

# 城市地下管线探测技术及质量控制研究

陈贵

如皋市勘测院有限公司，江苏南通，226500；

**摘要：**随着城市化进程的加快，地下管线系统日益复杂，其探测技术与质量控制成为保障城市安全运行的重要课题，本文结合地下管线的探测原则，对其中的关键技术及质量控制措施进行分析，希望对相关人士有所帮助。

**关键词：**地下管线探测；夹钳法；感应法

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.09.060

## 引言

城市地下管线是维持现代城市正常运转的“生命线”，涵盖给排水、电力、通信、燃气等多种基础设施，随着城市规模扩大和地下空间开发密度增加，地下管线信息不完整、探测技术选择不当或质量控制不足等问题，容易导致施工事故、资源浪费及安全隐患。因此，发展高效、精准的地下管线探测技术，并建立严格的质量控制体系，已成为城市建设管理和迫切需求。

## 1 城市地下管线探测的基本原则

### 1.1 先后顺序得当

地下管线的探测工作具有一定的复杂性，它主要是依据不同类型的管道进行有序的选择与分类，进而严格遵循既定的章程和规范来逐步展开探测作业，以确保最终所获得的地下管线探测结果具备高度的准确性。在实际操作中可以发现，管线的铺设类型呈现出多样化的特点，它们有的可以直接进行掩埋，有的则需要在开挖管沟后再进行埋设，还有的采用的是更为先进的顶管埋设方式，这种多样化的铺设方式所体现的问题就是地下管线未能按照统一的规范来进行铺设，使得探测作业变得更加复杂。所以在城市地下管线探测工程实践中，坚持“从简单到复杂、由已知推未知”的工作原则至关重要，这种循序渐进的方法论既符合科学认知规律，又能有效提升管线探测的准确性和工作效率；有序的开展探测工作将地下管线的分布格局清晰的揭示出来。并最终清晰描绘出特定区域内地下管线的具体分布及其运行状态，使得城市规划、建设和管理能够拥有充足的决策依据<sup>[1]</sup>。

### 1.2 方法快捷有效

在城市建筑中，地下管线类型繁多并且密集的分布在一起，这就对技术人员的专业能力提出了较高的要求，

应准确判断不同管线属于给水、排水、燃气、热力、电力、通信中的哪种类型，并据此选出最为适宜且高效的探测方式，由此避免出现探测费用的无谓浪费现象，促进地下管线探测的效率和精准度均实现充分提高。为推动探测工作的顺利进行，所采用的探测方法需与城市当前的基础设施建设规划保持一致，并且还需要兼顾环境保护和既有设施的安全，绝对不能够对既有的地下管线造成任何损害，确保城市基础设施均能正常运行，在此基础上需要对探测质量进行严格把控，这意味着校准探测设备、解析探测数据以及验证探测结论等每一个环节都要严格按照行业标准和操作规范执行，以确保探测结果高度正确和可靠。进一步地，需系统掌握城市地下管网的空间分布特征，依托这些详实的数据制定出贴合实际情况的地下管线探测方案并严格实施<sup>[2]</sup>。

### 1.3 综合探测应用

城市的地下管线铺设系统与农村地区相比具有更高的复杂度，针对探测方式需要将区域地质条件、管线分布特征与历史铺设记录等多方面因素整合到一起进行综合考量，从而做出最合理的选择。特别是在城市人口密集的核心区域，地下管道的分布往往呈现出高度密集的特点，多类型管线立体交叉分布，使探测工作往往会面临一定的难度，对此可以将多种先进的技术手段结合起来进行使用，并且还要对探测设备的参数进行合理设置，使其在探测某种特定物质时能够保持较高的敏感度，优化管线的识别能力，实现对管线位置和埋深的精确判断。完成地下管线的初步探测后，需妥善保留验证点和探测点，验证点是指那些已知管线位置或材质的点，通过与实际探测结果的对比可以验证探测方法的准确性和设备的可靠性；而探测点则是根据探测结果确定的潜在管线位置点，这些点需要经过后续的开挖验证或进

