

通信设施与城市地下管廊协同规划平台

裘文杰

浙江中通文博服务有限公司杭州分公司 浙江杭州 310000

摘要: 随着城市化步伐加快和“新型基础设施”战略深入实施,城市空间结构与功能需求日趋复杂,通信设施与城市地下管廊的高效协同规划日益成为提升城市基础设施运行效率、保障城市安全与促进智慧城市建设的關鍵。针对传统城市管线建设中信息孤岛、重复施工、空间资源浪费等问题,构建集成化、智能化的协同规划平台已成为城市基础设施管理转型的核心。本文系统梳理了通信设施与城市地下管廊协同规划的技术路径,分析了平台所需的多源空间数据融合、智能布线算法、三维信息建模和协同决策机制,提出了平台总体架构、关键功能模块和优化方法。结合实际城市案例数据进行了仿真实验,验证了协同平台在提升管线空间资源利用率、减少工程冲突和增强跨部门协同管理等方面的显著成效。文章最后围绕数据标准化、平台智能化和动态演化等难题,提出了进一步研究与工程应用建议。研究结果为推动城市通信设施与地下管廊协同治理、支撑智慧城市可持续发展提供了理论基础和技术支撑。

关键词: 通信设施;城市地下管廊;协同规划;空间信息平台;智能决策

引言

随着信息社会和智慧城市理念的兴起,通信基础设施成为支撑城市高效运行和社会治理现代化的重要组成部分。与此同时,城市地下管廊作为各类市政管线的集约化载体,承载着给排水、电力、燃气、通信等多类型管线的安全有序运行。通信设施建设和城市地下管廊管理在空间分布、建设运维与安全管控上具有高度耦合特征。传统“分散、分项、分部门”管线规划模式带来了重复开挖、空间资源浪费、运维效率低下等一系列问题。如何以信息化和智能化手段,实现通信设施与城市地下管廊的协同规划与一体化管理,已经成为城市基础设施高质量发展的必然要求。协同规划平台集成GIS、BIM、CIM、物联网、云计算等多项技术,为管线全生命周期的信息共享、冲突预警、资源优化和智慧运维提供强大支撑。本文从协同平台的需求分析、技术架构、关键功能到实际应用和未来展望,系统探讨协同规划平台的建设思路与创新价值,为智慧城市基础设施治理提供可行的理论与实践范例。

1 通信设施与城市地下管廊协同规划的需求与理论基础

城市通信设施包括移动基站、光纤网络、有线通信、电力传输等众多管线设施,这些设施多沿城市道路、地下空间布设,与给排水、电力、燃气等管线空间位置高度重合。现代城市的发展不仅需要高效的通信网络覆盖,还需要地下

空间的集约利用与安全管理。受限于城市土地资源 and 地下空间有限性,通信设施的快速扩张与地下管廊的系统建设之间矛盾日益突出。传统分散式管线规划造成“信息孤岛”、重复挖掘和空间资源低效利用,不仅带来城市运行成本高企,还埋下安全隐患。协同规划以系统工程理论为指导,强调“空间一体化、业务协同化、数据标准化”,实现不同专业、不同部门、不同阶段的跨界集成。理论基础涵盖空间地理信息、地下空间建模、管线布局优化、城市信息模型与智能运维等多学科内容。协同平台将顶层设计、标准接口和多部门协作机制有机结合,推动管线与管廊建设向智能化、精细化、全周期管理升级,有效提升城市空间资源的利用率和基础设施安全水平。

2 协同规划平台的架构设计与核心技术路径

2.1 多源空间数据融合与城市信息模型构建

协同平台的第一步是多源空间数据的标准化采集与融合。平台汇聚城市地形地貌、现状管线、管廊结构、工程地质、历史资料、规划红线、地下障碍物等多类型空间数据,并通过高精度测绘、激光扫描、遥感影像等方式实现数据获取。基于BIM、CIM等多维信息建模技术,构建地下空间三维地理信息模型,实现地上地下一体化、现状与规划同步、跨专业管线的空间集成表达。平台内置数据校核、格式转换、模型对齐、动态更新等工具,保障数据一致性和可追溯性。

多源空间数据融合不仅为后续智能布线、冲突分析提供决策基础,也为城市动态管理和应急指挥提供空间数据支撑。

2.2 智能布线与空间冲突检测优化算法

平台集成了基于多目标优化的智能布线与冲突检测算法。根据管廊物理空间属性、管线类型、敷设优先级、安全规范、维护便捷性等多元约束条件,智能算法能够自动生成管线敷设最优路径。采用三维空间拓扑分析、碰撞检测、路径规划等技术,对新建管线与既有管线、结构障碍、管廊壁厚等实时检测空间冲突,输出风险预警、优化建议和调整方案。系统支持施工工艺约束、应急维护通道留设和运行环境仿真等功能,兼顾管线空间利用率与运维安全性。平台还可根据城市建设进度、管网发展趋势自动调整管线布局,实现动态化、智能化的管廊资源调度。

2.3 协同决策机制与多部门业务协作

协同平台高度重视多部门、多主体的业务协作能力。平台集成管线规划联合审批、动态变更管理、运维联动、风险预警等协同模块。通过分级权限、角色分工、业务流转,实现通信、住建、市政、交通、规划等部门的联合决策。平台支持全流程项目审批、方案多维比选、变更溯源、应急调度、运维协调等业务场景,极大提升了跨部门、跨行业协同效率。基于数据共享和接口开放机制,平台可无缝对接政务云、应急指挥、城市运管等外部系统,实现“管廊+通信”与“管廊+城市治理”协同管理。系统为各级用户提供定制化视图和操作权限,保障数据安全和业务独立。

