

特殊地区岩土工程勘察技术优化与应用

颜 荣

江西省第九地质勘察规划有限公司 江西吉安 343000

摘 要：随着我国基础设施建设的快速发展，特殊地区的岩土工程勘察工作变得越来越重要。特殊地区通常指的是那些具有复杂地质条件、不良工程特性的土地区域，如膨胀土、湿陷性黄土、软土、冻土等。这些地区的勘察工作对工程设计和施工具有决定性的影响。本文旨在探讨特殊地区岩土工程勘察技术的优化与应用，通过分析当前勘察技术存在的问题，提出相应的优化措施，并结合实际案例，展示优化技术在实际工程中的应用效果。

关键词：特殊地区；岩土工程；勘察技术；优化应用

引言

在岩土工程勘察中，特殊地区的勘察工作具有一定的复杂性和挑战性。由于这些地区的土质特性，如膨胀性、湿陷性、软弱性等，勘察结果的准确性直接关系到工程的安全性、经济性和可行性。因此，对勘察技术进行优化，提高勘察数据的准确性和可靠性，是当前岩土工程领域亟待解决的问题。

一、特殊土特性及其对岩土工程勘察的影响

（一）特殊土类型与工程特性概述

以湿陷性黄土、膨胀土和红黏土这三种典型特殊土为例，它们的工程特性显著区别于普通土体。湿陷性黄土在干燥状态下结构较为稳定，但一旦浸水，其内部架空结构会迅速破坏，导致土体产生显著的、且往往是突发性的下沉变形，即湿陷。其变形特征表现为浸水后压缩性急剧增大，承载力骤降。其主要水理性质为遇水下沉、失水收缩不明显，引发的特殊工程地质问题有地基不均匀沉降、结构物开裂，管道、渠道等工程可能出现沉陷破坏。膨胀土富含蒙脱石、伊利石等亲水性强的黏土矿物，物理力学性质随含水量变化剧烈。干燥时体积收缩、强度高，吸水后体积膨胀、强度降低，变形呈反复胀缩循环，导致地基变形复杂难测。水理性质为强烈吸水膨胀和失水收缩，特殊工程地质问题是对建筑物、道路、堤坝等反复胀缩破坏，如墙体开裂、路面起伏、边坡失稳等。红黏土由碳酸盐岩风化形成，具高塑性指数、高含水量、小体积密度特点。物理力学性质上下部差异大，上部饱和、强度低，下部含砾石或基岩出露、强度高。变形特征为上部胀缩性大但不如典型膨胀土剧

烈，下部可能有土岩复合地基问题。水理性质是上部持水性强、渗透性低。特殊工程地质问题有地基不均匀沉降、土体胀缩变形，以及下伏基岩面起伏导致的岩溶和土洞问题。了解这些特殊土的基本性质、变形特征和水理性质，是认识其工程地质问题的基础^[1]。

（二）特殊土特性对勘察工作的挑战

特殊土固有的不均匀性、多变性以及明显的区域性特征，给岩土工程勘察工作带来了显著的困难。不均匀性体现在土体在水平方向和垂直方向上性质差异大，例如膨胀土中常存在软硬不一的夹层，湿陷性黄土中存在古土壤层或钙质结核层。这要求勘察点布置必须更加密集和具有针对性，才能捕捉到这些变化，增加了勘察的工作量和成本。多变性则指土体性质对环境条件（如气候、地下水变化）极为敏感，同一地点在不同时间测得的参数可能差异很大。这给取样和测试的时间窗口选择带来了挑战，需要考虑季节和天气因素。区域性特征意味着不同地区的同类特殊土，其具体工程性质可能因形成环境、气候条件的差异而不同，通用经验参数的适用性降低。这些特性对取样工作造成困难，例如膨胀土在取样和运输过程中容易因含水量变化而改变结构，导致试样失真；湿陷性黄土的试样在扰动后湿陷特性可能减弱或消失。原位测试也面临挑战，如标准贯入试验在湿陷性黄土中的锤击数可能因土的密实度和含水量变化范围大而难以准确反映力学性质；静力触探试验在遇到红黏土中的砾石或基岩时数据会失真。室内试验精度也受影响，例如含水量的快速变化可能使测得的胀缩指标偏离实际。在特殊地区进行勘察时，信息失真和参数偏差是常见问题。信息失真可能源于取样扰动、测试方法

局限或对土体复杂性的认识不足,导致获得的土层分布、厚度、性质数据与实际不符。参数偏差则可能是因为试验条件与现场实际受力状态、环境条件差异,或数据处理方法不当,使得得到的力学参数(如压缩模量、抗剪强度、湿陷系数等)不能准确代表土体在工程中的真实行为。这些问题的根源在于特殊土自身性质的复杂性、勘察技术的局限性以及勘察人员对特殊土认识深度不足等多方面因素的综合作用^[2]。

