

# 基于BIM技术的工程地质勘察信息建模与可视化应用研究

王 恒

温州市勘察测绘研究院有限公司 浙江 温州 325000

**摘要：**BIM技术赋能工程地质勘察，通过参数化建模整合钻孔、岩土层、地下水等多源数据，构建全息地质模型。可视化应用以三维渲染、动态模拟、交互查询为核心，实现地质构造直观呈现与工程性能关联分析。本文聚焦建模规则构建、质量控制、可视化表达及交互效能提升，推动地质勘察从“经验驱动”向“数据驱动”转型，为工程全生命周期决策提供科学支撑。

**关键词：**BIM技术；地质勘察；可视化应用

引言：工程地质勘察是工程建设根基，传统二维图纸因信息抽象易引发理解偏差与传递损耗。BIM技术以三维数字模型整合空间坐标、岩土属性、构造关联等数据，实现地质信息精准整合与多角度直观呈现。其应用突破二维局限，支持虚拟挖掘验证、稳定性动态分析、灾害早期预警，提升勘察精度效率，推动设计-施工-运维全流程协同优化，夯实工程科学决策基础。

## 1 基于 BIM 的工程地质勘察信息建模与可视化概述

工程地质勘察是工程建设的基础环节，BIM技术通过三维数字模型实现地质数据高效整合与直观呈现，为工程决策提供科学依据。其核心在于将钻孔数据、岩土层分布、地下水位、地质构造等信息参数化建模，形成包含空间位置、属性特征、关联关系的全息地质模型。该模型突破传统二维图纸局限，可多角度、多层次展现地质体空间形态与内在属性。信息建模需先对多源异构地质数据进行标准化处理，包括坐标统一、单位转换、属性编码等，确保数据兼容性。随后通过专业软件构建三维地质体模型，如地层模型、断层模型、地下水模型等，并赋予岩土力学参数、渗透系数等工程属性，使模型具备可计算性。可视化应用通过模型渲染、剖切分析、动态模拟等手段，将抽象地质数据转化为直观视觉表达。例如，通过颜色渐变区分不同岩土层强度，透明度调整展示地下结构层次，动态水流模拟分析地下水渗流路径。这种建模与可视化方法不仅提升了地质勘察的精度与效率，更实现了从“数据采集”到“信息利用”的跨越。工程人员可基于模型进行虚拟挖掘、稳定性分析、灾害预警等操作，提前发现潜在工程风险，优化设计方案。模型支持多专业协同，设计、施工、运维各环节可共享同一地质信息源，减少信息传递损耗，提升工程全生命周期管理水平<sup>[1]</sup>。BIM技术在工程地质勘察中的应用，正推动勘察工作从“经验驱动”向“数据驱动”

转型，为工程建设提供更可靠的技术支撑，夯实工程科学决策基础，助力工程高质量发展。

## 2 基于 BIM 的工程地质勘察信息建模方法构建

### 2.1 工程地质勘察信息数据源梳理与分类

工程地质勘察信息的数据源需系统梳理与分类，以支撑BIM建模的精准性。数据源主要包括现场采集、实验室测试、历史档案及遥感监测四类。现场采集数据涵盖钻孔岩芯样本、原位测试记录（如标准贯入试验、静力触探）、地质点测绘坐标等，直接反映场地地质特征。实验室测试数据涉及岩土物理力学性质（如密度、含水率、抗剪强度）、矿物成分分析，为模型参数赋值提供依据。历史档案包括区域地质图、以往工程报告、地下水监测记录等，用于补充场地地质背景信息，识别潜在风险区域。遥感监测数据则通过卫星影像、无人机航测获取地形地貌、植被覆盖、地表裂隙等宏观信息，辅助判断地质构造活动痕迹。数据分类需结合工程需求与BIM模型特性，按数据类型可分为结构化数据（如钻孔坐标、测试数值）与非结构化数据（如地质照片、岩芯描述）；按更新频率可分为静态数据（如地层岩性）与动态数据（如地下水位变化）。通过科学分类，可实现数据的高效整合与关联分析，确保BIM地质模型在空间维度、属性维度及时序维度上的完整性与准确性，为工程全生命周期决策提供可靠地质信息支撑。

### 2.2 BIM工程地质勘察信息建模核心规则构建

BIM工程地质勘察信息建模需构建以数据一致性、模型逻辑性与应用适配性为核心的三维规则体系。数据一致性规则强调坐标系统、单位制式与属性编码的统一，例如采用国际通用的CGCS2000坐标系与国际单位制，避免多源数据融合时的格式冲突与语义歧义。模型逻辑性规则聚焦地质体拓扑关系的精准表达，如地层界面需保持连续性，断层模型需明确产状、位移量及与地层的交

