

市政公用工程中地下管线的保护措施探究

文 / 刘庞骞 西安排水集团有限公司

刘昊哲 西安排水集团有限公司

摘要:近年来,受城市化进程加快、地下管线建设相对滞后、自然灾害等因素影响,地下管线安全事故频发,对城市安全和人民生命财产安全构成严重威胁。本文以保障市政公用工程中地下管线安全为目标,分析了地下管线面临的安全风险。从规划设计、施工建设、运营维护三个阶段入手,系统阐述了相应的地下管线保护措施。并对地下管线保护的发展趋势进行了探讨。旨在为构建完善的地下管线安全保障体系,有效防范和化解安全风险,提供理论依据和实践参考。

关键词:市政公用工程;地下管线;安全风险

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.011

引言

市政公用工程是城市重要的基础设施,承担着保障城市安全运行和居民生活质量的关键责任。地下管线作为市政公用工程的重要组成部分,承载着供水、排水、燃气、电力、通信等众多城市生命线系统。截至2020年底,我国城镇地下市政管线的总长度已超过450万千米,形成了规模庞大的地下管网体系。然而,随着城市化进程的加速推进以及部分管线敷设年代久远,地下管线安全问题日益凸显,管线事故频发。为了保障城市安全、高效、可持续发展,需加强对市政公用工程中地下管线的保护。

一、地下管线安全风险来源分析

(一)外部施工破坏风险

在城市建设过程中,各类工程建设项目日益增多,开挖、钻探、爆破等施工活动频繁进行,不可避免地会对既有地下管线造成扰动,其中,违规施工现象尤为突出,一些施工单位缺乏安全意识,未进行充分的地下管线探测就盲目开挖,或者在施工过程中未采取必要的保护措施,野蛮施工,极易造成地下管线破损、断裂等事故,一些工程项目在规划设计阶段缺乏统筹协调,未充分考虑地下管线安全,导致管线敷设过于密集,安全距离不足,也增加了施工破坏的风险^[1]。

(二)管线自身老化腐蚀风险

金属管线在长期使用过程中,会与土壤、水体以及管道内部介质发生电化学反应,造成管壁腐蚀、减薄,甚至穿孔。非金属管线虽然耐腐蚀性能相对较好,但也会随着时间的推移发生老化、脆化等现象,导致其强度和韧性下降,易在外部荷载作用下发生破裂。管线敷设年限也影响其安全性能,一些服役时间过长,超过设计使用年限的管线,由于长期承受内部压力和外部荷载,材料性能退化严重,更容易发生破损、泄漏等事故。除此之外,管线所处周边土壤的酸碱度、地下水位的低、杂散电流的存在等,也会加速管线的腐蚀老化进程,增大管线发生安全事故的风险。

(三)自然灾害风险

自然灾害的突发性强,破坏性大极易导致管线损毁,引发一系列安全事故。地震波的冲击会导致管线发生断裂、错位,甚至引发管线附属设施的坍塌。强降雨和洪水则会冲刷地基,造成地面沉降或塌陷,进而导致管线变形、破裂,甚至出现管线悬空等问题,严重影响管线的正常运行。台风的影响也不容忽视,强风可能吹倒树木、广告牌等地面物体,进而压坏地下管线,而台风带来的暴雨也极易造成城市内涝,对排水管网造成巨大压力,若排水不畅,则会加剧地面沉降风险,甚至引发管线破裂。2024年11号台风“摩羯”、13号台风“贝碧嘉”、14号台风“普拉桑”接连登陆,导致多地出现强降雨,城市排水管网不堪重负,引发严重的城市内涝。

(四)管理维护不到位风险

目前,许多城市地下管线管理机制不完善,缺乏统一的管理机构和标准规范,存在权责不清、信息孤岛等问题,难以形成高效的管理体系。一些单位安全意识淡薄,责任心不强,对管线的日常巡检、维护保养敷衍了事,未及时发现和处理潜在的安全隐患。许多地区地下管线档案资料不完整、不准确,管线缺乏竣工图纸信息更新不及时,给后期维护管理带来极大困难,甚至导致“挖断、挖错”事故的发生^[2]。一些内陆城市应急预案不完善,缺乏实战演练,当发生突发事件后,未能及时采取有效措施造成混乱和延误,扩大损失和影响。

