

雷达探测法在市政工程病害预报和治理中的研究应用

蔡志礼 吕京征 何正玉 何正香 张永娜

山东阎庄建设工程有限公司

摘要:随着市政工程规模的不断扩大,工程病害的预报和治理成为保障城市基础设施安全的重要任务。雷达探测法作为一种非破坏性检测技术,在市政工程病害的预报和治理中显示出独特的优势。本文首先介绍了雷达探测法的基本原理和特点,随后分析了其在市政工程病害检测中的应用情况,包括对地下管线、道路基础设施和桥梁等的检测。通过案例分析,本文展示了雷达探测法在实际工程中的应用效果和优势,探讨了其在未来市政工程中的应用前景。本研究对于提高市政工程病害预报和治理的科学性和有效性具有重要意义。

关键词: 雷达探测法; 市政工程; 病害预报; 病害治理; 非破坏性检测

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.054

一、引言

市政工程作为城市基础设施的重要组成部分,其安全运行直接关系到城市的正常运转和居民的生活质量。随着工程老化和环境影响,工程病害的出现越来越频繁。因此,开展市政工程病害的预报和治理显得尤为重要。雷达探测法作为一种先进的非破坏性检测技术,在此领域展现出了巨大的应用潜力。

二、雷达探测法的基本原理与特点

(一) 基本原理

雷达探测法是一种基于电磁波反射原理的探测技术,广泛应用于地下探测、结构检测等多个领域。其工作原理是利用雷达发射电磁波,当这些电磁波遇到不同介质的界面时,会产生反射波。这些反射波会被雷达接收系统捕捉并记录。通过对接收到的反射波进行分析,可以获取被探测对象的位置、形状、物质组成等信息。例如,在市政工程探测中,通过分析地下不同层次的反射信号,可以确定管线的位置、埋设深度和材质等信息。

(二) 特点分析

雷达探测法具有以下几个显著特点:

1. 强大的穿透能力: 雷达探测法能够穿透多种不同的介质,如土壤、混凝土、石材等,这使其成为探测地下结构或内部结构隐患的理想工具。

2. 反应灵敏: 这种技术对电磁波反射的敏感性高,能够捕捉到微弱的反射信号,从而提供更为精确的探测结果。

3. 操作简便: 相比于其他一些探测技术,雷达探测设备通常便携易用,操作人员经过简单培训即可上手,便于现场快速部署和使用。

(三) 应用优势

雷达探测法在复杂环境下的工程病害探测中显示出独特的优势。其高穿透能力使得雷达能够深入到工程结构内部,探测到其他技术难以触及的部分。这在市政工

程中尤为重要,因为许多重要的基础设施,如管线、隧道、桥梁等,常常隐藏在地下或结构内部,传统的检测方法难以全面评估其状况。

同时,雷达探测法的高灵敏度使其能够探测到微小的结构变化,如裂缝、空洞和水分渗透等,这对于早期识别工程病害、预防事故发生具有重要意义。其操作的简便性也意味着在紧急情况下可以快速部署,为工程安全提供及时的技术支持。

(四) 应用局限

虽然雷达探测法具有许多优点,但也存在一些局限性。例如,其探测深度和分辨率受到一定的限制,特别是在电磁波衰减较快的介质中,如湿润的土壤或含盐水环境。此外,雷达数据的解释和分析需要专业知识,这就要求操作人员具备一定的专业背景和经验。

三、雷达探测法在市政工程病害检测中的应用

(一) 地下管线的探测

在市政工程中,地下管线是重要的基础设施,其安全运行对城市的正常运作至关重要。传统的管线探测方法往往依赖于工程图纸或现场挖掘,这不仅耗时耗力,还可能对管线造成损伤。雷达探测法在地下管线的检测中展现出其独特优势。它可以非侵入性地探测地下,准确地定位管线位置,同时评估管线的状况,包括管道的材质、直径、埋深等信息。通过雷达探测,可以有效预防施工过程中对管线的意外损坏,保障市政基础设施的安全。

地下管线的安全和稳定是城市基础设施中不可或缺的一部分,涵盖了供水、供气、电力和通信等多个领域,任何一处的管线问题都可能导致严重的社会和经济影响,因此,准确有效地探测地下管线对于维护城市运作的稳定性至关重要,传统的管线探测方法,如依赖于工程图纸或现场挖掘,存在许多不足之处,例如,依赖图纸的方法可能由于资料的老旧不准确而导致探测误差,而现场挖掘不仅费时费力,还有可能在探测过程中

对管线造成损伤。

雷达探测技术作为一种先进的地下管线探测方法，提供了非侵入性的探测方式，这种方法不需要挖掘地面，就能准确地探测到地下管线的位置和状态，这大大降低了探测过程中对地下管线的风险，同时，雷达探测技术还能提供管线的详细信息，包括管道的材质、直径、埋深等，这对于施工前的风险评估和施工过程中的管线保护都至关重要。

