

BIM技术在山区高速公路隧道资产可视化管理中的应用

任春艳

(贵州高速公路集团有限公司都匀营运管理中心, 贵州 黔南州 558000)

摘要: 贵州山区高速公路具有桥隧比高、地质条件复杂、气候多变等显著特征, 隧道资产管理的难度与风险远高于平原地区。本文立足都匀营运中心所辖路段实际, 结合 G7611 都香高速(都匀段)智能隧道远程值守系统试点经验与 BIM 技术应用实践, 探讨 BIM 技术在山区高速公路隧道资产可视化管理中的应用路径。研究提出, 通过构建 BIM+GIS 融合的数字孪生平台, 将隧道结构、机电设备、监测数据等信息集成于三维模型, 可实现资产清册可视化、运维管理精准化、应急响应智能化。结合都匀营运中心智能隧道远程值守系统已取得的实际成效, 论证了 BIM+物联网融合技术对提升山区隧道资产管理效率和安全保障能力的现实价值。

关键词: BIM 技术; 山区高速公路; 隧道资产; 可视化管理

中图分类号: U447 **文献标识码:** A **文章编号:** 3134-9803(2026)04-0004-03

截至2024年底, 全国公路隧道数量已达28724处, 总长度超过32596.6千米。贵州作为全国唯一没有平原支撑的省份, 高速公路建设“逢山开隧、遇水架桥”, 隧道工程在路网结构中占据举足轻重的地位。都匀营运中心作为贵州高速公路集团有限公司下属分公司, 成立于2017年11月, 承担G60沪昆高速、G75兰海高速、G76厦蓉高速、G7611都新高速4条国高线的营运管养任务, 管辖总公里数为654公里, 其中G76厦蓉高速桥隧比高达62%, 新建高速G7611都新高速桥隧比44%, 整体面临桥隧比高、地质复杂、气候多变的核心运维挑战。

长期以来, 山区高速公路隧道资产管理以二维图纸和纸质台账为主要载体, 信息传递不畅、查询效率低下、数据更新滞后等问题突出。隧道内种类繁多、分布分散, 传统管理方式难以实时掌握设备运行状态, 更无法实现资产全生命周期的动态跟踪。当前, 传统的高速公路运营养护管理方法和模式已很难适应现代养护管理需求, 亟须建设一套一体化、智能化、数字化的高速公路运营养护平台^[1]。

近年来, 都匀营运中心在隧道智慧管养方面已迈出实质性步伐。2023年, 中心聚焦智慧管养目标, 创新研发了智能隧道远程值守系统, 率先在G7611都香高速(都匀段)隧道值守点进行试点运用, 并于2024年正式启用。截至当前, 该系统已累计设立隧道远程值守点52个、智能值守设备572套, 构建起一套智慧化、数字化、安全化和合理化的全新值守体系。这一实践为BIM技术的进一步引入奠定了坚实基础。

建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)

技术以三维数字化模型为载体, 集成了建筑工程全生命周期的几何信息、物理信息与功能信息。将BIM技术引入山区高速公路隧道资产管理, 有望在现有智能值守系统基础上, 实现从“设备状态监测”到“资产全息可视”的跨越式升级。

1 山区高速公路隧道现实挑战

1.1 资产体量大、种类杂, 清册管理困难

都匀营运中心辖区高速公路需承担隧道路面、照明系统、通风系统、消防设施、交通标志等大量资产的管理维护工作。传统资产管理依赖Excel台账和二维图纸, 资产信息分散于不同部门和系统, 查询时需要翻阅大量文档, 管理效率低下。

该平台以BIM为核心, 改变了传统高速公路道路、桥梁、隧道等高速公路全资产运营管理的沟通方式, 所有的沟通、协同、数据交换等都通过BIM的方式进行, 实现高速公路全资产运营管理信息的交互共享, 加快信息流的速率, 提高决策效率, 实现智能化、扁平化管理。

