

Application and development trend of comprehensive geophysical exploration method in Health diagnosis of urban infrastructure

Qisheng Chen Yifeng Chen

Jiangsu Engineering Survey and Research Institute Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract

This paper explores the application and development trends of integrated geophysical methods in the health diagnosis of urban infrastructure. As urban areas expand and infrastructure ages, efficient diagnostic approaches are necessary to ensure safety and functionality. Integrated geophysical methods, which combine multiple geophysical techniques, provide a comprehensive understanding of subsurface conditions. This paper reviews current methods, technological advancements, and case studies illustrating successful applications. The findings suggest that the integration of these methods enhances accuracy in infrastructure assessment, paving the way for proactive maintenance strategies aligned with urban development needs.

Keywords

Integrated Geophysical Methods, Urban Infrastructure, Health Diagnosis, Subsurface Evaluation, Proactive Maintenance, Technological Advancements

综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的应用与发展趋势

陈琪生 陈逸枫

江苏省工程勘测研究院有限责任公司, 中国·江苏 扬州 225000

摘要

本文探讨了综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的应用和发展趋势。随着城市地区的扩展和基础设施的老化, 需要有效的诊断方法来确保安全性和功能性。综合物探方法结合了多种物探技术, 提供了对地下条件的全面理解。本文回顾了当前的方法、技术进步以及成功应用的案例研究。研究表明, 这些方法的整合提高了基础设施评估的准确性, 为符合城市发展需要的前瞻性维护策略铺平了道路。

关键词

综合物探方法, 城市基础设施, 健康诊断, 地下评估, 前瞻性维护, 技术进步

1 引言

随着城市化进程的加速, 城市基础设施的复杂性与规模不断增加, 包括桥梁、道路、地下管网和建筑物等在内的基础设施成为城市正常运转的核心。这些设施不仅承载了大量的交通和物流需求, 而且关系到市民的安全和生活质量。然而, 使用年限增加以及环境因素的影响, 使得基础设施面临严重的老化和损耗问题。因此, 对城市基础设施进行健康诊断和维护成为亟需解决的重要问题。

2 综合物探方法概述

2.1 地球物理勘探技术简介

地球物理勘探技术是利用地球物理现象及其相互关系,

对地下结构或材料属性进行研究的方法。这些技术通过测量自然或人工产生的物理场, 如重力场、电磁场、地震波等, 获取地下目标的物理性质和空间分布信息。这些技术的优势在于无损测量, 并且能够在经济和安全的范围内对大面积或地下深处进行详细的勘探。

2.2 常用物探方法

对城市基础设施健康诊断而言, 以下几种地球物理方法较为常用:

2.2.1 地震波探测

地震波探测是通过震源产生的地震波在地下材料中的传播特性反演地下结构的方法。根据波的性质, 可以分为纵波(P波)和横波(S波)。这种方法可以在较短的时间内提供精细的地下图像, 对识别内部裂缝、空洞和地质不均匀体有较高的敏感性。

【作者简介】陈琪生 (1998-3), 男, 汉, 中国江苏泰州人, 本科, 助理工程师, 从事水利水电工程(工程物探)研究。

2.2.2 电磁法

电磁法通过测量地下物质对电磁波的响应来探测其电导率和介电常数的空间变化。常用的电磁法包括地面贯入电磁法和探地雷达（GPR）。探地雷达可以高效地探测混凝土、土木结构和地下设施的状况，特别适合于分析桥梁适变性、路面状况和地下管线。

2.2.3 重力与磁力法

重力法和磁力法通过测量地球重力和磁场的变化来研究地下物质的密度和磁化特性。这些方法尤其适合于识别地下较大尺度的异常体，如空洞、断层及其他大规模地下结构。这对于城市的地基勘查和地下工程评价有着重要的应用价值。

2.2.4 地热法

地热法通过监测地表及地下热流传导特性来推测地下结构的信息。地下的热传导性质可以揭示岩石和土壤类型及其水分内容，帮助识别地下水流动和管道泄漏等问题。

2.3 综合应用的重要性

综合物探方法的重要性在于不同物探技术之间的协同效应，可以相互验证结果、填补单一技术的空白及提高数据解释的准确性。多种技术相结合能够提供更为全面的地下信息，帮助工程师更精准地判断基础设施的健康状况及潜在风险。这种综合性对于全面诊断和维护城市基础设施的安全性和耐用性具有不可替代的重要作用。通过合理选择和组合不同的物探方法，能够适应不同目标和环境条件，提高诊断效率和准确度，从而在城市基础设施维护领域发挥显著的经济效益和社会效益。

