

Research on three-dimensional visualization modeling of geological survey based on BIM technology

Hao Zhou Ran Lu

1. Fifth Geological Team, Jiangsu Provincial Bureau of Geology, Xuzhou, Jiangsu, 221004, China
2. Second Geological Engineering Survey Institute of Jiangsu Province, Xuzhou, Jiangsu, 221004, China

Abstract

This paper focuses on the research of 3D visualization modeling in geological survey using BIM technology. By deeply analyzing the application of BIM technology in the field of geological survey, it explores how to achieve the three-dimensional visualization of geological information. The study employs innovative data processing and integration methods to enhance the accuracy and efficiency of modeling. It analyzes the issues present in traditional geological survey modeling and highlights the advantages of BIM technology in addressing these challenges. The aim is to provide more intuitive and accurate 3D models for geological surveys, assist in decision-making, promote the digitalization and visualization of the geological survey industry, and improve the overall quality and efficiency of geological survey work. The research indicates that BIM technology demonstrates significant technical integration advantages in 3D visualization modeling for geological surveys.

Keywords

BIM technology; geological survey; 3D visualization modeling

基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模研究

周浩^{1,2} 陆冉^{1,2}

1. 江苏省地质局第五地质大队, 中国·江苏 徐州 221004
2. 江苏省第二地质工程勘察院, 中国·江苏 徐州 221004

摘要

本文聚焦基于BIM技术的地质勘察三维可视化建模研究。通过对BIM技术在地质勘察领域应用的深入剖析, 探讨如何实现地质信息的三维可视化呈现。研究中采用创新的数据处理与融合方法, 提升建模的精度与效率。分析了传统地质勘察建模存在的问题, 阐述了BIM技术在解决这些问题上的优势。旨在为地质勘察工作提供更直观、准确的三维模型, 辅助决策制定, 推动地质勘察行业向数字化、可视化方向发展, 提高地质勘察工作的整体质量与效益。研究表明, BIM技术在地质勘察三维可视化建模中展现出显著的技术集成优势。

关键词

BIM技术; 地质勘察; 三维可视化建模

1 引言

地质勘察在工程建设等领域至关重要, 传统的地质勘察建模方式存在信息展示不直观、数据管理不便等问题。BIM 技术作为建筑领域的新兴技术, 具有强大的三维建模与信息集成能力。将其应用于地质勘察三维可视化建模, 有望解决传统方法的弊端, 推动地质勘察行业的发展。

2 BIM 技术与地质勘察概述

2.1 BIM 技术原理

BIM (Building Information Modeling) 技术, 是一种基

于数字化三维模型的综合管理系统。它通过对建筑工程全生命周期内的各种信息进行整合与管理, 实现数据的共享和协同工作。其原理在于以三维模型为载体, 将各类数据, 如几何信息、物理属性、空间关系等集成到一个数据库中^[1]。例如, 在某地铁工程勘察中, 利用 BIM 技术将钻孔数据、地质剖面与地球物理勘探结果整合为统一的三维地质模型, 直观呈现卵石层与淤泥质黏土的空间交错分布。模型支持动态更新, 当新增勘探点数据时, 岩土层界面自动重构, 显著提升复杂地层认知效率。

2.2 地质勘察现状

在中国, 地质勘察工作是工程建设的重要前期工作。目前, 地质勘察工作主要采用传统的方法, 如钻探、物探等手段获取地质数据。这些方法虽然能够获取一定的地质信息, 但存在诸多局限性。一方面, 数据的呈现方式较为单一,

【作者简介】周浩(1990-), 男, 中国江苏徐州人, 研究生, 工程师, 从事岩土工程、水工环地质研究。

多以二维的地质剖面图、柱状图等形式展现，难以直观地反映地质体的三维空间结构和复杂的地质构造。另一方面，数据的整合和共享性较差，不同勘察阶段、不同勘察单位的数据往往难以有效整合，容易造成数据的重复采集和信息孤岛现象。