切关系,确保空间几何关系的科学合理性。参数定义规则需细化岩土力学参数、渗透系数等工程属性的命名规范与数值范围,例如抗剪强度参数需标注试验方法与置信区间,避免因属性定义模糊导致的数据误用。模型验证规则应设定精度阈值,如模型预测值与实测数据的偏差控制在5%以内,并通过交叉验证确保模型可靠性。规则体系需兼顾动态适配性,预留技术升级接口以支持新数据类型的集成,如无人机航测数据或物联网实时监测数据的接入<sup>[2]</sup>。通过规则的标准化制定,可实现地质信息从采集、建模到应用的全流程贯通,提升工程协同效率,推动地质勘察工作从“经验驱动”向“规则驱动”转型,为工程建设提供更科学、更可靠的地质信息支撑。

### 2.3 BIM工程地质勘察信息模型构建流程设计

BIM工程地质勘察信息模型构建流程需遵循系统化、标准化的设计逻辑。流程启动于数据预处理阶段,通过清洗、对齐多源地质数据,如钻孔坐标、岩土力学参数、地质构造特征等,确保数据质量满足建模要求。随后进入参数化建模环节,依据地质体空间分布规律与属性特征,采用“体素+曲面”混合建模技术构建三维地层骨架,并嵌入岩土力学参数、渗透系数等工程属性,形成可计算的数字孪生体。模型验证环节通过实测数据与模型预测值的对比分析,评估模型精度,如地层界面偏移量、岩土强度差异等,对偏差超限区域进行迭代优化。版本管理贯穿流程始终,需记录模型修改历史、参数调整依据及验证结果,确保模型全生命周期的可追溯性。最终成果输出包含可视化模型与工程分析报告两部分。可视化模型通过动态剖切、透明渲染等技术,直观展示地下地质结构;工程分析报告则整合模型计算结果,如边坡稳定性系数、基坑降水影响范围等,为工程设计提供量化依据。该流程通过数据驱动与模型迭代,实现地质信息从“采集”到“应用”的高效转化,提升工程决策的科学性与可靠性。

### 2.4 BIM工程地质勘察信息模型质量控制方法

BIM工程地质勘察信息模型质量控制需贯穿数据采集、建模、验证及应用全流程。数据质量是基础,需通过多级校验确保钻孔坐标、岩土力学参数等输入数据的准确性与完整性,例如采用交叉验证法排查异常值,避免因数据误差导致模型失真。模型构建阶段需严格遵循参数化规则,如地层界面需保持空间连续性,断层模型需精确表达产状与位移量,确保几何拓扑关系的科学性。模型验证环节通过实测数据与模型预测值的对比分析,评估精度是否达标,如地层厚度偏差需控制在 $\pm 5\%$ 以内,岩土强度参数需与实验室测试结果一致。同时,

需开展动态模拟验证,如地下水渗流路径模拟需与现场监测数据匹配,确保模型预测能力可靠。质量控制还需配套版本管理与动态更新机制,记录模型修改历史、参数调整依据及验证结果,保障全生命周期可追溯性<sup>[3]</sup>。通过标准化规则与动态适配机制,可实现地质信息从“采集”到“应用”的高效转化,提升工程决策的科学性与可靠性,推动地质勘察工作从“经验驱动”向“质量驱动”转型,为工程建设提供坚实技术支撑。

## 3 基于BIM的工程地质勘察信息可视化应用实现

### 3.1 工程地质勘察信息可视化需求分析

工程地质勘察信息可视化需求聚焦于多维度信息的高效呈现与交互应用。工程人员需通过可视化直观识别地质构造特征,如地层起伏、断层走向及岩土类型分布,避免因二维图纸的抽象性导致理解偏差。同时,需支持属性叠加分析,例如将岩土强度、渗透系数等工程参数以颜色渐变或等值线形式叠加于三维模型,实现空间属性与工程性能的关联映射,辅助评估边坡稳定性或基坑降水影响范围。动态模拟功能是另一核心需求,需通过时间维度扩展实现地质过程可视化,如模拟地下水渗流路径、地层沉降趋势,为工程风险预判提供动态依据。交互性设计则需支持多角度观察、局部剖切及数据查询,例如通过旋转模型查看隐蔽地质结构,或点击特定区域获取岩土参数详细信息,提升信息获取效率。此外,可视化需兼顾专业性与普适性,既满足工程师对精准数据的需求,也支持非专业人员快速理解地质概况。通过清晰、直观的可视化表达,可减少信息传递损耗,推动地质勘察成果在工程全生命周期中的高效应用,为设计优化、施工决策提供可靠支撑。

