

探地雷达在道路工程检测中的应用

Application of Ground Penetrating Radar in Road Engineering Inspection

刘春龙

Chunlong Liu

重庆创仁检测技术有限公司 中国·重庆 402360

Chongqing Chuangren Testing Technology Co., Ltd., Chongqing, 402360, China

摘要: 探地雷达是一种利用 $10^6\sim 10^9\text{Hz}$ 之间的射电信号来检测地下介质、砌体和岩石状况的技术。探地雷达利用发送天线向地下介质发送高频电磁波,在传输的这些电磁波在地下介质进行传输的过程中,当碰到具有电性差别的界面时,就会产生一种折射。论文通过对道路施工实践,阐述了利用探地雷达技术进行道路工程检测的意义和原理,并对所用设备和资料进行详细介绍。

Abstract: Ground penetrating radar is a technology that uses radio signals between 10^6 and 10^9Hz to detect underground medium, masonry and rock conditions. Ground penetrating radar uses a transmitting antenna to send high-frequency electromagnetic waves to the underground medium, and in the process of transmitting these electromagnetic waves in the underground medium, when it encounters an interface with electrical differences, a refraction will occur. Through the practice of road construction, this paper expounds the significance and principle of using ground penetrating radar technology for road engineering detection, and introduces the equipment and data used in detail.

关键词: 探地雷达; 工程; 道路检测

Keywords: ground penetrating radar; engineering; road inspection

DOI: 10.12346/rb.v1i3.8380

1 引言

道路施工质量检测技术直接关系到道路施工质量的好坏。因为它包括了很多方面,所以它被很好地运用在道路建设中。探地雷达使用的是发送天线,它将高频电磁波向地下介质发送出去,当电磁波在地下介质中传输的时候,如果遇到具有电性差别的界面,就会产生一种反射,根据接收天线所收到的电磁波的振幅强度、时间和波形的变化特点等,可以推测出介质的形态、埋藏深度及结构与空间位置。利用探地雷达检测道路的构造和层厚,具有较高的精度和分辨率,且具有较强的抗干扰能力,携带方便,速度快等优点。

2 探地雷达检测技术的意义

在目前的道路施工全流程中,尤其是道路质量的非破坏性检测技术中,探地雷达检测技术不仅能够加快项目的交

(竣)工质量的验收,而且能够提供科学准确的数据,保证技术参数的准确性,降低人为干扰和取样偏差等影响。另外,与钻井岩心等其他损坏检测手段相比,该检测技术可以降低路面原有构造的损害。在进行道路状况的调研(尤其是在混凝土路面)的时候,通过探地雷达的检测,可以对板下的脱空等缺陷进行检测,并进行相应的处置,从而可以有效地减少面板的碎裂和断裂,从而达到延长道路的使用年限,提升经济效益的目的^[1]。

探地雷达检测技术属于非破坏性探测技术,具有很好的抗电磁场干扰性,在道路施工中具有很好的探测效果和很好的分辨能力。该系统不仅能实现现场断面的即时记录,还能获得清楚、直观的影像。而且它属于轻型设备,只需要三个人就能完成。所以,在国内道路建设项目中,地磁检测技术已被普遍采用。

【作者简介】刘春龙(1988-),男,中国重庆人,本科,工程师,从事道路工程检测、道路工程项目管理、工程项目计量研究。

3 探地雷达工作的原理

探地雷达技术是基于地震勘探中的一种新的勘测技术。利用发送天线,将一种高频、宽频、短脉冲的电磁波,发送到目标物体上,再被目标物体进行折射后,再被接收天线所接收。通过对电磁传输中所载的数据进行分析、处理和计算,就可以得到诸如煤质的厚度和后面的孔隙之类的资料。通过对探地雷达所收到的信号进行模数的变换,然后将其发送到电脑中,再经过滤波、增益等一系列的数据处理,最后就会成为探地雷达的扫描影像。探地雷达成像是解释数据的基础,如果地层中出现了地层中的电异常现象,将会在成像断面上得到体现^[2]。

在工程应用中,通常采用的办法是做一条横断面,并在该断面上找到已知的位置,根据目标的厚度推算出运动的方向,进而推算出其他地下目标的运动方向。可根据测得的雷达波走时由公式可以通过测量得到的雷达波行时,通过计算得到的反射层厚度 h ,确定反射层厚度 h 确定反射层厚度,判断反射层的性质。其中, h 为检测深度; x 为发送端到接收端的间距; v 是在媒质中电磁波的传输速率; t 是雷达波的两个方向的行走时间。

