

高密度电法在地下空洞探测中的应用研究

宋希利¹, 宫述林¹, 邢立亭²

(1. 山东省地矿工程勘察院, 济南 250013;

2. 济南大学 资源与环境学院, 济南 250013)

摘 要: 在山东省济南市旧房改造建设工程中, 利用高密度电法在盛福片区 F 地块 19 栋楼的地基上进行地下空洞探测, 分析地下空洞电性异常的几种特征, 查清每个地基上空洞的空间位置并进行现场验证, 取得了良好的地质效果。通过对地下空洞的逐一处理, 一是及时排除了给施工单位人员、设备带来的安全隐患, 二是为建设单位的设计与政府决策提供了依据。实践证明高密度电法在探测地下空洞等地质灾害调查及工程勘察领域是首选的先进方法之一。

关键词: 高密度电法; 空洞探测; 应用效果

中图分类号: P631

文献标识码: A

收稿日期: 2010-06-21

Applications of High-density Electrical Method to Underground Cavity Detection

Song Xili¹, Gong Shulin¹, Xing Liting²

(1. Geomineral Engineering Exploration Institute of Shandong Province, Jinan 250013, China;

2. School of Resources and Environment, University of Jinan, Jinan 250013, China)

Abstract: During the old building renovation in Jinan, Shandong Province, high-density electrical method was used to detect the underground cavity of 19 buildings foundation in Land F of Shengfu area. Based on this method several features of abnormal electrical property of underground cavity were analyzed, and the spatial location of each foundation cavity was verified on site. Checking the cavity one by one can clear the hidden dangers of the construction, and also provide evidences for the building side to make constructing design and for the government to make decision. It is proved that high-density electrical method is one of the best advanced methods in geological disaster investigation and engineering prospecting such as underground cavity detection.

Key words: high-density electrical method; underground cavity detection; application effect

1 引言

目前, 地质灾害种类众多, 给工程建设、安全生产和人民群众的生命财产带来了不同程度的威

胁。地下空洞等也是潜在的地质灾害之一, 如果处理不当, 也会给工程施工、地基稳固等造成较大危害。在山东省济南市区的旧房改造建设工程中, 在盛福片区 F 地块 19 栋高层住宅楼的地基开挖过程中发现了地下空洞, 有些位置已出现了

地面塌陷,重型施工设备突然倾斜,给施工人员的生命及设备的安全带来了严重的威胁,致使整个工程停滞。为此,急需探明该地块内地下空洞的空间位置,排除隐患,保证整个工程的质量和进度。山东省地矿工程勘察院中标了该项目的探测任务,据现场了解该地块可能存在较多的空洞,形态多样,距地面深度约3~10m,宽度不一,大多数为解放初期的防空洞,部分是当地居民为储藏食物所挖的地窖,为保证在限期内按时完成任务,通过综合分析研究,确定采用综合物探即高密度电法、探地雷达两种方法开展工作,充分发挥其速度快、效率高、资料可靠的优点。最后成果主要是利用高密度电法资料推测了每栋楼开挖地基上的空洞位置,并采用人工探槽、机器开挖方式进行了逐一验证,准确率达88.37%,取得了理想的地质效果,及时排除了施工隐患,争取了时间,同时也为修改设计方案和优化政府决策提供了依据。

2 地质概况及地球物理特征

工作区均为第四系覆盖,地下水位大于20m,30m深度内岩性主要为黏土、粉质黏土、黏质砂土、粉细砂、砂砾石层。黏土、粉质黏土、黏质砂土电阻率较低,一般12~25 $\Omega\cdot\text{m}$;粉细砂、砂砾石层电阻率较高,一般25~100 $\Omega\cdot\text{m}$,其中砂砾石层电阻率最高。根据地下空洞所处位置特点,一般都在黏土、粉质黏土、黏质砂土地层中,由于空洞的存在改变了电流线的正常运行规律即对电流线产生排斥作用,在视电阻率等值线断面图上就会形成高阻闭合或半闭合圈。砂砾石层中空洞极少,假如存在时其规模也会较小。由以上可知,在该区地层中寻找地下空洞具备较好的地球物理前提条件。

