

市政基础设施更新背景下恩施污水处理能力提升的管理策略

周宏波

湖北沃驰建筑工程有限公司 湖北 恩施 445000

【摘要】：在市政基础设施更新战略推进与“长江大保护”政策实施的双重背景下，恩施土家族苗族自治州作为武陵山区典型生态敏感区域，其污水处理能力提升成为改善人居环境、保障流域生态安全的核心任务。本文针对恩施山区地形制约、管网老化漏损、雨污混流突出、管理机制碎片化等痛点，结合当地污水处理能力提升工程实践，从组织架构、规划统筹、实施管控、协同运行、保障体系五个维度构建系统性管理策略。研究成果为山区城市市政基础设施更新中污水处理项目的高效推进提供了可复制的管理范式，对同类生态敏感区域基础设施升级具有重要借鉴意义。

【关键词】：市政基础设施更新；污水处理；管理策略；山区城市；恩施地区；厂网协同

DOI:10.12417/2811-0528.26.02.043

1 研究背景

2021年《国务院办公厅关于全面推进城镇老旧小区改造工作的指导意见》明确将污水处理设施更新纳入市政基础设施改造重点任务，2023年《长江经济带生态环境保护规划（2021-2025年）》进一步要求武陵山区加强污水处理设施建设与改造。恩施州作为长江上游重要生态屏障，其污水处理能力直接关系到流域水质安全，在市政基础设施更新战略背景下，亟需通过科学管理破解设施升级难题。针对恩施山区地形特殊、生态敏感、资金有限的特点，构建适配性管理策略，可有效破解污水处理项目“规划脱离实际、施工协调困难、运行效率低下”等共性问题。项目实施后，恩施州核心城区污水全收集、全处理目标实现，为同类山区城市市政基础设施更新提供实操经验。突破传统污水处理项目“重技术轻管理”的研究局限，建立“政策适配-地形响应-技术协同-管理保障”的一体化分析框架，丰富市政基础设施更新领域的地域化管理理论，为生态敏感区基础设施项目管理提供理论支撑。

2 恩施污水处理设施现状与管理痛点

2.1 设施现状

恩施州现有污水处理厂18座，总设计处理能力28万 m^3/d ，但实际处理量仅19万 m^3/d ，其中3座主力厂长期处于“低负荷运行与局部超负荷并存”状态，进水COD浓度均值仅180 mg/L ，远低于设计值350 mg/L 。老旧管网中混凝土管占比达65%，存在裂缝、腐蚀等问题，1.2m以下小管径占比超70%，输送能力不足；受山地地形限制，管网随地形蜿蜒铺设，1.8m以上大管径主干管缺失，支线与主干管匹配度低；老城区合流制管网占比42%，汛期溢流污染严重，2022年监测数据显示，清江干流部分断面汛期氨氮浓度超Ⅲ类标准1.2倍。提升泵站老化严重，5座泵站运行年限超15年，故障停机率达8%；缺乏智能监测设备，仅3座污水处理厂配备基础水质在线监测仪，

管网流量、液位监测覆盖率不足10%。

2.2 核心管理痛点

（1）组织协调机制不畅：项目涉及住建、生态环境、水利、城管等多部门，存在“多头管理、权责交叉”问题。如管网改造中，住建部门负责工程实施，生态环境部门负责水质监管，但缺乏协同决策机制，导致部分改造工程未衔接水质改善需求。

（2）规划缺乏系统性：前期规划未充分考虑山区地形，如某片区1.5m顶管施工因未预判溶洞地质，导致工期延误3个月；污水处理厂扩容未同步规划管网改造，某新建厂因配套管网未完工，闲置1年；管网设计未考虑人口增长需求，某县城管网投用3年即超负荷。

（3）实施过程管控薄弱：部分小型管网改造项目存在“围标串标”现象，施工单位资质不足导致工程质量隐患；老旧管网改造中，50%以上项目未执行闭水试验，1.5m钢管焊接质量抽检合格率仅75%；3个已完工项目平均成本超支率达18%，主要因地形复杂导致施工方案反复调整。

（4）运行协同效率低下：“厂-网-站”各环节独立运行，缺乏协同调度：管网输送流量波动导致污水处理厂进水负荷骤升骤降，某厂曾因进水流量短时翻倍导致生化系统崩溃；泵站与管网未联动，高峰期管网满溢与泵站低负荷运行并存。

（5）保障体系不完善：地方财政仅能覆盖项目投资的40%，社会资本引入困难；本土施工企业缺乏大管径钢管安装、顶管施工等核心技术，依赖外地团队导致成本增加；污水处理厂专业技术人员持证率仅58%，智能设备运维能力不足。

3 市政基础设施更新背景下恩施污水处理能力提升的管理策略

3.1 构建政企协同的一体化架构

成立专项管理专班：由州政府牵头，组建“恩施州污水处理设施更新专项工作组”，明确牵头单位、协同单位及实施单位的权责清单。采用“PPP+委托运营”模式引入社会资本，投融资阶段由城投公司与社会资本成立项目公司，社会资本承担60%投资，政府通过可行性缺口补助保障收益；建设阶段社会资本负责工程实施，专项工作组全程监管；运营阶段社会资本负责“厂-网-站”一体化运营，运营期25年，考核指标包括污水收集率、出水水质达标率、能耗等，与服务费挂钩。

