

高密度电法在某公路路基下隐伏岩溶探测中的应用

密士文,王翔,周厚侠

(临沂市国土资源局,山东 临沂 276000)

摘要:灰岩分布区易发生岩溶塌陷等地质灾害,高密度电阻率法是岩溶地质调查的重要手段。以某一段穿越岩溶发育区的公路为例,应用高密度电法对区内暗河、槽谷型岩溶塘、落水洞等灾害地质体进行了探测,结果显示拟建路段覆盖层厚度大约为2~20 m,基岩内岩溶极发育,岩石地表起伏大,溶沟、溶槽、岩溶塌陷、落水洞发育;岩石中溶蚀裂隙、溶洞发育。表明高密度电阻率法能够有效地判定岩溶的发育情况,可以为地质灾害评估提供科学客观的依据。

关键词:灰岩;高密度电阻率法;岩溶;公路路基

中图分类号:P631 **文献标识码:**B

引文格式:密士文,王翔,周厚侠. 高密度电法在某公路路基下隐伏岩溶探测中的应用[J]. 山东国土资源,2015,31(1):62-64. MI Shiwen, WANG Xiang, ZHOU Houxia. Application of High Density Resistivity for Underground Karst Detection[J]. Shandong Land and Resources,2015,31(1):62-64.

灰岩为可溶性碳酸盐岩,当灰岩溶蚀发育至一定程度时,在地下水动力条件的改变或工程施工振动等外因诱发下易引起地面塌陷。在岩溶灾害多发区进行灾害地质调查为灾害治理提供必要的基础地质资料,是减灾防灾工作的前提。物探方法是岩溶调查中的重要手段,高密度电法则是其中较为有效方法之一,特别在含水的岩溶洞穴探测方面,有非常突出的效果^[1-2]。

1 高密度电法工作原理

高密度电阻率法与常规直流电法一样,是以探测地下目标体与围岩之间的导电性差异为基础的一种地球物理勘探方法。当人工向地下加载直流电流时,在地表利用相应仪器观测其电场分布,通过研究这种人工施加电场的分布规律来达到解决地质问题的目的。因此研究在施加电场的作用下,地层中传导电流的分布规律。高密度电法数据采集系统由高密度电极系、多路电极转换器、主机组成。野外数据采集完成后,数据传入计算机,经数据转换、地形校

正等预处理后绘制等值线断面图,再经二维反演并结合工区地质资料进行综合推断解释^[3-7]。

2 测区工程地质条件

探测区域地貌单元属于溶蚀准平原地貌,该路段为溶蚀洼地,地表汇水面积大,无地表径流,近SN向地下暗河横穿路基,暗河总长约2.5 km。主要靠上游岩溶泉水补给,洼地汇水面积达3 km,在路基左侧(暗河上游)主要表现为地表沟溪,在路基范围内及路基右侧1 km左右。综合分析勘察资料表明,该路段地表岩溶极发育。在K44+600-650段地表可见多处岩溶塌陷、落水洞及槽谷型岩溶塘,对路基稳定性影响极大;其次红粘土地区因土体结构(土体存在裂隙)及基岩裂隙发育程度等因素可在部分岩土分界面上局部存在一软土层,并易形成土洞。

3 测区电性特征简析

电阻系数常常受多种因素影响,如土层厚度、土层与基岩界面的形态、基岩裂隙、断层以及溶洞。电

收稿日期:2014-01-03;修订日期:2014-11-05;编辑:王敏

作者简介:密士文(1984—),男,山东临沂人,工程师,主要从事地质灾害治理工作;E-mail:277938606@qq.com

阻系数也能够根据现场实际确定一定的变化范围(表 1),通常灰岩、白云岩电阻率通常比较高,一般在 $1\ 000 \sim 10\ 000\ \Omega \cdot m$ 之间,最高可达 $20\ 000\ \Omega \cdot m$,泥灰岩电阻率相对较低,但一般也大于 $600\ \Omega \cdot m$ 。随着岩石节理裂隙发育程度、破碎程度、岩溶发育程度的增强,填充物含量的增加,电阻率呈急剧下降趋势,最低可降至 $100\ \Omega \cdot m$ 以下。对于无充填的溶洞,如果探测目标小,可能是低阻反应,主要是因为溶洞洞壁围岩节理裂隙发育、地下水的活动等因素产生低阻屏蔽的影响;大型、特大型溶洞的电阻率比基岩电阻率高。

表 1 典型岩石与土的电阻系数

岩石、土的类型	电阻系数/($\Omega \cdot m$)
粘土	1 ~ 55
潮湿的砂	20 ~ 150
页岩	1 ~ 500
砂岩	150 ~ 450
孔隙灰岩	200 ~ 500
致密灰岩	> 500
含水、含泥的溶洞	< 50
未充填的溶洞	∞

