

The application points of engineering geophysical exploration in complex geological and geotechnical engineering investigation are discussed

Zhaoba Zhu Zhiyong Zhu

China Pearl River Planning Survey and Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510610, China

Abstract

Engineering geophysical exploration, also known as engineering geophysical surveying, is a physical exploration method used to solve engineering geological and hydrogeological problems in civil engineering surveys. As a technique for studying geological structures, it is frequently applied in geotechnical engineering surveys, becoming a key technology in surveying. This requires relevant personnel to analyze the functions and advantages of engineering geophysical exploration technology in this process based on the needs of geotechnical engineering surveys, and to develop application strategies to ensure the accuracy of survey data. This paper starts with replicating geological and geotechnical engineering surveys, analyzes the content and challenges of the survey, then combines engineering geophysical technology to study its advantages in the survey process, and comprehensively evaluates the data to formulate application strategies for engineering geophysical exploration, ensuring the quality of the survey.

Keywords

engineering geophysical exploration; geotechnical engineering investigation; complex geology

探讨工程物探在复杂地质岩土工程勘察中的运用要点

朱照拔 朱志勇

中水珠江规划勘测设计有限公司, 中国·广东 广州 510610

摘要

工程物探作为解决土木工程勘察中工程地质、水文地质问题的一种物理勘探方法, 也称工程地球物理勘探。作为一项研究地质构造的技术, 该技术在岩土工程勘察中的应用就较为频繁, 成为勘察的关键性技术。这就要求相关人员结合岩土工程勘察的需要, 分析工程物探技术在该环节的功能以及优势, 并且制定应用策略, 保证勘察数据的精准度。本文就从复制地质岩土工程勘察入手, 分析勘察的内容与难点, 然后结合工程物探技术, 研究该技术在勘察环节的优势, 并且综合性格数据, 制定工程物探的应用策略, 保证勘察的质量。

关键词

工程物探; 岩土工程勘察; 复杂地质

1 引言

工程地球物理勘探 (engineering geophysical exploration), 简称工程物探。它是以研究地下物理场 (如重力场、电场等) 为基础的。不同的地质体在物理性质上的差异, 直接影响地下物理场的分布规律。通过观测、分析和研究这些物理场, 并结合有关地质资料, 可判断与工程勘察有关的地质构造问题。在复杂地质岩土工程勘察中, 需要相关人员对地质的各种数据进行分析, 以获取区域内的各种地质状况。此背景下, 就需要勘察人员加强对工程物探技术的重视, 根据复杂地质岩土工程勘察的需要, 引进工程物探技术, 并且合理制定物

探技术的应用策略, 保证勘察作业的顺利开展。

2 工程物探概述

工程物探 (也称为工程地球物理勘察) 是一种通过使用物理学原理对地下介质进行探测和分析的技术, 主要用于工程建设中的地下结构勘察 (如图 1 所示)。它通过不同的物理探测手段, 获取地下物质的信息, 以帮助工程师评估地下条件, 确保建筑项目的安全性和经济性。实际作业环节, 需要相关人员通过地震勘探、电磁勘探、重力勘探、电阻率勘探以及磁法勘探等方法, 判断地下矿藏或岩层特征。综上, 工程物探技术在现代化勘察环节得到广泛应用。

【作者简介】朱照拔 (1984-), 男, 中国广东清远人, 本科, 工程师, 从事水利工程、工程物探研究。

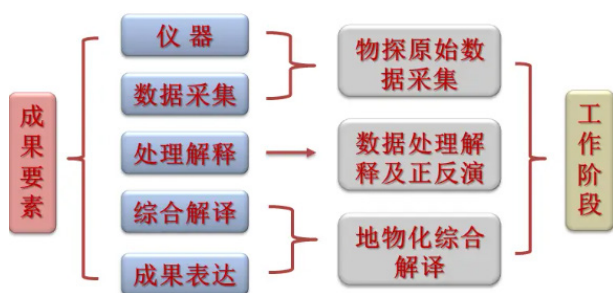


图1 工程物探的一般结构

3 复杂地质岩土工程勘察概述

3.1 概念

复杂地质环境可一般包括各种不规则的地层、断层、滑坡、地下水分布不均等因素，含义是指在具有复杂地质条件的地区进行的土壤与岩石的勘察工作，以评估地下结构、土壤和岩石的特性，以及这些特性对工程建设的影响^[1]。复杂地质岩土工程勘察环节，要求相关人员积极开展地质调查、钻探与取样、地下水调查、地震勘察、土壤与岩石力学试验等作业，实现对地质的详细勘察（如图2所示）。

