

# Deep Exploration of Intelligent Operation and Maintenance Mode for Mine Upgrading

Shanlei Fang

Kailuan Energy Chemical Co., Ltd. Fangezhuang Mining Branch, Geye District, Tangshan, Hebei, 063100, China

## Abstract

The intelligent operation and maintenance mode for mine lifting is an innovative management system that integrates modern information technology. This model uses IoT technology to build a comprehensive perception network, and deploys intelligent sensors on key devices such as elevators to achieve real-time monitoring of device status. Big data analysis and artificial intelligence technology inject a "smart brain" into the system, which can accurately predict equipment failures and optimize maintenance strategies. Digital twin technology creates virtual images of device operation, making remote monitoring and predictive maintenance a reality. The introduction of automated robots has fundamentally changed the way work is carried out in hazardous environments. This mode not only significantly improves the reliability of equipment operation, but also realizes the transformation from passive maintenance to active prevention, significantly reduces the operation and maintenance costs, and sets a new benchmark for the intelligent development of mines. Practice has proven that this intelligent operation and maintenance model is driving the development of mine hoisting systems towards a safer and more efficient direction.

## Keywords

mine lifting; intelligent operation and maintenance; Internet of Things technology

## 矿井提升智能运维模式深度探索

房善磊

开滦能源化工股份有限公司范各庄矿业分公司, 中国·河北唐山 063100

## 摘要

矿井提升智能运维模式是一套融合现代信息技术的创新管理体系。该模式以物联网技术构建全面感知网络,通过在提升机等关键设备上部署智能传感器,实现设备状态的实时监测。大数据分析和人工智能技术则为系统注入“智慧大脑”,能够精准预测设备故障、优化维护策略。数字孪生技术打造了设备运行的虚拟镜像,让远程监控和预测性维护成为现实。自动化机器人的引入更是从根本上改变了危险环境下的作业方式。这一模式不仅显著提升了设备运行的可靠性,还实现了从被动维修向主动预防的转变,大幅降低了运维成本,为矿山智能化发展树立了新标杆。实践证明,这种智能运维模式正在推动矿井提升系统向更安全更高效的方向发展。

## 关键词

矿井提升; 智能运维; 物联网技术

## 1 引言

随着矿井深度和生产规模的持续增加,矿井提升系统的运行效率和安全性逐渐成为矿山生产中的关键问题。传统运维模式依赖人工检修和经验积累,存在故障滞后处理、人工成本高及安全隐患等不足,难以满足现代化矿山的生产需求。在此背景下,基于物联网、大数据分析和人工智能的智能运维模式应运而生。智能运维通过多种先进技术手段实现了设备运行状态的实时监测、预测性维护和精确故障诊断,

为矿山行业的高效、安全发展提供了可靠保障。

## 2 传统矿井提升运维模式存在的问题

### 2.1 故障处理的滞后性

传统矿井提升运维模式下设备故障处理一般都比较被动,需依靠定期巡检或者故障后应急修复。该模型难以快速辨识出设备可能出现的异常情况,往往将细小的问题逐步变成严重故障。如钢丝绳在长期运行中可能产生磨损、疲劳裂纹等缺陷,但是受日常检验手段所限,一般只有当钢丝绳达到不可逆发展水平时才能发现上述问题。当设备发生故障时,现场确认及处理流程一般耗时较长往往造成设备停运,进一步阻碍了矿井正常生产活动。而且应急检修时,因缺乏实时监测数据支持,检修计划制订滞后进一步延长了修复时间<sup>[1]</sup>。

【作者简介】房善磊(1989-),男,中国黑龙江齐齐哈尔人,本科,工程师,从事矿井提升或者主通风系统智能化升级研究。

## 2.2 人工依赖性强

传统模式下的设备运维高度依赖人工操作，尤其是在检修巡检和故障诊断环节中，人员的经验起着至关重要的作用。然而这种经验式的运维模式不仅导致作业质量受个人能力的影响，还对人员的培养提出了较高要求。在实际中，新员工需要经历长时间的实践积累才能具备独立判断和处理复杂故障的能力，而这种周期过长的人才培养模式严重制约了团队的整体效率。同时随着老员工的离职或退休，大量宝贵的实际经验也随之流失，进一步加剧了维修团队的技术短板。

## 2.3 数据利用率低

矿井提升设备在运行过程中会产生大量的运行数据。然而在传统运维模式中，这些数据大多以分散的形式存在，甚至还依赖纸质记录。这种缺乏统一管理和分析能力的模式直接导致数据价值无法充分挖掘。例如，不同系统之间的数据未能互联互通，致使提升设备的运行状态缺乏全面的监测视角。所以这种局限性不仅限制了数据的利用效率，也使得潜在问题难以通过数据趋势分析得到预警，增加了设备运行的不可控性。

