

应用地质

地电影像法在探测土(溶)洞中的应用

孙升林, 李育芳, 宁书年, 赵学军, 岳俊梅

(中国矿业大学(北京校区)计算中心, 北京 100083)

[摘 要] 埋藏于地表以下的土(溶)洞体对各类地面建筑工程的危害是极大的, 要防止这类土(溶)洞体造成地质危害, 就要对其进行充填加固处理, 处理之前要通过各种地质勘探方法, 将其大小、形状、发育范围等探测清楚。地电影像法, 就是一种十分有效的探测方法。对土(溶)洞形成的机理作了介绍, 给出了各种探测方法的比较, 最后, 通过地电影像法的实测例子及验证结果, 说明了它在浅层工程地质物探方面的有效性。

[关键词] 地电影像 探测 土(溶)洞

[中图分类号] P631.3; P642.2 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2002)06-0076-05

0 概述

通常所说的高密度电法, 是在原来的普通的电法装置基础上, 进行高密度的数据采集, 使每次采集的数据量足以形成一个视电阻率剖面, 通过对单个或多个剖面数据的分析处理, 可以得到较密集的地电情况, 从而更好的反映出地下地质体。该方法中常用的装置有温纳(Wenner)、施伦贝格(Schlumberger)、二极法(Pole-Pole)、三极法(Pole-Dipole)、偶极-偶极法(Dipole-Dipole)等。

本文以地电影像法在广州白云机场施工阶段补充勘察项目中探寻地下土溶洞的应用, 说明该方法的有效性及其实用性。

1 土(溶)洞形成机理

土(溶)洞一般发育于灰岩顶界面的粗砂层及粉质粘土层中, 由于岩溶地下水的潜蚀、镂空作用, 导致局部区域的粗砂层和粉质粘土层出现软化、松散现象, 加之第四系潜水的淋浴作用, 将土体中的亲水性细粒矿物质运移到岩溶裂隙中, 留下了粗粒骨架, 产生腔, 而形成的一种特殊地质体, 其顶、底板的发育受岩土性质控制。一般土洞顶板为粘性土层, 为弱透水层抑制了土洞在垂直空间上向地表发育, 底板为石灰岩, 特别是灰岩溶蚀洼陷的部位。由于该区域石灰岩地层中高倾角溶隙和溶洞极其发育, 为地下水的运移和土洞的发育提供了良好条件。土

洞内充填物应为顶板塌落物, 一般为松散状的粗砂、粉细砂、软塑状的粉质粘土及流塑状的淤泥, 部分钻孔到此层位出现钻具自由落下现象。在此层位进行标准贯入试验, 一般 2~5 击。

2 土(溶)洞物探探测方法的比较

确定土(溶)洞的物探方法有探地雷达、浅层地震折、反射法、电剖面、电测深法、瑞雷面波法等方法, 上述这几种方法在土(溶)洞的详查阶段基本上都有采用了, 但效果不好, 主要存在下列问题:

1) 探地雷达波是一种向下发射($0.1 \sim 100$ MHz)高频电磁波, 然后在地面接收回波, 根据地下不同介质的介电常数来探测土(溶)洞, 由于该区地下水位比较高(2~3 m), 而介质中水的介电常数是最大的, 外加上土(溶)洞上覆地层是砂、粘土等, 对高频电磁波吸收很大, 而返回地面的波的能量却很少, 如详勘阶段虽然做了大量的探地雷达剖面, 但反映出的剖面仅是一条直线, 因此, 探地雷达在探查土(溶)洞有局限性。

2) 浅层地震折射法在本区只能提供基底灰岩起伏界面, 难以直接探测土(溶)洞的埋深和洞高。

3) 浅层地震反射法, 探测本测区土溶洞有反映, 详勘阶段震源采用 8~12 磅的锤击, 一是能量不足, 二是检波器选择不合适, 加上其它因素, 未能取得较好的效果。

