

探地雷达技术在水利工程检测中的应用

李浩 王丰平

浙江省水利河口研究院, 浙江 杭州 310020

[摘要] 地质雷达也称探地雷达, 是利用高频电磁波束在界面上的反射来探测有关的目的体。探地雷达技术是探测地下结构和特性的一种地球物理勘探方法。由于它具有高效、快速、无损、抗干扰能力强等优点, 已广泛的应用在工程中的各个领域, 成为浅层勘探的有力工具。

[关键词] 地质; 雷达技术; 水利工程; 检测; 应用

DOI: 10.33142/hst.v2i3.827

中图分类号: TV221

文献标识码: A

Application of Ground Penetrating Radar Technology in Water Conservancy Project Detection

LI Hao, WANG Fengping

Zhejiang Water Conservancy Estuary Research Institute, Hangzhou, Zhejiang, 310020, China

Abstract: Ground penetrating radar (GPR), also known as ground penetrating radar (GPR), uses the reflection of high frequency electromagnetic beams on the interface to detect the relevant target bodies. Ground Penetrating Radar (GPR) is a method of geophysical exploration for the detection of underground structures and properties. Because of its high efficiency, rapidity, lossless, strong anti-interference ability and other advantages, it has been widely used in various fields of engineering and has become a powerful tool for shallow exploration.

Keywords: geology; radar technology; water conservancy project; detection; application

引言

水利工程的检测是保证水利工程安全、平稳运行的重要措施。探地雷达作为一种重要的检测手段, 具有无损检测、检测分辨率高以及检测效率高的特点。结合探地雷达的检测原理, 对探地雷达在水利工程检测中的具体应用进行了探讨。

1 探地雷达技术发展过程

在 20 世纪的起步阶段, 雷达探测技术就已经产生了。来自德国的一位科学家 Hutsemeyer, 他使用高频电磁信号搜索地下的金属物质, 这种使用雷达对地下物体进行探测的活动, 被看作探测地球的最初的雷达形式。六年后, 德国 Letmbach 和 Lawy 在一项发明专利中首次提出了 GPR 的概念, 该发明开发了一种通过将偶极天线隐藏在两个发射和接收孔中来检测隐藏目标的方法, 其中一个空心的, 它是一种高导电介质, 可以衰减电磁波。通过比较两个孔的接收信号之间的差异来确定高导电介质所在的大体位置。

正式建议使用高频脉冲电磁波探测地下物质的人就是最初使用雷达进行金属探测的那位来自德国的 Hutsemeyer。在 1926 年, 提出电磁波在具有不均匀介电常数的介质的相邻界面处会有反射的情况出现。这一重要理论已被作为后续雷达系统发展和完善的一个基础理论。更是一切基于雷达探测技术进行理论研究和实践的基础。20 世纪 70 年代, 研究脉冲电磁波对地下目标的探测进入了一个黄金发展时期, 然而, 由于当时局限于技术水平和探测能力的限制, 地下环境对于电磁脉冲具有很强大的衰减性和干扰性。所以仅在地下盐岩层和冰层等等对电磁波的吸收干扰能力很弱的物质探测上发挥作用。后来, 随着电子信息技术和电子信息系统对于探测数据处理分析技术的快速形成, 探地雷达系统变得越来越强大, 功能越来越完善, 稳定度, 可靠性也越来越强^[1]。

2 探地雷达工作原理

(1) 雷达穿透方法是一种广谱电磁分析方法, 可以分辨的电磁波从 1 MHz 到 1 GHz 之间, 用于确定地下介质的分布情况。它可广泛应用于检测浅层混凝土结构, 构造和地质结构, 浅层岩性结构等方面的试验。探测雷达对于地质结构的探测的原理由电磁波的物理性质决定的, 更具体的说, 是借助于高频短脉冲的电磁波在结构介质中传播的情况来判断介质性质。这是一种地球物理勘探方法, 其中 UHF 脉冲电磁波用作发射源, 并且基本上是自己放射, 自己接收的形式, 其可以使用连续和不连续方法来检测地下介质的功能。其中, 检测过程简单, 检测速度比较快, 不会造成环境

