

浅层地震和音频大地电磁测深法在隧道施工中的应用

庞满莹 赵承宝 蔡英文

江西省地质矿产勘查开发局物化探大队

[摘要]通过浅层地震和音频大地电磁测深法查明隧道穿越断面地层的连续性、基岩界面起伏形态、隧道穿越断面是否存在隐伏构造、破碎带、岩性接触带等,并查明其规模及展布方向,为后续的工程钻探和岩土工程评价提出重要参考。

[关键词]浅层地震;音频大地电磁测深;破碎带;隐伏构造

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.711

一、场区地球物理特征

根据区域地质资料及钻探资料,结合地球物理特征将场区内地层分为第四系残坡积粉质黏土、花岗闪长岩、砂岩等。场区地势陡峭,坡度较大,坡度大于 20° ,局部坡度超过 30° ,隧址区地层表层分布松散覆盖层,其中粉质黏土层含少量碎石、下伏基岩风化程度差异较大,在纵向上岩土层物性变化明显,具备开展地球物理勘探工作的条件。

二、音频大地电磁测深法

(一) 方法原理

音频大地电磁测深法(AMT)是通过观测由远程天然电磁场引起的天然平面电磁波信号以确定地下的电阻率值的方法,其测量的频率范围为 $10\sim 104\text{Hz}$ 。与大地电磁法相比,由于频率较高,对浅部的分辨率较高,更适于浅层地质勘探。本次音频大地电磁测深所用的仪器为美国Geometrics公司和EMI公司联合生产的EH4连续电导率剖面仪。

(二) 仪器设备

EH4连续电导率剖面仪是美国Geometrics公司和EMI公司于20世纪90年代联合生产的一种混合源频率域电磁测深系统。结合了CSAMT和MT的部分优点,利用人工发射信号补偿天然信号某些频段的不足,以获得高分辨率的电阻率成像。其核心仍是被动源电磁法,主动发射的人工信号源探测深度很浅,用来探测浅部构造;深部构造通过天然背景场源成像(MT)。EH4在高阻覆盖区具独到的优越性,可以穿透高阻覆盖层;而当基底为高阻时,且基底与上覆基岩有明显电性差异时,EH4能准确地清晰地探测出基底的埋深和起伏。本次使用的仪器技术指标如下所列:1.接收机电极:4个BE-26型带缓冲器的有效高频偶极子。磁探头:2个BF-10型磁感应棒($10\text{Hz}\sim 92\text{kHz}$)。模拟终端:1台AFE-EH4模拟讯号调节器。2.数据采集单元:道数:4道(2电,2磁);内置计算机:IBM兼容机;硬盘:1.2G;模数转换:18位;处理器:32位浮点。

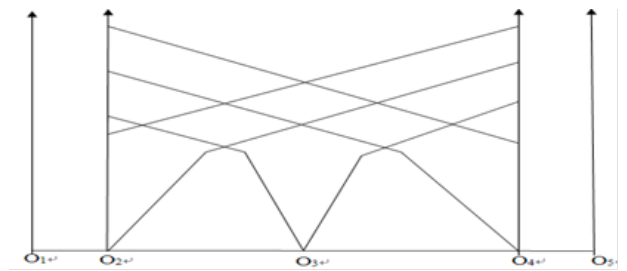
(三) 野外工作方法

本次现场音频大地电磁测深点间距 20m ,野外电极布置采用“+”字型布极方式,电极间距 20m ,此种方法能较好地克服表层电流场不均匀的影响,若仪器安装在“+”字交汇点附近,还有助于消除共模干扰

三、浅层地震折射法

(一) 方法原理

浅层地震方法是目前工程地震勘探中技术最为成熟、应用最为广泛的地球物理勘探方法之一。本次浅层地震使用折射法,观测系统采用双重相遇追逐系统。这种观测系统的优点是既可以利用交点求出的两个速度值来控制速度在横向的变化,又可以利用大、小排列的两组T0值相互对比提高解释精度,也可以利用追逐时距曲线的平行性来延长解释区间,判定是否存在穿透现象。这也是浅层折射波法工作中,经常采用的观测形式。



双重相遇追逐时距曲线观测系统示意图

(二) 仪器设备

本次浅层地震折射勘探采用美国Geometrics公司NZXP型高精度地震仪。NZXP型地震仪,广泛用于折射、反射、面波、地震勘探和地震监测。

(三) 野外工作方法

本次折射波勘探采用一炮24道接收,观测系统参数选择如下:

接收道数:24道;道间距:5m;

采样间隔:0.125ms;采样长度:500ms;

延时:0ms;排列长度:115m;

最大炮检距:135m;增益因素:瞬时浮点自动增益;

地震检波器:10Hz垂直检波器。

四、测线布设

隧道穿越轴线上布设1条物探勘探线。为确保探测深度和精度,地震折射道间距为5m,最大偏移距 135m ;音频大地电磁测深测点间距 20m 。两种方法勘察范围均贯通整条隧道。物探勘探线定位由专业测量人员进行实地放点,以保证采集数据的准确性。

