

# 人工智能在电梯运行故障诊断与预测中的应用研究

杜文辉

湖州市敬业特种设备技术咨询有限公司 浙江湖州 313000

**摘要:** 在电梯运行管理中,人工智能技术发挥着日益重要的作用。本文首先阐述了人工智能在电梯运行故障诊断与预测中的技术架构,涵盖数据采集、传输、处理与分析层技术。接着,探讨其在故障诊断方面的应用,包括故障类型识别、定位与严重程度评估。然后,分析其在故障预测中的应用,涉及基于历史数据、实时数据的预测及预测的优化改进。旨在为电梯安全运行和维护提供有力支持。

**关键词:** 人工智能; 电梯运行; 故障诊断预测

## 引言

电梯作为现代建筑中不可或缺的垂直交通工具,其运行的安全性和可靠性至关重要。一旦电梯出现故障,不仅会影响人们的正常出行,还可能引发安全事故。传统的电梯故障诊断与预测方法往往依赖人工经验,存在效率低、准确性差等问题。随着人工智能技术的快速发展,将其应用于电梯运行故障诊断与预测成为解决传统问题的有效途径,具有广阔的应用前景和研究价值。

## 一、人工智能在电梯运行故障诊断与预测中的技术架构

### (一) 数据采集层技术

电梯运行故障诊断与预测的基础是全面、精准的数据采集。现代电梯通过部署多种类型的传感器实现多维度数据获取。位移传感器可实时监测轿厢运行位移,精确反馈轿厢所在楼层位置信息,为判断电梯是否平层准确提供依据;速度传感器能精准测量电梯运行速度,当速度超出正常范围时,可及时发出异常信号;加速度传感器可捕捉电梯启停、运行过程中的加速度变化,辅助分析电梯运行平稳性。温度传感器用于监测电机、控制柜等关键部件的温度<sup>[1]</sup>。电机在长时间运行过程中,若散热不良或负载过大,温度会急剧上升,温度传感器能及时感知温度变化,预防因过热导致的电机损坏。振动传感器可监测电梯轿厢和机房的振动情况,通过对振动频率和幅度的分析,能发现机械部件的磨损、松动等潜在故障。此外,宽频声学传感器可捕捉电梯运行过程中的异常声音,电流探头能实时监测电机电流变化,这些数据共同为故障诊断与预测提供了丰富的信息源。

### (二) 数据传输层技术

数据传输层负责将传感器采集到的数据准确、及时地传输至数据处理中心。在电梯场景中,有线通信和无线通信技术均有应用。有线通信方面,以太网凭借其高速、稳定的特性,适用于对通信质量要求较高的场合,如在大型商业建筑中,通过以太网可将电梯运行数据快速传输至中央监控室。光纤通信则具有抗电磁干扰能力强、传输距离远等优点,在一些对数据安全性要求较高的电梯系统中得到应用。无线通信技术为电梯数据传输提供了更大的灵活性。4G/5G网络可实现高速数据传输,适用于需要远程实时监控的电梯场景,如分布在不同区域的电梯可通过4G/5G网络将数据传输至云端处理中心。Wi-Fi技术在电梯内部或周边区域可提供便捷的无线连接,方便维护人员进行数据查看和设备调试。LoRa技术具有低功耗、远距离传输的特点,适用于一些对功耗要求较低、分布范围较广的电梯监测场景。

### (三) 数据处理与分析层技术

数据处理与分析层是人工智能发挥核心作用的关键环节。大数据处理框架如Flink和Spark Streaming被广泛应用于电梯运行数据处理。Flink具有更快的计算速度,适合处理实时性要求高的大数据流,能够快速对传感器采集到的海量数据进行初步处理,如数据清洗、去噪等,为后续的深度分析提供干净、准确的数据。机器学习算法在电梯故障诊断与预测中起着重要作用。通过训练模型,系统能够识别电梯的异常运行模式。例如,利用决策树算法可以对电梯的历史故障数据进行学习,构建故障分类模型,当新的数据输入时,模型能够根据数据的特征判断电梯是否存在故障以及故障的类型<sup>[2]</sup>。深

度学习中的神经网络技术，如卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM），可对大量数据进行深入分析。CNN可用于处理图像数据，如通过分析电梯内部摄像头拍摄的图像，识别乘客的不当行为或设备的异常状态；LSTM则擅长处理时序数据，能够从电梯运行的时序数据中提取特征，预测电梯未来的运行状态和潜在故障。

