

技术方法

工程物探在岩溶地区地质勘察中的应用

——以费县电厂为例

赵西文, 范沛军, 曹建华

(山东电力工程咨询院有限公司, 山东 济南 250013)

摘要:结合费县电厂工程地质条件,运用高密度电阻率法和探地雷达勘察法,进行岩溶地区工程勘察,对2种方法的勘察结果进行比较分析,在此基础上进一步钻探验证。证实工程物探能迅速查明岩溶区的工程地质条件,勘察过程高效快速,达到地质勘察效果。最后针对岩溶区的拟建场地进行地基评价并提出地基处理方案。

关键词:工程物探;岩溶地区;地质勘察;费县电厂

中图分类号:P631.8

文献标识码:B

由于岩溶在空间上发育的不均一性,造成岩溶地区的地质情况非常复杂,因此在进行岩溶勘察时,选择合理的勘察方法尤其重要^[1]。该文拟对费县电厂工程建设进行勘测,运用工程物探勘察的方法,如高密度电法、地质雷达法以期达到事半功倍、高效快速、减少钻探工作量的勘察效果,迅速查明岩溶区的工程地质条件,准确达到地质勘察的目的,正确评价岩溶区的工程地质条件并提出地基处理方案,为设计提供详细、真实、可靠的岩土资料。

1 场地工程地质条件

1.1 区域地层

研究区域在大地构造单元上隶属中朝准地台之华北地台区的鲁西断块区,在新构造单元上位于鲁中南—鲁东上升山地区的次级构造单元—鲁中南较强烈断块上升区和沂沭断裂带活动区的交接部位。地层属鲁西地层分区。区内地层从太古宙至新生代地层均有分布。

太古宙地层出露沂水岩群、泰山岩群,元古宙地层出露清白口纪—震旦纪土门群;古生代:寒武纪、奥陶纪—中统、石炭纪、二叠纪地层;中生代:侏罗纪淄博群及白垩纪莱阳群、青山群地层。其岩性主要为暗色麻粒岩、紫苏变粒岩、斜长角闪岩、黑云变粒岩、角闪变粒岩、透闪阳起石片岩、变质砾岩和石

榴石英岩、页岩、砂岩、云斑灰岩、白云岩、泥灰岩、石灰岩、泥岩、中细粒砂岩夹煤层、泥质粉砂岩、安山质凝灰岩、安山岩、安山集块岩等。

新生代:新近纪、第四纪地层,其岩性主要为泥岩、泥质粉砂岩、泥质白云岩、隐晶质灰岩、泥灰岩、粘土、粉质粘土、砂土等。

区内岩浆岩较为发育,以侵入岩为主。新太古代阜平期、古元古代吕梁期、中生代燕山期侵入岩均有发育,其岩性主要为中性—酸性的煌斑岩、闪长玢岩、角闪闪长岩、花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、花岗闪长玢岩等,岩浆岩的产状呈岩基、岩床、岩墙、岩脉等产出。

区域地质构造较为复杂,新构造运动以来,各构造单元经历了不同的构造演化,以规模较大的背斜、向斜、断陷盆地和走向 NNE, NW 向的多组断裂构成了区内的基本构造格架。

区域内规模较大的褶皱有泰山—徂徕山—蒙山复式背斜、四海山背斜;盖层褶皱构造不发育,区内主要有湖南崖背斜和青云山箕状向斜。

区域范围内盆地构造在发育时代、盆地类型、受断裂控制程度等方面具有明显的差异。

1.2 近厂区地层

厂区内上覆地层为第四纪晚更新世残积、坡积层,下伏奥陶纪石灰岩:

* 收稿日期:2012-12-19;修订日期:2013-03-30;编辑:陶卫卫

作者简介:赵西文(1972—),男,山东曹县人,工程师,主要从事岩土工程勘测、地基处理研究;E-mail:zhaowen72@163.com。

粉质粘土:褐黄色、棕黄色,可塑~硬塑状态,稍湿,混少量碎石,局部间夹粘土及粉土。该层在厂区内分布不均匀,局部缺失,层厚 0.30~13.20 m。

奥陶纪石灰岩:灰色,中等风化,隐晶结构,层状构造,地表有溶沟、溶槽现象,地下岩溶发育,多被粘性土充填,裂隙不甚发育。

厂区内地下水类型为岩溶裂隙水,以大气降水、侧向径流为主要补给来源,以地面蒸发及侧向径流为其主要排泄方式,埋深 1.20~8.60 m。

2 工程物探勘察

2.1 高密度电阻率法勘察

2.1.1 高密度电阻率法勘察方法分析

高密度电阻率法是基于垂向直流电阻率测深与直流电阻率剖面测量 2 种方法相结合的基本原理,通过高密度电法测量系统中的软硬件,控制在同一条多芯电缆上布置连结的多个电极,使其自动组成多个垂向测深点或多个不同探测深度的探测剖面,根据控制系统中选择的探测装置类型,对电极进行相应的排列组合,按照测深点位置的排列顺序或探测剖面的深度顺序,逐点或逐层探测,实现了自动布点、自动跑极、自动供电、自动观测、自动记录、自动计算、自动存储。把存储数据调入 RTomo 图像处理软件,可自动生成各测深点及各剖面层的曲线或整体剖面图像^[2]。

2.1.2 仪器设备

该次工作所用仪器为重庆地质仪器厂生产的 DUK-2A 型高密度电法测量系统及 RTomo 高密度电阻率成像与图视系统。DUK-2A 型高密度电法测量系统的主要技术指标如下:

电压测量范围	±6 V	电压测量精度	±1%
输入阻抗	>50 MΩ	电流测量范围	5 A
电流测量精度	±1%	对 50 HZ 工频干扰压制	优于 80 dB

电源由 4 个电池箱组成,最大输出电压为 36 V。

2.1.3 野外数据采集参数设置

观测装置:温纳装置;极距:1~3 m;隔离系数:10;电极数:根据实际情况布设。

2.1.4 各装置的工作原理

电极排列规律是(对于 60 道):A, M, N, B(其中 A, B 是供电电极;M, N 是测量电极),AM=MN=N B 为一个电极间距,随着间隔系数 n 由 n_{\max} 逐渐减小到 n_{\min} , 4 个电极之间的间距也均匀收拢。其

特点是测量断面为倒梯形,跑极方式为逆向斜测深,经数据转换软件转换成剖面数据。

2.2 探地雷达勘察

2.2.1 探地雷达勘察方法分析

地质雷达是应用脉冲电磁波来探测目标物的。当发射天线向地下介质内发射高频宽带短脉冲电磁波时,遇到具不同介电特性的介质就会有部分电磁波能量被返回,接收天线反射回波并记录反射时间。根据电磁波在介质中的波速和旅行时间可以计算界面深度。当电磁波在介质中传播时,其路径一波形将随所通过介质的介电性质及几何形态而变化,根据接收到波的旅行时间、幅度、频率与波形变化等特征,可以推断目的物的内部结构以及深度、形状等。

2.2.2 仪器设备及参数选择

数据采集设备采用美国劳雷公司生产的 SIR-20 型探地雷达及配套的 GSSI 型非屏蔽天线,频率 15~80 MHz 可变换。该次工作参数的选取为:工作频率 20 MHz, GSSI 天线发射和接收;采样点数为 1 024,叠加次数为 256 次。

2.2.3 数据处理

主要内容有:回放雷达图像记录,对记录进行增益调整、滤波等初步处理,在外业期间进行记录质量初评,分析现场采集数据过程所用方法及参数是否达到或接近最佳,并对记录进行初步解释。室内雷达资料采用随机的软件进行处理分析解释,包括:振幅调整、频谱分析、垂直滤波试验与水平滤波试验等,主要用于抑制随机噪声,压低非目的体的杂乱回波,改善图像质量。

