

地球物理勘查技术及其应用分析

邓文杰

核工业西南勘察设计研究院有限公司 四川 成都 610052

摘要：地球物理勘查技术作为地质勘探的重要手段，涵盖了电法、磁法、地震勘查等多个领域。电法勘查技术利用不同方法探测地下电性结构，磁法则通过磁场变化反映地质构造，地震勘查则利用地震波特性揭示地下结构。高密度电法在矿产资源、水文地质及工程地质勘查中展现出独特优势。面波与地质雷达在浅层地质探测中各具特色，并与高密度电法形成互补，共同提升了地球物理勘查的精度与效率。

关键词：地球物理；勘查技术；技术应用

引言

地球物理勘查技术，作为现代地质勘探不可或缺的一部分，已广泛应用于矿产资源勘查、水文地质调查、工程地质评估等多个领域。随着科技的进步，电法、磁法、地震勘查等地球物理勘查技术不断发展，为地质学家提供了更加精准、高效的勘探手段。本文将重点探讨地球物理勘查技术及其应用，特别是高密度电法和面波、地质雷达的特性应用，以期为地质勘探实践提供参考。

1 地球物理勘查技术概述

地球物理勘查技术在地质探测等领域发挥着至关重要的作用。其中，高密度电法是一种基于电阻率差异进行探测的方法。原理是在地面布置电极，向地下供入电流，测量不同位置的电位差，反演出地下电阻率分布情况。在方法上，采用多电极排列，可实现二维或三维探测。该技术具有高分辨率、探测深度较大、数据丰富等特点。数据采集时需合理布置电极，确保数据的准确性和完整性，采集后经过数据预处理、反演计算等流程，得到地下电阻率图像；面波是利用弹性波在地表传播的特性进行探测。其基本原理是通过激发人工震源，产生不同频率的面波，根据面波的传播速度和频散特性来推断地下介质的结构和性质。面波技术的优势在于对浅层地质结构的探测效果较好，具有较高的横向分辨率，且操作相对简便。然而，其局限性也较为明显，如受场地条件影响较大，在地形复杂区域应用受限。面波的应用场景主要包括场地稳定性评价、土层特性探测等方面；地质雷达则是基于电磁波反射原理进行工作。通过向地下发射高频电磁波，接收反射回来的信号，分析电磁波的传播时间、振幅等参数，以确定地下目标的位置和性质。地质雷达具有高分辨率、快速探测的特点，探测能力较强，能探测到浅层的地下管线、空洞等目标。其适用范围广泛，如工程质量检测、考古探测等领域。

2 地球物理勘查技术

2.1 电法勘查技术

(1) 地球物理勘查技术环节，电法勘查技术以其独特的优势占据了重要地位。该技术主要通过航空电法、直流电阻率法和地面电法等多种方式进行勘查。直流电阻率法以其结果的可靠性和准确性，在水文地质勘查中得到了广泛应用。值得注意的是，这种方法对勘查区域的地形条件有一定要求，因此，在勘查前，工作人员需对地形进行细致探测，以确保勘查的顺利进行。(2) 直流激发极化法作为电法勘查技术的另一重要分支，应用领域同样广泛。该方法主要用于查找水源，以及在斑岩铜矿、黄铁矿等矿产资源的勘查中。其独特的勘查原理和技术优势，使得它在这些领域具有不可替代的地位。(3) 瞬变电磁技术作为电法勘查的又一重要手段，具有其独特的优势。该技术通过不接回线向地下输送脉冲式电磁场，并借助测量设备进行观测和计算，得出相应的电阻率。这种方法勘查设备便于携带，且勘查范围广泛，可达500m以上，为地质勘查工作提供了极大的便利^[1]。

2.2 磁法勘查技术

第一，磁法勘查技术是利用磁力设备对自然界中岩石或矿石的磁性差异进行勘查，并科学分析和检测磁场的实际变化情况。该技术在资源勘查和地质问题分析方面应用广泛。检测仪器便于携带，成本相对较低，能提高检测效率。在有色金属勘查方面具有独特优势，可准确探测有色金属的分布情况。第二，磁法勘查技术适用于地面勘查，可以将磁力仪器放置在飞机上进行航空磁力测量。这种方式高效地开展大范围磁力扫描，提高了勘查效率；航空磁力测量降低了地质勘查中安全事故的发生概率，尤其是在一些地形复杂、难以到达的地区，航空磁力测量能够快速获取地质信息。第三，磁法勘查技术在研究地质情况方面也发挥着重要作用。对磁场变

