

# 岩土工程勘察数字化体系及关键技术研究

张龙龙 李晓雨 魏兴祥

东营市创新工程勘察有限公司

**摘要:** 岩土工程勘察技术属于智慧城市体系的基础保障,可为智慧城市体系建设提供详细、直观、系统的岩土数据分析,继而保障智慧城市建设质量。随着现代数字技术的高度发展,岩土工程勘察有了新的发展动力,即结合数字技术所产生的现代勘察方式。基于此,为提高岩土勘察技术对智慧城市建设的作用,本文以数字化技术应用于岩土工程勘察基本概念为基础,以其特征、系统构成及问题等为着力点,探究岩土工程勘察技术数字化应用内容,以供参考。

**关键词:** 数字化; 岩土工程; 勘察技术; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.031

## 引言

岩土工程勘察是岩土工程设计和施工的基础,对于保证工程的安全性和可靠性具有重要的意义。然而,岩土工程勘察涉及的特征难点问题一直是困扰着岩土工程领域的重要难题。传统的勘察方法往往存在着信息获取不全面、数据处理不准确等问题,而数字化技术的迅速发展为解决这些难题提供了新的可能。

## 一、岩土工程勘察数字化体系建设

在岩土工程勘察领域,通过与BIM技术、大数据、物联网、人工智能、云计算、5G等新一代信息技术的融合应用,革新岩土工程勘察组织过程与表达方式,已成为岩土工程勘察数字化发展的新方向。目前,国内岩土工程勘察的数字化发展主要通过开发各类信息化系统,将岩土勘察的外业与内业等过程分阶段进行数字化处理,实现部分业务生产数字化,帮助提高企业自身的生产效率。但是,大多数勘察设计企业仍停留在传统的管理模式上,未能充分利用信息化技术的优势。勘察行业的发展亟须与时代科技发展相适应,构建完整的岩土工程勘察数字化体系助力企业的全过程生产管理<sup>[1]</sup>。

构建岩土工程勘察数字化体系,需要将工程地质学、岩土力学、计算机工程、图形学、大数据、人工智能等多学科深度融合,从外业勘察工作阶段出发,结合岩土工程勘察工作流程和特点,创新岩土工程勘察手段与方法,提高岩土工程勘察工作质量和效率。

岩土工程勘察数字化体系建议的整体技术架构由基础设施层(IaaS)、数据层(DaaS)、平台层(PaaS)与应用层(SaaS)组成,整体包含“一套岩土工程勘察数据标准、一个数据中台、一个工程平台、三个核心系统”,满足岩土工程勘察各阶段业务数字化需要。基础设施层以云计算、物联网等基础设施构成,服务于数据

采集、业务管理和数据存储等业务。数据层以岩土工程勘察数据中台为主,提供项目数据、业务数据的统一管理。平台层以数字化生产管理平台为主,支撑勘察专业的生产、进度、质量、成果和合同等一体化生产管理。应用层以外业勘察智能采集系统、三维地质勘察系统和岩土大数据管理系统三个核心系统为主,满足岩土工程勘察生产应用。

岩土工程勘察数据标准贯穿整个数字化体系全生命周期,通过建立岩土工程的地质元数据标准、地质数据分类编码标准、地质数据采集与处理标准、地质数据库标准和地质数据接口服务标准等方面的一系列数据标准,支撑岩土工程勘察数字化应用。

岩土工程勘察数据中台以岩土工程勘察积累的各类多源异构数据为主体数据,既有结构化数据又有非结构化数据,通过数据中台从数据采集、处理、检查、存储、应用与交付等方面对数据资源进行统一管理,支撑整个数字化体系基础数据建设。

数字化生产管理平台主要支撑岩土专业的生产、进度、质量、成果和合同等一体化生产管理,平台向下对接数据中台,向上为各个核心系统的底层功能平台,提供统一门户、三维可视化、数据挖掘和数据接口等功能,提供统一的数据共享服务,为各个核心系统数据交互、工程标准化管理提供支撑。

