

基于BIM技术的山区高速公路地质勘察应用

田鑫

中铁长江交通设计集团有限公司 重庆 401121

摘要：山区高速公路建设面临地形复杂、地质条件多变等挑战，地质勘察作为工程建设的基础，其准确性和可靠性至关重要。本文阐述BIM技术在山区高速公路地质勘察应用的优势，介绍了基于BIM技术的地质勘察流程。探讨了BIM技术在山区高速公路地质勘察中的具体应用，如地形地貌与地质构造可视化分析、不良地质体识别与风险评估、勘察方案优化与动态调整、与设计施工阶段的数据衔接、地质灾害模拟与预警及多专业协同与知识管理等，提出提升BIM技术应用效果的策略，旨在为山区高速公路建设提供科学依据和技术支持。

关键词：山区高速公路；BIM技术；地质勘察流程；应用

引言：传统地质勘察方式在山区复杂环境下存在诸多局限性，难以满足现代工程建设需求。BIM技术凭借其强大的三维建模、可视化、协同作业等功能特性，为山区高速公路地质勘察带来了新的机遇。通过整合多源信息，构建高精度三维地质模型，BIM技术能够直观呈现地质情况，精准识别不良地质体，优化勘察方案，实现各阶段数据无缝衔接。

1 BIM技术应用于山区高速公路地质勘察的优势

在山区高速公路地质勘察领域，BIM技术凭借其独特的功能特性，相较于传统勘察方式展现出以下优势：

(1) 提升勘察精度与准确性。山区地形复杂，地质条件多变，传统勘察手段易受环境限制，数据获取存在局限性。BIM技术通过整合钻孔数据、物探资料、遥感影像等多源信息，利用先进的建模算法构建高精度三维地质模型，能够精准呈现地层结构、岩性分布和地质构造，避免因信息缺失或误差导致的勘察偏差，为工程设计提供可靠的数据支撑。(2) 增强可视化效果与空间分析能力。传统二维图纸难以直观展现山区复杂的空间关系，而BIM三维模型可将地质信息以立体、动态的形式呈现。工程师能从多角度观察地质体，清晰识别不良地质体的位置和特征，如断层、溶洞等，还可模拟地质演化过程，深入分析地质条件对工程的影响，从而更科学地制定勘察与设计方​​案。(3) 优化协同作业与信息共享。山区高速公路地质勘察涉及地质、测绘、设计等多个专业，传统模式下信息传递效率低，易出现沟通不畅。BIM技术构建的协同平台，实现了数据的实时共享与交互，各专业人员可基于同一模型协同工作，及时交换意见，避免信息孤岛，提高勘察效率和团队协作效率。(4) 助力全周期管理与成本控制^[1]。BIM模型包含丰富的地质勘察信息，可直接应用于设计、施工阶段，实现数据的无缝

传递，减少因信息不一致导致的设计变更和施工风险。

2 基于BIM技术的山区高速公路地质勘察流程

2.1 数据采集与预处理

在基于BIM技术的山区高速公路地质勘察中，数据采集与预处理是构建精确BIM地质模型的基础，直接关系到后续勘察工作的准确性与可靠性。山区地形复杂、地质条件多变，数据采集需综合运用以下多种技术手段，获取多源信息。(1) 利用全球定位系统(GPS)、全站仪等测量设备进行地形测绘，精确获取山区的高程、坡度、坡向等地形数据，为BIM模型提供地形框架。(2) 通过地质钻探、地球物理勘探(如地质雷达、地震勘探)等方法，获取地层岩性、地质构造、地下水位等地质数据。(3) 还需收集遥感影像、地理信息系统(GIS)数据，以补充宏观地质信息和地理环境数据。在数据采集完成后，需对原始数据进行预处理。由于多源数据存在格式不统一、精度参差不齐等问题，需要进行数据清洗、格式转换和误差校正。将不同格式的地质数据转换为BIM软件兼容的格式，剔除错误或无效数据，对钻孔数据进行坐标校准等，确保数据的准确性和一致性，为后续BIM地质模型的建立奠定坚实基础。

2.2 BIM地质模型建立

基于预处理后的数据，运用BIM软件构建三维地质模型，这是将抽象的地质信息转化为可视化、可分析模型的关键环节，在建模过程中具体流程如下：(1) 根据地形数据生成三维地形模型，还原山区的真实地貌形态。(2) 依据地质勘察数据，通过分层建模的方式，将不同地层、岩性、地质构造等信息逐层叠加到地形模型上。利用BIM软件的参数化建模功能，精确设置地层厚度、岩性参数、构造特征等属性，使模型能够准确反映实际地质条件。对于复杂的地质结构，如断层、溶洞等，可采