二、特殊土地区岩土工程勘察技术优化路径

(一) 传统勘察技术的局限性分析

在特殊土地区,传统的岩土工程勘察方法普遍存在一些固有局限。例如,标准贯入试验(SPT)主要提供土体的锤击数,用以间接评估其力学性质,但在湿陷性黄土中,锤击数易受土体密实度和含水量的显著影响,难以稳定反映其湿陷潜势;在膨胀土中,其结果也不能有效表征土体的胀缩特性。静力触探试验(CPT)虽然能连续获得比贯入阻力等参数,但其探头的尺寸和形状固定,对于红黏土中可能存在的软弱夹层或硬质结核的识别能力有限,且测试结果对土体的各向异性敏感。钻孔取样是获取原状土样进行室内试验的主要手段,但在特殊土中,如膨胀土,取样过程中的应力释放和含水量变化极易导致土样结构破坏和性质改变,使得室内试验结果失真;对于含有较多碎石的土体,取样的完整性和代表性也难以保证。这些传统方法往往只能提供点状或线状的信息,难以全面反映特殊土在空间上的不均匀性和多变性,存在代表性不足的问题。同时,部分传统方法如钻孔取样,其作业效率相对不高,尤其是在复杂地形或地下障碍物较多的区域。此外,单一方法获取的信息维度有限,往往是片面的,例如仅靠钻孔难以全面掌握土层的大范围连续分布特征,仅靠室内试验难以完全模拟现场的实际应力路径和环境条件,导致对特殊土工程特性的认识不够全面和深入^[3]。

(二) 优化技术的选择与整合

针对传统技术的局限性,需要选择和整合适用于特殊土地区的先进或改进技术。高密度电法是一种阵列式的电阻率测量方法,能够提供地下介质电阻率的三维分布图像,对于识别湿陷性黄土中的大孔隙结构、膨胀土中的裂隙发育程度以及红黏土中的软弱带等具有优势。探地雷达(GPR)利用高频电磁波探测地下介质的介电特性差异,具有高分辨率、非破坏性的特点,适用于探测浅层土体的分层、空洞、地下管线以及膨胀土中的裂

隙分布。声波测井通过测量声波在钻孔中穿越不同地层的传播时间和速度,可以连续评价土石的弹性参数,对于了解土体的均匀性和各向异性有独到之处。原位冻结取样技术通过在取样过程中对钻孔壁和土样进行冻结,有效抑制了膨胀土等敏感土体的含水量变化和结构扰动,能获取更接近原状的高质量土样。原位应力路径模拟试验则允许在接近现场实际应力状态下对土体进行测试,更准确地获取土体的本构关系和强度参数。强调多技术手段的综合集成与信息互补至关重要。应将物探技术(如高密度电法、GPR)用于宏观层面的土层结构、异常体探测,为原位测试和钻孔布置提供指导;利用原位测试(如改进的静力触探、十字板剪切试验)获取大体积土体的平均力学参数;通过室内试验对原状土样进行详细分析,揭示土体的微观结构和力学机理。通过这种多技术手段的结合,构建起从宏观结构到微观机理的“宏观-微观”结合的勘察技术体系,从而更全面、准确地认知特殊土的工程特性。

(三) 勘察流程与方法的优化

优化特殊土地区的勘察流程与方法,需要紧密结合特殊土的类型和具体工程的需求。勘察工作流程不应是固定不变的,而应根据前期物探结果和初步钻孔揭示的情况,动态调整后续勘察点(如钻孔、原位测试点)的间距和位置。例如,在物探显示土层均匀性较好的区域,可以适当加大点距;而在发现异常或土性变化剧烈的区域,则应加密布点进行验证。取样与测试方案也需要优化,针对不同特殊土的特性选择最有效的取样方法(如对膨胀土优先采用原位冻结取样)和测试内容(如对湿陷性黄土必须进行湿陷系数和自重湿陷系数试验)。应增加不同应力路径下的三轴试验或直剪试验,以获取更符合实际工程条件的参数。此外,加强勘察过程中的信息反馈与调整是提高勘察精度的关键。在勘察实施过程中,应及时整理和分析已获得的数据,如物探解译结果、钻孔柱状图、原位测试曲线等,与之前的预期进行对比。如果发现土层分布、性质与预期差异较大,或者遇到未预见的复杂情况,应及时调整后续的勘察计划,比如增加特定深度的测试、改变测试方法或增加验证性钻孔,确保最终获取的地质信息能够准确反映场地的实际情况,为工程设计提供可靠依据^[4]。