雷达波在地层中的传播距离取决于地层的电特性及地层的中频特性。随着电导率的增加,渗透的程度也随之降低;当光束的中心频率较高时,光束的入射强度较低,反之光束的入射强度也较低。相对来说,在大气中,其介电系数为1,要比大气中的低;而水中的介质系数为81,比这更大;不过,大多数情况下,它的介电常量都介于这两种材料之间。无论是由空中穿过或由空中穿过的媒质,或由空中穿过的媒质,都会在它们的交界处发生强烈的折射。比如,混凝土媒介的介电常量为6,其与空气媒介的介电性质具有显著差异,若二者之间出现缝隙、孔洞,将会被反射,且测试回波的振幅将会显著增加,进而使探地雷达检测的断面上产生显著的异常^[3]。

4 探地雷达数据处理的相关分析

在本次实例探测过程中,使用2000MHz的天线、16bit的模数、512个时窗口、2cm的取样点距等技术指标。发射和接收的天线在测线上按照一定的距离和被测点的距离进行运动,通过对测线进行连续的观测而获得的雷达波束分布图,即所谓的“回波轮廓”。

由于地震数据具有时间短、噪声高的特性,而且随着检测的深入,有效讯号也会逐渐减弱,同时,与之相应地,受影响的成分也会逐渐增多。雷达资料的收集为资料的分析与解释提供了依据,而资料的加工又是改善资料的一项重要工作。雷达将收集到的原始资料录入电脑后,利用IDSGRED/S-3D先进的雷达处理成像程序此程序不仅可以对单一的雷达资料,还可以对相同场地收集到的单一或多个雷达资料档案进行相应的预处理,并经过漂移消除、零线设置、背景消

噪、谱值平衡、滑动平均等技术,对其进行有效抑制,增强雷达的信噪比较,使得雷达影像更容易对地质资料进行辨识,更清楚地反映出地质现象,进而给出更为精确的解释^[4]。

5 探地雷达在道路病害检测中的应用

5.1 松散病害检测

当地基变得疏松时,道路对汽车的承载力将逐步降低,在外部条件的作用下,道路的地基部位将会发生坍塌。

5.1.1 出现路基松散的主要原因

①采用垫料铺筑的道路底层,当进行碾压作业时,由于最后的标高比原来的工程设计要低,所以必须对上面的填筑材料进行增厚,而由于将上面的构造层垫料增厚,使得这个构造层的真实厚度大于所规定的碾压所需的厚度,从而导致道路构造层的压实度达不到设计的要求,从而产生一种松动现象。②在建筑工程建设时,未按有关建筑技术规程的规定操作。对于各种铺层材料,应选用各种类型的压路器。③垫材料的选用不当。在进行路基的填充时,采用一些软垫材料如泥煤、冻粘土等,但这些软垫材料没有经过特殊的工艺加工。④在路基的填充时,采用各种填料进行掺和。各填料的密实度有一定的差别。在建造地基的时候,必须对垫料进行分级,在对各构造层的压实度进行测试时,必须采用统一的规范。⑤由于外部条件的改变及对基础的作用,基础承载力在持续下降。若道路铺筑时,未做好排水措施,则会使道路的排水性较弱,造成道路软化。

5.1.2 松散路基的雷达图形

在紧实程度较高的路面上,每一种构造层中的媒介浓度和湿度都是平均的,在相同的构造层次的媒介中,电磁波在传播的过程中会以指数形式持续地下降,对于紧实度比较低的路面,碰到湿度和介质浓度分布差异比较大的地方,就会出现显著反射,从而在雷达曲线上出现比较强的反射振幅,并且在反射信号的相位没有连续性。桥梁结构中,桥梁结构中最容易发生裂缝的部位,当桥梁结构松动时,桥梁结构的雷达波会表现最为显著的反应特性,同时还会发生多重雷达波和衍射波。而在反射上,则表示有松散的地方,即为雷达波的反射有多处散乱,由此可以判定有松散的地方。

5.2 空洞病害检测

在道路建设中,如果发生了坑槽类的损坏,就会造成路基坍塌。

5.2.1 产生空洞的主要原因

①由于受地下施工作用,地基的压实程度会逐步降低,随着长期施工,地基将发生塌陷,并形成一片凹陷。②在不断的地下水流作用下,地基会发生坍塌,产生孔隙。③在埋设管线发生断裂时,管线内外会产生一条隧道,四周泥土会在强大力量作用下被抽离管线,从而在此区域的地基上产生孔隙。在产生孔隙的时候,上面压强必须依赖于沥青和混凝土来支持,长期下去,就会对路面造成损坏,甚至导致路面坍塌。