化的分析,可推断地下地质结构、地层分布以及地质构造等信息。为地质学家提供了重要的研究依据,有助于深入了解地球的内部结构和地质演化过程。总之,磁法勘查技术以其独特的优势在地球物理勘查领域中占据着重要地位^[2]。

2.3 地震勘查技术

地震勘查技术是一种广泛应用于地质勘查领域的地球物理方法,它通过人工激发地震波并记录这些波在不同地层中的传播特性来研究地下结构。这种技术有效地识别地下的岩石类型、断层、裂隙以及油气藏等关键信息,对于石油和煤炭资源的勘探尤为重要。随着技术的进步,现代地震勘查已经能够利用高分辨率成像技术,这些技术提高了数据的质量,使得地质学家能够构建更为精确的三维地震模型。这些模型不仅直观地展示了地下结构,还为资源评估和开采规划提供了重要依据。此外,地震勘查技术的发展还包括了多分量地震勘探、宽频带数据采集和先进的信号处理算法等创新,这些都极大地增强了地震数据的解析能力。地震勘查技术在传统的油气勘探领域发挥着核心作用,也在非常规能源开发、环境监测以及工程地质调查等多个方面展现出其独特的应用价值。

3 地球物理勘查技术中高密度电法的多领域应用分析

3.1 矿产资源勘查

(1) 高密度电法在矿产资源勘查中显示出对不同矿产类型的广泛适用性。由于其基于地下介质导电性差异的原理进行探测,因此适用于所有存在明显导电性差异的地下矿藏。无论是金属矿产如铜、铅、锌等,还是非金属矿产如煤、盐矿等,高密度电法都能通过测量和分析地下介质的视电阻率分布,有效推断地下矿体的存在、形态和分布特征。(2) 高密度电法在识别矿体形态与分布方面具有显著优势。高密度布置测量电极,该方法能获取丰富的地电结构状态信息,对地下矿体的形态、规模和空间分布进行精确描绘。这种高精度、高分辨率的探测能力,使得高密度电法在矿产资源勘查中能够准确圈定矿体边界,评估矿产储量,为矿产资源的合理开发和利用提供重要依据。(3) 值得注意的是,高密度电法在矿产资源勘查中的应用还结合其他勘查技术和地质资料进行综合分析和解释。通过与其他地球物理勘查方法如地震勘查、磁力勘查等的有机结合,可以提高矿产资源勘查的精度和可靠性;充分利用地质资料,结合区域地质背景和矿产成矿规律,有助更准确地解读高密度电法探测结果,为矿产资源的勘探和开发提供更加科学的指导^[3]。

3.2 水文地质勘查

第一,在确定含水层位置与特性方面,高密度电法具有独特优势。在地面布置电极阵列,向地下供入电流,测量不同位置的电位差,从而反演出地下电阻率的分布情况。由于含水层与周围岩石的电阻率存在明显差异,高密度电法可以较为准确地确定含水层的位置。一般来说,含水层通常表现为相对低电阻率区域。如砂卵石含水层中,由于其孔隙度较大,含水量较高,电阻率相对较低,而周围的基岩电阻率较高。对电阻率图像的分析,清晰地识别出含水层的边界和大致范围。此外可以根据电阻率的大小和变化趋势,推断含水层的特性。如含水层的厚度、孔隙度、渗透性等参数都可通过高密度电法的探测结果进行初步评估。第二,评价地下水流动情况方面,高密度电法也能提供有价值的信息。地下水的流动会引起地下电阻率的变化,这种变化通过高密度电法探测到。如地下水的流动会导致离子的迁移和扩散,改变地下介质的电阻率。通过对不同时期的电阻率数据进行对比分析,了解地下水流动的方向和速度;结合地质构造和地形地貌等因素,可以推断地下水的补给、径流和排泄条件。此外,高密度电法还可与其他水文地质勘查方法相结合,如抽水试验、示踪试验等,共同评价地下水的流动情况,为水资源的合理开发和利用提供科学依据。第三,高密度电法在水文地质勘查中的应用前景广阔。随着技术的不断进步,高密度电法的探测精度和分辨率将不断提高,能为水文地质勘查提供更加准确和详细的信息^[4]。