4) 联合电剖面法仅反映某一深度范围内岩土视

[收稿日期] 2001-11-08; [修订日期] 2002-08-08; [责任编辑] 余大良。

[第一作者简介] 孙升林(1957年-), 男, 中国矿业大学(北京校区)博士研究生, 高级工程师, 现主要从事地质工程勘查工作。

电阻率变化,效果不好(适用于陡立板状体)。

5)高精度电测深法,该方法是以前测点为基础来进行解释的,效率相对较低,难以在大面积范围内进行探查。

6)瑞雷面波法,详勘阶段只是用来探查淤泥质土,确定土(溶)洞是否有效果还要进行试验(应该是有效的)。

3 地电影像法实例

在该工程施工阶段补充勘察中,对地电影像法的多种装置进行了试验,以温纳装置效果最好,因此,施工中主要采用温纳装置。现以物探揭露的 T17 土洞为例来说明该方法的效果(图 1)。

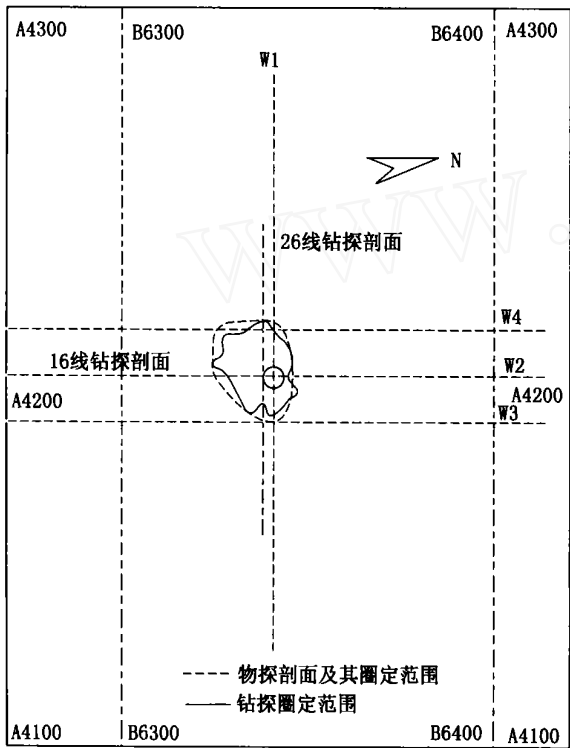


图 1 T17 土洞平面图

3.1 物探概况

以温纳装置在该部位共布置了 4 条电法剖面(W1~W4),从其等值线及反演结果来看,土洞形态明显,表现为相对低阻(图 2、图 3)。图中纵轴方向为换算深度,横轴方向为平面座标点。

