

# 地质雷达在隧道无损检测中的实际应用

李冬杰

1. 河南省交通规划设计研究院股份有限公司 河南 郑州 450000

2. 中森检测认证有限公司 河南 郑州 450000

**摘要:** 隧道对于现代城市交通和基础设施建设具有着重要的意义,其建设和维护质量的安全也备受关注。地质雷达探测技术作为一种高效的非破坏性检测手段,可以通过探测地下结构的电磁波反射,获取隧道周边地质信息、地下管线位置和孔隙分布等,为隧道的建设、监测和维护提供科学依据。本文将介绍地质雷达在隧道无损检测中的实际应用和效果,并探讨其在隧道工程中的未来潜在应用,期待为提高隧道施工和维护的技术水平,从而推动城市发展提供更有效和可靠的技术支持。

**关键词:** 地质雷达; 隧道无损检测; 应用

引言: 隧道建设是现代城市化建设的重要组成部分,而如何保障隧道的安全、质量与后期维护也是人们关注的焦点。地质雷达探测技术作为一种非破坏性检测手段,可以在不破坏地下结构和环境的基础上,获取隧道周边地质环境和地下结构等信息,为隧道施工和后期维护提供科学依据。本文将重点介绍地质雷达在隧道无损检测中的实际应用情况,并探讨其在隧道建设中的潜在应用价值,以期

## 1 地质雷达技术原理

地质雷达是近年来开发出来的一种无损探测技术,具有非常广泛的应用前景。其基本原理是,发射电磁波的天线向地下发射电磁波,在地下所有物体的介电常数、磁导率或电导率不同的材料里产生反射或漫射的信号,接收天线接收这些信号,转换成电信号进行处理。通过对反射信号的特征进行分析和解读,可以获得有关地下介质的信息和数据。地质雷达技术的基本原理主要包括两个方面:电磁波的传播和反射;电磁波信号的接收、处理和解释。首先,电磁波的传播和反射。地质雷达主要利用的是电磁波在地下传播的规律。电磁波在地下传播时,经过不同性质的介质时,会发生反射和折射等现象。这些现象会影响到电磁波在地下传播的路径和速度。地质雷达的电磁波往往是宽带信号,其频率范围广,不同频率的信号在地下介质中传播的速度和路径是有区别的,包含了不同深度和不同材质的地下介质的信息。当电磁波穿过地下介质时,射线会遇到地下材料的边界,这时会有部分电磁波反射回到地表。地质雷达接收到的信号主要是反射回来的信号,通过对反射的波形进行解释分析得到地下信息。其次是信号的接收、处理和解释。接收天线将地下探测的电磁波信号接收并转化

为电信号,再通过信号处理和解读,得出被探测物质的空间分布以及它的相关物理参数。但这个过程十分复杂,需要进行信号的滤波、降噪、分段、平滑、拟合和反演等一系列处理,需要针对不同问题采用不同的处理方法<sup>[1]</sup>。总之,地质雷达技术是一个非常复杂的领域,需要应用许多领域的知识,例如电磁场、信号处理、计算机图像处理、矩阵变换、数学建模等等。在实际应用中,需要选择合适的频率、波形和信号处理方法来获取更准确和全面的地下信息。因此,地质雷达技术的日趋成熟和广泛应用,将会为人类认识地球内部结构、资源勘查、地下工程检测、文物保护等方面带来重大的帮助和影响。

## 2 地质雷达在隧道无损检测中的应用

地质雷达技术是一种非常高效的地下探测技术,其在隧道无损检测中的应用和效果十分显著。隧道作为一个重要的交通和工程建设基础设施,其质量和安全问题一直受到重视。而地质雷达技术可以在不破坏隧道结构和墙体的情况下,通过探测隧道内部和周围地层的物理参数,提供隧道质量评估、施工期间的监测和维护等方面的技术支持和保障。地质雷达技术在隧道无损检测中的应用主要有以下几个方面:

### 2.1 地下水渗漏检测

隧道地下水是隧道工程中常见的问题之一,水渗漏问题会导致地基沉降、破坏结构安全等问题。因此,隧道地下水渗漏检测是非常必要和重要的。地质雷达技术作为一种先进的无损探测技术,能够精准的探测隧道周围地下水渗漏情况。地质雷达技术通过向地下发射宽带电磁波,确定地下介质的介电常数。当电磁波穿过不同的地下介质时,会产生反射和折射现象,这些现象会影响电磁波在地下的传播路径和速度,反射的波形特征

