

文章编号: 1000-7598-(2006) 05-0838-04

堤防动物洞穴的探地雷达探测研究

王国群¹, 何开胜²

(1.江苏省工程物理勘察院, 南京 210008; 2.南京水利科学研究院 土工研究所, 南京 210029)

摘 要: 通过探地雷达对淮沭河大堤獾洞隐患的探测, 分析了獾洞的结构特征, 给出了獾洞的典型雷达图像特征, 推断了测区内獾洞穴道的位置、深度和走向, 为堤防獾洞隐患治理提供了资料。探测结果表明, 探地雷达设备轻便, 对场地要求低, 易于在任意方向加密探测, 对浅层地下洞穴的探测非常有效。

关 键 词: 堤防; 洞穴; 探地雷达; 探测

中图分类号: TU 413

文献标识码: A

Detecting badger cave disease in embankment by ground penetrating radar

WANG Guo-qun¹, HE Kai-sheng²

(1.Engineering Geophysical Exploration Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China;

2.Geotechnical Department, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China)

Abstract: On the basis of the Ground Penetrating Radar detection of badger caves in embankment at Huaishu River, the structural characteristic of badger cave is analyzed; and the representative radar image characteristic is put forward. Then, the locations, depths and direction of badger cave channels are deduced for the cave remedy reference. The detecting results indicate that the GPR has the advantages of device portability, low site requirement and easy of adding detecting lines at various directions; and it is a very effective detecting device for shallow cave channels.

Key words: embankment; cave; ground penetrating radar(GPR); detection

1 引 言

獾洞作为堤防洞穴, 规模相对较大, 广泛存在, 在汛期高水位接近洞穴通道时, 有可能引发堤防塌陷。要有效治理獾洞隐患, 就必须研究獾的生活环境、动物特性和穴道结构。

目前应用于堤防洞穴隐患的物探检测方法主要有: 常规视电阻率测深法、高密度电法、自然电场法、浅层地震方法和探地雷达方法等^[1~5]。根据獾洞结构特点及堤防獾洞内外介质物理特性差异, 首选方法是探地雷达^[6~8]。探地雷达区别于其他物探方法的显著特点为: 具有浅层探测的优势, 分辨率较高, 在现场可以对探测成果进行初步分析, 便于及时验证; 对作业场地条件要求不高, 既可以点测, 又可以连续测量; 当探测对象走向变化频繁时, 可垂直于探测对象走向任意加密测线追踪测量, 可以准确完整地勾勒探测对象在地下的三维状态。

2 探地雷达原理和设备参数选择

探地雷达是利用高频电磁波(10 MHz~1 GHz), 以脉冲形式通过发射天线定向地送入地下。雷达电磁波在地下介质中传播时, 遇到存在电性差异的地下介质或目标时发生反射, 返回地面后由接收天线接收。对接收到的雷达波进行分析处理, 依据波形、强度、几何形态等因素, 来确定地下目标体的性质和状态。

本次探测使用的设备为美国产 SIR-2 型探地雷达系统, 采用 100 MHz 和 500 MHz 天线。最大记录长度为 100 ns。依据钻孔验证标定该区獾洞上覆土体介质电磁波传播速度一般为 0.075 m/ns。

3 堤防獾洞特征和探测机理

獾洞结构的特点是: (1) 洞径较大。獾洞洞穴通道截面通常在 0.2 m×0.3 m 以上, 獾巢部位更达至

1 m×1 m左右。(2) 穴道密度大并呈网络状分布。獾洞穴道通常密集分布于某一区域, 洞穴通道闭合区域面积一般在20 m²左右。如某场地200 m²范围内可见洞口30余处。(3) 穴道走向变化频繁。探测线间距较大时很难推断异常之间的连续关系。(4) 当洞穴较大、埋深较浅时, 会降低顶部土层的承载力, 往往造成局部下沉甚至坍塌。

獾洞穴道实际上是充满空气、近于水平的不规则柱状体, 空气的物性参数与土体物性参数存在明显差异, 即使部分獾洞穴道崩塌, 其内部土体很疏松, 原穴道上覆土层有明显扰动迹象。这些物性差异为探地雷达探测獾洞穴道提供了物质基础。

4 堤防獾洞探测和典型雷达图像特征

4.1 均匀介质中獾洞的图像特征

在洞穴周围介质均匀的情况下, 布置的探地雷达测线垂直于洞穴通道走向时, 獾洞横断面的典型雷达图像特征是弧形顶异常, 獾洞纵断面的典型雷达图像特征则是近于水平的层状异常, 如图1所示。这是洞内空气介质与四周土体介质对电磁波的穿透与反射存在明显差异所致。当獾洞规模相对穴道埋深较小时, 弧形异常特征不太明显, 但仍可见地下介质被扰动的异常特征, 因此, 在成果解释时要综合分析。

