文章编号：2097-5899(2025)08-0047-07　**中图分类号**：U28　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.202411140002
引用格式：马珺杰，闫凡，张强，等. 重载铁路电务设施设备智能运维平台关键技术研究[J]. 铁路物流，2025，43(8)：47-53.
MA Junjie，YAN Fan，ZHANG Qiang，et al. Key Technologies of Intelligent Operation and Maintenance Platform for Electrical Facilities and Equipment in Heavy-Haul Railway[J]. Railway Logistics，2025，43(8)：47-53.

重载铁路电务设施设备智能运维平台关键技术研究

马珺杰[1]，闫　凡[2]，张　强[2]，焦　晨[2]，薛肖遥[2]，张雪宸[2]，汤　超[3]

(1. 陕西铁路物流集团有限公司 生产技术部，陕西 西安　710000；2. 陕西靖神铁路有限责任公司 生产技术部，陕西 榆林　719000；3. 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司 运输指挥与信息技术研究院，北京　100000)

摘　要：电务设施设备智能运维技术是保障重载列车安全高效运行的关键手段之一。基于对重载铁路电务设施设备智能运维需求的分析，提出一种电务设施设备智能运维平台，该平台同时集成了数据服务与处理系统、网络与数据安全系统。通过采用数字化设备管理、检测与监测的集成化处理、智能评估和决策支持、标准化的维修操作以及可视化的环境监控，系统显著提高了电务设施设备的运行安全性和管理效率。平台设计涵盖了全生命周期管理、实时状态监测、健康状态评估和安全决策支持等功能模块，并依托大数据、人工智能和机器学习等技术，进一步优化了设备故障预测和运维效率。

关键词：电务设施设备；智能运维技术；数据服务与处理；网络与数据安全；决策支撑

0　引言

随着新一代信息技术的深度融合，铁路信号系统正处于向信息化和智能化转型的关键阶段，特别是在数据中心和人工智能平台建设方面。《铁路信息化总体规划》（铁总信息〔2017〕152号)明确指出，深化前沿技术的应用是推动铁路信号系统智能化的核心力量[1]。同时，铁路信号系统应加强数据管理，尤其是设备的全生命周期管理，以提升智能化维护水平，确保运营的高效性与安全性[2-3]。

然而，铁路信号系统的智能化转型面临诸多挑战。我国铁路网络广泛，电务设施设备在不同地区的运行环境差异显著，给设备的维护带来了较大的困难。恶劣的自然环境和有限的维护时间窗口增加了设备维修的难度。此外，当前的维护方式仍依赖于固定周期和经验，这使得在复杂故障情境下，维修人员难以快速定位问题，从而可能导致过度维护或延误故障修复，影响设备的安全与运维效率[4-7]。

当前国内外在电务设施设备运维领域的研究持续向数字化、智能化与集成化方向演进。欧美国家依托预测性维护、卫星通信与实时监测等技术，构建了高度集成的运维体系，覆盖列车、信号设备及站场等关键节点，实现了故障的快速诊断与响应，显著提升了铁路系统的安全性与运行效率[8]。我国则侧重于建筑信息模型(BIM)、地理信息系统(GIS)和虚拟现实等可视化技术的集成应用，围绕设备信息管理、故障定位与运维流程优化构建全生命周期管理框架，推动运维工作的精细化与规范化[9]。

在此基础上，大数据技术的引入进一步为电务运维注入新的动能。通过积累大量结构化和非结构化数

收稿日期：2024-11-14　**修订日期**：2025-06-24
通信作者：汤超(1980—)，男，北京人，北京全路通信信号研究设计院集团有限公司运输指挥与信息技术研究院工程师。

据，能够借助大数据分析揭示设备的故障模式，并优化资源调配。日常监控数据的分析可以及时发现潜在的安全隐患，减少故障发生率，从而提升维护管理效率，确保铁路系统的安全运营。智能化维护不仅能提高故障预测准确性，还能优化维护策略，降低故障率，保障铁路系统的稳定与安全。

1　电务设施设备智能运维需求分析

为了增强电务安全性和提升操作及管理的效率，必须整合和分析来自各种监测设备收集的电务技术数据。开发电务大数据的应用策略对于推动重载铁路电务设施设备及其组成部分的全生命周期管理至关重要，同时能够为电务工作人员在各级别提供实用的应用服务。总体需求涵盖以下关键方面[10-11]。

