

旧改项目中市政管线整合技术与管理模式探讨

曹汝冰

中电建湖北电力建设有限公司 湖北 武汉 430030

摘要：城市更新是推动城市高质量发展、提升居民生活品质的关键路径。在众多城市更新类型中，老旧小区改造（简称“旧改”）因其涉及面广、矛盾突出、实施难度大而备受关注。作为旧改工程的核心环节与先行基础，市政管线的整合与改造直接关系到项目成败、居民体验及城市韧性。然而，既有老旧小区普遍存在管线种类繁多、权属复杂、资料缺失、标准滞后、施工空间受限等“老大难”问题，使得管线整合工作面临前所未有的挑战。本文旨在系统剖析旧改项目中市政管线整合所面临的典型困境，深入探讨适用于此类复杂场景的先进整合技术，并在此基础上，创新性地提出一种以“全生命周期协同管理”为核心的综合管理模式。通过构建“规划引领-精细设计-智慧施工-长效运维”的闭环管理体系，结合BIM、CIM、物联网等数字技术赋能，旨在为破解旧改管线难题、提升城市基础设施现代化水平提供理论参考与实践路径。

关键词：老旧小区改造；市政管线；管线整合；协同管理；BIM技术

引言

随着我国城镇化进程从高速增长转向高质量发展阶段，城市更新已成为国家层面的战略部署。2020年，国务院办公厅印发《关于全面推进城镇老旧小区改造工作的指导意见》，标志着旧改工作进入全面提速的新阶段。旧改不仅是对建筑本体的修缮美化，更是对城市“里子”——即地下基础设施的一次系统性重塑。其中，给水、排水（雨水、污水）、燃气、热力、电力、通信（含广电）等各类市政管线，如同城市的“血管”与“神经”，其健康状况直接决定了城市运行的安全、效率与可持续性。然而，当前大量老旧小区建设年代久远，其地下管线系统普遍存在“多、乱、老、缺”四大特征。“多”指管线种类繁多，涉及多个专业部门；“乱”指管线布局混乱，交叉冲突严重，缺乏统一规划；“老”指管材老化、接口松动、承载能力不足，安全隐患突出；“缺”则指原始竣工资料缺失或严重失真，形成所谓的“管线黑洞”。这些历史遗留问题，在旧改过程中集中爆发，成为制约项目进度、增加工程成本、引发安全事故乃至激化社会矛盾的主要瓶颈。传统的“头痛医痛、脚痛医脚”式的管线改造模式，已无法满足新时代旧改对系统性、整体性和前瞻性的要求。因此，如何科学、高效、安全地完成市政管线的整合与更新，已成为摆在政府、建设单位、设计院和施工单位面前的一项重大课题。本文将从问题识别、技术革新与管理创新三个维度，对旧改项目中的市政管线整合进行系统性探讨。

1 旧改项目中市政管线整合的典型困境

旧改项目中的管线整合之所以困难重重，根源在于其独特的项目属性与复杂的外部环境交织叠加。

1.1 管线现状复杂且信息严重失真

这是所有困境的起点。许多老旧小区建成于上世纪八九十年代甚至更早，当时的建设档案管理不规范，加之多次零星改造，导致原始管线图纸要么缺失，要么与现状严重不符。管线的实际埋深、走向、材质、管径、连接方式等关键信息均处于未知状态^[1]。这种“盲区”极大地增加了勘察、设计和施工的风险，极易发生挖断管线、引发安全事故的恶性事件。

1.2 权属主体多元且协调机制缺失

市政管线分属水务、燃气、供热、供电、通信等多个专营单位，每个单位都有自己的技术标准、施工规范和利益诉求。在旧改项目中，若缺乏强有力的统筹协调机制，各管线单位往往“各自为政”，分别进场、分别开挖、分别回填，造成“马路拉链”现象反复上演。这不仅浪费了宝贵的地下空间资源，也给居民生活带来极大不便，严重影响了旧改的社会效益。

1.3 施工空间极度受限且环境敏感

老旧小区内部道路狭窄，两侧建筑密集，地下空间已被既有管线占满，可供新管线敷设的空间极为有限。同时，施工区域紧邻居民住宅，对噪音、粉尘、振动、交通阻断等扰民因素极为敏感。如何在“螺蛳壳里做道场”，既要完成复杂的管线迁改与整合，又要最大限度减少对居民正常生活的干扰，是对施工组织与技术方案的巨大考验。