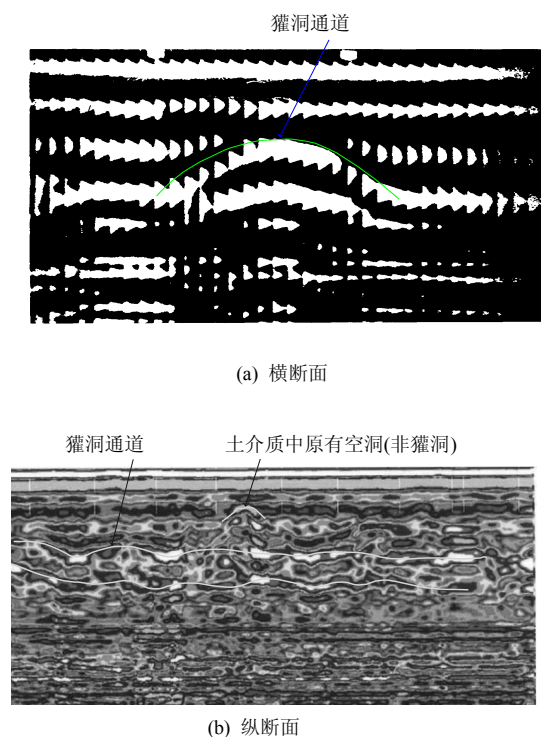


图1 獾洞的典型雷达图像

Fig.1 Representative radar image characteristic of badger cave

4.2 獾洞的图像特征的其它影响

图2为在测线正下方旁边有獾洞时的探地雷达图像, 这时獾洞处的图像异常特征比测线正下方的獾洞特征要弱, 其中图2(a)为天线斜向穿越洞身, 引起弧形顶的曲率变小。

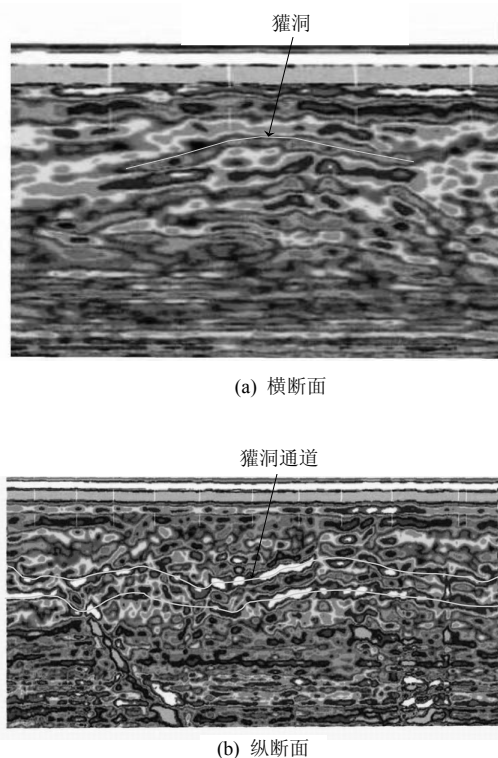


图2 测线下旁的獾洞图像

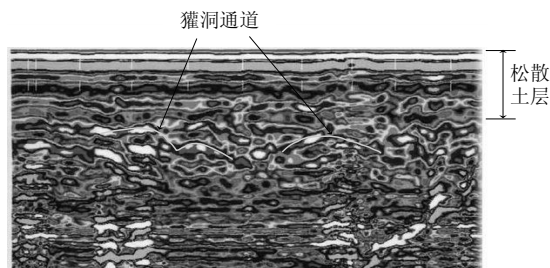
Fig.2 Penetrating radar image adjacent to badger cave

在分析探地雷达异常特征时, 还要排除因近地表介质不均匀产生的“假异常”。如当坡面近地表介质疏松、孔隙较大时, 这些非獾洞的孔洞会在雷达图像上呈现出小弧形顶的特征, 但其异常是相对独立和不连续的, 如图1(b)所示。图3为不同上覆介质情况下的獾洞图像。图3(a)中獾洞以上的浅层介质非常松散, 分析可见, 其下部仍有两处弧形顶异常。图3(b)中獾洞以上为浆砌块石, 这些土层中因含有较多孔隙, 会引起雷达电磁波的散射, 使獾洞图像信号变乱, 其下部仍有一处弧形顶异常, 推断为垂直于测线走向的獾洞。

