

# 基于多参数的电梯制动性能动态检测系统及方法

苏万斌<sup>1</sup>,陈伟刚<sup>1</sup>,连琦<sup>1</sup>,江叶峰<sup>1</sup>,陈启锐<sup>2</sup>

(1. 嘉兴市特种设备检验检测院,浙江 嘉兴 314050; 2. 武汉科技大学,湖北 武汉 430081)

**摘要:**针对在用老旧电梯制动器动态性能检测过程中无法量化检测的问题,研制一种基于多参数的制动性能动态检测仪,可以检测电梯制动时的速度、制动距离、时间、滑移量等运动参数,结合 LSTM 算法与全连接映射模型计算电梯剩余寿命。根据制动器的结构特点,确定检测仪的原理、结构和检测流程。检测仪由本体和测量元件两大部分组成,通过传感器测量到数据后与计算机上的监测软件相联接,将电梯制动时的各种运动数据传输至软件的制动界面上显示,得到量化的检测数据,通过数据曲线得到电梯制动状况,并制造样机。通过试验表明:检测仪检测精度误差在 5% 以内,满足相应使用要求。

**关键词:**检测仪;量化指标;电梯;制动器;动态检测

**中图分类号:**TH122 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2023)05-0194-03

## Dynamic Detection System and Method of Elevator Brake Performance Based on Multi-parameters

SU Wanbin<sup>1</sup>, CHEN Weigang<sup>1</sup>, LIAN Qi<sup>1</sup>, JIANG Yefeng<sup>1</sup>, CHEN Qirui<sup>2</sup>

(1. Jiaxing Institute of Special Equipment Inspection, Jiaxing 314050, China;

2. Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

**Abstract:** To solve the problem that the dynamic performance of the old elevator brake cannot be measured quantitatively, a multi-parameter-based brake performance dynamic detector is developed, which can detect the speed, braking distance, time, slippage of the elevator during braking, and the remaining life of the elevator is calculated by combining the LSTM algorithm and fully connected mapping model. According to the structural characteristics of the brake, the principle, structure and detection process of the detector are determined. The detector is composed of the body and the measuring element. After the data is measured by the sensor, it is connected with the monitoring software on the computer, and the elevator is braked. The various motion data of the elevator is transmitted to the braking interface of the software for display, and the quantitative detection data is obtained. The braking status of the elevator is obtained through the data curve, and a prototype is formed. The test shows that the detection accuracy error of the detector is within 5%, which meets the corresponding application requirements.

**Keywords:** detector; quantitative index; elevator; brake; dynamic testing

## 0 引言

随着在用电梯使用年份的增加,老旧电梯制动器存在制动力不足、卡阻等现象以及部分制动器的控制系统电气黏连、零部件失效等,严重的时候会导致电梯坠落、冲顶或剪切等安全事故,使得乘客的生命财产安全受到巨大的威胁<sup>[1-2]</sup>。

根据现有的检验标准及行业检验方法,在用电梯制动器的制动性能检验以人工经验模式为主,主要由人工检查以下项目:制动器是否灵活,制动瓦是否紧密地贴合在制动轮的工作表面上<sup>[3]</sup>;闸带与制动轮的接触面是否不小于闸带面积的 80%;制动瓦同时离开制动轮,是否局部摩擦;在紧急制动时,电梯的滑行距离按运行速度 0.5 m/s 计算,是否超过 100 mm;电磁摩擦片接头有无松动情况;摩擦片外部是否有良好的绝缘保护,以防止短路<sup>[4]</sup>;制动器

的销轴是否能自由活动,电梯铁是否可带动铁芯在铜套内滑动灵活;制动带是否无油腻或油漆,以防制动滑程过大;地脚栓是否转动,垫片是否移位;检查两个铁芯的间隙,测量栓杆在松闸和制动状态下是否为不同长度;制动轮表面是否无划痕的高温焦化颗粒<sup>[5-6]</sup>。

这种主要依靠人为经验来对电梯制动器的制动性能进行安全评估的方法<sup>[7-8]</sup>,无法对电梯制动器的制动性能进行系统的实时量化评估,并且需要耗费大量的人力物力。因此,亟需一种对电梯制动器的制动性能进行系统的、实时动态的检测系统。

