

三维建模在道路管道工程造价优化中的应用分析

林小旦

浙江中审工程咨询有限公司 浙江 温州 4325802

【摘要】：三维建模技术在市政管道工程中通过构建完善的数据采集体系、数字化模型及属性关联与动态模拟，助力工程造价优化。其在设计阶段实现多方案比选优化，在施工阶段支持进度与资源协同管理，并通过全过程动态成本监控提升工程量计算准确性与成本控制效果，综合赋能工程全生命周期，显著提升工程效益。

【关键词】：三维建模；市政管道工程；造价优化；工程量计算；成本控制

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.003

引言

市政管道工程作为城市基础设施的重要组成部分，其造价管理一直是工程管理的关键环节。随着城市化进程的加速，管道工程的复杂性不断增加，传统二维图纸在工程量计算、成本控制和施工管理等方面逐渐暴露出局限性。三维建模技术凭借其可视化、精确化和动态化的特点，为市政管道工程造价优化提供了新的解决方案，能够有效提升工程管理效率和经济效益，具有重要的研究和应用价值。

1 三维建模技术在市政管道工程中的应用原理

1.1 数据采集体系构建

构建市政管道三维建模的基础在于建立完善的数据采集体系。在地理信息采集过程中，应结合卫星遥感与地面测绘技术，既获取宏观地形地貌，又通过全站仪等设备确保重点区域的高精度测量。同时，需详细记录路面类型、厚度及承载能力等参数，评估管道铺设、设备安装及电杆架设等对路面的影响。地质数据则通过钻孔勘探和地质雷达等手段获取，为管道埋深设计提供科学依据。此外，还需将管道设计图纸数字化，整合平面布局与高程数据，形成完整的原始数据库。

1.2 数字化模型构建流程

在专业建模软件中，市政管道三维建模首先基于地理数据构建地形基础，还原真实地理环境，明确道路走向与地形起伏。结合路面结构信息，建立路面模型，清晰展现其与管道、设备基础及电杆基座等的空间关系。根据设计参数对管道进行数字化建模，涵盖材质、管径及连接方式，并按功能类型（如给水、排水、燃气）分层管理，确保逻辑清晰。同时，考虑管道与路面的相互影响，合理反映施工中的承载与保护要求，严格遵循空间定位原则，实现三维坐标与实际位置精准对应，构建立体管网体系。

1.3 模型属性关联与动态模拟

三维模型的核心价值在于数据联动功能。通过赋予每个管道元素材质、压力等级、使用寿命等属性信息，建立起完整的参数化模型。当某个管道参数发生变化时，与之关联的上下游管道、附属设施的属性信息会自动更新。利用软件的模拟分析功能，可对管道运行状态、路面设备运行情况以及电杆受力状态等进行动态演示，如水流方向、压力分布、设备运转轨迹、电杆受力平衡等，使工程人员能够从多角度观察各系统的工作原理，为后续设计优化提供直观参考。

2 三维建模助力市政管道工程造价优化的优势

2.1 提升工程量计算精准度

传统二维图纸在表达复杂管道关系时存在局限性，容易造成工程量计算误差。三维建模通过可视化呈现，将管道的立体交叉、空间转折以及与路面的相互关系等细节直观展现。造价管理人员可通过模型直接测量管道长度、管件数量，还能准确计算管道与路面交叉部分的工程量，避免因图纸解读偏差导致的漏算。对于隐蔽工程部分，如地下穿越结构、设备基础隐蔽工程及电杆地下部分，三维模型能准确反映其真实形态，使工程量统计更贴合实际需求，为造价编制提供可靠依据。

2.2 优化成本控制策略

基于精确的三维模型，可实现管道材料、路面设备材料及电杆材料等用量的精准测算。通过模拟施工过程，分析不同施工工艺对管道、设备安装及电杆架设等材料消耗的影响，从而选择最经济的施工方案。在材料采购环节，根据模型生成的物料清单，制定分阶段采购计划，避免因一次性大量采购造成资金积压或仓储成本增加。利用模型进行成本敏感性分析，识别造价控制关键点，提前采取应对措施，确保项目成本处于可控范围。

2.3 降低施工风险与成本超支

三维建模能够对施工全过程进行模拟推演,提前发现潜在风险。通过施工工序模拟,可预判不同施工顺序可能产生的冲突,优化施工组织设计。针对复杂施工区域,如穿越既有建筑、地下管线密集区或路面设备密集区,利用模型进行碰撞检测,及时调整管道、设备及电杆等的设计方案,避免施工过程中的设计变更。这种预防性管理方式,有效减少因工期延误、返工修复等造成的额外成本支出,保障项目经济效益。