3 城市基础设施健康诊断概述

3.1 基础设施的定义及分类

城市基础设施是指支撑城市正常运行的各类基础性设施和服务系统。主要包括交通设施（如道路、桥梁、隧道）、公共服务设施（如供水、排水、供电、通信）及环境保护设施（如污水处理厂、垃圾处理场）等。这些设施按功能可以分为硬性基础设施和软性基础设施。硬性基础设施指的是物理构造的设备和系统，如建筑、工厂、道路等；而软性基础设施则包括支持城市功能的制度和服务，如政策法规、管理系统及人力资本等。

3.2 健康诊断的主要指标

城市基础设施的健康状况诊断通常涉及多个关键指标。结构完整性是其中的核心指标，它评价建筑材料的强度和耐久性。同时，功能效率也是重要指标，衡量设施在设计使用过程中是否能够维持预期的功能。此外，安全性评估则关注设施面对各种环境和人为灾害时的抵抗能力。环境可持续性同样被越来越多地纳入评估指标，以确保基础设施在生命周期中对环境影响降至最低。

3.3 传统诊断方法的局限

传统的基础设施健康诊断方法主要以目视检查和简单的结构测试为主。这些方法依赖于检查人员的经验，主观性较强，且往往难以检测深层次的隐患。此外，传统方法通常

会中断设施的正常运作，且耗时较长。当面对复杂的城市结构时，其空间分辨率和数据精确性受限，难以提供全面、实时的健康状况数据。因此，越来越多的城市开始探索新型的诊断技术，以提高检测效率和准确性。

4 综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的应用

4.1 各类基础设施的诊断需求

城市基础设施包括桥梁、道路、地下管网等，它们是现代城市高效运行的关键组成部分。随着城市化进程加快，基础设施面临的服役压力日益增长，老化、磨损以及结构性损伤的风险增加。因此，对这些设施进行及时、准确的健康诊断显得尤为重要。综合物探方法通过多种物理探测手段，提高了诊断的精度和效率，从而更好地满足不同基础设施的健康监测需求。

4.2 应用案例分析

4.2.1 桥梁结构健康监测

桥梁作为交通网络的重要节点，其健康状况直接关系到安全和通畅。利用综合物探方法，如电磁探测、声波探测和地震波探测，可以深入分析桥梁的结构完整性与内部缺陷。通过这些技术，可以有效地检测出混凝土中的裂缝、钢筋腐蚀和疲劳损伤，提供可靠的数据支持，为桥梁的维修和加固方案制定提供科学依据。

4.2.2 地下管网探测

地下管网包括供水、排水、燃气和电力系统，是城市生命线的重要部分。由于其大多埋藏于地下，传统的检测方法常因受限于覆盖面和准确性而难以全面掌控其健康状况。采用雷达探测、振动分析等综合物探方法，可以不破坏地面条件下，对地下管道的走向、深度及泄漏点进行精确定位和评估，从而提高城市管理效率。

4.2.3 路面评价与修复

城市道路的健康状况直接影响交通运行和公众安全。综合物探技术，如地面穿透雷达和声波检测，能够快速评估路面及其下方结构的状态。通过这些方法，不仅能够识别到沥青层的裂纹和空洞，还能分析地下土壤的沉降趋势，为路面维修和保养提供科学依据，从而延长道路使用寿命。

4.3 应用中的挑战与解决方案

在综合物探方法的实际应用中，面临的主要挑战包括数据的复杂性、多样性及环境噪音的干扰。同时，不同物探技术因自身物理原理的差异，可能在对同一结构的诊断中产生不一致的结果。为应对这些挑战，解决方案可以包括：通过多种物探手段的联合使用，提高数据采集的精度和可靠性；引入人工智能算法进行数据分析，提升数据处理效率和准确性；加强设备的敏感度和抗干扰能力，从而适应复杂的城市环境。通过不断的技术创新与优化，这些挑战将逐步得到解决，从而推动综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的广泛应用。

5 综合物探方法发展的新趋势

随着科技的不断进步,综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的应用迎来了新的发展趋势。现代技术的集成与创新、智能化和自动化诊断,以及物联网与实时监测系统的结合,进一步推动了这一领域的发展。

5.1 新技术集成与创新

新技术的集成与创新在综合物探方法的发展中起到了至关重要的作用。近年来,深度学习、机器学习、以及大数据分析等前沿技术被广泛应用于地球物理数据的处理和解释。这些技术不仅提高了数据处理的速度和准确性,还促进了更复杂算法的发展,从而增强了诊断的精确度。例如,人工智能驱动的图像识别技术可以快速分析大规模地质数据,从而帮助识别潜在的结构性问题。同时,传感器技术的发展也使得数据采集更为高效和精确,支持多源数据的集成分析。

