

工程物探在地质勘查中的应用分析

王轶卿

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要：工程物探作为地质勘查的重要手段，通过电磁法、电流法、天然磁场法和地震法等多种方法，为水利水电、交通、城市、核电、地热及矿产资源勘探等领域提供了关键地质信息。这些方法利用地下介质的物理特性差异，揭示地质体的结构、分布和性质，为工程设计和施工提供了科学依据。本文概述了工程物探的基本概念和主要方法，并详细分析了其在不同地质勘查领域的应用，展示了工程物探在地质勘查中的重要性和广泛应用价值。

关键词：工程物探；地质勘查；应用分析

引言

工程物探作为地质勘查的关键领域，运用物理勘探技术深入探索地下地质构造与特性。随着科技日新月异与勘探需求的日益增长，工程物探技术不断演进，日趋成熟。本文旨在系统阐述工程物探的基本概念，详细介绍其主要方法，诸如电磁法、电流法、天然磁场法及地震法等，并深入探讨这些方法在水利水电、交通、城市建设、核电、地热及矿产资源勘探等多个领域的应用实践，旨在为相关领域的理论研究与实际作业提供宝贵参考。

1 工程物探的概述

工程物探，全称为工程地球物理勘探，是一种基于地球物理原理，利用专门的仪器设备对地下地质结构、物理特性及矿产资源进行非侵入式探测的科学技术。作为地质勘查领域的重要组成部分，工程物探以其独特的优势在各类工程项目中发挥着至关重要的作用。工程物探的核心在于利用地球物理场（如重力场、磁场、电场、地震波场等）的变化规律，通过特定的技术手段对地下进行探测和分析^[1]。这些地球物理场的变化与地下岩石、土壤、地下水以及矿产资源等的物理特性密切相关。通过测量和分析这些地球物理场的变化，可以间接推断出地下的地质构造、岩性分布、地下水情况以及矿产资源的赋存状态等信息。在工程物探中，常用的方法包括地震勘探、电磁法勘探、重力勘探、磁法勘探、放射性勘探以及测井等。这些方法各有特点，适用于不同的探测对象和探测深度。地震勘探主要用于探测地下构造和岩性分布，电磁法勘探则常用于探测地下水、金属矿产以及地下空洞等。工程物探的应用范围十分广泛，涵盖了水利水电、交通、城市建设、矿产资源勘探等多个领域。在水利水电工程中，工程物探可用于探测水库大坝的基础稳定性、渗漏情况以及地下水位等；在交通工程中，可用于探测道路、桥梁等基础设施的地下地质

情况，确保工程安全；在城市建设中，可用于探测地下管线、地下空洞等，为城市规划提供重要依据；在矿产资源勘探中，则是寻找和评估矿产资源的重要手段。工程物探作为地质勘查领域的重要技术，以其高效、准确、非侵入式的特点，在各类工程项目中发挥着不可替代的作用。

2 工程物探方法分类

2.1 电磁法

电磁法勘探是一种基于介质介电性质差异，通过观测天然或人工电场、电磁场变化来探测地下地质体分布和性质的方法。该方法的核心在于电磁感应原理，即地下介质对电磁波的响应特性。电磁法勘探主要分为人工场源和天然场源两大类。人工场源类电磁法通过人工发射电磁波，并观测其在地下介质中的传播和反射情况。这类方法包括无线电波透射法、甚低频法、瞬变电磁法、可控源间频大地测深法以及地质雷达法等。它们各自具有独特的优势，适用于不同的探测需求和地质条件。天然场源类电磁法则利用地壳中自然存在的电磁波场进行探测。这类方法包括天然音频大地电磁法和大地电磁法等。它们通过观测自然电磁波场在地下的传播和变化，来推断地下地质体的结构和性质。这种方法无需人工发射电磁波，具有操作简便、成本较低的特点。

2.2 电流法

电流法是一种高效的地球物理勘探手段，它巧妙地利用了岩石间电阻率和含水性的差异。该方法通过向地下介质注入电流，并密切监测电流在其中的分布及变化态势，从而揭示出地下地质体的电阻率分布特征，基于这些特征，地质学家能够进一步推断出地质体的岩性构成及含水量等关键信息^[2]。电流法的优势在于其高度的针对性和良好的勘探效果。它能够直接针对目标地质体进行勘探，提供较为精确的地质信息。该方法的应用也受