（1）监测与管理的集成：通过先进的传感技术与无线通信手段，该部分旨在提升电务设施设备的状态检测与监控能力。通过在设备关键部位布置传感器，实时采集温度、电流等数据，并利用5G或低功耗广域网实现远程传输。系统还将建立设备状态数据库，存储历史与实时数据，为数据分析提供支持。结合大数据与机器学习技术，能够进行设备健康评估、故障预测及维护优化，从而减少停机时间，延长设备寿命，实现智能化监测与管理，提升运营效率。针对电务设施设备分布广、数量大、运行环境复杂的特点，系统需具备高频率数据采集与异常变化识别能力，确保故障信息的快速响应与处置。

（2）设备全生命周期管理：该模块通过BIM、GIS和数字孪生技术，实现设备从生产到报废的全过程管理。BIM提供设备三维模型与技术数据支持，GIS帮助定位和环境分析，数字孪生则在设备运行中实时监控与故障预测，优化维护决策。通过数字化管理，设备的各个生命周期阶段变得可视化、透明化，确保管理的精准性与可追溯性，从而提升设备管理效率并降低全生命周期成本。另外，电务设施设备更新频率低、使用周期长，全生命周期管理更需注重历史状态追溯、关键节点记录与可延展性设计，以支持长期演化与维护策略的持续优化。

（3）设备状态评估及维护决策支持：该模块的重点是在保障设备安全运行的基础上，降低维护成本，建立多维度的设备状态评估体系。利用大数据分析技术和数据融合工具，开发智能评估模型，全面评估设备的当前状态和未来发展趋势。基于评估结果，平台可以自动生成维护建议，建立完善的故障处理和维护决策支持系统，进一步优化设备维护的工作流程。鉴于电务设施设备状态变化的突发性和故障表现的隐蔽性，评估模型需融合动态特征识别与上下文关联分析能力，以提升异常预警的时效性与精准性。

（4）数据共享与整合：为确保各子系统之间的顺利数据交互，平台研究并制定了统一的接口标准和协议，对电务设施设备及相关设施进行统一编码。通过大数据技术，平台能够集中采集和存储基础数据及其动态变化，确保数据管理和信息共享的统一性与高效性，从而提升整体管理的运作效率。尤其是电务系统跨专业协同频繁，数据接口需兼容不同厂商与平台规范，支持实时同步与分布式访问，增强平台整体的数据协调能力。

（5）网络与信息安全：针对不同应用场景，开展全面的网络规划与设计，分析信息安全需求、潜在威胁和风险，制定相应的信息安全防护方案。方案包括网络安全措施的实施、云平台的构建与操作的同步规划，确保平台的安全性与稳定性。

2　电务设施设备智能运维平台设计

2.1　总体架构

电务设施设备智能运维平台采用“平台＋应用”的架构设计，核心在于依赖数据服务与处理系统，负责对来自不同子系统的数据进行采集、处理和存储。平台的整体架构分为感知层、传输层、数据层和业务层，各层次之间相互协同，严格遵循数据标准和安全规范，以确保数据的完整性和安全性。该架构不仅能够处理海量的实时数据，还为不同的业务模块提供灵活的扩展能力，支持未来技术的集成与平台的迭代升级，从而保障平台的稳定运行[12]。电务设施设备智能运维平台总体架构如图1所示。

（1）感知层。感知层作为智能运维平台的核心基础模块，主要面向信号机、道岔、轨道电路、接触网及变电设备等关键电务基础设施。依托先进的传感器技术，该层能够实现对设备运行状态的实时感知与信息采集。通过融合动态检测、在线监测与人工智能辅助巡检等手段，平台可精准获取温度、湿度、应力、震动等关键参数，全面反映设备的运行健康状况基于物联网技术，感知层实现了远程控制与自动化数据采集，在提升数据获取精度与效率的同时，显著降低了人工巡检负担。此外，所采集的数据为潜在故障的早期识别与智能诊断提供了关键支撑，有效增强了电务系统的可视化管理能力与运维决策的科学性。



图1　电务设施设备智能运维平台总体架构

Fig.1　The overall architecture of the intelligent operation and maintenance platform for electrical facilities and equipment