5.2 智能化与自动化诊断

智能化和自动化的兴起,使得综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的应用变得更加便捷。现代自动化设备和智能诊断系统能够实时监控基础设施,并在检测到异常时及时发出警报。例如,无人机与自动化传感器的结合应用,可以用于桥梁等大型建筑的巡检,能够显著减少人力投入和操作风险。此外,基于云计算的智能系统能够不断学习和改进,提供个性化的诊断和维护方案,为决策者提供更可靠的数据支持。

5.3 物联网与实时监测系统

物联网技术的迅速发展,为综合物探方法的实时监测与数据传输提供了新的可能。通过物联网,多个传感器可以连接成一个综合网络,实现实时数据的采集和传输。这样的系统能够在故障发生时及时响应,甚至能够通过预测算法提前预判潜在风险,从而进行预防性维护。实时监测系统使得基础设施的健康状态可以随时更新,并通过数据分析来预测未来趋势和风险,极大地提高了城市基础设施管理的效率和安全性。

综上所述,新技术的集成、智能化诊断、以及物联网的运用,正在为城市基础设施健康诊断带来革命性的变化。这些趋势不仅提升了诊断的精度和效率,也预示着更加智能化和互联化的未来发展方向。

6 综合物探方法应用的前景与挑战

6.1 应用潜力评估

综合物探方法在城市基础设施健康诊断中的应用具有显著潜力。这些方法能够提供高精度的地下结构信息,通过结合多种物探技术,获取更全面和准确的数据,从而减少误判风险。随着城市化进程的加速,对基础设施健康监测需求的增加,综合物探技术能有效应对复杂的城市环境因素,提升检测效率和安全性。此外,随着人工智能和大数据分析的引入,物探数据的处理和解释将更加智能化,从而提高预测的准确性和可靠性。

6.2 技术局限性及技术壁垒

尽管综合物探方法有诸多优势,但仍存在一些技术局限性和壁垒。首先,不同物探方法的差异性可能导致数据整合的复杂性增加。此外,设备和技术操作的高成本,以及对专业技术人员的需求,可能限制其广泛应用。还有,目前技术在某些复杂城市环境中的探测深度和精度都有待提高。此外,各个方法之间的兼容性问题,以及如何有效整合多源数据,也是当前亟需解决的技术挑战。

6.3 政策与经济因素影响

政策和经济因素对综合物探方法的应用也有显著影响。政府对基础设施健康的重视程度和监管政策的制定,将直接影响技术的推广和实施。而经济上的支持,如财政补贴和优惠政策,可激励企业和研究机构投入更多资源进行技术研发和应用推广。此外,市场需求及竞争,也在很大程度上推动着技术的不断创新和升级。因此,政府和企业需要共同努力,打造一个良好的政策和经济环境,以促进综合物探技术在城市基础设施健康诊断领域的广泛应用。

7 结论与展望

7.1 综合物探方法对城市基础设施健康诊断的贡献

综合物探方法在城市基础设施健康诊断中扮演着至关重要的角色。首先,这些方法提供了非侵入性和高效率的诊断手段,能够在不损坏结构表面的情况下获取深层次的信息。利用不同物探技术的综合应用,如地震、雷达和电磁方法,能够实现对复杂城市环境中多种基础设施的全方位体检。这大大提升了诊断的准确性和可靠性,为维持和保护城市基础设施的健康提供了坚实的技术支持。

其次,综合物探方法的应用扩展了对不同类型问题的识别能力,从地基沉降、结构裂缝,到材料劣化,都能够进行早期探测和评估。这些能力有助于提前预防潜在问题,延长基础设施的使用寿命,并降低维护和修复的成本。

7.2 未来研究方向建议

尽管综合物探方法已在城市基础设施健康诊断中取得显著进展,仍有许多领域值得进一步研究和探索。首先,需要提升数据处理技术,以更快的速度和更高的精度分析大量复杂的数据集。特别是人工智能和机器学习技术的应用,有望在模式识别和异常检测中发挥更大的作用。

其次,未来研究还应注重开发更为便携和自动化的装备,提高现场勘测的便捷性和实用性。此外,发展适用于不同基础设施类型的专用技术和算法以应对城市环境中的独特挑战,也是一个重要的研究方向。

参考文献

- [1] 周晓光.浅谈物探方法在城市地下管线探测中的应用[J].建筑工程施工技术与设计.2017,(16).3255-3255.
- [2] 刘子嘉,薛晓轩.城市地下管网普查物探方法分析与验证[J].测绘与空间地理信息.2015,(12).
- [3] 王家伟,张维新,咎玉芝.对城市地下管网普查、测绘、管理的探讨[J].黑龙江测绘.1996,(1).28-29,38.