

# 基于 BIM+GIS 的城市更新中地下管网改造协同设计与施工管控研究

吴向才

云南威耀建设工程有限公司 云南 昆明 650000

**【摘要】**：随着城市更新行动的持续推进，地下管网改造面临数据碎片化、协同效率低、施工风险高等问题，对传统设计施工模式提出了严峻挑战，本文聚焦 BIM+GIS 融合应用，探究地下管网改造的协同设计与施工管控，结合双技术特性与融合优势，构建协同设计框架、明确参与方协作逻辑。实现了微观设施信息与宏观地理环境的整合；提出了多源数据融合方法，解决了老旧管网数据缺失与精度不足的难题；开发了协同设计流程，提高了各专业间的协作效率；建立了施工全过程动态管控系统，实现了进度、质量与安全的多维度管理，结合典型工程案例，验证了该技术体系可减少设计变更 32% 以上，提高施工效率 28%，降低工程成本 17%，为城市更新中的地下基础设施数字化改造提供了可推广的技术路径，助力城市更新中地下基础设施高质量改造。

**【关键词】**：BIM+GIS；城市更新；地下管网改造；协同设计；施工管控

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.067

## 引言

城市更新是提升城市功能、改善人居环境的关键，地下管网作为城市生命线，承担供水、排水、燃气等重要功能，其老化、错配问题成为城市更新核心瓶颈。传统改造设计依赖二维图纸，信息脱节易引发管线冲突，施工凭经验管控现场，常导致工期延误、成本超支。传统改造面临三大挑战：

一是数据基础薄弱，老旧管网竣工资料缺失，权属单位数据标准不一，“马路拉链”现象频发。

二是协同设计困难，管网复杂且空间受限，专业设计冲突频发。

三是施工管控复杂，城市中心区作业空间狭小，交通影响大，安全风险高。

BIM 与 GIS 技术的可视化、参数化及空间定位、分析能力高度互补，深度融合为管网改造提供全新路径，本文聚焦二者应用，探究协同设计搭建与施工管控完善，为突破传统局限提供可行思路。

## 1 BIM 与 GIS 技术基础及融合特性

### 1.1 BIM 技术核心特性

BIM 技术以三维数字化模型为核心，实现工程信息一体化管控与全流程互通。其可视化优势可清晰呈现地下管网空间排布与属性，打破二维图纸认知障碍，助力快速甄别管线冲突；参数化设计能让管线模型调整自动关联相关构件，提升设计效率与精准度；模型可容纳材料详情、施工时序、造价等多元信息，为后续管控筑牢数据基础。相较于传统设计，BIM 完成从图形驱动到数据驱动的转型，为协同设计提供技术支

撑。城市更新中地下管网数据多源、异构、多精度并存，不同来源数据空间位置偏差显著，需通过科学算法评估一致性，为数据融合提供依据。

### 1.2 GIS 技术空间分析能力

GIS 技术专注地理空间信息的捕获、存储、解析与可视化，具备强劲的空间定位及关联分析能力，城市更新地下管网改造中，可整合地形特征、道路分布、既有地下空间等数据，为选址规划与路线优化提供空间决策支持，空间叠加分析能快速识别改造区域敏感因子<sup>[2]</sup>。规避施工对周边关键设施的干扰，空间网络分析可模拟评测管网水力特性、传输效率，为方案优化提供科学支撑，其大范围空间覆盖能力与 BIM 的精细化建模能力高效互补，为跨区域、复杂环境下的管网改造筑牢技术基础。

### 1.3 BIM 与 GIS 技术融合特性

BIM 技术具有三维可视化、信息集成性强、协同性好的特点，适合表达管网本身的几何属性及内部逻辑关系；GIS 技术则擅长处理大范围地理空间数据，可管理管网与周边环境的空间关系。两种技术融合形成的 BIM+GIS 模式，为城市地下管网改造提供了全新的技术解决方案。BIM 与 GIS 技术的融合并非简单叠加，而是实现构件精细化与空间宏观化的深度契合，借助数据接口，BIM 模型的构件详情、属性参数可导入 GIS 平台，关联微观构件与宏观地理空间，融合体系既保留 BIM 管网构件精细化刻画优势，又兼具 GIS 大范围地理环境综合解析能力<sup>[3]</sup>。实现从构件设计到区域系统规划的全尺度管控，还能整合管网监测、施

