

# 城市燃气管网工程施工中地下管线的保护技术

冯玉凤（山东港华培训学院，山东 济南 250000）

**摘要：**地下管线是城市基础设施的重要组成部分，其安全性和稳定性直接关系到城市居民的生活质量和城市运行的安全。因此，在当前燃气管网规模日益扩大的背景下，深入探究地下管线的保护技术具有重要意义。本文主要分析城市燃气管网工程施工中地下管线的保护技术，并对其进行经济性分析，希望为城市燃气管网工程的规划、设计、施工和管理提供有益的参考和借鉴，推动城市燃气管网工程建设的可持续发展。

**关键词：**城市燃气管网工程；地下管线保护技术；经济性分析

在城市燃气管网工程施工过程中，地下管线的保护问题却日益突出。目前而言，由于施工过程中的疏忽、技术水平的限制以及管理不到位等原因，地下管线常常面临着被破坏的风险，这不仅会影响管线的正常运行，给城市居民的生活带来不便，还可能引发安全事故，对城市的安全和稳定构成严重威胁。因此，需要加强对城市燃气管网工程施工中地下管线保护技术的研究和应用，提高保护技术的水平和效果，确保地下管线的安全性和稳定性，为城市的可持续发展提供有力保障。

## 1 地下管线在城市燃气管网工程中的作用

### 1.1 支撑城市能源供应网络的稳定性

地下管线是城市燃气管网的重要组成部分，其主要功能是将天然气从气源地输送到城市的各个用气点。此类管线不仅需要具备高强度和耐腐蚀性，还需确保长期稳定运行。在施工过程中，保护现有地下管线至关重要，因为任何损坏都可能导致燃气泄漏，进而引发安全事故或服务中断。为了保障该基础设施的安全与可靠，施工前必须进行详细的探测和评估，确保施工方案能够最大限度地减少对现有管线的影响。此外，采用先进的监控技术实时监测管线状态，可以及时发现并处理潜在问题，确保燃气供应的连续性和稳定性<sup>[1]</sup>。

### 1.2 确保施工安全及环境保护

地下管线的保护对于施工安全和环境保护同样具有重要意义。燃气管线通常与其他市政管线（如给排水、电力和通信等）交错布置，施工时稍有不慎就可能造成多条管线同时受损，带来严重的安全隐患。因此，在施工前需运用精确的探测手段确定各类管线的具体位置，并制定详尽的施工计划以避免交叉作业带来的风险。此外，燃气泄漏不仅危及人员安全，还可能污染环境。为防止此类事件发生，必须严格遵循相

关安全规范，采取必要的防护措施，如设置警示标识、使用非开挖技术等，以最大程度降低施工对周边环境的影响<sup>[2]</sup>。

### 1.3 提升城市综合管理效率与服务水平

有效的地下管线管理和保护有助于提升城市综合管理效率和服务水平。现代城市管理依赖于复杂且相互关联的地下管网系统，燃气管网作为其中的重要一环，其高效运行直接关系到居民的生活质量和城市的可持续发展。运用科学合理的施工规划和技术手段，不仅可以避免因管线损坏导致的服务中断，还能提高维修和维护工作的效率。例如，利用地理信息系统(GIS)技术对地下管线进行数字化管理，可以实现管线信息的快速查询和更新，便于日常维护和应急响应。

## 2 城市燃气管网工程施工中地下管线保护技术

### 2.1 高精度地下管线探测技术

高精度地下管线探测技术不仅能够准确识别现有地下管线的位置、深度及走向，还能有效避免施工过程中对这些管线造成损坏。探地雷达(GPR)是一种广泛应用的地下管线探测工具。它可以发射高频电磁波并接收反射信号来生成地下结构图像，适用于非金属管道的探测，如塑料管或混凝土管，因为它们不会像金属管道那样产生明显的电磁响应。探地雷达的工作原理基于电磁波在不同介质中的传播速度差异。当电磁波遇到不同材料界面时，会发生反射和折射，进而形成回波信号。对这些信号进行分析，可以确定地下管线的具体位置和埋深。

电磁感应探测器利用电磁场与金属管线之间的相互作用来进行探测。具体而言，电磁感应探测器通过发射一个低频电磁场，并检测其在金属管线中引起的二次磁场。这种二次磁场的强度和相位变化可以用来确定管线的位置、走向及其深度。电磁感应探测器的优势在于其操作简便、成本较低，且对于金属管线具