一步探测来确认其准确性，借助这两类点的双重核对有利于最大限度地减少误差，提高探测结果的精确度<sup>[3]</sup>。

## 2 城市地下管线探测的技术要点

### 2.1 直接法

直接探测法在城市地下金属管线探测中具有一定优势，特别适用于铸铁管线和钢制管线等导磁性材质的精确定位，是因为这类管线材料本身具有电磁特性，能够有效提升探测过程的便捷性，具体来说，先将电磁发射机与待测管线的裸露端进行可靠连接，基于发射机向管线注入特定频率的交流信号，这种电磁信号将沿金属管线导体传播形成闭合回路，直至抵达预设的接收终端位置完成信号采集；接下来接收机内置的微处理器就会捕获这些电磁信号并进行详细解析，将其转换为计算机可解读的数据格式，通过直观、立体的图形或图像形式将地下管线信息呈现出来。尽管此种方法在管线定位方面准确性和可靠性较高，但不可否认的是仍具有一定的欠缺之处，当目标管线与其他相邻金属管线的接地条件存在较大差异时，杂散电流会在不同管线间形成交叉干扰，导致接收机难以准确识别目标管线的电磁信号特征，这种信号混淆现象主要表现为管线覆盖效应和场强叠加干扰，会大幅降低探测数据的可靠性。由于上述技术限制，加之现代城市地下管网日益复杂，直接探测法在实际工程应用中的适用场景较为有限，目前已逐步被更先进的多频探测技术和地质雷达等综合探测手段所替代<sup>[4]</sup>。

### 2.2 夹钳法

夹钳法探测技术是基于专用电磁耦合装置实现的地下管线定位方法，技术人员会使用高灵敏度管线探测仪配备的环形耦合夹钳，以闭合磁路方式紧密套接在暴露的待测管线上，通过电磁感应原理将特定频率的交变信号高效耦合至管线导体；该激励信号沿管线轴向传播并形成稳定电磁场，随后采用移动式接收机对管线辐射的电磁场进行连续追踪，据此精确定位地下管线的平面位置、埋深及走向等空间参数。这种方法对于包括金属与非金属在内的多种材质的地下管线都表现出较高的适用性，并且在探测深度上也具有显著优势，在信号足够强的条件下，即便是深埋于地下的管线也能实现有效探测，这对于城市密集区域或复杂地质条件下的管线探测能够发挥重要作用<sup>[5]</sup>。

### 2.3 感应法

感应法是一种基于电磁感应原理的地下管线探测技术，基于发射机所产生的谐变电磁场，该电磁场与地下导电管线相互作用时，会在管线内部激发感应电流，进而在管线周围形成次生电磁场；接收机通过检测和分析这些电磁场信号，就可精确定位地下管线的空间位置。相较于直接连接式探测方法，该技术无需与管线物理接触，只要在管线附近区域激发电磁场，借助探测感应磁场的空间分布特征即可确定管线的平面位置和埋深。然而在实际运用这种方法时，很容易受到电力线路、通信基站、无线电广播等电磁场的干扰，致使探测结果的准确性难以保障，地下管线之间距离过近时产生的磁场重叠效应，也会对这种方法的使用效果产生一定影响。

### 2.4 电磁波法

电磁波法采用高性能脉冲雷达系统，通过特制的发射装置向地下定向发射高频电磁波信号，当电磁波在介质中传播时，遇到具有不同介电常数或电导率的地下管线等目标体时，会在介质界面处产生明显的电磁波反射现象；随后接收天线会对反射回来的电磁波进行捕捉，之后发送给计算机设备对这些反射回来的电磁波信号进行深入分析，利用专门的软件对这些数据进行处理和解译，使最终生成的图像和数据能够将地下电磁波分布情况呈现出来。但由于该方法所使用的设备技术含量较高，因此在购买时需要投入较大的成本，并且该方法在使用时环境因素往往会影响较大，对扫描区域及地下环境条件也有较为严格的规定。

