

电测深法和钻探相结合在山区地质勘察中的应用

石明生, 张永雨

(郑州大学环境与水利学院, 郑州 450002)

[摘要] 对电测深物探方法和钻探方法等手段进行了详细的论述, 并应用于某山区工程地质勘察项目, 提出了在山区地质勘察时, 钻探和物探相结合的勘察方法能够很好地解决实际工程问题, 而且在技术、经济和时效各方面都可以达到理想的效果。

[关键词] 钻探 电测深法 地质勘察

[中图分类号] P631.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2005)05-0092-04

1 概述

“物探”是地球物理勘探的简称, 即用物理的原则研究地质构造和解决找矿勘探中问题的方法。电测深法是物探的一种, 电测深法可以测定基岩埋深, 划分松散沉积层和基岩风化带; 可以探测隐伏断层、破碎带; 可以探测地下洞穴; 可以测定潜水面深度和含水层分布; 可以探测地下或水下隐埋物体^[1]。

传统的工程地质勘察手段有钻探取土、标准贯入试验(SPT)、双桥静力触探(CPT)、波速测试等一些常规的勘察方法, 这些常规方法有各自的适应范围。在地质勘察工程中一般采用多种勘探手段相结合, 根据当地的历史地质资料可以选用几种勘察手段, 以期达到很好的效果。在平原地带, 由于覆盖层较厚, 加之很多工程技术人员有“物探法精度低”这一固有的偏见, 所以物探法用的相对较少, 但是在丘陵或山区地层含碎石和卵石层的地质条件下, 地层起伏坡度较大, 尤其是基岩起伏比较大, 单靠钻探一种勘察方法很难确定地层分布规律, 因此在丘陵或山区地带, 不论从技术角度考虑, 或是从经济和时效的角度考虑, 采用物探法和钻探法相结合的勘探方法都是必要的, 物探法是配合钻探法的最佳手段, 与钻探相互补充可以达到很好的勘察效果, 因此电测深法完全可以在工程地质勘察中应用, 同时也起到对传统的勘察手段的一个补充, 从而为设计施工提供充分而又可靠的依据。

2 电测深法的工作原理

地下的岩(矿)体或地质构造基于它们所具有的物理性质、规模大小及所处的位置, 都有相应的物理现象反映到地表或地表附近, 这种物理现象是地球整体物理现象的一部分。电测深法地球物理勘探的主要工作内容是利用相适应的仪器测量、接收工作区域的各种物理现象的信息, 应用有效的处理方法从中提取出需要的信息, 并根据岩(矿)体或构造和围岩的物性差异, 结合地质条件进行分析, 做出地质解释, 推断探测对象在地下的位置、大小范围和产状, 以及反映相应物性特征的物理量等, 作出相应的解释推断。

因此应用电测深法地球物理勘探时, 应具备下列条件^[1]: ①被探测对象与周围介质之间有明显的物理性质差异; ②被探测对象具有一定的埋藏深度和规模, 且地球物理异常有足够的强度; ③能抑制干扰, 区分有用信号和干信号; ④在有代表性地段进行方法的有效性试验。

3 工程实例分析

3.1 工程资料与物探分析

3.1.1 拟建工程场区地形、地貌及地质概况

拟建工程场区地貌单元属侵蚀残蚀地貌, 场区处于山前坡积带前沿, 东部地形较平坦, 西部为“U”形冲沟。冲沟宽度10~30m, 深度0.8~2.5m, 沟的东岸为人工堆积填平, 西岸为丘陵阶地, 近南北走

[收稿日期] 2005-04-05; **[修订日期]** 2005-08-08; **[责任编辑]** 陈仁俊。

[第一作者简介] 石明生(1962-), 男, 汉, 郑州大学环境与水利学院副教授, 长期从事从事岩土工程勘察设计方向的教学与研究工作。

向,呈不规则状。经实地查勘地质资料提供,覆盖层为第四系粉质粘土、碎石土;下伏基岩为石英砂岩,埋深在1~20m左右。

3.1.2 地球物理特征

本次物探共布置6个剖面,剖面长度共564m,物探测点共40个。其中在6-6剖面布置了电测深点试验,粉质粘土电阻率为18~30 Ω·m;杂填土电阻率为40~55 Ω·m;碎石土电阻率为75~120 Ω·m;石英砂岩为155~270 Ω·m。粉质粘土、杂填土、碎石土和石英砂岩之间存在电性差异,具备电测深勘探的条件。

