

大数据的高速公路机电设备智能运行检测技术探究

张萍

山西省交通信息通信有限公司，山西 太原 030000

DOI:10.61369/ERA.2025110032

摘要：为保证高速公路机电设备运行效率，减少设备故障发生，本文将大数据作为基础，简单了解高速公路机电设备运行检测常见问题以后，对高速公路机电设备智能运行检测技术进行研究分析，主要包括：智能运行检测总体方案、零均值化处理、变分模态分解特征提取、智能运行故障检测、预测性维护以及故障诊断等方面。通过研究分析可知，通过利用大数据，能够构建完善的高速公路机电设备智能运行检测技术系统，实现机电设备的智能实时监测以及数据分析。根据数据分析结构，做到及时发现和解决问题，为后期设备维护提供可靠的数据支持，以此保证机电设备高效、稳定运行，满足高速公路稳定运营的需求，也希望给相关研究人员（工作），提供参考与借鉴。

关键词：高速公路机电设备；智能运行检测技术；大数据

Exploration of Intelligent Operation Detection Technology for Electromechanical Equipment on Highways Based on Big Data

Zhang Ping

Shanxi Transportation Information and Communication Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi 030000

Abstract : To ensure the operational efficiency of electromechanical equipment on highways and reduce equipment failures, this paper utilizes big data as a foundation. After briefly understanding common issues in the operation detection of highway electromechanical equipment, it conducts research and analysis on intelligent operation detection technology for such equipment. The research primarily includes: an overall plan for intelligent operation detection, zero-mean processing, feature extraction through variational mode decomposition, intelligent operation fault detection, predictive maintenance, and fault diagnosis. Through this research and analysis, it is evident that by leveraging big data, a comprehensive intelligent operation detection technology system for highway electromechanical equipment can be constructed, enabling intelligent real-time monitoring and data analysis of the equipment. Based on the data analysis results, issues can be promptly identified and resolved, providing reliable data support for subsequent equipment maintenance. This ensures the efficient and stable operation of electromechanical equipment, meeting the demands for stable highway operations. It is also hoped that this study will provide reference and inspiration for relevant researchers and practitioners.

Keywords : highway electromechanical equipment; intelligent operation detection technology; big data

引言

高速公路属于地区之间连接的重要纽带，然而机电设备作为保证高速公路稳定运营的重要元素，机电设备运行状态直接影响高速公路的安全性。因此，实时检测高速公路机电设备运行状态，根据运行数据采取合适的维修对策，以保证高速公路机电设备稳定运行。但是，传统检测技术以人工巡检、经验判断等方面为主，不仅效率低下，准确度也不高，很多问题难以及时发现。然而，为解决传统检测技术存在的不足，将大数据作为基础，实现智能运行检测技术，根据高速公路机电设备运行状态，实时检测、采集和分析数据，对高速公路机电设备运行故障进行预测，并提前做出调整，以此降低故障产生的频次。

一、大数据概述

从高速公路机电设备智能运行检测技术角度来说，机电设备

运行会产生大量数据，然而大数据技术的引入，可对大量运行数据实时采集和分析，并且根据机电设备运行状态，快速确定异常情况，识别潜在隐患，有助于维修人员及时处理，避免因为机电

作者简介：张萍（1981.11.21—），女，宁夏吴忠人，汉族，大学本科，高级工程师，主要从事公路及机电工程项目管理及招投标工作。

设备停机，引发高速公路交通事故^[1]。同时，大数据技术根据高速公路机电设备结构，部署温度、压力、速度，以及负载等检测传感器，实现连续、不间断地检测，实时获取和分析数据，为后续一些工作的展开提供支持。

二、高速公路机电设备运行检测常见问题

首先，在高速公路机电设备运行检测期间，经常会受到环境因素的影响，主要因为机电设备长期暴露在外界环境中，很容易受到高温、潮湿等侵害，导致传感器检测精准度下降，或者数据传输异常，以此影响最终的判断。

其次，如果定期巡检不及时，高速公路机电设备很容易因为老化、油污等情况，出现设备运行异常（卡顿、失灵），以此影响高速公路机电设备正常运行。

最后，高速公路机电设备运行检测一般以分段检测范式为主，涉及到远端设备、通信链路等，导致检测难度较大，检测结果准确性较低^[2]。

三、大数据的高速公路机电设备智能运行检测技术要点

（一）智能运行检测总体方案

1. 技术功能。根据高速公路机电设备特点，通过利用大数据技术，智能运行检测技术应实现几点功能：第一，数据实时采集。主要针对高速公路机电设备运行状态，进行实时数据采集，以便准确掌握机电设备运行状态，以便做出调整；第二，数据采集适应性强。大数据背景下的高速公路机电设备智能运行检测技术应具有数据采集适应性强的功能，主要因为高速公路机电设备种类繁多，生产厂也有所不同，并且通信协议也较为多样化，导致数据无法融合，数据传输难度较大；第三，用户管理。用户管理主要是对注册的信息进行管理，并且根据用户实际需求，分配不同权限，以此实现用户注册，以及登录等功能。

