

# 复杂场地条件下精细化岩土勘察方法应用研究

杨刚应

智方设计股份有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5097

**[摘要]** 现代岩土工程建设中,复杂场地地质构造杂乱、岩土性质差异性显著,传统勘察模式存在探测维度单一、地质信息解析精度偏低等短板,难以适配工程建设对地质数据的精细化需求。本文立足于复杂场地的地质特征,剖析常规岩土勘察存在的技术局限,梳理精细化勘察的核心技术逻辑,分类探究多元化精细化勘察技术的适配特性。结合场地地层结构、岩土物理学特性、不良地质体分布等勘察要点,构建系统化的精细化勘察实施体系,优化勘察流程与技术组合方式。明晰复杂场地中精细化勘察方法的应用要点,完善地质数据解析与研判逻辑,为岩土工程设计、地质风险研判提供精准可靠的地质依据,推动岩土勘察行业向高精度、智能化方向迭代发展。

**[关键词]** 复杂场地; 岩土勘察; 精细化探测; 原位测试; 地质解析

中图分类号: P642.25 文献标识码: A

## Research on the Application of Refined Geotechnical Investigation Methods under Complex Site Conditions

Yanggang Ying

Zhifang Design Co., Ltd.

**[Abstract]** In modern geotechnical engineering construction, complex sites are characterized by disordered geological structures and significant variability in soil and rock properties. Traditional investigation methods suffer from limitations such as single-dimensional detection and low accuracy in geological information interpretation, making it difficult to meet the refined requirements of engineering construction. Based on the geological characteristics of complex sites, this paper analyzes the technical limitations of conventional geotechnical investigation methods and summarizes the core technical logic of refined investigation. It further classifies and examines the applicability of various refined investigation technologies. Considering key investigation factors such as site stratigraphy, geotechnical physical and mechanical properties, and the distribution of adverse geological bodies, a systematic implementation framework for refined investigation is established, and the investigation workflow and technology integration are optimized. The study clarifies the application key points of refined investigation methods in complex sites, improves geological data interpretation and analysis logic, and provides accurate and reliable geological references for geotechnical engineering design and geological risk assessment, thereby promoting the development of geotechnical investigation toward high precision and intelligence.

**[Key words]** B Complex Site Conditions; Geotechnical Investigation; Refined Exploration; In-Situ Testing; Geological Interpretation.

### 引言

工程前期开展的岩土勘察工作,既能摸清地下地层构造,也可摸清场地岩土实际情况,勘察整理出的相关资料,会对工程设计成效与场地整体安稳程度造成直接影响。如今建设项目不断增多,不少项目选址地质环境较为复杂,岩土分布杂乱还存在不少隐性地质问题,普通勘察方式不易发现细微地质区别;凭借精

细化勘察的实测优势,本文结合现场勘察存在的实际问题,分析该项技术实际运用办法,进而优化地质调研资料,给现场施工工作提供实用依据。

### 1 复杂场地岩土勘察基础概述

通常情况下,复杂工程施工场地会存在地质排布混乱、土层类型混杂的情况,同时场地内部还会集中发育各类不良地质;该

类场地大多具备地形起伏大,岩土力学参数波动明显,地下水分布杂乱的特征。在地质结构层面,施工场地内部一般会掺杂风化岩层、软弱夹层以及岩土破碎带,地层不仅横向延展不均匀,纵向分层界限也较为模糊,勘察人员在开展地质勘察工作时,也就容易产生地质误判、漏判等问题。传统勘察作业一般会单独采用钻探取样的勘察方法,工作人员会以15至25米的间距布设勘察点位,该取样方式仅能获取少量且分散的地质数据,隐蔽地质体的空间形态很难被完整探查清楚。相较于常规施工场地,复杂场地对勘察精细度的要求会提升40%以上,勘察人员需要精准检测土体密实度、压缩模量、渗透系数等基础地质参数。精细化勘察技术会将多种探测手段结合使用,工作人员可依托高精度探测设备加密勘察点位,再配合智能分析技术整理地质资料;这项技术能够弥补传统勘察方法的各类缺陷,同时还可以完成地表、地下的多维度探测作业,便于工作人员识别细微地质隐患,因此,该勘察方式能够适用于大部分复杂地形与特殊地质场地的勘察施工<sup>[1]</sup>。

## 2 复杂场地岩土勘察现存难点

### 2.1 地层结构识别难度较高

复杂场地的地层结构,一般都会受到地质构造运动的长期扰动:场地内部容易出现岩层弯曲、土层错位以及岩土交错堆积等地质现象。场地之中的软弱夹层,整体厚度变化幅度较大,部分夹层厚度甚至达不到0.5m,且夹层排布没有固定规律,因此勘察人员采用常规钻探手段时,很难精准界定夹层的边界位置。多数复杂场地还会暗藏断裂带、岩溶裂隙等隐蔽地质构造,这类构造不仅发育规模偏小,延展走势也没有固定特征,普通探测仪器的识别精度有限,很难明确判定构造的实际发育范围。除此之外,风化岩层与原生岩层的过渡地带变化较为平缓,岩土物理参数会呈现缓慢变化的状态,工作人员依靠人工划分地层分界时,最大判别误差能够达到1.2m;这类判别误差,容易造成地层划分结果出错,还会对后续工程参数的选用造成不利影响。