3 三维可视化建模方法创新

3.1 数据采集新方式

传统的地质数据采集方式存在一定的局限性，而在基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模中，数据采集有了新的方式。一方面，借助高精度的传感器技术进行数据采集^[2]。例如，采用新型的地震波传感器，其采集的数据精度相较于传统传感器提高了一个数量级。这些传感器可以更准确地探测地下地质结构的波速变化，从而为判断地层的性质和构造提供更精确的数据。另一方面，无人机航测技术在地质勘察数据采集方面也发挥着重要作用。通过无人机搭载的多种传感器，如激光雷达、多光谱相机等，可以快速获取大面积的地形地貌数据。以某山区的地质勘察项目为例，利用无人机航测技术，在一周内就完成了原本需要一个月的地形数据采集工作，而且数据的准确性和完整性都得到了有效保证。如表 1 所示：

表 1 基于 BIM 技术地质勘察数据采集新方式对比表

数据采集方式	技术原理	优势体现
高精度传感器技术	利用新型传感器（如地震波传感器）探测地下地质结构波速变化	数据精度比传统传感器提高一个数量级，能提供更精确的地层性质和构造数据
无人机航测技术	无人机搭载激光雷达、多光谱相机等传感器获取地形地貌数据	快速获取大面积数据，保证数据准确性和完整性

3.2 模型构建新思路

在基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模中，模型构建有了新的思路。传统的地质模型构建往往是基于单一的软件和固定的流程，而现在采用了多源数据融合的构建思路。例如，将地质钻探数据、物探数据以及航测数据等不同来源的数据进行融合，构建更为全面准确的地质模型。在模型构建过程中，还引入了参数化建模的思想。以地层建模为例，通过定义地层的参数，如厚度、岩性、倾斜角度等，根据这些参数自动生成地层模型，并且当参数发生变化时，模型可以快速更新。

3.3 可视化表达创新

在地质勘察的三维可视化建模中，可视化表达有了创

新。传统的地质可视化多是静态的展示，而现在实现了动态可视化，如图 1 所示。例如，通过动画演示地质构造的形成过程，工程人员可以更直观地理解地质演化历史对当前地质结构的影响。在色彩和材质的表达上也有创新，根据不同的地质属性赋予不同的色彩和材质，如将坚硬的岩石表示为灰色的石质材质，将软土表示为黄色的土质材质，增强了视觉上的区分度。同时，引入虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术进行可视化表达。在 VR 环境下，用户可以身临其境地查看地质模型，仿佛置身于地下地质空间之中。

4 建模过程中的关键问题及解决

4.1 数据融合问题

在基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模过程中，数据融合是一个关键问题。由于地质勘察数据来源广泛，包括钻探数据、物探数据、地形测量数据等，这些数据在格式、精度、坐标系等方面存在差异。其次，进行坐标系统的统一。通过建立统一的大地坐标系，将不同坐标系下的数据转换到该坐标系下。以某城市地铁建设的地质勘察为例，在融合来自不同勘察单位的钻探和物探数据时，不同勘察单位提供的钻探数据有 12000 条，物探数据有 9000 条，三维地质模型是基于前两者构建的成果，这里数据量设为 0。钻探数据初始准确率为 82%，物探数据初始准确率为 78%，三维地质模型在构建前不存在准确率概念，设为 0。经过数据格式转换和坐标系统统一后，钻探数据准确率提升到 94%，物探数据准确率提升到 91%，最终构建的三维地质模型准确率达到 97%。再者，对于精度不一致的数据，采用加权平均等算法进行处理，根据数据的可靠性赋予不同的权重，从而提高融合后数据的精度。

可引入机器学习算法对历史勘察数据进行深度挖掘，建立区域地质参数预测模型，将预测结果作为补充数据源参与融合。比如通过卷积神经网络分析区域物探图像特征，自动识别岩层分界面；或利用长短时记忆网络（LSTM）处理钻孔时序数据，预测未勘探区域的岩土力学参数^[3]。特别值得注意的是，应建立多源数据的质量评价体系，基于信息熵理论量化各数据源的不确定性，为融合算法提供客观权重依据。如图 2 所示：

4.2 模型精度控制

模型精度控制在地质勘察三维可视化建模中至关重要。影响模型精度的因素众多，包括数据采集的精度、模型构建算法等。在数据采集方面，如果采用的传感器精度不够，会直接影响模型的精度。在模型构建算法方面，不同的算法对模型精度也有影响。

