

市政施工过程中的地下管线防护措施探讨

王继承

海天建设集团有限公司, 浙江 东阳 322100

[摘要]在城市建设的过程中, 地下管线被称为城市的“生命线”, 越来越复杂化也越来越密集化, 在市政工程施工时由于缺乏准确资料、挖掘破坏以及监督管理不到位等原因造成地下管线破坏的现象层出不穷, 严重影响着城市的设施安全以及各项服务的功能完好性。本论文对市政工程施工中的地下管线存在的主要风险进行梳理, 并且针对施工前精确查找、专门方案制定、实时监控提醒、管线保护支撑加固、信息及时更新、联合协作机制、问责措施、智能手段等方面进行了系统的论述, 希望可以为提高市政工程施工管理水平、保障地下管线的安全运行起到一定的借鉴作用。

[关键词]市政施工; 地下管线; 防护措施; 管理策略

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19189

中图分类号: U448.27

文献标识码: A

Discussion on Underground Pipeline Protection Measures during Municipal Construction Process

WANG Jicheng

Haitian Construction Group Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 322100, China

Abstract: In the process of urban construction, underground pipelines are known as the "lifeline" of the city, becoming increasingly complex and dense. Due to the lack of accurate data, excavation damage, and inadequate supervision and management during municipal engineering construction, underground pipeline damage is rampant, seriously affecting the safety of urban facilities and the functional integrity of various services. This paper summarizes the main risks of underground pipelines in municipal engineering construction, and systematically discusses aspects such as accurate pre construction search, specialized plan formulation, real-time monitoring and reminders, pipeline protection and support reinforcement, timely information updates, joint cooperation mechanisms, accountability measures, and intelligent methods, in order to provide some reference for improving the management level of municipal engineering construction and ensuring the safe operation of underground pipelines.

Keywords: municipal construction; underground pipelines; protective measures; management strategy

引言

城市地下管线担负着供水、排污、供气、供电、通讯等一系列关乎市民生活的服务功能, 是维持整个城市运转必不可少的基础设施之一。但是伴随着旧城改造及城市基础设施建设的深入发展, 市政施工与现有地下管线相冲突的情况越来越严重了。比如大连市金州区老区雨污分流改造项目, 在 52 平方公里范围内纵横交错着错综复杂的各种类型的地下管道, 长度总计有 3000 余公里, 就如同在走“华容道”一样难。这种情况在我国众多的大中型城市都存在, 地下管线错综复杂、档案资料残缺、产权单位繁多的情况使得地下管线保护成为了市政工程建设中的一个重点、难点问题。经统计, 在香港路政署报告中 2021—2023 年期间出现道路塌陷事故共 52 起, 其中很多是因为地下水压力过大引起地下管网破裂, 所以对此类市政工程施工时地下管线风险特性及相关预防策略进行系统的探讨很有必要。

1 市政施工中地下管线主要风险分析

1.1 管线资料不完整带来的信息风险

地下管线资料的真实性、完备性是工程保护的前提条

件, 但是目前普遍存在的问题是资料不全或者精确度不够。一方面是前期铺设的老管道尤其是老城区的管网由于当时的技术水平有限导致图纸资料不完备甚至不存档。另一方面即使有档案资料也是由于年代久远多次改造的原因导致与实际情况相差甚远。沈阳市政府在答复政协委员提案中承认在地下工程项目建设方面普遍存在规划不合理、信息不通等现象。这些信息上的漏洞给施工方交底带来难度, 施工队伍不能获取到地下管线的具体位置、深度、材质以及产权单位等详细信息, 在盲目施工的情况下很容易导致管线遭到破坏。北科院刘克会团队的研究发现, 近年来发生的各种地下管线的事故发生, 危害人民的生命财产, 对整个社会造成非常大的影响。

1.2 施工扰动引发的结构破坏风险

城市道路建设过程中开槽、降水、震动、顶进等施工行为对临近土体都会造成不同层次的影响, 从而对周围管线结构带来一定损害, 同时基坑开挖过程中, 卸载作用会使地层内应力重新配置, 容易引发管线的不均匀沉降或者位移; 降水过程中降低地下水水位, 使土体有效应力增大, 发生固结沉降; 顶进、盾构等无损施工若掘进参数设置不