有较高的灵敏度。但其主要局限在于无法探测非金属管线，因此通常需要与其他探测技术结合使用。

声波探测仪则利用声波在地下介质中的传播特性进行探测。其可以向地面发射声波脉冲，并接收由地下管线反射回来的声波信号，确定管线的位置和深度。声波探测仪在某些特定情况下表现出色，例如在地下水位较高或土壤条件复杂的区域，声波探测仪能够提供更为准确的探测结果。但由于声波在不同介质中的传播速度差异较大，声波探测仪的数据处理相对复杂，需要专业的技术人员进行操作和分析。最后，全球定位系统（GPS）在地下管线探测中也发挥着重要作用。GPS不仅可以精确定位探测设备的位置，还可以将探测数据与地理信息系统（GIS）集成，形成详细的地下管线分布图。GIS技术的应用使得地下管线信息管理更加科学化和系统化，便于后续的施工规划和维护工作。运用GIS平台，可以实现管线信息的快速查询、更新和共享，极大提升了城市基础设施管理的效率<sup>[3]</sup>。

## 2.2 非开挖施工技术的应用

非开挖施工技术主要涵盖水平定向钻进（HDD）、顶管法和微型隧道掘进等方法，能够有效减少对地面交通的影响，还能显著降低施工过程中对既有地下管线的干扰，确保施工安全和高效。首先，水平定向钻进（HDD）是一种常用的非开挖施工技术，尤其适用于穿越河流、公路、铁路等复杂地形的管道铺设工程。HDD的基本原理是通过在地面上预先钻孔，并将管道逐段拉入钻孔中，进而实现管道的铺设。该技术的核心在于精确控制钻头的方向和深度，以确保管道能够准确到达预定位置。为了实现此目标，现代HDD设备配备了先进的导向系统，如电子定位系统（ELS），可以实时监测钻头的位置和姿态，并根据需要进行调整。

其次，顶管法适用于在密集管线区域或建筑物附近进行管道铺设。顶管法的基本原理是在工作井内使用液压千斤顶推动预制管道逐段前进，直至达到接收井。这种方法不仅可以减少对地面的破坏，还能有效避免对周围管线的干扰。顶管法的关键在于选择合适的顶进设备和管道材料，以确保施工过程的顺利进行。例如，在软土地基中施工时，通常采用玻璃纤维增强塑料（GRP）管道，这种材料具有较高的强度和耐腐蚀性，能够适应复杂的地质条件。为了提高顶进精度，还需配备精密的测量仪器，如激光导向仪和全站仪，实时监测管道的推进方向和位置。

最后，微型隧道掘进技术在某些特定场合得到应

用。微型隧道掘进机（MTBM）体积较小，适合在狭窄空间内进行作业，适用于城市中心区域的小口径管道铺设。微型隧道掘进机的工作原理类似于传统的盾构机，通过刀盘切削土体并将其运出隧道，同时同步安装预制管片，形成永久性的管道结构。该技术的优势在于可以在不影响地面交通的情况下完成施工任务，且对周围环境的影响极小。但微型隧道掘进技术对操作人员的技术要求较高，需具备丰富的施工经验和专业知识，才能确保施工质量和进度。

## 2.3 施工前的风险评估与应急预案制定

施工前的风险评估是整个项目成功的关键步骤。风险评估的主要目的是识别潜在风险因素，并对其进行量化和分类，以便采取相应的预防措施。评估内容通常包括地质勘探、地下管线探测以及周边环境分析等。地质勘探旨在了解施工区域的土质结构、地下水位及岩层分布情况，为后续施工方案设计提供依据。例如，在软土地基中施工时，可能需要采用特殊的基础处理技术，如注浆加固或深层搅拌桩，以提高地基承载力，防止沉降变形。此外，运用探地雷达（GPR）、电磁感应探测器等设备进行地下管线探测，可以准确识别现有管线的位置、深度及其走向，避免施工过程中对其造成破坏。在风险评估过程中，还需综合考虑施工环境的影响因素。例如，施工现场是否位于交通繁忙路段、是否存在邻近建筑物或其他基础设施等。这些因素将直接影响施工方案的选择和实施。对于位于交通繁忙区域的施工项目，需提前与交通管理部门沟通协调，制定合理的交通疏导方案，减少施工对交通的影响。同时，还需对周边建筑物进行安全性评估，特别是对于老旧建筑，需采取必要的防护措施，如设置监测点实时监控建筑物的沉降和位移情况，确保其结构安全。

应急预案应涵盖各类突发情况的应对措施，包括但不限于地下管线损坏、施工机械故障、恶劣天气影响等。针对地下管线损坏的情况，需制定详细的应急响应流程，包括立即停止施工、设立警示标识、通知相关管线管理单位并配合修复工作等。此外，还需配备必要的应急物资和设备，如抽水机、防火器材、急救包等，确保在紧急情况下能够迅速反应并有效处置。在制定应急预案时，还应充分考虑不同风险因素之间的关联性和相互影响。例如，当遇到强降雨天气时，可能导致地下水位上升，增加地下管线受损的风险。因此，需在应急预案中明确雨季施工的具体措施，如