### 2.5 埋深测定法

上述所提到的几种探测技术对于绝大多数城市地下的管线都较为适用，但是如果整个城市地下管线的埋藏位置较深，这些方式的使用可能无法呈现出令人满意的效果，这时就需要对埋深测定法加以借助来对城市地下管线进行更为深入的探测。埋深测定法的具体操作是先向目标管线发射一种特定频率的信号，这种信号能够穿透土壤并在管线内部或周围产生响应，随后，在管道的正上方信号放置接收机来接收从管线反射或透射回来的信号，在对所接收到的信号进行分析后计算出管线中心到地面之间的距离，并且要确保这一数值的准确性。在实际的城市地下管线探测过程中，应当在全面考量施工具体条件和探测要求后对探测技术进行合理选择，并

按照正确的方法进行使用，确保每一步操作都符合技术要求，使得城市地下管线探测结果能够表现出良好的正确性。

## 2.6 地质雷达法

地质雷达法的探测是基于电磁波的反射与折射原理，主要借助不同地下环境及管线对电磁波波阻抗存在的差异，依靠向地下发射电磁波并接收其反射波，将地下管线的位置、走向、埋深以及规格等信息完整地揭示出来，在具体实施当中，地质雷达系统配备了高性能的电磁波发射装置，该装置可向地下空间发射出高频、短脉冲的电磁波，它们在地下传播时如果碰到有不同电性参数的介质界面就会进行反射，而接收天线会捕捉反射回来的电磁波并转换为电信号进行记录与分析。这种方法在地下金属管线探测工作方面呈现出良好的适用性，原因是金属管线有良好的导电性和导磁性，会对电磁波传播产生影响，当电磁波遇到金属管线时会发生强烈反射，使反射波的信号特征更易于识别，凭借对这些反射波信号进行测量和分析，可推测出管线的材质和规格，给工作人员开展相应工作给予了很大便利。

## 3 城市地下管线探测的质量控制措施

### 3.1 地下管线测量精度控制

为了确保城市地下管线探测结果的质量得到有效保障，相关的管线探测部门应当高度重视严格控制地下管线探测的精确度，这一过程的实施需从多个层面着手，首先，在探测仪器正式使用之前应对其进行测试，确保其各项性能均处于正常状态，能够精确地对地下管线进行专项检测，在使用后探测人员还需定期对仪器进行维护和保养，延长其使用期限。其次，在地下管线及其附属设施的探测作业中，检测单位必须严格遵循国家及行业相关技术标准与规范要求，使得从仪器校准、数据采集到成果处理的每个环节都符合专业技术规范；并且对于管线重复点也必须要进行反复验证来确保其合理性，只有在确认检测数据准确无误后方可进入到下一阶段的作业当中。针对地下管线检测的精确度加大控制力度能够发挥出较大益处，能够最大化降低施工过程中管线结构和实际地形出现较大偏差状况的可能性，这不仅可以减少施工过程中的误差和无谓浪费现象，对于城市地

下管线质量和安全性提升也具有较大的促进作用。

### 3.2 物探仪器探测精度控制

在城市地下管线质量保障体系中，物探仪器扮演着举足轻重的角色所发挥的关键作用不容忽视，其核心目的就是对管线探测仪实施全面的测试程序，由此确保探测仪的性能能正常运行，所获取的数据具有较高的准确性，为地下管线探测工作的高质量开展打下坚实基础。这一过程不仅直接关系到技术的精度，与城市基础设施建设安全与高效运行也存在着密不可分的关联。具体而言，首先需要在实验室或模拟真实环境的条件下，由专业人员严格按照实际地下管线探测的施工标准和流程进行操作，在此过程中，利用物探仪器针对天然气管道、水电管道以及其他各类地下管线进行探测作业，并将所显示的探测数据详细记录在册，随后将实验室探测结果与已知管线信息进行对比分析，由此深化对当前探测设备的工作状态的了解程度。如果实验室探测结果与已知信息之间并不一致，就应当立即启动重新检测程序，找出引发问题的根本原因，并采取针对性措施做出彻底解决，直至探测结果的质量与既定标准相契合。