数据处理流程为:数据采集→预处理→反演计算各层位厚度;其中预处理过程:数据输入→重复道平均数→多次测量平均→自动时变增益→反褶积→滤波→偏移→输出。

2.2.4 资料分析

由于不同介质的反射波形特征不同,因此根据雷达剖面图像,划分不同介质界面以及探查介质内部结构。由于地球物理勘探的局限性,物理勘探所反应的地下岩溶状况需要工程钻探来验证,但是物理勘探能确定工程钻探的重点,从而减少不必要的地质钻探,避免时间和人力、财力的浪费。

2.3 两种方法比较分析

2 种方法都能反映地下岩溶状况,高密度电法

探测深度为 70~80 m,而探地雷达为 20~30 m,浅层探测二者均可,深层探测探地雷达做不到,高密度电法则可以。探地雷达因其使用宽频带、短脉冲电磁波为震源,具有比其他地球物理方法更高的分辨率,不但具有快速、非破损、经济等优点,而且还可形象地揭示溶蚀异常的空间展布形态,在岩溶地质勘察中能够取得较好的应用效果,适宜覆盖层较薄或裸露岩层,埋藏于地表以下 20~30 m 以上范围内的目标体的探测,岩溶地质异常的波阻特征与围岩之间差异较大,从雷达剖面上不但可以识别如溶洞、溶沟或溶槽这样的单个目标体,而且对溶蚀现象也有不同的反映。

3 现场方法验证

为对比各种物探方法在该场区探测岩溶的有效性、可行性,主要对 ZK85 钻孔与 ZK114 钻孔进行对比验证,现场工作布置见推测岩溶分布平面图(图 1),分别进行高密度电法、地质雷以期发现溶洞物探异常特征。

3.1 高密度电法推测与钻探验证

高密度电法对其中的 ZK85D1 测线和 ZK114D1 测线进行了地质断面解译(图 2,图 3),该处基岩埋深 9~15 m 不等,基岩表层岩溶发育强烈,局部有溶洞发育。根据物探结论,在岩溶发育地段重点布置勘探孔,通过对工程地质钻探资料的整理^[3],验证了前期对场地岩溶的推测和判断。

