瞬变电磁法在不稳定斜坡勘察中的应用

熊远鹏[1],李开鹏[2]

(1,2. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局物化探总队,贵州　都匀　558000)

[摘　要]不稳定斜坡是一种常见的地质灾害,近年来,我国的不稳定斜坡地质灾害日渐频繁,对人民的生命财产造成了很大威胁。采用瞬变电磁法对某不稳定斜坡进行探测,结合钻孔资料推断了覆盖层厚度、岩石风化和完整程度,查明地面裂缝的分布特征,取得了较好的勘探效果,不仅效率高、成本低,而且结果直观、地质效果明显,为后期治理提供了可靠的地球物理依据。

[关键词]瞬变电磁法;地裂缝;岩石风化
[中图分类号]P318.8　[文献标识码]A　[文章编号]1000-5943(2019)-02-0180-05

不稳定斜坡指具有蠕滑、溃屈、倾倒或侧向拉裂等变形特征或趋势的斜坡。在农村山区的地质灾害调查评价中,不稳定斜坡是指在受到各种地质、气候、人类工程活动等作用影响时,具有自然滑动或蠕动、崩塌或坡面泥石流等变形或失稳迹象且周围存在受影响的居民或工程设施的斜坡(黄旭等2017)。瞬变电磁法近年来其应用范围越来越广泛,对近地表的岩溶、破碎带等相对较大的目标体的勘查有良好的效果,对地质形态特征的探测有其独特的优势,已有效应用于浅部工程探测。

本文以瞬变电磁法在贵州省黄平县某不稳定斜坡的应用为例,通过采集数据,经过数据处理快速成像,获得强风化层的分布及厚度特征,并对不稳定斜坡的可能性提供参考,取得了较好的效果。

1　瞬变电磁法原理

瞬变电磁法(TEM),它是建立在电磁感应原理基础上的时间或者人工源电磁探测的一种方法。其工作方法是利用不接地回线向地下发送一次脉冲磁场,在一次脉冲磁场的间歇期间,利用另一回线或探头接收由地下地质体受激励引起的涡流产生的随时间变化的感应二次场(按指数规律衰减)。二次场的大小与地下地质体的电性有关:低阻地质体感应二次场衰减速度较慢,二次场电压较大;高阻地质体感应二次场衰减速度较快,二次场电压较小。根据二次场衰减曲线的特征,通过对相应信息的提取与分析,可以判断地下异常地质体的电性、性质、规模和产状等,从而可以解决如地下空洞、深部水体、断裂破碎带等地质问题(张胤彬等2012)。

2　工区地质情况

2.1　地质构造

距调查区约3公里的近东西向黄平-镇远大断层为区内最大的地质构造,受其影响,区内次生构造以95°～107°<75°～85°、260°～290°<55°～70°两组节理最为发育,节理间距为150～380 mm,节理条数为3-5条/m;其中95°～107°<75°～85°这一组节理呈张性,节理面粗糙,260°～290°<55°～70°这一组节理呈剪性,节理面光滑,多以密闭型为主,4条/m;区内岩层产状较为零乱,总体上呈单斜产出,产状为0°～45°<36°～55°。

2.2　地层岩性

工作区上覆地层岩性为第四系残坡积层(Q^{el-dl})含碎石粘土,下伏志留系翁项群($S_{2-3}wn$)灰黄、浅灰、灰绿色薄-中厚层状泥岩,间夹厚层状砂岩。

[收稿日期]2019-02-15　[修回日期]2019-04-19
[作者简介]熊远鹏(1984—),男,湖北天门人,物探工程师,主要从事矿产勘查、物探勘查工作。

