

# 山区高速公路BIM技术全生命周期应用研究

田 鑫

中铁长江交通设计集团有限公司 重庆 401121

**摘要：**山区高速公路建设受复杂地形、地质及生态环境等因素制约，面临诸多难题。BIM技术作为建筑信息模型技术，具有可视化、协同性、模拟性及全生命周期管理等显著特点。本文探讨了BIM技术在山区高速公路全生命周期的应用，涵盖规划设计、施工准备、施工及运维阶段，包括地形数据处理、方案比选、施工模拟、设施管理等具体应用场景。提出了强化技术研发、推进人才培养、优化项目管理与协同机制等措施，旨在为山区高速公路建设提供技术支持与决策参考，推动行业技术进步。

**关键词：**山区高速公路；BIM技术；全生命周期应用；措施

引言：山区高速公路作为连接偏远地区与外界的重要交通纽带，对于促进区域经济发展、改善民生具有不可替代的作用。但山区复杂的地形地貌、恶劣的地质条件以及脆弱的生态环境，给高速公路的建设带来了巨大的挑战。传统的建设方式在应对这些挑战时，往往存在信息沟通不畅、施工效率低下、质量安全隐患等问题。BIM技术作为一种先进的工程信息集成管理技术，为山区高速公路建设提供了全新的解决方案。

## 1 BIM技术与山区高速公路概述

### 1.1 BIM技术原理与特点

BIM技术即建筑信息模型，是一种基于数字化三维模型的工程信息集成管理技术。它以数据为核心，将工程项目全生命周期内的几何信息、功能特性、施工工艺、运维管理等各类信息整合至统一模型之中，通过参数化设计实现数据的动态关联与实时更新。其核心原理在于构建一个可视化、参数化、数据化的三维模型平台，使项目各参与方能够基于同一数据源协同工作，打破信息孤岛，提升项目管理效率。BIM技术具备多项显著特点。其一为可视化，通过三维模型将抽象的工程设计方案具象呈现，使设计意图直观展现，便于各方沟通交流；其二是协同性，支持多专业、多参与方在同一平台上协同设计、施工与管理，实现信息实时共享与交互，有效避免因信息传递不畅导致的设计冲突与施工错误；其三为模拟性，能够对工程建设的施工进度、成本预算、安全风险、环境影响等进行虚拟模拟，提前预判问题并优化解决方案；其四是全生命周期管理，可整合从规划设计、施工建造到运营维护各阶段的数据，为项目全生命周期提供数据支持与决策依据。

### 1.2 山区高速公路特点及建设难点

山区高速公路受复杂地形地貌、地质条件及生态环

境的制约，呈现出显著特点与建设难点。在地形地貌方面，山区地势起伏大、沟壑纵横，导致路线选线困难，需频繁跨越深谷、河流，桥梁、隧道占比高，增加了工程建设的难度与施工风险。地质条件上，山区常存在滑坡、泥石流、岩溶、高填深挖等不良地质现象，对路基稳定性、桥梁基础设计等提出严峻挑战，容易引发工程安全事故与质量隐患。山区生态环境脆弱，植被覆盖率高、生物多样性丰富，工程建设需严格遵循生态保护要求，在施工过程中如何减少对生态环境的破坏，实现工程建设与生态保护的平衡，是山区高速公路建设面临的重要难题<sup>[1]</sup>。山区交通不便，物资运输成本高，施工设备与材料进场困难；施工场地狭窄，大型机械设备施展空间受限，施工组织与管理难度大；且山区气候条件复杂多变，如暴雨、大雾、冰冻等恶劣天气频发，严重影响施工进度与安全。

## 2 山区高速公路BIM技术全生命周期具体应用

### 2.1 在山区高速公路规划设计阶段应用

在山区高速公路规划设计阶段，BIM技术凭借其强大的数据处理与可视化能力，为复杂地形下的选线设计与方案优化提供了高效解决方案，具体应用如下（1）在地形数据采集与处理方面。传统的测量方式难以满足山区复杂地形的高精度要求。而利用激光扫描、无人机倾斜摄影等技术，可快速获取山区地形的三维点云数据，将其导入BIM软件后，能够生成高精度的三维地形模型。在山区高速公路项目中，通过无人机倾斜摄影获取数据，建立的BIM地形模型不仅精确还原了山地、河流、植被等地形地貌特征，还能叠加地质勘察数据，为后续设计提供全面、准确的基础信息。（2）路线方案比选与优化。基于BIM模型，设计师可进行多方案的可视化设计，通过动态漫游功能，直观感受不同路线方案的空间走向与地

