

探地雷达在岩溶探测中的应用

邓居智, 莫撼, 刘庆成

(华东地质学院 资源与环境工程系, 江西 抚州 344000)

摘要: 利用探地雷达在芜湖——宣城高速公路上进行岩溶探测, 通过分析雷达图像圈定了该区的岩溶发育位置, 且雷达探测结果与钻探验证结果非常吻合。

关键词: 探地雷达; 高速公路; 岩溶; 位置

中图分类号: P631.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2001)06-0474-03

芜湖——宣城高速公路 K46+800 至 K47+100 段位于古泉啤酒厂西侧, 为平缓丘陵坡地, 基岩为二叠系石灰岩, 其路基在用推土机推开上覆植被后有几处出现塌陷。为查明发生塌陷的原因, 进行了探地雷达勘察, 以了解该路段范围内二叠系灰岩中的溶蚀裂隙的发育情况, 从而为进一步的治理提供依据。

1 探地雷达工作原理

探地雷达(ground penetrating radar, 简称 GPR)方法是一种用于确定地下介质分布的广谱(兆赫至吉赫)电磁波技术。探地雷达利用一个天线发射高频率宽频带短脉冲电磁波, 另一个天线接收来自地下介质界面的反射波。电磁波在介质中传播时, 其路径、电磁波强度与波形将随所通过的介质及几何形态而变化。因此, 根据接收到的波的旅行时间(亦称双程走时)、幅度与波形等资料, 可探测地下介质的结构、构造和反射界面的深度。

2 工作方法和技术^[1]

工区表层是第四系砂粘土, 厚 4~8 m, 基岩为二叠系灰岩, 有岩溶发育。由于盖层较薄, 因此必须查明该区 15 m 以上灰岩中岩溶发育情况并采取治理措施。我们使用 SIR-2 型探地雷达。根据具体情况确定了相应的参数。

天线中心频率 f 可由空间分辨率 Δx 及相对介电常数 ϵ_r 由公式 $f = \frac{150}{\Delta x \sqrt{\epsilon_r}}$ 计算, 取 $\Delta x = 1 \text{ m}$, $\epsilon_r = 4$, 得 $f = 75 \text{ MHz}$, 故选定 SIR-2 中的 80 MHz 天线。

视窗 W 由最大探测深度 $d_{\max}$ 和介质中的雷达波速 v 确定: $W \geq 2.6 \frac{d_{\max}}{v}$, 取 $d_{\max} = 15 \text{ m}$, 雷达波速 $v = 0.11 \sim 0.12 \text{ m/ns}$, 确定取 $W = 400 \text{ ns}$ 。

SIR-2 探地雷达的采样率是以每个记录道的采样点数来表示的, 并且建议采样率为天线中心频率的 6~10 倍(取 $n = 8$)。根据 Nyquist 定律, 采样率由下式确定

$$N = \frac{W}{\Delta t} \cdot n = \frac{Wfn}{1000}$$

算得 $N = 256$, 采用连续测量方式进行测量。

当使用分离式发射、接收天线时,适当选取发射天线与接收天线之间距离,可使来自目的体的回波信号增强。理论上天线间距 S 的选择应使最深目标体相对接收天线与发射天线的张角为临界角的 2 倍,即 $S = 2d_{\max} / \sqrt{\epsilon_r}$,但在实际测量中,天线距的选择应小于此值,本次测量取 $S = 2 \text{ m}$ 。

3 探地雷达图像特征

该区探地雷达图像特征分为以下几种。

1. 第四系覆盖层的主要成份为粘土—砂粘土,浅层为种植土,其雷达波同相轴呈连续、平行的条带状,强度大,周期短,在个别地方受下伏灰岩中溶蚀裂隙中地下水的浸蚀,土体受到扰动,其下界面同相轴便被错断,在溶洞上方,特别是当溶洞局部或全部为泥土充填时,也可见到这种现象。

2. 致密灰岩的雷达图像特征是非常弱的反射,其周期较粘土明显增大,在灰岩内的某些不规则强反射则是由于局部小裂隙充填的石英脉所引起,根据这些波形特征可以在正常地段划分第四系土层与二叠系灰岩的界面位置。

3. 溶洞雷达图像的特点是被溶洞侧壁的强反射所包围的弱反射空间,溶洞底界面的反射则不太明显,当溶洞为空洞或充水洞时,洞体内雷达波几乎是没有反射的,当溶洞充填了覆盖物质时,则可见一组较短周期的细密的弱反射,这是由洞内土体所产生的。