5.2.2 空洞的雷达显示图

通常当道路与下部各种结构层粘连时,若用探地雷达检测有孔穴的位置,则当电磁波在传输时,因为孔穴附近的媒质与其他处媒质有很大不同,就会产生显著的反射电磁波。这也是利用探地雷达检测空穴先决条件。从探雷雷达角度看,其凹陷部位表现为两边较为强烈绕射波动;当孔穴靠近地表,孔穴内为气体时,其在雷达波形图上表现为一种逐步升高的波振幅,孔穴所在部位表现为一种多次发展波;当在孔穴部位电磁传输媒质是水中时,当此部位发生下沉时,在其雷达波形图中,其反常部位将显示出逐步升高的波振幅,与下沉部位的回波同相轴线形成明显的下沉现象。

5.3 路基开裂检测

由于雷达波受地下裂隙的影响,其电磁弛豫效应及衰减吸收情况会导致雷达回波局部区域出现畸变问题,且畸变程度受地下裂隙的影响。如果地基中存在孔隙、裂隙等现象,无论是强烈的低频、大幅度的反射波,还是正常构造层的反射波,都会引起反射波的畸变和变形,从而影响到雷达成像。例如:某市政道路路基裂缝病害探测图,通过对相关图像的分析,发现在L2横测线中,2.5~4.5m区域、1.5~9m深度区域内有不连续的雷达反射波同相轴,由此可以推断出对地层结构的干扰;5~11m区域反射波同相轴发生错移,由此可以推断,该区域已出现裂缝问题。

5.4 基层问题检测

就基层问题之检测活动而言,则以基层松散、基层局部脱空及基层破碎三项为之检测。其中,如果地基局部疏松,就会产生与周围均匀介质材料的差异,如果雷达波可以直接穿透松山区,就会引起介电常数的改变,从而导致波形的杂乱,相对于正常区域,其会产生少量的层状波形,相对于异常区域,会产生少量的重复反射。

5.5 面层施工检测

在面层的质量检测中,主要包括了面层的厚度、面层的压实度、面层的空隙率。在沥青面层结构厚度中,主要是根据电磁波在各个界面所获取的反射时间和传递速度,根据雷达信息的采集与统计工具,可以将反射市场展现出来。一般地,利用钻孔厚度校正及振幅,可获得相关的声波速度,并

据此得到面层的真实厚度。

6 探地雷达检测技术发展的建议

目前,在国内,探地雷达检测技术是对道路工程进行无损检测的重要手段,而在实际应用中,操作者要从如下几个角度来进行工作:①对地磁雷达观测到的数据进行精确的分析,能够对实际的建设工作起到一定的指导作用,然而实际工作中由于多种外部原因造成的数据不够精确,致使对目标的识别十分模糊不清,因此,必须对实际工作中的噪声进行去除,才能更精确地使用所获得的信息,对道路项目进行有效评价。②道路施工中出现的微小裂纹检测时,取样点间距及主要频率的选择需要得到适当控制。由于有效测距方法能够提高资料的精度,因此,在实际应用中,最大测距是最大的,不然会对资料造成很大的影响。③在地震雷达波的传输中,一般都是将介电常数与频率没有显著的关系,从而可以忽略其对虚部的作用,仅关注其对实部的作用,造成模拟信号与真实信号有较大差异。

7 结语

综上所述,在道路施工质量检查中,最有效、无损、便捷和持续的方法是采用探地雷达技术进行工程检测。论文对探地雷达在现实道路工程检测中的运用展开了探讨,对其在路面结构层厚度检测中的运用进行了深入探讨,使其保证检测工作的速度、精度和无损性。此外,探地雷达技术还在中国交通、地质、考古等领域得到了广泛的运用,对国家总体的经济发展与社会的发展起着举足轻重的作用。

参考文献

- [1] 顾宗伟,颜川奇.水泥混凝土路面结构病害的三维探地雷达波谱特征研究[J].市政技术,2022,40(5):160-168+174.
- [2] 王钊栋,彭勇均,熊春龙.三维探地雷达在路面内部病害检测中的应用[J].黑龙江交通科技,2020,43(12):3-5.
- [3] 李晖.基于三维探地雷达的沥青路面面层厚度与密度无损检测技术研究[D].南宁:广西大学,2020.
- [4] 田朋飞,王津,高棒棒,等.综合物探方法在道路工程中的应用[J].中国市政工程,2020(3):8-11+125-126.