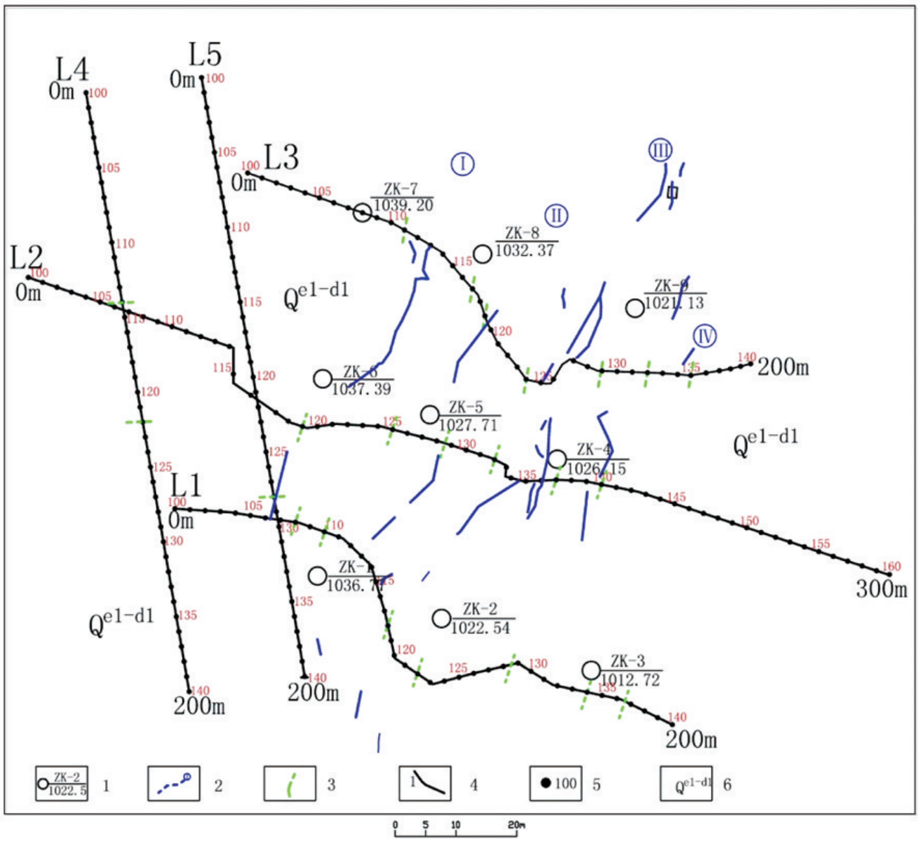

图 1　工作区实际材料图

Fig. 1　Actual material map of workspace

1—勘探钻孔;2—地表裂缝;3—物探推测裂缝;4—物探实际剖面;5—物探实际点位;6—第四系残坡积层

2.3　地球物理特征

本次工作电阻率参数测试采用对称小四极装置和泥团法测试,其中浮土泥岩(强风化层)采用前一种方法测试,节理发育(破碎)及完整泥岩采用第二种方法测试。测区主要岩土层的地球物理参数见下表 1。

表 1　地球物理参数表

Table 1　Geophysical parameters

岩　性	块数	电阻率 ρ(Ω·m)	算术平均值(Ω·m)	备　注
浮土、泥岩	36	20～100	60	强风化层
泥岩	31	100～240	150	节理发育、破碎
泥岩	32	240～880	360	中风化层、完整

工作区基岩为志留系翁项群泥岩,泥岩节理发育,岩体破碎,且含水率较高,电阻率值较低。本次工程实例中,强风化层的电阻率值在 20～100 Ω·m,节理发育、破碎的泥岩的电阻率值在 100～240 Ω·m,下伏完整泥岩(中风化层)电阻率值在 240～800 Ω·m,地层电性差异明显。这为根据 TEM 视电阻率测量结果划分强风化层与中风化层、查明裂缝的分布范围奠定了地球物理基础(熊远鹏等 2015)。

3　瞬变电磁法应用

3.1　野外工作布置

本次工作共布置了 5 条测线,其中,垂直不稳定斜坡走向布置 3 条(L1、L2、L3),贯通整个不稳定斜坡,在不稳定斜坡的后缘斜交不稳定斜坡走向布置了 2 条(L4 和 L5),基本满足了对不稳定

