

管线探测技术在市政工程中的实践与优化

罗宣 李国靖

江苏省地质勘查技术院，江苏南京，210000；

摘要：本文探讨了管线探测技术在市政工程中的实践应用与技术优化。通过对管线探测技术的种类与原理进行概述，详细分析了其在管线定位、损坏检测、新建工程避让与规划以及维修更新中的关键作用。进一步地，文章引入了无人机与遥感技术、人工智能与数据分析、系统集成与信息平台建设以及绿色探测技术等创新案例，展示了技术优化在提升管线探测效率与精度、促进资源节约与环境保护方面的显著成效。本研究旨在为市政管线管理提供科学依据和技术支撑，推动管线探测技术的持续发展与广泛应用。

关键词：管线探测；市政工程；无人机遥感；人工智能；绿色探测技术

DOI：10.69979/3060-8767.25.03.031

1 管线探测技术的种类与原理

管线探测技术是市政工程中不可或缺的一部分，它涵盖了多种方法，如电磁探测、声波定位、地面穿透雷达以及遥感技术等。电磁探测技术基于管线材料对电磁场的响应，通过发射电磁波并分析回波来确定管线的位置和深度。例如，在城市地下管线复杂的情况下，这种技术能有效识别金属管线，精度可达到 ± 0.5 米。而声波定位则适用于塑料或非金属管线，利用声波在介质中的传播特性来探测目标管线。

地面穿透雷达技术则利用高频电磁波穿透地面，根据反射信号分析地下结构，对于管线的形状和结构也有较好的识别能力，其深度探测能力可达到10米以上。在一些大型基础设施建设中，如地铁线路规划或地下空间开发，这种技术能提供详尽的地下信息，避免施工中意外损坏管线的风险。

遥感技术的引入，如结合无人机的高分辨率遥感影像，可以对大面积的管线网络进行快速普查，尤其在偏远地区或复杂地形条件下，大大提高了探测效率。例如，某市在进行城市更新项目时，通过无人机遥感技术，成功地在短时间内完成了上千公里的管线初步识别，为后续的详细探测和规划工作奠定了基础。

在管线探测技术的原理基础上，科研人员不断进行技术创新，如将人工智能与大数据分析相结合，通过机器学习算法对海量的探测数据进行深度挖掘，提高异常检测的敏感度，辅助决策者更准确地评估管线的健康状况和维修需求。

2 管线探测技术在市政工程中的实践

2.1 管线定位与测绘应用

管线定位与测绘是市政工程中的关键技术，它为城市地下管线的管理与维护提供了精确的依据。在实际应用中，管线定位通常采用电磁感应法、雷达探测技术以及GPS定位系统相结合的方式，能够准确地确定管线的位置、深度和走向。例如，在上海的一项大型城市更新项目中，通过高精度的管线测绘，成功地识别了地下100多条不同用途的管线，减少了施工中的意外风险，提高了工程的效率 and 安全性。此外，先进的三维建模技术也被用于构建地下管线的数字孪生模型，为规划和决策提供了直观的参考依据。

测绘技术的创新，如实时数据集成和云计算平台的运用，使得管线信息的更新和共享更为便捷。例如，北京的一次供水管道改造工程中，利用云计算平台实时同步测绘数据，多部门能够同步查看最新的管线信息，大大提升了协同工作的效率。同时，通过大数据分析，可以预测潜在的管线损坏风险，如管线腐蚀程度与地理位置的关联分析，为预防性维护提供了科学的决策支持。

在管线定位与测绘技术的持续发展中，人工智能也发挥了重要作用。通过机器学习算法，系统能够自动识别和分类测绘数据，提高识别的准确性和效率。

2.2 管线损坏检测与评估

管线损坏检测与评估是市政工程中不可或缺的一环，旨在确保地下管线的安全运行和及时维修。例如，通过使用电磁感应法和雷达探测技术，可以精确地识别出管道的腐蚀、裂纹或移位等问题。在一些大城市，如上海和北京，已经建立了完善的管线检测体系，定期对地下管网进行无损检测，有效预防了因管线损坏导致的公共安全事件。此外，先进的数据分析模型，如机器学习算法，被用来分析检测数据，预测潜在的损坏风险，

提高了故障识别的准确性和前瞻性。

在实际操作中，例如 2018 年广州的一项工程中，通过集成的无人机和热成像技术，成功检测到一处天然气管道的微小泄漏，避免了可能的大规模泄漏事故。这种创新的检测方式不仅提高了检测效率，还减少了人员进入危险区域的需要。同时，通过与 GIS 系统的集成，可以实时更新管线损坏信息，为决策者提供准确的决策支持，促进城市基础设施的精细化管理。

