

Research on Integrated Application of Geotechnical Engineering Investigation and Design Based on BIM Technology

Rui Feng Dan Zhu

Southwest Nuclear Industry Investigation and Design Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

The application of BIM technology in the integrated investigation and design of geotechnical engineering has achieved a leap from discrete description to digital expression of geological information through the construction of three-dimensional geological models and parametric databases. This technology effectively solves the problems of information transmission gaps and low collaborative efficiency in traditional investigation and design, providing accurate and reliable data support for engineering decision-making. Studies show that BIM technology can integrate multi-source data such as boreholes and geophysical exploration into visual geological entities, and achieve real-time interactive analysis between design and geological environment through parametric modeling. In addition, its collaborative platform characteristics break down professional barriers and ensure seamless data transmission in links such as investigation, design, and construction. This application not only improves the scientificity and controllability of engineering design but also provides a key technical path for the digital transformation of the geotechnical engineering industry, having important practical value in promoting the refined and intelligent development of infrastructure construction.

Keywords

BIM technology; Geotechnical engineering; Integrated investigation and design

基于 BIM 技术的岩土工程勘察设计一体化应用研究

冯瑞 朱丹

核工业西南勘察设计研究院有限公司, 中国·四川成都 610000

摘要

BIM 技术在岩土工程勘察设计一体化中的应用, 通过构建三维地质模型与参数化数据库, 实现了地质信息从离散描述到数字化表达的跨越。这一技术融合有效解决了传统勘察设计中信息传递断层、协同效率低下的问题, 为工程决策提供了精准可靠的数据支撑。研究表明, BIM 技术能够将钻孔、物探等多源数据整合为可视化地质实体, 并通过参数化建模实现设计与地质环境的实时互动分析。此外, 其协同平台特性打破了专业壁垒, 保障了数据在勘察、设计、施工等环节的无损传递。该应用不仅提升了工程设计的科学性与可控性, 也为岩土工程行业的数字化转型提供了关键技术路径, 对推动基础设施建设的精细化、智能化发展具有重要实践价值。

关键词

BIM 技术; 岩土工程; 勘察设计一体化

1 引言

近年来, 随着《“十四五”工程勘察设计行业发展规划》等国家政策的深入推进, 岩土工程领域对数字化、智能化转型提出了更高要求。传统勘察设计模式中, 二维图纸与文字报告的信息传递方式存在天然局限性, 难以满足复杂地质条件下工程精准设计与风险管控的需求。BIM 技术以其三维建模、信息集成与协同管理能力, 为破解岩土工程长期存在的“信息孤岛”问题提供了新思路。通过构建统一的地质数据库与可视化模型, BIM 技术能够将勘察数据直接转

化为设计依据, 实现地质条件与工程方案的动态耦合。当前, 行业正积极探索 BIM 与物联网、人工智能等技术的融合应用, 以进一步提升岩土工程的全生命周期管理水平。在此背景下, 深入研究 BIM 技术在勘察设计一体化中的实施路径与价值, 对推动行业技术革新与标准化建设具有迫切意义。

2 BIM 技术在岩土工程勘察设计一体化的重要性

BIM 技术驱动岩土工程勘察设计一体化的核心重要性在于其实现了地质信息从离散描述向三维数字化表达的跨越, 构建了勘察与设计之间的动态关联桥梁。传统工作模式下, 勘察数据以二维图纸和静态报告形式传递, 设计人员需依赖经验进行空间推断, 信息传递存在天然断层, 导致设计

【作者简介】冯瑞 (1987-), 女, 中国重庆人, 硕士, 高级工程师, 从事岩土工程、水文地质方面研究。

依据不充分、风险预判不足。BIM技术通过构建参数化三维地质模型,将钻孔、物探、试验等多元数据整合为可视化的地质实体,使地层分布、构造特征和岩土参数形成统一的数字孪生体(如图1)。这一模型不仅是地质条件的直观再现,更成为设计决策的直接依据。设计人员可在模型中直接进行基础选型、支护结构布置等操作,实时验证设计方案与地质环境的适应性,实现参数化联动分析与快速优化。