合理,有可能发生地表下沉或者超挖。上海三林滨江南片区一新建项目综合管廊基坑支护距现状污水管线只有215mm,施工影响程度严重。除此之外,复杂的地层会对施工扰动影响进一步放大,在湿陷性黄土中遇水会产生附加下沉,在软土地地基坑开挖难度更大。

1.3 现场管理不规范导致的安全隐患

除了技术上的风险之外,施工管理不到位也是造成管线破坏的原因之一,具体表现为:一是一些单位编制管线保护专项方案走过场,缺乏有针对性及实际可行性的措施;二是施工之前没有按要求进行现场探挖核实工作,凭图施工;三是在施工中缺少有效的监控预防工作,对于管线位移情况心中无数;四是施工单位同管线产权单位对接不到位,交待不明晰,应急协作体系不完备。沈阳市规定要建立健全地下管线统筹管理体制,在实施过程中推行“道路开挖计划统一审批”的管理办法就是为了应对施工顺序混乱,管理不到位的问题提出的相应的对策。

2 施工过程中的关键技术防护措施

2.1 施工前精准探测与资料核实

在施工之前充分了解地下管线实际布置是非常重要的一个步骤也是制定合理的保护方案的基础,在以往主要是通过查看权属单位资料,或者在现场开挖坑洞来确认,但是遇到比较复杂的地下环境就很难达到预期效果了,在近年随着技术的发展出现了一些新型探测方式如探地雷达(GPR)利用的是电磁反射的方法可以扫描地下物体并且可以生成地下图像从而可以无损地检测到地下管线;而且香港理工大学的研究组还开发了多通道式的车载探地雷达能够大面积地扫描地下,并且获取地下管道图像,分析当土壤里有渗漏的时候管道所呈现出的特点,从而为以后判断地下管线状态提供了参照标准。而山西另一排水管网工程项目则是首开先例地使用了“科技+人工”的双重探测方式,在科技上使用是实时运动差分测量法(RTK),借助卫星系统与地面基站共同进行定点测量,能够准确地获取到管道位置坐标信息,在此基础上辅助以人力的排查,对探沟挖掘以及非金属探测器确认等方法来了解复杂地段和无金属管道的埋设情况。

2.2 管线保护专项方案编制与论证

通过对管线资料精准了解,应根据各条管线特性编制相应的保护措施,管线保护措施包括风险分析、防护标准、工艺流程、应急处理等内容,对于一些重要管线或者特殊工况条件还要组织专家评审会进行讨论研究。大连金州老城区雨污分流改造工程中由于当地地下水位较高以及潮汐比较明显同时地下岩层又很复杂,所以项目组结合物探地勘结果采取了“地面开挖下管+地下打孔穿管”的多种组合方式施工,在遇到不均匀岩层时还单独编制了一个定向钻专项设计,在路由选择、泥浆配置等多个方面都提高了一级施工技术指导书的要求,使得标高偏差降低到

25cm以内。专项方案制定要落实“一管线一策”,结合管线所使用的材质及管线投入使用的时间长短还有其重要程度等方面来制定相应的防范措施,从而提高针对性。

2.3 施工中动态监测与预警机制

在施工过程中进行实时监控可以有效的提前发现隐患问题从而防止安全事故的发生,所进行的监控主要是针对管线的沉降、位移、差异变形以及周围地下水水位的变化。传统的手工检查频率不高,滞后性也强,不能实现对施工的即时控制,而自动化监测设备的使用可做到随时采集信息并且能第一时间的传送到系统里来,提高了风险识别程度。监控信息的意义就是能够在第一时间发出警报并指导工程做出相应的措施,所以健全合理的预警机制很有必要。一般而言通过管线的重要性级别及保护规定设定黄色、橙色、红色三个等级的警戒线,在发生不同的情况采取不同的反应措施如加密巡查、进行技术检验或者停止工作等,构建起一个完整的“监测-预报-处理”的流程体系。上海某紧邻基坑污水管道防护项目,在施工过程中不断对现状污水管道进行跟踪测量,总沉降量达到最大值6mm(警戒值20mm),日沉降量最大值为1.2mm/d(报警值2mm/d),有效的保证了管道的安全。而更先进的技术是南京大学的研究小组开发出的LR-net深度学习法,使普通的通讯光纤可以具有“辨识+定位”两项本领,分布式声波传感(DAS)技术可以使一根光缆化身多个监测点,对于管道泄露及机械施工等现象可以实现95%以上的识别准确性并且反应速度小于一秒。伴随着人工智能及物联网技术的发展,监测预警系统逐渐向智能化、自适应的方向转变,给予地下管道的安全保护更好更可靠的保障。

