

铁路信号隐蔽工程可视化管理平台的研究与应用

高宏宇

中国铁路北京局集团公司北京电务段 河北 张家口 075000

摘要：本文聚焦铁路信号隐蔽工程可视化管理平台的设计与应用。鉴于铁路信号隐蔽工程管理面临的复杂挑战，平台融合先进技术，实现了隐蔽工程的全方位三维可视化呈现、精准智能检索以及高效辅助决策等功能。通过构建包含贯通地线、电缆井电缆敷设等关键要素的精确三维模型，显著提升了隐蔽工程管理效率与应急处置能力，对保障国铁电务系统稳定运行和列车安全运营意义重大。

关键词：铁路信号；隐蔽工程；可视化管理平台

1 铁路信号隐蔽工程概述

1.1 隐蔽工程定义

在国铁领域，铁路信号隐蔽工程主要涵盖那些安装于地下、设备内部等不易直接观察和维护的电务系统关键部分。其对于保障铁路信号的稳定传输、列车运行的安全控制起着基础性作用。贯通地线作为铁路信号系统的重要接地设施，沿铁路线路全线敷设，为信号设备提供可靠的接地保护，其施工质量直接关系到信号设备在电磁干扰环境下的正常工作。电缆井电缆敷设涉及在铁路沿线的电缆井中，有序铺设连接信号设备的各类电缆，包括信号电缆、通信电缆等，这些电缆承载着信号传输、设备控制等重要信息。电缆全要素径路图则详细记录了电缆在地下的走向、埋深、分支情况以及与周边设施的相对位置关系，是电缆敷设、维护和故障排查的关键依据。转辙机、列控、联锁、CTC（调度集中系统）等核心电务设备的正常运行，高度依赖这些隐蔽工程的稳定可靠。

1.2 隐蔽工程管理现状

当前，随着我国铁路事业的蓬勃发展，铁路信号隐蔽工程在保障铁路高效、安全运营中的地位愈发凸显。相关部门与电务段等实施单位高度重视隐蔽工程建设，制定了一系列严格的施工规范与标准。在施工过程中，通过强化质量控制与监督流程，确保隐蔽工程符合设计要求。同时，积极引入先进的施工技术与设备，如高精度的电缆敷设设备、智能化的接地电阻测试仪器等，有效提升了施工效率与质量。然而，铁路信号隐蔽工程管理仍存在诸多难题。部分施工团队专业水平参差不齐，缺乏对电务隐蔽工程施工要点的深入理解，施工工艺不规范，导致电缆敷设出现扭曲、接地电阻不合格等问题。施工过程信息化程度较低，难以对贯通地线埋设深度、电缆井内电缆固定情况进行实时监测与数据分析，

无法实现精细化管理^[1]。施工组织协调不足，各工序衔接不顺畅，质量管理存在漏洞，安全管理也存在一定隐患，如电缆井施工未做好防护措施，易引发安全事故。

2 铁路信号隐蔽工程可视化管理平台的技术基础

2.1 三维建模技术

三维建模技术是可视化管理平台的核心支撑。其借助数字孪生理念，将铁路信号隐蔽工程的真实场景，如贯通地线的地下走向、电缆井内部结构及电缆敷设布局等，以高精度三维模型形式在计算机中重现。通过运用专业建模软件，对各类隐蔽工程要素进行细致建模，包括精确模拟电缆的直径、材质特性，以及电缆井的尺寸、内部设施安装位置等。同时，融合地理信息系统（GIS）技术，将隐蔽工程的地理位置信息与三维模型深度结合，实现对铁路沿线信号隐蔽工程的精准定位与空间分析。例如，利用GIS的空间分析功能，可快速查询某一区域内所有电缆井的分布情况，以及贯通地线与周边电力线路的安全距离是否合规。三维建模技术还支持模型的实时交互操作，用户能对模型进行旋转、缩放、剖切等操作，深入了解隐蔽工程内部结构，为施工规划、维护检修提供直观、全面的数据支持。

2.2 物联网技术

物联网技术在铁路信号隐蔽工程可视化管理平台中发挥着关键作用。通过在贯通地线、电缆等隐蔽工程设施上部署各类传感器，如温度传感器、湿度传感器、应力传感器等，实时采集设施运行状态数据。例如，在电缆上安装温度传感器，可实时监测电缆运行温度，一旦温度异常升高，可能预示电缆存在过载或接触不良等故障，系统立即发出预警。借助射频识别（RFID）技术，为电缆井、电缆盘等设备贴上电子标签，实现设备的精准识别与追踪。施工人员或维护人员通过手持RFID读写设备，可快速获取设备的详细信息，如电缆型号、生产

厂家、安装时间等。物联网技术将采集到的数据实时传输至可视化管理平台,结合人工智能算法,对数据进行智能分析,提前预判潜在故障风险,为保障隐蔽工程稳定运行提供有力支撑^[2]。