2. 监测技术体系架构。将大数据作为基础，高速公路机电设备智能运行检测技术主要分为物理设备层、数据采集层、核心功能层、交互应用层，以及基础支持层等，先从物理设备层角度来说，该层主要是由诸多高速公路机电设备组成，并且这也是机电设备检测的基础；对于数据采集层，通过利用传感器、计算机通信技术组成，通过利用传感器、数控系统，以及 PLC 实时采集和传输高速公路机电设备运行数据；核心功能层通过算法实现高速公路机电设备的智能检测，以及故障识别和诊断，并且将物理设备层数据作为基础，将数据传输到服务器或者数据库中，使用调度算法实现预处理、特征提取等功能，可以为高速公路机电设备维护决策提供支撑^[3]；交互应用层通过可视化平台，高效完成高速公路机电设备重要零部件检测，以及使用者的交互工作；基础支持层主要是提供高速公路机电设备运行状态，以及检测数据，并且由标准化接口、服务器，以及防火墙等组成。

（二）零均值化处理

零均值化处理属于大数据的高速公路机电设备智能运行检测技术的重点，可以有效处理直流分量，以此消除干扰成分的影响（图1：零均值化处理前后时域频域对比）。同时，时域图角度来看，整体波形在 Y 轴会产生平移式变化，但是波形不会有明显变化^[4]。另外，从频域图角度来说，整体幅值辩护以后，还会变得更加平顺，也保证后续分析的精准性。

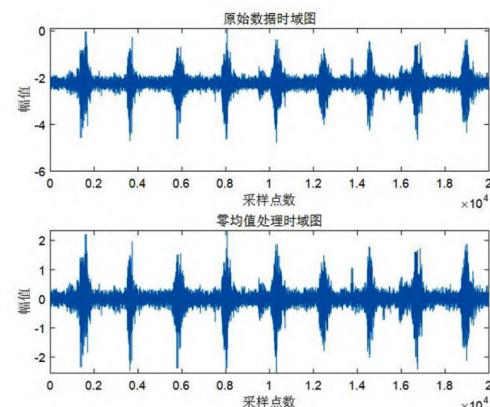


图1：零均值化处理前后时域频域对比

（三）变分模态分解特征提取

就目前情况来说，在时频域特征分析的时候，可以使用经验模态分解方式，但该方式应满足以下几个条件，第一，应分析本质模态函数极限值数量与穿过零点数量之间的关系，一般呈现相等的状态，即使相差最多也只能相差1；第二，需要保证局部最大值定义和最小定义包络线之间平均值等于0；

在变分模态分解特征提取期间，需要将原始信号作为基础，以此求信号的极值点。同时，需要拟合包络函数，并且通过三次样条插值与极大构成上包络线，与极小值构成下包络线进行连接，精准计算两条极限值曲线的平均数值，从而获取平均包络线^[5]。另外，需要对原始信号进行充分利用，将平均包络线去除，从而获取中间信号（公式1）。

$$y_k(t) = x(t) - m_k(t) \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中：

$x(t)$ — 原始信号；

$m_k(t)$ — 两条极值曲线的平均数值；

$y_k(t)$ — 中间信号；

如果所计算的中间信号存在极大值或者极小值，再或者中间信号满足经验模态分解条件，这样可以充分说明中间信号不属于本征模函数，依旧需要进行分解，将中间信号作为新的原始信号，并且重复分解步骤，一直到残余信号中仅仅包含两个极值。另外，得到第一个本征模函数以后，通过利用原始信号去除本征模函数，并且作为原始信号，再次进行分解处理，以此得到 n 个本征模函数，以及最终残余信号，根据函数以及残余信号确定高速公路机电设备智能运行检测结果，识别机电设备运行故障。

(四) 智能运行故障检测

大数据在高速公路机电设备智能运行检测中，通过利用机器学习算法，对大量复杂数据进行分析和处理，根据处理的数据识别高速公路机电设备故障，并且提取特征，做到在高速公路机电设备故障发生之前，精准识别故障隐患，提供精准预警，做到有针对性进行故障预防，避免高速公路机电设备运行出现异常。

在高速公路机电设备智能运行检测期间，通过利用大数据技术，可根据机电设备运行状态，提供先进的故障诊断和自动化决策方案，并且将模式识别故障诊断概率公式(2)进行解释，根据故障发生概率制定后期定期维护频次，以保证高速公路机电设备稳定运行^[6]。

$$P_a(n) = (1 - P_0(n)) \lceil P_s(n) + P_r(1 -$$
 (2)