3.2 钻探验证结果

在物探发现异常后,在其中心部位(A4200, B6340)布置验证钻孔,钻探结果确认土洞存在。

在之后的土洞处理过程中,以 2 m × 2 m 孔距布置钻孔以便进一步控制土洞边界及注浆。揭露该土洞的地质情况如下,其圈定的平面范围见图 1,剖

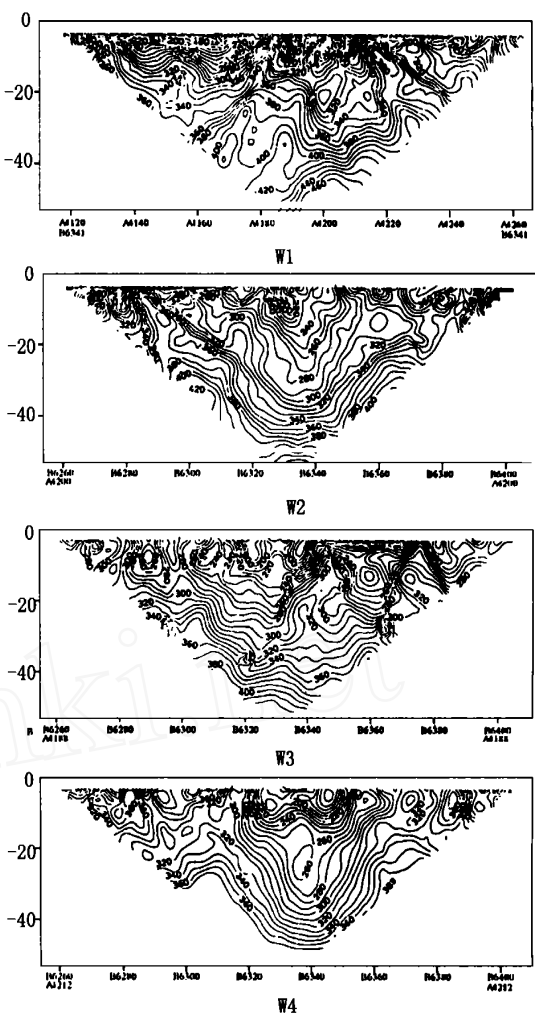


图 2 广州白云机场 T17 土洞地电影像剖面图

面见图 4、图 5。

3.2.1 地层综述

T17 土洞位于石灰岩顶界面,根据设计要求,所有勘察钻孔均入石灰岩层 10 ~ 20 cm 终孔,其地层结构自上而下依次为:

- 1) 回填土层:厚 1.50 ~ 1.90 m,呈黄褐杂色,稍湿。
- 2) 粉质粘土层:砖土—浅黄色,湿、硬塑,粘性一般,厚 2.00 m。
- 3) 粉砂:浅黄—浅灰白色、饱和、硬塑,粘性一般,厚 1.8 ~ 2.00 m。
- 4) 粉质粘土:砖红夹灰白色,饱和、硬塑,粘性一般,厚 4.2 ~ 5.00 m。
- 5) 粉土:黄色,饱和、稍密,级配良好,次圆状,厚 3 ~ 6.50 m。
- 6) 粉质粘土:黄—灰白色,饱和、硬塑—可塑,粘性一般,厚 1.6 ~ 3.70 m。