4 资料处理

数据经过筛选后,用 SURFE 画出断面图。由于物探方法往往受到非探测对象的影响和干扰以及仪器测量精度的局限,其分析解释的结果较粗并有多个答案。在利用物探资料时,必须掌握各种物探目的物和非目的物的典型曲线特征,将数据反复比较对比,排除多解,最后得到唯一正确的解。

物探解释基本准则:低电阻率与高电阻率的线状突变界限,表明为上覆土层与下伏岩石的接触面,土层向强风化岩石过渡再过渡至中风化岩石时,当土层与岩石界面起伏时,突变界限呈波状起伏,界面处的明显凹陷,一般为岩溶地区的溶沟、溶槽;土层中的封闭型高阻,可能是空的岩溶土洞;岩石中封闭低阻,可能是充填土层的溶洞或充水溶洞,未充填的空溶洞显示为封闭高阻。同时可结合已有的少量钻孔资料,充分尊重地质揭露的直观数据,对物探间接数据进行修正,以提高解释的可靠程度。

5 高密度电阻率法成果解释

在 K44 + 700 ~ 582 段路基范围内平行布置了 5 条测线,图 1 ~ 图 5 是其对应的视电阻率等值线剖面图。

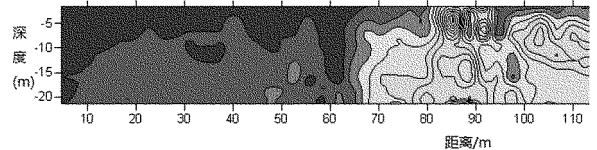


图 1 K44 + 700 ~ 582 中线偏左 10 m 视电阻率等值线剖面图

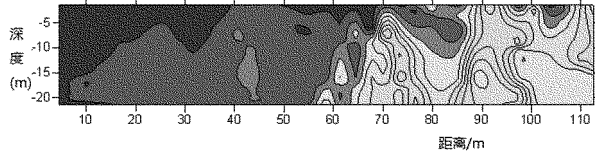


图 2 K44 + 700 ~ 582 中线偏左 5 m 视电阻率等值线剖面图

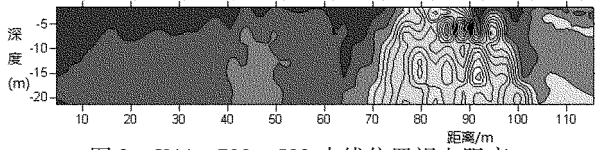


图 3 K44 + 700 ~ 582 中线位置视电阻率等值线剖面图

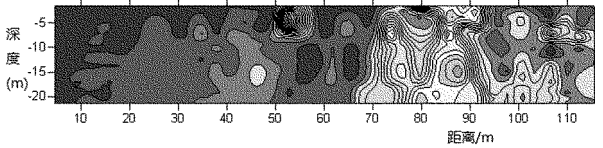


图 4 5b - K44 + 700 ~ 582 中偏右 5 m 视电阻率等值线剖面图

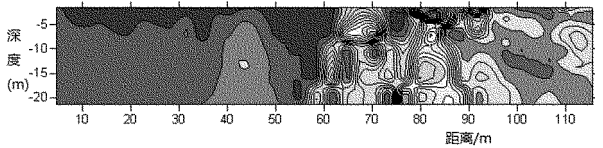


图 5 K44 + 700 ~ 582 中偏右 10 m 视电阻率等值线剖面图

对物探图形结果分析表明:拟建路段覆盖层厚度大约为 $2 \sim 20\ m$,基岩内岩溶极发育,岩石地表起伏大,溶沟、溶槽、岩溶塌陷、落水洞发育;岩石中溶蚀裂隙、溶洞发育;图 1 中在 K44 + 610 左 10 m 处出现一个封闭低阻,结合现场的出露的地质情况,可推测为溶洞,深度为 $5 \sim 10\ m$;图 2 中在 K44 + 600 左 10 m 的位置也出现一个封闭低阻,也推测为溶洞,深度在 $10 \sim 15\ m$ 之间;图 3 中在 K44 + 615 中间处出现一个封闭低阻,推测为溶洞,深度为 $5 \sim 8\ m$;图 4 中在 K44 + 620 的位置出现一个封闭低阻,结合出露的地质情况,可推测为溶洞,深度为 $3 \sim 7\ m$,在 K44 + 612 右 5 m 处出现一个封闭高阻,推测为无充填的溶洞,深度为 $12 \sim 17\ m$;图 5 中在 K44 + 635 右 10 m 处出现一个封闭低阻,推断为溶洞,深度为 10