的污染和资源的损耗, 可以进行连续的检测, 检测结果可以通过电子信息设备实时的显示等鲜明特点。检测系统主要包括发射天线, 接收天线和用于控制数据的发送, 接收和存储的控制设备。当检测到目标时, 检测设备通过发射天线发射具有宽频短脉冲的高频电磁波。电磁波穿过地面表层并进入地下环境。当遇到地下受检物质或待测目标体时, 它会被反射, 返回地面并被接收天线接收。在由计算机通过专用的雷达探测系统快速处理之后, 就可以在显示器上形成地下目标的雷达图像。地质雷达探测理论基于相同形式的地质雷达波动方程, 但波动方程中的变量具备不同的物理意义^[2]。

(2) 地质雷达探测对于数据分析是基于地质结构中不同的物质具有特殊的介电常数。检测雷达检测的效果主要取决于各种介质之间的介电常数差距是不是很大。如果两种物质具备很鲜明的介电常数差距, 那么检测设备接受的电磁信号就会有明显的不同, 相对来说, 检测的效果越好, 越精准。雷达发射的电磁波在地下物质的表面反射的越明显, 接收装置对于这种信号的识别就越容易。在实际测量过程中, 雷达设备发射出的电磁波通过发射天线, 进入地表土层下方区域和的岩石。当具有各种不同物理性质的材料介质在接触界面处发生反射时, 雷达设备的接收天线就可以接收到反射波, 并且根据一定的计算公式, 得出介质的物理特性。

3 探地雷达技术的分类

3.1 调频式探地雷达

频率调制的地面雷达通过控制电磁波的发射装置, 定期调整雷达系统发射电磁波的频率, 并在给定时刻通过分析传输频率和接收频率之间的差异, 用于计算穿透地层深处的待探测物体与雷达天线探头之间的距离。调频雷达更适合于检测小型单个目标, 同时, 物体需要在地表浅层。对于多层物质系统的结构来说, 由于发射后反射回来的信号相互叠加被接收天线接受, 会给后期的数据分析带来很大的困难^[3]。

3.2 步进式探地雷达

与刚才讲到的频率调节的雷达系统一样, 步进探地雷达在发射的电磁波频率上, 可以进行调节, 但其发射波的频率是离散地而不是连续地变化。基于穿透地面的雷达电磁波, 根据固定频率段, 使得雷达系统接收反射的电磁波的数据信息, 并且以傅里叶变换的方式, 可以将信号转换为时域中的信号以计算延迟。

3.3 脉冲式探地雷达

脉冲雷达是目前在地质勘探和工程探测领域, 最广泛应用的雷达探测系统。以雷达穿透地面为基础, 脉冲雷达通过天线将电磁脉冲波通过空气介质, 传输到道路内部的结构中, 并在两种不同物质接触表层的位置出现电磁波的反射。如果道路的内部结构中存在多个不同物质的交界区域, 则由天线接收的信号包括各个交界处的不同的电磁波反射波。接收信号中反射脉冲之间的时间延迟是接口之间双向信号传播的时间长度, 这这数据通过分析汇总, 可以计算道路内部结构层的大小。脉冲穿透地面物质非常容易, 雷达系统也具有相对简单的信号处理方式, 适用于具有许多反射表面的探测物质的测定, 因此脉冲雷达经常在各个领域被广泛使用^[4]。

4 探地雷达在水利工程检测中的应用

4.1 堤坝渗漏的检测

(1) 在大坝水库建设项目中, 最容易发生泄漏的是坝基, 坝体和其他支护结构。大坝泄漏的原因很复杂: 在正常情况下, 坝基的渗漏可能与土壤质量和基础施工有关, 大坝的泄漏可能与用于防渗体和坝体密封的材料有关, 或与建筑加工的其他因素有关。如果大坝泄漏量小, 径流量小, 这不会影响大坝的稳定性, 那么大坝是安全的^[5]。

(2) 当使用探地雷达探测大坝的潜在危险时, 如果潜在危害分布范围小于 20 m, 测试结果更准确, 但如果潜在危险分布较大, 则应与其他检测方法结合使用。在检测过程中, 由于水生环境的影响, 波场会发生剧烈的变化, 在检测面的图像中, 衍射波更加明显, 泄漏通道的位置会明显不同, 可以确定危险的程度和严重程度。