斜坡埋深、规模的探测要求。由于工作区居民房较多,剖面无法按设计方位施工,测线布置见图 1。

本次物探野外工作方法为瞬变电磁法,装置为重叠回线装置。该装置的发射与接收回线共用同一个线圈,如图 2 所示。该装置的主要优点为:①测量时主要响应为单峰,异常形状简单,能够有效突出目标体特征;②线圈较小,可任意放置观测多个分量,从而精确提供目的物的倾角和深度信息;③测量设备轻便,工作效率较高,特别适于探测深度浅、地形相对复杂的工区。其缺点为勘探深度相对较浅,关断效应大,一次场干扰严重。通过野外试验,在野外生产中,采用 1 匝发送、20 匝接收或 20 匝发送、1 匝接收,发送频率为 2.5、8.3、25、75、225 Hz 进行试验剖面工作,通过比较分析,最终采用 1 匝线框发射、20 匝线框接收,发送频率 25Hz,叠加次数 512 次,发送电压 36V。本次工作瞬变电磁法使用的仪器为长沙白云仪器开发有限公司生产的 MSD-1 瞬变电磁仪,线框宽度为 2.5 m,供电电源为 DC36V。

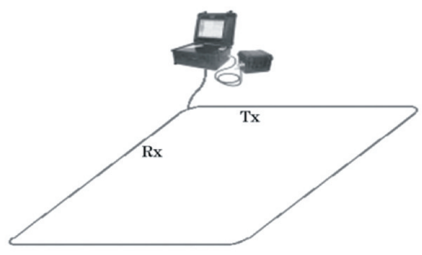

图 2　重叠回线装置示意图

Fig. 2　Schematic diagram of overlapping loop device

3.2　资料的处理与解释

(1)对照原始野外记录,对观测数据逐点检查、编录。

(2)资料进行预处理:①校正关断时间;②圆滑曲线:由于各类干扰的影响,观测晚期有效信号较弱,信噪比降低使曲线的尾支出现波动,因此在满足探测深度的前提下,对曲线尾支剧烈跳跃时窗数据进行剪辑,并对保留的有效时窗观测数据的波动进行趋势圆滑处理。

(3)绘制成果图:对预处理后的观测数据进行格式转换和计算,经地形改正后,绘制剖面图与拟断面图。

根据观测到的二次场的衰减特征,可以定性分析地下地质体的电性、规模、产状等。一般说来,地质导体的时间常数愈大,异常体的导电性和体积的乘积愈大,通过它可定性判断异常体性质(周建雄等 2016)。

3.3　探测效果分析

3.3.1　L2 线资料解译

L2 线位于勘查区域中部,穿过居民房,垂直不稳定斜坡走向呈北西南东方向布设,剖面长 300 m。从图 3 结合物性参数,剖面浅部异常可分为 3 层:第一层为浮土强风化层,视电阻率较低,约为 20～100 Ω·m,厚度约在 3～20 m;第二层为节理裂隙(岩体破碎)带,相对覆盖层视电阻率较高,在此地的视电阻率约为 100～240 Ω·m,平均厚度约为 6 m,在 108-116 号点段、146-153 号点段深度变化较大,其平均深度分别为 33 m、20 m。第三层为中风化层,视电阻率约在 240～880 Ω·m 之间,其顶界面深度约为 10 m。

3.3.2　L5 线资料解译

L5 线位于勘查区域西部,穿过居民房,与不稳定斜坡走向斜交呈近南北向布设,剖面长 200 m。从图 4 结合物性参数,可将剖面浅部异常主要分为 3 层:第一层为浮土强风化层,视电阻率较低,约为 20～100 Ω·m,厚度约为 8～13 m;第二层为节理裂隙(岩体破碎)带,相对覆盖层视电阻率较高,在此地的视电阻率约为 100～240 Ω·m,厚度约为 5 m,在 128 号点深度变化较大,其深度约为 26 m。第三层为中风化层,视电阻率约在 240～880 Ω·m 之间,其顶界面深度约为 12 m。

4　不稳定斜坡综合推断分析

工区地形起伏较大,地貌类型为侵蚀-侵蚀型中低山地貌,下伏基岩为软质岩石,且为截向岩土质混合斜坡,岩体破碎,外倾结构面发育,强风化泥岩泥化较重,加之强风化节理和上部裂缝较发育和张开度较大,利于地表水的入渗集中于强中风化接触带,使强风化泥化层受到饱水软化,另外,岩土体的透水性和物理性质的差异性,使得岩土接触面极易形成饱水层,从而软化土层,大大降低其抗剪强度,存在斜坡体强风化以上岩土体或岩土质陡坎沿强、中风化接触面产生滑动的可能。