3.1.3 电测深法地球物理勘探方法及技术要求

根据地形、地貌及地质条件,采用对称四极电测深法及五极纵轴测深法。

(1) 对称四极电测深法,采用温纳装置。AB/MN=3,最大 AB/2 = 60m,最小 AB/2 供电电极距1.5m。供电电极(钢电极)采用并联组合装置;测量电极采用铜电极,测点放线方向为 N~S 或 W~E。电极距系列见表1。

表1 电测深电极距

AB/2(m)	1.5	3	4.5	6	9	12	15	18	24	30	45	60
MN/2(m)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	15	20

(2) 五极纵轴测深法,供电电极距 BB'=150m,测量极距 MN = 2m,沿 Y 轴方向逐点测量,点距 2m。施工前对仪器和导线极距进行检查、校准,确保仪器性能可靠和极距尺寸的准确性。施测中,如遇拐点及突变点、ΔV<3mV 和 I<3mA 时,均按《水利水电工程物探规程》^[2] (DL5010-92)要求复测。

测区共完成物探检测点40个,系统检查点4个,占总工作量的10%;最大均方相对误差 M_{max} = 1.56%,最小均方相对误差 M_{min} = 0.37%,平均均方相对误差 \bar{M} = 1.15%。

3.1.4 物探资料的整理与解释

测区上覆地层为山前坡积物,其岩性为杂填土、粉质粘土、碎石土,下伏基岩为石英砂岩。电测深曲线类型主要为 H 型,如图1所示。

H 型曲线测区分布较广,首支为杂填土、碎石土层,中部低阻为粉质粘土,尾支高阻部分为基岩(石英砂岩)。中间层电阻率的确定:① 中间层电阻率主要依据测区基岩露头测试。② 从无等值原理的曲线上直接获取。

根据野外采集的数据,以测线为横坐标,以 AB/2 为纵坐标,绘制等 ρ_s 断面图。在该测区中,其地

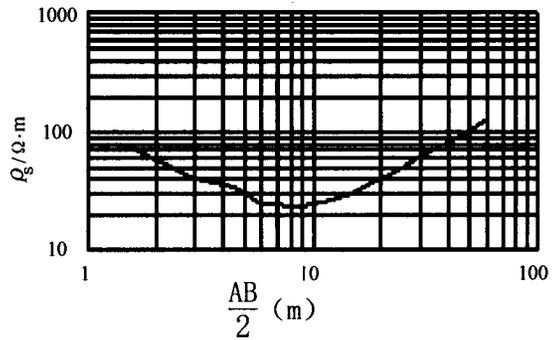


图1 电测深类型(H型)

层主要为第四系,电阻率数值变化较大,卵石层等 ρ_s 线较密集,土层等 ρ_s 线较疏松。依靠高阻闭合圈或半闭合圈的大小范围定性判断卵石层的分布空间。其中重要高炉所在剖面上的物探等 ρ_s 断面图如图2所示。