二、地下管线安全风险类型及危害

(一)泄漏爆炸风险

地下管线一旦发生泄漏,极有可能引发爆炸事故,造成灾难性的后果。其中燃气管道发生泄漏,泄漏的气体会在空气中聚集,形成爆炸性混合物,遇到明火或静电便会引发剧烈的爆炸,不仅会摧毁附近的建筑物和基础设施,还会对周围居民的生命财产安全构成严重威胁。石油管道泄漏也可能引发火灾和爆炸,造成大面积污染和人员伤亡。这类事故的发生往往是由于管线老化

腐蚀、外部施工破坏导致管体破裂，也有可能是因为阀门、法兰等连接部位密封失效，造成介质泄漏。泄漏爆炸事故不仅会造成直接的经济损失，还会严重影响社会稳定和城市安全运行。

(二) 地面塌陷风险

近年来，由于地下管线破损引发的路面塌陷事故时有发生，给人民的生命财产安全带来了严重威胁。例如，2023年12月11日，四川自贡市自流井区汇东路294号门前，一处正在进行人工探管线作业的地面发生塌陷，导致一名工人掉落被困。目前，我国许多城市地下管线已进入服役“中晚期”，管线老化、腐蚀等问题日益突出，导致管线承载能力下降，极易在外部荷载或自然灾害作用下发生破损，进而引发地面塌陷。地下管线错综复杂，一旦发生塌陷，极易造成交通中断、房屋倒塌、人员伤亡等严重后果，对城市的安全运行构成巨大威胁^[3]。

(三) 环境污染风险

地下管线的破损或泄漏可能引发严重的环境污染风险，对生态环境和人体健康造成危害。一些地区污水管网破裂会导致未经处理的污水泄漏至土壤和水体中，造成土壤肥力下降、水体富营养化等问题，影响农作物生长和水生生物生存，甚至通过食物链危害人体健康。输油管道的泄漏会污染土壤和水源，不仅对动植物造成毒害，还会破坏生态平衡，影响区域生态系统的稳定性。此外，一些特殊介质管道的泄漏，例如化学品管道，可

能释放有毒有害物质，对环境造成更加严重的污染，甚至引发大规模的环境污染事件，危及公众的生命安全

三、市政公用工程中地下管线保护措施

(一) 地下管线规划设计阶段的保护措施

在制定城市规划时，需将地下管线作为一个重要的组成部分，综合考虑城市发展需求、土地利用现状、地下空间资源等因素，合理确定地下管线的总体布局。为避免地下管线敷设的混乱和安全隐患，要对地下原有管线进行详细的探测，利用管线探测仪等专业设备，结合人工挖探沟的方法，查明地下管线的类型、材质、走向、埋深等信息，绘制准确的综合管线分布图，为管线规划提供可靠依据。在此基础上，要统筹考虑不同类型管线的安全间距要求，电力电缆与通信电缆之间的水平净距不应小于0.5米，燃气管道与其他地下管线交叉敷设时，其净距不应小于0.1米等，避免管线过于集中敷设，预留充足的安全间距，最大限度地减少管线之间的相互干扰，降低安全风险。对已查明的地下管线，在施工现场应设置醒目的警示标志，标明管线类型、位置、埋深等信息，提醒施工人员注意避让，防止误伤管线^[4]。以排水管线为例，干线管道两侧各5米以内；排水支线管道两侧各1.5米以内。管材选择应根据输送介质、敷设环境、使用寿命等因素，选用强度高、耐腐蚀、抗老化性能优良的材料，在腐蚀性较强的土壤环境中，应优先选用耐腐蚀性能更强的球墨铸铁管或钢塑复合管等，表1为常用地下管线管材性能比较。