## 1 设计原理

电梯制动器动态检测系统包括上位机、数据采集节点和数据汇聚节点。上位机是对采集来的动态数据进行制

**基金项目:**国家自然科学基金项目(51805382);浙江省质量技术监督系统科技计划项目(20190336);浙江省市场监管局质量技术监督基础建设项目(20200126)

**第一作者简介:**苏万斌(1972—),男,浙江嘉兴人,高级工程师,本科,研究方向为特种设备检验检测技术,2669454022@qq.com。

动性能分析,根据系统处理分析来判定制动器是否有效;数据采集节点是利用传感器对检验过程中制动器与制动性能相关的参数进行动态采集,并发送给数据汇聚节点;数据汇聚节点接收动态参数后发送给上位机。

制动器的数据采集过程中包含着大量的数据,比如电梯制动时的速度、制动距离、时间、滑移量等动态参数,均为高频高精度参数。数据采集节点要保证系统的稳定性、降低数据传输过程中的系统压力、提高数据采集点数据传输的可靠性及使用寿命,确保数据提取过程中动态参数特征值的准确。因此,在动态检测系统设计过程中采用一种多参数的汇聚节点信号筛选原理,信号筛选的汇聚点主要有两个模块:特征值模块和监听模块。特征值模块是将各数据采集节点采集到的制动器各动态参数的特征值进行汇总并经过数据汇聚点处理好后再将各动态参数的特征值上传给上位机,以便上位机根据各动态参数的特征值进行制动性能分析;监听模块是将各动态参数的上限值分别发送给各数据采集节点,以便相应的数据采集节点所采集的动态参数值在未超过其对应的上限值时将参数值发送给监听模块,并且在采集的动态参数值超过其对应的上限值时将参数值作为特征值发送给特征值模块。

在仪器系统开启后,系统的监听模块就上电初始化并一直处于监听状态。数据采集节点在接收到监听模块发送的数据信号后,数据采集节点可以加入到监听模块的无线网络中,与监听模块建立通信连接。之后,监听模块可以将相应的

动态参数的上限值发送给数据采集节点。例如,将电梯制动时速度的上限值发送给速度采集节点,将制动距离上限值发送给距离采集节点;之后,监听模块可以向数据采集节点发送上传数据指令,检测系统原理如图1所示。

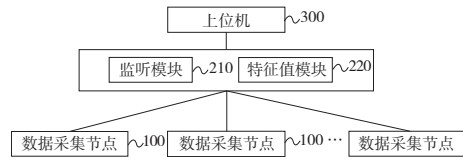
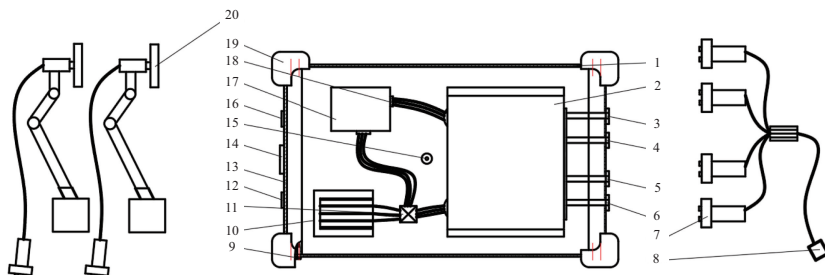


图1 检测系统原理图

## 2 结构组成

分析在役电梯制动性能检测装置的设计原理,研制了在役电梯制动器实时性能监测装置。该装置由装置本体(采集卡,电源,变压器)和测量元件(传感器和滑移量测量装置)两大部分组成。采集卡通过航空插头与各传感器相连接,将传感器测量到的模拟信号采集起来并转换成数字信号,通过与计算机上的监测软件相联接,将电梯制动时的各种运动数据传输(支持无线传输)在软件的制动界面上显示,并与国家标准相比较,最后结合 LSTM 算法与全连接映射模型计算电梯剩余寿命。变压器用于对采集卡的电压进行调整,两者都由固定蓄电池提供电力,蓄电池可通过充电口从外界电源充电,图2展示了检测装置的内部结构。