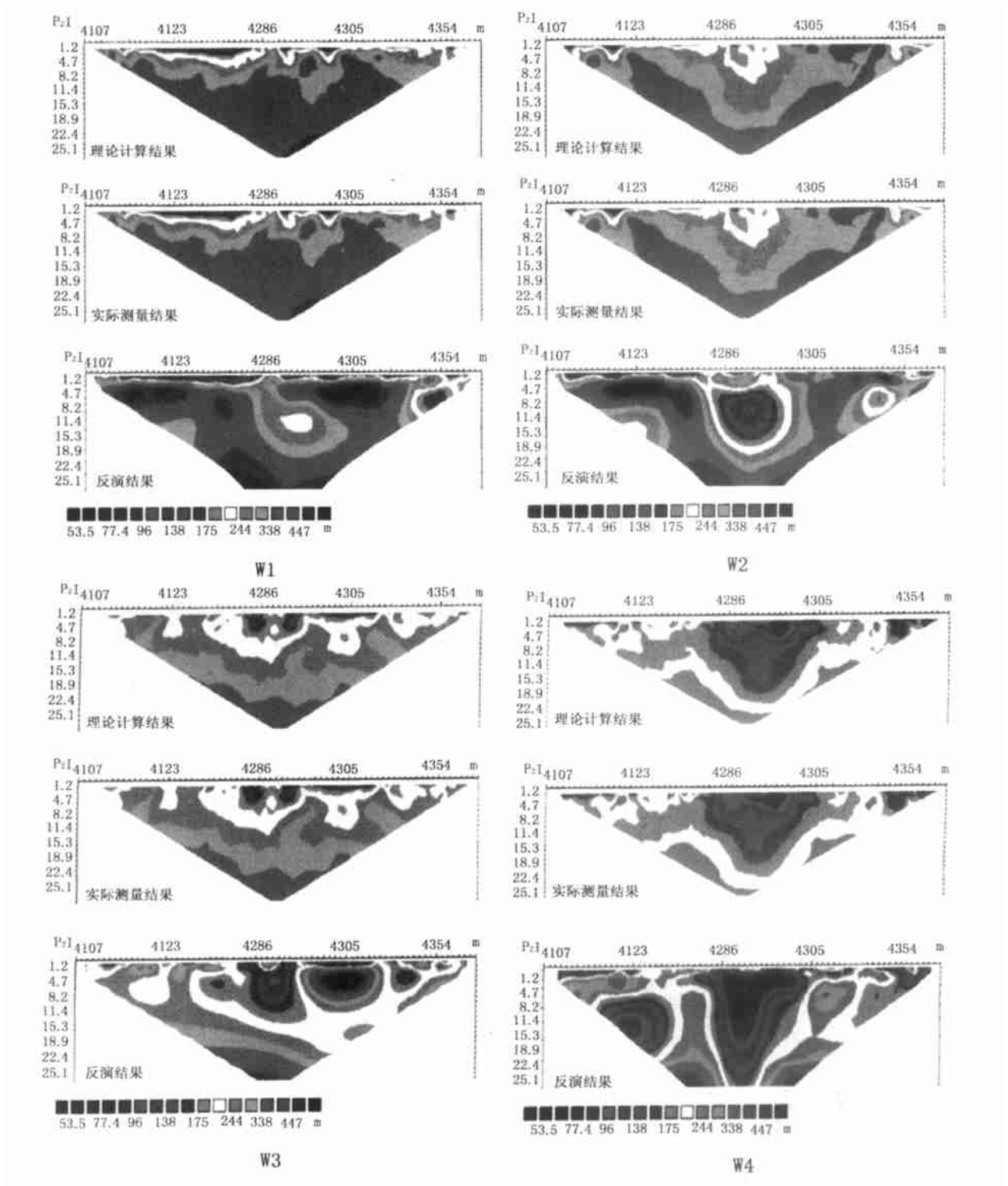


图 3 广州白云机场 T17 土洞地电影像剖面图

- 7) 砾砂:灰白色,饱和,稍密,级配良好。含少量粘粒,厚 0.90 ~ 1.60m。

8) 粉土:浅灰白色,饱和、稍密,稍具粘性,局部夹粉砂薄层,底部夹有小卵石。厚 2.90 ~ 4.00 m。

9) 土洞:充填有浅褐灰色的软一流塑的粘性土,夹有微薄层砂土或松散砂土,洞高 0.30 ~ 21.00 m。
- 10) 微风化灰岩:灰色,岩石新鲜,岩石呈柱状,顶部可见溶蚀痕迹,厚度不详。
- 3.2.2 T17 土洞特征