表征了隧道周围地下的物理结构信息。当隧道周围地下水渗漏时,在地下水渗漏区域形成泡沫,泡沫的介电常数与周围的土壤不同,这导致电磁波的反射和传播的速率发生变化。地质雷达通过检测电磁波的反射特征,可以确定水渗漏在哪里,以及其大小和深度等信息。也就是说地质雷达可以实现对地下水渗漏位置的实时监测。采用地质雷达技术可以实现实时探测到渗漏区域的位置及其尺寸大小,并反映其位置和深度。这能够有效防止地下水入侵和隧道水害事故的发生,同时也能指导水渗问题的处理和管道延长的修复<sup>[2]</sup>。总之,隧道地下水渗漏是隧道工程中常见的一个问题,对隧道工程的质量和安全性会产生影响。而地质雷达技术可以快速、准确地探测到地下水渗漏的位置、大小和深度等信息,可以为隧道水渗问题的处理提供科学依据。

## 2.2 地层结构和岩性探测

地质雷达技术在地层结构和岩性探测中有着广泛的应用,其作为一种非常便捷、快速的地下探测技术,可以通过扫描地下介质的物理特性,来获取地下结构和岩性的信息。地层结构探测是地质雷达技术的一项基本应用。与传统的地质探测方法相比,地质雷达技术具有不破坏地下结构、高速成像、准确探测能力等优点。地质雷达在地层结构探测中通常采用地质雷达剖面法,通过向地下发射一组电磁波,并通过接收反射的波来分析地下物质的不同介电常数,进而推断相应位置及深度上地层差异<sup>[3]</sup>。这个过程类似医学上的核磁共振设备。而在岩性探测中,地质雷达技术可以控制系统波速、工作频率和天线布局,从而实现对岩石的有效探测。地质雷达技术不需要钻探样本就可以快速地探测到岩性分布情况、岩石的裂缝情况,以及其内部的孔隙度、水分含量等参数,这对于岩石的分类和划分具有重要作用。总之,隧道工程中地层结构和岩性的探测对隧道建设的质量和安全性有着非常重要的意义。地质雷达技术以其先进、高效和可靠的特点,成为了隧道工程中一种必不可少的无损探测技术,其在隧道工程中的应用前景广阔,将为地下探测提供更为准确、多样化的技术支持和保障。

## 2.3 涂层和支护结构检测

在隧道工程中,涂层和支护结构作为隧道的重要组成部分,承担着保护隧道和稳定结构的重要作用。因此,对涂层和支护结构的质量进行及时检测和维护对于隧道的安全和使用寿命具有重要意义。地质雷达技术作为一种高效的无损探测技术,可以快速、准确的探测涂层和支护结构的质量状况。地质雷达在涂层和支护结构检测中通常采用GPR (Ground Penetrating Radar) 技术,

将涂层和支护结构作为介质进行探测,通过反射和折射等现象生成的数据,进行分析和处理,得出相关的特征参数和图像<sup>[4]</sup>。涂层检测方面,地质雷达可以通过监测涂层的厚度、均匀性和变化情况特征,评估其质量和检测潜在的隐患。支护结构检测方面,地质雷达可以探测到支护结构的位置、形状、尺寸和材料等信息,并评估其质量,帮助发现潜在的结构问题。此外,在隧道施工过程中,地质雷达技术还可以监测隧道支护结构的变化情况,为结构监测及时提供科学依据,为后续的维护和修复提供有力的保障。地质雷达技术在涂层和支护结构检测中的应用为隧道建设提供了科学准确的技术保障,有效地保障了隧道质量和安全,同时为隧道的科学设计、施工和维护提供了新的手段和思路。

## 2.4 地下管道和电缆检测

地下管道和电缆检测是地质雷达技术的重要应用之一。在城市建设中,地下管道和电缆密集分布,在隧道工程和城市基础设施建设中,需要对地下管道和电缆进行精确的探测,以确保工程安全和管道电缆的完好性。地质雷达技术在地下管道和电缆检测中的作用主要是以探测管道和电缆周围的物理特性为主。地质雷达通过向管道和电缆周围的土壤中发射高频电磁波,并在周围接收反射回来的波,通过分析所反射的波的变化,确定管道和电缆的存在位置、深度、尺寸和形态等参数。同时,地质雷达还可以对管道电缆周围的土壤和地质环境进行探测,为管道电缆安装提供科学数据和技术支持。地质雷达技术在地下管道和电缆检测中,具有以下重要应用价值:(1)非破坏性:地质雷达技术是一种非破坏性探测技术,对地下管道和电缆不会产生损害和影响,保证了管道电缆的完好性。(2)快速高效:相对于传统的个别探测技术,地质雷达技术具备快速高效的探测能力,可在较短时间内探测到大范围范围内的地下管道和电缆信息,提高了工效。(3)准确性高:地质雷达技术作为一种精准探测技术,可以有效地消除管道电缆周围复杂地质环境的干扰,大大提高了管道电缆探测的准确性<sup>[5]</sup>。地质雷达技术在地下管道和电缆检测中应用广泛,已经成为一种必不可少的技术手段。该技术以其高效、准确、非破坏性的特点,在隧道工程和城市基础设施建设中具有重要应用价值。