三个核心功能系统按照岩土工程勘察的不同阶段进行划分。外业勘察智能采集系统主要用于工程前期准备与综合勘探阶段,实现勘察规划、勘查现场管理及勘察原始数据采集的管理自动化与数字化,把控工程项目勘察质量。三维地质勘察系统主要用于资料整理及报告编制阶段,强调对各类地质原始数据的分析、统计、处理及建立三维地质模型,并自动生成地质勘察报告。岩土大数据管理系统主要用于勘察数据管理、数据可视化、数据分析与数据挖掘等方面,以三维地质模型为基础,汇总各类数据分析、数据挖掘的成果,为勘察下游专业提供统一的业务场景展现与数据资源服务。

## 二、应用岩土工程勘察数字化体系及关键技术意义

### (一) 提升岩土工程勘察的安全性

在岩土工程勘察中应用数字化技术能提升岩土工程勘察的安全性,在传统的人工测量勘察过程中,工作人员需要实地考察以获得当地岩土数据,一方面,工作人员可能在地质条件比较复杂甚至危险的地方陷入险境;另一方面,勘察数据暂时保存在勘察人员身上,勘察人员遇险或丢失数据会导致勘察数据陷入危险。在岩土工

程勘察中应用数字化技术，一方面可以避免勘察人员深入危险、复杂的环境，保障工作人员的生命健康安全；另一方面勘察数据可以通过多种传输方式实现实时传输和安全传输，保障勘察数据的安全性。

### （二）动态性

动态性是数字化技术在岩土工程勘察中的一个重要而独有的特征。动态性包含了一系列的意义，涵盖了时间、空间、变化和互动等多个方面。第一，动态性体现了数字化技术在岩土工程勘察中的时间概念。传统的勘察方法往往需要耗费大量的时间、人力和物力，而数字化技术的运用可以大幅缩短勘察的时间。以往需要几个月甚至几年才能完成的勘察工作，现在可以在几周甚至几天内完成。通过对岩土体的实时监测和数据分析，可以迅速获取到勘察所需的各种信息，并且能够随时根据需要进行调整和更新。数字化技术为岩土工程勘察带来了高效、便捷的特点，极大地提高了工作效率和成果质量。第二，动态性还体现了数字化技术在岩土工程勘察中的空间特征。传统的勘察方法往往需要人工进入危险的场地或者使用昂贵的设备来获取数据，而数字化技术的运用可以将勘察工作转移到室内或者远程进行。通过传感器、摄像头、遥感技术等设备的使用，可以实现对岩土体的远程监测和数据采集，减少了对现场的依赖性。这种空间上的灵活性使得岩土工程勘察可以更加安全、高效地进行，并且可以覆盖更广泛的区域。第三，动态性还体现了数字化技术在岩土工程勘察中的变化特征。岩土体是一个具有复杂结构和性质的系统，受到许多因素的影响，随着时间的推移，会发生各种变化。数字化技术可以记录和分析这些变化过程，提供准确的变化数据进行评估和预测。通过动态监测和数据模拟，可以实时了解岩土体变化的趋势和规律，为岩土工程的设计和施工提供科学的依据。动态性使得数字化技术在岩土工程勘察中具有了更强的适应性和灵活性。第四，动态性还体现了数字化技术在岩土工程勘察中的互动特征。数字化技术的运用使得勘察工作变得更加智能化、自动化和集成化。通过人机交互和数据共享，可以实现不同领域和不同专业之间的协同工作，提高了勘察的准确性和可靠性。数字化技术的互动性使得岩土工程勘察成为一个集众多专业、技术和方法于一体的综合性工程，促进了岩土工程勘察与其他领域的交叉和融合<sup>[2]</sup>。

### （三）准确性

在岩土工程勘察中应用数字化技术有利于提升勘察数据的准确性，一方面，利用数字化技术勘察数据相比于人工测量勘察，准确性更高，不受主观因素的影响，基本能实现多次勘察数据的稳定性；另一方面，数字化技术可以为岩土工程勘察提供可靠的数据库，数据库中包含大量集群性数据，将会为工程建设提供更加立体的数据构成。

