

市政给排水设计优化策略

田思文

中国市政工程东北设计研究总院有限公司 吉林 长春 130000

【摘要】：城市建设密度提高后，给排水系统承担的供水保障、雨污输送及内涝防控任务更加复杂，部分工程仍存在管网布局失衡、设计参数匹配偏差、排水能力不足及能耗控制粗放等问题。通过校核用水规模、优化管径配置、细化排水分区、协调竖向标高、强化雨污分流及数字化模拟，可减少水力损失和无效工程量，提高管网输配效率、排水安全水平及设计经济性，形成兼顾安全、节能和运行需求的市政给排水设计方案。

【关键词】：市政给排水；管网设计；排水分区；水力计算；设计优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.12.053

引言

城市道路、居住区和公共设施持续扩展，地下给排水管网逐渐形成高密度、多节点、强关联的复杂系统，一处管径选择、标高衔接或排水分区处理不当，都可能引起供水压力失衡、局部积水、管线冲突及工程投资增加。传统设计中过度依赖经验参数的做法，已难以适应高峰用水、强降雨和复杂地下空间条件。设计阶段需把需求预测、水力校核、管网布置、雨污组织及节能控制放入统一技术体系，使各项参数相互匹配，为后续建设和稳定运行提供可靠基础。

1 市政给排水设计基础条件的技术审查

1.1 用水规模预测参数的合理校核

用水规模预测直接影响供水管径、泵站能力、调蓄容积及管网压力分区，参数取值偏大容易造成设施冗余和建设投资增加，取值偏小则可能形成高峰时段供水能力不足。设计阶段应结合城市国土空间布局、人口密度、用地性质、公共服务设施规模及产业用水结构，对生活、生产、市政、消防等不同类别用水量分别测算，并校正最高日、最高时变化系数。针对存量城区，还需利用历史供水数据、分区计量结果及漏损水平修正经验指标，避免直接套用定额。面向节水型城市建设，可同步考虑再生水利用、非常规水源配置和节水器具普及带来的需求变化，使设计规模更接近真实负荷。

1.2 区域排水分区边界的精细划定

排水分区划分关系到管渠流向、汇水面积、设计流量及排口布置，边界判断不准确容易造成局部管段负荷集中、上下游能力失配。分区确定应综合道路竖向、地形高程、河湖水系、规划用地、既有管网走向及泵站服务范围，利用数字高程数据识别自然汇水路径，再依据城市建设条件修正人工排水边界^[1]。雨水系统需细化不透水率、径流系数和汇流时间，污水系统则应考虑人口分布、公共建筑负荷及工业排水特征。结合海绵城市理念，可将下沉绿地、调蓄设施、渗透空间纳入分区计算，降低单纯依赖末端管渠扩容的设计倾向，使排水组织更加符合地表径流规律。



图1 城市排水分区与汇水路径精细化布局示意图

1.3 地下管线空间关系的前置核校

地下空间资源紧张条件下，给排水管线设计不能只校核平面位置，还需同步处理纵断高程、交叉净距、检修空间及构筑物基础影响。方案阶段应整合道路、燃气、电力、通信、热力等专业资料，对既有管线埋深、材质、管径和控制点进行统一复核，重点检查给水管穿越污水管、雨污管交叉、检查井密集区及道路节点处的空间冲突。可借助 BIM、GIS 和三维管线模型提前完成碰撞检查，将传统施工阶段发现的问题前移至设计环节处理。纵向设计还应兼顾覆土厚度、抗浮要求、冻土条件及重力流坡度，减少频繁折点、局部倒坡和不必要的深埋，使地下空间利用、施工可实施性和后期检修条件保持协调。

2 市政给排水设计中的主要技术问题

2.1 供水管径配置失准造成压力失衡

供水管径选择偏离实际负荷后，管网水力状态容易出现明显波动。管径过小会抬高沿程水头损失，高峰供水时末端节点压力不足，局部区域甚至难以满足消防流量要求；管径偏大又会降低流速，造成管内水体停留时间延长，增加水质变化和投资浪费。部分设计仍采用静态定额确定管径，对人口变化、分区用水差异、漏损率及峰值需求考虑不足，导致主干管、支管之间输配能力不协调，压力分区控制缺少精细化支撑。

2.2 排水标高衔接不当影响重力输送

排水系统依赖连续高程差维持重力流,管底标高、道路竖向、检查井井底及受纳水体控制水位之间一旦衔接失准,便可能形成局部倒坡、埋深突变和过水断面受压。部分设计对交叉管线避让处理过度依赖局部调整,造成纵坡被反复切割,削弱污水自净流速和雨水快速排泄能力^[2]。复杂地下空间中,高程数据更新不及时、不同专业基准不统一,也容易放大接口误差,使局部淤积、顶托及施工调整频繁出现。

2.3 雨污系统容量不足增加积水风险

雨污系统容量不足多与设计重现期偏低、汇水面积识别不准、径流系数取值滞后以及污水增长量预估不足有关。高强度降雨条件下,雨水干管和支管峰值流量迅速叠加,若调蓄空间、溢流通道及排口能力未同步匹配,低洼路段便容易出现积水和倒灌。污水系统若长期接近满负荷运行,雨季渗入水和误接雨水会进一步占用过流能力。韧性城市建设要求设计容量从单一排放尺度转向源头削减、过程调蓄和末端排放协同控制。