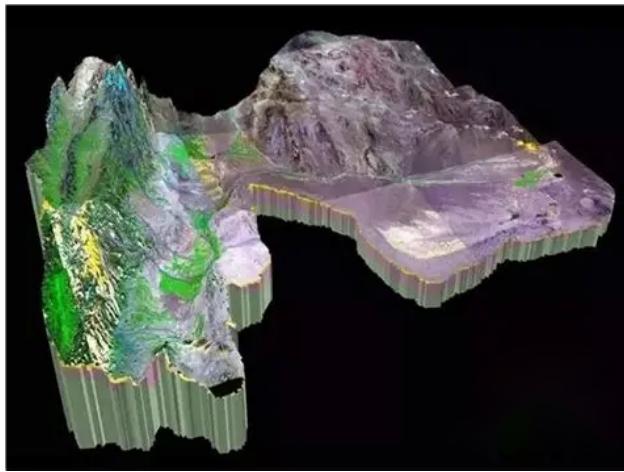


图 1 BIM 在岩土工程勘察图

3 BIM 技术在实现勘察设计一体化中的显著优势

3.1 实现地质信息三维可视化与工程参数深度融合优势

BIM技术优势明显,能将抽象勘察数据转化为直观三维可视化地质模型,实现工程参数与几何模型深度融合。传统二维地质剖面图需专业人员凭想象解读,难反映复杂地质体空间变异性。BIM技术支持空间插值算法,将钻孔点数据转化为三维体模型,展示地层等空间分布,助项目参与者准确理解地下条件。超越可视化,BIM模型核心是参数化特性。模型中地质体有几何形态,还附着岩土工程参数,可被后续分析软件调用,进行边坡稳定性等分析。“模型即分析基础”模式避免手动输入数据错误,确保分析源数据与勘察数据一致,提高计算分析效率和可靠性。此外,设计修改能实时反映对周围地质体的影响,实现“所见即所得”的动态设计与分析,为优化方案、评估风险提供强大工具。

3.2 构建跨专业协同工作与数据无损传递平台优势

BIM技术构建中心化协同工作平台,改变各专业信息孤立现状,实现数据从勘察到施工的无损传递与共享。传统模式下,岩土勘察报告、地质模型等独立创建更新,版本管理混乱,信息一致性难保证。基于BIM的一体化应用,各专业在统一平台和标准下工作,共享唯一数据库。岩土工程师创建维护地质模型,结构工程师在此基础上建模,碰撞检查可提前发现冲突,基于同一数据源的协同确保信息传递准

确及时,避免设计返工。此外,BIM平台有强大的版本管理和权限控制功能,保证项目过程透明可追溯。从勘察到施工准备,地质信息和设计意图完整精确流转,施工方可获含精确地质信息的模型并进行施工模拟,提前制定合理方案。这种全过程协同与数据无损流动提升项目管理效率,降低沟通成本,是工程项目精益化管理的重要基石。

3.3 BIM 技术在岩土工程勘察设计一体化中的应用路径

3.3.1 创建高精度参数化三维地质模型核心应用

三维地质建模是BIM技术在岩土工程中实现勘察设计一体化的基石性应用。其核心在于利用先进的建模软件(如Civil 3D, Revit结合地质插件,或专业的Geomagic, GEO5等),将野外勘察获取的钻孔、探槽、物探解译、原位测试等海量多源数据,通过数据接口高效导入,构建起真实反映场地地质条件的参数化三维数字实体(如图2)。这一过程绝非简单的表面建模,而是通过对地层界面、地质构造、不良地质现象进行空间插值与曲面拟合,生成能够准确表达地层尖灭、透镜体、断层错动等复杂地质结构的体模型。

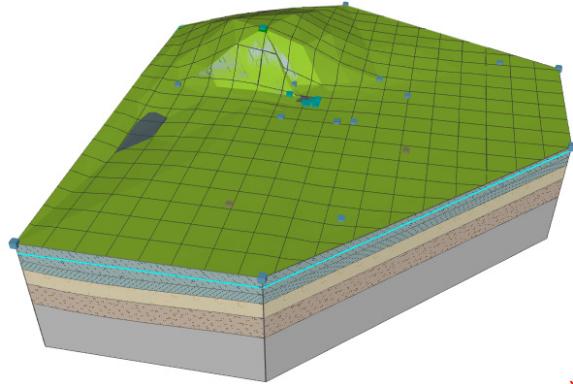


图 2 三维地址勘探建模图

模型的精度直接依赖于勘察点的密度和插值算法的合理性,因此,建模过程本身也是对勘察方案合理性的二次校验。建成后的三维地质模型是一个包含丰富属性信息的“智能”模型,每一地层单元都关联着其相应的岩土物理力学参数(如容重、抗剪强度指标、变形参数)和水文地质参数。该三维地质模型不仅为工程设计团队提供了直观、清晰的地下空间认知体系,更发挥了至关重要的数据中心作用。作为整个项目周期中唯一经过严格验证的可靠数据源,该模型构建了统一的数字化地质背景场,为后续所有的岩土工程分析、结构设计、施工模拟等专业活动提供了标准化的数据支撑。通过实现从前期地质勘察到详细设计阶段的信息无缝衔接与完全一致性,这套模型有效消除了传统工作流程中存在的数据断层问题,为项目建设全生命周期的多专业一体化协同工作奠定了坚实、可靠的数据基础,极大地提升了工程决策的科学性和准确性。

3.3.2 支撑岩土工程数值分析与设计方案优化应用

在高质量三维地质模型的基础上, BIM 技术极大地促进了岩土工程数值分析的深度与广度, 成为设计方案优化的关键支撑。通过开发或利用现有的数据接口, BIM 地质模型可以将其几何信息与属性参数无缝传递至专业的岩土工程有限元或有限差分分析软件(如 PLAXIS, FLAC3D, MIDAS GTS NX 等)。分析人员无需再手动重建分析几何模型和繁琐地输入材料参数, 从而将主要精力集中于本构模型选择、边界条件设定和计算结果分析上, 大幅提升了分析效率并降低了人为错误。

