

Research on visualization technology of geotechnical engineering survey data based on geological information modeling

Caicheng Huang Yifei Tu

Hubei Provincial Bureau of Geology, Eighth Geological Team, Xiangyang, Hubei, 441000, China

Abstract

With the rapid development of geotechnical engineering, the complexity and precision requirements of survey data have significantly increased. This paper explores visualization techniques for geotechnical engineering survey data based on geological information modeling. Building on the fundamental theories and methods of geological information modeling, the study examines the implementation of 3D visualization for survey data and validates its feasibility and practicality through real-world case studies. The results demonstrate that visualization technology based on geological information modeling significantly improves data analysis efficiency and the intuitive presentation of results, providing essential support for geotechnical engineering survey and design.

Keywords

Geotechnical engineering; Geological information modeling; Data visualization; Survey data; 3D modeling

基于地质信息建模的岩土工程勘察数据可视化技术研究

黄才成 涂毅飞

湖北省地质局第八地质大队, 中国·湖北 襄阳 441000

摘要

随着岩土工程领域的快速发展, 勘察数据的复杂性和精确性要求显著提升。本文基于地质信息建模技术, 探讨了岩土工程勘察数据的可视化技术。在总结地质信息建模的基础理论与方法的基础上, 进一步研究了勘察数据的三维可视化实现, 并通过实际案例验证了该方法的可行性和实用性。研究表明, 基于地质信息建模的可视化技术能够显著提高数据分析效率和结果表达的直观性, 为岩土工程勘察及设计提供了重要支持。

关键词

岩土工程; 地质信息建模; 数据可视化; 勘察数据; 三维建模

1 引言

岩土工程勘察是工程建设的重要前期环节, 其主要任务是通过分析地质环境、地层结构及岩土参数, 为工程设计和施工提供科学依据。然而, 传统的岩土勘察数据处理方式往往局限于二维图纸、表格或简易剖面图, 难以直观展现复杂的地质空间信息。这种情况导致数据解读困难、信息传递效率低下, 进而影响工程决策的准确性和施工的安全性。

随着信息技术的发展, 地质信息建模及数据可视化技术逐渐应用于岩土工程。这些技术能够将复杂的地质数据转化为直观、可操作的图形和模型, 为工程设计与施工提供更加全面和精确的信息支持。然而, 当前在数据整合、建模精度及可视化交互能力方面仍存在较多挑战, 亟需进一步研究

与优化。

2 地质信息建模的基础理论与方法

2.1 地质信息建模概述

地质信息建模是以地质数据为基础, 通过科学的理论与技术手段, 根据地质体的空间分布与结构特征, 构建出反映真实地质状态的数字化模型。这种建模方法广泛应用于岩土工程领域, 尤其是在地质勘察、工程设计及施工管理环节, 为提供可靠的地质决策支持奠定了基础。

常见的地质建模方式主要包括三维地层建模和地质体构造建模。其中, 三维地层建模用于确定地下地层的分布、厚度及沉积特性等关键信息, 而地质体构造建模则聚焦于断层、褶皱等地质结构的模拟, 常用于揭示复杂地质环境中的力学构造关系。这些方式基于不同的方法与工具, 因此在实际应用中需根据勘察需求进行选择。主流地质建模软件如 GeoModeller、GOCAD 和 Leapfrog 等因其高效的精度和稳

【作者简介】黄才成(1997-), 男, 中国甘肃白银人, 本科, 助理工程师, 从事岩土工程勘察设计研究。

定性,已成为行业标准。

2.2 核心理论与技术介绍

构建地质信息模型的核心是对地质体的几何形态、分布规律及物理力学性质的精准描述,其关键理论和技术包括但不限于以下方面:

2.2.1 数字高程模型 (DEM) 与地层模型

数字高程模型 (DEM) 是以栅格或矢量的形式表征地表三维形态的基础模型,用于地形特征提取和空间分析。在地质建模中,通过 DEM 与钻孔数据相结合,可进一步反演地下地层的空间分布,构建地层模型。其实现过程通常依赖于数学插值算法和分层建模技术,以确保模型与实际地质情况的高度一致性。

