数字孪生技术在电梯智能运维中的应用研究

李　科

浙江省特种设备科学研究院 浙江 310000

【摘　要】我国数字孪生的研究和应用尚处于起步阶段，虽然在航空航天、机械制造等领域出现了一些研究成果，但应用的深度和广度还比较有限。将数字孪生技术运用于电梯运维中，可以实现电梯故障诊断与寿命预测，排查电梯故障于萌芽状态，保障电梯安全、可靠运行。这是数据孪生技术在又一个新领域的应用，通过领先智慧科技为公共安全贡献力量。

【关键词】数字孪生技术；电梯运维；智能运维

引言

2010 年，我国拥有 162.9 万部电梯，到 2019 年，已经达到 700 万部，是世界上最大的电梯拥有量。但是，随着这些问题的出现，《特种设备安全法》要求电梯的检修时间不能超过 15 天，这就给电梯的维修带来了很大的困难，因为电梯的种类太多，维修单位和生产厂家的维修质量良莠不齐。传统的定期检查方法有着非常严重的缺陷，比如不能在第一时间对电梯的故障进行预警，而且依靠人工进行检查和判断，需要有非常高的经验，这就会造成对电梯实际故障状况的判断产生偏差，从而对最后的故障解决产生不利影响。所以，建设智能电梯管理系统是一项非常有意义的工作。

1.电梯故障监测情况

为了对装备的工作情况进行监控，状态监控系统可以获得装备的工作情况，并利用这些信息来预测装备的状态特征的变化和与之相对应的变化趋势，进而评价装备的损坏程度。对其进行实时监控，可确保其正常运转，减少人员伤亡。利用计算机技术和现代的通信手段，几家国际著名的电梯制造商与领域内的学者进行了合作，开发出了与之相匹配的电梯远程监控系统，并取得了一定的成果。有学者提出，日立公司根据这款电梯的特点，开发出了一套电梯安全监视系统，可以对被监视的电梯进行实时监视。在风险监控的基础上，一些学者提出了一种基于系统决策的电梯维修实施方法，其特征在于能够对电梯故障进行系统决策，从而对故障部位进行定位，并对某国家的电梯故障进行了仿真，结果表明其实用性较好。有学者提出，富士达公司研发的“电梯远端可视监视系统”（ELVIC)，可通过与建筑物广域或局域网相连，在计算机上启动可视监视系统，实现对电梯运行状态的实时监视。美国奥的斯升降机公司开发的“远程升降机网络监测系统”（REM-X)，通过网络传输，对各类升降机的运行数据进行综合收集和分析，实现对该系统中所有升降机的全天候、远距离的实时监测，并及时向监控中心、服务器终端、移动终端等部门报告。

2.数字孪生技术在电梯智能运维中的应用

2.1.构建起设备智能运维数字孪生体

利用智能传感器实时采集运行状态数据，解决难长期、动态监测的问题；建立虚实融合的电梯设备数字孪生体，解决分析关键零部件失效机理的问题；通过数字孪生技术，实现电梯关键部件智能故障诊断与寿命预测，保障电梯高可靠性安全运行。

2.1.1.电梯设备运行状态自动监测

分析电梯运行特征及维保内容，梳理形成状态监测数据采集点，并优化布局；布置智能数据采集终端及传感器，搭建自动采集系统，定时采集电梯运行过程的关键部件的状态数据(例如力、力矩、间隙、清洁度、速度、加速度、电压、电流、振动、噪声等)，实现电梯运行状态自动监测。

2.1.2.基于虚实融合的电梯数字孪生体构建

分析电梯设备结构组成，建立三维模型，形成物理电梯的虚拟映射体；将自动采集的物理状态数据接入虚拟映射体，通过信息物理系统融合，形成电梯数字孪生体。

2.1.3.电梯关键部件故障失效模式及影响分析

电梯内部结构和受力情况复杂，在工作情况和负荷量变化的情况下，发生故障的概率会大大增加。以电梯制动器为例，可分析其制动块(闸瓦)磨损、制动铁芯磨损、制动铁芯卡阻、制动延时、制动力不足、制动电流增大、制动线圈老化等故障失效形式及失效机理，建立典型零部件的仿真分析模型，用于在实时状态数据驱动下模拟电梯运行过程。

2.1.4.电梯关键部件故障诊断与寿命预测

在设备运行状态数据驱动下形成电梯数字孪生作用，通过孪生预测形成大量故障数据，采用机器学习等人工智能方法，对电梯关键部件(例如曳引机、曳引轮、

制动器、限速器、安全钳、夹绳器齿轮、钢丝绳及钢丝绳附件等)进行故障诊断与寿命预测。

2.2.基于数字孪生实现电梯智能故障诊断与寿命预测

为了提高电梯安全可靠性，利用数字孪生技术实现电梯故障诊断、寿命预测等，即实现电梯物理实体、虚拟实体及二者间的连接。（1）实测数据驱动的孪生机理模型修正。基于构建的数字孪生体和传感采集电梯曳引系统和制动器等关键设备的实测数据，研究实测数据和仿真数据的自主修正机制，提出实测数据与仿真数据一致性和不一致性的判别规则及方法。（2）融合实时与孪生数据的电梯状态评估。采集电梯的履历、状态及仿真等数据，通过关联分析和随机森林等方法对数据进行敏感性和重要度分析，融合不同类型的数据形成孪生数据集，然后基于电梯整机及关键部件进行安全性、舒适性等状态评估。（3）电梯设备关键部件故障诊断与寿命预测。通过采集电梯曳引轮、钢丝绳、轿厢、补偿链、对重和制动器等部件的加速信号、电流信号及电压信号，开展电梯关键部件基于深度学习及迁移学习的故障诊断和寿命预测方法研究，减少甚至避免对关键部件的误诊和漏诊的情况，提升电梯运行的安全性和可靠性。

3.结束语

目前，数字孪生的大部分应用集中在故障预测与健康管理(PHM)方面：以先进制造技术、传感器技术、人工智能(AI)等技术为基础，监测复杂装备全寿命周期过程，包括设计、生产、运行和维护保养等多个过程，通过数据采集评估设备健康状态、预测故障及剩余寿命进而提供决策优化方案，提高系统可靠性和安全性，降低系统维护成本和对维修人员的经验依赖。

【参考文献】

[1]叶逢春.基于数字孪生技术的广电机房智能化管理系统[J].电视技术,2022,46(10):21-23.

[2]苏彬,姜钊.航空航天领域数字孪生技术应用浅析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(09):132-134.

[3]竺尹晨,赵佳丽,吴卓芸,胡凯华.电梯安全智慧运维管理系统研究[J].品牌与标准化,2022,(05):84-86.

[4]杨家荣.故障预测与健康管理技术在智能运维中的应用[J].装备机械,2021,(03):7-12.