表1 常用地下管线管材性能比较

管材类型	主要参数	特点	适用范围
球墨铸铁管	DN80-DN2600，最小抗拉强度≥420MPa，延伸率≥10%	强度高、耐腐蚀、抗冲击性能好、使用寿命长	适用于输送水、燃气、污水等介质
钢塑复合管	DN20-DN3000，工作压力可达2.5MPa	耐腐蚀、耐磨损、抗冲击性能好、重量轻、施工方便	适用于输送水、燃气、油等介质
聚乙烯（PE）管	DN20-DN1600，工作压力可达1.6MPa	耐腐蚀、耐磨损、柔韧性好、重量轻、施工方便、价格相对低廉	适用于输送水、燃气、污水等介质
玻璃钢夹砂管	DN100-DN4000，工作压力可达2.5MPa	强度高、耐腐蚀、耐高温、抗老化性能好、重量轻、施工方便、使用寿命长	适用于输送水、污水、化工介质等，特别适用于腐蚀性较强的环境
钢筋混凝土管	DN300-DN3000，可承受一定荷载	强度高、耐腐蚀、耐磨损、使用寿命长，但施工难度较大	适用于排水管道，特别是雨水管道

在敷设方式上，应积极推广非开挖技术，例如，顶管、定向钻等，最大限度地减少对地下环境的扰动，降低对既有管线的损伤风险。在工程设计阶段，应进行详细的地下管线调查和勘测，全面掌握地下空间环境状况，包括地下水位、土壤性质、地质构造、既有地下管线及构筑物等信息，为管线设计提供准确的基础资料。同时进行设计计算和风险评估，对管线敷设的安全性进行全面分析，确保设计方案的合理性和可靠性，从源头上杜绝安全隐患。

(二) 地下管线施工阶段的保护措施

施工过程中稍有不慎便可能对其造成损伤，必须采

取科学合理的保护措施，确保管线安全平稳穿越施工区域。施工应严格执行《动土令》，明确动土操作规范，严禁未经审批擅自动土施工。项目开工前，需与管线产权单位和管理单位签订管线安全保护协议，明确各方责任，在协议签署完成后方可进行动土作业。在机械开挖沟槽、路槽时，应由专业的管线工程师进行现场指挥，并在管线两侧安全距离外设置明显的警示标识，避免机械作业进入管线区域造成损伤。对于管线区域的土方开挖，应谨慎采用人工轻型工具进行，避免对管线造成扰动。管线暴露后，应及时采取临时支撑、包裹等保护措施，并安排专人定期巡查，及时发现并处理安全隐患。

在穿越既有管线施工过程中，可以采取多种保护方法，确保管线安全^[5]。其中，隔离法是通过设置钢板桩、水泥搅拌桩、隔离槽等方式，将管线与施工区域进行物理隔离，避免开挖、回填、机械振动等施工活动对管线产生直接影响。在管线埋深较大的情况下，可以在基坑开挖前，沿着基坑周边设置一圈钢板桩或水泥搅拌桩，形成一道坚固的隔离墙，确保管线不受基坑开挖的影响。对于跨越沟槽、基坑等无法避让的管线，可以使用钢管、工字钢等材料搭建支架，将管线悬吊起来，避免其受到下方施工的影响。对于可能因为土方开挖而产生沉降的管段，可以采取设置支撑点的方式，增强管线的承载能力，避免其因为沉降而发生断裂或变形。施工过程中如遇图纸资料缺失或与实际情况不符的情况，应立即停止施工，并及时与相关单位进行沟通协商，共同制定科学合理的解决方案，避免盲目施工对地下管线造成损害。施工单位要对机械操作人员进行培训，使其熟悉地下管线相关知识，并严格按照操作规程进行施工。机械作业时，应控制挖掘力度和范围，避免因操作不当对管线造成冲击或挤压。对于管线走向和埋深可能存在变化的区域，应加强探测和巡查，防止因经验判断失误导致管线损坏。施工过程中如发生地下管线损坏事故，应在第一时间启动应急预案，及时采取止损措施，并将事故情况上报相关部门，积极配合抢修工作，最大限度地减少事故损失。