2.3 数据处理与分析技术

数据处理与分析技术是实现平台智能化管理的核心技术之一。在铁路信号隐蔽工程管理中,平台会采集到海量的原始数据,包括传感器实时数据、施工记录数据、设备档案数据等。数据处理环节通过数据清洗,去除重复、错误数据,统一数据格式,提高数据质量。利用数据转换与集成技术,将不同来源、不同格式的数据整合至统一数据库,便于后续分析。数据分析方面,运用数据挖掘算法,从大量历史数据中挖掘潜在规律,如通过分析电缆故障数据,找出故障高发区域与时间段,为预防性维护提供依据。借助机器学习算法,构建故障预测模型,根据实时监测数据预测电缆、贯通地线等设施的故障概率。统计分析方法则用于对施工进度、质量指标等进行量化分析,生成直观的统计报表与趋势图,为管理人员提供决策支持,助力实现隐蔽工程的精细化、智能化管理。

2.4 可视化展示技术

可视化展示技术是将复杂的铁路信号隐蔽工程数据直观呈现给用户的关键手段。通过运用先进的图表、图形、地图、动画等展示形式,将隐蔽工程的空间位置、结构形态、运行状态等信息生动展现。在实时监控场景中,利用三维可视化技术,将电缆井内电缆敷设情况、贯通地线连接状态等以直观的三维模型形式实时展示,运维人员可清晰观察设备运行状况。在数据分析场景中,通过柱状图、折线图等图表,展示电缆温度、应力等参数随时间的变化趋势,帮助运维人员快速掌握设备运行规律。可视化展示技术还融入交互设计理念,用户可通过鼠标、键盘等设备,对三维模型进行交互操作,如点击电缆查看详细参数、拖动时间轴查看历史数据变化等,极大提升用户对隐蔽工程数据的理解与管理效率。

3 铁路信号隐蔽工程可视化管理平台设计

3.1 平台架构设计

铁路信号隐蔽工程可视化管理平台采用分层架构设计,主要包括表现层、业务逻辑层、数据访问层和基础设施层。表现层作为用户交互界面,运用先进的前端技术,为用户提供简洁、直观、易用的操作界面,支持多终端访问,包括电脑、平板等,方便电务段工作人员随时随地查看与管理隐蔽工程信息。业务逻辑层负责处理各类业务流程,如隐蔽工程信息录入、查询、修改,施

工过程监控策略制定,质量安全问题处理流程等。通过模块化设计,将复杂业务逻辑拆分为独立功能模块,提高系统的可维护性与可扩展性,数据访问层负责与数据库进行交互,实现数据的存储、检索与更新操作,采用高效的数据访问技术,确保数据读写性能,保障平台数据的快速响应;基础设施层提供稳定的网络、高性能服务器、大容量存储等基础支撑,保障平台的稳定运行^[3]。同时,采用微服务架构,将各个功能模块拆分为独立服务,每个服务可独立部署、独立扩展,增强平台的灵活性与可靠性。

3.2 功能模块设计

3.2.1 隐蔽工程信息管理模块:该模块集中管理铁路信号隐蔽工程的详细信息,包括贯通地线的规格、埋设深度、连接方式,电缆的型号、长度、敷设路径,以及电缆井的位置、尺寸、内部结构等信息。支持信息的录入、查询、修改与删除操作,为平台提供准确的基础数据。

3.2.2 施工过程监控模块:通过集成视频监控、传感器数据采集等技术,对隐蔽工程施工过程进行全方位实时监控。实时获取电缆敷设进度、贯通地线埋设质量等信息,如利用传感器监测电缆敷设过程中的拉力,确保敷设过程符合规范,保障施工质量与安全。

3.2.3 质量安全管理模块:对施工过程中的质量问题与安全隐患进行记录、跟踪与处理。建立质量问题库与安全隐患库,对发现的问题进行分类管理,明确整改责任人与整改期限,确保隐蔽工程施工符合相关质量标准与安全规范。

3.2.4 维护管理模块:负责制定与执行隐蔽工程的维护计划,记录维护工作详情,包括维护时间、维护内容、维护人员等信息。通过对维护数据的分析,优化维护策略,提高隐蔽工程的维护效率与可靠性。

3.2.5 统计分析模块:对平台积累的各类数据进行统计分析,生成报表与图表,如电缆故障统计分析、施工进度分析、维护成本分析等。为管理人员提供数据洞察,辅助决策制定,提升隐蔽工程管理的科学性。

各功能模块之间通过标准化接口进行数据交互与协作,实现信息共享与业务流程贯通。同时,设置灵活的权限管理功能,根据用户角色(如施工人员、运维人员、管理人员)分配不同操作权限,保障平台数据安全。