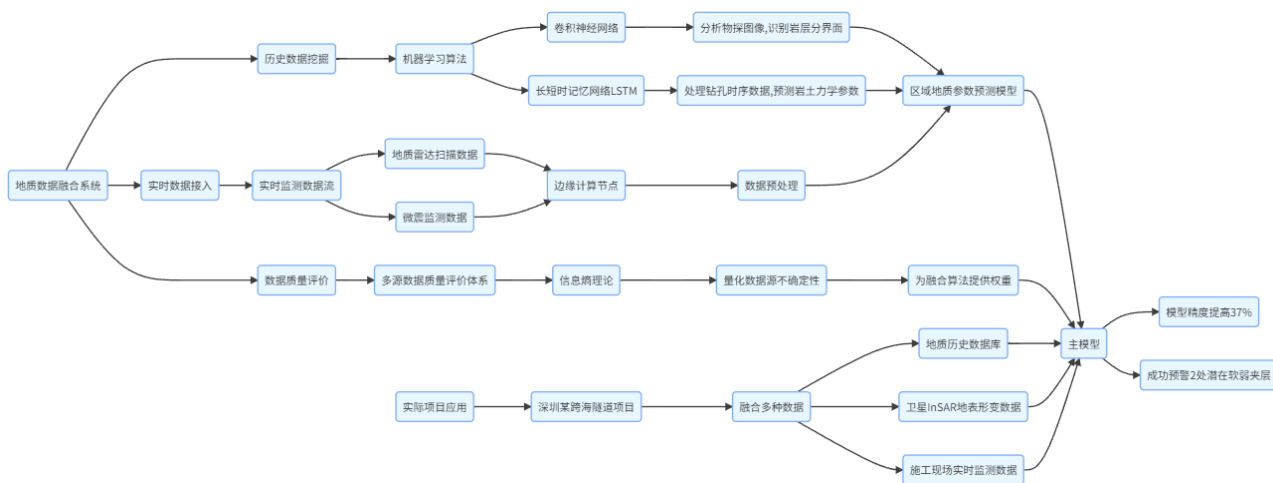


图 2

5 对策与展望

5.1 推广应用对策

为了推广基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模技术,需要采取一系列对策。在政策层面,政府应出台相关的鼓励政策。在标准制定方面,要建立统一的技术标准和规范。包括数据采集标准、可视化表达标准等,使得不同单位的工作能够相互兼容和比较。在人才培养方面,高校和企业应加强合作。高校应开设相关的专业课程,培养具有地质和 BIM 技术知识的复合型人才。企业可以为高校提供实习基地,让学生在实践中掌握技术。

5.2 技术发展趋势

基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模技术的发展趋势呈现多方面的特点。一方面,智能化程度将不断提高。随着人工智能技术的发展,模型构建将更加智能化,如利用深度学习算法自动识别地质构造并构建模型。另一方面,多学科融合将更加深入。地质勘察将与土木工程、环境科学等多学科进行更紧密的融合,例如在考虑地质结构对建筑物的影响时,同时考虑环境因素对地质结构的长期作用。

5.3 行业变革展望

基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模技术将给地

质勘察行业带来深刻的变革。在工作流程方面,传统的线性工作流程将被打破,取而代之的是多专业协同的并行工作流程。在企业竞争力方面,掌握该技术的企业将在市场竞争中占据优势。能够提供更精准的地质勘察报告、更高效的协同工作服务的企业将更容易获得项目。在行业发展方向上,地质勘察行业将向数字化、智能化方向发展,传统的以人力为主的勘察方式将逐渐被淘汰,行业的整体效率和质量将得到显著提升。

6 结语

基于 BIM 技术的地质勘察三维可视化建模研究具有重要的理论与实践意义。通过创新的方法与思路,解决了传统建模中的诸多问题。未来,应积极推广应用相关技术,不断探索新的发展方向,以推动地质勘察行业的持续进步。

参考文献

- [1] 谢俊,陈登金,王红伟,崔志刚.基于三维地质模型的石家庄煤矿透明地质保障系统研究[J].自动化应用,2024,65(18):124-127.
- [2] 战洪雷,胡甲齐,王英楠.地质矿产勘查中的三维地质建模与应用[J].中国金属通报,2024(07):103-105.
- [3] 王领桂,汪蒙,高川.三维地质建模在煤矿地质可视化中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2024(13):190-192.