

# 岩土工程勘察数据管理与三维地质建模技术研究

陈海鹏

广州市城市规划勘测设计研究院有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i10.9288

**[摘要]** 岩土工程勘察作为工程建设的重要前期工作,其数据管理与分析直接关系到后续工程设计的科学性与安全性;随着计算机技术和地理信息系统的飞速发展,三维地质建模技术逐渐成为岩土工程勘察领域的重要工具,本文旨在探讨岩土工程勘察数据管理的现状与挑战,以及三维地质建模技术的应用及发展前景,通过实际案例展示其在实际工程中的价值。

**[关键词]** 岩土工程勘察;数据管理;三维地质建模

## Research on Data Management and 3D Geological Modeling Technology for Geotechnical Engineering Survey

Chen Haipeng

Guangzhou Urban Planning Survey and Design Institute Co., Ltd

**[Abstract]** Geotechnical engineering survey, as an important preliminary work in engineering construction, its data management and analysis are directly related to the scientificity and safety of subsequent engineering design; With the rapid development of computer technology and geographic information systems, 3D geological modeling technology has gradually become an important tool in the field of geotechnical engineering exploration. This article aims to explore the current status and challenges of data management in geotechnical engineering exploration, as well as the application and development prospects of 3D geological modeling technology. Through practical cases, its value in actual engineering is demonstrated.

**[Keywords]** geotechnical engineering survey; Data management; 3D geological modeling

### 一、岩土工程勘察数据管理

#### (一) 数据管理的重要性

在岩土工程勘察领域,数据被视为指导设计与施工的基石,其涵盖的地质、水文、岩土力学等多维度信息,直接关联到工程结构的安全性、经济性及环境适应性;数据管理作为这一流程中的关键环节,其重要性不言而喻;一个健全的数据管理体系能够确保海量数据的精准无误,防止因数据误差或遗漏导致的决策失误,它不仅促进了数据从采集到应用的连贯性,还保障了数据的完整性,避免了信息孤岛现象,使得工程师能够全面、系统地掌握地质条件,为工程设计提供坚实的数据支撑;通过优化数据存储与检索机制,数据管理还确保了数据的及时性,使工程师能够迅速响应工程需求,调整设计方案,从而在提升工程合理性的同时,也显著增强了工程的安全性与可靠性。

#### (二) 数据管理的现状与挑战

岩土工程勘察数据管理的现状凸显了其在应对复杂性与规模性方面的严峻挑战;随着技术的不断进步,数据来源日益丰富,涵盖了钻孔记录、地球物理勘探成果、实验室测试数据等多种类型,这些数据虽为工程提供了详尽的信息基础,

但其格式的多样性和复杂性却成为了数据整合与分析的障碍;庞大的数据量不仅考验着存储与处理能力,更对数据处理效率提出了更高要求,传统的手工处理模式显然已力不从心,难以应对现代工程对时效性的迫切需求;再者,数据质量的问题也不容忽视,异常值与错误数据的存在如同隐藏的陷阱,可能误导分析结论,严重影响工程设计的合理性与安全性;故如何有效应对这些挑战,实现数据的高效整合、准确分析与质量控制,成为岩土工程勘察数据管理亟待解决的问题。

#### (三) 数据管理策略

##### 1. 数据标准化

在岩土工程勘察项目中,数据标准化的实施需要跨越多个部门和团队,包括地质工程师、测量师、数据管理员等;为了确保标准的统一性和执行力,每个项目可以组织专门的标准化委员会或工作小组,负责制定和修订数据采集、存储和交换的标准,这些标准应详细规定数据字段的定义、命名规则、单位选择、编码方式等,以确保不同来源的数据在整合时能够无缝对接;例如,在钻孔数据的标准化过程中可以规定每个钻孔记录必须包含孔号、孔深、孔径、岩土层描述、

取样位置及编号等基本信息;对于岩土层描述可以制定一套详细的分类体系,如按照岩石类型、颜色、结构、湿度等特征进行分类,并规定相应的描述词汇和编码;为了确保数据的可互操作性,还可以制定数据交换格式的标准,如采用 XML Schema 或 JSON Schema 定义数据结构和类型,以便于不同软件系统的数据导入和导出。

### 2. 数据质量控制

数据质量控制流程的实施需要建立一套完善的质量管理体系,包括数据审核、异常值检测、错误修正等环节;在数据审核阶段可以设立专门的数据审核团队或岗位,负责对收集到的原始数据进行初步检查和验证,审核人员应熟悉项目要求和数据标准,能够准确判断数据的合理性和准确性;对于异常值的检测可以采用统计方法和技术手段进行自动识别和筛选。例如,可以使用箱线图(Boxplot)等统计图表来识别数据中的异常值点,或者利用聚类分析等算法来检测数据中的异常模式;一旦发现异常值应及时与数据源联系进行核实和修正,对于错误数据的修正,应建立规范的修正流程和记录机制,确保修正过程可追溯且符合数据标准。

