

地质雷达在滑坡面调查中的应用及效果分析

姜卫方, 万明浩, 赵永辉, 王水强, 谭春
(同济大学, 上海 200092)

摘要 地质雷达探测技术中资料处理相当关键, 是雷达图像得以准确解释的前提和保证。通过地质雷达在滑坡面调查中的应用实例分析, 展示其作为一种快速、准确的探测技术, 具有良好的应用效果和广阔的前景。

关键词: 地质雷达, 滑坡调查, 雷达图像, 资料解释

中图分类号: P631.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2000)03-0230-03

探地雷达方法(ground penetrate radar, 简称 GPR)是一种对地下或物体内不可见的目标体或界面进行定位的电磁技术。地质雷达以其探测的高分辨率和高效率而成为地球物理勘探的有力工具。随着信号处理技术和电子技术的发展以及实践操作经验的丰富积累, 地质雷达技术不断发展, 应用范围不断扩大。现已广泛应用于工程地质勘察、建筑结构调查、无损检测、水文地质调查及生态环境等众多领域。本文以滑坡面调查为例, 通过对尼奎斯特(Nyquist)频率分段滤波处理, 有效地压制了干扰波, 极大地提高了资料解释的准确性, 取得了良好的应用效果。

1 方法原理及现场探测技术

地质雷达将高频电磁波以宽频带短脉冲形式, 由地面天线 T 送入目标体, 经地下地层或目标体反射后返回地面, 为另一天线 R 所接收。脉冲波行程需时

$$t = \sqrt{4z^2 + x^2} / v \quad (1)$$

当地下介质中的波速 v 为已知时, 可根据测得的精确 t 值, 由上式求得反射目标体的深度。

雷达图像常以脉冲反射波的波形形式记录。波形的正负峰分别以黑白表示, 或者以灰阶或彩色表示, 这样, 同相轴或等灰线、等色线即可形象地表征出地下反射面或目标体。在波形图上各测点均以测线的铅垂方向记录波形, 构成雷达剖面。根据雷达图像就可以判断地下不明障碍物。

地质雷达的探测深度和探测效果, 除了与野外的测量参数选择合适有关(中心频率、时窗、采样率、测点点距和发射接收天线间距), 还与实际工作时雷达参数(系统增益、可程序窗、可程序采样间隔、可程序叠加次数等) 的选择有关。

雷达探测的分辨率可分为垂直分辨率和水平分辨率。其中, 垂直分辨率在理论上一般把 $\lambda/4$ 作为垂直分辨率的下限(λ 为雷达子波波长)。水平分辨率除与测点距离有关外, 还与 Fresnel 带有关, 第一 Fresnel 带直径为 $\sqrt{\lambda z/2}$ 。

地质雷达的探测深度与探头频率、地下介质电阻率及介电常数有关。一般来说, 探头频率

越高,探测分辨率越高,但探测深度越小。

2 资料处理及解释

雷达探测资料的解释包括两部分内容,一为数据处理,二为图像解释。由于地下介质相当于 1 个复杂的滤波器。介质对波的不同程度的吸收以及介质的不均匀性,使得脉冲到达接收天线时,波振幅减小,波形变化与原始波形产生了较大的差别。另外,不同程度的各种随机噪声干扰波也歪曲了实测数据。因此,须对接收信号实施适当地处理,以改善数据资料,为进一步解释提供清晰可辨的图像。

目前,数据处理的内容主要是对记录的波形做处理,例如取多次重复测量的平均以压制随机噪声;取邻近的不同位置的多次测量平均以压制目的体的杂乱回波,改善背景;做自动时变增益或控制增益以补偿介质吸收和抑制杂波;做滤波处理或时域变换以除去高频杂波或突出目的体,降低背景噪声和余振影响。

图像解释的第一步是识别异常,然后进行地质解释。对于异常的识别很大程度上基于地质雷达图像的正演结果,它为识别现场探测中可能遇到的种种有限目的体所引起的异常以及各类图像进行地质解释提供依据。

3 在滑坡面调查中的应用实例分析

3.1 工程概况

某建设单位拟在浦东中央花园滨岸旁堆一人工假山,设计高度为 30 m。当假山堆至 8 m 左右时,突然发生整体滑坡,山体滑入旁侧的张家浜内,造成滨岸大面积倒塌以及河浜的堵塞。事故发生后,为了采取补救措施,利用地质雷达进行探测(图 1),以查找滑坡面。

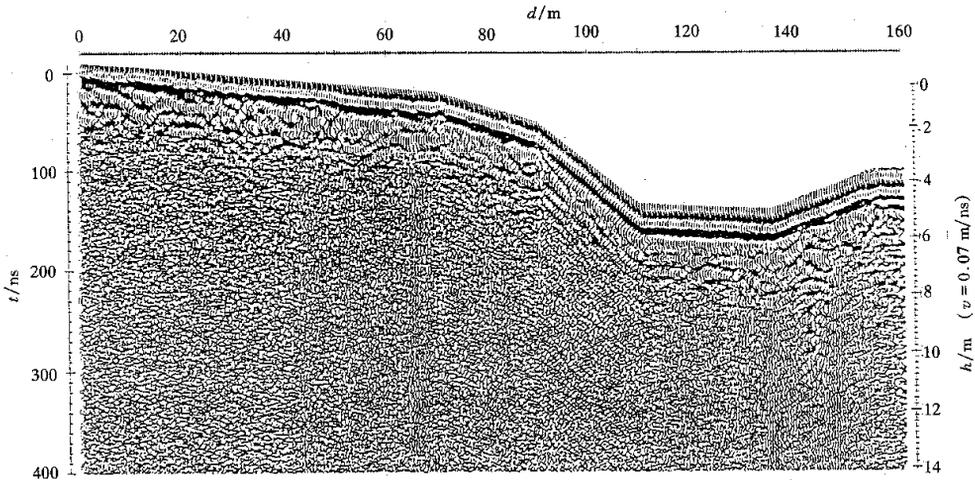


图 1 原始地质雷达探测波形

3.2 资料采集

探测仪器选用加拿大生产的 Pulse EKKO IV 型地质雷达,天线中心频率 100 MHz,天线间距 1.2 m,步长 0.5 m,采样间隔 800 ps,叠加 4 次。根据探测目的,沿滑坡方向布置了 1 条 160 m 长的连续测线。