1.2 地质条件复杂, 安全隐患突出

贵州山区岩溶发育, 隧道施工与运营面临特殊挑战。需落实“早发现、早预防、早处置”原则。然而, 传统巡检方式主要依靠人工目视检查和定期检测, 难以实现结构状态的连续监测和早期预警。

BIM+GIS融合建模技术通过整合BIM的精细化三维建模能力与GIS的空间地理分析能力, 实现了隧道工程从设计、施工到运维的数字化、可视化和智能化管理。将隧道内部细节与外部环境统一在三维空间中,

形成“地上地下、宏观微观一体化”的数字底座。

1.3 设备运维响应时效要求高

2025年6月,中心对智能隧道远程值守系统进行了优化升级,新增视频智能分析功能,可自动识别设备仪表数据异常、周界入侵等并智能弹窗提示,预警准确率提升至90%。然而,应急响应的前端——资产状态的精准定位和可视化呈现,仍需BIM等更精细化的信息手段支撑。

研究表明,基于BIM与数字孪生技术融合建立数字孪生养护运管系统,优化智慧隧道运维管理平台,可实现运维信息的有效共享与高效整合,保障数据的可靠性和完整性,显著提高运维工作效率,同时有效降低管理成本^[2]。

2 BIM技术在隧道资产可视化管理中的应用框架

2.1 总体架构

山区高速公路是典型的线性工程,具有“点多线长、结构复杂、与地形地貌结合紧密”的特点。单一BIM模型难以表达隧道与周边地理环境的空间关系,而单一GIS又无法呈现隧道内部设施设备的精细结构。因此,BIM+GIS的融合是山区隧道资产可视化管理的技术基础。

该平台架构可分为三层,如图1所示。

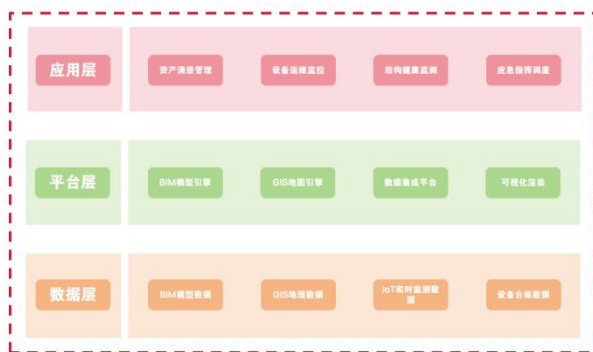


图1 平台总体架构

2.2 参数化建模

山区隧道具有断面形式多样、衬砌类型复杂、支护参数随地质条件变化等特点。BIM参数化建模的核心思路是将隧道形状、尺寸、材料等属性与模型参数关联,通过调整参数即可快速生成不同设计方案的模型。

具体到都匀营运中心所辖隧道,可将衬砌厚度、支护形式、锚杆间距等关键参数纳入模型驱动,确保模型既反映设计信息,又能承载运营期的检测数据。

2.3 可视化呈现

可视化呈现具体体现在三个层面:

资产清册可视化:隧道内每一类设施设备的三维

模型中有明确位置标识,点击即可查看设备编号、规格型号、安装日期、维保记录等全生命周期信息。资产盘点从“翻阅台账”变为“漫游查询”。

运维状态可视化:通过数据采集网关(支持Modbus、RS232、RS485等协议接口),获取风机、照明、火灾报警等子系统实时数据,在BIM模型中以颜色、图标等方式动态展示设备运行状态。例如,正常设备显示绿色,故障设备闪烁红色。

结构健康可视化:将拱顶沉降监测、净空收敛监测、衬砌应变监测等数据与BIM模型关联,通过颜色渐变方式展示隧道不同部位的结构状态。

3 典型应用场景

3.1 隧道资产管理

都匀营运中心已通过智能隧道远程值守系统,对52个值守点的572套设备实现了数据化监控。在此基础上,若将BIM模型作为可视化底座,管理人员可直观查看每套设备在隧道中的精确位置、安装信息和运行历史,设备管理将从“列表式查询”升级为“空间化漫游”。

