

物探技术在岩土工程勘察中的优化策略探究

肖 鹏

宁波冶金勘察设计研究股份有限公司, 浙江 宁波 315194

[摘要]物探技术在岩土工程勘察中具有重要应用价值,通过精确探测岩土体特性,为工程建设提供可靠的基础数据。文章分析了物探技术的基本原理与方法,探讨了在岩土工程勘察中应用物探技术的优势与挑战。结合案例分析,提出了针对性优化策略,旨在提高物探技术在复杂地质条件下的准确性与效率,推动岩土工程勘察质量的提升。通过对物探技术发展趋势的研究,提出了未来技术融合和创新应用的方向,为工程勘察领域提供理论指导和实践支持。

[关键词]物探技术;岩土工程勘察;优化策略;地质勘探

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15335

中图分类号: TU452

文献标识码: A

Exploration on Optimization Strategy of Geophysical Exploration Technology in Geotechnical Engineering Investigation

XIAO Peng

Ningbo Metallurgical Survey and Design Research Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315194, China

Abstract: Geophysical exploration technology has important application value in geotechnical engineering investigation, providing reliable basic data for engineering construction by accurately detecting the characteristics of rock and soil mass. The article analyzes the basic principles and methods of geophysical exploration technology, and explores the advantages and challenges of applying geophysical exploration technology in geotechnical engineering investigation. Based on case analysis, targeted optimization strategies are proposed to improve the accuracy and efficiency of geophysical exploration technology under complex geological conditions, and promote the improvement of the quality of geotechnical engineering investigation. Through the study of the development trend of geophysical exploration technology, the direction of future technology integration and innovative application has been proposed, providing theoretical guidance and practical support for the field of engineering exploration.

Keywords: geophysical exploration technology; geotechnical engineering investigation; optimization strategy; geophysical exploration

引言

岩土工程勘察作为工程建设的基础环节,其精度直接影响到后续设计与施工的安全性及稳定性。随着岩土工程勘察需求的增加,传统勘探手段已难以满足日益复杂的地质条件要求。物探技术凭借其非破坏性、实时性和高效性,逐渐成为岩土工程勘察中的主流方法。尽管物探技术在实践中取得了显著进展,但如何在复杂地质环境下提高其精确性与可操作性,仍是当前技术面临的主要挑战。本文旨在探讨物探技术在岩土工程勘察中的精准探测应用与优化策略,提升勘察质量。

1 物探技术概述

1.1 物探技术的基本原理

物探技术,作为岩土工程勘察的核心手段,基于地球物理学的原理,通过探测地下岩土体的物理性质,如密度、电导率、弹性波速度等,推测地下结构的分布与特征。其基本原理是利用地下物质对外界物理场(如重力场、电场、磁场、声波等)的反应差异,进行探测与分析。不同物理性质的变化可以反映出地下岩土层的类型、结构、深度等信息,进而推测出地下的复杂情况。地震勘探:通过分析

地震波的传播速度、波形、反射等特征,判断地下岩土层的性质、厚度和分布。该方法特别适用于岩土体深层勘察^[1]。

电磁勘探:利用电磁波在地下不同物质中的传播速度差异,分析地下结构的变化,适用于测定岩土的电导率和湿度等特性,特别适合浅层勘察。重力与磁力勘探:通过测量地下岩层引起的重力和磁场异常,分析地下地质体的结构、分布与深度。这些方法适用于大型区域的初步勘探,能够高效覆盖大范围地质勘查。

每种物探方法都具有其独特的优势和适用场景,能够针对不同的地质条件和勘察需求提供有效支持。地震勘探,作为一种常见的物探手段,在深层岩土体的勘察中表现出较高的准确性。通过分析地震波的传播特性和反射信号,地震勘探可以精准识别地下结构、岩层分布及其变化,尤其适用于岩土体较深、地层结构复杂的区域。然而,地震勘探在浅层结构的分辨率和精度上相对较弱。相比之下,电磁勘探在浅层结构的勘查中具有较强优势,尤其擅长探测土壤湿度、电导率等物理特性,适用于分析浅层土壤和水文条件的变化。两者各有侧重,通过结合不同物探方法,可以有效弥补单一方法的局限性,提供更全面和精确的地

下信息,从而实现对不同地质环境和勘察目标的最佳适配。

1.2 物探技术的发展历程

物探技术的应用起源可以追溯至 20 世纪初,当时的物探手段主要依赖简单的重力和磁力勘探,用于浅层岩土体的勘察。随着科技的发展,尤其是电子技术和计算机技术的进步,物探方法逐渐多样化,并且精度和效率大幅提高。20 世纪 50 年代至 70 年代,随着地震勘探方法的成熟,物探技术得到了广泛应用,尤其是在石油、天然气勘探领域,极大地推动了地质勘查行业的发展。

进入 21 世纪后,数字化技术、遥感技术和人工智能的快速发展,对物探技术的应用产生了深远影响。数字化技术使得数据采集与处理更加精确和高效,遥感技术则可以在不接触地下的情况下获取大范围的地质信息。人工智能尤其是机器学习的加入,为物探数据的解译和处理提供了更强的算法支持,能够通过大数据分析实现更精准的地下结构预测。

