管道公司内蒙古输油气分公司 内蒙古 呼和浩特 010200

摘要: 基于人工智能的天然气站场设备故障诊断研究,旨在通过深度学习、机器学习等先进技术,实现设备运行状态的实时监测与精准诊断。研究构建一套智能故障诊断系统,有效整合大数据分析 with 智能算法,显著提升故障诊断的准确性与效率。该系统能够提前预警潜在故障,为站场的安全稳定运行提供有力保障,推动天然气行业智能化管理的进程。

关键词: 人工智能; 天然气站场; 设备故障诊断

引言: 随着天然气能源需求的日益增长,站场设备的安全稳定运行成为保障能源供应的关键,传统故障诊断方法存在效率低、准确性差等问题。因此基于人工智能的天然气站场设备故障诊断研究应运而生。本研究旨在利用先进的人工智能技术,实现对设备故障的智能化识别与预测,为站场管理提供科学决策支持,促进天然气行业的智能化转型与发展。

1 天然气站场设备故障诊断的重要性

天然气站场作为能源供应链中的关键环节,其安全、稳定、高效的运行直接关系到社会经济的平稳发展和人民群众的生活福祉。在这一背景下,天然气站场设备的故障诊断工作显得尤为重要。第一、天然气具有高度易燃易爆的特性,一旦站场内的设备发生故障而未及时发现或处理,可能引发火灾、爆炸等严重安全事故,对人员、财产及环境造成不可估量的损失,有效的故障诊断能够及时发现潜在的安全隐患,迅速采取措施予以排除,确保站场的安全运行。第二、天然气站场涉及复杂的工艺流程和大量的机械设备,任何一环的故障都可能影响整个系统的稳定运行。通过定期和实时的故障诊断,可以准确判断设备状态,及时维修或更换损坏部件,减少因设备故障导致的生产中断,保障能源供应的连续性和稳定性。第三、故障诊断不仅关乎安全和生产效率,还直接关系到企业的经济效益。及时发现并处理设备故障,可以避免因停机维修带来的额外成本和时间损失;通过对故障数据的分析,可以优化设备运行参数,提高能源利用效率,降低运行成本。第四、在天然气站场设备故障诊断的过程中,需要运用先进的检测技术和分析方法。这不仅推动相关技术的研发和应用,还促进企业技术创新能力的提升。通过不断积累故障诊断经验和成果,可以为企业未来的发展奠定坚实的技术基础^[1]。第五、天然气行业受到严格的法律法规监管,

对于站场设备的安全运行有着明确的规定和要求。有效的故障诊断工作是企业遵守法律法规、履行社会责任的重要体现。

2 当前天然气站场故障诊断面临的挑战

2.1 复杂设备与系统的诊断难度

当前,天然气站场在故障诊断领域面临着诸多挑战,其中最为显著的是复杂设备与系统的诊断难度。随着科技的进步和天然气行业的快速发展,天然气站场不断引入先进、高度集成的设备和系统,这些设备和系统往往结构复杂、功能多样、相互关联性强,给故障诊断带来了前所未有的难度。复杂设备的多层次、多部件结构使得故障源定位变得异常困难,一个故障现象可能由多个因素共同作用导致,而每个因素又可能涉及设备不同层次和部件,在故障诊断过程中,需要综合考虑设备的整体结构、工作原理以及各部件之间的相互作用,进行细致的排查和分析,这无疑增加诊断的复杂性和耗时性。高度集成的系统使得故障表现更加隐蔽和难以察觉,在现代天然气站场中,各设备和系统之间通过复杂的网络和控制逻辑相互连接,形成了一个高度集成的整体。当某个环节出现故障时,其影响可能通过系统内部的反馈和调节机制被掩盖或削弱,导致故障表现不够明显,难以被及时发现。这种隐蔽性增加了故障诊断的难度,要求技术人员具备深厚的专业知识和丰富的实践经验。实时性和准确性也是复杂设备与系统诊断面临的重大挑战。天然气站场作为能源供应的关键环节,对设备的实时运行状态有着极高的要求。一旦出现故障,必须迅速、准确地定位并处理,以确保能源供应的连续性和稳定性。