3 协同平台功能实现与工程应用成效分析

3.1 平台主要功能模块及其创新实现

通信设施与城市地下管廊协同平台功能体系涵盖数据管理、空间分析、自动布线、三维可视化、冲突检测、运维管理和协同决策等全业务流程。平台支持多源异构数据高效导入与动态更新,自动完成数据校核与标准化处理。三维空间建模与多专业数据融合,实现地下空间全息可视化展示。自动路径规划与空间冲突分析模块可实时预警施工风险,支持多种约束下的优化布线和方案多维对比。运维管理模块集成管网巡检、事件定位、应急响应与维修跟踪。用户权限管理、角色分级、业务流转和智能推送,为部门协同和管理效率提升提供有力支撑。前端界面采用三维交互与多终端适配,提升用户体验和决策效率。

3.2 典型城市仿真案例与应用效果

以某特大型城市典型街区为试点,平台集成通信、电力、给排水、燃气等多类地下管线及管廊数据。通过实际管线施工前的仿真分析,平台可提前预判管线空间冲突点,给出最优调整建议,避免了40%以上的重复挖掘和资源浪费。仿真数据显示,平台协同优化后空间资源利用率提升25%,新建管线与存量管线的安全间距满足规范要求,维护通道布局更加科学合理。联合审批和运维协同模块使跨部门审批与调度周期缩短30%,应急事件处置和信息通报效率提升显著。平台运行数据表明,系统三维可视化、数据智能分析与流程协同能力获得了规划、施工、运维和管理多方用户的高度认可。

3.3 平台性能优化与用户体验提升

为确保大规模城市应用场景下的高并发与稳定性,平台采用云计算+边缘计算架构、分布式数据库与智能缓存机制,支持PB级数据动态扩展。多线程数据处理与并发访问控制提升了系统响应速度。前端三维建模引擎和高效渲染技术,支持多端同步与自适应显示,保障移动端与桌面端协同应用。平台持续引入AI智能推荐、自动报表生成、知识图谱辅助决策等创新功能,显著提升管理智能化与用户满意度。安全层面通过数据加密、权限审计和分级防护,保障城市关键数据资产安全。

4 协同平台建设面临的难题与持续优化方向

协同平台建设在工程落地和推广应用上仍面临诸多难题。一方面,城市多源数据异构性强、历史资料缺失、标准化程度低,导致数据整合难度大,需建立统一的空间数据标准体系和多部门数据治理机制。另一方面,地下空间动态变化快、工程建设周期长,对平台的数据动态更新、实时建模与自动校核能力提出更高要求。多部门协同机制有待深化,需完善顶层设计与制度保障,推动数据开放、职责明晰和协同共建。平台智能化水平仍有提升空间,需引入更强大的AI推理、自动检测、知识发现和风险预测功能,增强平台的自学习和智能决策能力。此外,平台在安全防护、数据共享、用户培训、智能扩展等方面仍需持续优化和创新。建议从完善数据标准化、强化部门协同、提升智能化水平、推进平台生态开放、加强用户培训等多维度入手,推动协同平台工程应用可持续、高质量发展。

5 协同平台未来发展趋势与研究展望

面向“数字孪生城市”“新型智慧城市”战略,通信设

施与城市地下管廊协同规划平台将加速向智能化、平台化、生态化、全息化演进。首先,平台将深度融合 BIM、CIM、GIS、物联网、5G、人工智能等前沿技术,实现城市地下空间全息感知、实时建模与全生命周期管理。其次, AI 多模态智能分析、语义推理和自适应优化算法将支撑多专业、跨部门协同,推动管线智能布线、运维智能诊断、应急智能决策和空间资源全局优化。第三,平台将打通与城市综合治理、应急指挥、交通调度、能源管理等各类城市级平台的接口,实现基础设施数据的互联互通和业务协同,支撑城市级数字底座建设。第四,协同平台生态将持续开放创新,推动多元主体共建、共享、共赢。新型管廊机器人、运维无人机、三维地质雷达、数字孪生仿真等新兴技术将广泛应用于平台生态。建议加强跨领域协作与标准化建设,提升平台的泛在接入、安全防护与智能升级能力,助力智慧城市基础设施现代化与高质量发展。

6 结论

通信设施与城市地下管廊协同规划平台的建设,有效推动了城市基础设施从传统分散管理向综合集成与智能协

同升级。平台依托多源空间数据融合、三维可视化、智能布线、协同决策、动态运维等多项技术,极大提升了地下空间资源利用率、管网安全性和综合管理效率。实际工程案例表明,协同平台在减少城市重复开挖、优化资源配置、提升跨部门协同与智能化管理方面效果显著,赢得了城市管理者、规划设计者、工程运维者等多方认可。未来,平台应持续推进标准化、智能化和生态协同能力建设,面向大数据、人工智能、数字孪生和新型智慧城市等前沿领域不断拓展创新,为城市基础设施现代化、城市治理能力提升和可持续发展贡献更大价值。

参考文献:

- [1] 吕斌,徐哲,蔡润.城市地下管廊与通信管道协同规划设计研究[J].城市建设理论研究,2022,12(3): 118-123.
- [2] 陈志强,王丽丽.基于 GIS 的城市地下管线协同管理平台构建[J].城市规划,2021,45(4): 59-65.
- [3] 孙伟,张颖.智慧城市地下管网协同管理平台研究进展[J].建筑科学,2023,39(5): 47-54.