### 2.2 岩土参数离散性显著

复杂场地的岩土生成条件相对复杂,残积土、人工填土以及风化岩体,往往会互相混杂在一起;岩土颗粒组成,内部孔隙构造,在空间层面都会出现比较明显的差异。即便是同一片岩层,不同检测点位的天然含水率差值可达18%,压缩模量的波动范围也会超过6MPa,岩土整体均匀程度较差。在传统勘察作业当中,工作人员的取样数量偏少,单个样品的检测覆盖范围偏大,很难完整涵盖岩土参数的波动区间,因此样品参考价值是比较有限的。除此之外,地下水冲刷、地应力挤压,都会改变岩土内部微观结构;室内取样操作还容易破坏岩土原始形态,会让抗剪强度、渗透系数等检测数据产生偏差,这类数据误差一般维持在12%~22%之间<sup>[2]</sup>。

### 2.3 勘察作业环境制约性强

多数复杂场地地表地貌杂乱,存在陡坡、沟谷、低洼积水区域,地表平整度不足,大型钻探设备布设难度较高,设备就位调试时长相较于常规场地增加35%以上。部分场地地表植被密集、

人工构筑物交错,探测作业空间受限,常规线性探测剖面无法布设,探测点位布设均匀度难以把控。同时,复杂场地地下水体活跃度高,地下水水位日波动量可达0.8m,水体渗流会冲刷岩土孔隙,改变岩土原始力学性状,还会干扰探测信号传输,降低物探数据精准度。极端温湿度环境还会影响探测设备运行稳定性,进一步加大勘察作业实施难度。

### 2.4 数据解析体系不完善

当前部分勘察作业仍沿用传统数据解析模式,数据处理以简单筛选、人工统计为主,缺乏智能化数据整合手段。复杂场地勘察生成的数据类型繁杂,包含钻探岩芯数据、原位测试数据、物探影像数据等,不同数据格式兼容性较差,数据融合利用率不足55%。行业内尚未形成针对性的复杂场地数据研判标准,地质风险分级、岩土质量评价多依赖从业人员经验,主观研判偏差较大。此外,勘察数据可视化程度偏低,二维数据报表难以直观呈现三维地质结构,隐蔽地质隐患研判滞后,无法为工程精细化设计提供全面的数据支撑。

## 3 复杂场地精细化岩土勘察核心方法及应用

### 3.1 高精度钻探取样优化技术

钻探作业是勘察人员采集地下深层岩土试样的基础手段;在精细化勘察的作业模式中,勘察人员需要改良传统钻探工艺,以此去适配复杂场地多变的地质条件。工作人员可以结合场地前期的地质预判结果,采用疏密结合的布点方式;对于地质情况较为杂乱的区域,可将探测点位间距设置为6至10m,该布设密度相较于传统方式提升60%,能够在一定程度上保证地质数据采集的完整性。施工过程一般选用轻型高频钻探设备,这类设备的占地空间能够缩减45%,可适配陡坡、狭小施工区等复杂场地;工作人员也能够灵活调整钻探角度,便于探明倾斜岩层、破碎带的实际分布情况。在取样环节,施工人员会使用薄壁取样工具配合静压取样工艺,以此降低取样操作对岩土原始结构的扰动,原状土样完好率可以达到96%。面对硬质岩层与破碎岩层,工作人员需要差异化调节钻进压力与钻进速度,将钻进速率稳定在1.2至2.5m/h,避免高速施工损坏岩芯样本。钻探作业完成以后,工作人员需要整理岩层厚度、岩土种类、风化程度等相关数据,再依托岩芯编录结果绘制地层剖面图,明确划分地层界限,从而为后续岩土试验提供质量合格的试样<sup>[3]</sup>。

### 3.2 多类型原位测试探测技术

原位测试属于实用性较强的探测方法,工作人员无需搬运岩土试样,土体本身也不会受到人为扰动;该技术能够在岩土原始受力环境中,测定各类物理力学参数,比较适用于复杂场地的软弱土层、破碎岩层勘察作业。在精细化勘察工作中,工作人员一般会搭配多种原位测试方法,以此去精准测定不同埋深、不同类型岩土体的物理指标。静力触探多用于软土、粉土等细颗粒土层,勘察人员可利用单桥探头开展连续探测,最大探测深度能够达到60m,可检测土层端头阻力、侧壁摩擦阻力,工作人员能够依据参数变化划分土层类型,判别准确率可达92%;标准贯入试验,一般适用于中粗砂、风化岩层检测,工作人员每下压30cm记