2.2 数据量大与信息处理困难

当前天然气站场在故障诊断领域还面临着数据量大与信息处理困难的挑战。随着物联网、大数据技术的广

泛应用，天然气站场已经能够实时采集和存储海量的运行数据。数据量大带来的首要问题是存储和管理的挑战，天然气站场每天产生的数据量极其庞大，如何高效地存储这些数据，确保数据的安全性和可访问性，是当前面临的一大难题。在海量数据中，往往隐藏着对故障诊断有价值的信息，但同时也充斥着大量的噪声和冗余数据。如何从这些数据中快速、准确地提取出有用的信息，并进行有效的分析和处理，是当前故障诊断领域面临的重要挑战。数据的实时性和准确性也是信息处理过程中需要关注的重点，天然气站场的运行数据需要实时更新和处理，以便及时发现潜在故障并采取相应的措施。在大数据环境下，数据的实时处理和分析往往受到计算能力和算法效率的限制^[2]。

3 天然气站场设备故障类型

3.1 机械故障

3.1.1 磨损与疲劳

机械设备在长时间运行过程中，其零部件之间会发生持续的相对运动，导致摩擦和磨损。当磨损达到一定程度时，零部件的精度和性能会显著下降，进而影响整个设备的运行稳定性，周期性载荷或交变应力的作用下，机械部件还可能发生疲劳破坏，如裂纹扩展、断裂等，这些都是机械故障的重要表现。

3.1.2 变形与断裂

在极端工况下，如高温、高压或冲击载荷作用下，机械部件可能会发生塑性变形或脆性断裂。塑性变形通常导致部件尺寸和形状的变化，影响设备的装配精度和传动效率；而脆性断裂则往往突然发生，无明显的预兆，对设备的安全运行构成严重威胁。

3.1.3 松动与脱落

机械部件之间的连接通常依靠紧固件（如螺栓、螺母）实现，在振动、冲击或长期运行过程中，紧固件可能会松动，导致部件之间的配合间隙增大，甚至发生脱落。这不仅会影响设备的传动精度和稳定性，还可能引发更严重的机械故障。

3.1.4 润滑不良

润滑是减少机械部件之间摩擦和磨损的重要手段。然而，在实际运行过程中，由于润滑油质量不佳、油量不足或润滑系统失效等原因，机械部件可能处于润滑不良的状态。这不仅会加剧部件的磨损和损坏，还可能引发过热、卡死等故障。

3.2 电气故障

3.2.1 设备损坏

电气设备在长期使用过程中，由于绝缘老化、过

热、过电压或过电流等因素的作用，可能发生损坏。这些损坏可能表现为绝缘层破裂、绕组烧毁、触头熔焊等现象，导致设备性能下降或完全失效。

3.2.2 电路故障

电路故障是电气故障中的重要组成部分，包括短路、断路、接触不良等。短路会导致电流急剧增大，可能烧毁设备和线路；断路则会使电路中断，设备无法正常工作；接触不良则可能引发火花、电弧等危险现象。

3.2.3 控制系统故障

天然气站场的电气设备大多配备有复杂的控制系统，用于实现设备的自动控制和保护，这些控制系统也可能发生故障，如传感器失灵、控制器故障、程序错误等。这些故障会导致设备控制失灵或误动作，进而影响设备的正常运行和安全性。

3.3 控制故障

3.3.1 硬件故障

控制系统的硬件故障包括控制器、传感器、执行器等部件的损坏或失效。这些故障会导致控制系统无法准确感知设备状态、无法发出正确的控制指令或无法执行控制指令等问题。

3.3.2 软件缺陷

控制系统的软件是实现设备自动控制和保护的关键，软件在开发、测试和使用过程中可能存在缺陷和漏洞，如算法错误、逻辑错误、程序错误等^[3]。这些缺陷和漏洞可能导致控制系统运行不稳定、控制精度低或控制策略不合理等问题。

3.3.3 人为操作失误

在天然气站场的运行过程中，操作人员的技能水平、工作态度和责任心等因素都可能影响控制系统的正常运行。例如，误操作、漏操作或操作不当等都可能导致控制系统出现故障或引发安全事故。

4 基于人工智能的天然气站场设备故障诊断系统构建

4.1 系统架构设计

基于人工智能的天然气站场设备故障诊断系统架构设计是确保系统高效、稳定运行的基础。系统总体架构分为感知层、网络层、平台层和应用层四个主要部分。感知层负责采集天然气站场设备的实时运行数据；网络层实现数据的可靠传输与通信；平台层则负责数据的存储、处理与分析，并构建故障诊断模型；应用层则面向用户，提供故障诊断结果展示、预测性维护建议及系统管理等功能。感知层是系统的数据源头，通过部署在天然气站场各关键位置的传感器、执行器等设备，实时采集设备的运行状态参数、环境参数及工艺参数等。网络