## 三、岩土工程勘察存在的问题

### （一）人工费用高且测量数据有误差

传统的岩土工程勘察工作采取人工实地测量的方式获得勘察数据，由于工程建设一般规模比较大，所以岩土工程勘察工作需要用到大量工作人员，勘察单位需要支出大量人工费用。另外，由于人工实地测量所得的勘察数据与工作人员专业技能和工作态度相关，所以存在测量数据有误差的问题。传统的人工测量勘察技术虽然基本能够完成勘察任务，但是勘察效率不高，勘察成本较大，不符合新时代岩土工程勘察高质量发展的要求。一味利用传统人工测量勘察技术的勘察单位将会逐渐丧失竞争力，被行业抛弃。

### （二）勘察资料过于地质化

岩土工程勘察存在勘察资料过于地质化的问题，勘察资料地质化的主要原因是勘察单位各部门尤其是勘察部门和设计部门沟通配合不到位导致的，勘察部门和设计部门在岩土工程勘察工作中承担不同的工作，其工作人员的专业素质状况也不一样，这就导致设计部门工作人员和勘察部门工作人员对接存在问题，例如面对勘察部门提交的岩土工程信息，设计部门可能由于未更新相关知识或实践经验不足而感到不理解，从而导致勘察成果在设计中的转化率不高。

### （三）地图与数字化设计匹配度不高

岩土工程勘察存在地图与数字化设计匹配不高的问题，由于数字化地图中的某些环节技术条件不成熟，导致地图数据与CAD设计软件接口不匹配，无法实现顺利对接，设计部门工作人员不得不将地图数据重新转化为数据资料，然后利用数据资料完成设计工作。

### （四）设计软件不够完善

岩土工程勘察存在设计软件不够完善的问题，主要表现在目前常用的设计软件多用于数值计算和工程图绘制等，缺少完成方案设计、设计中的综合性评价等经验性工作的功能。另外，设计软件还存在系统封闭性比较强的问题，即无法在同一软件中实现工程勘察、设计信息采集、设计信息处理、设计信息管理和设计信息加工等作业<sup>[3]</sup>。针对这一问题，迫切需要一个一体化的体系来解决，一体化作业不仅能提升勘察效率和节省人力，还能为勘察单位带来经济效益。

## 四、基于数字化体系的岩土工程勘察技术分析

### （一）数字化建模技术

数字化勘察模型，即利用计算机软件与技术手段，将实际勘察中所获得的数据与信息进行整合、处理和分析，最终建立一个精确、可视化的模型。这个模型可以包括地质地貌信息、土层分布、地下水流动、岩体结构等多个方面的内容，以实现了对勘察现场的全面了解与深入分析。第一，建立数字化勘察模型可以大幅提高勘察效率，减少人力和物力的浪费。在传统的勘察方法

中,工程师需要花费大量时间和精力,对现场进行大量的勘测和数据记录。然而,通过数字化技术,这一过程可以得到高效地优化。工程师只需利用激光测绘仪、无人机等设备获取数据,然后通过软件进行处理即可快速建立数字化勘察模型,大大节约了时间和成本。第二,数字化勘察模型具有高度的精准性和可靠性。在数据处理过程中,可以通过算法和模型对数据进行校准和修正,消除了人为因素的影响,避免了数据的偏差和误差。同时,模型的建立也可以基于大量的历史数据和丰富的经验,提供更加准确地分析和判断。这使得工程师能够更好地了解地下情况,为后续的工程设计和施工提供可靠的依据。第三,数字化勘察模型具有良好的可视化效果。通过现代的计算机技术和图像处理算法,将模型呈现在屏幕上,使得工程师可以直观地观察勘察区域的地质情况和地质特征<sup>[4]</sup>。同时,还可以对模型进行立体化展示和演示,使得工程师可以更加深入地了解地下结构和地质构造。这不仅提高了工作效率,还降低了勘察过程中的风险。