3 勘查方法与技术

工作原理

高密度电法是由传统电阻率法发展而来,兼具剖面法与测深法的功能,工作原理与普通电阻率法相同,其不同之处就在于观测点密度高,是一种阵列勘探方法^[1~5]。在野外测量时可将全部电极(几十至上百根)同时置于剖面上,利用程控电极转换开关和微机电测仪便可实现剖面中不同电极距、不同电极排列方式的数据快速自动采集,因而可以获得较丰富的地电断面结构特征的地质信

息,提高了地电资料的解释精度。

使用仪器

本次测量仪器使用了重庆奔腾数控技术研究所以研制生产的WGMD-2型高密度电阻率测量系统,该系统以WDJD-2型多功能数字直流激电仪为测控主机,配以WDZJ-1型多路电极转换器构成高密度电阻率测量系统,可进行高密度电法测量。该系统存储量大、测量准确快速、性能稳定、数字化程度高,是目前国内较先进的一种电法仪器。

测线布设与参数选择

每栋楼基坑的宽度约17m,长度40~108m不等,每栋楼座均为东西向。

3.3.1 测线布设

在每栋楼的基坑内使用测绳布设东西向剖面3条,编号由南至北为1、2、3,其中1、3剖面分别距基坑南、北边各2m,2号剖面位于基坑中间,线距保持在6.5~7.0m之间。后来因探地雷达地质效果不理想并根据工程需要在每个基坑内增加2条剖面线,即在原有3条剖面之间各加密1条。19个基坑共完成高密度电法剖面测量长度4.531km。

3.3.2 装置及参数选择

装置的选择本着方法有效、操作简单、地形影响小、投入人员少和经济快速的原则^[1,5]。根据现场实验与施工条件,选用温纳与三极装置。在开挖深度小的基坑内使用温纳装置,在开挖深度大(多数2~4m深)的基坑内,使用三极装置,为尽量测到基坑边缘并能真实反映空洞的形态,经实验对比后使用了MN-B滚动的三极装置;电极间距和排列长度根据基坑长度、探测深度和场地条件选择,本次工作电极距为1.0~2.0m,三极装置的无穷远极垂直测线布设且大于10BO。

4 资料解释与推断

地下空洞异常形态分析

由工作区高密度电法反演断面图经总结归纳地下空洞异常主要有2种形态:

1) 向上开口的高阻半闭合圈:埋藏较浅的空洞(空洞顶在基坑面下约0.5~1.5m、空洞底在基坑面下深度小于或等于3m、宽度约1~1.5m)会出现此种形态。由于开挖前空洞埋深一般3~10m,基坑已开挖深度2~4m,因此有的空洞距基坑面较浅,空洞又处于地下水位以上,空洞未充水

且完好,当向地下供电测量时,空洞在浅部对电流产生强烈的排斥作用,因而反映在地电断面图上电阻率等值线为向上开口的密集、高阻半闭合圈。

2) 高阻闭合圈:埋藏较深且空间形态较大的空洞(空洞顶在基坑面下约 1.5~3.0m、空洞底在基坑面下深度 3~6m、长和宽一般 3~7m)会出现此种形态。空洞距基坑面相对较深,空间范围较大并处于地下水位以上,空洞未充水保存完好,当向地下供电测量时,电流线在空洞位置产生强烈的排斥作用,因而反映在地电断面图上电阻率等值线为闭合的高阻圈。

典型剖面解释实例

4.2.1 14 号楼 3 剖面

图 1 为其高密度电法反演视电阻率断面图,本基坑较深,为尽量测到边缘选用 MN-B 滚动装置,由图可以看出,平面上 3~12m 间、深度 1.5~

3.5m 范围内,等值线出现了向上开口的高阻、密集半闭合圈,经分析推测该异常应为地下防空洞引起,具体空间位置为:长度在 3.5~11m 间、深度 1.5~3.0m,宽约 1.5m 的较长空洞。后经人工探槽开挖证实,该空洞延伸较长在 3.3~10.8m 间、洞顶 1.3m、洞底 2.6m,宽 1.3m,与物探推测结果基本一致。