3 供水系统设计参数的优化控制

3.1 分区供水压力采用分级计算

分区供水压力控制应依据地形高差、建筑高度、节点标高、服务半径及高峰时段需水量确定计算边界,避免采用统一压力值覆盖差异较大的供水区域。设计计算可将最不利点服务水头作为下限控制条件,同时校核低位区域静压上限,通过高区、中区、低区分级组织输配关系,使泵站扬程、调压设施及管网压力形成匹配。高差明显区域宜结合水力模型分析不同工况下节点压力变化,对平均日、最高日、最高时及消防组合工况分别进行计算,识别压力过高点和供水薄弱点。压力分区还需与二次供水设施衔接,减少高压直接输送造成的能量浪费,并通过减压阀、调蓄设施和变频泵组控制局部压力波动。智慧水务建设条件下,可引入实时压力监测数据修正模型参数,使设计压力由经验设定转向多工况校核和动态适配。

3.2 管径流速参数实行动态校正

管径确定不能仅以设计流量除以允许流速进行一次性计算,还应结合小时变化系数、管段服务人口、节点需水量分配、沿程损失及远期负荷变化进行动态校正。主干管承担区域输水任务,参数选择应兼顾事故工况下的转输能力;支管更应关注低峰流速偏小造成的水龄增加和沉积风险^[3]。设计阶段可建立管径、流速、水头损失之间的联动计算关系,对正常供水、高峰供水、消防叠加工况及局部管段停运条件进行反复校核,使流速保持合理区间,同时限制单位管长水头损失。新型城镇基础设施建设强调节能降耗,管径选择还需纳入全生命周期成本分析,不能单纯追求初期工程投资最低。通过比较管材粗糙系数、输水距离、能耗水平及扩容需求,可确定更具经济性的管径组合,并利用水力模拟结果持续修正节点流量分配,降低局

部过流和无效增压现象。

3.3 环状管网节点提高供水可靠程度

环状管网设计应强化节点之间的备用联系,使局部管段检修、故障停水或用水负荷突增时仍具备替代输水路径,减少单向枝状供水形成的服务中断风险。节点布置可结合道路骨架、重要公共设施、消防用水点及大流量用户分布确定连接密度,对主干管交汇位置设置可控制阀门,形成可分区关闭、局部调度的管网结构。环网并非连接数量越多越好,过度连通会增加投资和运行管理复杂度,因此需要利用可靠性分析和水力模拟识别关键节点、薄弱管段及事故影响范围,对必要的联络管优先配置。数字化设计条件下,可将GIS管线数据、BIM模型、压力监测及阀门状态纳入统一平台,模拟爆管、停泵、火灾用水等异常工况下的流向变化和压力恢复过程。节点优化还应兼顾管网更新空间,预留与后续片区开发衔接的接口,使供水系统具备适度冗余而非简单扩容。

4 排水系统设计方案的针对性改进

4.1 雨污分流体系细化汇水边界

雨污分流设计需要把汇水边界从粗放分区转向精细识别,依据道路坡向、地块高程、建筑排水出口、雨水口布置及既有管网接驳关系重新划定排水单元,避免雨水跨区汇入或污水支管错误接入雨水系统。雨水汇水面积应结合不透水率、绿地渗透能力、地表径流路径和建设强度进行修正,使设计流量与实际产流特征保持一致;污水边界则需按居住、商业、公共设施及产业用地的排放规律细化服务范围。对于新旧城区衔接区域,可借助GIS空间数据和管网普查成果识别混接、错接节点,将分流改造与源头减排协同布置。海绵城市建设要求下,透水铺装、下沉绿地、植草沟等设施还应纳入汇水边界计算,减少雨水管渠直接承担全部径流压力。