（三）地下管线运营维护阶段的保护措施

地下管线运营维护阶段需要建立系统、科学的保护措施，确保管线处于良好的服役状态。相关部门应组织专业人员定期对管线进行巡查，重点关注管线周边环境变化、地面标识情况以及是否存在违规施工等现象。利用管线探测仪等设备，及时发现管线走向、埋深等信息，确保巡检工作的准确性和高效性。要定期对地下管线进行检测和评估，掌握管线运行状况，制定科学合理的维护方案。常用的检测方法包括管道内窥检测、漏点定位检测、腐蚀状况检测等，全面了解管线的结构完整性、运行压力、腐蚀程度等关键指标，为后续维修和更新提供数据支撑。根据检测评估结果，对存在安全隐患的管线进行及时维修和更新。对于出现局部破损、泄漏的管线，应及时进行修复或更换受损管道；对于腐蚀严重的管线，应根据其腐蚀程度和剩余使用寿命，制定相应的修复或更换计划。还可以采用内衬修复、非开挖修复等技术，在不影响管线正常运行的情况下，快速高效地完成修复工作，最大限度地减少对交通和环境的影响。

四、地下管线保护的发展趋势

（一）应用智能化监测技术

地下管线保护正朝着智能化的方向发展。借助物联网技术将各类传感器部署于地下管线及其周边环境中，可以实时采集管线运行的各项关键数据（包括管体的振

动、变形、温度、压力，以及周边环境的土壤湿度、地下水位等）。这些数据通过无线网络传输至信息化管理平台，经由大数据分析和人工智能算法处理，能够实现管线运行状态的实时监测、预警和诊断。智能化监测技术的应用，改变了传统人工巡检效率低下、容易遗漏隐患的现状，为实现地下管线安全管理的主动预防、精准管控提供了技术支撑。

（二）建设信息化管理平台

建设信息化管理平台能够有效整合分散的管线资源，实现对地下管线的全生命周期管理。该平台应具备管线数据采集、存储、分析、展示等功能，形成统一的地下管线信息资源库，为管线规划、建设、运营、维护提供数据支撑。平台可集成地理信息系统（GIS），将管线空间位置、属性信息、运行状态等数据进行可视化展示，方便管理人员实时掌握管线分布情况。平台还应具备风险评估和预警功能，通过对管线运行数据进行分析，识别潜在的安全风险，并及时发出预警信息。

（三）完善地下管线安全法规

未来应借鉴国外先进经验，结合我国实际情况，加快制定和完善地下管线安全相关的法律法规，构建科学合理、权责清晰、协调统一的地下管线安全法规体系。明确各级政府部门、管线权属单位、施工单位、设计单位等相关主体的责任和义务，形成权责明晰、监管到位、齐抓共管的局面。建立健全地下管线安全事故应急预案体系，明确事故发生后的应急响应机制、信息发布制度以及责任追究制度，提高应对突发事件的能力。加强对《国务院办公厅关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》等相关政策的宣贯和落实，督促各城市严格执行地下管线巡护和隐患排查制度，要求行业主管部门和管线单位配备专门人员进行日常巡护，定期开展检测维修，及时消除安全隐患，确保地下管线安全运行。

结束语

综上所述，地下管线的安全运行关系到国计民生和社会稳定，必须树立安全发展的理念，坚持预防为主、综合治理的方针，不断完善地下管线安全保障体系，提升安全管理水平。只有这样，才能有效防范和化解地下管线安全风险，为城市的可持续发展保驾护航。

参考文献

- [1] 张明. 市政工程道路施工中地下管线施工技术分析[J]. 散装水泥, 2024, (03): 124-126.
- [2] 吴文煊. 探析市政公用工程中地下管线保护的措
施[J]. 四川建材, 2022, 48(02): 102+104.
- [3] 邢朗朗. 市政公用工程中地下管线保护策略探讨[J]. 住宅与房地产, 2020, (04): 239.
- [4] 纪磊. 市政公用工程中地下管线保护策略研究[J]. 现代物业(中旬刊), 2019, (08): 178.
- [5] 谢大飞. 浅述市政公用工程中地下管线保护策略[J]. 南方农机, 2018, 49(15): 237.