用特殊建模方法进行精细刻画,确保模型的完整性和准确性。(3)为了增强模型的实用性,还需将地质勘察过程中的相关信息,如钻孔位置、勘探点数据、测试报告等,以链接或嵌入的方式整合到BIM模型中,形成一个包含丰富地质信息的数字化模型,为后续的分析与应用提供全面的数据支持。

2.3 模型分析与优化

建立好BIM地质模型后,需要对模型进行深入分析与优化,以挖掘模型蕴含的地质信息,为勘察决策提供依据。通过BIM模型的可视化功能,工程师可以从不同角度、不同尺度观察山区地质结构,清晰识别地形地貌特征、地层分布规律和不良地质体位置。运用BIM软件的数据分析工具,对模型进行定量分析,如计算地层厚度、坡度稳定性、地下水渗流等,评估地质条件对高速公路建设的影响。通过数值模拟方法,对潜在滑坡区域进行稳定性分析,预测滑坡发生的可能性和影响范围,为制定防治措施提供数据支持。在分析过程中,若发现模型存在不合理之处或潜在风险,需对模型进行优化调整。根据分析结果,重新修改模型参数、调整地层分布或补充勘察数据,不断完善模型,使其更符合实际地质情况。通过多方案对比分析,优化勘察方案,如调整勘探点布置、选择更合适的勘察方法等,提高勘察工作的效率和质量。

2.4 勘察成果输出

经过数据采集、模型建立和分析优化后,基于BIM技术的山区高速公路地质勘察工作进入成果输出阶段。BIM技术的应用使勘察成果不再局限于传统的二维图纸和文字报告,而是以更加丰富、直观的形式呈现,具体流程如下:(1)生成三维可视化的地质模型成果,通过动画演示、漫游展示等方式,全方位展示山区地质条件和勘察成果,便于设计、施工等各方人员直观了解地质情况,为工程决策提供清晰的依据。(2)输出详细的地质勘察报告,报告中整合了BIM模型中的各类数据和分析结果,以图文并茂的形式阐述地质条件、不良地质体分布、勘察结论和建议等内容。(3)为了实现与设计、施工阶段的有效衔接,将BIM地质模型和相关数据按照标准格式进行输出,以便后续设计人员直接调用模型信息进行线路设计、桥梁隧道设计等工作,施工人员也可依据模型指导施工,实现勘察成果的高效利用,保障山区高速公路建设项目的顺利推进^[2]。

3 BIM技术在山区高速公路地质勘察中的应用

3.1 地形地貌与地质构造可视化分析

在山区高速公路地质勘察中,地形地貌与地质构造

复杂多变,传统的二维图纸难以全面、直观地展现其空间关系。BIM技术凭借强大的三维建模与可视化功能,可整合地形测绘数据、地质勘探资料等,构建高精度的三维地质模型,将山区复杂的地形地貌、地层结构、地质构造等信息以直观、立体的方式呈现。通过BIM三维模型,勘察人员能够从不同角度、不同尺度观察地形地貌与地质构造,清晰识别山脊、山谷、断层、褶皱等特征,准确把握地质体的空间分布规律。此外,BIM模型还可通过动画演示等方式,模拟地质构造的演化过程,为地质分析提供更丰富的信息,助力工程师深入理解地质条件,做出更科学的决策。

3.2 不良地质体识别与风险评估

山区常见的滑坡、泥石流、溶洞、采空区等不良地质体,对高速公路建设和运营安全构成严重威胁。BIM技术在不良地质体识别与风险评估方面具有显著优势。它能够集成钻孔数据、物探数据、遥感影像等多源信息,通过数据分析与模型处理,精准识别不良地质体的位置、规模和特征。在识别溶洞时,BIM技术可根据地质雷达探测数据和钻孔资料,构建溶洞的三维模型,清晰呈现溶洞的形态、大小和空间分布。结合地质力学分析和数值模拟方法,利用BIM模型对不良地质体的稳定性进行评估,预测其在工程建设和运营过程中可能产生的风险。在山区高速公路勘察中,通过BIM技术对潜在滑坡区域进行建模分析,模拟不同工况下滑坡的发展趋势,量化风险等级,为制定针对性的防治措施提供了准确的数据支持,有效降低了工程风险。

3.3 勘察方案优化与动态调整

山区高速公路地质勘察环境复杂,传统勘察方案往往难以满足实际需求,且在勘察过程中常因新发现的地质问题需要调整方案。BIM技术可基于三维地质模型,综合考虑地形、地质、交通等因素,对勘察方案进行优化设计。通过模拟不同勘察路线、勘探点布置和勘察方法,分析各方案的可行性和经济性,选择最优勘察方案。在勘察过程中,随着新数据的不断获取,BIM模型可实时更新,勘察人员根据模型变化及时发现潜在问题,动态调整勘察方案。当发现新的不良地质体或地质条件与预期不符时,可通过BIM模型快速评估其对工程的影响,重新规划勘察路线和勘探点,确保勘察工作的准确性和有效性。这种动态调整机制不仅提高了勘察效率,还降低了勘察成本,为工程建设提供更可靠的地质资料。

