

音频大地电磁法 (AMT) 在公路工程勘察中的应用

唐金樑

宁波市交通规划设计研究院有限公司 浙江 宁波 315100

摘要: 音频大地电磁法 (AMT) 在公路工程勘察中的应用能够提供关键的地下信息支持, 帮助工程团队深入了解地下结构和水文条件, 预防地质灾害, 提高工程施工质量和效率。通过科学处理数据和精确解读地下结构特征, 音频大地电磁法为公路工程设计和施工提供了可靠的技术支持。在未来, 继续推广和优化这一技术的应用, 将有助于提高公路工程建设的安全性和可靠性, 促进公路交通事业的可持续发展。

关键词: 音频大地电磁法; 公路工程; 勘察; 地球物理勘探

1 音频大地电磁法 (AMT) 概述

近年来, 在公路工程中, 越来越多的地勘单位在遇到埋深较大的地层时, 常规物探 (高密度电法、浅层地震折射等) 难以实现此深度而束手无策, 仅能靠浅部探测成果对深部进行推测。在这种情况下, 大地电磁法作为一种大深度、高效率、低成本的技术, 在公路工程勘察中应用而生。

音频大地电磁法的优点包括不受高阻层屏蔽、对高导层分辨能力强、横向分辨能力较强、资料处理与解释技术成熟、勘探深度大、勘探费用低、施工方便等。其缺点包括体积效应、反演的非唯一性较强、纵向分辨能力随着深度的增加而迅速减弱、信号不稳定、不规则, 容易受到工业噪声干扰等, 大地电磁法对地下复杂介质和电磁环境较敏感、数据解释时需综合考虑等。

2 音频大地电磁法 (AMT) 的基本原理与技术方法

2.1 音频大地电磁法的理论基础

音频大地电磁法是一种通过利用天然场源并结合了大地电磁法和音频技术的一种地球物理勘探方法。电磁感应原理是通过改变电磁场频率进行测深的一类电法分支方法, 其在很大范围内观测到的交变电磁场是以地球的电场和磁场分量的变化形式表现出来的。电场部分即大地电场, 它与被称为大地电流的地球区域电流的存在有关。磁场部分即地球的变化磁场, 它与地磁场的变化或大地电流的变化有关, 其利用电磁感应的趋肤效应, 即高频电磁场穿透浅, 低频电磁场穿透深, 在场源和接收点间距不变的条件下, 通过利用大地电磁场的不同频率来达到测深目的。具有频率低、波长长、探测深度大、成本低的优点。

音频大地电磁法的技术方法包括测量频率范围选择、采样间隔优化、电磁信号发射和接收布置等方面, 在频率范围选择上, 根据目标深度和研究信息需求确定

有效的频率范围, 根据不同地层的电磁信号, 电阻率的差异响应也不同, 通过分析响应数据电阻率差异推断地下介质的构造、岩性、地下水、油气和矿化等特征。对此为查明公路工程勘察中地质构造提供了地球物理前提, 尤其是对埋深较大的隧道等构造物时, 利用大地电磁法可以得到较好的效果。同时, 大地电磁法也存在一些限制, 如对地下复杂介质和电磁环境较敏感、数据解释时需综合考虑等。

音频大地电磁法数据处理主要包括信号采集、数据处理、成像和解释等环节, 通过分析数据差分、滤波和反演等处理方法, 获得地下介质的电性信息。

2.2 音频大地电磁设备与数据采集方法

音频大地电磁法结合了大地电磁法和音频技术, 是一种有效的地球物理勘探方法。在音频大地电磁法的勘察过程中, 勘察设备和数据采集方法起着至关重要的作用, 一般而言, 音频大地电磁法勘查设备包括大地电磁接收机、音频磁探头、电极等装置组成。

音频大地电磁法数据采集方法通常遵循以下原则:

(1) 仪器设置和校准: 在进行数据采集前, 需要设置仪器参数 (如频率范围、采样率等) 进行校准和调试, 以确保数据记录的准确性。

(2) 张量测量时宜采用“十”字形装置, 水平方向的两对测量电极 (E_x , E_y) 分别和两个磁棒 (H_x , H_y) 相交垂直布设, 各自方位偏差不大于 1° , 水平磁棒 (H_x , H_y) 埋设于其顶端距中心点 4-10m 处, 在施工条件允许的地方, 应采用这种布设方式。