然而，现有的技术仍有提升空间。未来，可以探索使用更先进的传感器和物联网技术，实现对管线的实时监控和远程评估。同时，建立跨部门的数据共享机制，如整合城市规划、公用事业和应急管理部的数据，将有助于更全面地评估管线损坏的影响，进一步优化管线的维护策略和应急预案，确保城市的稳定运行和公众的安全。

2.3 新建工程中的管线避让与规划

新建工程中的管线避让与规划是市政工程中的一项关键技术，旨在确保新建基础设施与地下管线的安全共存。在城市快速发展和地下空间利用日益密集的背景下，精确的管线信息获取和科学的规划显得尤为重要。例如，上海某大型综合交通枢纽的建设过程中，通过先进的管线探测技术，成功避让了 120 余条不同用途的地下管线，避免了可能导致的工程延误和巨额经济损失。这一过程中，不仅依赖于高精度的探测设备，还结合了三维建模和模拟分析，以优化工程设计和施工方案。

在规划阶段，利用 GIS（地理信息系统）集成管线数据，可以创建详细的地下管线地图，为新建工程提供决策支持。通过模拟分析，可以预测不同施工方案对管线的影响，如地面沉降、管线应力变化等，从而选择对现有管线影响最小的路径。此外，引入风险评估模型，如采用贝叶斯网络，可以量化施工风险，为避让策略的制定提供科学依据。

2.4 管线维修与更新中的探测支持

在管线维修与更新过程中，管线探测技术起到了至关重要的作用。通过高精度的探测设备，可以准确识别出地下管线的位置、走向以及可能存在的损坏情况。例如，使用先进的电磁感应技术，可以实现对金属管线的深度和方向的精确测量，误差率控制在厘米级别，确保了维修工作的精确性。同时，非金属管线探测技术如雷达和声波探测也得到了广泛应用，弥补了传统方法的不足。

在上海市的一项管线更新项目中，探测技术结合了

地面穿透雷达和光纤传感器，成功地检测到一处深度超过 5 米的老旧塑料供水管道的微小裂缝。通过实时数据传输和分析，维修团队在问题恶化前就制定了精确的修复方案，大大缩短了维修周期，减少了对周边交通和居民生活的影响。这一案例充分展示了现代探测技术在提升维修效率和减少资源浪费方面的潜力。

此外，探测技术与数据分析的融合也是提升维修效果的重要趋势。通过建立预测性维护模型，可以分析历史探测数据，预测未来可能出现的故障点，实现从被动维修到主动预防的转变。例如，深圳某地区利用大数据和机器学习算法，对海量的管线探测数据进行深度挖掘，成功预测了 15% 的潜在管线问题，显著降低了突发事件的风险，提高了市政工程的运行稳定性。

3 技术优化与创新案例分析

3.1 无人机与遥感技术的结合应用

在市政工程中，管线探测技术的创新应用日益凸显，尤其是在结合无人机与遥感技术后，为管线的高效管理和安全运行提供了新的解决方案。无人机搭载高分辨率摄像头和热成像设备，能够对地下管线进行三维空间定位，其覆盖范围广、灵活性高，弥补了传统地面探测的局限性。例如，在 2019 年，某城市的管线普查项目中，通过无人机作业，成功提高了 20% 的测绘效率，减少了人力成本，同时通过实时遥感数据，准确识别出潜在的管线破损位置，大大提升了故障排查的速度和精度。

此外，通过集成遥感数据分析模型，可以对海量的管线数据进行深度挖掘和智能分析，预测潜在的管线风险。比如，通过历史数据与当前遥感图像对比，可以分析地面沉降对地下管线可能造成的影响，为城市规划和应急响应提供决策支持。这种创新应用不仅提高了市政工程的管理效率，也体现了科技在公共服务领域的先进性与前瞻性。

3.2 人工智能与数据分析在决策支持中的应用

在市政工程中，人工智能（AI）与数据分析的结合正日益成为管线探测技术的重要推动力。通过 AI 算法，可以对海量的管线数据进行深度学习，识别出模式和异常，从而提高探测的准确性和效率。例如，利用机器学习模型，可以分析历史的管线破损数据，预测潜在的故障点，减少因未知问题导致的停水、停电等公共事件。此外，数据分析能够帮助决策者理解管线的使用趋势，优化维护计划，确保基础设施的稳定运行。