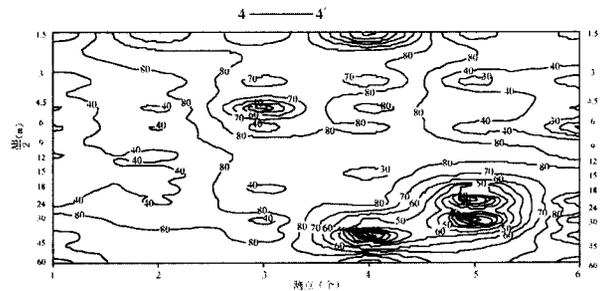


图2 高炉处电阻率断面图

电测深曲线定量解释,以计算机对电测深曲线进行反演拟合计算的定量解释方法为主。电算程序处理流程见图3所示。

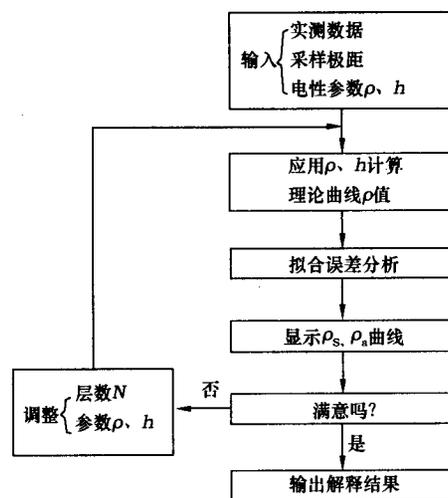


图3 电测深解释处理流程图

该程序采用半空间层状介质函数理论^[3],用对数极距进行正演,自动反演,采用最优优化马奎特快速

迭代法直接拟合施测电测深曲线。反演中,固定一些较为清楚的电性参数,经反演结果如下:在 18 ~ 30 $\Omega \cdot m$ 为粉质粘土;在 40 ~ 55 $\Omega \cdot m$ 为杂填土;在 75 ~ 120 $\Omega \cdot m$ 为碎石土;在 155 ~ 270 $\Omega \cdot m$ 为石英砂岩。

3.1.5 物探成果分析

1-1 剖面覆盖层厚度范围 12 ~ 22m,其岩性为杂填土、碎石土、粉质粘土;以下为基岩,其岩性为石英砂岩。

2-2 剖面覆盖层厚度范围 4 ~ 18m,其岩性为杂填土、碎石土、粉质粘土;以下为基岩,其岩性为石英砂岩。

3-3 剖面覆盖层厚度范围 1 ~ 22m,其岩性为杂填土、碎石土、粉质粘土;以下为基岩,其岩性为石英砂岩。

4-4 剖面覆盖层厚度范围 1 ~ 15m,其岩性为杂填土、碎石土、粉质粘土;以下为基岩,其岩性为石英砂岩。

5-5 剖面覆盖层厚度范围 9 ~ 15m,其岩性为杂填土、碎石土、粉质粘土;以下为基岩,其岩性为石英砂岩。

6-6 剖面覆盖层厚度范围 0.5 ~ 20m,其岩性为杂填土、碎石土、粉质粘土;以下为基岩,其岩性为石英砂岩。

其中重要高炉所在地质剖面如图 4 所示。

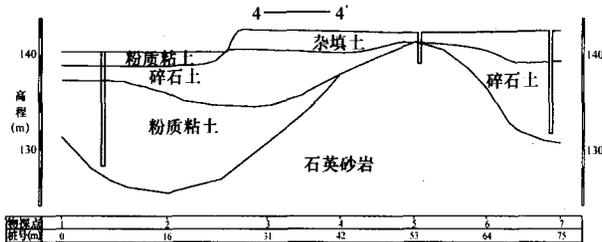


图 4 物探成果高炉处地质剖面图

3.2 钻探及原位测试成果分析

场区覆盖层为第四系粉质粘土、碎石,地表有薄层人工填土,下伏基岩为上元古界石英砂岩。依其岩土性质、时代和工程地质条件自上而下分为 5 层,并分述如下:

① 人工填土:色较杂,成份主要为矿渣、粉质粘土、卵石,卵石多呈棱角状,不规则,粒径 4 ~ 12cm。厚度 0.1 ~ 3.0m,分布在地表。

② 粉质粘土:褐黄色,硬塑状,含植物根系及少量砾石,无摇晃反应、稍有光泽、韧性中等、干强度中等。厚度 1.5m 左右,该层仅分布在冲沟表层。

③ 碎石:灰黄色 ~ 紫红色,湿,密实,无分选,成分为石英岩、石英砂岩,多呈棱角状,直径 2 ~ 15cm,少量呈柱状,柱长 10 ~ 21cm,充填物为砂质或粉质粘土,约占 15 ~ 35%。ZK11 孔底部为粉质粘土和粉砂。

③-1 粉质粘土:灰色、棕黄色,硬塑状,含少量碎石及铁锰质结核,呈不规则的棱角状,粒径 2 ~ 5cm,局部含腐植质,无摇晃反应、稍有光泽、韧性中等、干强度中等。