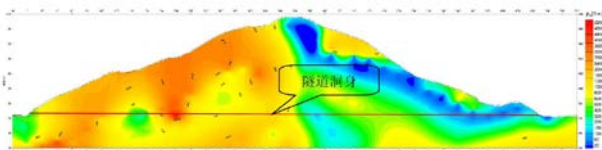
表1 物探解释异常统计表

异常编号	异常位置	异常宽度 (m)	异常特征	异常解释
J1	K0+140m~K0+170m	30	低阻异常 低速异常	节理密集带
J2	K0+360m~K0+470m	110	低阻异常 低速异常	岩性接触带
J3	K0+605m~K0+635m	30	低速异常	节理密集带

五、成果分析

(一) 音频大地电磁测深成果分析

本次音频大地电磁测深勘探, 主要反映地层深部信息, 对于浅部地层(小于50m)效果较差, 经过地形校正后可探测的深度不小于500m。结合区域地质及现场调绘能初步反映场区内覆盖层、岩性接触带、地质构造, 具体分析如下: 穿越断面视电阻率值约为20~4000 $\Omega \cdot m$, 视电阻率在纵向上没有明显的成层性, 在横向上, 视电阻率值以K0+380m为界, 进口段视电阻率值明显高于出口段视电阻率值, 初步判定穿越场区存在两种岩石; 结合区域地质及现场调绘, 推断K0-20m~K0+380m段为花岗闪长岩, 视电阻率值为800~4000 $\Omega \cdot m$; 推断K0+380m~K0+740m段为砂岩, 视电阻率值为50~1000 $\Omega \cdot m$ 。

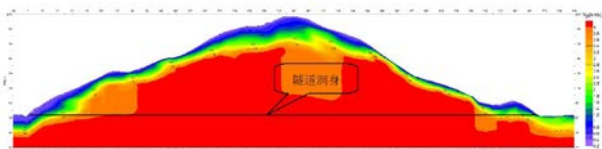


高密度电法反演成果图

里程K0+140m~K0+170m段、K0+360m~K0+470m段: 视电阻率低于周围地层视电阻率, 表现为低阻异常, 结合区域地质资料及现场地质调绘情况, 推断为K0+140m~K0+170m段为节理密集带, 推断K0+360m~K0+470m段为花岗闪长岩和砂岩的岩性接触带。

(二) 浅层地震成果分析

本次浅层地震折射波法完成1条剖面, 依据地震折射层析成像成果图, 对场区内覆盖层、岩性分层、构造进行分析, 分析结果如下: 地震折射层析成果图显示, 地层视纵波速度值从上至下呈逐渐递增趋势。地表覆盖层视纵波波速在0.2~0.6km/s, 层厚约0.4~2.5m; 其下全~强风化花岗闪长岩/砂岩视纵波速度0.6~2.0km/s, 层厚约1.0~24.0m; 最底层花岗闪长岩/砂岩视纵波速度在2.0~4.2km/s。



地震折射层析成像成果图

里程K0+140m~K0+170m段、K0+360m~K0+470m段、K0+605m~K0+635m段: 地震折射层析成像成果图中视速度低于周围地层视速度, 表现为低速异常, 速度等值线存在较为明显的陡坎、凹槽状; 结合区域地质资料和现场地质调绘情况, 推测K0+140m~K0+170m段、K0+605m~K0+635m段的异常为节理裂隙密集带, 推测K0+360m~K0+470m段为花岗闪长岩和砂岩的岩性接触带。

(三) 物探成果综合分析

在对物探反演结果、现场地质调查和钻探成果进行综合分析后, 得出如下结论: 1. 根据围岩速度差异划分出隧道基岩起伏面、风化层分界线: 覆盖层层厚约0.4~2.5m; 其下全~强风化花岗闪长岩层厚约1.0~24.0m; 底层为花岗闪长岩/砂岩; 2. 物探成果圈出3处异常, 推断为2处节理密集带, 1处岩性接触带, 其中J3节理密集带由于位于谷地附近, 围岩电阻率与异常电阻率区分不明显, 只呈现出低速异常。详见表1

六、结论与建议

1. 通过浅层地震折射和音频大地电磁测深查明了隧道穿越段覆盖层的厚度, 岩层风化界面的起伏情况; 结合地质调绘推测了2处节理裂隙密集发育带, 1处岩性接触带。2. 隧址区地质条件复杂, 岩层风化严重, 岩体破碎, 节理裂隙极为发育。3. 物探音频大地电磁测深、地震折射层析成像成果, 结合了地质调绘和钻探资料, 做到了点(钻探)、线(物探)、面(地质调绘)相结合的综合勘察方式, 物探成果分析准确可靠, 推测结论有理有据。4. 建议利用探槽、钻探等手段验证里程K0+140m~K0+170m段、K0+360m~K0+470m段K0+605m~K0+635m段的物探异常。

参考文献:

- [1] 危志峰. 综合物探方法在江西兴国画眉坳地区找矿预测中的应用研究[D]. 南京: 南京大学地球科学学院, 2018年.
- [2] 李福顺, 康如华, 胡绪云, 等. 南岭魏家钨矿床地质特征及找矿前景分析[J]. 中国地质, 2012, 39(2): 446-457.
- [3] 危志峰. 综合物探方法在江西兴国画眉坳地区找矿预测中的应用研究[D]. 南京: 南京大学地球科学学院, 2018年.