经过勘察查明了该土洞空间高度、平面范围及

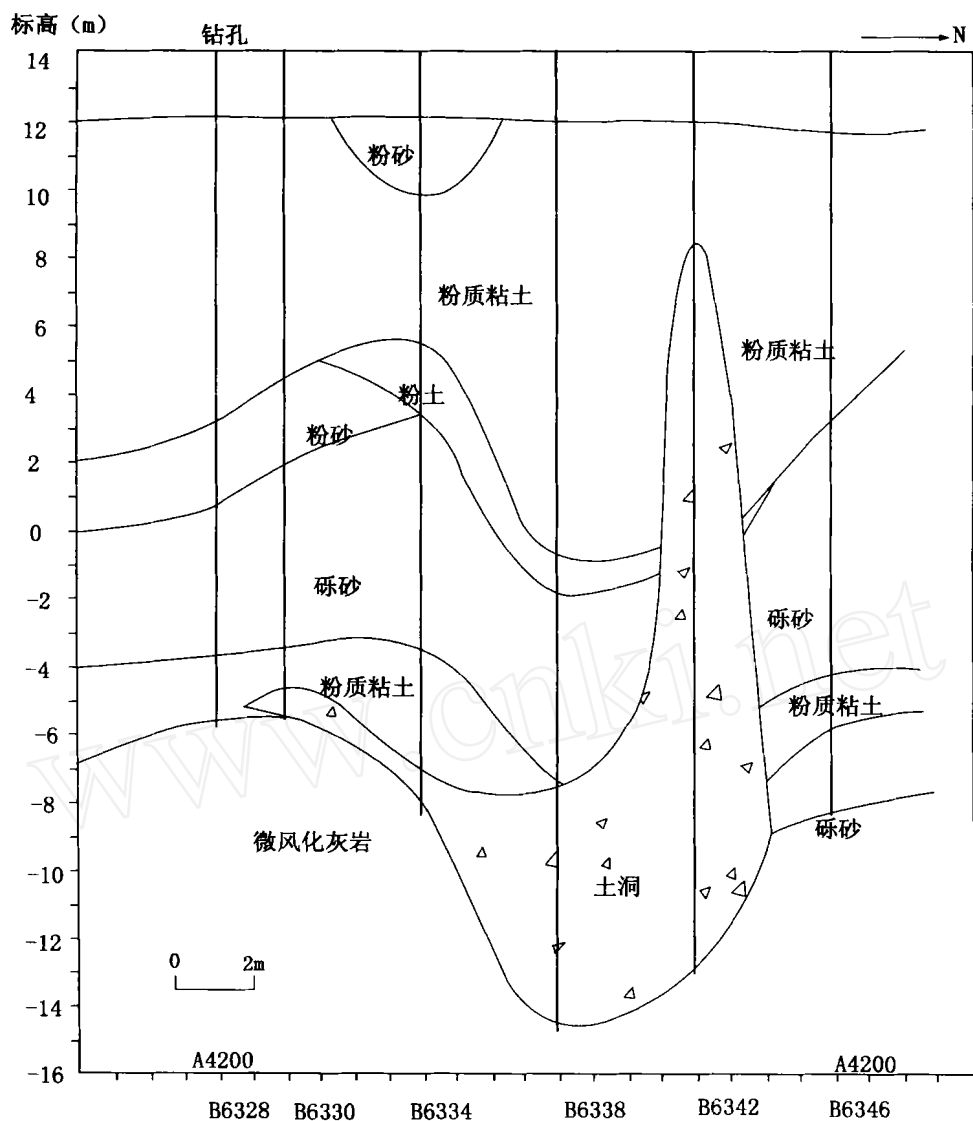


图 4 T17 土洞第 16 线工程地质剖面

其洞内充填情况。

T17 土洞边界坐标东起 A4190,西至 A4214,东西长约 24 m,南起 B6324,北至 B6348,南北长约 24 m。土洞面积约 360 m²,平面形态呈不规则圆形。

T17 土洞总体上为一完全充填的土洞,49 个勘察孔中仅有 3 个钻孔出现掉钻现象(Z14 - 22 #: 17.10~19.80 m;Z16 - 30 #: 5.80~24.20 m;Z20 - 18 #: 18.70~19.80 m)。

土洞的底板为下伏的石灰岩。土洞充填物为浅褐色的软~流塑的粘性土,夹有微薄层砂土或松散的砂土。土洞顶部充填物为软~流塑的粘性土及散砂、小卵石等,底部充填物多为软塑微薄层砂土、散砂土、灰岩溶蚀碎块等。洞高 0.30~21.00 m 不等,平均洞高 3.14 m。土洞顶板埋深 5.80~26.20 m,

底板埋深 18.90~29.00 m(表 1)。

3.2.3 T17 土洞的计算结果

表 1 T17 土洞勘察成果表

孔口 标高 (m)	顶埋 深 (m)	底埋 深 (m)	厚度或 洞高 (m)	长轴 × 短轴 (m)	面积 (m ²)	体积 (m ³)
地电影像 法推断土 的资料	20.0	22.7	2.7		279	753.3
钻孔验证 的资料	13.773 26.20	5.80~ 39.0	18.9~ 21.0	0.30~ 24 ×24 3.14	360	1130.4

- 1) 面积:从 T17 土洞处理钻孔布置图中求得该土洞面积约 360 m²。
- 2) 厚度:从 34 个见土洞的勘察中,土洞累计厚度约 106.60 m 平均高度约 3.14 m。