④ 粉质粘土:紫红色,棕红色,可塑 ~ 硬状态,土质不均,夹多层薄层碎石,局部底部夹有粉土,光滑有光泽、韧性中等、干强度中等。

⑤ 石英砂岩:紫红色,粒状结构,块状构造,弱风化,节理较发育,岩石破碎,岩心多呈块状。

通过钻探和原位测试成果分析,可以得出其中重要高炉所在地质剖面如图 5 所示。

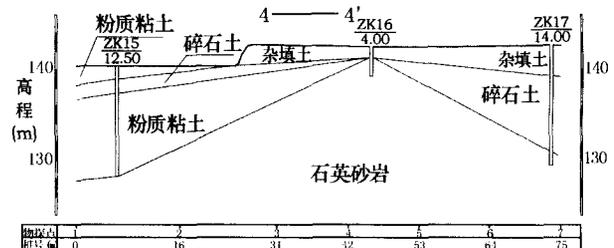


图 5 钻探成果高炉处地质剖面图

3.3 物探和钻探成果对比分析

由图 5 可以得出,钻探只能获得剖面上某一点垂直方向的地质资料,而钻探点之间的地质资料只能靠推测来确定。在山区地带,地质情况相对比较复杂,地层的变化大而且坡度相对较大,单用钻探一种勘察手段很难正确反映真实的地质情况,甚至得出错误的结果,如图 4 与图 5 同一处的剖面图,物探和钻探成果相差很大。如果为提高勘探精度而加密钻探点的话,势必会延长外业施工工期,增加勘察费用。如果配以物探的勘察资料,不但可以减少外业施工时间和施工费,而且可以大大提高勘察成果精度。但是也要看到物探也有自身的局限性,它对勘探成果的解释必须以钻探获得的地质资料为基础。

从工程勘察的过程来看,拟建场区的东侧平坦,西侧是冲沟地形,地层结构复杂,钻进难度较大,近一个月时间才成孔 10 个,可见钻探难度之大。而物探工作场地要求低、周期短、耗资小、效果直观,仅用三天时间就把 6 个剖面全部测完。地基开挖之后,通过验槽可知实际地质情况与勘察报告相符,特别是高炉所在的重要位置的实际地质剖面情况与勘察

报告完全吻合。

综上所述,电测深法与钻探所需设备及场地互不影响,在同一个剖面上可以同时进行,而电测深法对场地要求比钻探低,两者的成果可以相互印证和补充;从这此勘察项目上来看,达到相同的勘察效果,采用电测深法和钻探相结合的方法比只采用钻探方法节约资金 1/5 左右,并且节约将近一半的时间。由此可见,电测深法有它的优势,传统勘察方法有它的局限性,而电测深法技术离不开传统勘察方法,只有在传统勘察方法取得地质资料的基础上才能发挥其优势。因此,两者相互配合可以取长补短,才能发挥各自的优势。电测深法与钻探相结合在经济技术方面是可行的,

4 注意的问题及结论

(1) 物探和钻探相结合时,不仅仅是电深法,还可以是其它的物探方法,如:高密度法、电磁法等。

(2) 采用物探和钻探相结合的方法时,应该注意物探点和钻探孔的布置,要结合相关的规范和实际地形,合理地布置物探点和钻探孔,以期达到很好的勘察目的。

(3) 物探和钻探成果的解释时,用钻探成果去

印证物探成果,使成果可以更精确地反映实际地质情况,同时需要物探方面和工程地质方面经验丰富的专家参与。

(4) 物探和钻探相结合方法的适用范围比较广,尤其是地层坡度和深层基岩起伏比较大地区,在丘陵或山区地带往往有很厚的碎石层或卵石层,地层起伏比较大。

(5) 碎石层和卵石层的钻探难度较大,而物探则有探测速度快、测点密度大,成本相对较低等优势,从经济和时效的角度考虑,它是配合钻探的最佳手段,与钻探相互补充可以达到很好的勘察效果。

(6) 建议进一步提高物探方法精度,使岩土层的探测精度能达到钻探取得的精度甚至更高,逐步达到岩土工程勘察中以物探为主,以钻探为辅的革命性新格局。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国国家标准. 岩土工程勘察规范(GB50021-2001)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [2] 中华人民共和国行业标准. 水利水电工程物探规程(DL5010-92)[S]. 北京:中国水利水电出版社,1992.
- [3] 傅良魁、李金铭. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1983.

APPLICATION OF THE COMBINATION METHOD OF ELECTRIC SOUNDING AND DRILLING IN GEOLOGICAL INVESTIGATION IN MOUNTAIN DISTRICTS

Shi Ming - sheng , Zhang Yong - yu

(College of Environmental & Hydraulic Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China)

Abstract: Discuss the methods of electric sounding and drilling etc. in details, and adopt the methods in a project of engineering geological investigation in some mountain districts, then point out that using the investigation methods which is a combination of electric sounding and drilling can solve the problems in practice project perfectly, also get the ideal results on many aspects, such as technology, economy and the time limitation.

Key words: drilling, electric sounding, geological investigation