## 二、人工智能在电梯运行故障诊断中的应用

### （一）故障类型识别

人工智能在电梯运行故障诊断中，对故障类型的准确识别是关键的第一步。电梯运行过程中，传感器、持续采集各类数据，人工智能系统则对这些数据进行深度剖析，从而精准判断故障所属类型，主要涵盖机械故障、电气故障和控制故障。机械故障方面，以钢丝绳磨损和导轨变形为例。钢丝绳作为电梯提升的关键部件，其状态直接影响电梯运行安全。振动传感器可实时捕捉钢丝绳运行时的振动特征，当钢丝绳出现磨损，其振动频率和幅度会发生改变，产生异常振动信号。系统接收到这些信号后，结合历史数据中关于钢丝绳正常与磨损状态下的振动模式，以及预先构建的模型，能够准确判断钢丝绳磨损的程度和具体位置。导轨变形同样会影响电梯运行的平稳性，位移传感器可监测轿厢在导轨上的运行位移，若导轨变形，轿厢位移会出现偏差，系统通过分析位移数据，结合电梯结构模型，能识别出导轨变形这一机械故障。电气故障中，温度传感器和电流探头发挥着重要作用。电机是电梯运行的动力核心，电机绕组短路时，会产生大量热量，导致电机温度急剧升高。温度传感器能实时感知电机温度变化，当温度超出正常范围时，及时发出信号。电流探头会检测到电机电流的异常波动，因为绕组短路会改变电机的电路特性，使电流出现不稳定情况。系统综合分析温度和电流数据，与正常状态下的数据进行对比，就能准确识别出电机绕组短路故障。控制故障通常表现为电梯运行逻辑异常。控制系统负责协调各个部件的运行。通过对控制系统日志数据的分析，可以了解控制程序的执行情况，发现是否存在程序错误或异常中断。

### （二）故障定位

识别出故障类型后，精准定位故障发生位置至关重要，这能为维修人员提供明确的维修方向，提高维修效率。人工智能利用多传感器数据融合技术，实现故障的精准定位。当电梯出现运行不平稳的故障时，加速度传感器和位移传感器协同工作。加速度传感器可检测到电

梯在启动、运行和停止过程中加速度的异常变化，若加速度超出正常范围，说明电梯运行存在异常动力情况。位移传感器则反馈轿厢的实际运行位移，若位移与预期不符，表明轿厢运行轨迹出现问题。系统将加速度和位移数据进行融合分析，结合电梯的结构模型和运行逻辑，能够判断故障可能发生在轿厢导轨、悬挂装置等部位。例如，若加速度异常且位移偏差方向一致，可能是导轨局部变形导致轿厢运行受阻；若加速度和位移数据呈现不规则变化，可能是悬挂装置出现问题。对于复杂的控制系统电路板故障，系统通过分析电路板上各个节点的电压、电流数据，以及与控制系统其他部分的通信数据，利用故障传播模型进行定位<sup>[9]</sup>。电路板上的元件相互关联，一个元件故障可能会影响其他元件的工作，导致电压、电流异常以及通信中断。系统从电路板的输入输出端口开始分析，逐步排查各个节点，根据故障传播模型中元件之间的故障影响关系，逐步缩小故障范围，最终定位到具体的故障元件，如某个电容损坏、芯片故障等。

### （三）故障严重程度评估

人工智能通过建立故障严重程度评估模型，对电梯故障的严重程度进行科学评估，以便采取相应的维护措施。该模型综合考虑故障的类型、发生频率、对电梯运行的影响程度等因素，将故障划分为不同等级。对于轻微的性能下降故障，如电梯运行速度略有波动，这种故障对电梯的正常运行影响较小，不会立即导致电梯停机或危及乘客安全。系统评估为低级别故障后，会提示维护人员进行定期检查，在合适的时间对电梯进行维护和调整，确保电梯性能逐渐恢复正常。而对于可能导致电梯停机的严重故障，如制动器失效，制动器是电梯安全运行的关键部件，一旦失效，电梯将无法正常停止，存在极大的安全隐患。系统会立即发出高级别警报，通知维护人员紧急处理。维护人员收到警报后，会迅速赶到现场，对制动器进行全面检查和维修，确保电梯恢复安全运行状态。通过这种对故障严重程度的准确评估，能够合理分配维护资源，提高电梯运行的安全性和可靠性。