三、优化技术的综合应用与效果评价

(一) 综合应用策略

将优化后的技术体系应用于特殊土地区的具体勘察

项目,需要系统性的规划和各环节的紧密协同。前期准备阶段,需充分收集项目所在区域的已有地质资料,结合工程特点,明确勘察目标和技术要求,制定详细的技术方案,选择合适的技术组合。例如,对于湿陷性黄土场地,可能优先采用高密度电法进行大面积的湿陷性分区,再结合探地雷达(GPR)探测浅层结构和小型探井或原位冻结取样获取精确参数。现场实施阶段,要严格按照方案执行,注意不同技术手段间的衔接和配合。物探工作应先行,其成果用于指导后续钻孔和原位测试点的布置,实现宏观概略了解与微观精确探查的结合。在钻孔取样时,应配合原位测试(如标准贯入、静力触探)进行,相互印证。室内分析阶段,则需综合处理来自物探、原位测试和室内试验的数据。地质解译是基础,需要将物探异常、原位测试曲线特征与室内试验结果相结合,综合判断土层的分布、性质和空间变化。参数反演是关键,利用物探数据(如电阻率、波速)与岩土参数之间的理论或经验关系,反演出土体的力学参数,作为室内试验结果的补充和验证。成果验证是保障,通过钻孔揭露情况、原位测试结果与物探解译和参数反演结果的对比,检查一致性,识别并修正可能存在的误差。地质解译、参数反演、成果验证这三个环节在综合应用中环环相扣,缺一不可,确保了信息的连贯性和准确性^[5]。

(二)应用效果评价

优化技术综合应用后,相较于传统单一或常规勘察方法,在多个方面展现出显著提升。在获取地质信息完整性方面,多技术手段的集成能够覆盖更大范围,探测更深部位,捕捉到传统方法可能遗漏的细微变化和局部异常,如小范围的软弱夹层、裂隙发育带或土性突变区,从而提供更全面、细致的场地地质信息。在参数准确性方面,室内外多种测试方法的相互补充和验证,特别是利用物探数据进行参数反演,能够减少单一来源数据可能存在的偏差,得到更接近土体真实状态的力学参数和水理参数,如湿陷系数、压缩模量、抗剪强度等。在勘察效率方面,物探等非侵入性方法的大面积快速探测,可以快速缩小重点勘察区域,指导钻孔和原位测试的精准布设,避免了盲目布点,缩短了现场作业时间。同时,优化后的流程减少了重复工作和无效劳动。在经济性方面,虽然部分先进技术(如高密度电法、原位冻结取样)的设备投入或成本较高,但通过提高信息获取的准

确性和效率,减少了后期因地质条件不清导致的设计变更、工程事故或加固处理费用,从项目全生命周期来看,往往能带来更好的经济效益。这些提升最终体现在提高了特殊土地区工程地质评价的可靠性上,使得基于这些评价结果进行的工程设计更加安全、经济、合理,有效降低了工程风险。

结语

特殊土地区岩土工程勘察因特殊土复杂多变而面临挑战,传统勘察技术有局限。经深入分析,提出优化路径:选择与整合优化技术,应用高密度电法等先进或改进技术,综合集成多技术手段,构建“宏观-微观”结合的勘察技术体系,弥补传统技术不足;优化勘察流程与方法,根据前期结果动态调整勘察点,优化取样与测试方案,加强信息反馈与调整,确保地质信息真实反映场地情况。优化技术在实际工程各环节协同配合,实施重要步骤,提升地质信息完整性、参数准确性、勘察效率和经济性,为工程设计提供可靠依据,提高工程地质评价可靠性,保障工程安全、经济和可行。未来,应持续探索引入先进技术方法,完善勘察技术体系;加强对特殊土特性和工程行为研究,提供坚实理论基础;培养专业勘察人才,提高行业重视程度和技术水平,推动特殊土地区岩土工程发展。

参考文献

- [1]马媛.岩土工程测试与检测技术的应用分析[J].2021(15):49-49.DOI:10.12254/j.issn.2096-6539.2021.15.043.
- [2]杨亚莉.研究岩土工程勘察中深基坑支护技术的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(5):172-175.
- [3]付哲.高层建筑岩土工程勘察分析及地基处理技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(3):4.
- [4]吴际渊,宿晓辉,闫嘉庆.综合勘察技术在岩土工程勘察中的应用[J].2020.
- [5]宋言江.复杂地质条件下岩土工程勘察技术的运用[J].International Architecture,2022,4(9).DOI:10.37155/2661-4669-0409-32.