3.2 设备运维智能预警

都匀营运中心已有良好的物联网感知基础——智能隧道值守系统依托视频监控、温湿度检测器、油位传感器、压力传感器等“感官神经”,对值守点周界环境与设备状态进行全天候智能监测。若将这些感知数据与BIM模型关联,当设备参数异常时,系统可在模型中自动高亮定位并推送告警,实现“预警—定位—处置”的闭环管理。据统计,该系统每年为G7611都香高速节省值守成本约275.84万元,已累计节省值守成本442.8万元。

3.3 应急指挥辅助决策

隧道发生火灾或交通事故时,BIM平台可快速调用事故点附近消防设备位置、逃生通道布局、通风系统状态等信息,为指挥决策提供直观支持。以上海市北横通道工程为例,其数字化管理体系展示了BIM技术在应急管理中的实际应用,包括BIM与GIS的工程信息协同管理平台,有效支撑了隧道运营管理^[4]。都匀营运中心也已建立“指令下发—现场响应—处置反馈”的闭环应急机制。BIM平台的引入将进一步缩短应急响应时间——当系统预警时,指挥人员可立即在三维模型中查看事故点周边设备分布,精准调度最近资源。

4 结论

BIM技术在山区高速公路隧道资产可视化管理中的应用,不仅是技术手段的升级,更是管理理念的革

新。它将隧道资产从抽象的图纸和台账还原为可视、可查、可分析的三维数字孪生体，使管理者能够“看得见、管得准、响应快”。对于都匀营运中心而言，优势在于已经拥有扎实的物联网感知基础——52个值守点、572套智能设备、累计节省成本442.8万元的实践成效，为BIM技术的引入提供了丰富的数据资源和成熟的管理机制。隧道数字化、智能化时代已经来临，建立统一、规范的数据库标准，通过数字化手段改变决策方式意义重大^[6]。依托贵州山区丰富的隧道管理实践，探索BIM在运维阶段的深度应用，既有现实需求，也有先行优势。未来，随着BIM+GIS+IoT技术进一步融合，隧道资产管理将向更加智能化、精细化的方向演

进，为山区高速公路安全运营提供坚实保障。

参考文献：

- [1] 董剑, 阙飏, 唐燕斌, 等. 基于 BIM+GIS 的全寿命周期养护管理平台 [J]. 中国交通信息化, 2022 (2): 32-35.
- [2] 唐嘉骏. 山岭隧道智慧化建设与运维——以重庆市为例 [J]. 城市道桥与防洪, 2025 (9): 257-263.
- [3] 翁开翔. 道路隧道智慧运维管理平台优化及应用 [J]. 工程技术研究, 2025, 10 (19): 138-140.
- [4] 尹富秋. 城市超大隧道数字化管理体系建设与实践 [J]. 中国市政工程, 2025 (6): 81-85+140-141.
- [5] 周萌. 隧道设计与施工数字化平台搭建研究 [J]. 铁道建筑技术, 2024 (6): 88-90+140.

Application of BIM Technology in Visual Asset Management of Expressway Tunnels in Mountainous Areas

Ren Chunyan

(Duyun Operation Management Center, Guizhou Expressway Group Co., Ltd., Qiannan Prefecture, Guizhou 558000)

Abstract: Mountainous expressways in Guizhou feature high bridge-tunnel ratios, complex geology, and variable climates, making tunnel asset management more difficult and risky than in plain areas. Based on practices at the Duyun Operation Center and the pilot intelligent tunnel remote monitoring system on the G7611 Duyun - Xiangcheng Expressway (Duyun section), this paper explores the use of BIM for visual management of tunnel assets. It proposes a BIM+GIS digital twin platform that integrates structural, equipment, and monitoring data into 3D models to enable visualized inventories, precise maintenance, and intelligent emergency response. The practical results of the intelligent monitoring system demonstrate that BIM+IoT integration enhances asset management efficiency and safety assurance in mountainous tunnels.

Keywords: BIM technology; mountainous expressway; tunnel assets; visualized management