

探地雷达在检测地下管线周边病害体中的应用

谷思勇

江苏煤炭地质物测队 江苏南京 210046

摘要: 地下管线是城市发展建设中的重要组成部分,需要相关单位对其进行科学合理的检测与养护。在科学技术不断发展过程中,各种先进的技术在对地下管线周边病害体检测过程中得到广泛的应用。其中探地雷达是一种先进、快速、无损的检测方法,能够帮助工作人员及时发现地下管线中存在的病害,受到社会各界广泛的关注。基于此,本文对探地雷达在检测地下管线周边病害体中的应用进行研究。

关键词: 探地雷达; 地下管线; 病害探测; 应用分析

Application of Ground Penetrating Radar in Detection of Diseases Around Underground Pipelines

Siyong Gu

Jiangsu Coal Geological Survey Team Nanjing, Jiangsu 210046

Abstract: The underground pipeline is an important part of urban development and construction, it needs relevant units to carry out scientific and reasonable detection and maintenance. In the process of continuous development of science and technology, various advanced technologies have been widely used in the detection of diseases around underground pipelines. Ground penetrating radar is an advanced, rapid, and non-destructive detection method, which can help workers to find diseases in underground pipelines in time, and has attracted wide attention from all walks of life. Based on this, the application of ground-penetrating radar in detecting diseases around underground pipelines is studied in this paper.

Keywords: ground penetrating radar; Underground pipeline; Disease detection; Application analysis

引言:

在城市建设中由于各种原因需要经常对地下管线进行检测,主要目的是解各类地下管线的埋深和周围土壤是否有病害出现,从而采取相应的措施避免安全事故的发生。所以,本文对探地雷达在检测地下管线周边病害体中的应用分析,具有重要的现实意义。

一、探地雷达原理

探地雷达探测技术,主要是通过雷达天线,对地表的反射信号进行探测。由于探的过程是由雷达天线发出信号,因此,在探测地层时可利用空间几何形状和方位角测量地表空间的波速;其利用的也是空间几何形状和方位角计算地面上某点到该点之间的距离和方位角;由

于受天线和大地几何形状等多种因素影响,雷达探测只能在不同方向上测量,因此需要与各方向上的传感器结合起来实现空间多点探测。传统方法测量地表时需要事先设计好相应的勘探方法,因此雷达技术应用十分广泛。

(一) 空间方位角

根据探测结果可以判断地下管线及地质构造类型,并对地下管线周边病害进行预防和治理。为更好地应用于地下管线监测工作中,需要对被测管线周边区域进行探测。通过测量地下管线附近的方位角来确定地下管线的位置与埋深,是探地雷达在施工过程中最主要的工作内容。根据反射回波的频率特性及不同深度回波波长特征,在探槽区域采用多台天线阵列通过相互垂直的天线,以获得每个方向的方位角。由于天线发射信号会受到接收天线反射回波信号分布特性与地表介质性质及地表不同位置及不同角度传播等因素的影响,导致信号呈现一定的差异。因此,在不同点位下对接收天线

通讯作者简介: 谷思勇,1983年2月,汉,男,山东泗水,江苏煤炭地质物测队,市政勘测院院长,物探高级工程师,本科,邮编:210046,工程地震与工程勘查。

阵列做适当调整非常必要。

（二）探测角度

探地雷达的最大工作区域是三维地层，随着地表条件的变化，地表之间的角度将发生变化。其探测角度是由大地工程测线提出的，以对地面地下情况进行测量为目的，并对地下进行全面的调查评估，是一个复杂的系统工程，需综合考虑地质条件与构造。根据地质条件和地下工程规模、管线位置及管线的埋深等因素综合分析进行确定，从而对地质工程进行规划设计和建设施工方案论证，这也是探地雷达发挥作用的前提条件。目前国内探地雷达技术有多种类型，利用探地雷达技术对地下管线周边病害进行检测的方法也不尽相同。探地雷达技术以其自身独特的优点成为探地测量技术的重要组成部分，对地下情况可以进行详细的检测。其主要原理是利用发射天线向周围发射电磁波，并接收其发射出去的电磁波再转换为电信号产生电荷后向各个方向传播。