形适配度。利用BIM的碰撞检查功能，能自动检测路线与山体、桥梁、隧道等构件之间的潜在冲突，优化路线设计。BIM模型还可结合交通流量、工程造价等指标，对路线方案进行综合评估，选出最优方案。（3）多专业协同设计。山区高速公路涉及道路、桥梁、隧道、交通工程等多个专业，传统设计模式下各专业间信息传递不畅，容易出现设计冲突。而在BIM平台上，各专业设计师可基于同一模型进行协同设计，实时共享设计信息。（4）工程量计算与造价估算。BIM模型具有参数化特性，能够自动统计道路、桥梁、隧道等构件的工程量，如土石方量、混凝土用量、钢材用量等。结合造价信息数据库，可快速生成项目的初步造价估算。相较于传统的手工计算，BIM技术提高了工程量计算的准确性，还能实现工程量与造价的动态关联，当设计方案发生变更时，可实时更新工程量与造价数据，为项目投资决策提供可靠依据。

## 2.2 在山区高速公路施工准备阶段应用

施工准备阶段，BIM技术在此阶段的应用具体如下：

（1）施工场地布置规划。山区施工场地空间有限，且地形复杂，传统的二维图纸难以全面展示场地布局。利用BIM技术建立三维施工场地模型，可直观呈现施工场地的地形地貌、周边环境以及施工设施的空间关系。通过对施工场地的科学规划，合理安排办公区、生活区、材料堆放区、机械设备停放区等功能区域，优化材料运输路线，减少二次搬运。（2）施工方案模拟与优化。山区高速公路施工技术难度大，施工工艺复杂，需要提前对施工方案进行模拟验证。利用BIM技术的4D模拟功能，将施工进度计划与三维模型相结合，模拟整个施工过程，直观展示各施工工序的时间节点与空间位置关系。通过模拟，可提前发现施工过程中可能出现的问题，如工序衔接不合理、施工机械碰撞等，并及时优化施工方案。（3）施工进度计划制定。基于BIM模型，结合施工工艺与资源配置情况，制定详细的施工进度计划。通过4D施工进度模拟，将实际进度与计划进度进行对比分析，及时发现进度偏差并采取调整措施。BIM模型还可实现施工进度计划的动态管理，当施工条件发生变化时，可快速调整进度计划，保证项目按时完成。（4）施工资源配置与管理。利用BIM模型的工程量统计功能，准确计算施工所需的人力、材料、设备等资源用量，并结合施工进度计划，制定合理的资源供应计划。通过BIM技术对资源进行动态管理，实时监控资源的使用情况，避免资源浪费与短缺<sup>[2]</sup>。如在路面施工中，利用BIM技术对沥青混凝土的用量进行精确计算与监控，有效控制了材料成本，同时

保证了施工质量。

## 2.3 在山区高速公路施工阶段应用

施工阶段是山区高速公路建设的核心环节，以下BIM技术的具体应用能够实现施工过程的精细化管理，提高施工质量与安全水平。（1）施工过程可视化管理。通过建立施工阶段的BIM模型，将施工图纸、施工方案等信息集成到模型中，施工人员可通过移动终端随时随地查看施工部位的详细信息，包括设计要求、施工工艺、质量标准等。利用BIM模型的可视化特性，管理人员可直观了解施工进度，及时发现施工中的问题并采取解决措施。（2）施工进度与质量管理。利用BIM技术的进度跟踪功能，通过现场拍照、传感器数据采集等方式，实时获取施工进度信息，并与BIM模型中的计划进度进行对比分析。当发现进度滞后时，可及时调整施工方案与资源配置，保证施工进度。在质量管理方面，将质量验收标准与BIM模型相结合，施工人员在施工过程中可对照模型进行质量自检，管理人员也可通过模型对施工质量进行检查与验收。（3）施工安全管理。利用BIM技术建立施工安全风险模型，对施工过程中的高风险作业进行识别与评估，如高空作业、深基坑施工、隧道开挖等。通过BIM模型模拟安全事故发生场景，制定相应的预防措施与应急预案，并对施工人员进行安全培训。利用BIM技术对施工现场的安全设施进行管理，如防护栏杆、安全网、警示标志等，确保安全设施的合理布置与有效使用。（4）施工变更管理。在山区高速公路施工过程中，由于地质条件变化、设计不合理等原因，往往会产生施工变更。利用BIM技术对施工变更进行管理，可直观评估变更对工程进度、成本、质量的影响。通过建立变更前后的BIM模型对比，分析变更的必要性与可行性，为变更决策提供依据。利用BIM技术及时更新施工图纸与施工方案，确保施工人员准确了解变更内容，避免因变更信息传递不畅导致的施工错误。