1—箱体侧板;2—采集卡;3—噪声接口;4—z轴接口;5—y轴接口;6—x轴接口;7—连接插头;8—传感器;9—连接螺丝;10—蓄电池;11—接线固定装置;12—外接充电口;13—箱体;14—电量显示口;15—天线;16—装置开关;17—变压器;18—连接线;19—防摔块;20—滚轮装置。

图2 检测装置结构示意图

1)装置本体:它的作用是采集和转换传感器测量到的数据,并与配套软件相联接,从软件上可直观观察测量的制动性能参数,也是检测装置中的主体部分。

2)测量元件:主要由滑移量测量装置和传感器组成。传感器感受到电梯制动时需要测量的信息(主要为电梯加速度),滑移量测量装置用以测量电梯滑移量。

## 3 检测流程及数据处理

本在役电梯制动器实时性能监测装置的现场检测分为3个步骤,首先将所有硬件装置连接完毕,然后分别在电梯轿厢内和机房内进行制动性能测试和滑移量测量,最后将测到的所有数据传输到配套软件上进行分析,显示测试结果和电梯剩余寿命。检测仪具体检测流程如图3所示。

当数据信息由传感器在测到后经过采集卡传输到计算机,通过所设计的电梯制动性能测试及寿命预测系统进

行显示及分析,得到电梯的制动性能评价及剩余寿命预测。E-R图(entity relationship diagram)是表示关系模型的一种方式。E-R图对于数据库的建立与设计有很大的帮助,有助于研究人员对数据库的理解。图4为电梯制动性能监测系统数据库的E-R图,图中矩形表示实体,菱形表示联系,椭圆表示属性。

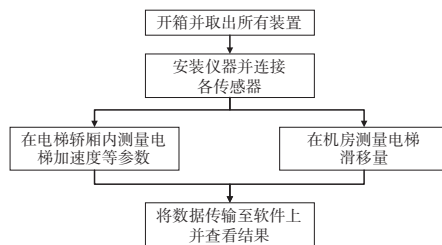


图3 检测流程图

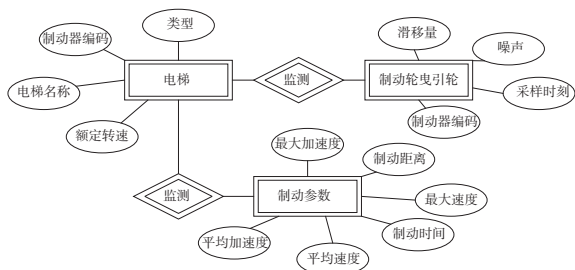


图4 电梯制动性能监测系统数据库的E-R图

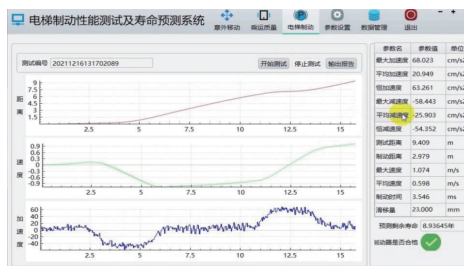


图5 仪器现场测试图

监测系统数据库E-R图包括了以下内容:数据库包含了电梯、电梯的制动参数和制动轮曳引轮的实体名称;电梯参数包括了电梯类型、制动器编码、电梯名称和额定转速等属性;制动轮曳引轮参数包括了滑移量、噪声、采样时刻和制动器编码等属性;制动参数包括了最大加速度、平均加速度、最大速度、平均速度、制动时间和制动距离等属性;电梯实体中的制动器编码为3个实体中的共有主件;电梯与制动轮曳引轮之间的联系为依赖关系,电梯属于强实体,制动轮曳引轮属于弱实体。制动参数与电梯之间的联系为依赖关系,电梯属于强实体,制动参数属于弱实体,电梯实体中包含制动参数实体。

为保证测量数据可靠性,仪器应水平放置。测量应开始于门关闭操作前,电梯进行端到端全程运行不被打断,最后结束于门开启操作。为了反映电梯的制动性能,针对传感器进行处理得到可以反映电梯性能的6组参数。为了对电梯的性能进行评估,引入参考寿命指标。参考寿命由反映电梯性能的6组参数映射得出。其预测流程如下:

- 1)采集不同工作时长运行状况的若干参数(本研究采集50组电梯数据);
- 2)将采集的电梯参数进行整合预处理,建立参考电梯数据库;
- 3)利用参考电梯数据库结合LSTM算法进行时间序列预测,获得电梯的全寿命周期数据;
- 4)利用全连接神经网络对数据库电梯数据与预测寿命电梯数据进行处理,建立参数与寿命的映射模型;
- 5)采集电梯参数数据,归一化后利用训练好的全连接神经网络进行映射,获得电梯的参考剩余寿命值。

### 4 实验结果

为了验证检测装置的精度,历时几个月对电梯进行了多次检测,现场检测软件界面如图5所示。采取对电梯制动性能影响最大的若干参数列表,表1为Abaqus仿真模拟的数据,搭建的实验平台测量数据以及现场实测的结果,其中仿真实验是通过理论公式和三维建模仿真模拟电梯制动轮制动得到的数据,平台实验是在测量装置准确性时得到的数据,现场测试是在真实电梯运行情况下测试得到的数据值,参考的国标是《GB/T10058—2009》、《GB/T10059—2009》、《GB/T24474—2020》和《GB/T31821—15》,绝对误差是指现场实验与平台实验误差的相符程度。

检测过程说明:平台实验和现场测试均在电梯上升5层楼和下降5层楼(约15m高度)的情况下进行。平台实验取50次实验的数据均值,现场测试为5次实验的数据均值。

表1 测试结果对比

测试参数	仿真实验	平台实验	现场测试	设计值	绝对误差
平均速度/(m/s)	0.501	0.503	0.508	0.500	0.005
最大速度/(m/s)	0.503	0.510	0.519	0.525	0.009
制动减速度/(m/s <sup>2</sup> )	0.306	0.310	0.316	0.304	0.006
制动时间/s	0.120	0.123	0.124	0.119	0.001
制动距离/m	0.153	0.155	0.158	0.152	0.003
滑移量/mm	—	8.100	8.300	8.000	0.200
电梯寿命/a	—	—	8.936	—	—

表1中,所有平台实验和现场测试的数据结果均在国标允许的范围之内,在一般情况下,平台实验和现场测试结果的误差原则上应该是非常小的,但是由于实际结构、型号、安装工艺、材料特性、使用状况以及环境的区别,导致了平台测试部分数据略低于现场测试结果,但均保持在合理的精度范围之内,误差控制在5%以内,满足在役电梯制动性能检测装置性能的要求,具有一定可靠性。

### 5 结语

所研制的在用电梯制动器动态性能检测系统具有操作方便、结构轻巧、便于携带、检测精度可靠等优点。同时,提出了一种制动器寿命预测方法,代替了以往人为判断的方式,使得对老旧制动器的检验、安全评估等实现了一种更为可行、方便的量化检测方式,不但提高了制动器检验的准确性,而且也极大地降低了检测成本、劳动强度,检测效率大幅提高,对于在役电梯制动性能的安全性检验工作具有重要意义,应用前景广阔。

#### 参考文献:

- [1] 谢小鹏,牛高产,浦汉军,等. 电梯制动器性能检测方法的研究[J]. 中国机械工程,2011,22(22):2667-2671.
- [2] 谈丽娟. 电梯制动器故障保护功能的实现和检验[J]. 特种设备安全技术,2022(1):37-39.
- [3] 傅倩倩,马海霞,李中兴. 基于飞行时间的电梯制动性能检测装置设计[J]. 自动化与信息工程,2017,38(3):42-45.
- [4] 邓剑鹏. 电梯制动能力评估方法的探讨[J]. 中国特种设备安全,2015,31(5):24-28.
- [5] 徐香香,谢卿阳. 对电梯制动试验时的制动器受力分析及思考[J]. 中国电梯,2019,30(15):58-60.
- [6] 林燕,彭启凤,孙学礼,等. 闸瓦式电梯制动器紧急制动力矩计算研究[J]. 自动化与信息工程,2018,39(6):22-24.
- [7] 冯双昌. 电梯块式制动器制动闸瓦间隙检测技术研究[J]. 机电信息,2022(6):79-81.
- [8] 苏万斌,江叶峰,陈伟刚,等. 用于检测电梯制动器制动性能的动力学检测系统及方法:中国,CN112141843A[P]. 2020-12-29.

收稿日期:2022-03-10