## 3 地质雷达技术在隧道无损检测中的发展趋势

地质雷达技术是一种高效的非破坏性检测手段,广泛应用于隧道的无损检测中。在隧道工程中,地质雷达技术可以通过探测地下结构的电磁波反射,获取隧道周边地质信息、地下管线位置和孔隙分布等,为隧道的建

设、监测和维护提供科学依据。随着技术的不断发展,地质雷达技术在隧道无损检测中的应用有了更为广泛和深入的发展,未来的发展趋势主要包括以下几个方面。

(1) 增强数据分析技术。随着地质雷达技术在隧道工程中的应用越来越广泛,采集到的数据也日益庞大和复杂。为了更好地利用这些数据,提高数据的可靠性和可操作性,增强数据分析技术就成为了未来地质雷达技术发展的重点方向之一。地质雷达获取的原始数据量大、复杂,需要对数据进行有效的处理和分析,以提高数据的准确性和可信度。因此,在未来的发展中,需要进一步发展数据处理和分析技术,实现数据的自动化处理,提高数据的质量和可操作性,让数据更好地为隧道工程的建设和发展服务。(2) 提高图像和信号处理技术。地质雷达技术的应用需要科学、准确地分析数据和提取地下结构信息,而图像和信号处理技术是地质雷达技术中必不可少的一个环节,它是保证数据准确性和正确性的关键。目前,地质雷达技术已经在信号处理方面取得了大量的进展,但是随着复杂地质环境等各种因素的影响,仍存在一些难以解决的问题。在未来的发展中,需要进一步提高图像和信号处理技术,尽可能地消除与解决数据采集过程中产生的噪声和干扰,确保地质雷达获取的数据的准确性和可靠性。(3) 深化多传感器融合技术。地质雷达技术在隧道无损检测中的应用主要是通过探测地下结构的电磁波反射来获取地下有关信息,但在实际应用中,地下结构常常是多层复合的,有时传感器探测的信息并不能完整地表达地下情况。因此,未来地质雷达技术在隧道无损检测中的发展趋势之一是深化多传感器融合技术。地质雷达技术在隧道无损检测中已经取得了广泛应用,但是隧道工程中还存在许多复杂的问题,难以用单一技术解决。因此,在未来的发展中,需要深化多传感器融合技术,结合其他先进的无损检测技术,如高精度全息激光扫描仪等,进一步提高数据的准确度,降低误差率,为隧道工程的建设和发展提供可靠

的技术支持。(4) 加强智能化应用。随着人工智能等新兴技术的不断发展,将数据采集和处理的神经网络模型和算法应用至地质雷达技术中,可以进一步提高数据分析、建模和预测的准确性。在未来的发展中,地质雷达技术需要结合智能化应用,进一步优化处理数据的过程和效率,提高数据的自动化程度和科学性,为隧道工程建设和发展提供创新的技术保障。总之,随着技术的不断创新和应用,地质雷达技术在隧道无损检测中的发展趋势将逐步向数据分析和处理、图像和信号处理技术、多传感器融合技术和智能化应用等多种方向拓展,以提高隧道工程的施工质量和安全性,进一步推动城市发展的进程。

#### 结束语

地质雷达探测技术在隧道无损检测中具有广泛的应用前景。通过地质雷达探测技术,可以非破坏性地检测隧道周边地质环境和地下管线等信息,为隧道修建、施工和维护提供科学依据。同时,人工智能辅助识别技术和多波束探测技术的应用,可以更好地提高数据处理和成像质量,并提高数据检测和分析的精度和效率。随着技术的不断发展,地质雷达探测技术在隧道无损检测中将发挥越来越重要的作用,为隧道建设和维护贡献更多的价值。

#### 参考文献

- [1]刘婷,纪建军,高静.地质雷达技术在山岳隧道巡检中的应用研究[J].中国安全生产科学技术,2021,17(1):93-98.
- [2]郝亚丽,李明昊,罗桂星.地质雷达在隧道地质灾害无损检测中的应用[J].南京工业大学学报(自然科学版),2020,42(4):400-406.
- [3]吕洪森,温兵,董世超.隧道地质雷达斜向探测及其应用[J].岩石力学与工程学报,2019,38(增1):3420-3428.
- [4]于帅,王红菊.地质雷达在城市地下交通设施检测中的应用现状及展望[J].侦查科学,2019,8(8):69-72.
- [5]陈昕,陆西滨.基于地质雷达的隧道无损检测研究以及采集获得的信号处理[J].CPSMI高技术专刊,2018(2):42-49.