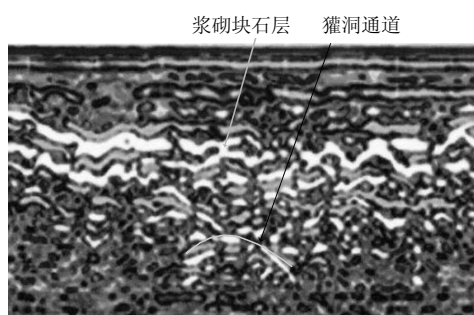
5 探测结果及其验证

对淮沭河大堤共进行了南北2个区域的獾洞探测。南测区探测范围50 m×12 m(如图4), 獾洞出入口沿大堤呈南北走向分布, 纵向延伸50多米, 横向分布于迎水坡面, 自堤顶向坡面延伸约7 m。该测区不同部位洞穴的周围介质物性特征有较大差

异, 獾洞穴道本身的走向与埋深变化也较大。北测区地表可见獾洞口沿大堤呈南北走向分布约 10 m, 地面可见洞口相对较少, 但堤顶路面有一处近 2 m^2 的塌坑, 塌坑附近出现不同程度地面下沉。



(a) 浅层土质松散时



(b) 浅层为浆砌块石时

图3 不同上覆介质情况下的獾洞图像

Fig.3 Penetrating radar image of badger cave under different overlaying media

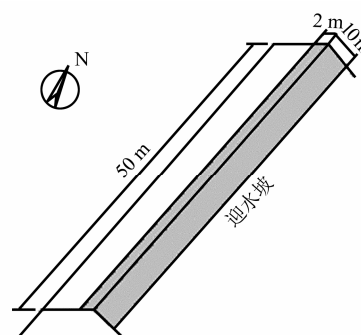


图4 獾洞探测范围

Fig.4 Detection area of badger cave

根据前述獾洞雷达图像特征, 当地下介质出现明显洞穴型或松散扰动型图像, 均视为土层异常。对这些异常逐个分析、筛选, 确定每个异常的地质含义, 再追踪异常的连接关系。对于间断性异常, 通过加密测线、改变测线方向等方式, 进一步确认是否属于獾洞。洞穴顶界面埋深是根据穴顶处电磁波发射和反射走时最短的原则确定, 穴道的走向是根据相邻测线的洞穴异常关系连接而成。最终推断的南测区獾洞结构分布图如图5所示(测量区域范围为 $12 \text{ m} \times 50 \text{ m}$)。

以上推断的獾洞结构成果图中的洞穴位置和深度, 经手摇钻现场验证20余点位, 结果相符, 这表明探地雷达对獾洞的探测是有效的。

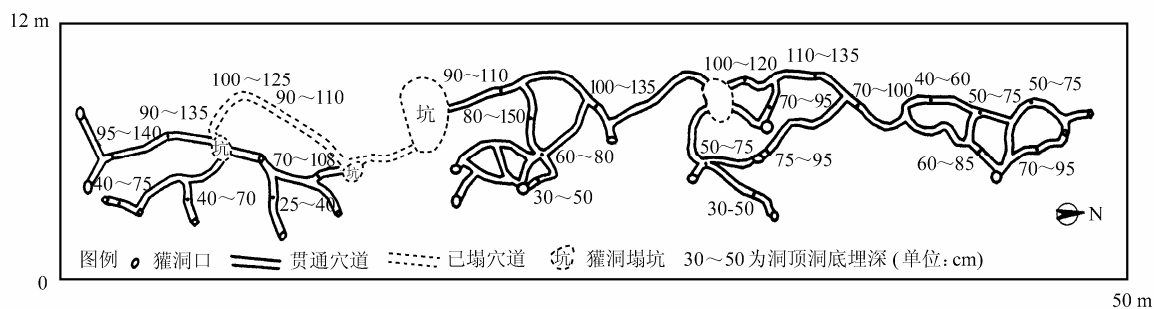


图5 淮沐河獾洞推断成果图

Fig.5 Deduced badger cave position chart for Huaishu River embankment

6 结 论

(1) 在洞穴周围介质均匀的情况下, 獾洞横断面的典型雷达图像特征是弧形顶异常, 獾洞纵断面的典型雷达图像特征则是近于水平的层状异常。这是洞内空气介质与四周土体介质对电磁波的穿透与反射存在明显差异所致。

(2) 分析探地雷达异常特征时, 要排除因近地表介质不均匀产生的“假异常”, 这些非獾洞的孔洞会在雷达图像上也呈现出小弧形顶的特征, 但其

异常是相对独立和不连续的。这时应通过加密测线、改变测线方向来进一步确认是否属于獾洞。

(3) 开孔验证与探测结果的表明, 探地雷达是一种非常有效的浅层地下洞穴探测设备。

参 考 文 献

- [1] 冷元宝, 朱文仲, 何剑, 等. 我国堤坝隐患及渗漏探测技术现状及展望[J]. 水利水电科技进展, 2002, 22(2): 59-62.