（2）数据层。数据层是平台的数据处理核心，依托大数据技术对来自传输层的数据进行整合与深度分析。平台建立了一个涵盖全面的电务设施设备数据资源库，存储历史与实时监控数据，并进行有效的归类和索引管理。通过数据挖掘、机器学习等技术手段，数据层能够为业务层提供强大的数据支撑，支持设备的运行状态评估、故障预测与预防性维护策略。此层还借助GIS将设备状态与其地理位置相结合，为设施的运行管理和维修提供全面的地理信息服务[13-14]。

（3）业务层。业务层面向不同的用户群体，如设备管理人员、运维人员和安全监督部门，提供多样化的业务功能。这些功能包括数据可视化、设备全生命周期管理、检测与监测集成、智能决策支持及安全生产管理。通过统一的操作界面，用户可以直观地了解设备的运行状态、预警信息和维护建议。平台通过标准化的数据整合与共享机制，确保各部门间的数据流通顺畅，提高数据的利用率，优化设备运维流程，最终提升整体的安全管理水平与运维效率。

2.1.1　逻辑架构

电务设施设备智能运维平台的逻辑结构由5个层次组成，分别是数据资源层、数据存储层、数据计算层、业务分析层和数据呈现层。电务设施设备智能运维平台逻辑架构如图2所示。

（1）数据资源层。该层对采集到的各类电务数据进行解析和标准化，使数据能够满足后续各类应用的要求。通过数据归一化处理，确保不同来源的数据兼容性，以便适配各类业务模块的需求。

（2）数据存储层。采用混合存储架构来管理多种类型的非结构化数据。数据存储方式包括关系型数据库、非关系型数据库以及文件系统，能够为各类数据提供合适的存储方案，并支持数据的即时访问和动态扩展，以满足不同场景下的数据存取需求。

（3）数据计算层。支持分布式计算、内存计算等多种数据处理方法，并结合多种SQL查询模式，能够适应各种复杂计算任务对时效的不同要求，从而保证计算性能和处理效率。

（4）业务分析层。依据电务业务需求，将分析模块划分为设备全生命周期管理与健康状态评估、通信信号的整合分析、车地系统的闭环分析、作业监控和应急指挥等多个子模块，以确保各个方面的业务分析需求都能够得到全面满足。

（5）数据呈现层。通过二维图表、三维建模、地理信息地图、线路详情等多种可视化方式，将分析结果进行多角度展示，便于用户对分析结果的理解和利用。

2.1.2　网络架构

电务设施设备智能运维平台的网络架构包括数据服务与处理系统、各类监测子系统、办公信息网以及安全隔离设备。其中，大数据中心通过安全隔离装置与信号监测子系统及办公网络连接，确保在数据共享过程中避免任何潜在的安全隐患。

网络安全和隔离措施是电务设施设备智能运维平台的核心组成之一，旨在确保系统免受外部攻击和内部泄漏风险。平台采用了严格的网络访问策略，并配备了高效的网络安全设备，以确保不同网络之间的有效隔离与保护。特别是对于需要接入互联网的手机终端，通过安全平台出口进行统一管理，确保所有移动终端在连接外部网络时符合安全标准和策略要求，有效防止潜在的安全威胁。