1.4 技术标准不一且存在代际差异

不同年代、不同专业的管线，其设计标准、材料性能、接口形式存在巨大差异。例如，老旧铸铁给水管与新型PE管的连接，传统砖砌检查井与预制装配式检查井的衔接等，都需要特殊的技术处理。此外，旧改还需兼顾未来智慧城市的发展需求，如为5G微基站、智能传感设备预留通道和接口，这对管线整合的前瞻性提出了更高要求。

2 市政管线整合的关键技术路径

面对上述困境，必须依靠技术创新来破局。现代信息技术与先进工程技术的融合，为旧改管线整合提供了全新的解决方案。

2.1 精准探测与三维建模技术

精准掌握现状是整合的前提。应综合运用地质雷达、电磁感应法、惯性陀螺仪以及管道CCTV/QV检测等多种物探与内窥技术，对地下空间进行无损、高精度的“体检”。这些技术手段相互补充，能够有效克服单一方法的局限性，最大程度地还原地下管线的真实分布与健康状况。在此基础上，利用建筑信息模型（BIM）技术，将探测所得的海量数据转化为一个包含所有专业管线属性与空间信息的精细化三维数字模型。这个模型不仅是可视化的沟通工具，更是进行碰撞检查、施工模拟和工程量精确统计的核心载体。通过在虚拟空间中反复推演和优化设计方案，可以提前发现并解决绝大部分管线交叉冲突问题，真正实现“先试后建”，从而规避现场返工带来的成本与工期损失。

2.2 综合管廊（管沟）与共同沟技术

对于管线高度密集、改造空间异常紧张的核心区域，传统的直埋敷设方式已难以为继。此时，因地制宜地采用缆线管廊或小型综合管沟便成为一种集约高效的解决方案。与各自为政的直埋方式相比，管廊或管沟通过将多类性质相容的管线集中敷设于同一预制或现浇的结构体内，实现了地下空间的集约化利用^[2]。这种模式不仅大幅减少了路面反复开挖的面积和频次，有效缓解了“马路拉链”顽疾，而且为日后的维护、检修、扩容乃至更换提供了极大的便利。管线被置于一个可视、可达的物理空间内，其运行状态一目了然，安全风险显著降低。更重要的是，管廊内部可为未来智慧城市所需的各类传感器、微基站等新兴设施预留充足的物理通道和安装接口，充分体现了旧改工程的前瞻性与可持续性。

2.3 非开挖修复与更新技术（trenchless technology）

针对部分尚有使用价值但存在局部结构性或功能性缺陷的老旧管线，大规模开挖更换并非唯一选择。非开挖修复与更新技术为此类问题提供了扰动最小、效率

更高的替代方案。通过原位固化法（CIPP）、穿插法（PipeBursting）或螺旋缠绕法等工艺，可以在几乎不破坏地面的情况下，对旧管道进行内衬加固、整体替换甚至扩径升级。这些技术尤其适用于穿越重要建筑物基础、河流、铁路或主干道等敏感区域的管线段，能有效规避因大规模开挖引发的交通瘫痪、环境污染和居民投诉等一系列社会问题，是实现绿色、和谐旧改的重要技术支持。

2.4 智慧化与数字化集成技术

管线整合的终极目标不仅是物理上的更新换代，更是为构建智慧城市奠定坚实的感知与数据基础。因此，在物理整合的同时，必须同步推进数字化集成。这要求在关键节点和管段植入压力、流量、水质、温度及泄漏等智能传感设备，实现对管线运行状态的实时、动态感知。进而，将这些物联网（IoT）数据与前期构建的BIM模型、地理信息系统（GIS）数据深度融合，共同构筑起小区级的城市信息模型（CIM）底座^[3]。在此基础上，应用数字孪生技术，打造一个与物理世界完全镜像的数字管线系统。这个系统不仅能用于日常的可视化监控，更能支撑预测性维护、应急指挥调度、能耗优化分析等高级智能化应用，使旧改成果从一次性工程转变为可长期运营、持续增值的智慧资产。

3 构建“全生命周期协同管理”模式

技术是手段，管理是保障。要真正实现旧改管线整合的高效与长效，必须打破传统碎片化的管理模式，构建覆盖“规、设、建、管”全链条的协同管理体系。

3.1 规划引领阶段：强化顶层设计与统筹

成功的管线整合始于高屋建瓴的规划。在旧改项目立项之初，政府主管部门就应牵头编制《老旧小区市政管线综合改造专项规划》，明确整合的总体目标、技术路线、空间布局、投资框架及分步实施策略，以此作为统领全局的行动纲领。这一规划必须超越单个小区的范畴，主动与上位的城市总体规划、控制性详细规划以及其他相关专业专项规划进行深度衔接，确保地下空间资源的分配既满足当前改造需求，又符合城市长远发展的战略方向，真正实现“多规合一”与“一张图”管理。