层负责将感知层采集的数据传输至平台层进行处理。考虑到天然气站场的特殊环境,网络层需采用稳定可靠的通信协议和技术,如工业以太网、无线传感器网络等,以确保数据的实时性和安全性,还需建立数据备份与恢复机制,以防数据丢失或损坏。平台层是系统的核心部分,包括数据存储、处理与分析模块。数据存储模块采用分布式数据库技术,实现海量数据的快速存储与高效检索。数据处理模块则运用大数据处理技术,对原始数据进行清洗、转换和规约化处理,以提高数据质量。分析模块则基于人工智能算法,构建故障诊断模型,对处理后的数据进行深度挖掘与分析,以发现潜在故障并预测设备寿命。应用层面向用户,提供直观、易用的操作界面和丰富的功能服务。用户可通过应用层查看设备的实时运行状态、历史数据曲线、故障诊断报告及预测性维护建议等。

4.2 数据采集与处理

数据采集通过感知层设备实现,包括定时采集和事件触发采集两种方式。定时采集按照预设的时间间隔自动采集设备数据;事件触发采集则在设备发生特定事件(如故障报警)时立即采集相关数据。采集的数据类型多样,包括温度、压力、流量、振动等物理量以及设备运行状态、工艺参数等。数据预处理是确保数据质量的重要步骤。预处理过程包括数据清洗、数据转换和数据规约化等。数据清洗旨在去除噪声数据、异常数据和重复数据等;数据转换则将原始数据转换为适合后续处理和分析的格式;数据规约化则通过降维、聚类等方法减少数据量,提高处理效率。数据存储采用分布式数据库技术,实现海量数据的快速存储与高效检索。数据库设计需考虑数据的结构化、非结构化和半结构化特点,以及数据的实时性和安全性要求,还需建立数据备份与恢复机制,以防数据丢失或损坏。

4.3 故障诊断模型

故障诊断模型是基于人工智能的天然气站场设备故障诊断系统的核心。故障诊断模型构建基于机器学习、深度学习等人工智能技术,根据天然气站场设备的运行特点和故障类型,选择合适的算法进行模型训练。常用的算法包括支持向量机、神经网络、随机森林等。在模型训练过程中,需使用大量历史故障数据进行训练,以

提高模型的准确性和泛化能力^[4]。故障识别是故障诊断模型的核心功能,通过输入实时运行数据至训练好的模型中,模型能够自动识别出设备是否存在故障及故障类型。故障识别结果以概率或置信度等形式表示,供用户参考,在识别出设备故障后,故障诊断模型还需进一步实现故障定位。通过分析故障数据与设备结构、工作原理之间的关联关系,模型能够定位到具体的故障部件或故障点,故障定位结果有助于用户快速定位并修复故障。

4.4 预测性维护策略

预测性维护策略是基于人工智能的天然气站场设备故障诊断系统的重要应用之一。通过收集设备的运行数据并结合历史故障数据,利用机器学习算法对设备寿命进行预测。预测结果能够为用户提供设备剩余寿命的估计值及可能的故障发生时间,以使用户提前制定维护计划。在设备寿命预测的基础上,系统能够实时监测设备的运行状态并预测潜在的故障风险。一旦检测到异常或潜在故障风险,系统将立即发出预警信号并通知用户。用户可根据预警信号及时采取措施进行干预和修复,以避免故障的发生。基于预测性维护策略的结果,系统能够自动生成维护计划并推荐给用户。维护计划包括维护时间、维护内容、维护人员等详细信息,有助于用户合理安排维护资源并降低维护成本,系统还支持用户自定义维护计划并根据实际情况进行调整和优化。

结束语

基于人工智能的天然气站场设备故障诊断研究不仅提升了故障诊断的智能化水平,还为实现预测性维护、优化资源配置提供了科学依据。随着技术的不断进步与应用深入,该系统将展现出更广阔的应用前景,为天然气行业的安全、高效、可持续发展贡献重要力量。

参考文献

- [1]黄涛,欧雷海.浅谈天然气站场设备管理与安全管理措施[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(11):64-65.
- [2]陈胜男,陈亮.天然气站场设备管理与安全管理措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(05):50-51.
- [3]杨涵.天然气站场设备管理与安全管理措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(11):59-60.
- [4]刘兴君.天然气站场设备管理与安全管理措施[J].化工设计通讯,2020,46(12):130-131.