3.3 工程地质勘查

高密度电法在工程地质勘查中的应用具有显著的优势和广泛的适用性。该方法通过在地表布置密集的电极阵列,利用电流在地下介质中的传导特性来探测地下结构。这种技术有效地识别地下的断层、裂隙、溶洞等不良地质体,为工程设计提供重要的依据。在隧道、桥梁或高层建筑的建设中,了解地下的地质条件对于选择合适的建设地点、设计合理的基础类型以及采取适当的加固措施至关重要。高密度电法的应用可以提高这些决策的准确性和科学性。高密度电法还广泛应用于环境影响评估中,通过监测地下水的流动和污染物的扩散,为环境保护提供科学依据。这种方法提高了工程地质勘查的效率和精度,增强了工程项目的安全性和可靠性,是现代工程建设不可或缺的技术手段。因此,高密度电法在工程地质勘查领域的应用前景广阔,其重要性不容忽视。

4 地球物理勘查技术中面波与地质雷达的特性分析

4.1 在浅层地质探测中的应用差异

(1) 地质雷达以其高分辨率著称。它利用地下介质中电性参数的差异, 结合电磁波在实际传播中的波形与电磁场强度变化规律, 对地下界面与地质体的空间位置进行精确确定。这种技术能捕捉到细微的地质变化, 因此在浅层地质探测中表现出色。相比之下, 面波勘探虽然也具有较高分辨率, 但更多地依赖于波速和频散曲线的分析, 其分辨率可能稍逊于地质雷达。(2) 面波勘探在浅层地质探测中具有简便、快速的优势, 但探测深度相对有限。一般而言, 面波勘探的可靠测量深度在2030米之间, 最深不超过5060米。地质雷达的探测深度则根据使用的电磁波频率和地下介质的电性参数而定, 通常能覆盖更广泛的深度范围, 尤其在浅层岩溶、滑坡等复杂地质结构的探测中表现出更高的灵活性。(3) 地质雷达对地下介质电性参数的敏感性使其准确识别不同地质结构, 如溶洞、裂隙、软弱层等。这些地质结构在雷达图像上呈现出明显的反射波组特征, 有助于地质工作者进行精确的地质解释。面波勘探更多地依赖于波速和频散曲线的变化来推断地下地质结构, 也能提供有价值的信息, 但在复杂地质条件下的解释精度可能稍逊于地质雷达。面波与地质雷达在浅层地质探测中各有千秋, 应根据具体探测需求和地质条件选择合适的勘查技术^[5]。

4.2 与高密度电法的互补性

高密度电法以其对地下介质整体电性结构的良好反映能力, 可探测到较大深度范围内的电阻率变化, 确定地下目标的大致位置和规模。面波则在浅层探测方面表现出色, 具有较高分辨率, 能精确定浅层地层的厚度和波速等参数。而地质雷达对浅层小尺度目标的探测能力极强, 可清晰地识别地下管线、空洞等。联合应用时, 三种技术从不同角度对地下进行探测, 相互印证补充。矿产资源勘查中, 高密度电法可探测矿体位置和规模, 面波用于确定矿体上方覆盖层性质, 地质雷达则能

探测与矿体有关的浅表地质构造和蚀变带。水文地质勘查中, 高密度电法确定含水层位置和厚度, 面波评估含水层渗透性和富水性, 地质雷达探测地下水流动通道和渗漏点。在城市地下空间勘查中, 联合应用可全面了解地下管线、构筑物 and 地层结构等信息, 为城市规划建设提供科学依据; 联合应用需综合考虑勘查目的、场地条件和技术要求等因素, 合理选择搭配技术, 注重数据采集和处理方法以确保相互匹配融合, 且技术人员的专业水平和经验对联合应用效果至关重要, 需加强培训交流以提高综合素质。

结语

综上所述, 地球物理勘查技术在地质勘探中发挥着举足轻重的作用。高密度电法以其高效、准确的特性, 在矿产资源勘查、水文地质及工程地质勘查中展现出独特优势。同时, 面波与地质雷达在浅层地质探测中的应用, 不仅提高了探测精度, 还与高密度电法形成了良好的互补。未来, 随着技术的不断进步, 地球物理勘查技术将在地质勘探中发挥更加重要的作用, 为地质资源的开发与利用提供有力支持。

参考文献

- [1] 崔勇坡. 地球物理勘查技术及其应用研究[J]. 中国金属通报, 2023(1): 80-82.
- [2] 曹毅. 试析地球物理勘查技术及其应用策略[J]. 警戒线, 2022(5): 113-115.
- [3] 马富安, 师虎峰, 甘以津, 等. 地球物理勘查技术的现状与发展趋势[J]. 中国高新科技, 2022(9): 115-116.
- [4] 李保凯. 地球物理勘查技术在复杂地质勘查中的应用探究[J]. 世界有色金属, 2021(23): 171-173.
- [5] 王巍. 深部金属矿产资源地球物理勘查与应用研究[J]. 世界有色金属, 2021(17): 111-112.