3.2 难点

复杂地质岩土工程勘察需要对复杂多变的地质条件进行勘察，实际作业环节就还存在诸多难点。首先，在复杂地质区域，地下岩土层的分布常常不均匀，存在多种复杂地质现象，如断层、褶皱、滑坡带等。这些复杂的地层结构使得勘察工作面临较大挑战，必须采用多种勘探手段来判断土层和岩层的变化；其次，地下水的分布、流向和水位变化难以准确预测，可能受到季节性变化、地质构造等因素的影响。特别是地下水的渗透性和水文条件对工程的影响非常大，勘察时必须精确识别地下水的情况；此外，传统的勘察手段（如钻探、标准贯入试验等）通常只能获取到局部区域的岩土信息。对于一些深部和特殊地质环境（如断层带、深水区等），现有的勘探技术仍然难以充分满足需求^[2]。综上，这些难点的存在直接影响复杂地质勘察作业的开展，可能导致数据失真，制约工程的开展。

4 工程物探在复杂地质岩土工程勘察中的优势

工程物探（Geophysical Prospecting）在复杂地质岩土工程勘察中具有显著的优势，主要体现在以下方面。

4.1 实现了非破坏性勘探

工程物探方法通常是通过物理测量和数据分析来获取地下岩土信息，而无需对地层进行大规模的破坏性钻探。这使得物探特别适用于对环境保护要求高的地区（如城市区域、自然保护区等），避免对地下环境的破坏。

4.2 效率较高，可以快速获取大范围地下信息

工程物探能够在较短时间内获取较大区域内的地下地质信息，而传统的钻探方法往往只能获得局部区域的数据。通过物探技术，能够对较广泛区域的地下结构进行快速扫

描，并获得多个深度的地质数据，有助于发现复杂地质条件下的隐性地质体（如断层、褶皱、地下水等）。

4.3 可以高效评估复杂地质结构

在复杂地质环境中，物探能够帮助准确判断地下的岩土层次结构、土壤分布、岩石强度等重要信息。通过不同的物探技术（如地震波、电磁波、重力和磁力勘测等），可以揭示地下不同层次的物理性质变化，为识别软弱土层、硬岩层、断层带等提供有力支持。

5 工程物探在复杂地质岩土工程勘察中的运用要点

复杂地质岩土工程勘察中，工程物探技术虽然能够很大程度上保证勘察的质量，但是鉴于地质的复杂性，勘察环节还需要相关人员掌握工程物探的要点，合理的设计作业方法与流程，保证技术功能的发挥。

5.1 需要进行事前背景地质调查

在复杂地质岩土工程勘察中，地质背景调查是物探工作前期的重要环节，其目的在于通过全面了解研究区域的地质环境、地质构造、土壤和岩石特性等，为物探方法的选择和勘探设计提供科学依据。需要相关人员通过以下手段进行设计。首先，需要开展区域地质调查，研究区域内不同地层的岩性、厚度、分布规律，分析其沉积成因和演化历史。查明该地区是否存在断层、褶皱、断裂带、岩浆活动等地质构造特征，评估其对地下岩土层的影响；其次要进行地下水状况调查，了解地下水的埋藏深度、含水层的分布及地下水流向。并且研究地下水的水文地质特征，如水的流动性、渗透性、含水层的稳定性等；然后，需要了解勘察区域是否位于地震带上，分析该地区的地震历史、震源特征、震级及地震发生的频率。还需要分析地震活动对地下岩土层、建筑物基础的影响，评估潜在的地震灾害风险；此外，就需要将所有调查数据进行综合分析，结合区域地质背景、工程需求和物探方法的特点，制定合理的物探方案。综上，通过系统、全面的地质背景调查，可以为后续的物探工作提供重要数据支持，从而确保工程项目的顺利推进和安全性。

5.2 需要合理选择作业方法

在复杂地质岩土工程勘察中，物探方法的选择至关重要，需根据具体的地质条件、工程需求以及目标的不同，合理选择和组合不同的物探技术。一般而言，常见的物探方法主要包括以下几种。

一是地震波法，地震波法通过发射人工地震波并接收反射回来的波，分析地下介质的速度、波形等，推断地下岩层的弹性、硬度、孔隙度等物理性质。该技术适用于地震反射法和地震折射法，特别对中深层地下结构具有较好的探测效果。

二是电磁法（电阻率法），电阻率法通过施加电流，测量地下电阻率变化，分析地下水、土壤层次及其性质。对

浅层（数米至几十米深）的土壤和岩层结构非常有效。特别适用于检测地下水的分布、土壤类型的识别、软弱层、溶洞等。

三是地质雷达法（GPR），该技术利用雷达波探测地下物体或界面，通过分析反射回波的时差和幅度，判断地下物质的分布、形态等。适用于浅层地质探测，能够提供非常高的空间分辨率，特别对浅层异常结构、岩土体特征的分布具有优势。