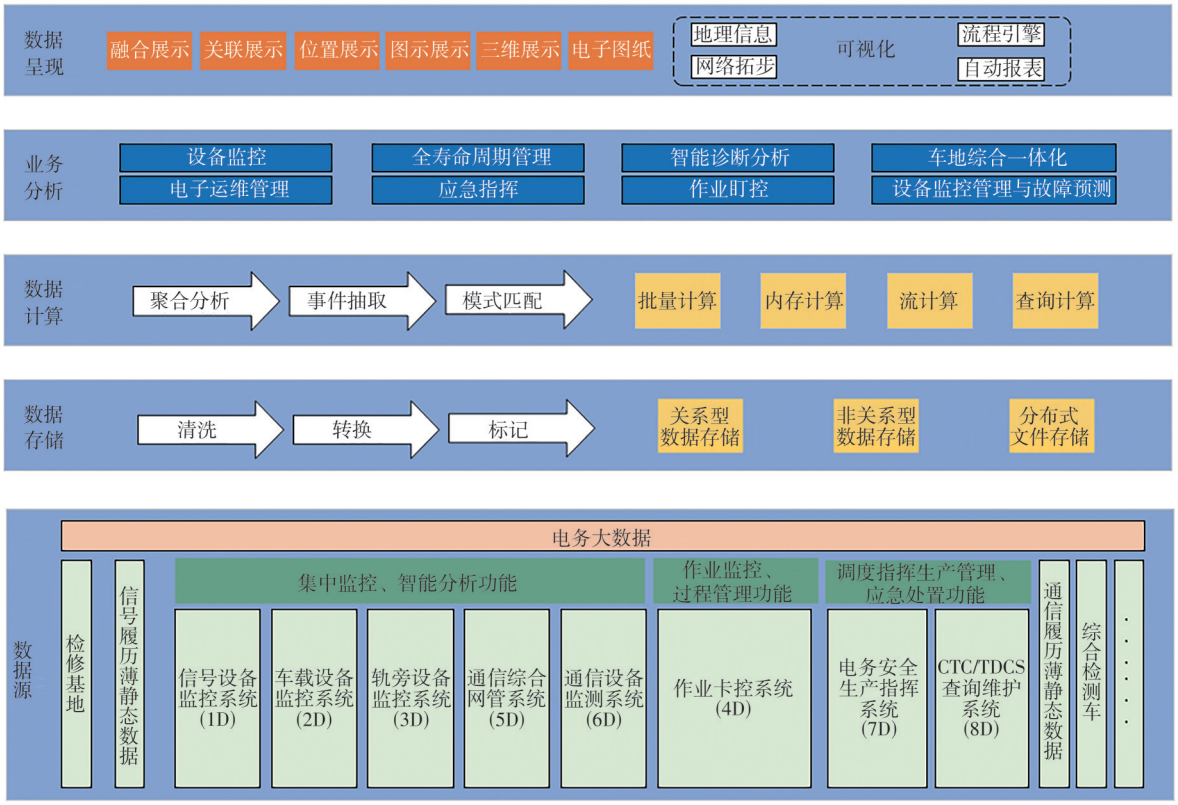


图2　电务设施设备智能运维平台逻辑架构

Fig.2　Logical architecture of intelligent operation and maintenance platform for power facilities and equipment

2.2　数据服务与处理系统

数据服务与处理系统主要是对数据进行处理、集成、抽取、转换和加载，通过多种电务设施设备(如信号集中监测系统、轨旁监测系统等)实时采集动态数据，并支持多种接口协议(如Socket、Corba、WebService)，保证数据的多元化接入。

针对不同类型的数据，系统根据应用需求选择匹配的存储方案。对于结构化数据，如设备台账、运行参数和维护记录等，通常采用关系型数据库管理系统(如MySQL、PostgreSQL或Oracle)进行存储，以保障数据的规范性、可查询性与一致性。对于非结构化数据，如图像、视频、文本日志和传感器原始信号等，系统则集成了分布式文件系统(如HDFS)、对象存储(如Amazon S3)或NoSQL数据库等专门的数据存储技术，以满足其在容量、灵活性与并发访问方面的需求。此外，系统通过构建数据仓库，并在此基础上建立面向特定应用场景的数据集市，为电务大数据分析、状态评估与智能运维等任务提供高效的数据支持，进一步提升数据资产的应用价值与利用效率。数据服务与处理系统如图3所示。

数据服务与处理系统的4个核心模块分别为基础数据管理模块、数据集成模块、数据共享模块和大数据存储与分析模块，彼此间相互依赖、密切协作。基础数据管理模块负责整体协调，确保满足业务需求；数据集成模块从数据管理模块获取数据并进行整合后传递至共享模块；数据共享模块则确保数据可以安全、有效地共享给相关应用；大数据存储与分析模块则负责数据的存储和深入分析，支持各种应用的需求。这些模块的协作实现系统中的数据处理与服务功能，使得数据能够在平台中高效流动，确保各项任务的顺利完成。

(1) 基础数据管理模块。基础数据管理模块主要负责为其他数据服务模块提供统一的协调机制，确保数据服务与处理系统内数据的一致性管理，满足数据治理的要求。它通过设定数据标准和规则，确保不同业务单元间的数据流畅性和正确性，防止数据冗余或矛盾的出现，支持各业务需求高效运作。

(2) 数据集成模块。数据集成模块专注于数据采集与整合工作，涵盖对结构化与非结构化数据的收集、处理与整合。通过跨系统的数据融合，该模块创建了一个统一的数据资源库，为其他功能模块提供基础数据支撑，确保数据的准确性与一致性，为后续的数据分析和应用奠定基础。