4.2 内部隐患探测

节水工程主要包括长期处于干, 湿, 动, 静态的水库, 水闸, 大坝建设和供水工程, 建筑物内的质量存在各种风险。在探测水利工程中的隐患时, 雷达穿透方法与其他地球物理探测方法相比具有独特的优势, 具有分辨率高, 效率高的特点^[6]。

4.3 在渗漏探测中的应用

渗漏是土石方连接中的常见问题, 因为这是潜在的隐患, 经常发生泄漏损坏。泄漏损坏的原因很多, 例如强力渗透基层的处理不当, 对基础渗漏的处理不良或泄漏控制剂失效。混凝土结构渗漏是由于水压影响下缝隙发展而形成的

一种新的裂缝，土壤结构中的裂缝是由于材料选择不当或施工质量问题而产生的，土壤被水流带走，发生了渗透性损伤。

5 检测存在问题及解决途径

5.1 理论介电常数的适用性问题

在雷达介电常数的技术分析中，探测物体的理论介电常数与实际探测环节的常数并不是完全精准匹配，这种理论与实践的误差，经常影响雷达探测的探测准确性。对于这个问题，主要的解决方案是在详细了解待勘测的项目实际情况之后，设置不同区域的参数，以及检测和分析不同区域的雷达信号，分析雷达探测图像和具有异常区域的屏幕雷达图像。设置多个对比后，理论介电常数和实际介电常数就会变得越来越接近，误差越来越小。

5.2 波速标定的问题

在进行水利枢纽工程的雷达探测时，通常不可能根据工程建设部分中的材料来校准波速，这使得难以确定雷达探测波速。为了解决这些问题，选择了雷达探测图像增强的钢筋混凝土区域。以这样的方式执行波速校准，使得校准波速的精度通常很高。

5.3 定性检测缺陷的问题

在进行特定测试时，经常发生不同的检测缺陷反映在雷达图像上的时候，出现相同的问题图像，因此对于检测缺陷的推断，就会存在一定的推断错误。想要有效的解决这些问题，主要的解决方案是对项目勘测的项目实际进行考量和分析，明确清晰的掌握项目建设的情况，并且在检测图像传输分析完成后，对于异常图像不要急于下定论，要充分的论证分析影响成像的其他因素，基于上述措施，如果还是不能确定探测结果，就需要聘请有丰富雷达探测经验的专家学者。更合理的推断判定雷达探测的结果。

6 结束语

探地雷达检测勘探的流程比较简单，设备要求不高，检测速度也很快，并且准确度很高。这些综合的应用特点，被广泛用于道路工程、水利工程、地质探测等工程项目的检测中。由于使用雷达系统发射电磁波信号穿透地面，可以发现不同层次之间的异常，通过介电常数的差别分析，可以探究工程项目内部存在的主要问题。

[参考文献]

- [1]任文浩. 探地雷达在水利工程检测中的应用[J]. 水利技术监督, 2019(03):22-23.
 - [2]丁浩. 探地雷达技术在水利工程检测中的应用[J]. 水利规划与设计, 2018(06):148-149.
 - [3]李姝昱, 樊二涛, 白家泽, 黄红粉. 探地雷达在水利工程质量检测中的应用[J]. 水利水电技术, 2014, 45(01):143-147.
 - [4]况冰. 探地雷达在水利工程隐患检测中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(07):266-267.
 - [5]时方稳, 杜应吉, 郝枫楠. 探地雷达在水利工程安全检测中的应用[J]. 人民长江, 2012, 43(07):44-46.
 - [6]张伟, 李姝昱, 张诗悦, 韦雄飞. 探地雷达在水利工程隐患探测中的应用[J]. 水利与建筑工程学报, 2011, 9(01):34-38.
- 作者简介: 李浩(1986-), 毕业学校: 合肥工业大学; 现就职于浙江省水利河口研究院。王丰平(1972-), 毕业学校: 河海大学; 现就职于浙江省水利河口研究院。