~15 m,在 K44 + 625 右 10 m 处出现一个封闭低阻,推测为溶洞,深度为 3 ~ 8 m。

6 物探结果与试验性钻孔的比较

试验性钻孔是直接从地下提取样本,可认为是百分之百的准确,因此用试验性钻孔来验证物探的准确率是一种行之有效的方法。

表2 物探结果与试验性钻孔的比较

桩号	钻孔位置	物探中的	实际中	钻探中的
		深度范围/m	有无溶洞	深度范围/m
K44 + 590	左 10 m	5 ~ 10	有	5 ~ 7
K44 + 590	左 5 m	5 ~ 10	无	—
K44 + 590	中线	5 ~ 10	无	—
K44 + 600	左 7 m	5 ~ 7	有	5 ~ 8
K44 + 600	左 2 m	7 ~ 10	有	7 ~ 8
K44 + 600	右 7 m	10 ~ 15	有	9 ~ 12
K44 + 615	左 5 m	8 ~ 10	无	—
K44 + 620	左 18 m	7 ~ 9	无	—
K44 + 620	左 10 m	9 ~ 15	有	8 ~ 12
K44 + 620	中线	10 ~ 14	有	10 ~ 12
K44 + 620	右 5 m	3 ~ 5	无	—
K44 + 620	右 16 m	6 ~ 8	无	—
K44 + 630	左 12 m	7 ~ 9	有	7 ~ 10
K44 + 640	左 7 m	5 ~ 7	有	6 ~ 9
K44 + 640	右 8 m	10 ~ 15	有	8 ~ 12
K44 + 640	中线	15 ~ 18	有	10 ~ 14

从表2可知,在所有的16个物探认为有溶洞的试验性钻孔中有10个确实存在溶洞,准确率达62.5%。有些探测结果虽未见溶洞,但钻探结果表明岩石较破碎,岩心有溶蚀现象。可见,高密度电法在探测溶洞定性比较准确,可以应用于高速公路路基溶洞勘察。高密度电法探测溶洞与钻探结果相比,埋深较为接近,而溶洞的大小明显偏大。主要原因是由于岩溶空间发育非常复杂,溶蚀溶沟发育,导

Application of High Density Resistivity for Underground Karst Detection

MI Shiwen, WANG Xiang, ZHOU Houxia

(Linyi Bureau of Land and Resources, Shandong Linyi 276000, China)

Abstract: Karst collapse can easily happen in limestone distribution area. High density resistivity method is an important method for karst geological detection. In this paper, taking the detection of a certain roadbed as an example, by using high density resistivity method, geological disasters have been detected, such as underground river, valley type karst sinkhole and pond. It is showed that thickness of covering layer in constructing area is about 2 ~ 20m. Karst developed well in bedrock. Large wavy in surface, well developed karren, solution groove, karst collapse and ponor, corrosion cracks in rocks and well developed karst rocks. It is showed that high density resistivity method can effectively judge the development of karst. It can provide a scientific basis for the evaluation of geological disaster.

Key words: Limestone; high density resistivity method; karst

致低阻或高阻异常有放大效应。

7 结论

(1)对物探图形结果分析:拟建路段覆盖层厚度大约为2~20 m,基岩内岩溶极发育,岩石地表起伏大,溶沟、溶槽、岩溶塌陷、落水洞发育;岩石中溶蚀裂隙、溶洞发育。表明高密度电阻率法能够有效地判定岩溶的发育情况,可以为地质灾害评估提供科学客观的依据。

(2)经试验性钻孔验证,16个物探认为有溶洞的钻孔中有10个确实存在溶洞,准确率达62.5%。有些探测结果虽未见溶洞,但钻探结果表明岩石较破碎,岩心有溶蚀现象。可见,高密度电法在探测溶洞定性比较准确,可以应用于高速公路路基溶洞勘察。

参考文献:

- [1] 张虎生,张为孙.物探方法在地质灾害中的应用[J].中国地质灾害与防治学报,14(3):121-124.
- [2] 方宇.高密度电法探查高速公路岩溶不良地质[J].公路与汽运,2010,(3):108-111.
- [3] 李金铭.地电场与电法勘探[M].北京:地质出版社,2004.
- [4] 刘晓东,张虎生,黄笑春,等.高密度电法在宜春市岩溶地质调查中的应用[J].中国地质学报与防治学报,2002,13(1):72-74.
- [5] 江玉乐,张楠,周清强,等.高密度电法在岩溶路基勘察中的应用[J].物探化探计算技术,2007,29(6):506-510.
- [6] 李增明,贾国章.高密度电阻率法在岩溶探测上的应用[J].新疆有色金属,2010,(5):15-18.
- [7] 刘昌忠,吴湘滨,朱自强.用高密度电法探测公路地下破坏性岩溶构造[J].湖南交通科技,2004,30(1):13-14.