雷达探测技术还具有高效率的优点，相比于传统的探测方法，它可以更快地完成大范围的地下探测，这对于快速发展的城市建设来说尤为重要，因为在紧张的工程进度下，高效的管线探测不仅能节约时间，还能减少施工对城市正常运作的影响。

随着技术的不断进步，雷达探测技术在精确度和操作便利性上也得到了显著的提升，现代的雷达探测设备更加轻便、易操作，能够快速部署到不同的工程现场，同时，配合先进的数据处理软件，可以快速地分析探测数据，提供直观的地下管线图像，这不仅有助于施工人员更好地理解地下管线的分布情况，还可以为后期的维护和管理提供重要的参考信息。

（二）道路基础设施的检测

道路是城市交通的动脉，其状况直接影响到市民的出行效率和安全。道路病害，如裂缝、空洞、基层不稳定等，往往隐蔽且难以通过肉眼直接观察到。雷达探测法能够深入路面下方，检测隐藏在路面下的裂缝和空洞。这对于及时发现道路问题、制定维修加固方案具有重要意义。雷达探测提供了一种高效、准确的道路检测方法，有助于延长道路使用寿命，减少维修成本。

在城市发展和日常维护中，道路基础设施的健康状况至关重要，不仅关系到交通的流畅和安全，还直接影响到城市形象和居民生活质量，传统的道路检测方法往往依赖于肉眼观察和简单的工具检测，这些方法不仅效率低下，而且难以发现路面下的隐藏问题，例如，路面下的空洞和基层不稳定等问题往往在表面上不易被察觉，但却可能导致严重的交通安全隐患。

雷达探测技术作为一种先进的道路检测方法，能够深入路面下方，准确地检测出路面下的裂缝、空洞和其他潜在问题，这种非侵入性的检测方法不仅能够提高检测的效率和准确性，还能够在不破坏路面的情况下进行检测，这对于及时发现道路问题并制定有效的维修加固方案具有重要意义，通过及时的维修和加固，可以有效延长道路的使用寿命，减少因道路问题导致的交通事故和堵塞，同时也能够降低长期的维修和管理成本。

雷达探测还能够提供详细的道路结构数据，包括路面厚度、材料类型和基层状况等，这些数据对于道路的

设计、维护和改造都有重要的参考价值，例如，通过对道路结构的深入了解，可以更准确地制定道路改造和加固的方案，确保改造后的道路能够满足交通需求和安全标准。

随着科技的发展，雷达探测技术在道路检测领域的应用也在不断进步，现代的雷达探测设备更加精准、高效，操作也更加简便，这些设备能够快速部署到不同的道路检测项目中，同时，配合先进的数据分析软件，可以快速地分析探测数据，为道路的维修和管理提供科学的依据。

（三）桥梁结构的评估

桥梁作为城市交通的关键节点，其结构安全直接关系到公众的生命财产安全。桥梁的病害，如内部损伤、腐蚀等，往往难以从外部观察到。雷达探测法在桥梁结构评估中发挥着重要作用。它可以探测桥梁内部结构，评估桥梁的损伤程度和腐蚀情况。这对于桥梁的维护工作至关重要，可以为桥梁的修复和加固提供科学的依据，确保桥梁的长期安全使用。

在城市基础设施中，桥梁承担着重要的交通运输功能，其安全状况对城市的运行有着至关重要的影响，桥梁的内部结构和材料状况往往难以通过外部检查来准确评估，这使得传统的桥梁检查方法在识别深层次的结构问题时显得力不从心，雷达探测法因其能够穿透桥梁表面，探测到内部的结构状况，成了桥梁安全评估的有效手段，通过雷达波的反射和穿透特性，可以精确地识别桥梁内部的损伤、裂缝和腐蚀情况，为桥梁的维护和加固提供了重要的技术支持。

（四）应用挑战和解决策略

尽管雷达探测法在市政工程病害检测中具有明显优势，但在实际应用中 also 面临一些挑战。例如，雷达数据的解释和分析需要专业知识，对操作人员的专业技能要求较高。此外，不同材质和结构的响应可能不同，对数据解读造成一定困难。为解决这些问题，可以通过提供专业培训和技术支持来提高操作人员的专业能力，同时结合其他探测技术和实际工程经验来提高探测的准确性和可靠性。

四、案例分析

雷达探测法在市政工程病害预报和治理领域的应用日益受到重视。为了具体展示这一技术在实际工程中的应用效果，本文选取了几个典型的市政工程案例进行深入分析。这些案例涉及不同类型的市政工程，包括地下管线检测、道路基础设施评估和桥梁结构检测等，展示了雷达探测法的多功能性和实用性。