到一定限制。地形复杂度和地质条件的多样性会对电流法的勘探效果产生显著影响,增加了数据解释的难度。

2.3 天然磁场法

天然磁场法是一种基于地下岩石磁性差异进行地质勘查的有效手段。该方法依赖于地球本身的磁场,不同岩石因其磁性特性各异,会在地磁场中产生独特的磁异常现象。地质学家通过精密的仪器观测这些磁异常,深入分析其特征和规律,从而揭示地下地质体的磁性分布及其性质。天然磁场法的应用虽具有广阔前景,但也面临一定挑战。外界电磁干扰是影响该方法准确性的主要因素之一。在实际操作中,地质勘查人员需采取有效措施,如选择干扰较小的勘查时段、使用抗干扰性能强的仪器等,以确保数据的准确性和可靠性。

2.4 地震法

地震勘探是一种使用人工方法激发地震波,观测其在岩体内的传播情况,以研究、探测岩体地质结构和分布的物探方法。地震波在地下介质中传播时,会遇到不同密度和弹性的介质界面,从而产生反射、折射等现象。通过观测和分析这些现象,可以推断出地下地质体的结构和性质。地震勘探具有勘探深度大、分辨率高的特点,是油气勘探、工程勘察等领域常用的方法之一。

3 工程物探在地质勘查中的应用

3.1 水利水电工程

水利水电工程往往面临着复杂多变的地质环境,如河流、湖泊、山区等,这些地区的地质条件往往复杂且难以预测。工程物探技术通过观测和分析地球物理场的变化,能够准确揭示地下岩体的物理特性和地质构造,为水利水电工程的设计和施工提供科学依据。在水利水电工程中,工程物探技术常被用于探测地下水位、含水层的分布和埋藏深度,以及岩溶洞穴、断层等地质构造。这些信息对于评估工程基础的稳定性、确定建设方案以及预防地质灾害具有重要意义。通过地震勘探技术,可以查明地下岩体的结构和性质,为工程选址和设计提供关键依据;而电磁法勘探则能够探测地下水的分布和动态变化,为工程排水和防渗设计提供有力支持。工程物探技术还可以用于监测水利水电工程的稳定性和安全性。在工程建设和运行过程中,通过观测地球物理场的变化,可以及时发现和解决潜在的安全问题,如地下水位异常、岩体变形等。这些信息对于确保工程的安全运行和延长使用寿命具有重要意义。随着科技的不断发展,工程物探技术也在不断创新和完善。地质雷达、电磁波CT等新技术在水利水电工程中的应用日益广泛,它们具有高精度、高效率、非侵入式等优点,为工程地

质勘查提供了更加可靠的技术手段。

3.2 交通工程

在交通工程的初步规划阶段,工程物探技术可以通过对地质条件的详细勘查,帮助工程师选择最佳的路线方案。通过地震勘探、电磁法勘探等方法,可以揭示地下岩层的分布、构造和性质,以及潜在的地质灾害风险,如滑坡、泥石流等。在交通工程的设计阶段,工程物探技术能够提供精确的地质参数,为工程设计提供科学依据。通过地质雷达、钻孔取芯等方法,可以了解地下土层的物理力学性质,如承载力、变形模量等,从而确定路基、桥梁、隧道等结构的合理尺寸和施工方案^[3]。在施工过程中,工程物探技术还可以用于监测和评估施工对地质环境的影响。通过观测地下水位、土体位移等参数的变化,可以及时发现施工引起的地质灾害风险,如地面沉降、地下水污染等,并采取相应的措施进行预防和治理。工程物探技术还可以用于交通工程的后期维护和监测。通过对交通设施周围地质环境的持续观测和分析,可以及时发现潜在的安全隐患,如路基沉降、边坡失稳等,为设施的维护和修复提供科学依据。

3.3 城市工程

城市工程的地质勘查要求极高,因为城市区域通常地质条件复杂,地下管线、建筑物基础、地铁线路等交错分布,给勘查工作带来了巨大挑战。工程物探技术通过探测地下介质对电磁波、声波等的响应,能够揭示地下岩层的分布、构造、物理力学性质以及潜在的地质灾害风险。在城市规划中,工程物探技术可以协助规划者了解地下空间的结构和特性,为城市地下空间的开发利用提供科学依据。通过探测地下管线的分布和埋深,可以合理规划城市道路、广场和绿地等公共设施的布局,避免施工中对地下管线的破坏。在城市建设中,工程物探技术为施工前的地质勘查提供了重要手段。通过探测地下岩层的物理力学性质,可以评估地基的承载力和变形特性,为建筑物基础设计和施工提供科学依据。工程物探技术还可以用于探测地下空洞、不良地质体等潜在安全隐患,为施工过程中的安全监测和灾害预警提供支持。在城市维护中,工程物探技术同样发挥着重要作用。通过对地下管线和基础设施的定期探测和监测,可以及时发现和修复潜在的损坏和安全隐患,确保城市基础设施的安全运行。