## 2.4 安全隐患

传统矿井提升运维模式对人工检修的高依赖性，也不可避免地带来了较大的安全风险。在矿井内高温、潮湿和粉尘等复杂恶劣的环境中作业，检修人员时刻面临着滑倒、碰撞、触电等潜在危险。另外在高空作业或密闭空间内，设备的检修难度进一步增加，任何疏忽都可能引发严重的安全事故。例如，提升机的制动系统若发生突发故障，可能导致设备本身的失控还可能对检修人员的生命安全构成直接威胁。这些风险的长期存在加剧了运维工作的复杂性，也对团队提出了更高的安全管理要求<sup>[2]</sup>。

# 3 矿井提升智能运维模式的核心技术

## 3.1 物联网技术物

通过将各种传感器布设到矿井提升系统上，联网技术能够对设备运行状况进行综合感知与监测。提升机核心部件如轴承、电机、钢丝绳及制动系统等必须配备振动传感器，温度传感器，应变传感器和位移传感器等。振动传感器具有实时采集轴承在工作过程中振动特征数据和实时监控磨损状况等功能；温度传感器的核心责任就是对制动系统温度上升情况进行监控，以防止过热而可能引起的故障。钢丝绳的受力状况是通过应变传感器进行实时监控的，以确保其始终处于一个安全运行的状态。位移传感器主要功能是监测天轮、导向轮磨损状况，提供设备运行瞬间动态信息。该组传感器均经过工业级防护设计，可适应井下高温高湿及粉尘环境，保证数据采集稳定可靠。另外使用智能网关来分析采集到的数据边缘，在现场完成初步数据压缩，数据清理及协议转换等作业。接着使用工业服务器进一步集成处理数据，

最后上传到数据中心集中存储深度分析。为保证数据的即时性及稳定性传输，数据中心利用冗余通信链路来建立与不同层次设备之间的联系。物联网平台具有支持多种协议访问的功能，新型传感器可以通过即插即用等功能快速融入系统，而平台也可以自动对数据进行格式及标签分配。此外，在物联网先进技术的推动下，装置在线配置等操作均可在远程进行，极大地简化了人工操作维护的繁杂工作。通过对该技术的运用，成功将系统由设备操作向数据管理完全数字化，并建立起实时数字映射设备状态，为智能运维工作打下扎实的技术基础<sup>[3]</sup>。

选择山西的一个大型煤矿作为研究案例，该煤矿在其矿井提升系统中成功地融合了物联网技术，从而达到了设备智能监控和管理的目的。在这座煤矿中，提升机的关键部分配备了大量的工业级传感器，包括振动传感器、温度传感器、应变传感器和位移传感器，这些传感器的主要职责是对提升设备的工作状态进行持续的实时监测。利用振动传感器技术，该矿井成功地实时收集了轴承的振动数据，这能够准确预测轴承的磨损趋势，并据此提前制定维修计划；温度传感器的主要任务是监测制动系统中的温度变化，从而预防因过高的温度可能导致的意外情况；应变传感器对钢丝绳的受力状况进行了仔细的监测，以确保它始终处于安全负荷的范围之内；位移传感器持续地为天轮和导向轮的磨损情况提供了动态的数据支撑。此外，该煤矿还采用了智能网关和工业服务器来进行现场数据的初步边缘处理和深度集成分析，并将这些数据上传到数据中心。数据中心利用冗余的通讯链路来确保数据可以实时传输并保持其可靠性。得益于物联网技术平台的强大后盾，该矿井成功地为传感器提供了即插即用的功能，并对收集的数据实施了自动化的标签和格式转换，这大大提高了系统的维护和运营效率。自从该系统开始运行后，设备出现故障的频率已经下降了约30%，与此同时，设备维护的费用也减少了20%。这一实例深入地展示了物联网技术在矿井提升系统的智能操作中所拥有的巨大可能性和价值。

## 3.2 大数据分析

矿井智能化的运作得益于先进的大数据分析技术，这为行业提供了坚实的数据基础。经过对装置运行数据的深入研究，该技术已经具备了识别可能的异常模式和风险因子的能力。在评估设备的运行状况时，基于振动、温度和电流等多种因素进行考量，并以精确地量化设备的退化程度为主要目标。通过采纳多层神经网络的架构设计，该模型能够持续地吸纳以往运行数据中的有价值的经验，从而显著提升了捕获设备故障特征的能力。例如，通过对提升机的振动频率和电流波动进行详细分析，能够准确地识别出轴承的损伤或钢丝绳的疲劳裂纹，这也意味着该设备即将达到维修的关键阶段。在此基础上依据设备以往的数据来构建了一个预测性维护模型。通过深度分析设备参数的变动，并参照专家提供的