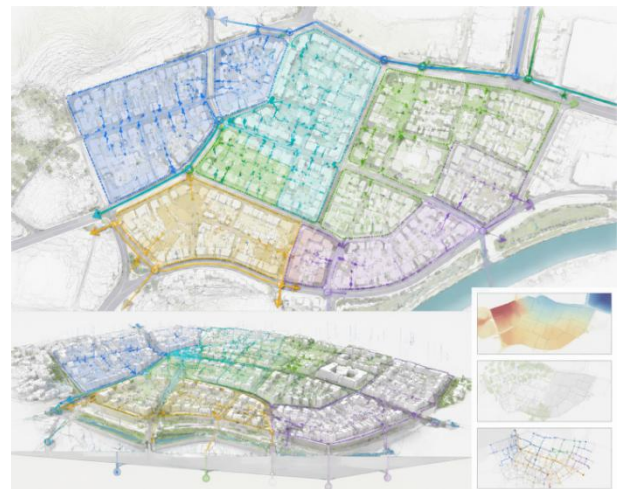


图2 雨污分流精细化汇水分区与排水路径示意图

4.2 管渠坡度标高强化水力衔接

管渠坡度及标高控制应从单管段满足最小坡度转向上下

游连续水力关系校核,重点处理管底高程、检查井落差、道路竖向、河道控制水位及交叉管线之间的空间关系。污水管渠需保证低流量条件下具备必要自清能力,防止坡度过缓造成悬浮物沉积;雨水管渠则要控制高峰流量下的充满度和流速,降低顶托、冲刷及局部水头损失^[4]。复杂节点可通过水力坡线计算校核检查井、跌水井及出水口的能量变化,减少仅凭埋深经验确定标高的误差。设计调整还需避免因避让其他地下设施而频繁改变坡向,必要位置采用局部跌水、管径转换或优化交叉次序处理。数字化模型可同步比对纵断面高程和三维管线关系,使重力流连续性、施工可实施性及后期清淤条件保持协调。

4.3 调蓄设施配置削减峰值流量

调蓄设施配置应根据降雨历时、设计重现期、汇水面积、径流系数及下游管网剩余能力确定有效容积,不宜采用固定容积指标简单配置。短历时强降雨形成的峰值流量可通过调蓄池、地下蓄水空间、雨水湿塘及源头滞蓄设施分级截留,使进入主干管的瞬时流量控制在安全输送范围内。设施位置宜优先布置于汇水集中区、地势低洼点及下游排放能力受限区域,并结合进水方式、溢流高程、排空时间和设备检修条件进行结构设计。智慧排水理念可进一步引入液位监测、降雨预报和闸泵联控,根据管网实时负荷提前释放调蓄空间,改变传统被动蓄水模式。调蓄容积与雨水资源利用结合后,还可兼顾绿化补水、道路清洗等非饮用需求,降低峰值径流压力及雨水直接外排量。

5 市政给排水优化设计的综合成效评价

5.1 水力运行指标检验设计适配程度

水力运行评价应覆盖供水压力、管段流速、水头损失、排水充满度及关键节点水位等参数,通过多工况模拟检验优化方案对实际负荷变化的适应能力。供水系统可重点核查高峰用水、低谷用水及消防叠加工况下的压力稳定区间,判断末端节点是否存在欠压或局部超压;排水系统则需结合设计降雨过程分析管渠过流能力、检查井溢流概率及接纳水体顶托影响。评价过程中可接入压力传感器、液位监测设备及流量计数据,对

模型计算值进行反向校准,缩小理论参数与运行状态之间的偏差。通过节点级、管段级指标交叉比对,可进一步识别设计容量冗余和局部输配不足,为后续参数修正提供量化依据。

5.2 工程造价指标控制无效建设投入

工程造价评价不能停留于初始建安费用比较,还需将管径配置、埋深变化、泵站规模、调蓄容积、附属构筑物数量及管材选型纳入全寿命周期测算。设计优化后,可通过单位服务面积投资、单位输配能力造价、土方开挖量及设备配置费用等指标判断资金使用效率,避免因安全系数重复叠加造成管径过大、构筑物超规模配置^[5]。对于埋深较大的排水管段,还应同步核算支护、降水、道路恢复及后期检修成本,使纵断面优化结果能够体现真实经济性。数字化算量和参数化设计可联动工程量清单,快速比较不同方案的材料消耗及施工费用,使造价控制从方案完成后的被动核算转向设计过程中的实时约束。

5.3 运行能耗指标验证方案优化水平

运行能耗评价应聚焦泵站扬程、输配距离、管网阻力、设备效率及调度方式之间的能量传递关系,通过单位供水量电耗、泵组综合效率、峰谷负荷差及无效扬程占比检验设计参数是否合理。供水管径偏小会放大沿程阻力,使泵组长期处于高扬程工况;压力分区不清又容易形成局部过压,再依赖减压设施消耗多余能量。优化评价可结合变频泵组运行曲线和实时需水数据,对不同时间段的流量需求进行匹配,减少低负荷条件下的大功率运行。排水泵站则应依据来水过程、调蓄水位及启停频次优化控制逻辑,避免频繁启动和高水位强排。能耗数据与碳排放核算同步后,可进一步判断设计方案是否符合绿色低碳基础设施建设要求。

6 结语

市政给排水设计需兼顾供水稳定、排水安全、资源节约及建设成本,强化基础参数校核、管网水力配置、雨污分流、调蓄控制及数字化协同。科学配置管径、坡度、标高和压力分区,可减少系统运行损耗,增强极端降雨条件下的排水韧性,使给排水设施建设更加契合绿色、低碳、智慧城市发展要求。

参考文献:

- [1] 东野生辉,王易乾.市政道路给排水管网布局设计与防洪排涝效果分析[J].四川水泥,2025,(8):273-275.
- [2] 吴昕东,庞华.市政给排水设计标准与优化措施[J].大众标准化,2025,(7):53-55.
- [3] 许崇政.市政给排水管网优化配置研究[J].北方建筑,2024,9(5):55-58.
- [4] 舒静,余双.市政给排水设计中输水方式的选择与管网分区方式研究[J].林业科技情报,2024,56(3):181-183.
- [5] 陈卫.市政给排水管网设计的主要问题及对策[J].全面腐蚀控制,2024,38(7):95-98.