4.2.2 8 号楼 2 剖面

图 2 为该剖面的高密度电法反演视电阻率断面图,本基坑较深,选用 MN-B 滚动装置,由图可以看出有 2 个向上开口的高阻半闭合圈异常,其一是 11~14m 间、深度 1.0~1.8m 范围内,其二是 20~22.3m 间、深度 1.0~2.1m 范围内,经分析推测 2 个异常均为地下空洞引起。后经人工探槽开挖证实存在 2 个空洞,空间形态与物探推测结果相符。

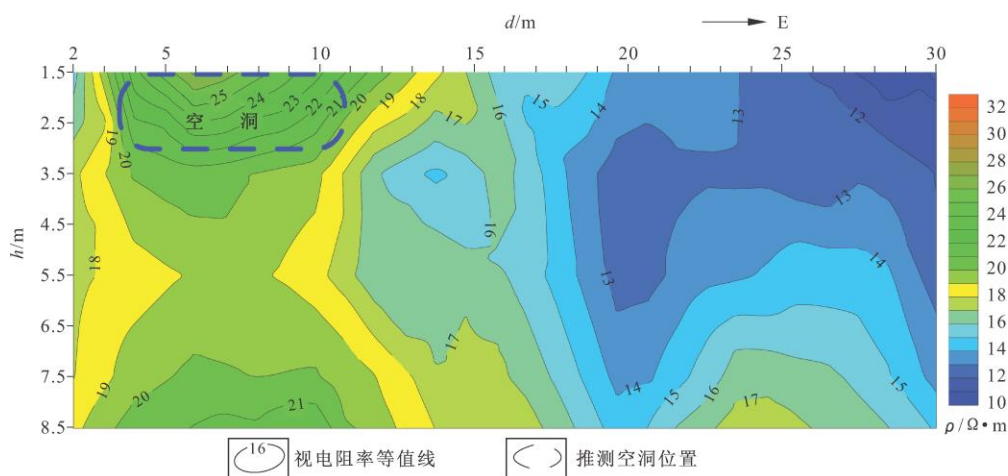


图 1 14 号楼 3 剖面高密度电法反演视电阻率断面

Fig. 1 Inversion apparent resistivity section diagram of high density method in profile 3 of building 14

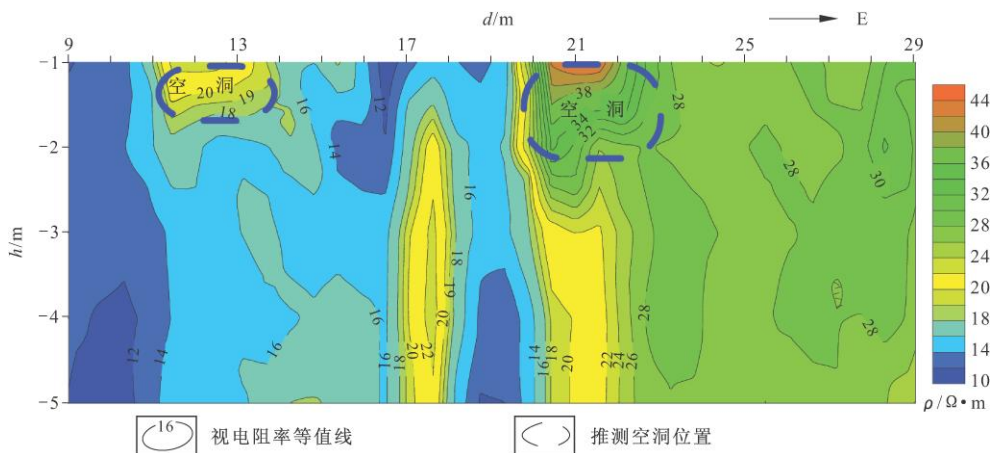


图 2 8 号楼 2 剖面高密度电法反演视电阻率断面

Fig. 2 Inversion apparent resistivity section diagram of high density method in profile 2 of building 8