物探技术的发展也逐步从单一方法向综合性、多方法并用方向发展。许多项目中,研究人员常常将不同物探方法结合使用,以弥补单一方法的不足,提升整体勘察精度和数据解译的可靠性。这一趋势促进了物探技术的深度融合,形成了更加高效、准确的勘探模式。物探技术不仅在传统的矿产勘探、石油天然气勘探领域得到广泛应用,也在岩土工程、环境保护、建筑设计等领域展现出了巨大的潜力和应用前景。随着新技术的不断加入,物探技术将继续朝着高精度、多功能方向发展,推动岩土勘查行业的技术革新。

2 物探技术在岩土工程勘察中的应用

2.1 在工程选址中的应用

在岩土工程的初步勘察阶段,物探技术起到了关键作用,尤其是在选择建设地点时。工程选址的合理性直接关系到项目的安全性和经济性。物探技术能够有效识别潜在的地质灾害隐患,如滑坡、地震带、沉降区、液化区等不稳定地质区域。通过对目标区域进行地震勘探、重力勘探、电磁勘探等多种物探方法的联合应用,可以迅速获取地下岩土层的分布情况,确定地下水位、岩层厚度、土壤类型等重要参数,为工程建设提供可靠的地质数据支持。

物探技术在选址阶段的优势在于其非破坏性,可以快速、准确地对大面积区域进行勘察,避免了传统钻探方法对土地的破坏和对地下结构的影响。通过这些探测数据,工程师可以评估地下条件是否适合工程建设,并避免进入地质条件复杂或有安全隐患的区域。例如,在桥梁、隧道、高层建筑等工程项目中,利用物探技术可以有效避免选址在软弱土层、岩层破碎带或地下水过多的区域,降低项目后期施工的风险,节约成本并提高工程安全性^[2]。

2.2 在岩土体结构分析中的应用

物探技术在岩土体结构分析中的应用同样至关重要。

在岩土工程勘察中,准确了解地下岩土体的结构特征是进行设计与施工的基础。通过物探技术,尤其是地震勘探和电磁勘探,能够为岩土体的厚度、分布、密实度等参数提供精准的数据支持。地震勘探能够帮助勘察人员通过分析地下不同层次对地震波的传播特性,推测出岩土层的厚度、构造及其变化。利用反射波的传播特性,能够识别地下岩土体的分布形态,以及不同地质体之间的界面。电磁勘探则可以通过对电导率的变化进行测量,分析土壤或岩层的湿度、密度及其他物理属性,从而推测岩土层的组成与稳定性。

通过这些技术的结合,物探技术能够在不直接钻探的情况下,对地下结构进行详细分析。为后续的岩土力学分析提供数据基础,尤其在进行基础设计、地基处理和施工方案选择时,物探数据能够为工程师提供必要的支持。比如,在进行深基础设计时,准确的地下岩土结构信息可以帮助确定基础的深度和类型,从而优化设计,减少后期施工中的不确定性与风险。物探技术通过提供精确的地下结构数据,在岩土工程中发挥着至关重要的作用,不仅提高了勘察效率,也为后续的工程设计与施工奠定了科学基础。

3 物探技术在复杂地质环境中的挑战与问题

3.1 复杂地质条件下物探数据的准确性问题

在复杂地质环境中,物探技术的准确性受到多种因素的影响,主要表现为信号干扰和测量精度降低。这些问题导致探测结果的不确定性增大,直接影响到勘察数据的可靠性和后续工程决策的准确性。复杂地质条件下地下岩土层的异质性较强,不同地层之间物理性质差异大,如密度、电导率等差异可能导致物探信号的衰减或反射。尤其是在多层地质环境中,浅层地质信号容易被深层结构的干扰信号所掩盖,使得浅层数据的探测精度难以保证。

地质环境中的水文条件、土壤湿度、地下水位等因素也会影响物探技术的效果。比如,在湿润或含水量较高的区域,电磁勘探中电场信号可能受到地下水的屏蔽或偏移,导致测量结果出现较大偏差。此外,地震波在某些地质体中传播速度较慢或反射效果不明显,增加了对地下结构的识别难度。复杂的地形和多样化的地质构造,也会加剧这些问题,导致物探数据在处理和解译过程中出现更多的不确定性。为了应对这些挑战,物探技术需要结合多种手段进行数据融合,并加强数据处理算法的优化,以提高勘察结果的准确性^[3]。

3.2 物探设备和技术的局限性

尽管物探技术在岩土工程勘察中得到广泛应用,但现有的物探设备和技术仍存在一定的局限性,尤其在深度探测、分辨率、数据处理等方面难以满足高精度勘探需求。

传统的物探设备在深度勘探时的能力有限,尤其是在对深层岩土体的探测中,信号的衰减和噪声干扰会导致探测精度显著降低。深层勘探所需的高灵敏度和高分辨率设

备, 仍然存在技术上的瓶颈, 使得在复杂地质条件下, 物探结果的准确性大打折扣。物探技术的分辨率问题也是一个难以突破的技术瓶颈。现有设备往往在某些地质体的微小结构或精细特征的探测上存在不足, 尤其是在软土、碎屑层等较为复杂的土壤和岩层中, 难以有效识别其细微差异。这不仅影响了勘察深度的准确性, 还增加了后续设计和施工阶段的风险。