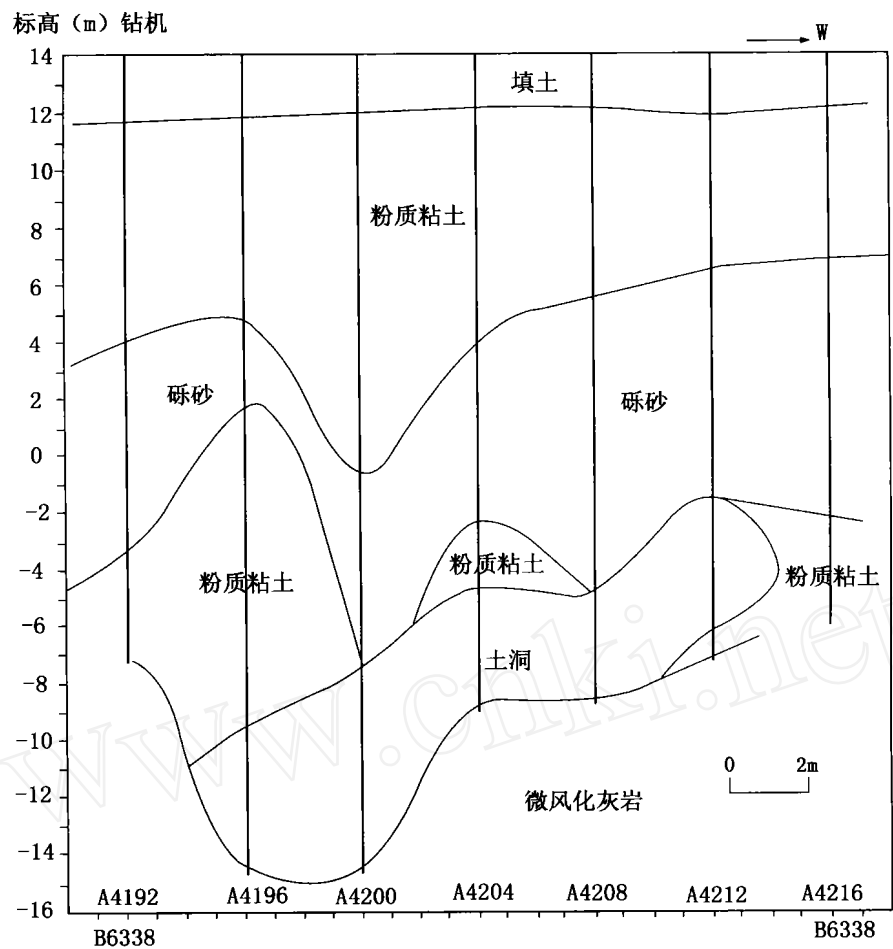


图5 T17 土洞第 26 线工程地质剖面 1:200

3) 体积: $V = S \times H = 360 \text{ m}^2 \times 3.14 \text{ m} = 1130.40 \text{ m}^3$

4 结 论

物探结果显示其洞体形态明显,平面圈定的范围与钻探基本一致,而深度方面,钻探结果显示出更为细致的变化。

本次工作是与其他地面建筑工作同时进行的,会给物探工作带来一定的干扰。

[参考文献]

[1] 翁爱华,刘国兴.垂向电测深交互反演软件设计[J].地质与勘探,2001,37(2):62.
[2] 阮百尧.视电阻率对模型电阻率的偏导数矩阵计算方法[J].地质与勘探,2001,37(6):39.

APPLICATION OF GEO - ELECTRICAL IMAGING IN KARST CAVE SURVEY

SUN Sheng - lin , LI Yu - fang , NING Shu - nian , ZHAO Xue - jun , YUE Jun - mei

(China university of Ming and Technology (Beijing school) computer center , Beijing 100083)

Abstract :Subterranean karst caves are dangerous to the buildings above ground. To prevent these dangerous caves, filling treatment is needed. Before the treatment , cave 's shape , size and location should be made clearly. Geo - electrical imaging is an effective method to resolve this problem. The paper described cave - formation mechanism and compared results of different detecting methods. Finally , through example and testing , it has been shown that geo - electrical imaging is effective in engineering physical exploitation.

Key words :subterranean image , detecting , crast cave