2.2.2 空间插值技术的应用

地质信息建模需处理大量非均匀分布的勘察数据,这对空间插值技术提出了严格要求。常用的插值方法包括:

克里金法:基于随机函数的空间统计特性,提供最优线性无偏估计,是地层连续性和属性预测的常用方法。

反距离加权插值 (IDW):强调邻近数据点的权重对结果的影响,适用于局部数据较密集的区域。

这些插值技术根据数据密度、精度和实际需求进行选择,以增强模型的表现力和可靠性。

2.2.3 地质力学参数与模型精度的耦合作用

地质力学参数 (如内摩擦角、黏聚力和孔隙水压力) 是影响模型质量的重要因素。模型构建不仅考虑几何和空间特征,还需综合力学参数的分布规律,保障模型的物理一致性和计算精度。在实践中,需进行参数敏感性分析,确保建模结果符合实际工程需求,并增强其在工程预测和地质危险评估中的适用性。

2.3 数据采集与处理方法

高质量的地质信息模型依赖于有效的数据采集和处理。以下是关键的数据处理环节:

2.3.1 勘察数据的来源与类型

在地质建模中,数据的来源主要包括钻孔数据 (如地层对比与岩性数据)、物探数据 (如地震反射和电磁波探测数据) 以及实验室测试数据 (如岩土力学参数)。这些数据共同构成了建模的原始基础,通过多源数据的融合增加了模型的全面性和精度。

2.3.2 基于 BIM 和 GIS 技术的数据集成

随着建筑信息模型 (BIM) 和地理信息系统 (GIS) 的发展,越来越多地将两者与地质建模相结合。一方面, BIM 承载详细的建筑和工程结构信息,可进一步指导地质建模过程;另一方面, GIS 提供强大的空间分析和可视化功能,使地质数据的管理与分析更加直观高效。两者的集成不仅可以提升数据的组织水平,还可为后续工程环节提供数据支持。

2.3.3 数据预处理与质量控制方法

原始地质勘察数据往往存在噪声、不完整性及测量误

差等问题。为构建精准的地质模型,需采用多种数据预处理技术,如:

数据清洗:去除异常值和无效数据;

插值补全:针对缺失区域的数据,采用合理的数学方法进行补全;

多源数据验证:通过交互验证不同数据来源的准确性,以确保数据的一致性和可靠性。

此外,质量控制贯穿数据采集和处理的始终,以最大程度降低建模偏差。

通过以上核心理论与方法,可以为高精度地质信息建模提供坚实的技术保障。这不仅为岩土工程数据的可视化与决策提供支持,同时为后续的勘察设计与施工过程奠定了重要基础。

3 岩土工程勘察数据的可视化技术

3.1 数据可视化概述

岩土工程勘察数据可视化技术是现代工程领域中不可或缺的关键环节,其目的是通过技术手段将复杂的地质信息以直观的形式呈现给用户,便于理解与决策。岩土工程中的数据可视化不仅能够帮助工程师和决策者全面掌握地质结构,还能有效地评估施工风险,指导工程设计及施工策略。

在地质结构分析方面,数据可视化能够清晰呈现地层的空间分布、地质构造的变化情况以及土壤与岩层的物理参数特性。这对于复杂地质条件的研究具有重要意义。此外,在施工风险评估中,可视化技术能够将勘察数据中的关键信息 (如土层稳定性、地下水位、以及地质应力分布等) 以图形化形式展现,从而快速定位潜在风险点,辅助制定工程预案。

3.2 可视化技术实现方法

岩土工程数据可视化的实现涉及多种先进技术和方法,以确保数据在空间和时间维度上的精确表达。

3.2.1 基于三维建模的地层可视化方法

三维地层建模是岩土工程数据可视化的核心技术之一。通过将地层信息 (如钻探数据、采样结果等) 整合到三维空间中,生成以地质剖面图、等高线图为基础的三维模型。此方法能够清晰展示地层之间的空间关系,帮助工程师了解地层结构及其物理性质。