数据处理技术也是物探技术的一大限制因素。物探数据通常需要大量的处理和解译工作, 在复杂地质环境下, 传统的数据处理方法常常无法提供精准的地下结构分析。虽然一些先进的处理方法如反演算法、人工智能等已被应用于数据处理, 但仍存在算法适应性和计算能力的限制, 难以处理更复杂的地质结构。要提升物探技术在复杂地质环境中的应用效果, 亟需进一步提升设备的探测能力、提高技术的分辨率, 并优化数据处理方法, 以满足高精度勘探的需求。

4 物探技术优化策略

4.1 多方法联合探测

多方法联合探测是一种有效的优化策略, 通过结合不同物探方法的优势, 克服单一方法在复杂地质环境中的局限性。这种策略能够提供更全面的地下信息, 显著提高探测精度, 尤其在面对复杂的地质结构时表现突出。

不同的物探方法具有各自的适用范围和特性, 单一方法往往在面对异质性强、层次复杂的地质条件时难以获得准确的探测数据。例如, 地震勘探适用于分析深层地质结构, 但对于浅层的软土层探测效果较差; 而电磁勘探在浅层地质体的勘测中效果较好, 但对于深层硬岩的探测能力有限。通过将地震勘探、电磁勘探、重力勘探等方法结合使用, 能够充分利用各方法的优势, 获得更为精确的地下数据。联合探测不仅能够提高数据的可靠性, 还能在一定程度上减小不同探测方法之间的误差, 提高勘察的整体质量^[4]。

4.2 高精度设备与先进技术的应用

随着科技的不断进步, 物探设备的精度和灵敏度得到了显著提升, 采用高精度传感器和先进技术是提升物探效果的重要手段。高精度传感器能够提供更精细的测量数据, 减少信号衰减带来的影响, 提高探测深度和分辨率。

随着大数据和人工智能技术的发展, 物探数据的处理能力也得到了显著提高。先进的数据处理算法可以帮助对复杂的物探数据进行精确分析, 自动化处理和解译, 使得数据的解读更为高效和准确。例如, 机器学习和深度学习算法能够自动识别地下岩土体的特征, 发现传统方法难以识别的细节。通过这些技术的结合, 物探数据的处理效率

和精度都得到了显著提升, 尤其在复杂地质环境下, 可以有效克服信号噪声和干扰问题, 提升勘察结果的可靠性。

4.3 数据融合与模型优化

数据融合技术是提高物探技术精度和可靠性的有效手段。通过将物探数据与钻探、地质实验数据进行结合, 可以综合多种信息, 提高地下结构分析的精度。在传统的勘察方法中, 物探数据通常依赖单一来源, 可能存在一定的偏差或局限性。而通过数据融合, 可以将物探、钻探、遥感等多来源数据进行融合, 获得更为全面和准确的地下信息^[5]。

利用模型优化算法对这些数据进行精确分析和预测, 是提升勘察效果的关键步骤。通过构建地下地质模型, 并通过反演算法对物探数据进行优化处理, 可以更准确地预测地下岩土体的分布、特性和厚度等重要参数。这种优化后的模型能够为后续的工程设计提供更可靠的数据支持, 从而提高工程的安全性及施工的可行性。通过多方法联合探测、高精度设备与先进技术的应用, 以及数据融合与模型优化的综合运用, 可以显著提升物探技术在复杂地质环境中的应用效果, 确保岩土工程勘察的高精度与高可靠性。

5 结语

物探技术在岩土工程勘察中的应用, 为复杂地质条件下的工程设计提供了宝贵的数据支持。然而, 随着地质环境的复杂性增加, 现有物探技术面临着精度和效率的双重挑战。通过多方法联合探测、高精度设备的使用以及先进数据处理技术的引入, 可以有效提升物探技术在岩土勘察中的应用效果。未来, 物探技术有望与人工智能、大数据分析等新兴技术深度融合, 不断推动岩土工程勘察向更高精度和更高效能方向发展。

【参考文献】

- [1] 李欣, 冯晖元, 赵鹏. 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用[J]. 石材, 2024, 12(11): 87-89.
- [2] 侯智源. 关于工程物探技术在岩土工程勘察中的应用探讨[J]. 世界有色金属, 2021, 11(19): 233-234.
- [3] 杨海龙. 物探技术在岩土工程勘察中的应用及前景探析[J]. 西部资源, 2021, 12(1): 174-176.
- [4] 柴绪令. 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(23): 156-157.
- [5] 石磊. 物探技术在岩土工程勘察中的应用及前景探析[J]. 世界有色金属, 2020, 11(22): 196-197.

作者简介: 肖鹏 (1988.5—), 毕业院校: 宁波大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 宁波冶金勘察设计研究股份有限公司, 职务: 技术员, 职称级别: 工程师。