基于 BIM 的集成分析环境允许进行多种工况的快速模拟与优化, 例如, 可以轻松模拟不同开挖步序下基坑支护结构的受力和变形, 评估不同降水方案对周边环境的影响, 或对比不同桩长、桩径下的基础沉降差异。分析结果(如位移云图、应力等值线、安全系数)可以反馈并可视化在 BIM 模型中, 使设计人员能够直观地理解工程措施与地质体之间的相互作用机理, 从而做出更安全、更经济的设计决策。这种“设计-分析-优化”的闭环迭代过程, 在 BIM 平台下变得高效而流畅, 显著提升了岩土工程设计的科学性与精细化水平。

3.3.3 促进地下基础设施与岩土体相互作用协同设计

BIM 技术为地下基础设施(如桩基、地下连续墙、锚杆、隧道衬砌等)与周围岩土体的相互作用协同设计提供了理想平台。在统一的三维 BIM 环境中, 结构工程师设计的基础、支护构件可以直接与岩土工程师创建的地质模型进行空间装配和交互检查, 实现了真正意义上的“所见即所得”设计模式。系统能自动检测并预警设计构件与不利地质体(如孤石、断层破碎带)的空间冲突, 从而在设计阶段提前规避风险, 显著减少施工阶段的变更与返工。更重要的是, BIM 模型可以集成并可视化表达这种相互作用, 通过参数化关联技术, 将岩土体的物理力学特性与结构响应进行动态耦合分析。

例如, 可以模拟群桩在不同荷载工况下与周围土体的荷载传递机制, 分析锚杆在潜在滑动面中的锚固效果, 或展示隧道掘进对上方既有管线的影响范围。这种集成设计使得岩土体不再仅仅是设计的背景或荷载, 而是作为整个结构-地基体系中的一个有机组成部分被共同考虑。设计人员可以基于真实的三维地质条件, 利用 BIM 的分析模拟功能, 对地下结构的位置、走向、埋深、形式进行多方案比选, 通过实时计算与可视化反馈, 评估不同方案的技术可行性与经济合理性。这种基于统一数据源的协同工作模式, 有效克服了传统设计中岩土与结构专业分离的弊端, 最终实现结构与地基协同作用下的最优设计, 确保工程的整体稳定性、安全性和长期耐久性。

3.3.4 实现勘察设计全过程动态管理与信息无损交付

BIM 技术为岩土工程勘察设计全过程提供了一套强大的动态管理工具, 建立了完整的信息传递链条, 确保了数据从采集到交付的无损流转。基于统一的 BIM 管理平台, 项目启动阶段即可建立标准化的数据架构和工作流程, 对勘察方案设计、钻孔布设、取样定位、原位试验等各环节实施全过程数字化管理。野外勘察阶段, 通过移动端设备实时采集并上传地质数据, 系统自动校验数据完整性, 并即时同步至中心数据库。这种动态更新机制使三维地质模型能够随勘察进度持续完善, 管理人员可随时监控工作质量与进度偏差。

进入设计阶段后, 平台提供严格的版本控制功能, 所有设计变更、模型更新、审批意见均被完整记录并关联时间戳, 确保设计过程的可追溯性。基于 BIM 的协同机制建立了智能化的通知系统, 任何修改都能实时推送至相关参与方, 显著提升了协同效率。最终交付成果不仅包含传统二维图纸, 更重要的是提供富含信息的竣工 BIM 模型, 该模型完整集成了勘察原始数据、设计参数、计算分析结果等多维信息。通过 IFC 等开放标准, 这一数字资产可向下游施工、运维阶段无缝传递, 支持进度模拟、设施管理等深度应用。这种全生命周期的信息管理方式, 不仅消除了阶段间的信息孤岛, 更实现了工程数据的持续增值, 为数字化建造和智慧城市发展提供了重要技术支撑。

4 结语

BIM 技术在岩土工程勘察设计一体化中的应用, 标志着行业从经验驱动向数据驱动的范式转变。通过三维地质建模、参数化分析与协同平台构建, 该技术有效解决了传统工作模式下的信息割裂与协同低效问题, 显著提升了工程设计的精准性与可控性。未来, 随着 BIM 标准体系的完善与新兴技术的深度融合, 岩土工程将进一步向智能化、精细化方向发展。建议行业从政策支持、技术研发与人才培养等多维度协同推进, 加速 BIM 技术在重大工程中的落地应用, 为我国基础设施建设的高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1] 周勇飞,张洪飞.BIM技术在岩土工程勘察中的应用研究[J].数字化用户,2024(19).
- [2] 刘占民.BIM技术在岩土工程勘察中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(8):75-77.
- [3] 董宇,徐晓敏.BIM技术在岩土工程勘察中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(003):000.
- [4] 吴志敏.BIM技术在岩土勘察成果三维可视化的应用探索[J].地产,2023(12):0221-0223.