(3) 在施工条件不适宜“十”字形布设的情况下, 可采用“L”形和“T”形装置, 使两对测量电极不以测点中心为对称的观测装置, 水平极距误差应小于 1%。

(4) 电极接地电阻尽量不大于 $2k\Omega$, 避免布设在流水、污水或废石堆上; 地表干燥时, 应提前向电极处浇盐水

以减小接地电阻,在沙、戈壁、高阻岩石露头区,应采用电极四周垫土、周围浇盐水等方法来降低接地电阻。

(5) 多余的电极线按S形铺在地上,放S形线的区域至少要远离电极两端5m,避免电极线绕圈引起的感应电动势干扰电场信号。

(6) 测点应避开机动车等金属运动设备,远离高压线、市电等电磁干扰源。

(7) 磁棒尽量保持水平、稳定,用水平仪校准。

(8) 电极、磁棒连线均不能悬空。

(9) 数据采集时,防止导线晃动、人员走动、避免导线产生电磁干扰。

(10) 确保 H_x 与 H_y 与接收机的两个磁道接口是对应的,这时仪器系统内预设的磁道标定文件才能与之一一对应,否则可能导致一些不必要的误差。如果换了新的磁棒,则应进行传感器校准,磁棒之间相距应在3m以上。

(11) 数据处理与分析:采集完数据后,需要对数据进行处理和分析。包括去除噪声、滤波处理、反演成像等步骤,最终得出地下介质的电阻率分布图像。

2.3 数据处理与解释技术

音频大地电磁法主要是利用感应电磁信号揭示地下结构的电性特征。在数据采集完成后,首先,需要进行数据预处理,包括噪声去除、数据滤波、时域-频域转换等。其次,是对数据分析与反演,通过对原始数据的处理和分析,可以得到地下介质的电性信息,根据已知的勘察参数与地下模型之间的联系,计算或模拟出地下介质的电性结构。最后,对处理后的数据进行成像,通过电阻率剖面图可比较直观地显示地下结构。

音频大地电磁法数据解释是对处理后的数据进行解读与分析,从而得出有关地质构造与地下特征的识别和推测。通过对地下电磁响应的模式和特征进行分析,可以识别地下构造的性质、位置和范围,推断地下水文地质特征等。常用的数据解释技术包括地层层位解释、异常特征解释、构造发育情况等,结合勘察区域的地质背景和勘察目的,进行综合解释研究。

2.4 音频大地电磁法的优势与局限

音频大地电磁法作为一种结合了大地电磁法和音频技术的地球物理勘探方法,具有独特的优势和一定的局限性。音频大地电磁法的优势在于其低频段(约0.1 Hz - 10K Hz),勘探深度在几十米至几公里,可以有效穿透深层地下介质。其设备操作便捷,数据解释相对直观,不受高阻屏蔽,对低阻分辨率高,对勘测范围场地要求低,受地形影响小,探测深度大、效率高、成本低,能

够为地质勘探和工程规划及设计提供重要的地质信息。

音频大地电磁法也存在一定的局限性。作为非侵入性的勘探方法,音频大地电磁法依赖于地下电磁信号的感应和检测,对复杂地质条件和人工干扰较为敏感,可能会受到地表杂音和周围地质结构的影响,造成数据解释的复杂性。虽然音频大地电磁法探测深度较深,但深部是低频信号的反映,因此在加大探测深度的同时,也降低了异常分辨率,在使用该方法进行深部探测时,应充分考虑到深度与分辨率的关系。对于硬质基岩出露地区,岩石致密坚硬,会大大限制电偶极子场源送入地下的电流强度,并导致测量电极接地电阻过高,干扰信号过强,有效信号太弱等不利影响,因此在硬质地基岩裸露地区不宜使用此类方法。