### 3.2 工程地质勘察信息可视化表达形式设计

工程地质勘察信息可视化表达需以清晰、直观的方式呈现复杂地质数据,支撑工程决策。三维地质模型通过体素化或曲面建模技术构建地层、断层、岩溶等地质体的空间形态,支持多角度旋转、剖切与透明度调整,直观展现地下结构层次与构造关系。属性映射则利用颜色渐变、等值线、矢量箭头等视觉变量编码工程参数,如将岩土强度等级映射为暖色调,地下水压力分布用等值线标注,实现空间属性与工程性能的关联映射。动态模拟通过时间维度扩展,以动画形式演示地下水渗流路径、地层沉降趋势或边坡变形过程,为工程风险预判提供动态依据。交互功能设计支持用户主动探索,如点击模型区域获取岩土参数详情,拖拽剖切面观察隐蔽结构,或通过时间轴控制模拟进度,提升信息获取的自主性与效率。表达形式需兼顾专业需求与普适性理解,既

满足工程师对精准数据的需求,也支持非专业人员快速把握地质概况<sup>[4]</sup>。通过多元可视化设计,可减少信息传递损耗,推动地质勘察成果在工程全生命周期中的高效应用,为设计优化、施工决策提供直观、可靠的技术支撑。

### 3.3 工程地质勘察信息可视化交互功能开发

工程地质勘察信息可视化交互功能开发需聚焦用户操作便捷性与信息获取效率。交互设计应支持多视角自由切换,如通过鼠标拖拽实现模型旋转、缩放,或通过快捷键快速切换至剖面视图,满足工程师从不同角度观察地质结构的需求。动态剖切功能可实时调整剖切平面位置与角度,直观展示地下岩层分布、断层走向等隐蔽信息,避免传统二维图纸的解读障碍。属性查询功能需实现“点击即得”,用户点击模型特定区域即可弹出岩土参数详情,如密度、抗剪强度、渗透系数等,减少手动翻查数据的时间成本。模拟控制功能则支持时间轴拖拽,控制地下水渗流、地层沉降等动态过程的播放进度,辅助风险预判与方案优化。交互功能还需兼顾操作反馈的直观性,如拖拽剖切面时显示实时位置标记,调整透明度时呈现渐变效果,提升用户操作体验。通过这些交互设计,工程人员可主动探索地质信息,快速定位关键数据,减少信息传递损耗,推动地质勘察成果在工程全生命周期中的高效应用,为设计、施工、运维各环节提供直观、可靠的技术支撑。

### 3.4 工程地质勘察信息可视化应用效能提升路径

可视化应用效能优化应聚焦三维模型处理、交互方式革新与数据智能联动三大维度。(1)在模型渲染层面:采用网格优化算法与纹理分层压缩技术,可显著降低地质模型的数据量,实现复杂场景的快速加载与平滑交互,提升操作响应速度。(2)多模态交互设计:可融合手势控制、语音指令及快捷键操作,适配不同设备与场景需求,例如触控屏支持捏合缩放、三指旋转,键盘

操作支持快速切换剖面视图,增强操作灵活性。智能标注系统通过图像识别技术自动标记地质关键区域,如断层延伸范围、岩性突变界面,辅助用户快速识别重点信息,减少人工检索时间。(3)数据联动方面:建立地质参数与工程分析模块的实时关联,例如岩土强度指标与边坡稳定性计算模型自动匹配,模型更新时同步触发风险评估,缩短决策周期。引入机器学习算法可优化数据筛选逻辑,自动识别并突出高价值地质特征,如渗透系数异常区域,降低用户信息处理负荷<sup>[5]</sup>。这些措施共同推动可视化应用从“数据展示工具”向“智能决策平台”转型,提升工程全流程中地质信息的利用效率与决策价值,实现地质勘察成果的高效转化与应用深化。

结束语:未来,随着三维渲染引擎升级、机器学习算法优化及物联网数据实时接入,BIM地质模型数据处理与智能决策能力将显著提升。技术迭代提高模型精度与响应速度,数据融合整合地质、工程、环境多源信息,形成动态全息模型。这些进步推动工程建设从“被动应对”转向“主动预判”,在全流程中实现更科学、可靠的决策支持,提升工程整体质量与安全水平。

### 参考文献

- [1]陈云钦.BIM技术在岩土工程勘察信息模型中的快速建模方法研究[J].石河子科技,2025(5):39-41.
- [2]徐超,邱杰,徐雷,邱燕.岩土工程勘察中三维地质建模与可视化技术研究[J].前卫,2024(28):0037-0039.
- [3]欧荣斌.BIM技术在岩土工程勘察中的应用与研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(6):043-046.
- [4]郭建东,刘树魁,柴鹏程.三维地质建模技术在岩土工程勘察领域的应用分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(6):029-033.
- [5]梁仲明.基于BIM技术的高精度三维可视化智能建造技术研究[J].散装水泥,2025(3):64-66.