录一次锤击数,以此判断岩土密度与承载力,试验数据误差能够控制在5%以内。扁铲侧胀检测方式,比较适合探测软弱夹层、粉质黏土,它的探头识别精度为0.1mm,可以捕捉岩土产生的细微形变。多种原位测试技术进行组合使用,能够弥补单一检测手段的缺陷,即便不进行室内试验,工作人员也可获取充足的现场地质数据;该方式能够规避复杂场地取样难、试样易损坏的问题,也可以在一定程度上缩短勘察施工的整体工期。

### 3.3 综合地球物理勘探技术

地球物理勘探是一种无损伤的探测方式,它有着探测速度快、数据连续、覆盖范围广等优点;该技术能够弥补钻探点状探测存在的漏洞,比较适合探查复杂场地内部的隐蔽地质体。工作人员可以结合场地地表施工条件,搭配多种物探手段,以此搭建多维度的探测体系。高密度电阻率法,主要依靠岩土导电性能的差别开展检测,工作人员会布设间距0.5至1.0m的电极排布阵列,持续收集地下电阻率相关数据,能够精准找出岩溶空洞、地下水富集区域,探测最大深度可达80m。地质雷达利用高频电磁波完成探测工作,扫描精度能够达到厘米级别,可以清晰描绘出0至20m浅层范围内,破碎带、软弱夹层的空间分布形态,不仅不会产生污染,探测效率也相对较高。微动勘探技术,则是依托自然界微弱的震动信号,反推地层内部波速结构,几乎不会受到地表电磁信号的干扰,能够适应山地、城区等复杂施工场地,方便工作人员划分深层岩层的岩性边界。各类物探手段采集得到的连续剖面资料,能够和离散钻探数据相互结合,填补探测点位之间的地质空白,做到点、线、面一体化探测,从而完整还原场地地下的真实地质构造<sup>[4]</sup>。

### 3.4 室内精细化试验检测技术

室内试验是量化岩土物理力学参数、评判岩土工程特性的关键环节,精细化勘察需优化试验流程,提升试验数据精准度。筛选钻探获取的高质量原状样本,分类开展物理性质、力学性质、渗透特性三类试验检测。物理性质试验精准测定岩土天然密度、含水率、孔隙比等基础参数,试验称量精度控制在0.001g,温度波动管控在±0.5℃,降低环境因素对试验结果的干扰。力学性质试验采用分级加载模式,开展三轴压缩、直剪、固结试验,模拟场地原始应力环境,测定岩土抗剪强度、压缩模量、固结系数等核心指标,加载速率稳定控制在0.02mm/min,保障应力应变数据连续性。渗透试验采用变水头检测方法,精准测算细颗粒土层渗透系数,检测量程覆盖 $10^{-4}$ 至 $10^{-7}$ cm/s。试验完成后,剔除异

常试验数据,修正样本扰动产生的参数偏差,建立岩土参数数据库,为场地稳定性研判、工程基础设计提供量化依据。

### 3.5 地质数据整合与智能化解析

工作人员可以依托数字化技术,搭建精细化的数据处理体系,用来整合、校正以及分析多源勘察数据,以此去解决复杂场地数据杂乱、解析难度偏大的问题。工作人员首先要整理钻探、原位测试、物探、室内试验四类数据,对其做标准化格式处理,剔除检测过程中产生的异常数据,能够把数据误差控制在3%以内;再将校正完成的数据导入三维地质建模软件,借助插值算法优化地层曲面,从而还原地层起伏形态、不良地质分布情况,模型可视精度可达0.3m。工作人员可在系统中嵌入岩土反演模块,依托原位测试数据推算深层岩土力学性质,弥补深部探测数据不足的缺陷;同时还要搭建地质评价体系,从地层稳定性、岩土承载力、地下水影响三个方面,去评判场地建设适宜性,并且标记地质风险区域。该智能化处理流程,能够完成勘察数据的闭环处理,在一定程度上提升勘察资料的实际利用价值<sup>[5]</sup>。

## 4 结束语

本文梳理了复杂场地岩土勘察存在的各类难题;文中结合钻探,原位检测,物探等探测手段,搭建了一套适配复杂地质的精细化勘察体系。多种技术相互配合,能够提升地层识别精度,完善岩土检测效果,弥补传统勘察存在的不足。勘察技术搭配智能分析手段,可实现地质资料可视化,评价流程规范化;后续还需优化技术方案,提升复杂场地勘察能力,从而保障岩土工程平稳开展。

### [参考文献]

- [1]刘涛,刘号,齐晨.复杂地质条件下的岩土工程勘察技术研究[J].价值工程,2026,45(12):124-126.
- [2]叶飞.高频振动技术在复杂地质条件下的岩土工程勘察创新应用与实践[J].中文科技期刊数据库(引文版)自然科学,2026(1):041-045.
- [3]潘忠明.岩土工程勘察技术在复杂地形地质条件下的应用研究[J].工程技术研究,2025,10(11):23-25.
- [4]吕树全.复杂地质条件下岩土工程勘察方法研究综述[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(4):013-016.
- [5]李志伟.复杂地质条件下岩土工程勘察技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(6):001-004.