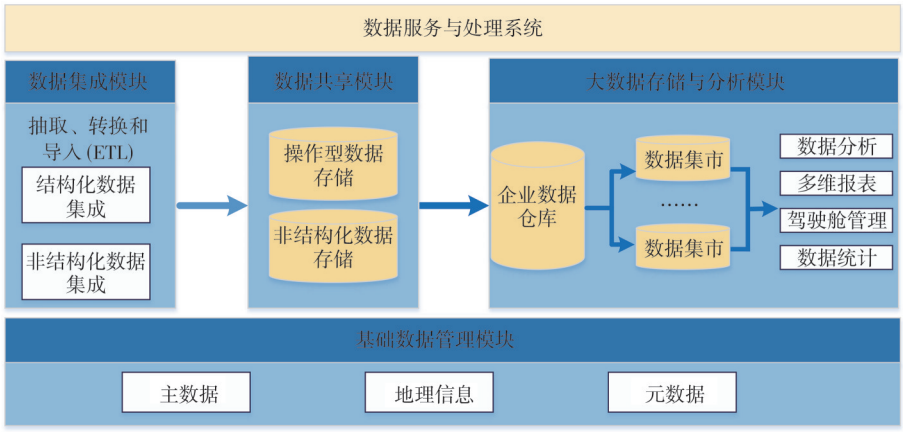


图3　数据服务与处理系统

Fig.3　Data services and processing systems

（3）数据共享模块。数据共享模块负责存储和预处理多种类型的数据，提供高效的查询与访问功能。通过采用关系型数据库和大数据存储技术，它能够满足复杂的计算需求，并提供灵活的数据共享方案，确保数据的安全共享。模块内实施细化到字段级别的权限控制，能够精准地管理不同用户群体的访问权限，进一步提升数据安全性和管理效率。

（4）大数据存储与分析模块。大数据存储与分析模块专为业务用户设计，提供数据统计、存储及可视化展示功能，利用数据仓库和数据集市技术对数据进行整合与深度分析。通过封装算法和可视化工具，模块将数据分析、报告生成及展示操作转化为易用组件，极大提升了用户体验和数据交互效率。这使得用户能够便捷地进行数据探索、决策支持和报告展示，进一步提高了整体的数据分析能力。

2.3　网络与数据安全系统

在智能运维平台中，数据安全至关重要。平台依赖多种技术手段，包括数据加密、访问控制和入侵检测系统等，确保运营数据的安全性与完整性。通过这些技术的协同作用，平台能够有效防止未经授权的访问，保护数据在传输和存储过程中的机密性，增强整体系统的安全性和稳定性，从而保障智能运维过程的可靠运行[15-16]。

2.3.1　数据加密技术

智能运维平台采用了对称加密和非对称加密技术来保护数据安全。对称加密因其高效性，主要用于平台内部大规模数据传输，确保数据的完整性和保密性；非对称加密用于与外部机构的数据交换，通过公钥和私钥机制保障数据在传输过程中的安全性，有效防止数据泄露和篡改。

2.3.2　访问控制技术

平台采用角色基础访问控制(RBAC)和属性基础访问控制(ABAC)技术来保护数据安全。RBAC根据用户角色简化权限管理，适合标准化业务流程；ABAC则通过用户属性和资源属性的匹配，实现更加精细化的权限控制，适合复杂业务场景和跨部门协作，使平台更加灵活且安全性更强。

2.3.3　入侵检测系统

为了防御网络攻击，系统集成了网络入侵检测(NIDS)和主机入侵检测(HIDS)。NIDS负责监控网络流量，识别异常流量并发出预警；HIDS则专注于主机级别的活动检测，防范内部威胁。两者结合，提供了全面的网络与主机安全保护，显著提高了平台对外部攻击和内部异常的防御能力[17]。

2.3.4　安全审计技术

平台通过安全审计技术，对系统内部的安全事件进行持续监控和记录。日志管理系统能够跟踪用户活动，检测异常行为，并通过分析评估其潜在影响。这种审计机制能够帮助系统在安全事件发生时快速响应，及时采取应对措施，从而提升整体的安全管理效率和反应速度。