式中：

$P_a(n)$ —n 次检测以后，识别的精准诊断概率；

$P_0(n)$ —相同运行条件下，高速公路机电设备为识别故障概率；

$P_s(n)$ —高速公路机电设备故障发生以后，检测技术的精准故障诊断概率；

$P_r(1 - P_s(n))$ —高速公路机电设备故障未发生情况下，检测技术的无故障概率；

将获取的温度、压力、振动、电压，以及电流等数据作为基础，通过利用大数据中机器学习算法训练诊断模型，对高速公路机电设备智能运行状态进行分析，确定故障发生后数值变化范围。随后，将此作为基础，通过利用统计算法，或者机器学习模型进行计算，并且反映在特定数据集中，并且利用相关软件，构建预测模型。将预测模型作为基础，计算高速公路机电设备智能运行故障发生概率。另外，通过大数据分析技术，高速公路机电设备智能运行的历史数据和实时数据进行整合，以保证运行故障识别的准确性。

大数据通过利用支持向量机、随机森林，以及梯度提升机等方式，对高速公路机电设备智能运行历史数据进行计算和分析，以此预测和识别高速公路机电设备智能运行中存在的潜在隐患，结合实际需求，在算法和决策层面上进行调整，以保证高速公路机电设备智能运行的稳定性。

决策树是大数据分析中常用的工具，在故障分析方面具有明显优势。决策树在高速公路机电设备智能运行检测期间，将机电

设备中各项运行参数作为基础，构建决策节点，并且用这些决策节点代表设备查询状态，通过利用每一次的查询，都会根据数据特征将问题细化，一直到得出明确的结论为止^[7]。在高速公路机电设备智能运行检测期间，通过利用决策树，可以便于工作人员快速识别故障，并找到成因，有助于故障解决。

(五) 预测性维护以及故障诊断

预测性维护以及故障诊断也是高速公路机电设备智能运行检测的重点，通过利用大数据技术，可以根据运行数据，对机电设备故障发生进行预测，以及故障诊断，以便具体维护工作顺利实施，保证高速公路机电稳定运行，提升高速公路交通的安全性。大数据通过利用集成传感器以及监控设备等，实时获取高速公路机电设备智能运行的关键数据，并且将这些数据传输到中央处理端，再利用 AI 算法对大数据进行分析和处理，目的是识别出机电设备是否存在性能下降，以及故障等变化趋势。

大数据在预测性维护和故障诊断期间，还应与其他模块相互连接，形成一个综合性智能运行检测系统，这样一旦发生故障，可立即响应以及维护，并且根据实际需求以及情况，对交通流量和路线进行调整，避免产生高速公路交通事故^[8]。另外，高速公路机电设备智能运行检测将大数据作为依托，利用强大的计算能力，以及数据采集能力，能够做到实时掌握高速公路机电设备智能运行变化趋势，以便做出调节。

四、结束语

综上所述，根据以上论述，得出以下几点结论。

将大数据作为，生成高速公路机电设备智能运行检测技术体系，可有效提升高速公路机电设备稳定的稳定性。但是，大数据在高速公路机电设备智能运行检测应用期间，应先明确技术方案，并且通过智能运行检测总体方案、零均值化处理、变分模态分解特征提取、智能运行故障检测、预测性维护以及故障诊断等方式，精准掌握高速公路机电设备智能运行状态，确定故障发生概率，做好预防性维护，以降低故障发生的可能性。

通过本文对高速公路机电设备智能运行检测的研究，通过利用大数据技术，可对大量数据进行分析和处理，根据运行数据对机电设备运行状态进行调整，以保证智能运行的效率，以及稳定性，满足高速公路发展需求。

参考文献

- [1] 李金贵, 刘薇. 智能视频监控在公路机电工程质量检查中的应用探索 [J]. 信息与电脑, 2025, 37(10):157-159.
- [2] 林圣圣. 大数据与人工智能技术在高速公路机电设备运维管理中的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2024, (35):145-147.
- [3] 安家宏, 张羽乾. 基于大数据的高速公路机电设备智能运行监测技术研究 [J]. 中国高新科技, 2024, (21):63-64+73.
- [4] 李志勇. 高速公路机电设备的智能供电技术分析 [J]. 科技视界, 2024, 14(28):41-44.
- [5] 李昕. 高速公路机电设备故障检测智能系统探讨 [J]. 交通世界, 2024, (13):196-198.
- [6] 罗如意, 代永涛, 吕学磊, 等. 高速公路机电设备节能管控运维平台研究 [C]// 中国公路学会养护与管理分会重庆高速公路集团有限公司, 招商局重庆交通科研设计院有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第十三届学术年会论文集. 湖北交投科技发展有限公司; 湖北交投高速公路运营集团有限公司, 2024:204-208.
- [7] 牛聪. 高速公路机电系统短路故障智能检测技术研究 [J]. 交通世界, 2023, (12):196-198.
- [8] 李东博. 高速公路智能机电设备运维管理系统的应用与初探 [C]// 上海筱虞文化传播有限公司 .Proceedings of 2022 Engineering Technology Innovation and Management Seminar(ETIMS 2022). 河北高速公路集团有限公司承德分公司, 2022:133-135.