3.2.2 各向同性与各向异性参数的可视化表达方法

岩土材料中参数的各向同性与各向异性特性,对于地质建模与工程设计有重要影响。可视化技术能够通过热力图、矢量图等形式,将不同方向上的参数变化趋势具象化。例如,通过张量图表现应力场分布,可以直观地识别岩体或土壤中存在弱点及风险区域。

3.2.3 动态实时数据的可视化

随着物联网及实时监测技术的应用,动态实时数据接入成为岩土工程数据可视化的重要发展方向。这包括钻探实

时数据的可视化,以及监测数据(例如地下水位、地质应力等)的实时更新。采用动态图表或动态图形,能够快速反映施工过程中的地质变化,为科学决策提供及时支持。

3.3 工具与平台介绍

实现岩土工程数据可视化需要专业的软件工具与平台支持,这些工具能够满足不同场景下的可视化需求。

3.3.1 开源与商业化软件平台

常用的岩土工程数据可视化工具包括开源系统和商业化软件平台。开源工具如 Surfer 和 Leapfrog 提供了强大的地质数据处理与可视化功能,适合研究人员使用;商业化软件如 ArcGIS 和 AutoCAD Civil 3D 则拥有更加丰富的功能和用户支持,被广泛应用于实际工程项目中。

这些平台通常具备地质建模、数据分析、三维可视化及交互设计等核心功能,能够全面满足岩土工程中的数据管理及展示需求。

3.3.2 可视化工具的基本功能设计与优化策略

开发和优化岩土工程数据可视化工具时,需要重点关注以下功能:高效的数据处理能力、直观的用户界面设计,以及强大的交互性支持。同时,在技术优化方面,可以采用 GPU 加速渲染及云计算技术,以提升数据处理及渲染效率,确保系统在处理大型地质数据集时保持高效和稳定。

3.4 用户交互设计

数据可视化中的交互性设计是提升用户体验及数据分析效率的重要环节。

3.4.1 数据可视化中的交互需求

岩土工程涉及大量复杂且多维的数据,交互功能设计能够帮助用户动态调整视图、过滤数据以及进行详细分析。例如,用户可以在三维模型中选择特定区域进行深入查看,并实时调整参数以观察其对地层模型的影响。同时,交互式工具能够支持多种数据格式的自由切换,满足不同用户

需求。

3.4.2 多维数据的交互性分析工具开发

为支持岩土工程多维数据的分析,可开发专用的数据交互工具,例如基于触控技术的操作界面或虚拟现实(VR)技术的环境模拟。这些工具可以实现例如地层剖面的动态切割与分析、参数变化实时反馈等功能,进一步提升数据的可操作性和用户体验。

通过结合先进技术与用户需求设计,岩土工程数据的可视化技术不仅能够有效提升地质信息的展示能力,还能为工程决策、风险评估及设计优化提供可靠支持,引领地质信息建模及可视化技术的发展方向。

借助参数分布图形直观展现关键岩土特性数据,如承载力、内摩擦角等空间变化情况。

5 结语

本研究围绕岩土工程勘察数据的可视化技术开展了系统性探索,着眼于地质信息建模的核心技术优势,通过应用多种现代可视化方法,实现了对传统勘察数据的价值提升。研究表明,基于地质信息建模的可视化技术能够显著提高勘察数据的直观性与表达精度,从而为岩土工程的分析、设计与施工提供更加高效、可靠的支撑。本文的主要创新点包括采用了结合空间分析与动态表现的可视化方法,实现了复杂地质环境的精确表达,同时探索了基于先进算法优化多源数据处理的路径,为进一步深化地质信息建模的研究奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 浅谈BIM技术在岩土工程勘察的应用研究. 黄勋.地球,2016(03)
- [2] 智能技术在岩土工程勘察中的应用分析. 宋丽红.中国战略新兴产业,2025(09)
- [3] 多课程融合模式下岩土工程勘察课程实践教学改革创新研究. 巨澍朋;贾斌;王荣;张勤玲.教育信息化论坛,2024(03)