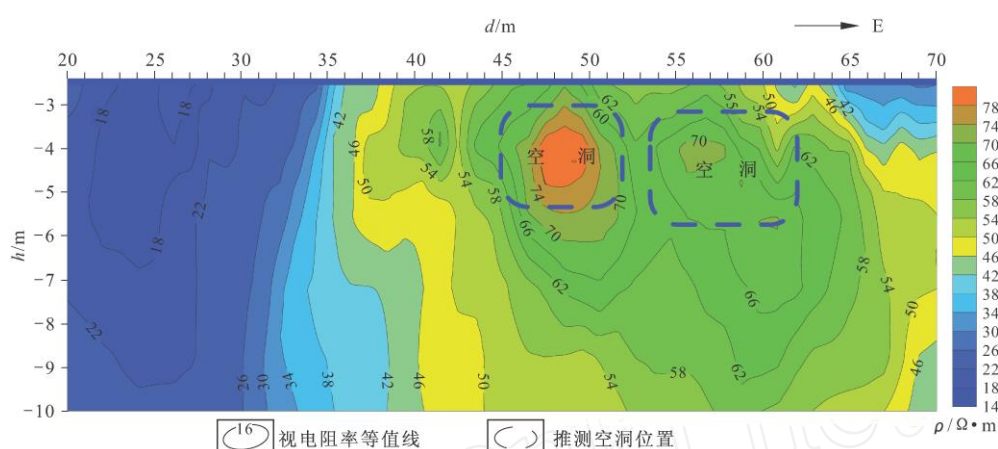


图3 16号楼3剖面高密度电法反演视电阻率断面

Fig.3 Inversion apparent resistivity section diagram of high density method in profile 3 of building 16

4.2.3 16号楼3剖面

图3为该剖面的高密度电法反演视电阻率断面图,采用温纳装置,由图可以看出有2个相距很近的高阻闭合圈,在其外围看又包括在另外一个闭合圈内。在45~53m和54~63m间、深度分别2.5~7.0m和3.3~8.1m范围内分别形成了高阻闭合圈异常,经分析推测该异常应为2个相距较近的较大地下防空洞引起,据高阻闭合圈异常形态推测其空间位置为:长度在45~52m间、深度3.2~5.3m,宽约4.0m(据相临剖面有无异常推测);长度在54~61m间、深度3.2~5.6m,宽约4.0m(据相临剖面有无异常推测)。后经挖掘机开挖证实,有2个相距1.6m的大空洞,空间位置与物探推测结果基本一致。

5 结 语

1) 在本项工程的19栋高层住宅楼的开挖基坑内共发现异常位置133处,经综合分析推测为地下空洞的有43处,经开挖验证实际空洞为38处,准确率达88.37%。另外5处为局部的砂砾石层位置,其在地电断面上的异常特征与空洞相似,较难区分,也体现了本次解释的原则,为保证安全,宁可事先多推测几处空洞,也不要漏掉一个真正的空洞。

2) 本次采用高密度电法探测地下空洞地质效果较好,充分体现了该法地电信息丰富、探测精度高、速度快、成本低的优点,是值得在类似工程中

广泛使用的一种首选新方法。

3) 在第四系地层中有地下空洞与砂砾石层同时存在时,要根据相临剖面上高阻异常分布特征综合分析其规律来区分,砂砾石层或古河道一般具有一定的规律性如连续性和分布范围大等,地下空洞多数独立性较强。

4) 当地表存在不均匀高阻地质体时,高密度电法地电断面上会产生高阻假异常,此种情况一定要处理好,一是测量前在电极位置挖坑填土并浇适量盐水;二是如果不均匀高阻地质体实在无法处理,必须把其具体位置记录下来,在资料解释时加以排除。

5) 高密度电法装置的选择要根据实验结果和施工条件灵活确定,以能最大限度反映地下空洞异常形态和解决地质问题为目的。

参考文献:

- [1] 葛如冰,曹振峰,彭飞. 高密度电阻率法在复杂防空洞探测中的应用效果[J]. 工程地球物理学报, 2009, 6(5): 620~623.
- [2] 黄绍逵,欧阳玉飞. 高密度电法在岩溶勘察中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2009, 6(6): 720~723.
- [3] 张胜业,潘玉玲. 应用地球物理学原理[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2004.
- [4] 张向宇,毕炳坤,杨平太,等. 高密度电阻率法探测采空区[J]. 物探与化探, 2009, 33(3): 309~312.
- [5] 马伏生,刘继光,严建民. 高密度电法在防空洞勘查中的应用[J]. 石油仪器, 2008, 22(4): 74~75.