### 3. 数据库建设

岩土工程勘察数据库的建设需要考虑多个方面的因素,包括数据库的架构设计、数据模型的选择、数据的安全性和备份策略等;在数据库架构设计上可以采用分布式数据库或云数据库等先进技术来提高数据的可扩展性和可用性;为了支持复杂的数据查询和分析需求,数据库应具备良好的索引和查询优化机制。

在数据模型的选择上,我们可以采用关系型数据库或 NoSQL 数据库等不同类型的数据库系统来存储和管理数据:关系型数据库适用于存储结构化数据,如钻孔记录、试验数据等;而 NoSQL 数据库则适用于存储半结构化或非结构化数据,如图像、视频等多媒体资料。为了确保数据的安全性数据库还应具备严格的访问控制和加密机制,防止数据泄露和非法访问;在数据库的备份和恢复策略上应制定详细的备份计划和恢复流程,以确保数据在丢失或损坏时能够及时恢复,备份策略可以包括定期全量备份和增量备份相结合的方式,以节省存储空间并提高备份效率,还需要进行定期的备份恢复演练和测试,以确保备份数据的完整性和可用性。

### 4. 数据挖掘与分析

数据挖掘与分析是岩土工程勘察数据管理的核心环节之一,通过运用先进的数据挖掘技术和算法,可以从海量数据中提取出有价值的信息和模式,为工程设计提供科学依据;在数据挖掘过程中,可以结合项目需求和数据特点选择合适的挖掘方法和工具。

例如,在地质构造分析中,可以利用聚类分析技术对钻孔数据进行处理,识别出主要的地层分界面和构造线,聚类分析可以将相似度较高的钻孔数据归为一类,从而揭示出地层分布和构造特征的规律;同时,还可以结合地质图件和遥感影像等辅助信息进行综合分析和解释;另外,因子分析也

是一种常用的数据挖掘方法,在岩土力学性质分析中,可以利用因子分析技术提取出影响岩土力学性质的关键因素,如岩石类型、结构特征、含水量等,通过因子分析可以简化数据维度并揭示出各因素之间的内在联系和相互影响关系,这些分析结果可以为地基处理与支护设计提供重要的参考依据和决策支持。

## 二、三维地质建模技术

### (一) 技术概述

三维地质建模技术是一种基于 GIS 和计算机图形学的技术,通过采集地质数据、建立三维模型、进行模型分析和应用等步骤,实现对地质体空间结构和属性的模拟与可视化,该技术不仅能够表达空间几何对象,还能表现空间属性分布,为岩土工程勘察提供了高效、精确和可靠的方法。

### (二) 技术原理

三维地质建模技术作为岩土工程领域的重要工具,其技术原理深植于对地质信息的全面捕捉与精准再现之中,该技术流程细分为数据采集、数据处理、模型建立及模型应用四个紧密相连的环节,每一环节都承载着独特的使命与技术挑战。

#### 1. 数据采集

三维地质建模的首要任务是广泛而深入地采集各类地质数据,这些数据包括但不限于钻孔数据,它们详细记录了地下岩层的深度、性质及变化;地球物理勘探数据,如电阻率、地震波速等,它们通过非侵入式手段揭示了地下结构的物理特性以及地质图件,这些图件提供了宏观的地质构造背景与地质现象的空间分布,这些数据源的多样性确保了建模所需信息的全面性与准确性,为后续步骤奠定了坚实的基础。

#### 2. 数据处理

在数据采集完成后,数据处理环节成为连接原始数据与建模工作的桥梁,这一环节涵盖了数据预处理、数据转换及插值计算等多个关键步骤;数据预处理旨在去除噪声、修正错误,确保数据的清洁与一致性;数据转换则根据建模软件的需求,将数据转换为合适的格式与结构;插值计算则是对稀疏或缺失数据进行合理推测与补充,以构建连续且平滑的地质界面,这一系列处理过程,如同精心雕琢的工匠,将原始数据打磨成适合建模的“原材料”。

#### 3. 模型建立

基于处理后的数据,模型建立环节正式拉开序幕;在这一阶段,专业的三维建模软件如 GOCAD、Surpac、XModel 等被引入,它们凭借强大的算法与图形处理能力,将抽象的数据转化为直观的三维地质模型;模型建立过程中,工程师需精心操作,进行地层界面的拟合与调整,确保模型与实际情况的高度吻合;还需进行地层厚度的精确计算与岩土体物性参数的合理赋值,使模型不仅形态逼真,而且具备丰富的物理与力学属性,这一过程,是对地质结构深刻理解与精准再现的艺术创作。

#### 4. 模型应用

三维地质模型的最终价值体现在其广泛的应用场景中;在岩土工程勘察阶段模型可用于地质条件的直观展示与深入分析,在设计阶段模型可辅助工程师进行方案比选与优化,在施工阶段模型则成为监控工程进度、预测潜在风险的重要工具;通过模型分析,工程师能够更加准确地把握地质条件的变化规律与工程响应机制,为工程的安全、经济、高效实施提供有力保障。随着数字化技术的不断发展,三维地质模型还将与虚拟现实与大数据分析等新兴技术深度融合,进一步拓展其应用边界与价值空间。