3.3 探测效果分析

该人工假山处于软土地层,且上部堆满杂填土,因此干扰因素复杂,使得地质雷达记录中包括了严重的噪声。更重要的是滑坡面上下粘土层的电性差异很小,给图像识别带来了很大的困难。图 1 为该区原始地质雷达探测波形,显然无法对该地质雷达剖面作出准确解释。

在资料处理过程中,首先进行了常规的道间平均和道平均处理以压制干扰波,然后进行了增益和衰减处理。在此基础上着重在时域进行 Nyquist 频率分段滤波处理,设计有效的滤波器,以达到压制噪声的目的。通过基于滤波的 FFT 变换,分别进行了低通滤波、高通滤波和带通滤波处理。经比较其效果发现,有效地选择滤波比例进行处理,能够获得良好的雷达波形图。所设计的低通滤波器如图 2 所示。滤波比例由下式选取

$$A(f_c) = \frac{\tan(f_N/2)}{\tan(f_c/2) + \tan(f_N/2)} \quad (2)$$

式中 f_N 为 Niquist 采样频率, f_c 为截止频率。

通过以上处理有效地压制了干扰波。图 2 中清晰地反映出滑坡面的准确位置。将得到的探测波形图经处理后,可以看到滑坡面在深度 7~12 m 范围内连续分布。

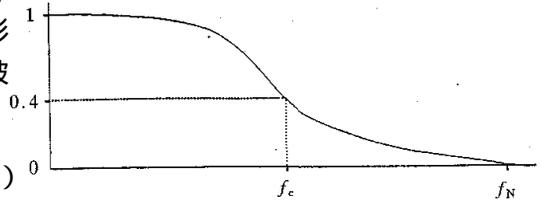


图 2 低通滤波器示意

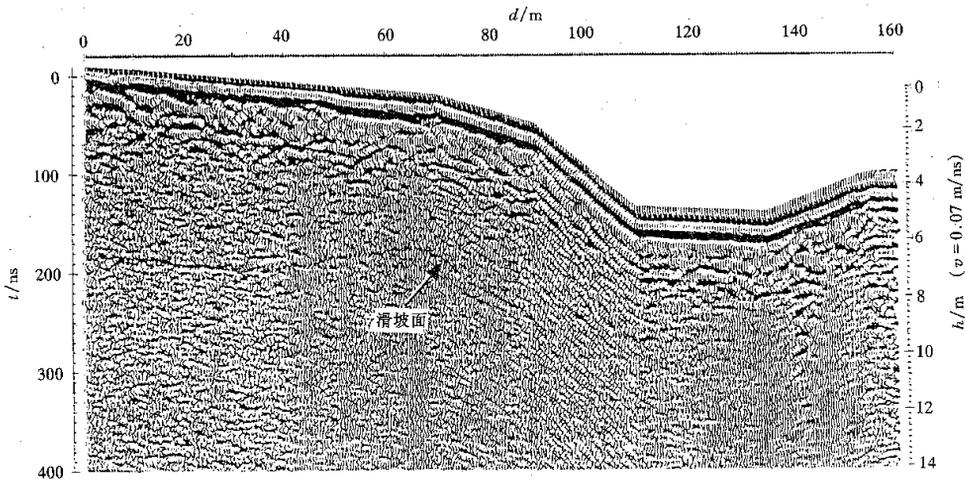


图 3 地质雷达波形处理效果

4 结论

地质雷达作为一种快速、高效和经济的高新探测技术,在都市公共建设、地质灾害防治及其它领域中的作用日益显著。实践也证明,地质雷达在滑坡面调查中具有良好的效果,能够清晰的分辨出滑坡面的准确位置。随着雷达技术的不断发展,电磁波动力学特征的进一步深入研究,雷达技术在工程领域中将更具其独特的应用前景。

(上接 232 页)

参考文献 :

- [1] 李大心.地质雷达方法与应用[M].北京 地质出版社 ,1994
- [2] 王兴泰.工程与环境物探新方法新技术[M].北京 地质出版社 ,1996
- [3] 王水强.地质雷达的数字处理技术与小波算子界面成像的研究[D].上海 :同济大学海洋地质与地球物理系 ,1999

THE APPLICATION OF GPR TO THE INVESTIGATION OF LANDSLIDE SURFACE AND ITS EFFECT

Jiang Weifang , Wan Minghao , Zhao Yonghui , Wang Shuiqiang , Tan Chun
(*Tongji University , Shanghai 200092*)

Abstract Data-processing is a key link in GPR detection technique and constitutes the prerequisite and guarantee for the accurate interpretation of radar image. The application of GPR to the investigation of landslide investigation demonstrates that this technique , as a rapid and accurate detection means , has good application effect and broad prospects.

Key words ground penetrating radar ; landslide investigation ; GRP images ; data processing and interpretation

第一作者简介 姜卫方(1975 -) ,男 ,现为同济大学海洋地质与地球物理系硕士研究生 ,主要从事工程物探方面的研究。万方数据