### (二) 勘察数据信息的整理分析技术

勘察数据信息的整理分析在数字化技术的引领下,实现了以往无法想象的便捷和准确性。在岩土工程勘察中,这一过程至关重要,它为工程师们提供了可靠的依据,使得岩土工程能够更加科学、高效地展开。勘察数据的整理工作是信息分析的基石。通过数字化技术,从各种勘察手段中获得的数据可以被快速且准确地汇总,降低了人工整理的工作量,提高了工作效率。通过将数据进行分类、编码和标记,可以使得数据的检索和利用变得更加方便。数据整理后的清晰性和结构性使得分析工作能够更加顺利地进行。勘察数据信息的分析是数据整理过程中的核心环节。在过去,工程师们可能需要依靠繁杂的计算和手绘图纸来进行数据分析,耗时耗力且容易出错。而如今,数字化技术的应用使得分析过程更加快捷、准确。通过数据的可视化,工程师们能够更加直观地了解地质情况,从而制定出更加科学合理的工程方案。

### (三) 数字化系统建设技术

数字化系统主要由感应系统、传输系统和储存系统构成,其中感应系统的关键技术是电子传感技术,勘察工作人员利用感应探头等数字化技术,实现项目开发及建设现场勘察的自动化,感应探头等数字化工具能根据设定程序针对工作人员的数据需求做出准确应答;传输系统的关键技术是电子通信技术,该技术负责动态勘察数据信息的实时传输,传输系统是实现岩土工程远程化勘察的关键;存储系统的关键技术是数据采集和管理技术,存储系统负责储存大批量的勘察数据并利用数字化模型处理勘察数据。存储系统不仅能实现勘察数据的高效率储存与管理,还能结合实际情况拓展人工智能平台功能,勘察人员应做到:①做好信号转化工作,在实际

勘察工作中,利用可编程控制器有针对性地获取勘察数据;②系统分析岩土工程,明确数字化分析和水文地质之间的联系性;③严抓数据处理过程,确保数字化系统高效、可靠运行<sup>[5]</sup>。

### (四) 信号转换技术

在传统的人工测量勘察中,现场勘察难度很大且存在一定危险性,所需勘察专业技术人员多,人工花费较大,勘察数据的有效性和准确性很难得到保障。信号转换技术是将勘察信息转换为具有不同属性的信息的技术,是数字化技术与传统勘察技术的结合。数字化系统完成勘察信息数据的整理、分析后,将数据信号转变为简单草图,平面选择相应钻孔以后就能自动生成简单剖面、导出相关数据,为后期分析处理创造便利条件。

### (五) 虚拟化勘察技术

虚拟化勘察技术即利用数字化技术远程呈现工程现场的相关信息,不仅要完整呈现场地的地理方位和信息,还要包括岩土工程勘察所需要的其他内容。虚拟化勘察技术能够有效弥补由于地理环境问题而难以推进数字化技术的不足,以部分岩石工程为例,有些岩石工程的建设场地区域内有丰富的岩脉和河流,岩脉和河流对岩土勘察数字化技术形成了限制,则勘察工作人员可以将地质地层作为重点勘察对象,通过采集岩脉和河流相关信息,在虚拟调查系统的帮助下获得全面数据,虚拟站点与数据信息相结合,智能化生成勘察人员所需要的各类信息,确保岩土工程勘察工作的顺利推进<sup>[6]</sup>。

### 结语

综上所述,数字化技术在岩土工程勘察中的应用实践已经成为推动岩土工程领域发展的重要力量。特征难点方法作为其中的重要组成部分,通过识别、分析和优化特征难点,为工程设计和施工提供了科学的依据和指导。随着数字化技术的不断发展和创新,特征难点方法将进一步提高其准确性和可靠性,为岩土工程勘察领域的发展开辟新的道路。

### 参考文献

- [1]李大龙.岩土工程勘察中的综合勘察技术研究[J].全面腐蚀控制,2022,36(04):14-15+30.
- [2]毕冉,席书衡,李卓坤.城市岩土工程基础勘察技术分析[J].居舍,2021,(29):43-44.
- [3]张存亮.数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].中国住宅设施,2021,(08):75-76.
- [4]王真.数字化勘察技术在岩土工程中应用[J].建筑技术开发,2021,48(13):28-29.
- [5]潘俊祥.岩土工程勘察数字化技术与实现[J].居舍,2021,(02):126-127+135.
- [6]张富民,刘丽君.数字化技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].建筑技术开发,2020,47(24):66-67.