## 2.4 在山区高速公路运维阶段应用

运维阶段是山区高速公路全生命周期的重要组成部分，以下BIM技术的具体应用能够实现高速公路设施的智能化管理，提高运维效率与服务水平。（1）设施设备管理。将高速公路的桥梁、隧道、收费站、监控设备等设施设备信息录入BIM模型，建立设施设备数据库，实现设施设备的全生命周期管理。通过BIM模型，运维人员可直观查看设施设备的位置、规格、型号、使用状态等信息，制定合理的维护计划。（2）病害监测与评估。利用传感器、无人机巡检等技术，实时采集高速公路的结构变形、裂缝、路面破损等数据，并将数据集成到BIM模型

中。通过对数据的分析处理,实现对高速公路病害的实时监测与评估。如在山区高速公路的隧道运维中,通过在隧道内安装位移传感器、应变传感器等设备,实时监测隧道结构的变形情况,利用BIM模型对监测数据进行分析,及时发现隧道结构的安全隐患,并采取相应的加固措施。(3)应急管理决策支持。利用BIM技术建立高速公路应急管理模型,模拟火灾、交通事故、山体滑坡等突发事件场景,制定相应的应急预案。在突发事件发生时,通过BIM模型快速获取事件发生位置、周边环境、设施设备状态等信息,为应急决策提供支持。例如,在某山区高速公路发生山体滑坡事故时,利用BIM模型迅速确定滑坡影响范围、受影响路段及周边交通状况,为救援方案的制定与实施提供了准确的数据支持,有效缩短了救援时间,减少了事故损失。(4)全生命周期数据管理。整合山区高速公路从规划设计、施工建造到运维阶段的数据,建立全生命周期数据库。通过对数据的分析挖掘,为高速公路的养护维修、升级改造提供决策依据。如通过对施工阶段的BIM模型数据与运维阶段的监测数据进行对比分析,可评估工程建设质量,为后续类似项目的设计与施工提供经验借鉴<sup>[3]</sup>。利用全生命周期数据,还可实现对高速公路碳排放的监测与评估,推动绿色公路建设。

### 3 加强山区高速公路 BIM 技术全生命周期应用的措施

#### 3.1 强化技术研发与创新应用

针对山区复杂地形数据处理难题,加强BIM软件与地理信息系统无人机测绘等技术的深度融合,开发适用于山区的高精度建模与分析工具。鼓励企业与科研机构合作,研究BIM技术在山区高速公路特殊结构物设计施工中的优化算法与模拟技术,提升技术应用的精准度。建立BIM数据共享平台,实现不同软件间的数据互通,打破技术壁垒,提高数据流转效率。

#### 3.2 推进专业人才培养体系建设

构建“高校教育+在职培训+实践锻炼”的多层次人才培养模式。高校应开设BIM技术与山区交通工程相结

合的专业课程,培养具备BIM技术应用能力的复合型人才;企业定期组织BIM技术培训,邀请行业专家分享山区项目实践经验,提升从业人员的实操技能;设立BIM技术应用实训基地,通过实际项目锻炼人才,增强其解决复杂问题的能力,缓解人才短缺现状。

#### 3.3 优化项目管理与协同机制

建立以BIM技术为核心的项目管理体系,明确各参与方在全生命周期中的职责与协作流程。采用项目管理信息系统与BIM平台集成的方式,实现进度、质量、安全等管理数据的实时共享与协同<sup>[4]</sup>。推行全过程咨询服务模式,由专业团队统筹协调设计、施工、运维等阶段的BIM应用工作,减少信息传递损耗,提升项目整体管理效率。

结束语: BIM技术在山区高速公路全生命周期的应用,为解决山区高速公路建设中的难题提供了有效的技术手段。从规划设计阶段的精准选线与方案优化,到施工准备阶段的科学规划与模拟验证,再到施工阶段的精细化管理以及运维阶段的智能化维护, BIM技术贯穿了山区高速公路建设的全过程,显著提高了工程建设的效率、质量和安全水平。未来需要进一步加强技术研发与创新应用,推进专业人才培养体系建设,优化项目管理与协同机制,不断推动BIM技术在山区高速公路建设中的广泛应用,为山区高速公路建设的高质量发展注入新的动力。

#### 参考文献

- [1]朱勇锋,李世俭. BIM技术在高速公路全生命周期中的应用[J]. 价值工程,2024,43(7):141-143.
- [2]唐昌华. BIM技术在高速公路施工安全管理中的应用[J]. 中华传奇,2023(16):187-189.
- [3]刘育贝. BIM在高速公路机电工程全生命周期管理的应用[J]. 工程技术发展,2021,2(1):39-40.
- [4]李敬中,李劲松,雷海燕,乔桩,郑云水. 基于BIM的建设项目全生命周期工程管理系统设计与应用[J]. 铁路计算机应用,2021,30(10):41-46.