（三）接收天线

接收天线是探测雷达的核心部分，包括天线、接收机、电路及控制系统。天线接收信号包括接收天线支架部分、发射机天线阵列部分和反射模块部分。接收天线又可分为旋转式和固定式两种形式。接收天线有两种安装方式：固定放置方式和阵列安装方式。固定安装方式主要由波束成形单元和天线框组成；移动安装方式主要由固定支架组成。接收天线阵列又分为两种：单臂和阵列。固定安装方式是指固定天线与发射天线之间通过一条电缆连接形成的环形天线阵列，根据接收回波信号的波长由多个接收模块组成，每个接收模块可以安装三个发射天线。每个线阵列由6个天线组成。

（四）天线阵列

天线阵列是雷达探测的主要设备，也是主要的检测仪器，可用于地质构造、水文地质、环境与工程地质等多种水文地质研究工作内容中。对地下管线周边各种坑塘、沟渠、暗河等地下水资源及环境、噪声等外源干扰进行有效、科学、合理、动态的、实时观察及动态模拟。为获得地下管线周边地下工程的建设位置、埋深及断裂类型、位置分布范围、面积大小等实际情况而制定有针对性的监测措施。探地雷达是在传统探土雷达的基础上发展起来的新技术，其目标为建立地下地质结构及含水层分布信息，并对其进行精确的探测。为进一步提高工作效率及保证测量精度，探地雷达采用以天线阵为核心的微波探的技术，使雷达波有更强反射比，探测深度更

深。以探地雷达为代表的高科技技术正在被应用到地质勘探工作。探地雷达是通过扫描地表来获取地下水等地质现象并进行分类的手段。为探地面下土壤、地层埋深及其空间信息提供探测手段。探测范围大，深度可达数十米甚至几百米，能对地下多种物质提供深度探测。目前应用最广泛的方法是测深雷达法。探地雷达由于具有高频、高分辨性的特点，可以实现更高精度的目标探测。探地雷达多用于勘探过程中需要重点研究以下问题，即目标识别能力、精度问题^[1]。

（五）软件处理

探地雷达软件是一款多功能软件，它是由一个大型嵌入式处理模块和无线通信模块组成的，可实现各种复杂类型数据分析功能。软件界面主要分为输入接口、处理程序、信息处理单元、信息管理三部分。根据不同功能设计不同的软件实现方式。根据施工情况，实时增加软件处理模块，并对数据进行处理。通过不同采集回波信号进行处理后将处理结果直接应用于施工现场。本文结合探地雷达的工作原理利用信号处理技术对地下管线病害信号进行分析处理，得出管道区域病害程度及大小，为地下管线权属单位制定相应的修复措施提供依据。为满足现场应用需要，探地雷达波束成形单元被置于发射天线后面，并由天线阵列组成发射天线阵列。

（六）数据采集、处理方法及精度要求

数据采集采用雷达传感器，根据雷达工作频段分为两种，一种是单频雷达信号，另一种是双频雷达信号。对单频雷达信号处理，首先对信号进行处理，根据不同雷达信号波形，对原始信号进行处理，最后提取出不同信号的幅值与频率信号。

雷达信号的动态采集，主要包括两个方面：一是与探地雷达本身工作时，其工作模式不同，形成的脉冲质量也不同；二是与目标体的位置变化有关。因此，采用一种有效的手段，能准确地获取目标体相应高度下所产生的信号。由于不同物体的反射波具有一定差异，为保证所获取到的信号的精度，要求信号采集时能够有效地采集到反射波，使其与目标物体表面等高或等宽。对该问题，需要采用先进的数字算法设计，使雷达信号在接收到目标物体后，能够以很高精度得到该目标体在当前时刻所处状态^[2]。