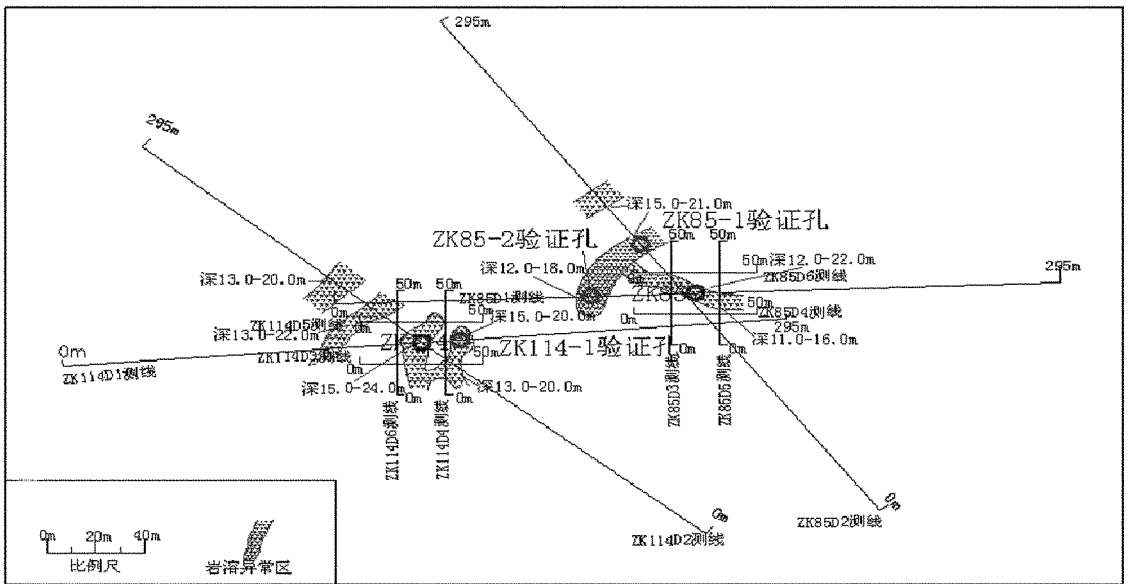


图 1 ZK85 钻孔与 ZK114 钻孔周围物探推测岩溶分布平面图

钻探验证结果:ZK85-1 验证钻孔位于 D2 测线 160 m 位置,物探推测 15~21.0 m 为岩溶异常区。经钻探验证于 14.6 m 见基岩,15.0~16.2 m 为充填溶洞;19.0~19.4 m 有掉钻现象,为未充填溶洞。

3.2 探地雷达推测与钻探验证

探地雷达推测该处基岩埋深 10.5~12 m 不等,基岩表层岩溶发育强烈,局部有溶洞发育。11.5~12.2 m,18.0~19.6 m 为溶洞,具体分布见物探地质解译断面图(图 4)。

钻探验证结果:经钻探验证于 11 m 见基岩,11.4~12.3 m 为溶洞;并漏水严重,属岩溶裂隙发育区域。

4 场地地基评价与地基处理方案

勘察结果表明厂址主要建(构)筑物可以以基岩作为地基持力层;但厂址存在岩溶地基处理问题,部分地段第四纪地层厚度大,①层粉质粘土可以作为一般建(构)筑物的天然地基持力层,但能否作为重要建(构)筑物的天然地基持力层,应对其强度、变形进行验算,同时还应考虑地基的不均匀对建(构)筑物稳定性的影响。石灰岩是拟建建(构)筑物的良好天然地基持力层。