指导方针,已经具备了预测特定故障种类和可能发生的具体时间节点的技能。以提升机的运行状况为研究对象,通过实时监测轴承振动频率的异常波动,能够提前识别轴承润滑失效的迹象,从而为运维团队在需要时更换润滑油或对部件进行修复提供专业建议。此外,这个数据分析平台配备了如趋势分析图、异常数据点的标注和关联性分析图表等一系列直观的可视化工具,这有助于运维团队迅速理解复杂的数据结构,并为其决策过程提供必要的支持。在这个平台上积累大量的故障案例库维护经验,并通过与过去案例的深入比较,进一步提升了故障检测的准确性<sup>[4]</sup>。

### 3.3 人工智能技术

人工智能技术为矿井提升智能运维注入了先进算法,为设备故障诊断和维修决策提供支持。利用深度学习技术,可以从大量设备数据中自动提取故障特征,如通过卷积神经网络提取设备振动信号的时序特征,建立准确率极高的故障诊断模型。随着数据积累,模型不断优化,能够从复杂的噪声数据中精准捕捉异常信号。例如,通过对提升机钢丝绳振动的频域分析,能够快速识别微小的断裂或疲劳迹象,为维修工作提供早期预警。知识图谱技术进一步将非结构化维修手册、专家笔记和故障案例转化为结构化知识网络。

### 3.4 数字孪生技术

人工智能技术为矿山的智能运营带来了前沿的计算手段,为设备的故障检测和后续的维护决策提供了坚实的技术后盾。借助深度学习的方法,有能力从众多的设备数据中自动识别出设备故障的各种特点。例如,可采用卷积神经网络来捕获设备振动信号的时间序列属性,进而建立一个非常精确的故障检测模型。随着数据的不断累积和模型的持续优化,该模型能够在复杂的噪声数据中准确地捕获异常信号。例如,通过对提升机钢丝绳的振动进行频域分析,可以迅速识别出微小的断裂或疲劳迹象,从而为维修工作提供早期的预警。利用知识图谱技术,可将非结构化的维修指导、行业内专家的记录以及故障案例转化为有组织的知识体系。以这一案例为基础绘制了设备组件间的逻辑关系图,并对钢丝绳断裂、天轮磨损以及可能对环境造成的影响进行了深入的相关性研究。维修团队利用知识图谱技术迅速找出相关故障的根本原因并制定修复计划,这大大减少了处理故障所需的时长。此外,这套智能决策系统整合了设备的即时状态、故障风险评估和维护费用等多方面的信息,从而可以自动地制定最适合的维修计划。举例来说,当设备在多个位置出现故障

时,系统会优先修复高风险区域,并提供备件需求列表、人员配置和时间安排,以实现资源的更高效分配。

### 3.5 自动化机器人技术

在风险相对较高的场景下,采用自动化机器人技术显著地提升了工作安全性。随着人们在工业和生活品质上的持续进步,安全生产受到了越来越多的关注,巡检机器人能够为员工提供更为丰富的有用信息。巡检机器人配备了高分辨率摄像头、红外热像仪和振动传感器,这使得它可以独立完成设备的巡查任务。利用这些传感器技术,可检测到设备的工作状况和可能的缺陷。例如,在操纵提升机的过程中,机器人具有实时捕获设备图像的功能,能够监控关键组件的温度上升,并能检测到螺栓的松动或表面出现裂缝等问题。此外,这台机器人还具备远程操控关键部位的能力。在封闭的空间和高处,维修机器人利用其精确的视觉识别和力量反馈功能完成拆解、组装和维护任务,这大大降低了手工操作的可能性。此外,这批机器人还拥有独立导航的能力,可以精确地定位到故障的位置。这批机器人在管理平台上执行集中的调度任务,可以根据实时任务的需求灵活地调整其运行路径和 workflows,以确保巡检和维修任务能够高效地协同进行。

## 4 结语

矿井提升智能运维模式代表了矿山行业未来的发展方向。通过物联网、大数据和人工智能等技术的深度融合,该模式突破了传统运维的瓶颈,解决了设备维护中存在的滞后性和安全隐患问题,为设备运行提供了实时监测和预测性维护能力。案例研究显示,智能运维模式不仅有效降低了设备故障率和维护成本,还显著提升了运维效率和安全性。未来,随着技术的不断迭代与完善,智能运维模式将在矿山领域实现更广泛的应用,为行业的智能化、绿色化转型提供重要支撑。

### 参考文献

- [1] 兰永平,虎恩典,王振,等.基于云平台的矿井提升机远程运维系统设计[J].仪表技术,2023(4):6-9+13.
- [2] 吴小东,潘燕,徐秀,等.基于工业互联网的矿井排水泵智能运维研究[J].工业控制计算机,2022,35(3):13-15+18.
- [3] 杨寅江.关于矿井胶带输送机的安装及运维管理分析[J].矿业装备,2022(1):232-233.
- [4] 任永强.智能矿井综合自动化系统研究[J].能源与环保,2019,41(5):115-120.