

# 市政给排水管道施工中数字信息化技术运用分析

许伊宁

330302\*\*\*\*\*4831

**摘要:** 随着城市化进程的加速与智慧城市理念的深入,市政给排水管道工程正面临复杂度高、协调难度大、运维要求精细化的挑战。传统施工管理模式在效率、精度与全生命周期管理方面已显乏力。以建筑信息模型(BIM)、三维地理信息系统(3D-GIS)等为代表的数字信息化技术,为给排水管道工程的设计、施工与运维带来了深刻的变革。本文系统分析了BIM技术在管线三维设计、碰撞检查、工程量计算及管道规划中的应用逻辑与价值;探讨了基于3D-GIS技术构建集成空间、属性与拓扑关系的给水管网实景模型与有向赋权图优化方法;并进一步阐述了BIM技术在施工阶段的虚拟建造、可出图性及可运维性应用场景。研究表明,数字信息化技术的融合运用,能够显著提升市政给排水管道工程的方案优化能力、施工精度、管理效率与智慧运维水平,是实现工程全生命周期数字化、智能化管理的关键路径。

**关键词:** 市政给排水; 管道施工; 数字信息化; 建筑信息模型(BIM); 三维地理信息系统(3D-GIS); 全生命周期管理

**DOI:** 10.69979/3060-8767.26.03.058

## 引言

市政给排水系统作为城市赖以生存和发展的“生命线”与“静脉”,其规划、设计、施工及运维质量直接关系到城市公共安全、水资源利用效率及居民生活质量。近年来,城市地下空间开发日趋密集,管线网络错综复杂,加之绿色施工、精细管理要求的不断提高,使得传统依赖二维图纸、经验判断和分段式管理的工程模式,在应对设计冲突、施工协同、成本控制及后期运维等环节时,暴露出信息割裂、效率低下、错误频发、难以追溯等诸多弊端。在此背景下,以数据为核心、以模型为载体、以协同为目标的数字信息化技术,成为推动市政给排水行业转型升级的核心驱动力。

其中,建筑信息模型(BIM)技术以其参数化、可视化、可模拟、可协同的特性,正逐步渗透至工程建设全生命周期。三维地理信息系统(3D-GIS)则擅长于大尺度空间数据的获取、管理、分析与可视化,尤其对于与城市地理空间紧密关联的地下管网系统具有天然优势。将BIM的精细构件信息与3D-GIS的宏观地理空间信息深度融合,构建从微观设备到宏观环境的数字孪生模型,已成为行业发展的前沿方向。本文旨在紧密结合市政给排水管道工程实践,系统分析BIM与3D-GIS等数字信息化技术在设计与施工阶段的具体应用逻辑、技术方法及其产生的综合效益,以期为推动该领域的技术应用深化与标准化提供参考。

## 1 基于BIM技术的市政给排水管线设计

传统二维设计模式下,给排水管线与其他专业管线(如电力、通信、燃气)及结构主体之间的空间位置关系主要依赖设计人员的空间想象力与经验进行协调,极易产生“错、漏、碰、缺”等问题,往往在施工阶段才得以暴露,导致设计变更、返工和成本浪费。BIM技术的引入,从根本上改变了这一设计范式,实现了从二维平面到三维立体、从静态图纸到动态信息模型转变。

### 1.1 三维设计

在市政给排水管线设计阶段,BIM技术的核心应用首先体现在三维协同设计上。设计人员基于统一的BIM平台与标准,创建包含精确几何尺寸、空间位置、材料属性、水力参数等信息的给排水管线三维模型。这一模型并非简单的三维可视化,而是承载了丰富工程数据的参数化数字实体。例如,一段管道模型关联着其管径、材质、粗糙系数、设计流量、上下游连接关系等信息。所有专业的设计均在同一个三维空间环境中进行,实现了真正意义上的三维协同。这种工作模式使得管道与桥梁墩柱、综合管廊内部结构、其他市政管线之间的空间冲突一目了然<sup>[1]</sup>。

### 1.2 碰撞检查

碰撞检查是BIM技术在设计阶段最具价值的应用之一。通过运行专业的碰撞检测软件,系统可以自动检测给排水管线模型与结构、建筑、机电等其他专业模型之间的硬碰撞(实体交叉)与软碰撞(如不满足安装检修空间)。在传统流程中难以发现的大量隐蔽冲突,能

能够在施工前被精准定位并生成详细的碰撞报告。设计团队据此进行协同修改与优化,直至消除主要冲突。这一过程不仅大幅减少了施工阶段的变更与返工,保障了施工进度,也显著提高了各专业图纸的一致性,提升了设计整体质量。