二、探地雷达在检测地下管线周边病害体中的应用

对于地下管线的安装工作可以采取局部更换的方式进行，但是针对不同区域可能会有相应差别。本文通过对某管线工程周边某段地面标高和距离地面4m处的土壤

温度及砂土厚度数据信息进行对比,利用探地雷达技术对各节点进行探测,并获得地下管网的具体位置、埋深信息以及周边土壤情况,从而确定各层土体的埋设深度以及地下管线位置等,检测过程中各部位的探测结果与现场实际情况相一致。

(一) 地面标高的确定

管线周边埋深主要根据埋设深度和探测精度确定,通常情况下,埋深一般在0~10m之间,探测精度要求较高。本文对某地下管线工程周边某段地面标高进行探测,实测值为40cm,且均在地下10m范围内,因此可以确定该区域为管线埋设深度,一般情况下,埋深应小于10m。因此,要对该区域进行探测,必须确定区域内地下管网埋设深度和温度。本次对某地下敷设管线范围内某段地面标高进行测定,共测定20个点,经计算,所测得点平均高程为40cm。

(二) 雷达探测技术在管道施工中的应用

在管线施工过程中,管道受到地下施工环境和地下管线所在位置的影响,施工难度较大。为确保管线工程的安全施工,就需要对管道周边土体进行检测,将地下管线周边土壤层的含水率作为测量依据,利用雷达探测技术进行检测。在各点位测量过程中,由于地下水位较高,雷达对每个点位测量结果具有一定程度的误差。在对该段地面标高进行计算时,将标高设置在距离地面4m位置处,通过对每一测点进行温度和砂土厚度探测,得到测点与测点之间具有一定范围最大平均温度差^[3]。

(三) 施工区域土壤情况的探测

在整个过程中,可以将雷达信号处理成连续波,然后将其发送给地面上的作业人员,在接收信号后根据雷达信号分析出施工区域土壤情况,然后将信息传给仪器,在接收到土壤信息后将其分析处理,从而得到最终信息。为进一步提高检测成果的精度,我们还可以利用一些其他手段对该区域土壤情况进行检测。例如对于该区域内存在多条铁路专线,相关人员需要及时获取铁路专线走向图,对于隧道内的土壤情况进行勘测,最后获取隧道建设时的原始地表地质资料、隧道穿越铁路及地面上建筑等,获得地下管网位置、埋深等信息。

(四) 土壤埋设深度测量

土壤埋深测量包括两部分,即土壤的垂直埋设深度和水平埋设深度。水平埋设深度即测距桩向地面垂直距离,采用单轴测距方式;垂直埋设深度即测距桩向上水平距离,采用双轴测距方式。其中双轴测距方式探测土壤垂直埋设深度,测距桩从地面垂直向下各一节,埋设

深度而变化;单轴测距方法探测土壤水平埋设深度,测距桩以垂直方向两节之间为基点向地面垂直向下进行测量,同时注意测距桩下土平面与被测地面平面之间不应有重叠部分;双桥测距方式测定土壤水平埋设深度,测得的埋设深度而变化。

埋深的测量主要包括两方面:一是测量该地下管线的埋设深度,即根据探地雷达探测到的管线埋设深度,计算出该地下管线对该地物的有效埋深,再根据该地下管网埋设深度计算出该地下管网的施工深度,最后将这些计算出的数据应用到后续管线施工的设计和方案中,以保证地下管线工程最终可以达到良好的施工效果。二是测量该地下管网周围土体中土壤层埋设深度,即利用探地雷达探测出管线所在土层附近土壤上覆土层的实际埋深,然后根据该实测数据计算出该工程地下管网所在土层与该测试断面进行对比计算得到结果。因此,在设计方案时就要充分考虑对于该测量断面处土壤质量的影响及其对土壤层埋深和管道埋设深度的影响。同时,对于施工方案确定和实施中可能会遇到与该实测断面进行对比得出不同点时,通过对实际情况分析和相关计算出正确可行的开挖方案对工程质量保障有一定意义^[4]。