3.2 精细设计阶段：深化协同设计与BIM应用

设计阶段是将规划蓝图转化为可实施方案的关键环节。此阶段应由建设单位主导，强力整合各管线权属单位、设计院及BIM咨询方，组建一个权责清晰的联合设计团队。通过建立常态化的协同设计会议机制，各方围绕管线路由、标高控制、检查井定位等核心议题进行充分协商与博弈，最终达成共识。整个设计过程应强制推行

基于统一BIM平台的正向协同设计,利用软件强大的自动化功能进行全专业、全系统的碰撞检查,并在此基础上生成精确无误的施工图纸与工程量清单^[4]。最终交付的设计成果,不应仅仅是二维图纸,而是一个包含了完整几何与非几何信息的、可交付、可运维的管线信息模型,为后续的施工与运维奠定坚实的数据基础。

3.3 智慧施工阶段:优化组织与精细管控

进入施工阶段,管理模式的优劣直接决定了整合效果。大力推行“一体化”或EPC(设计-采购-施工)总承包模式是破解多头管理困局的有效途径。由一家具备综合实力的总承包商对所有管线的施工负总责,能够从根本上理顺界面关系,实现各专业队伍间的无缝衔接与工序优化。在具体施工过程中,应广泛应用智慧工地管理系统,借助无人机巡检、AI视频监控、人员定位和环境监测等技术,对施工现场进行全方位、全天候的智能管控。特别是对于高风险的地下开挖作业,必须严格执行“先探后挖”的铁律,并可通过BIM与AR(增强现实)技术的结合,将虚拟模型精准叠加到现实工作面上,为一线工人提供直观、准确的施工指引。与此同时,建立高效的内外部沟通与应急响应机制至关重要,既要确保与各管线单位的信息畅通,也要通过设立现场指挥部、开发居民沟通小程序等方式,及时回应社区关切,化解施工扰民矛盾。

3.4 长效运维阶段:实现资产移交与智慧运营

旧改项目的终点并非竣工验收,而是长效运维的开始。项目竣工后,必须将包含所有管线属性、空间、竣工资料及检测报告的完整BIM模型,作为一项核心数字资产,正式移交给城市管理部门或指定的专业运维机构,建立起权威、唯一的管线资产数据库。为打通建设与运维之间的信息壁垒,可积极探索“建管一体化”模式,鼓励总承包商在一定期限内承担管线的初期运维工作,利用其在建设期积累的丰富数据和技术优势,提供更专

业、更高效的运维服务。最终,这些小区级的管线数据应被纳入城市级CIM平台,成为城市“生命线”工程监测预警体系的有机组成部分,为提升整个城市的安全韧性与治理能力贡献底层数据力量。

4 结语

市政管线整合是旧改项目成功与否的“胜负手”。面对历史欠账多、现实约束紧的复杂局面,唯有摒弃零敲碎打的旧思维,拥抱系统整合的新范式。本文提出的以“全生命周期协同管理”为核心,以BIM/CIM等数字技术为引擎,融合综合管廊、非开挖技术等先进工法的整合路径,为破解旧改管线困局提供了可行的方案。未来,随着“新城建”战略的深入推进和数字中国建设的加速,旧改中的管线整合将呈现出三大趋势:一是更加智能化,从物理整合迈向数据融合与智能决策;二是更加绿色化,广泛应用环保材料与低碳施工工艺;三是更加人本化,将居民体验置于核心位置,实现工程建设与社区营造的和谐共生。各级政府、建设主体及相关企业应加强顶层设计,完善法规标准,加大技术创新与模式探索力度,将每一次旧改都打造成提升城市韧性、增进民生福祉、推动治理现代化的典范工程。唯有如此,才能真正让城市“血管”畅通无阻,为人民群众创造更加安全、便捷、美好的生活环境。

参考文献

- [1]程芳兰,谢昱.智慧城市发展背景下市政管线综合规划与绿地系统优化配置研究[J].智能建筑与智慧城市,2025(9):180-182.
- [2]刘志强.市政工程施工地下管线的安全保护探析[J].越野世界,2022,17(7):104-106.
- [3]张国磊.市政路桥代建项目甲方综合管线管理工作要点研究[J].中国住宅设施,2025(11):236-238.
- [4]魏艳春,蒙洁.城市地下综合管廊建设管理模式经济性分析[J].价值工程,2025,44(33):51-53.