### 1.3 工程量计算

基于精确的三维 BIM 模型,工程量计算也实现了从估算到精算的飞跃。模型中的每一个构件都与特定的工程属性相关联,软件可根据构件类型、尺寸、材质等信息,自动统计出管道长度、管件数量、土方开挖与回填量、检查井规格与数量等关键工程量。这些数据与模型实时联动,任何设计修改都会即时反映在工程量统计中,为工程概预算提供了高度可靠、动态更新的数据支撑,有效避免了因工程量计算偏差导致的成本失控风险<sup>[2]</sup>。

### 1.4 管道规划

此外, BIM 技术在管道规划与方案比选方面也展现出强大优势。对于复杂的管网布局、泵站选址或非开挖施工段,设计师可以快速创建多个备选方案的三维模型,并结合地理环境、周边约束、水力计算软件进行综合模拟分析。通过可视化展示不同方案的空间布局、施工难度、环境影响及初步造价,决策者能够更直观、科学地进行比选与优化,从而确定技术经济性最优的规划方案。

## 2 基于 3D-GIS 的给水管网模型构建

### 2.1 实景模型构建

如果说 BIM 侧重于单体工程或局部系统的精细化管理,那么 3D-GIS 则着眼于城市级、区域级管网系统的宏观空间管理、分析与决策。构建基于 3D-GIS 的给水管网模型,是实现城市“智慧水务”基础设施数字化的关键基础。

实景模型构建是 3D-GIS 应用的底层数据支撑。通过倾斜摄影测量、激光雷达扫描等现代测绘技术,可以快速获取施工区域高精度的地表三维实景模型,真实反映地形地貌、既有建筑物、道路、植被等地物信息。将此实景模型作为基底,将 BIM 设计模型或竣工模型与之精准匹配与融合,便形成了包含地上地下、室内室外一体化信息的城市信息模型(CIM)雏形。对于给水管网而言,这意味着新建管线可以与周边真实环境进行精确的空间关系校核,规划路由的合理性评估更加直观可靠。

### 2.2 有向赋权图优化

构建具有网络分析能力的管网模型是 3D-GIS 的核心。这通常通过构建“有向赋权图”来实现。首先,基于管线的空间连接关系,构建 3D-GIS 给水管网无向图。图中节点代表水源点、泵站、水塔、阀门、消火栓、用户接入点等,边代表连接这些节点的管道。此时,边仅表示连接关系,无方向与权重属性。

依据水流方向(从水源到用户)为边赋予方向,将无向图转换为有向图。这准确刻画了管网的水力拓扑结构,是进行流向分析、连通性分析、关阀分析(如爆管事故时确定需关闭的阀门范围)的基础<sup>[3]</sup>。

再次,结合设计或运维数据,为有向图的边(管道)和节点赋予丰富的属性权重,构建“有向赋权图”。权重的选择至关重要,通常包括:1)几何权重:如管长、管径、高程变化;2)水力权重:如摩阻系数、粗糙度;3)状态权重:如管道材质、敷设年代、健康状况、当前压力/流量;4)经济权重:如造价、维护成本。以管长和摩阻系数为权重,可以进行最短路径分析或最优供水路径分析;以管道健康状况为权重,可以进行爆管风险分析或维护优先级排序。管道类型(如球墨铸铁管、PE 管)与埋设方法(明挖、顶管、定向钻)信息也作为关键属性纳入模型,影响权重赋值与分析结果。

### 2.3 三维管网实景模型属性结构表

最后,为确保模型的数据一致性与可操作性,需要设计并建立标准化的三维管网实景模型属性结构表。该表定义了管网中各类要素(点、线、面)必须包含的属性字段、数据类型、取值范围及关联关系。例如,一条管段属性表可能包含 ID、起止节点编号、管材、管径、长度、敷设日期、设计压力、所属行政区、权属单位等字段。标准化的属性结构是实现管网数据共享、跨系统集成与深度分析(如水力模拟、水质模拟、漏损分析)的前提<sup>[4]</sup>。

## 3 市政给排水管道施工中 BIM 技术的应用

设计阶段的 BIM 成果无缝传递至施工阶段,其价值在施工现场管理中得到进一步延伸和深化,核心体现在虚拟建造、可出图性与可运维性三个方面。

### 3.1 虚拟建造

虚拟建造是 BIM 技术指导现场施工的高级形态。施工方基于设计 BIM 模型,融入施工组织计划信息,构建包含施工工序、工艺、进度、资源(人、机、料)及场地布置的 4D/5D 施工模拟模型。对于给排水管道施工,特别是涉及深基坑、顶管穿越重要构筑物、复杂路段交通导改等关键工序,通过虚拟建造可以进行以下预