2.4 管线加固与临时支护技术应用

如果管道不能移改或者施工影响难以避免的情况下,则采取物理防护及临时支护手段来保护管道的安全是最后一道屏障了,在加固支护方面也有很多种方法能够满足不同的环境需要。中交二航局在金州老城区项目上,由于受到地下水位较高造成的土体垮塌的问题,从而自主研发出一种“移动式液压管线支护装置”,外形如同装有滚轮的衣服架子,在调整好增压杆之后可以使支护钢结构升起至原有管道之下,从而达到给管道进行稳固支护的效果,这种设备适合小于等于1m的各种类型的管道,并且获得了国家发明新型的专利证书。表1列出了常用的一些管线加固支护方式及其应用条件如下所示。

3 管线防护的全过程管理策略

3.1 完善地下管线信息动态管理体系

建立健全精确的、完整的、可实时更新地下管线信息库是提高城市管线安全防护能力的前提条件之一。目前全国各城市正在抓紧地下管线信息化工作,上海连续开展了三次的架空线入地及杆箱改造的工作,同时推进了地下市政管线普查以及各管线产权单位的数据归档入库,截至

表 1 常见管线加固与支护技术对比

技术名称	适用管线类型	主要做法	核心特点	典型工况
悬吊保护法	刚性管线（铸铁管、混凝土管）	采用工字钢、槽钢等横跨基坑，吊索固定管线	施工快捷，但易产生振动	基坑开挖暴露管线较长时
支撑保护法	柔性管线（PE 管、钢管）	设置管枕、支墩或临时托架	稳定性好，但占用空间大	管线底部掏空需承托时
原位固化法（CIPP）	各类材质污水管道	将浸有树脂的软管拉入原管道，加热固化形成内衬	施工效率高、工期短、质量高	管道结构性缺陷需非开挖修复
MJS 加固法	紧邻基坑的重要管线	高压喷射注浆形成加固体，增强土体稳定性	可定向加固，挤土效应小	基坑围护与管线加固一体化施工
隔离桩法	紧邻施工区域的管线	施工钻孔灌注桩或钢板桩形成隔离带	有效阻断扰动，但造价较高	顶管、盾构进出洞周边

2019 年底，管线数据库包括市政管线 14 万多公里，街坊管线 4 万多公里；山东潍坊市把原来地下管线信息系统扩展成地下市政基础设施综合管理平台，管线属性内容由 33 条增至 84 条，增加了动态更新与管理、隐患管理、决策分析等 8 个子模块，做到地下管线数据全程化闭环管理^[1]。健全的信息管理系统应当包括采集、汇交、更新、共享全流程，厘清各权属单位的信息管理职责，保证信息时效性与精确度，还要制定信息脱敏脱密机制，以保障信息安全为基础来实现管线信息的对外开放。

3.2 强化施工与权属单位协同联动机制

管线保护包括建设方、施工方及监理方，以及供水、供气、供电、通讯等多个产权单位，要形成良好的沟通配合体系，在一个方面就是要做好开工前管线交底及签字确认工作。上海自主研发的地下管线巡查管理系统具备线上交底的的功能，建设项目提出交底申请后，系统会自动推送给相关部门，而且能够查询到项目的管辖范围内相关管线产权单位的交底负责人及现场看护人联系方式并能发送短信通知^[2]。在另一方面也要制定好产权单位驻场监督及紧急反应措施，对于涉及到重要的管线的施工地段，可以邀请产权单位派遣专员进行现场守护发现问题及时处理。沈阳市推行的“道路挖掘计划联审”，规定各个管线单位每年上报施工计划，由市政部门统一安排时序，“一次开挖，多次利用围挡”，大大降低了重复开挖给管线带来的影响。