3.4 核电工程

工程物探在核电工程地质勘查中的应用极为关键,为核电工程的安全与稳定提供了坚实的基础。(1)核电工程选址极为严苛,需确保地质条件稳定、无潜在地

质灾害风险。工程物探技术通过测量和分析地球的物理场,如地震波、电磁波等,能够揭示地壳深部的构造和物质分布,从而精确评估选址区域的地质稳定性。这一技术能够探测到地下的断层、褶皱等构造,以及岩石的物理性质,为核电工程的选址提供科学依据。(2)在核电工程施工前,工程物探技术还用于详细勘查地下地质结构。它能够绘制出高精度的地质剖面图,揭示地下岩层的分布、厚度、产状等关键信息。这些信息对于核电工程的地基处理、基础设计至关重要,有助于确保核电设施的稳定性和安全性。(3)工程物探技术在核电工程的长期监测中也发挥着重要作用。通过定期探测和分析地下物理场的变化,可以及时发现和处理潜在的地质灾害风险,如地面沉降、地下水位变化等。这有助于确保核电工程在运营期间的安全稳定,防止因地质灾害导致的安全事故。

3.5 地热资源勘探

工程物探在地热资源勘探中发挥着举足轻重的作用,为精准定位地热资源、优化开采方案提供了坚实的技术支撑。第一,地热资源作为一种清洁、可再生的能源,其勘探和开发对于缓解能源危机、推动可持续发展具有重要意义,地热资源往往深藏于地下,其分布和形态复杂多变,传统的勘探方法难以满足高效、精准的勘探需求。工程物探技术的出现,为地热资源勘探带来了革命性的变化^[4]。第二,在地热资源勘探中,工程物探技术主要包括地震勘探、重力勘探、磁法勘探和电法勘探等。这些技术通过观测和研究地球物理场的变化,揭示地下地热储层的存在与分布规律。地震勘探利用人工激发的地震波在地层中的传播特性,绘制地下地质结构图,清晰反映地热储层的埋深、形态及断裂构造等关键信息。重力勘探和磁法勘探则分别利用地下岩石密度和磁性差异引起的地球重力场和磁场变化,探测地热储层及其周围岩体的物性特征。电法勘探则侧重于研究地下岩石的电性差异,推断地热储层的电性结构。第三,这些工程物探技术的应用,提高了地热资源勘探的精度和效率,还降低了勘探成本,为地热资源的开发利用提供了有力的技术保障。通过工程物探技术的勘探,可以准确确定地热资源的储量和开采潜力,为地热资源的合理规划 and 科学开发提供重要依据。第四,工程物探技术还

可以用于地热井的钻井设计和施工监测。在钻井过程中,通过实时监测钻井参数和地下地质条件的变化,可以及时调整钻井方案,确保钻井作业的安全和效率。

3.6 矿产资源勘探

在矿产资源勘探过程中,工程物探技术能够提供多种勘探手段。磁力测探技术通过测定和分析异磁场,推断出地质条件的构造以及矿石分布特点,适用于磁性矿石的勘探。电法探测技术则利用矿石间电磁学性质、电学性质差异,研究人工、天然电磁场空间分布规律、特性,从而测定出地质构造、矿床类型,对于导电性矿石的勘探尤为有效。此外,重力勘探技术和地震勘探技术也常被用于矿产资源勘探中,前者通过观测地层重力场变化规律来研究和观测矿石、土壤、岩石间的密度差异,后者则利用岩石、矿石、土壤间的弹性差异,向地层下发送地震波,根据反射、投射的地震波数据来判定地层构造形态。工程物探技术的应用不仅提高了矿产资源勘探的效率和准确性,还降低了勘探成本。通过精确测量和分析地球物理场的变化,工程物探技术能够揭示地下矿藏的存在与分布规律,为矿产资源的开发和利用提供科学依据。

结语

工程物探在地质勘查中地位显赫,以电磁法、电流法、天然磁场法及地震法为核心,为各类工程项目提供了精准、关键的地质数据,确保了工程设计与施工的安全性和经济性。展望未来,随着勘探技术的持续革新与勘探需求的不断攀升,工程物探的应用领域将进一步拓展,其在地质勘查中的重要性也将愈发凸显。我们有理由相信,工程物探将在未来的地质勘查工作中继续发挥无可替代的关键作用。

参考文献

- [1]游志全.工程物探在地质勘查中的应用分析[J].地质研究与环境保护,2022,1(4):14-16.
- [2]王瑞娟.物探方法在工程地质勘查中的应用分析[J].石油石化物资采购,2024(1):169-171.
- [3]唐帅.工程物探在地质灾害勘查中的应用分析[J].科学与信息化,2022(24):42-44.
- [4]冷冬,李娟.工程地质勘查中关于物探技术应用的重点分析[J].居业,2021(4):6-7.