3.4 与设计施工阶段的数据衔接

BIM技术的应用打破了地质勘察、设计、施工各阶段之间的数据壁垒,实现了数据的无缝传递与共享。在地

质勘察阶段建立的BIM模型,包含了丰富的地质信息和勘察成果,这些数据可直接传递给设计阶段。设计人员基于BIM模型进行线路设计、桥梁隧道设计等,充分考虑地质条件的影响,优化设计方案,避免因地质问题导致的设计变更。在施工阶段,施工人员可通过BIM模型了解地质情况,制定合理的施工方案和应急预案。在隧道施工中,根据BIM模型中的地质信息,提前预判可能遇到的地质问题,如断层破碎带、涌水等,采取相应的施工措施,保障施工安全和工程质量。同时,施工过程中产生的新数据可反馈到BIM模型中,实现对工程的动态管理和优化,确保项目顺利推进。

3.5 地质灾害模拟与预警

山区高速公路受地质灾害影响较大,利用BIM技术结合地理信息系统(GIS)、监测传感器数据等,可对地质灾害进行模拟与预警。通过建立地质灾害分析模型,输入地形、地质、气象等数据,模拟滑坡、泥石流等灾害的发生过程和影响范围。在强降雨天气条件下,基于BIM技术模拟泥石流的流动路径和堆积区域,提前确定受威胁区域,为人员疏散和灾害防治提供决策依据。将实时监测数据接入BIM模型,实现对地质灾害的动态预警。当监测到地质体变形、地下水位变化等异常情况时,BIM系统可及时发出预警信息,提醒相关人员采取措施,降低灾害损失。在某山区高速公路沿线,通过部署监测设备并与BIM模型集成,成功对潜在滑坡区域进行实时监测和预警,保障了高速公路的运营安全。

3.6 多专业协同与知识管理

BIM技术搭建的协同平台,打破了地质、测绘、岩土、结构等多专业间的沟通壁垒。在山区高速公路地质勘察中,各专业人员可基于同一BIM模型实时共享数据、协同作业。地质工程师标注的断层信息,能即时同步至测绘与设计人员终端,便于共同研讨线路调整方案。BIM模型作为知识载体,可将勘察过程中的经验、案例、分析结果等进行结构化存储。新加入项目的人员通过浏览

模型附带的知识文档,快速掌握地质特征与勘察要点^[3]。这种知识沉淀与复用机制,提升团队协作效率,还为后续同类项目积累宝贵经验。

4 提升BIM技术在山区高速地质勘察应用的策略

一是强化数据管理与技术创新。建立统一数据标准与共享平台,规范多源数据采集、存储及交换格式,借助物联网、无人机航测等提升数据获取效率与精度。研发适配山区复杂地形的BIM地质建模算法,增强模型对不良地质体的识别分析能力,降低数据处理难度。二是完善人才培养与协同机制。高校和职业院校增设BIM与地质勘察交叉学科课程,企业定期组织培训与实操演练,培养复合型人才。构建跨专业协同工作流程,明确各专业职责,通过定期沟通会议与线上协作平台,促进信息高效流通与共享。三是优化成本与推广模式。政府出台补贴政策,行业协会牵头建立应用联盟,共享经验并形成标准化流程,推广轻量化软件与云平台,降低硬件依赖^[4]。

结束语:通过提升勘察精度、增强可视化效果、优化协同作业与助力全周期管理,为山区高速公路建设提供了更科学、更高效的技术手段。但目前BIM技术在山区高速公路地质勘察应用中仍面临数据管理、技术创新、人才培养与成本推广等方面的挑战。未来需进一步强化数据管理与技术创新,完善人才培养与协同机制,优化成本控制与推广模式,以充分发挥BIM技术的优势。

参考文献

- [1]崔润超,吴继峰,徐会杰.BIM技术在山区高速公路项目设计阶段的应用研究[J].公路交通科技(应用技术版),2019(8):226-228.
- [2]秦春伟,王海珠.BIM技术在山区高速公路建设期中的应用[J].四川建材,2021,47(8):159-160.
- [3]吴琳琳.基于BIM技术的山区高速公路地质勘察设计[J].交通世界(中旬刊),2022(12):79-81.
- [4]李东泽.关于BIM技术在高速公路管理中的应用[J].车时代,2023(1):58-60.