该工程岩溶为浅部发育,发育形态以溶沟、溶槽为主。因此,对溶沟、溶槽不良地基的处理工作量较

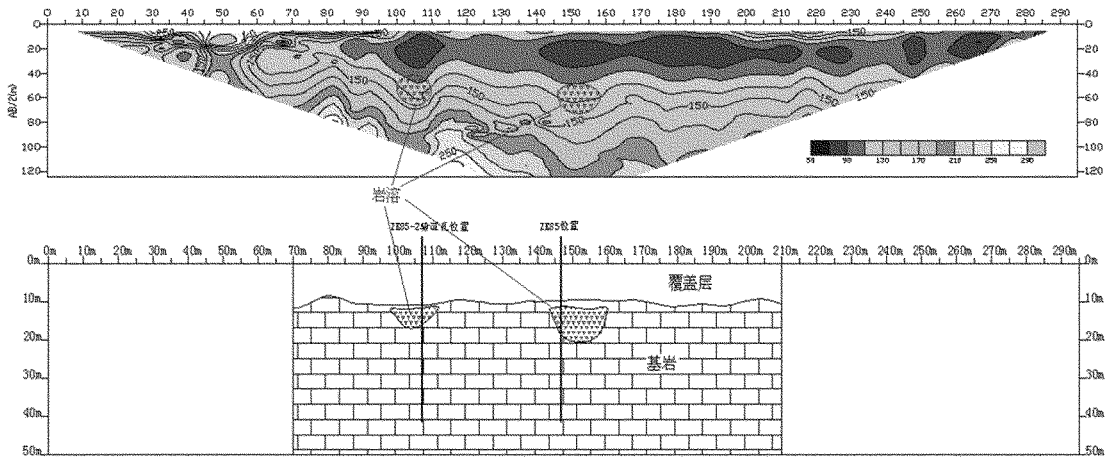


图 2 ZK85D1 测线物探地质解译断面图

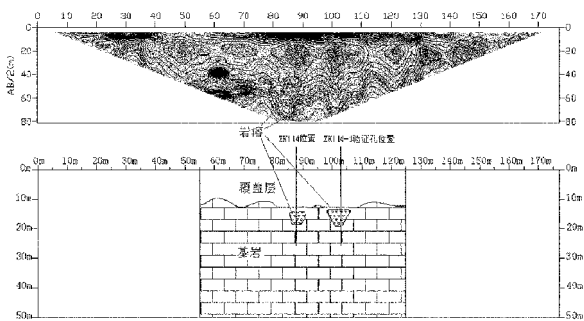


图 3 ZK114D1 测线物探地质解译断面图

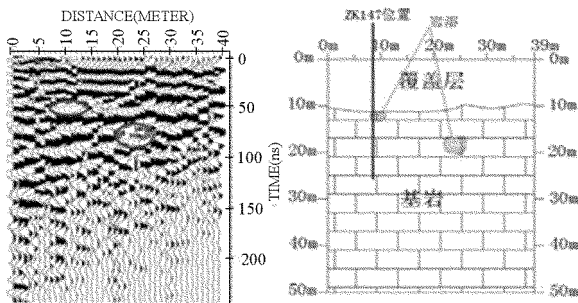


图 4 物探地质解译断面图

大,基本处理方法是:溶沟、溶槽埋藏深度小于 5 m,在基坑中存在溶沟时,当沟宽 < 300 mm 者不必处理^[4],沟宽 300~600 mm 者可挖去沟宽深度的土,回填毛石或混凝土即可^[5],因为小于 300 mm 宽溶沟内留下的充填土,在荷载作用下沟侧及底部岩石对土的限制,其压缩变形很小,不会对基础产生影响。沟宽 > 600 mm 者,或者沟宽虽 < 600 mm,但基坑底面积虽小而需要处理的面积 > 20% 应采用钢筋网跨越的方法处理^[6]。

5 结语

工程物探很好地探明了岩溶地区岩溶发育程度、发育状况以及溶洞的大小、形状,证实了工程物探在岩溶地区工程建设勘察中能够起到事半功倍、高效快速的勘察效果,能够真实、准确地反映工程场地地质条件,为设计提供精确、翔实的岩土资料。工程物探有助于全面认识岩溶发育状况,准确评价岩溶区的工程地质条件,准确达到地质勘察的目的。

工程物探工作时间短,其成果对钻探工作指导性强,可以减少钻探工作量,从而缩短调查时间。钻探其结果更为直接、真实、可靠。随着高新技术在工程物探中的广泛应用,物探技术与设备的不断更新,探测精度的提高,物探能缩短工期、减少工作量、降低成本、提高经济效益,因此在今后的工程勘察中必将广泛应用。

参考文献:

- [1] 顾宝和,高大钊. 岩土工程勘察规范(GB50021-2011)[S]. 2009.
- [2] 龚晓南. 地基处理手册(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [3] 中华人民共和国电力工业部. 火力发电厂地基处理技术规定(DL5024-93)[S]. 1993.
- [4] 中华人民共和国建设部. 建筑地基基础设计规范(GB50007-2011)[S]. 2011.
- [5] 中国电力工程顾问集团东北电力设计院. 电力工程钻探技术规程(DL/T5096-2008)[S]. 2008.
- [6] 曹春国,黄文院. 综合物探方法在深部找矿工作中的应用[J]. 山东国土资源,2010,26(4):16-19.

Application of Engineering Geophysical Exploration in Geological Survey in Karst Area

——Setting Feixian Power Plant as an Example

ZHAO Xiwen, FAN Peijun, CAO Jianhua

Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Limited Corportion, Shandong Jinan 250013, China

Abstract: Combining with engineering geological conditions of Feixian power plant, by using high-density resistivity method and ground penetrating radar survey method, engineering survey has been carried out in karst area. Exploration results gained by using these two methods have been analyzed and compared, and further drilling has been carried out as well. It is proved that the engineering geophysical exploration can quickly identify the engineering geological conditions in karst area. The investigation process is fast and efficient, and it can achieve the good effect in geological survey. Pointing to proposed projects, foundation evaluation has been carried out and treatment program has been put forward.

Key words: Engineering geophysical exploration; karst area; geological exploration; Feixian power plant