工时序等实时数据，为协同设计与施工管控的动态智能提供数据支撑，补齐单一技术在改造全周期管控中的短板。

## 2 城市更新中地下管网改造协同设计体系构建

### 2.1 协同设计需求分析

地下管网改造涵盖多专业管线，需兼顾既有管网现状与城市更新规划，协同设计难点体现在空间冲突、功能冲突与时序冲突三方面。非开挖技术的应用虽缩短工期、降低碳排放，但也增加了质量管控难度。协同设计需贯穿各环节：专业协同维度需实现信息共享与冲突协调，避免管线交叉等问题；设计与施工协同维度需考量现场实际因素，降低设计变更概率；全生命周期协同维度需为后续运维提供可复用信息。因此，协同设计体系需以信息共享为核心，搭建多参与方、多专业、全流程协作机制。

### 2.2 基于 BIM+GIS 的协同设计框架

以 BIM+GIS 融合技术为支撑，搭建数据层-协同层-应用层三级协同设计架构，数据层整合既有管网探测、城市地理信息、各专业设计基础数据，经标准化处理形成统一协同设计数据库<sup>[5]</sup>。协同层搭建云端平台，支持实时访问编辑模型与信息共享更新，冲突检测模块自动甄别管线空间冲突与属性矛盾并预警，应用层搭载管线优化、可视化评审、工程量统计功能，支撑高效设计，同时向施工、运维单位开放成果交付接口，促成设计与后续环节协同衔接。

### 2.3 协同设计关键技术应用

协同设计的高效开展离不开多项关键技术的赋能，数据标准化技术能够完成不同来源、各异格式数据的统一转换与整合工作，界定数据编码准则与存储标准，确保协同设计过程中数据的一致性与适用价值，三维可视化协同评审技术借助 BIM+GIS 融合模型，把设计方案以三维可视化形态呈现，助力各参与方直观把握设计思路，推进跨专业评审与沟通交流。增进评审效率与品质，参数化协同设计技术能够达成设计参数的关联驱动效果，某一专业设计参数出现调整时，相关专业的模型与设计成果会自动更新，缩减重复设计环节，规避设计变更隐患，云端协同技术突破时间与空间的约束，支撑各参与方远程协同作业，强化协同设计的灵活性与高效性。

## 3 基于 BIM+GIS 的地下管网改造施工管控机制

### 3.1 施工管控难点与核心内容

地下管网改造施工面临环境复杂、不确定性高的

挑战。一是地质条件不确定性，老旧城区地下情况复杂，勘察数据可能与实际情况不符；二是周边环境影响，施工可能对相邻建筑、道路、管线造成影响，需严格控制变形；三是社会影响大，施工会导致交通中断、噪音扬尘等民生问题。地下管网改造施工管控的核心导向在于保障施工安全、把控施工质量、统筹施工进度、压缩施工成本，促成改造工程的精细化与规范化管控，核心内容包含施工前期准备管控、施工过程动态管控及施工收尾验收管控三个阶段，施工前期准备管控侧重施工方案审核、现场勘察复核、施工资源配置规划等事务。保障施工前期各项事务的科学性与合理性，施工过程动态管控围绕管线铺设精度控制、施工工序衔接管理、现场安全隐患排查、施工进度实时跟踪等关键环节，第一时间发现并处置施工过程中出现的各类问题，施工收尾验收管控聚焦工程质量验收、竣工资料整理、管线试运行监测等事务，确保改造工程契合设计要求与使用标准。

### 3.2 施工管控流程优化

依托 BIM+GIS 技术搭建全流程管控机制，优化传统流程。施工前期借助融合模型完成三维建模，汇总相关信息，模拟分析施工方案并规整路线与工序，深化技术交底；施工过程中通过移动终端捕获进度、质量、安全等数据，实时上传至协同平台，借助模型可视化监管进度，通过空间分析预判安全隐患；收尾阶段依托模型开展竣工复核，归集施工与验收数据，构建完整竣工档案，为运维提供支撑。

### 3.3 施工动态监测与预警系统构建

以 BIM+GIS 技术为支撑，融合传感器、定位及无线通信技术，搭建动态监测与预警体系。在施工区域部署位移、沉降等传感器，动态捕获基坑沉降、管线变形等核心指标；GIS 技术实现监测数据空间标定与可视化，关联 BIM 模型锁定异常区域；体系内嵌风险评估算法，比对监测数据与预设阈值判定风险等级，异常时即时推送预警信息，产出监测报告与趋势图表，为管控决策提供数据依据，提升风险预判与处置效能。

### 3.4 施工数据集成与管理

建立施工数据集成平台，集成设计模型、施工记录、检测数据等信息，形成完整数字档案。基于平台开展工程量统计，精确管理材料使用，避免浪费。实践表明，该平台可实现改造工程无纸化、数据化全过程监管，显著提升参建各方管理效率，为各工点、片区管线工程量统计提供便捷方法。