增设排水系统、加强边坡支护等。还需定期组织应急演练，检验预案的可行性和有效性，确保所有相关人员熟悉应急流程和操作规范。

#### 2.4 实时监控与动态调整技术

实时监控系统的核心是各类高精度传感器的部署和应用。此类传感器可以安装在施工设备、地下管线以及周边环境中，用于监测各种关键参数。例如，位移传感器可以实时监测地下管线的位移变化，应力传感器可以检测管线及其支撑结构的应力状态，而环境传感器则可以测量土壤湿度、地下水位等环境因素。通过这些传感器，施工团队能够获得全面且准确的数据，及时掌握施工区域内的动态变化。特别是对于复杂地质条件下的施工项目，如软土地基或高地下水位区域，实时监控系统可以提供重要信息，帮助技术人员做出科学决策。其次，数据采集系统的应用使得施工过程中的海量数据得以高效管理和分析。现代数据采集系统通常基于物联网（IoT）技术，能够将分布于施工现场的各种传感器连接起来，形成一个统一的数据网络。该系统不仅能够实时传输数据，还能对数据进行初步处理和存储。数据采集系统还可以与其他信息系统集成，如地理信息系统（GIS）和建筑信息模型（BIM），实现多源数据的融合与共享。这种集成化管理方式有助于提升施工项目的整体管理水平，确保各个子系统的协调运作。

在实际应用中，实时监控与动态调整技术还需要结合具体的施工场景进行定制化设计。例如，在水平定向钻进（HDD）施工中，实时监控系统可以监测钻头的位置和姿态，确保其按照预定路径前进。一旦出现偏离路径的情况，系统会立即发出警报，并建议操作人员进行调整。顶管法施工过程中，可以安装在管道前端的压力传感器和位移传感器，实时监测推进行程中的土体压力和管道位移，防止因过载导致的地面沉降或管线损坏。

### 3 经济性分析

在城市燃气管网工程施工中应用地下管线保护技术的经济性分析，需要考虑的是直接成本与间接效益。直接成本主要涉及设备购置、人员培训以及施工过程中可能增加的费用；而间接效益则涵盖减少事故造成的经济损失、提高城市基础设施管理效率等。

从直接成本角度来看，高精度地下管线探测技术和非开挖施工技术的应用初期确实会带来较高的投入。例如，探地雷达（GPR）、电磁感应探测器及声

波探测仪等先进设备的购置和维护费用相对较高。然而，随着技术的进步和市场普及度的提升，这些设备的价格正在逐渐下降，同时其使用寿命较长，可以在多个项目中重复使用，从而摊薄了单个项目的成本。

在间接效益方面，有效的地下管线保护措施能够大幅减少因施工失误导致的地下管线损坏，避免了由此引发的安全事故和服务中断。据行业统计，每年由于地下管线受损而导致的服务中断和修复费用占据了相当比例的城市运营成本。通过采用先进的探测技术和科学合理的施工方案，不仅能够有效预防此类事件的发生，还能缩短维修时间，提高服务质量，增强居民的生活满意度。此外，利用地理信息系统（GIS）进行地下管线的数字化管理，可以实现管线信息的快速查询和更新，便于日常维护和应急响应，提高了城市综合管理效率和服务水平。

实时监控与动态调整技术的应用也是提升经济效益的重要因素，对施工过程中的关键参数进行实时监测，并根据实际情况进行动态调整，可以及时发现并处理潜在问题，避免更大的损失。预防性维护模式不仅减少了突发故障的发生率，还延长了地下管线及其相关设施的使用寿命，降低了长期维护成本，还有助于优化施工流程，提高工作效率，使得资源得到更加合理有效的配置。

### 4 结束语

综上所述，通过应用高精度探测技术、非开挖施工技术、风险评估与应急预案以及实时监控与动态调整技术，可以有效保障地下管线的安全性和稳定性，不仅减少了施工过程中的损坏风险，还提高了城市基础设施的管理效率和服务水平。虽然初期投入较高，但其在减少经济损失、提升城市运行效率和居民生活质量方面的间接效益显著，为城市的可持续发展奠定了坚实基础。

#### 参考文献：

- [1] 张卓然. 城市燃气管网工程施工中地下管线的保护技术探讨 [J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(11):66-69.
- [2] 王云. 城市燃气管网工程施工中地下管线保护技术及对策探讨 [J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(19):215-216.
- [3] 孙世春, 朱佳祺. 城市燃气管网工程施工中地下管线的保护技术 [J]. 清洗世界, 2020, 36(05):38-39.

#### 作者简介：

冯玉凤（1984-），男，汉族，山东枣庄人，本科，助理工程师，研究方向：城市燃气工程技术与安全管理。