演与优化：1) 施工工序模拟：可视化展示管沟开挖、支护、管道安装、回填、道路恢复等全过程，检查工序逻辑的合理性。2) 施工进度模拟(4D)：将BIM构件与施工进度计划(如Project或P6文件)关联，动态展示工程随时间推进的建造过程，直观分析进度计划的可行性，提前发现潜在的时间冲突与资源调配瓶颈。3) 施工场地布置模拟：在三维空间中合理规划材料堆场、加工区、机械设备行进路线、临时道路，优化场地利用，减少二次搬运，提高安全保障。4) 专项方案模拟：对顶管机始发与接收、管道吊装、有限空间作业等高危或复杂工艺进行精细化模拟，用于技术交底与安全培训，使作业人员提前熟悉流程与风险点。

### 3.2 可出图性

可出图性是BIM模型直接服务于现场生产的重要体现。基于统一的、信息完整的BIM模型，可以根据施工需求，一键生成或剖切出各种用于指导施工的图纸，包括但不限于：综合管线平面图、剖面图、预留预埋图、管道轴测图(单线图)、工程量清单表等。这些图纸源于同一模型数据源，保证了彼此之间百分百的一致性，彻底解决了传统多专业二维图纸之间信息不一致、对不上的老大难问题。此外，对于预制装配式管道构件，BIM模型可直接生成加工图纸，驱动数控机床进行精准下料与生产，推动施工工业化。

### 3.3 可运维性

可运维性关注的是BIM信息从施工阶段向运维阶段的平滑传递。在施工过程中，利用BIM模型作为信息集成的平台，可以关联和录入大量的运维所需信息<sup>[5]</sup>。例如，将管道焊缝检测报告、阀门压力测试记录、管材质量合格证、隐蔽工程影像资料等，以链接或属性方式挂接到相应的BIM构件上。施工完成后的“竣工BIM模型”，不仅包含了精确的几何位置，更是一个附着完整建设期信息的数字化资产。此模型移交至运维管理单位后，可以方便地查询任意管段或设备的规格参数、生产厂家、安装日期、维修历史等信息，为管网的日常巡检、故障定位、应急抢修、更新改造提供强大的数据支持，奠定了智慧运维的坚实基础。

## 4 总结

数字信息化技术正在重塑市政给排水管道工程的传统作业与管理模式。本文分析表明，BIM与3D-GIS技术的协同应用，覆盖了从宏观规划到微观设计，再到精细化施工与智慧化运维的全过程。

在设计前端，BIM通过三维协同、碰撞检查与自动算量，极大提升了设计质量与效率，减少了后期变更；3D-GIS则为城市级管网系统的空间管理、分析与优化提供了强大平台，其构建的有向赋权图模型是进行各类空间分析与辅助决策的核心。在施工阶段，BIM技术的价值从设计延伸至现场，通过虚拟建造实现对施工方案的预演与优化，通过可出图性保障施工依据的准确一致，并通过信息贯注为后期运维储备宝贵数据资产。

未来，随着物联网、人工智能、云计算等技术的进一步融合，基于BIM+3D-GIS的市政给排水数字孪生系统将成为主流。实时监测数据(压力、流量、水质)与动态模型相结合，可实现管网的实时状态感知、水力模型在线校准、漏损智能预警与调度优化，最终推动市政给排水系统向更安全、更高效、更韧性的智慧化方向发展。因此，行业应加快相关技术标准体系建设，培养复合型人才，推动数字信息化技术在市政给排水领域的全面、深度融合应用。

### 参考文献

- [1] 孙志文. 市政给排水管道施工中数字化技术应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (33): 187-189.
- [2] 闫晨欣, 蔡志超. 市政工程给排水管道施工技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (23): 185-187.
- [3] 范骏. 给排水工程安装中热熔连接管道施工研究——以亿联网络智能产业园主体机电工程为例[J]. 建材发展导向, 2022, 20(24): 32-34.
- [4] 徐静. 智慧城市绿色给排水管道施工技术的应用分析[J]. 居舍, 2022, (11): 61-64.
- [5] 张宝红. 市政工程给排水管道施工技术研究[J]. 绿色环保建材, 2020, (07): 132-133.