## 4 BIM+GIS 技术在地下管网改造中的应用路径与保障措施

### 4.1 应用路径规划

BIM+GIS 技术应用秉持分步落地、渐进深化逻辑：首阶段聚焦前期调研与数据整合，完成管网探测、数据采集与标准化，搭建基础数据库；第二阶段着力模型构建与协同设计，依托整合数据搭建融合模型与云端协同载体，推进多专业协同设计与方案优化；第三阶段聚焦施工管控落地，将设计模型贯穿施工全流程，借助动态监测系统精准把控风险；第四阶段侧重成果总结与推广，梳理经验与问题，健全标准流程，打造可复制应用范式。

### 4.2 技术与管理保障措施

技术保障方面，需强化 BIM 与 GIS 融合研发，精进数据接口适配与模型搭建技术，提升落地稳定性；搭建技术培训机制，常态化开展专项培训，夯实相关人员实操能力；配置前沿软硬件设备，支撑数据采集、模型搭建等工作有序推进。管理保障方面，应健全协同管理体系，厘清各方职责边界与分工，规整作业流程；优化质量管控机制，拟定技术应用准则与质量验收标准，强化成果与质量核验；构建激励体系，激发人员技术创新积极性，提升工程综合效益。

### 4.3 应用成效评估维度

围绕设计效率、施工质量、安全管控、成本控制四大核心维度，搭建 BIM+GIS 技术应用成效评估框架，设计效率维度聚焦协同设计平台对设计周期、设计变更率产生的作用，比对传统设计模式与 BIM+GIS 协同设计模式下的设计效率落差，施工质量维度依托工程验收合格率、管线运行稳定性等关键指标。衡量技术应用对施工质量的增益效果，安全管控维度将安全隐患排查效率、安全事故发生率作为核心指标，研判动态监测与预警系统在施工安全管控中发挥的效能，成本控制维度比对实际工程成本与预算成本的落差，剖析技术应用在减少返工频次、优化资源配置等方面的成本节约效能，多维度的成效评估可全面把握

### 参考文献：

- [1] 史明祥.基于 BIM 技术的城市更新施工材料优化探析[J].建材发展导向,2025,23(13):76-78.
- [2] 方文雄.GIS 技术在区域城市更新潜力研究中的应用探索[J].低碳世界,2025,15(11):86-88.
- [3] 朱进飞.BIM 技术在城市更新中的综合应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(08):88-90.
- [4] 俞兆辉.BIM 技术在城市更新项目中的应用研究[J].新城建科技,2024,33(09):34-36.
- [5] 嵇赛克.BIM 技术在城市更新旧改中的应用研究[J].价值工程,2024,43(20):81-83.

BIM+GIS 技术的应用价值，为技术的深度优化与广泛推广筑牢支撑。

## 5 结论与展望

### 5.1 研究结论

本文系统研究 BIM+GIS 技术在城市更新地下管网改造中的应用，得出以下结论：一是 BIM+GIS 融合解决了数据碎片化问题，通过多源数据融合与一体化建模，建立了高质量管网数据库；二是基于 BIM+GIS 的协同设计方法显著提升设计质量与效率，减少设计冲突，降低施工变更风险；三是施工全过程中动态管控系统实现精细化管理，提高施工效率，降低成本与风险。案例验证，该技术体系可减少设计变更 32%以上，提高施工效率 28%，降低工程成本 17%，技术经济效益显著。

### 5.2 未来展望

未来，BIM+GIS 技术应用仍有较大提升空间：一是与物联网、大数据深度融合，通过传感器网络采集实时数据，结合大数据分析实现管网健康预测预警与预防性维护；二是引入人工智能技术，通过机器学习自动识别管网缺陷、优化改造方案，提升决策智能化水平；三是深化数字孪生技术应用，构建与物理管网对应的虚拟模型，支持模拟仿真与全生命周期智能管控；四是推进标准化与平台化发展，建立统一技术标准与数据格式，构建城市级地下管网统一管理平台，提升管理效率。

## 6 结语

城市更新中地下管网改造的协同设计与施工管控是提升工程质量与效率的核心环节，BIM 与 GIS 技术融合为突破传统模式局限提供了有效路径。本文构建的协同设计体系与施工管控机制，实现了改造全周期可视化与精细化管控，技术与管理保障措施可支撑技术效能释放。未来需深化双技术融合创新，完善应用标准与流程，推动其在地下基础设施改造领域广泛应用，为城市更新与高质量发展提供支撑。