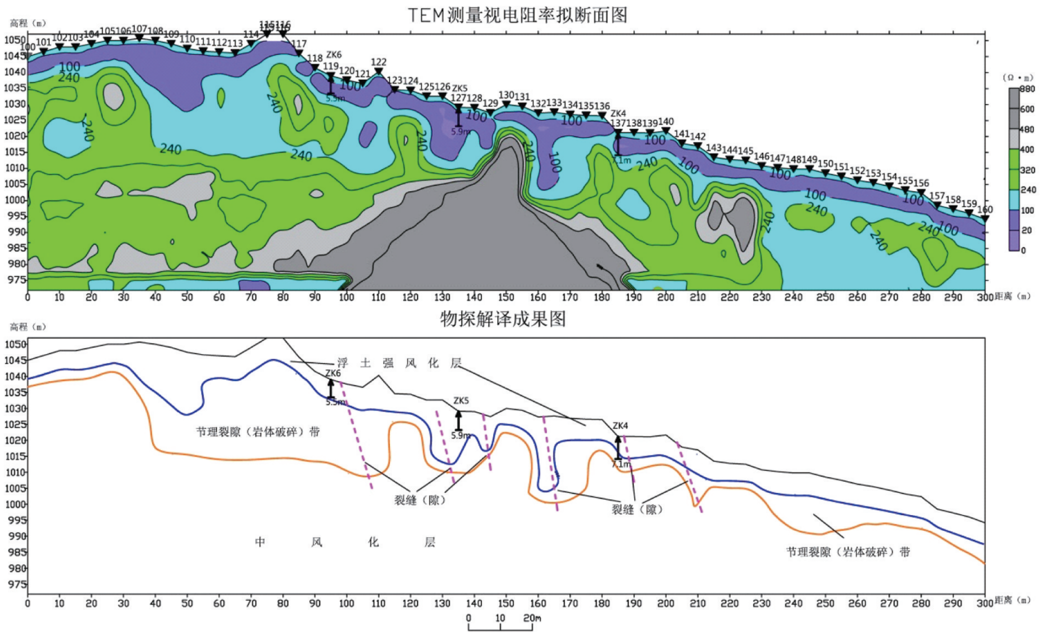

图 3　L2 剖面地质、物探综合剖面图

Fig. 3　Comprehensive profile map of geology and geophysics of L2 Section

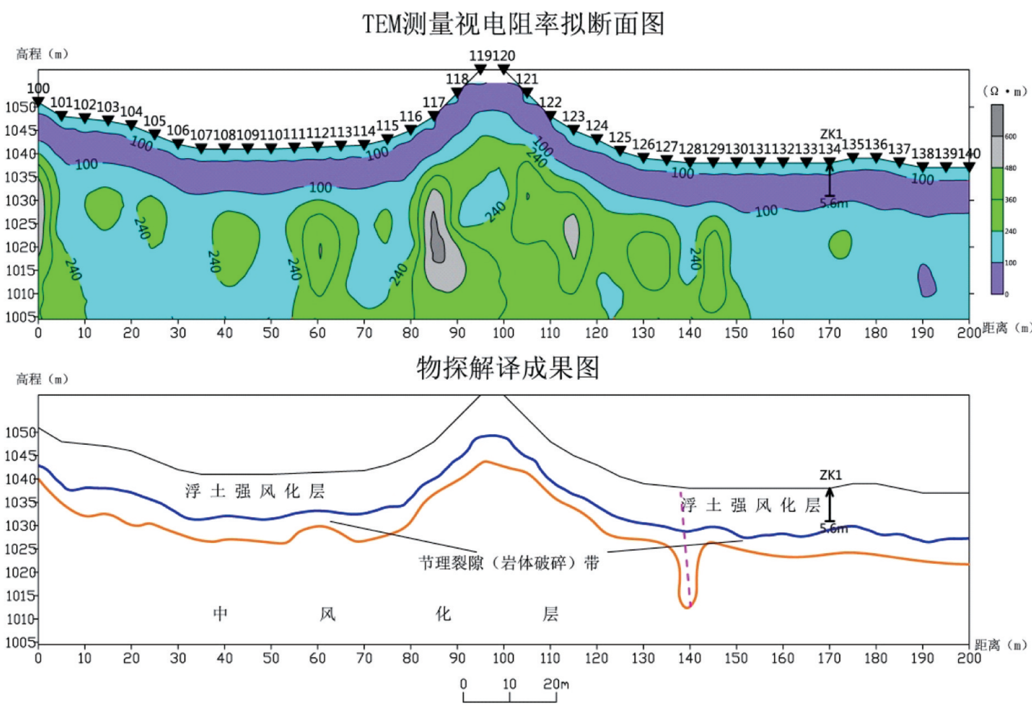

图 4　L5 剖面地质、物探综合剖面图

Fig. 4　Comprehensive profile map of geology and geophysics of L5 Section

根据 L2 及 L5 剖面综合剖面图可知,在 L2 剖面 119、129、132.5、137.5、142 号点及 L5 剖面 114、127 号点处有明显的物探低阻异常显示。推测异常为浅部节理发育、破碎的泥岩和强风化层充水引起。由实地踏勘得知,L2 剖面在 119、129、132.5、137.5、142 号点,L5 剖面在 128 号点处见裂缝,地表裂缝与 TEM 推断解释结果较吻合。另外在 L1 剖面 106、110、118、122、129、135、137 号点,L3 剖面 111、117、119、124、129、132、135 号点,L4 剖面 114、122 号点有明显的物探低阻异常显示。推测异常为浅部节理发育、破碎的泥岩和强风化层充水引起。且 L1 剖面、L3 剖面、L4 剖面在物探低阻异常对应位置也可见地裂缝不良现象,与物探异常较吻合。通过 L1、L2、L3 及 L4、L5 两

组不同方向的物探剖面成果,可以推测深部、地表均存在由浅部节理发育、破碎的泥岩和强风化层充水引起的低阻异常,结合实地踏勘情况,L1 号剖面 106-118 号点之间、L2 号剖面 120-137 号点之间及 L3 号剖面 110-125 号点之间裂缝(隙)发育,下延深度较大,中风化层顶界面与前后中风化层顶界面已不连续,推测在这些部位有失稳的可能,可能向东或南东方向进一步发展为滑坡。

根据物探解译成果,在工作区布置了 9 个钻孔,其中 L2 剖面 119、127、137 号点上布置 3 个钻孔 ZK6、ZK5、ZK4,L5 剖面 134 号点上布置钻孔 ZK1,钻孔验证结果:粘土、强风化层厚度在 5.5～7.1 m 之间,平均厚度 6.0 m,与物探解译成果较吻合。

5　结论

本文对瞬变电磁法原理、方法技术以及资料解释等方面进行了简单阐述,瞬变电磁法推断解释结果与实际地层变化和地裂缝分布具有较好的对应关系,说明其能够反映出地下电性分布情况。所以根据瞬变电磁法反演电阻率相对变化和相关地质资料能够推断出斜坡的不稳定状况,判断斜坡体的不稳定趋势,满足地灾勘查工作需要。

[参考文献]

黄旭,范尧,杨义成,等. 2017. 某不稳定斜坡稳定性分析与评价[J]. 资源环境与工程,31(4):431-435.