3　智能运维业务应用

根据重载铁路电务设施设备运维的需求和管理流程，设计了电务智能运维平台，集设备全生命周期管理、实时状态监测、状态评估和安全决策支持等功能模块于一体[18]。

（1）全生命周期设备管理。平台以统一的设备编码体系为基础，构建了设备静态信息库，涵盖设备的技术参数、设计图纸、部件清单、备件更换记录及维

保到期提醒等内容。系统实现从设计制造、安装调试、运行维护到退役报废的全过程信息追溯与数据闭环管理[19]。借助可视化工具与智能查询功能，平台可对接触器、断路器、信号机、电缆分线盒等典型电务设施设备进行精细化管理，有效提升信息完整性与设备履历透明度。

（2）实时状态监测。针对重载铁路运行环境中信号道岔设备工作频繁、负荷较大的特点，平台集成了多源在线监测手段(如电流、电压、振动、温度等传感器数据)，结合GIS地图、拓扑结构与图表界面，实时展示设备运行状态和空间分布[20]。以道岔电动转辙机为例，平台通过持续监测其电流曲线与动作时间，识别出开闭异常趋势，及时发出告警信息并推送维修建议，避免因道岔失效引发的运营中断，显著提升系统的安全性与响应效率。

（3）状态评估。平台构建了融合静态特征、运行参数与环境影响的大数据分析模型，采用机器学习算法对设备健康状态进行动态评估，并支持按设备单元—设备类型—系统层级进行多维度状态综合评价。

（4）安全决策支持。基于设备运行数据与健康评估结果，平台集成故障告警、风险识别与应急响应功能，为维护人员提供智能化的辅助决策支持。通过卫星定位和高精度地图引擎，平台能够快速定位故障点，并联合诊断模型分析可能原因，推送最佳处理方案。特别是在突发通信信号中断场景下，平台可联动调度系统与应急资源，实现从故障识别到指令下达的快速闭环，显著提升重载铁路电务系统的故障处置效率与系统鲁棒性。

4　结束语

随着重载铁路电务设施设备规模的持续扩大，运维保障的需求愈加严峻，传统的运维方式难以应对日益复杂的设备管理和维护挑战，建立智能化运维系统已成为必然选择。智能运维系统通过实现设备资产的数字化管理，整合设备检测与监测功能，提供智能化的决策支持，并且标准化检修作业流程，结合环境状态的可视化监控，确保设备的安全、稳定运行。同时，该系统通过优化资源配置和自动化流程，提高了生产组织效率，显著降低了运维成本，同时提升了设备管理的整体效益。研究围绕重载铁路电务系统智能运维的关键技术路径与典型应用进行了系统梳理与分析，但仍存在一定局限。关于多源异构数据的高效融合机制及其在实际复杂场景中的适应性尚需深入研究，智能运维系统的绩效评估指标体系和量化方法也有待进一步完善。未来研究可进一步聚焦于电务运维大数据的精准建模方法、智能诊断算法的实际适用性检验，以及多层级运维平台的协同机制构建。同时，应加强智能运维与绿色低碳目标的融合研究，探索其在数字化重载铁路转型中的长远价值与发展潜力。

参考文献：

[1] 中国铁路总公司.中国铁路总公司关于印发铁路信息化总体规划的通知:铁总信息〔2017〕152号[A].北京：中国铁路总公司，2017.

[2] 林悦炜.基于语义分析的铁路车载无线通信设备故障分析与预测[D].北京：北京交通大学，2019.

[3] 阿尔文托勒夫.第三次浪潮[M].黄明坚，译.北京：中信出版社，2006.

[4] KENNETH C. Data，Data Everywhere[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems，2010, 27(2)：1−19.

[5] 李　婧.地质大数据发现与信息提取关键技术研究[D].北京：中国地质大学(北京)，2016.

[6] 李学龙，龚海刚.大数据系统综述[J].中国科学(信息科学)，2015，45(1)：1−44.
LI Xuelong，GONG Haigang. A Survey on Big Data Systems[J]. Scientia Sinica(Information)，2015，45(1)：1−44.

[7] 田　昶.大数据领域机构合作对科研产出的影响研究[D].重庆：重庆师范大学，2018.

[8] 杜天军，程　朝，张　强，等.基于云平台的重载铁路智能化应用方案研究[J].铁道货运，2024，42(12)：64−70.
DU Tianjun，CHENG Zhao，ZHANG Qiang，et al. Intelligent Application Scheme for Heavy-Haul Railways Based on Cloud Platform[J].Railway Freight Transport，2024，42(12)：64−70.

[9] 肖锦绣，关　胜.基于BIM技术的铁路信号设计和运维平台研究[J].铁道通信信号，2019，55(2)：38−41.