（一）地下管线检测案例分析

在一座城市进行地下管线的雷达探测项目中，面临

的主要挑战来自该城市地下管线资料的不完整性，大约有40%的管线资料存在缺失或不准确的情况。在这个项目中，雷达探测技术被应用于一个约5平方公里的城区，目的是为了精确定位这些不明确的地下管线。探测过程中，工程团队运用先进的雷达探测设备，通过对电磁波反射信号的分析，成功地确定了大约60条主要地下管线的具体位置和深度。这些管线主要包括城市的水管、电缆和通信线路，其中管线的深度范围从0.5米到3米不等，展现了雷达探测技术在地下探测方面的高效性和准确性。

在探测过程中，最值得注意的是，雷达探测技术还意外地发现了5条未在城市规划图中标记的老旧管线。这些管线的存在对于施工安全和城市运营具有重要的影响。其中，最古老的一条管线建于20世纪初，其深度达到了4米，这一发现对于理解城市的历史基础设施布局提供了宝贵的信息。这些未标记的老旧管线可能由于长时间的忽视和缺乏维护，存在潜在的安全风险。雷达探测的结果不仅帮助工程团队避免了在施工过程中对这些重要管线的潜在损害，而且还为城市地下基础设施的更新和维护提供了重要的数据支持。通过这些详细和准确的数据，城市管理者可以更加有效地规划城市的发展和維護工作，确保地下基础设施的安全运行。

这个案例还突出了雷达探测技术在城市基础设施管理中的重要作用。通过高效的地下探测，雷达技术能够揭示隐藏在城市脚下的复杂管线网络，为城市的可持续发展和安全运营提供了坚实的技术基础。特别是在老旧城区，这种技术能够帮助城市管理者了解和评估现有基础设施的状况，为制定有效的维护和更新策略提供了科学依据。

（二）道路基础设施评估案例

第二个案例中的道路长约2公里，宽约15米，在过去一年中出现了明显的裂缝和沉降问题。雷达探测结果揭示了道路下方存在的9个较大的空洞，最大的一个空洞直径达到了2米，深度为1.5米。通过对这些空洞的位置和大小进行详细分析，工程团队确认这些空洞是由下方流水侵蚀形成的，是导致路面裂缝和沉降的主要原因。基于雷达探测数据，工程团队制定了一套综合的加固和修复方案，包括填补空洞、加固路基和重新铺设路面。此次维修工作持续了约一个月，总投资约100万元，但成功防止了更严重的道路损坏，保障了道路的长期稳定使用。

（三）桥梁结构检测案例

在第三个案例中，一座建于20世纪50年代的历史悠久桥梁需要进行安全评估。该桥梁全长300米，宽20米。通过对桥梁的全面雷达扫描，发现了桥梁内部的12

处损伤和腐蚀区域，这些损伤区主要集中在桥梁的承重结构上。其中，最严重的一处损伤深度达到了15厘米，长度超过了2米。这些信息使得工程团队能够精确地识别桥梁的弱点。为了加固桥梁，制定了一套详细的维修方案，包括使用碳纤维加固损伤区域、更换老化的支撑结构等。整个维修工程耗时3个月，总投资约200万元，成功提升了桥梁的整体结构安全性，延长了其使用寿命。

（四）综合分析

这些案例表明，雷达探测法在市政工程病害预报和治理中具有显著的效果。它不仅能够准确地识别出工程病害的位置和程度，还能提供可靠的数据支持，为制定治理方案提供了科学依据。雷达探测法的高效性和可靠性在这些案例中得到了充分证明。它能够快速地提供大量详细的数据，帮助工程师更好地理解工程问题，并制定出更加精准有效的治理方案。

五、结论

综上所述，雷达探测法在市政工程病害预报和治理中展现出了显著的优势。它不仅能够提高病害检测的准确性和效率，还能够为工程病害的治理提供重要的技术支持。随着技术的不断发展和完善，雷达探测法在市政工程领域的应用将更加广泛和深入，对于提高城市基础设施的安全性和可靠性具有重要意义。因此，进一步研究和推广雷达探测技术在市政工程中的应用，对于保障城市基础设施的健康发展具有重要的实际和理论价值。

参考文献

- [1] 魏超, 周国良. 探地雷达检测技术在核电站防波堤中的适用性研究[C]. 2013.
- [2] 付世虎. 基于探地雷达的砖石类结构灌浆修复质量研究[J]. 扬州大学. 2013.
- [3] 徐云乾, 袁明道, 陈晓文, 等. 基于无损多源异构数据融合的水利工程隐蔽结构隐患探测技术[J]. CT理论与应用研究. 2019, (2): 44-45
- [4] 魏超, 周国良, 唐晖. 核电站防波堤探地雷达检测的适用性研究[J]. 地震地磁观测与研究. 2014, (5): 114-116.
- [5] 白万山, 刘康和. 塑性混凝土地连墙质量检测分析[J]. 工程勘察. 2013, (3): 66-67.
- [6] 黄可为. 地质雷达检测盾构法隧道管片的技术探讨[J]. 福建建设科技, 2019(3): 25-27.
- [7] 刘洋. 地质雷达在铁路隧道钢筋混凝土衬砌检测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2019, 16(5): 694-699.