## 三、人工智能在电梯运行故障预测中的应用

### （一）基于历史数据的故障预测

人工智能在电梯运行故障预测中，基于历史数据的分析是重要基础。系统会全面收集电梯在过去特定时间段内的运行数据与故障记录。运行数据涵盖运行时间、负载情况、环境温度等关键参数，故障记录则详细记录了每次故障的类型、发生时间等信息<sup>[10]</sup>。运用机器学习

算法中的时间序列分析方法，对收集到的历史数据进行建模。时间序列分析能够挖掘数据随时间变化的规律，通过对历史数据的拟合和分析，构建出反映电梯运行状态与故障发生关系的模型。利用该模型，系统可预测未来一段时间内电梯发生故障的概率。以某部电梯为例，对其过去一年的运行数据进行分析。统计发现，当电梯连续运行时间超过设定阈值，且环境温度处于较高区间时，电机故障的发生频次明显增多。基于此规律，当后续电梯运行再次出现类似连续运行时长和环境温度条件时，系统会提前发出故障预警。预警信息会明确提示可能发生的故障类型为电机故障，提醒维护人员及时开展预防性维护工作，如检查电机散热系统、更换老化部件等，降低故障发生的可能性。

### （二）基于实时数据的故障预测

人工智能不仅依赖历史数据，还能充分利用实时数据进行故障预测。通过在电梯关键部位安装各类传感器，实时监测电梯的运行状态参数，如温度传感器实时获取电机温度，振动传感器捕捉电梯运行时的振动信号，电流传感器监测电机电流变化等。当温度传感器检测到电机温度持续上升，且上升速率超出正常范围时，系统不会单纯依据温度这一单一参数进行判断，而是会结合当前的运行负载和环境条件综合分析。例如，若此时电梯处于满载运行状态且环境温度较高，系统会预测电机可能因过热而出现故障。根据预测结果，系统会提前采取措施，如自动调整电梯的运行参数，降低运行速度以减少电机负荷，或者立即通知维护人员进行检修，避免故障的进一步发展。实时数据预测结合多传感器数据融合技术，能显著提高预测准确性。多传感器数据融合是将不同传感器采集到的数据进行综合处理和分析，以获得更全面、准确的信息。当振动传感器和电流传感器同时检测到异常信号时，系统不会孤立看待这两个信号，而是将它们进行融合分析。

### （三）故障预测的优化与改进

为提升故障预测的准确性和可靠性，人工智能系统需持续进行优化和改进。一方面，不断收集新的电梯运行数据和故障案例，对预测模型进行更新和训练。随着电梯设备的老化、使用环境的变化以及新故障模式的

出现，原有的预测模型可能无法准确适应新的情况。通过持续收集新数据，对模型进行重新训练和调整，使模型能够更好地反映电梯当前的运行状态和故障特征，提高预测的适应性<sup>[5]</sup>。另一方面，引入反馈机制，将实际的故障发生情况与预测结果进行对比。分析预测误差产生的原因，如是否因数据采集不准确、模型算法不合理等。根据分析结果，调整模型的参数和算法，优化预测模型，提高预测精度。结合领域专家的知识 and 经验对预测模型进行优化。专家在电梯领域拥有丰富的实践经验和专业知识，能够提供一些难以通过数据直接获取的信息，如某些特殊工况下的故障特征、不同部件之间的关联影响等。

### 结语

人工智能在电梯运行故障诊断与预测中的应用，为电梯的安全运行和维护带来了新的机遇和方法。通过先进的技术架构，实现了全面、精准的数据采集、传输与分析，为故障诊断和预测提供了坚实的数据基础。在故障诊断中，能够准确识别故障类型、定位故障位置并评估严重程度；在故障预测方面，结合历史数据和实时数据，提高了预测的准确性和及时性。未来，随着人工智能技术的不断完善，其在电梯领域的应用将更加深入和广泛。

### 参考文献

- [1] 易民升, 何晨曦, 茅铁鑫. 基于物联网技术的电梯远程监控与故障诊断系统研究[J]. 家电维修, 2025 (7): 86-88.
- [2] 韩利. 数字化技术驱动的电梯远程监控与故障诊断系统设计[J]. 新潮电子, 2025 (18): 112-114.
- [3] 黄达权. 电梯故障快速诊断系统设计与实现研究[J]. 今日制造与升级, 2025 (2): 121-123.
- [4] 郭乃信. 基于智能传感器的电梯故障诊断系统设计[J]. 自动化应用, 2025, 66 (12): 173-175.
- [5] 葛玲君, 惠鹏达. 电梯运行状态监测中常见故障的识别与分析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025 (6): 064-068.