3.3 落实全过程安全责任与考核制度

明确的权责分担以及严厉的责任追究是保证所有防范措施得以实行的有效制度。其一必须做到“五方主体责任”，即明确建设单位、勘察单位、设计单位、施工单位、监理单位各自对于管线保护应该承担什么样的责任^[3]；其二要建立健全管线保护工作奖惩及责任追究制度，对于由于野蛮施工、管理不到位造成管线破坏事件发生的相关单位以及责任人要依法依规进行严惩；上海在管线管理工作中规定，通过对线上管线交底模块加强了对于管线权属单位交底的监管，强化了权属单位本身的主体责任。北科院刘克会课题组还建议根据相关标准制定地下管线安全隐患治理知识图谱，以提升隐患治理辅助决策水平。全过程责任制需要把管线保护要求写入合同当中，在勘测设计、

施工前期准备、现场施工、竣工验收等环节都要体现管线保护的内容，做到全过程闭环管理。

3.4 推动信息化与智能化技术深度应用

伴随着物联网、大数据、人工智能等科技的进步，信息科技以及智能设备正在全方位为地下的管线安全保驾护航。各种新科技的应用让管线安全监管从“消极防范”向“积极预防”改变。表 2 总结了一些信息化及智能化技术对于管线安全保障的主要应用方式。

表 2 信息化与智能化技术在管线保护中的应用场景

技术类型	具体手段/工具	主要应用场景	核心功能与作用
数字化建模	BIM+GIS 技术	施工前管线碰撞检查、三维交底	可视化展示管线空间位置，提前发现冲突，优化施工路径
物联网监测	自动化传感器、北斗定位	施工中管线沉降、位移实时监测	数据自动采集、连续传输，超限即时预警
人工智能识别	深度学习网络（如 LR-Net）	管道微泄漏检测、第三方施工入侵识别	从复杂环境噪声中精准识别微弱信号，定位误差缩至米级
分布式光纤传感	分布式声学传感（DAS）	长输管道实时监测	变普通通信光缆为百公里级“分布式听觉传感”，每一米的光纤都是一种监测单元。
智慧工地平台	视频监控+AI 图像识别	现场违规开挖识别、机械作业管控	自动抓拍机械违规作业并预警，集成近电报警装置防止触电损伤

北科院城市生命线研究团队对地下管线结构风险问题进行全面深入的研究分析，弄清楚了其影响因素之间的相互作用机制及其演变关系；建立了地下管线结构风险影响因素的收集方法，地下管线运行环境危险性评价方法。南京大学研究团队所提出的 LR-Net 网络模型，在“双任务联合训练”的框架下，同时解决了微弱信号检测以及精确查找这两个困难的问题，使普通的通讯光缆拥有“智能警卫”能力。在以后的时间里，伴随着数字孪生、智能设备巡检等新型技术的应用推广，对于地下管线保护也将迎来更为智慧化的时代。

4 结语

市政工程施工期间地下管线保护是一个综合性很强

的工作,既要靠准确有效的技术方法又要依靠合理严密的管理体系支撑,本文是从风险的角度入手确定了管线资料缺失、施工扰动、管理混乱三个主要的风险点之后,在此基础上围绕探测核实、方案制定、实时监控、加固围护四个方面进行阐述具体的工程技术方法并在此基础上从信息化管理、联合防治、责任制落实、智能技术的应用等方面提出了全过程管理手段。通过实例表明,只有把技术和管理结合起来形成一个贯穿施工全过程,各方面的力量共同作用的一个防护网才能有效的防止地下管线破坏事故的发生,保证城市的基础设施的安全运转以及公共事业的服务不间断。伴随着信息化、自动化技术水平不断提高,在不久的将来对地下管线实施保护也将会越来越精细、到

位,从而有效保证城市的血脉畅通无阻,保障城市生命线安全。

[参考文献]

- [1]王琦佳.市政施工过程中的地下管线保护措施研究[J].工程技术研究,2024,9(13):139-141.
- [2]徐开铨,杨冲.市政施工过程中的地下管线防护措施探讨[J].中国住宅设施,2025(9):239-241.
- [3]王斌.探析市政施工中地下管线施工技术[J].中国建筑金属结构,2022(6):23-25.

作者简介:王继承(1976.8—),男,毕业院校:江西科技学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:海天建设集团有限公司。