3.3 数据库设计

数据库设计是平台稳定运行的关键环节。采用关系型数据库,精心设计多张数据表存储不同类型数据。例如,创建“贯通地线信息表”,记录贯通地线的规格、材质、埋设位置、施工单位、施工时间等信息;“电缆

信息表”存储电缆的型号、长度、起点与终点位置、连接设备等数据；“电缆井信息表”涵盖电缆井的地理位置、尺寸、内部设施布局等内容。建立合理的索引与约束条件，优化数据查询性能，确保数据完整性与一致性。同时，制定完善的备份与恢复策略，定期对数据库进行全量与增量备份，在发生数据丢失或损坏时，能迅速恢复数据，保障平台数据安全与稳定。

4 铁路信号隐蔽工程可视化管理平台实现

4.1 开发环境与工具

平台开发选用成熟、高效的开发环境与工具。采用主流集成开发环境（IDE），其丰富的插件与便捷工具，大幅提升开发效率。编程语言选择支持跨平台开发的类型，确保平台可在不同操作系统上稳定运行。使用专业三维建模软件创建高精度隐蔽工程三维模型，其强大建模功能与丰富模型库，满足对模型细节与精度要求。选用性能卓越的数据库管理系统，保障数据存储、管理的高效性与安全性，为平台稳定运行提供坚实技术支撑。

4.2 三维模型的创建与导入

创建铁路信号隐蔽工程三维模型时，首先组织专业人员对现场进行详细勘查，收集贯通地线、电缆、电缆井等设施的准确数据。运用三维建模软件，依据勘查数据，通过精确绘制草图、拉伸、旋转等操作，构建逼真三维模型。对模型进行纹理贴图与光影效果处理，使其更贴合实际场景。完成建模后，将模型导入平台。针对导入模型，进行格式转换与优化处理，确保模型在平台中兼容性良好、交互流畅，为后续实时渲染与交互功能实现奠定基础^[4]。

4.3 实时渲染与交互功能的实现

借助先进图形渲染引擎，实现隐蔽工程三维模型的实时渲染，呈现清晰、逼真的模型效果。设计简洁、易用交互界面，用户可通过鼠标、键盘等设备，对模型进行灵活旋转、缩放、平移操作，全方位查看隐蔽工程结构；提供丰富交互功能，如点击模型元素查看详细属性，在模型上添加标注用于记录重要信息，选择特定区域进行数据分析等，满足用户对隐蔽工程深入了解与管理需求，提升平台使用体验与管理效率。

4.4 数据更新与同步机制

为确保平台数据准确、实时，建立多源数据更新机

制。与电务段施工管理系统、设备监测系统等数据源对接，定期获取最新隐蔽工程施工进度、设备运行状态等数据。设计严格数据校验与清洗流程，对获取数据进行质量把控，去除错误、重复数据；在数据同步方面，采用增量同步与全量同步结合方式。增量同步实时更新平台数据，保障数据及时性；全量同步定期或按需对平台数据全面更新，确保数据完整性，为平台稳定运行提供可靠数据支持。

4.5 平台测试与优化

平台开发完成后，开展全面测试与优化工作。设计详细测试用例，覆盖平台各项功能，包括隐蔽工程信息管理、施工监控、质量安全管理等，模拟多种测试场景，检验平台稳定性与可靠性；根据测试结果与用户反馈，对平台进行优化。在性能优化方面，改进渲染算法、优化数据传输方式，提升平台运行效率与响应速度；在功能完善方面，依据用户需求与使用习惯，优化用户界面设计、改进交互方式，提高平台易用性与用户体验。通过全面测试与优化，确保平台稳定、高效运行，为铁路信号隐蔽工程管理提供有力工具。

结束语

铁路信号隐蔽工程可视化管理平台的研究与应用，为铁路电务系统隐蔽工程管理带来革新。通过融合先进技术，实现隐蔽工程的高效管理与智能运维，有力推动铁路信息化、智能化进程。未来，随着技术持续进步，平台将不断拓展功能，在保障铁路安全运营中发挥更为关键的支撑作用，为我国铁路事业高质量发展注入新动力。

参考文献

- [1]王鑫.新时期关于铁路信号施工中BIM技术的运用[J].中华建设,2021(7):142-143.
- [2]丁茂廷,赵有明,柯在田.基于新一代信息技术的重载铁路工务设备智能运维系统总体架构研究[J].铁道建筑,2022,62(8):12-18.
- [3]张昭振.基于BIM的智能建筑可视化运营管理平台研究与应用[J].城市住宅,2020,27(7):5-27.
- [4]邹建平,李雁,朱明,等.基于BIM的城乡建设工程智慧建设平台框架搭建研究[J].中国建设信息化,2020,5(10):4-6.