三、雷达数据处理及分析结果

根据地下管线与雷达之间的关系,首先需要对探测结果进行处理。将获取到的雷达探测结果及地下空间实际情况进行对比,判断是否存在地下病害体。当探地雷达接收到地下管线探测信息后,可通过分析这些信息,从而实现对于探测缺陷的及时发现和防治,保障道路安全畅通,同时也为城市工程建设和管理提供可靠的技术支持。为达到更好的效果,需要对雷达数据进行处理;并通过相关软件获取分析结果。从而便于工作人员对工程所探测地点的病害进行判别、分析。

第一,一般情况下,地下管线周边均具有良好的电磁环境,其可以得到较好的接收效果;同时还可以准确识别出地下管线所在土层类型、地质结构及地面结构等信息;以及受地层所处方位信息等情况。

第二,地表及地下主要存在着不同类型地质环境以及不同地层状态下导致的缺陷现象。针对这一现象进行分析判断。根据探测数据分析结果可直观地发现并识别地面障碍物:主要有沟槽、建筑结构及周边、沟壑等。对于埋深较浅的地下管线病害可以通过深度探测来发现;但对于那些具有一定破坏程度的病害体,雷达无法确定其准确位置;因此利用该技术进行探测工作是非常必要且有效的。此外也需要使用相关检测设备来寻找地下管

线周边是否存在影响该区域安全，因此可以有效保证人们生命财产安全。

第三，对地表及地下水进行检测和评价：为满足城市供水、供电、供热等相关设施正常运行以及保护地下水资源、环境等方面要求及提高城市建设水平而采用科学合理地进行工程地质勘探。其基本原理是利用不同波长波束在探测地下空间时产生辐射，通过对电磁波信息进行分析探测进而确定其探测范围和深度。一般认为：雷达波在扫描区域外就可以接收到地下管线信息。通过此信息确定管线周边病害情况及所在位置范围有哪些，并根据雷达回波特征和图像进行分析研判，若有异常情况存在时就需要采取相应措施，及时排除隐患，恢复其正常运行。

四、探地雷达技术应用展望

随着城市的不断发展，地下管线的数量和密度都在不断增加，对地下管线安全的要求也越来越高。但是，由于各种原因，在进行管线检测时，往往无法全面地判断出地下管线是否存在病害，这将直接影响地下管线的运行安全。因此，本文以雷达技术为基础，对检测到的土体与其附近土壤参数进行分析计算，得出该条道路上存在过水或过饱和土体的范围。最后在此基础上确定该条道路上是否存在病害以及分布范围，从而为下一步规

划管线检修提供技术支持。因此，将探地雷达技术作为检测管线周边病害以及分布范围的主要技术之一，能够更好地结合历史调查结果进行诊断为线路检修提供技术支持^[5]。

五、结论

综上所述，探地雷达探测技术在地下管线检测中，有着广泛的应用，可以实现对地表病害的快速识别，对于地下土体质量的检测具有良好的效果。尤其是对地下管线周边的土体进行准确的检测，对于确保后续工作安全可靠具有重要意义。

参考文献：

- [1]倪新辉.三维探地雷达在探测城市地下病害中的应用研究[J].中国煤炭地质.2018,(7).
- [2]郭士礼,段建先,张建锋,等.探地雷达在城市道路塌陷隐患探测中的应用[J].地球物理学进展.2019,(4).
- [3]张劲松,丛鑫,杨伯钢,等.地下管线探测雷达图特征分析[J].地球物理学进展.2019,(3).
- [4]黎丽丽,张炎,秦世勇,等.连续油管电磁无损检测试验分析及应用探究[J].中国石油和化工标准与质量.2020,(22).
- [5]徐晓英,徐万祥,张俊伟,等.物探方法在预防路面塌陷中的应用[J].华北地震科学.2020,(2).