[10] 中国国际经济交流中心大数据战略课题组.发达国家如何布局大数据战略[R].北京：中国国际经济交流中心大数据战略课题组，2018.

[11] 张茉楠.发达国家布局大数据战略[J].广西经济，2015(6):57−58.

[12] 王　茜.英国大数据战略分析[J].全球科技经济瞭望，2013，28(8)：24−27.
WANG Xi.British State Strategy of Developing Big Data[J]. Global Science，Technology and Economy Outlook, 2013，28(8)：24−27.

[13] 张茉楠.数据开放共享是大数据竞争战略核心[N].上海证券报，2015−10−29(8).

[14] 邓子云，杨子武.发达国家大数据产业发展战略与启示[J].科技和产业，2017，17(6)：8−13，146.
DENG Ziyun，YANG Ziwu.Development Strategy and Inspiration of Big Data Industry in Some Developed Countries[J]. Science Technology and Industry，2017，17(6)：8−13，146.

[15] 李　毅，蔺　伟.NB-IoT物联网技术在铁路中的应用研究[J].铁道通信信号，2019，55(s1)：29−33.

LI Yi，LIN Wei.Research on Application of NB-IoT Technology in Railway[J]. Railway Signalling & Communication，2019，55(s1)：29-33.

[16] 刘　俊. 铁路运输调度现代化发展策略研究[J]. 铁道运输与经济，2025，47(2)：1-5，24.
LIU Jun. Development Strategies of Railway Transportation Dispatching Modernization[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(2)：1-5，24.

[17] 丁　尹.面向电信运维的容量分析与规划方法研究[D].成都：电子科技大学，2021.

[18] CHEN R，LONG W，MAO G，et al. Development Trends of Mobile Communication Systems for Railways[J].IEEE Communications Surveys & Tutorials，2018，20(4)：3131-3141.

[19] 张志春，闫　龙，薛肖遥，等.重载铁路元数据体系建立与管理研究[J]. 铁道货运，2024，42(11)：52-58.
ZHANG Zhichun，YAN Long，XUE Xiaoyao，et al. Establishment and Management of Metadata System for Heavy Haul Railways [J]. Railway Freight Transport，2024，42(11)：52-58.

[20] 杨东盛，尹　明，王高志，等.基于大数据技术的重载铁路电务专业智能运维数据汇集及共享方法研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(11)：39-47.
YANG Dongsheng，YIN Ming，WANG Gaozhi，et al. Intelligent O&M Data Collection and Sharing Method in Heavy-Haul Railway Telecommunication and Signal Field Based on Big Data Technology[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(11)：39-47.

（责任编辑：吴文娟）

Key Technologies of Intelligent Operation and Maintenance Platform for Electrical Facilities and Equipment in Heavy-Haul Railway

MA Junjie[1]，YAN Fan[2]，ZHANG Qiang[2]，JIAO Chen[2]，XUE Xiaoyao[2]，ZHANG Xuechen[2]，TANG Chao[3]

(1. Production Technology Department，Shaanxi Railway and Logistics Industry Group Co.，Ltd.，Xi'an 710000，Shaanxi，China；
2. Production Technology Department，Shaanxi Jingshen Railway Co.，Ltd.，Yulin 719000，Shaanxi，China；3. Transport Command and Information Technology Research Institute，CRSC Research & Design Institute Group Co.，Ltd.，Beijing 100000，China)

Abstract: The intelligent operation and maintenance technology for electrical facilities and equipment is one of the crucial methods to ensure the safe and efficient operation of heavy-haul trains. Based on an analysis of the requirements for intelligent operation and maintenance of electrical facilities and equipment in heavy-haul railways, an integrated platform was proposed, which integrated data service and processing systems with network and data security systems. The platform significantly improved the operational safety and management efficiency of electrical facilities and equipment by adopting digital equipment management, integrated processing of detection and monitoring, intelligent assessment and decision support, standardized maintenance operations, as well as visualized environment monitoring. The platform design incorporated full lifecycle management, real-time status monitoring, health status evaluation, safety decision support, and other functional modules. Additionally, big data, artificial intelligence, and machine learning technologies were employed to further optimize equipment failure prediction, as well as operation and maintenance efficiency.

Keywords: Electrical Facilities and Equipment; Intelligent Operation and Maintenance Technology; Data Service and Processing; Network and Data Security; Decision Support