### (三) 技术优势

三维地质建模技术作为岩土工程领域的一项革新性成果,与传统的勘察方法相比,展现出了显著的技术优势,这些优势不仅提升了勘察工作的效率与质量,更为工程项目的安全实施与优化设计提供了强有力的支撑。

#### 1. 提高勘察精度和可靠性

三维地质建模技术以其高精度与高度还原性著称;通过集成多种来源的地质数据如钻孔资料、地球物理勘探结果及地质图件等,并利用先进的算法进行数据处理与模型构建;该技术能够以前所未有的细腻程度再现地下地质构造的复杂形态与岩土性质的细微差异,这一过程有效减少了传统勘察方法中因人为判断或数据不足导致的误差与遗漏,使得勘察结果更加精确可靠,为工程设计提供了坚实的数据基础。

#### 2. 降低勘察成本和风险

在传统勘察模式中,为了获取详尽的地质信息往往需要投入大量的人力物力进行密集的现场勘探工作;而三维地质建模技术的引入则通过数字化手段实现了数据的高效整合与利用,显著降低了现场勘探的工作量与成本;由于模型能够提前揭示潜在的地质问题与风险区域,工程师可以在设计阶段就采取针对性措施进行预防或优化,从而有效降低了工程实施过程中的风险与不确定性,一定程度上保障了项目的顺利进行。

#### 3. 实现地质数据可视化

三维地质建模技术的另一大亮点在于其强大的可视化功能;通过构建逼真的三维地质模型,工程师可以直观地观察到地下岩层的分布形态和构造特征以及岩土体的物理力学性质等关键信息,这种直观性的呈现方式极大地降低了地质信息的解读门槛,使得非地质专业的工程师也能迅速把握地质条件的全貌与细节;在此基础上,工程师还可以更加高效地进行地质条件的分析与评估,制定出更加科学合理的工程设计方案与施工方案,从而进一步提升工程项目的整体效益与安全性。

## 三、应用实例

### (一) 桥梁工程案例

在某跨江大桥的岩土工程勘察中,三维地质建模技术展现了其独特的优势;项目团队不仅广泛收集了详尽的钻孔数据,还结合了高分辨率的地球物理勘探成果,如地震波速成像与电阻率反演等,共同构建了桥梁基础区域的三维地质模

型,该模型不仅精确描绘了地下岩层的分布规律,包括不同岩层的厚度、倾角及接触关系,还揭示了潜在的软弱夹层、断层等不利地质条件,这一精细模拟为桥梁基础设计提供了前所未有的地质数据支持,使得工程师能够针对具体地质情况,采用最合适的桩基础类型、桩长及间距,从而确保了桥梁基础设计的科学合理性及长期运营的安全性。

### (二) 地铁线路规划案例

面对复杂的城市地下空间,某地铁线路规划项目采用了三维地质建模技术作为核心分析工具,通过集成多源地质数据,包括历史地质资料、现场勘探数据及遥感影像等,模型成功再现了地铁线路沿线区域的三维地质结构;模型不仅考虑了地层的多样性、地下水的动态分布,还深入分析了地质构造对线路稳定性的影响,基于模型的全面评估规划团队能够直观理解地质条件对地铁施工及运营安全的潜在影响,进而对线路走向、车站位置及施工方法进行了精细调整与优化,这些调整有效降低了施工难度,减少了地质灾害风险,为地铁项目的顺利实施奠定了坚实基础。

### (三) 隧道施工案例

在某复杂地质条件下的隧道施工项目中,三维地质建模技术成为了不可或缺的辅助工具;项目团队依托高精度的钻孔与物探数据,构建了隧道施工区域的三维地质模型,该模型不仅精确刻画了地层结构的复杂变化如岩性转换、地层褶皱等,还详细展示了节理裂隙的发育情况及其对隧道稳定性的影响;借助这一模型施工团队能够提前预测可能遭遇的地质难题如塌方、涌水等,并据此制定针对性的施工方案与应急措施;在隧道开挖过程中,模型还持续发挥指导作用,帮助工程师动态调整支护参数,优化开挖顺序,确保了隧道施工的安全高效进行。

总之,岩土工程勘察数据管理与三维地质建模技术作为现代工程勘察的重要手段,将在未来的工程建设中发挥越来越重要的作用;通过不断优化数据管理策略和提升建模技术水平,相信我们可以更好地利用这些技术为工程建设提供有力保障和支持。

### 【参考文献】

- [1]刘欣,岳玉梅,郭甲腾.三维地质建模在岩土工程勘察中的应用——以盛京金融广场项目为例[J].城市勘测,2020(1):6.
- [2]冯圣,宋宏瑞.三维地质建模技术在岩土工程数值模拟中的应用[J].建材与装饰,2017(41):1.
- [3]刘晓明,黄斌.岩土三维勘察设计系统在铁路工程中的应用[J].工程建设与设计,2018(7):3.
- [4]徐伟,侯娜,顾建坤.基于GIS的通用岩土工程勘察数据库系统的设计[J].环球市场,2017(12):1.
- [5]王强恒,孙旭,刘浩,等.基于GIS的勘测管理及数据智能分析系统及方法:CN201911088143.1[P].CN110807023A[2024-07-10].