3 市政管道工程中三维建模的实施要点

3.1 数据采集标准化建设

数据采集是三维建模的起点,其质量直接影响模型的可靠性与实用性。应构建统一的数据采集标准,涵盖地理信息、管道信息、既有管道检测及路面结构等多个方面。在地理信息采集中,明确测量精度,控制误差,并制定周期性采集计划,确保地形变化及时更新。同时,规范管道勘查记录,细化管材、管径、埋深等字段,统一检测设备与操作流程。针对路面信息,需记录类型、厚度、承载能力等参数,同时记录设备安装位置、电杆布局等信息,确保建模数据完整一致。建立多层级审核机制,通过人工复核、交叉验证等方式提升数据准确性,为高质量三维建模奠定坚实基础。

3.2 建模软件适配性选择

建模软件的选择直接影响市政管道三维建模的效率与成果质量。理想的软件应具备强大的三维建模能力,能够精准还原地形起伏、道路走向及管道的空间布局,包括交叉、分支等复杂结构,并能准确表达路面与管道之间的空间关系。同时,软件需具有良好的数据兼容性,支持 CAD 图纸、GIS 地理信息、设计文档及检测数据等多种格式的导入与融合,实现多源数据无缝对接和跨平台协作。对于路面建模,软件应能处理不同材质、厚度及承载能力的参数,提升模型的实用性。此外,具备可扩展性的软件可通过二次开发定制功能模块,满足特殊工程需求。企业应结合项目特点、预算限制和技术团队能力,通过模拟测试与案例对比,选择最合适的建模平台。

3.3 专业人才培养体系建设

三维建模技术在市政管道工程中的深度应用,离不开专业人才的支撑。企业需构建科学的人才培养体系,从培训内容、教学方法、激励机制三方面着手。培训内容应涵盖软件操作、工程专业知识与行业规范三大板块。软件操作培训不仅要教授基础功能,更要结合市政管道工程实际,讲解复杂模型构建、数据处理技巧等进阶内容;工程专业知识培训需围绕管道设计、施工工艺、工程管理等领域展开,帮助技术人员理解建模

与实际工程的关联;行业规范培训则要求技术人员掌握最新标准与法规,确保建模成果符合工程要求。教学方法上,坚持理论与实践相结合,以实际项目为载体,通过案例教学、模拟演练、项目实操等方式,让技术人员在实践中掌握建模技能,提升问题解决能力。建立完善的人才激励机制,通过物质奖励、晋升机会、荣誉表彰等方式,鼓励技术人员参与行业技术交流,钻研新技术、新方法,激发创新活力,保持技术团队的专业竞争力,为三维建模技术在市政工程领域的持续发展提供人才保障。

4 三维建模在市政管道工程造价优化中的具体应用方式

4.1 设计阶段多方案比选优化

在市政管道工程设计阶段,三维建模技术为路面管道、设备及电杆的布局优化提供了强大支持。通过三维模型,工程师可以直观地调整路面管道的走向和埋深,确保其与路面结构相匹配,同时优化设备和电杆的位置,避免与管道冲突。模型能够清晰呈现管道与路面、设备、电杆的空间关系,帮助评估管道铺设对路面结构的影响,以及设备安装和电杆架设对路面空间的占用。在造价分析中,三维建模可精确核算不同方案下路面管道、设备和电杆的材料用量,考虑管径、材质对成本的影响,以及管道走向和埋深变化对土方和人工费用的波动。通过多维度对比,设计团队能够在造价与质量之间选定最优方案,有效控制成本。

4.2 施工阶段进度与资源协同管理

在施工阶段,三维模型成为路面管道、设备和电杆施工进度与资源协同管理的核心工具。通过将施工进度计划与三维模型关联,施工人员可以清晰地看到管道铺设、设备安装和电杆架设的工序安排,以时间轴形式呈现各节点任务。利用三维模型模拟施工过程,能够提前预判资源冲突,例如在狭窄路段,机械作业空间可能会重叠,材料运输路线可能会拥堵,通过模拟可以提前发现这些问题,并及时调整施工顺序和资源分配。同时,基于施工进度和模型中的工程量,三维模型还能精准预测资源需求,在管道铺设高峰期合理调配人力和管材,对于设备安装和电杆架设等特殊环节提前筹备机械设备,通过动态资源调配,避免资源闲置浪费和供应不足,降低施工成本。