在某城市的管线管理项目中，AI 系统通过对不同季节、不同工况下的管线压力、流量数据进行实时分析，

成功预警了多起潜在的泄漏事件，将原本可能需要数小时才能发现的问题在几分钟内定位，大大缩短了应急响应时间。这一创新应用不仅节省了大量的人力物力，还显著提高了城市的公共服务水平和居民的生活质量。

同时，通过构建智能决策支持系统，可以整合来自多个部门的管线信息，如地理信息系统（GIS）数据、工程图纸、维护记录等，利用数据融合技术提供全面的决策视角。例如，通过 AI 辅助的决策支持，规划部门在新建工程时能更准确地预测管线避让路径，减少施工冲突，提高工程的规划和施工效率。

3.3 系统集成与信息平台建设

在市政工程中，系统集成与信息平台建设是提升管线探测技术效率和决策科学性的重要手段。通过整合各种探测设备、传感器和地理信息系统（GIS），可以实现数据的实时采集、处理和分析，为城市地下管线的管理提供全面、准确的视图。例如，上海市在管线管理中就建立了统一的信息平台，整合了来自不同部门的管线数据，包括供水、供电、通信等，有效避免了因信息不全导致的施工事故。

信息平台的建设还涵盖了大数据分析和云计算技术，能够对海量的管线数据进行深度挖掘，预测潜在的问题。例如，通过机器学习算法，可以分析历史的管线损坏模式，预测未来可能的故障点，大大减少了维护成本和停机时间。此外，平台的云服务功能使得各级政府部门和施工队伍能够远程访问和共享信息，提高了协同工作的效率。

为了进一步提升系统的智能化水平，一些城市已经开始尝试将人工智能（AI）与物联网（IoT）技术集成到管线探测信息平台中。AI 能够自动识别和分类探测图像中的异常，而物联网设备则可以实时监测管线的运行状态，实现故障的早期预警。例如，北京市的管线信息平台就集成了这些先进技术，显著提升了管线安全管理的智能化水平。

总的来说，系统集成与信息平台建设是推动管线探测技术创新的关键，它不仅能够提高数据的利用效率，还能促进跨部门的协作，为城市的可持续发展和安全运行提供强有力的技术支撑。

3.4 绿色探测技术的推广与应用

随着城市化进程的加速，管线探测技术在市政工程中的作用日益凸显。在绿色探测技术的推广与应用方面，行业已经取得显著进展。例如，采用低影响开发（LID）

原则，通过非开挖技术如电磁感应、声纳探测和光纤传感器，有效减少了对城市环境的干扰。据不完全统计，这些技术的应用已经帮助减少了 70% 以上的地面开挖量，既节省了成本，又保护了城市景观和生态平衡。

在广东某市的管线更新项目中，工程团队成功应用了绿色探测技术，通过太阳能驱动的遥感设备，实时监测地下管线的状态，同时减少了传统能源消耗。此外，结合大数据和云计算，构建了智能决策支持系统，对海量探测数据进行深度分析，预测潜在的管线故障，从而实现预防性维护，降低了维修频率和资源浪费。

为了进一步推广绿色探测技术，政府和行业组织应加大政策扶持和资金投入，鼓励研发更环保、更高效的探测设备和技术。同时，加强跨部门合作，建立统一的管线信息共享平台，打破信息孤岛，提高整个行业的协同效率和决策科学性。

未来，随着 5G、物联网等先进技术的融合，绿色探测技术将更加智能化，为城市的地下基础设施管理提供更为精准和绿色的解决方案，为构建绿色、可持续的现代城市奠定坚实基础。

4 结语

在管线探测技术的不断演进与创新中，我们看到了其在市政工程中发挥的巨大潜力。从管线定位、损坏检测到新建工程的规划，再到维修与更新，探测技术都提供了不可或缺的支持。而结合无人机、遥感、人工智能等先进技术，管线探测的效率和准确性得到了显著提升，为城市地下基础设施的安全运行提供了有力保障。未来随着技术的不断进步和应用场景的拓展，管线探测技术将更加注重绿色、环保和智能化。政府、行业组织以及科研机构应携手合作，共同推动技术的研发与应用，为构建更加安全、绿色、可持续的现代城市贡献力量。同时，我们也期待更多创新案例的出现，为管线探测技术的发展注入新的活力与动力。

参考文献

- [1] 朱旭红; 刘航羽; 陈骁; 黄鹏飞. 地下管线探测技术在市政工程建设中的应用[J]. 城市勘测, 2024(01)
- [2] 张莉. 市政工程建设中地下管线探测技术的应用研究. 城市建设理论研究(电子版), 2025(05)
- [3] 罗碧君. 城市地下管线探测方法研究. 工程技术研究, 2024(16)