四是重力法，通过测量地面重力变化，推测地下不同地层的密度分布，进而推断地下的构造特征。适用于大范围的地质勘探，能够有效探测地下岩石的密度变化，尤其在地质断裂、异常构造等区域有较好效果。

此外还有声波探测法，通过测量声波在不同介质中的传播速度，推断地下介质的性质，如土壤密实性、岩层硬度等。适用于土壤层厚度、密实度、稳定性等的分析，能够用于细微的岩土变化监测。

综上，在复杂地质岩土工程勘察中，物探方法较多，不同方法的适用环境不同，实际作业环节，就需要综合利用多种物探技术，有效克服单一方法的局限性，提供更为准确、全面的地下信息^[3]。

5.3 合理设计勘察方案

勘察方案可以根据工程项目的需求和现场地质背景，选择适当的物探方法和技术手段，以确保勘察数据的准确性和可靠性。在复杂地质岩土工程勘察环节，工程物探就需要合理设计勘察方案。

首先，需要根据地质复杂性、勘察目标以及物探方法，设计合理的勘察点布置。例如，选择不同的点间距、深度范围等。

其次，应考虑到地质条件和工程需求，合理设定勘察的深度。对于深基础工程，可能需要达到数十米甚至百米深度；而浅基础则可能只需到达几米深度。还需要根据不同物探方法的特性，合理布置勘察点。比如，地震勘探法可能需要布置较大范围的线性阵列，电法勘探则可能需要密集的点布置。

然后，需要进行数据采集与处理，要求相关人员根据选定的物探方法，在现场进行数据采集。确保数据采集质量，包括设备调试、采样频率、测量精度等。并且使用专业软件对采集到的数据进行处理，分析地下结构、土层分布等。采用合适的模型和算法进行反演，得到目标层位、结构特征和岩土物理参数等。

此外还需要对物探结果进行详细分析，结合地质背景资料，推导出地下结构、土层分布、岩土性质等信息。并在此基础上撰写勘察报告，报告内容包括勘察目标、方法、数据处理结果、分析结论及建议。报告中要重点分析地下结构、潜在风险、设计建议等，为工程设计提供可靠依据。

综上，在复杂地质岩土工程勘察中，通过合理选择物探方法，科学布点，精准采集数据，并结合地质背景进行分

析，可以为工程设计提供重要的地下信息，确保工程的安全稳定。

5.4 保证数据质量

在复杂地质岩土工程勘察中，数据采集质量控制是确保物探结果可靠性和准确性的关键。就需要勘察人员结合工程物探的作业流程，通过专业的技术手段保证数据的质量。

首先，在勘察之前，就需要选择经过验证并符合要求的物探设备，并进行定期的校准。每种物探设备（如地震仪、电阻率仪、雷达等）都有一定的测量范围和精度，必须确保设备在使用前已经过有效的校验，且处于正常工作状态。

其次，操作人员需要按照标准化操作流程进行数据采集，确保每次测量条件和操作步骤的一致性。尤其是在复杂地质条件下，操作人员的经验和技能对数据的准确性至关重要。

然后，在复杂地质环境下，气象、温度、湿度等环境因素会对物探数据产生影响，尤其是在电法勘探中，土壤的电阻率可能受地下水位、土壤湿度等的影响。因此，必须在数据采集时记录环境数据，并根据环境条件进行必要的调整。

此外，在数据采集过程中，应实时监控数据质量，及时发现和纠正异常数据。例如，利用实时监测软件查看物探信号的强度、清晰度等，确保采集的数据符合预期标准。还需要定期检查数据的完整性，避免因操作失误或设备故障造成数据丢失或缺失。对于采集过程中出现的异常数据（如噪声、跳变值等），应及时进行标记并分析原因。可以通过与周边数据对比、历史数据校核等方式，查明异常数据的来源^[4]。对于确实无效的数据，必须剔除，以确保结果的准确性。

综上，合理的质量控制措施能够确保最终勘察数据为工程设计提供科学、可靠的依据，从而降低工程风险，提高工程的安全性及经济性。

6 结语

在复杂地质岩土工程勘察中，工程物探的应用需要综合考虑地质背景、勘察目标、物探方法的选择及其配合、数据质量控制等多方面因素。要求相关人员通过合理的方案设计、精准的数据采集以及方法选择，有效揭示地下结构特征，保障工程的安全性与可持续性。

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, (11): 87-89.
- [2] 焦兴隆. 浅析工程物探技术在岩土工程勘察工作中的应用要点[J]. 房地产世界, 2024, (11): 146-148.
- [3] 李初志. 工程物探技术在岩土工程勘察中的应用研究[C]// 中国智慧城市经济专家委员会. 2023智慧城市建设论坛论文集(一). 广西国标勘察检测有限公司; 2023: 99-101.
- [4] 夏志永. 工程物探技术在矿山岩土工程勘察中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2021, (24): 178-180.