LENG Yuan-bao, ZHU Wen-zhong, HE Jian, et al. The

- present situation and expectation of embankment diseases and seepage inspecting in China[J]. **Progression on Hydraulic and Hydroelectric Technology**, 2002, 22(2): 59—62.
- [2] 王清玉, 刘康和. 物探技术在水利水电工程中的应用及发展[J]. 水利水电工程, 1991, (4): 22—28.
WANG Qing-yu, LIU Kang-he. The application and development of geophysical prospecting technology in hydraulic and hydroelectric engineering[J]. **Hydraulic and Hydroelectric Engineering**, 1991, (4): 22—28.
- [3] 谢向文. 大堤洞穴隐患探测技术研究[J]. 人民黄河, 1996, 18(12): 15—18.
XIE Xiang-wen. The inspecting technological study of cave disease in embankment[J]. **Remin Yellow River**, 1996, 18(12): 15—18.
- [4] 刘思源. 大小坪水库岩溶特征及物探效果[J]. 水电能源科学, 2001, 19(2): 32—35.
LIU Si-yuan. Characteristics of karst for Daxiaopin reservoir and effect of geophysical prospecting[J]. **International Journal Hydroelectric Energy**, 2001, 19(2): 32—35.
- [5] 王传雷, 祁明松. 地下岩溶的地质雷达探测[J]. 地质与勘探, 1994, 30(2): 58—60.
WANG Chuan-lei, QI Ming-song. Prospecting for subterranean karst by geological radar[J]. **Geology and Prospecting**, 1994, 30(2): 58—60.
- [6] 李大心. 探地雷达方法与应用[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [7] 刘传孝, 蒋金泉, 杨永杰. 地质雷达应用于探测拱桥空洞的效果验证[J]. 岩土力学, 2001, 22(1): 106—108.
LIU Chuan-xiao, JIANG Jin-quan, YANG Yong-jie. Effects of the ground penetrating radar in probing arch bridge and cavity[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2001, 22(1): 106—108.
- [8] 王国群. 探地雷达技术在堤坝工程中的应用[J]. 江苏地质, 2000, 24(2): 101—104.
WANG Guo-qun. The application of ground penetrating radar in embankment engineering[J]. **Jiangsu geology**, 2000, 24(2): 101—104.

地面和地下工程中岩石和岩土力学热点问题研讨会通知（第1号）

由中国岩石力学与工程学会地下空间与地下工程分会和山东省岩石力学与工程学会主办的地面和地下工程中岩石和岩土力学热点问题研讨会拟定于2006年8~9月在山东济南召开, 本次会议的召开为岩土工程领域同行提供新学术思想、学术观点的交流机会。会议将邀请有关方面的院士、专家与会, 研讨本学科领域的最新发展动态和趋势。敬请从事该领域工作的专家、同行及相关人士参加会议。现开始在全国范围内征稿, 热诚欢迎各位同仁赐稿并到会交流。现将有关征稿事宜通知如下:

征稿范围: 岩石力学与岩土力学理论进展、岩土工程测试与现场监测、岩石的加固与改良、公路路面力学与质量控制、石油开采中的岩石力学、环境岩土工程、岩土动力学和爆破工程、现代城市岩土工程新技术、信息岩土工程、深基坑与边坡工程、隧道工程与地下工程、矿山工程及矿岩破裂与岩层控制、岩土工程领域新发展、其他工程实例。

征文要求: 严格按照《岩土力学》期刊所要求的格式进行撰写, 内容应有一定的新颖性。稿件将由本次会议论文评审委员会评审, 录用的文章将以《岩土力学》增刊形式发表。征稿截止日期: 2006年5月10日。接收文稿邮箱: cxd557@163.com 或 xuanyanfeng@sina.com。

会议回执:

姓名		性别		年龄		职务职称	
单位全称							
电话				手机			
传真				邮政编码			
通讯地址							
E-mail							
论文题目							

联系人: 玄雁凤、董慧 **联系电话:** 0531-88395428

通讯地址: 250061 山东省济南市经十路73号 山东大学南校区岩土与结构工程研究中心

传真: 0531-88395984