熊远鹏,李开鹏. 2015. 黄平县新州镇秦家坳不稳定斜坡调查物探工作报告[R]. 都匀:贵州有色金属和核工业地质勘查局物化探总队.

张胤彬,张华,杨海燕,等. 2012. TEM 在地质灾害评估中的应用研究[J]. 物探与化探,36(2):159-161.

周建雄,张永琦,周韬. 2016. TEM 在地质灾害评估中的应用研究[J]. 中州煤炭,249(9):159-161.

The Application of the transient electromagnetic method in Unstable Slope Exploration

XIONG Yuan-peng, LI Kai-peng

(*General geophysical and geochemical team of guizhou province nonferrous metal and nuclear industry geoexploration bureau, Duyun* 558000, *Guizhou, China*)

[**Abstract**] Unstable slope is a type of common geological hazards. In recent years, geological hazards on unstable slopes are becoming more and more frequent in China, which poses a great threat to people's lives and property. The transient electromagnetic method obtained good exploration results, which is used to deduce the thickness of overburden, weathering and integrity of rock and find out the distribution characteristics of ground fissures, the anomaly is verified by drilling data. The results are not only high efficiency and low cost, but also intuitive and obvious geological effect. It provides a reliable geophysical basis for later treatment.

[**Key Words**] The transient electromagnetic method, ground fissure, rock weathering