4. 溶蚀裂隙和溶洞并没有本质上的差异,当溶蚀裂隙扩大到一定程度时便成为溶洞。当溶蚀裂隙仅仅是充水裂隙时,由于周围岩石破碎、充水,因此在裂隙上形成雷达波的强反射。发展到灰岩顶部的溶蚀裂隙,由于裂隙水对上覆土体的浸蚀,土体下部结构发生变化,也可能形成局部的小空洞,因此在雷达图像中这时可见到土层下部雷达波同相轴的错乱。

4 探测结果

根据以上雷达图像的特征,我们对测区所有剖面进行了解释,总共确定了 15 个岩溶发育点,在其中 2 点进行了钻探验证,结果与雷达解释结果非常吻合。图 1、图 2 就是经钻探验证的剖面。

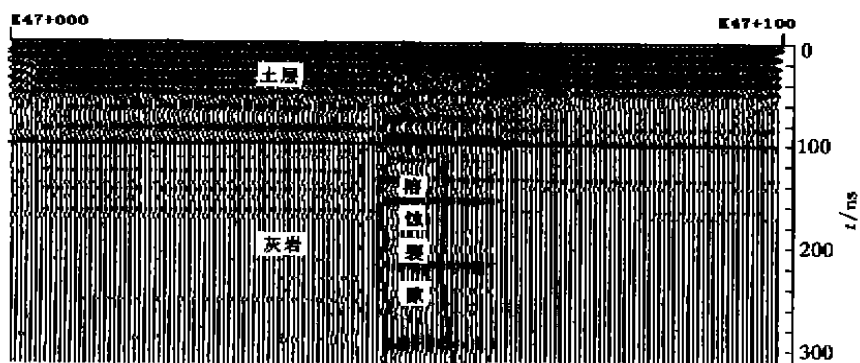


图 1 第 9 测线雷达剖面

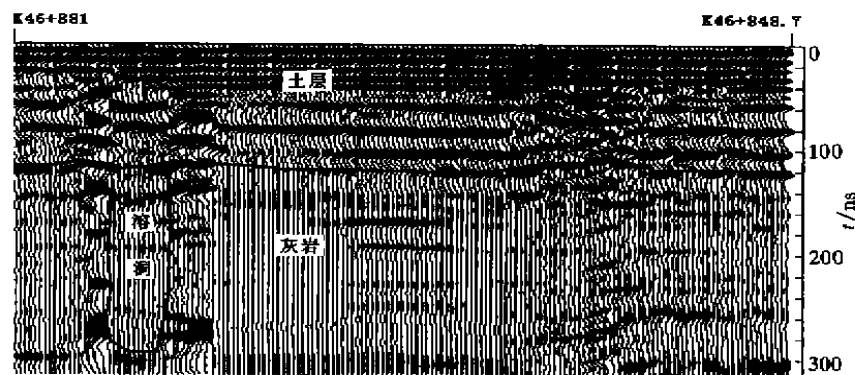


图 2 第 30 测线雷达剖面

5 结束语

我国的岩溶分布十分广泛,约占全国总面积的 $1/3$ 以上^[2],因而必须查明地下岩溶的分布情况。实践表明,探地雷达因其发射的电磁波频段为 10^7 Hz 以上数量级,具有比其它地球物理方法更高的分辨率,有着经济、非破坏性、快速等优点,在岩溶地区探测能够取得较好的效果。

参考文献:

- [1] 李大心. 探地雷达方法与应用[M]. 北京:地质出版社,1994.
- [2] 邓世坤,祁明松. 探地雷达在滑坡和岩溶地区探测中的应用[J]. 地球科学,1993,18(3).

THE APPLICATION OF GROUND - PENETRATING RADAR TO KARST DETECTION

DENG Ju-zhi, MO Han, LIU Qing-cheng

(Department of Resource and Environmental Engineering, East China College of Geology, Fuzhou 344000, China)

Abstract: This paper describes the application of ground-penetrating radar to karst detection along the Wuhu-Xuancheng Expressway, which led to the delineation of karst-developing places. The result of radar survey is quite coincident with drilling verification.

Key words: ground-penetrating radar; expressway; karst; position

作者简介: 邓居智(1973-),男,江西高安人,1997年毕业于华东地质学院并留校任教,在读硕士,主要从事电法勘探的教学与研究工作,公开发表论文6篇。