3 音频大地电磁法(AMT)在公路工程勘察中的应用

3.1 工程勘察目标

音频大地电磁法在公路工程勘察中得到广泛应用,对于提高公路工程施工质量和确保工程安全具有重要意义。根据音频大地电磁法电阻率异常可有效评估地质构造、产状、破碎宽度、软弱岩体情况、岩性接触情况、及地下水富水情况等,可划分不同地层岩性、地层分界线并查明其接触关系及完整性,并通过地调、钻孔勘探成果综合分析,可以更好地帮助工程师地了解地下地质结构,预测潜在地质灾害风险^[1]。在公路建设规划、设计和施工过程中至关重要,确保施工的顺利进行。勘察目标主要包括几个方面:(1)对于公路路线走向选择和规划,音频大地电磁法可以帮助识别潜在的地下隐患和地质条件,确定地下水文地质状况,从而为公路的路线设计和修建提供科学依据。(2)工程中的桥梁、隧道、边坡等区域的勘察和设计,需要对地下地质结构和岩土体条件有清晰的了解。音频大地电磁法能够探测这些地下条件,根据构造发育情况帮助工程师做出合理的设计和施工方案。(3)在公路规划和建设过程中,地下水位和地下水文条件对于路基稳定和排水设计至关重要。音频大地电磁法可以提供地下水位和水文地质信息,为工程的水文设计和防水工作提供参考依据^[2]。

3.2 勘察方案设计与实施

音频大地电磁法在公路工程勘察中的应用实践是十分重要的,它能够为公路工程设计和施工提供关键的地下信息支持。在公路工程勘察中,应根据工程的具体需求和地质条件,制定详细的勘察方案,勘察方案设计应包括勘察区域的选择、勘察任务目标、勘察参数设置、检测频率范围等内容。根据勘察区域的地质构造和水文地质情况,确定适当的勘察线网布设,以保证对地下结

构的全面探测。在实施音频大地电磁法勘查时,需要根据勘察方案进行测线设置和数据采集。在数据采集过程中,应注意保持勘察设备的稳定性和数据的准确性,确保勘察数据的质量。在勘察过程中需要注意现场环境的变化,及时处理现场干扰和噪声问题,确保勘察数据的真实性,勘察结束后,需要对采集到的数据进行处理与分析,包括数据滤波处理、反演成像、地下结构解释等步骤,以获取准确的地下信息^[3]。

4 音频大地电磁法 (AMT) 在公路工程项目中实地勘察案例

在某防洪隧洞工程项目中,由于隧洞埋深较大,常规物探手段无法达到设计隧洞深度,项目团队决定采用音频大地电磁法进行深部地质勘察,以获取地下地质构造信息,预防地质灾害,指导工程设计及施工。勘察区域包括主洞和支洞区域,旨在全面了解地下地质特征和水文条件。在勘察实施阶段,团队先根据勘察方案布置测线,并根据勘察任务将勘探参数进行设置及数据采集,确保仪器设备的稳定性和数据的准确性。勘察团队在现场积极处理噪声干扰,保证了勘察数据的质量。在数据处理与解释阶段,团队对采集到的大量数据进行了分析和处理。经过噪声处理、滤波校正等步骤,初步得出了地下结构的电性特征,通过数据反演处理,得到了地下介质的电阻率分布和地下水文情况。团队对处理后的数据进行了成像,生成了地下结构图像和等电阻率剖

面图,为工程设计提供了直观的地质信息。通过音频大地电磁法的实地勘察,工程团队成功获取了公路工程项目区域的地下情况,识别了地质隐患和水文特征,为项目后续设计和施工提供了有力的科学依据和技术支持^[4]。

结束语

音频大地电磁法在公路工程勘察中的应用为工程建设提供更可靠的地质信息支持,尤其对加强深部地下地质构造有了新的认识,为工程设计和施工打下了牢固基础。通过不断优化技术和提高应用水平,音频大地电磁法将不断发挥其重要作用,为公路工程的安全可靠性和质量提供更大保障,有助于推动公路交通建设的可持续发展。结合音频大地电磁法与其他勘察技术的综合应用,必将为公路工程领域带来更多技术创新和发展机遇。

参考文献

- [1]杨宇.胡月明.谢凯.音频大地电磁法在高速公路勘察中的应用研究[J].工程勘察.2020.48(10):88-93.
- [2]张伟.贺日政.刘强.音频大地电磁法在公路工程地质勘察中的实践与思考[J].地球物理学进展.2019.34(3):1032-1038.
- [3]王晓光.赵宁.孙晓旭.音频大地电磁法在公路隧道勘察中的应用研究[J].公路交通科技.2018.35(S1):110-115.
- [4]刘振江.陈卓.李强.音频大地电磁法在山区高速公路勘察中的应用[J].地球物理学进展.2021.36(2):701-708.