### 3.3 物探技术和方法控制

在城市地下管线的探测工作中，需要将多种物探技术与方法相互搭配使用，可以将城市地下管线的具体事故状况与实际情况结合起来进行全面考虑，选出最切实可行的探测方式。对于埋藏深度较大的地下管线，单一技术的使用效果可能差强人意，因此需要把多种综合性探测技术与手段结合起来使用，由此做到优势互补、相辅相成，促进探测质量能达到更高水平。在实际进行探测过程中，必须要遵循的原则就是确保所使用的物探技术与方法不会对现有管线产生任何伤害，同时也不能损害已有的管道铺设结构和周边环境，这表明在探测方案的设计与实施过程中，必须将地下管线的材质、埋设方式、周围环境条件等因素都纳入到考量范畴当中。随着科学技术的快速跃进，城市地下管线的探测技术将迎来新的革新机遇，而对于现有探测方法也应找出其不完善之处并根据实际需求加以精进与优化，由此为我国城市基础建设的发展给予充足的驱动力。图1为城市地下管线质量监管保证体系。

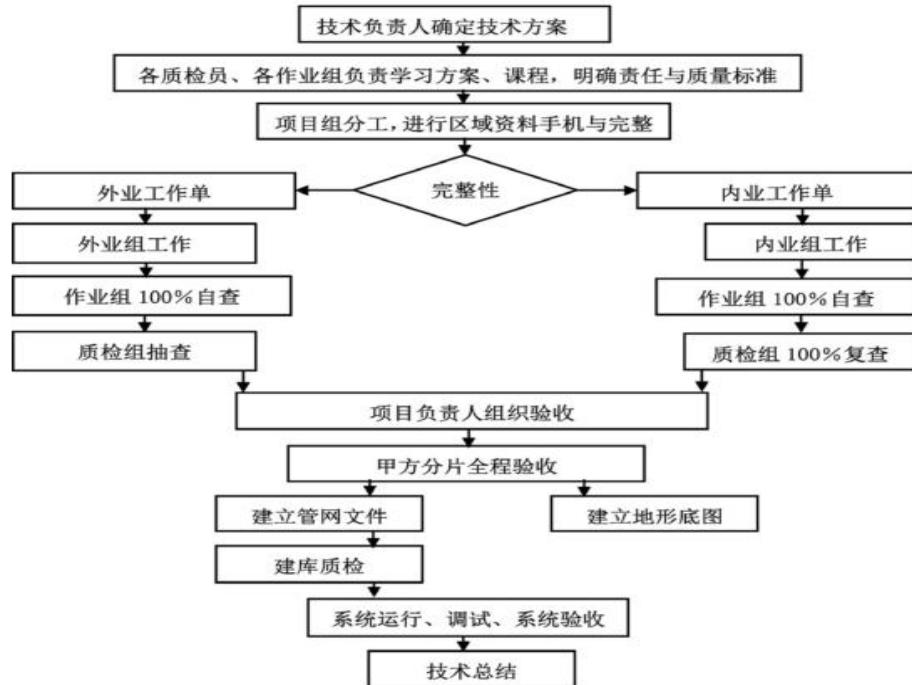


图1 城市地下管线质量监管保证体系

## 4 结语

本文结合地下管线探测的基本原则，阐述了综述了地下管线探测技术的原理与应用现状，通过分析技术难点与质量控制要点，旨在为相关工程提供标准化、规范化的解决方案，提升城市地下空间的综合管理水平。

### 参考文献

- [1] 肖毛军. 城市地下管线探测技术及质量控制研究[J]. 住宅产业, 2020, (06): 68-70.
- [2] 陈伟. 城市地下管线探测技术及质量控制分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019, (19): 10.
- [3] 张海南. 城市综合地下管线探测技术及质量控制研究——以南海区桂城测区为例[J]. 低碳世界, 2018, (0

8): 47-48.

- [4] 钱琛. 城市地下管线探测技术及质量控制研究[J]. 智能城市, 2018, 4(01): 145-146.
- [5] 魏艳平, 王静. 城市地下管线探测及质量控制研究——以北京城六区外业普查项目(11包)为例[C]//中国建筑学会工程勘察分会, 石油天然气勘察技术中心站. 石油天然气勘察技术中心站第二十二次技术交流会论文集. 中国石油集团工程设计有限责任公司华北分公司, 2016: 316-320.

作者简介：陈贵，（1993.04.18-），男，籍贯：江苏省南通市如皋市，民族：汉，学历：本科，职称：助理工程师。