4.3 全过程动态成本监控

在市政管道工程的全过程实施中,三维模型始终保持动态更新,及时反映路面管道、设备和电杆的实际施工进度以及设计变更情况。每完成一个施工环节,实际施工数据都会反馈到三维模型中,与最初的设计模型进行比对。通过对比实际工程量与模型预算工程量,可以准确发现成本偏差。一旦出现偏差,

成本管理人员能够迅速定位问题所在，并分析偏差产生的原因。当发生设计变更时，无论是路面管道走向的调整、管径的变化，还是设备和电杆位置的变动，三维模型都能快速计算出变更对工程量和成本的影响范围与增量。这使得工程变更决策不再依赖经验判断，而是基于准确的量化分析，确保变更方案在满足工程需求的同时将成本控制在合理范围内。此外，通过建立成本监控预警机制，对项目各环节的成本进行实时监测，设定成本预警阈值，当某个环节的成本接近或超出阈值时，系统自动发出预警，进一步强化了成本管理。

5 三维建模应用于市政管道工程造价优化的成果评估

5.1 工程量计算准确性提升

在市政管道工程中，三维建模技术显著提升了路面管道、设备和电杆的工程量计算准确性。传统方法依赖二维图纸，造价人员难以准确理解和计算复杂的管道与路面交叉部分、设备布局以及电杆位置的工程量，容易出现误差。而三维模型以可视化形态呈现管道系统，造价人员可以从多角度观察管道走向与节点连接，同时清晰呈现管道与路面、设备和电杆的相互关系。系统能够沿管道中心线自动生成精确长度数据，通过参数化设计自动识别管件，还能准确计算管道与路面交叉部分、设备安装区域以及电杆周边的工程量，有效避免了人为疏漏。基于空间实体的计算逻辑，消除了图纸解读误差，为工程造价提供了可靠的数据支撑，降低了造价失真的风险。

5.2 成本控制效果分析

在市政管道工程中，三维建模技术对路面管道、设备和电杆的成本控制成效显著。传统模式下，材料计算误差常导致大量采购冗余，而三维建模通过精准的工程量自动计算，使材料

采购与实际需求匹配度大幅提升，避免了超量采购造成的资金占用。例如，在成都温江区给水厂工程中，该技术使材料用量减少超过 60 吨，整厂装机功率降低约 110kW。施工阶段，基于模型的模拟优化了方案，减少施工交叉干扰，人工和机械无效周转时间降低约 400 个工时，施工效率提升近三分之一。此外，通过碰撞检查提前解决设计冲突（如某项目提前发现并解决 107 处冲突），避免了返工与工期延误，项目整体施工周期平均缩短 42 天，显著提升了资源利用效率。

5.3 综合效益评估

在市政管道工程中，三维建模技术显著提升了路面管道、设备和电杆全生命周期管理的综合效益。通过施工进度 4D 模拟，该技术将复杂的铺设与安装流程可视化，实现了多工序高效并行，能精准调配资源，从而将关键路径工期缩短约 15 天。在质量管控方面，三维模型的虚拟建造功能可在设计阶段提前发现并解决诸如路面管道坡度偏差、接口不匹配以及设备电杆位置冲突等问题，避免了施工返工，减少了约 40 万元的维修成本。此外，三维模型作为信息集成载体，打破了多方信息壁垒，支持实时标注与信息共享，将协同效率提升了约三分之一，并为设施的长期运维管理奠定了坚实的数字化基础，模型精度误差可控制在 5mm 以内。

6 结语

三维建模技术在市政管道工程造价优化中展现了显著优势，从设计阶段的多方案比选到施工阶段的进度与资源协同管理，再到全过程动态成本监控，全方位提升了工程管理效率与经济效益。未来，随着技术的不断进步与应用的深化拓展，其将在市政管道工程领域发挥更为关键的作用，持续推动工程造价优化与管理水平迈向新高度，为城市基础设施建设的高质量发展提供有力支撑。

参考文献：

- [1] 李宏扬,郭利杰.基于 BIM 技术的市政管道工程三维建模与造价优化研究[J].工程管理学报,2023,37(04):113-118.
- [2] 陈立军,黄晓霞.三维建模技术在市政管道工程造价精细化管理中的应用[J].建筑经济,2024,45(06):110-115.
- [3] 王宇.市政管道工程三维建模与施工模拟及造价分析[J].工程建设与设计,2022(24):168-170.
- [4] 赵俊,王峰.基于三维建模的市政管道工程全生命周期造价管理研究[J].土木工程与管理学报,2025,42(01):142-147.
- [5] 刘春艳,张伟.三维建模技术在市政管道工程造价优化中的实践探索[J].城市发展研究,2024,31(08):121-126.