3.2 构建因地制宜的系统性体系

(1) 基础调研精准化：采用 CCTV 管道检测、声呐探测等技术，完成120km老旧管网检测，建立含管径、材质、腐蚀程度、位置坐标的数据库。联合地质勘察院，对管网路由、泵站选址区域进行详细勘察，重点标注溶洞、滑坡等风险点，为1.5m顶管、1.8m钢管施工提供依据；结合恩施州“十四五”人口规划，采用“人均指标法+产业类比法”预测污水量，核心城区按远期50万人口、人均日污水量130L核算，预留20%输送能力。

(2) 规划布局差异化：根据山区地形与功能分区，制定“主干加密、支线延伸、雨污分流”的管网规划方案。核心城区沿清江两岸铺设1.8m钢管主干管8.2km，形成“双轴辐射”格局，解决大流量输送需求；老城区采用1.5m顶管技术改造合流制管网15km，减少对建筑物与地形的扰动，同步建设截流井23座；新城区同步规划1.5m钢管支管15.4km与雨水管网，实现雨污分流全覆盖；乡镇区域采用“小型化、分散化”模式，建设5座小型污水处理站，配套0.8-1.2m管网，降低输送成本。

(3) 专项规划协同化：管网规划纳入清江流域生态保护规划，在支流汇入干流处设置水质监测节点，确保污水不直排；管网路由避开主干道施工区域，如1.8m主干管沿规划次干道铺设，减少与道路改造的交叉作业；在管网改造中同步建设雨水调蓄池8座（总容积8000m³），提升汛期雨洪调蓄能力。

3.3 构建全流程精细化管控体系

(1) 招投标与合同管理规范：投资超5000万元的主干管工程采用公开招标，小型支线改造采用竞争性磋商，明确施工单位须具备市政公用工程一级资质及大管径钢管安装业绩；签订“总价包干+变更审批”合同，明确地形复杂、地质突变等不可抗力的变更流程，约定质量保证金与工期违约金；要求施工单位提交10%合同金额的履约保函，监理单位提交5%的监

理责任保函。

(2) 施工过程管控精细化：针对不同管材与地形制定专项施工方案。1.8m钢管施工采用“工厂预制+现场焊接”模式，焊接采用氩弧焊打底+手工电弧焊填充，焊缝100%无损检测，防腐采用“喷砂除锈+三层防腐涂层”工艺，确保山区潮湿环境下使用寿命；1.5m顶管施工采用泥水平衡顶管法，针对砂卵石地层优化泥浆配比（膨润土10%+纯碱0.4%+CMC0.15%），控制地面沉降≤30mm；老旧管网改造采用“断管对接+内衬修复”技术，减少开挖量，如老城区某路段采用CIPP内衬修复技术，工期缩短40%。

建立“三检制+第三方检测”质量管控体系，事前审核施工方案，对1.8m钢管、1.5m顶管等主材进行进场检验，抽检合格率100%方可使用；事中施工单位自检、监理单位复检、专项工作组抽检，重点检查钢管焊接质量、顶管轴线偏差、接口密封性，关键工序实行“旁站监理”；事后执行“分段验收+竣工验收”，管网改造分段进行闭水试验，竣工验收需提交CCTV检测报告、水质监测报告等资料。采用甘特图制定施工计划，将1.8m主干管施工分为8个标段平行推进，在关键节点设置奖惩机制，提前完工奖励50万元；建立动态成本台账，对地形复杂导致的施工方案调整，需经专项工作组集体审批，累计变更金额超过10%需报州政府备案。

(3) 安全生产常态化：对顶管施工、高空焊接等危险工序进行风险评估，制定专项安全方案；在施工区域设置标准化围挡，夜间警示灯，在1.5m顶管工作井周边设置防护栏杆；施工人员需经安全培训考核合格后方可上岗，特种作业人员持证率100%，定期开展应急演练。

3.4 构建“厂-网-站”智能协同体系

智能监测网络建设：在主干管、支管关键节点安装18套流量计、23套液位计，数据采集频率1次/分钟；在污水处理厂进水口、管网交汇节点安装6套COD、氨氮在线监测仪，监测数据实时上传；对3座提升泵站、18座污水处理厂的泵组、曝气设备等安装运行状态监测模块，实现故障预警。在主干管与支管连接处安装智能流量调节阀，根据平台监测数据自动调节开度，避免主干管超负荷；提升泵站采用“变频调速+液位联动”模式，管网液位≥2.2m时提升泵组频率至55Hz，≤1.0m时降至35Hz，确保流量稳定。在管网交汇节点设置机械格栅与应急调蓄池，拦截大颗粒杂质，水质异常时导入调蓄池缓冲；当管网水质超标时，调度平台自动通知污水处理厂启动应急预处理，调整生化系统运行参数。管网堵塞时，通过流量、压力数据定位堵塞位置，调度高压清洗车处置，同步启用旁通管道保障输送。

3.5 保障体系构建，筑牢策略落地支撑

社会融资通过 PPP 模式引入社会资本 11.2 亿元，采用“可行性缺口补助”回报机制，补助金额根据污水处理量与水质达标率核算；发行市政专项债券 3.8 亿元，用于智能调度平台建设；通过集中采购降低主材价格，采用“以奖代补”激励施工单位节约成本。与中国市政工程华北设计研究院合作，引进大口径钢管焊接、顶管施工等核心技术，开展技术培训 20 场；扶持 3 家本土施工企业升级资质，组建 1.5m 顶管、1.8m 钢管施工专业团队，降低对外依赖。出台《恩施州市政基础设施更新管理办法》《恩施州污水处理“厂-网-站”一体化运营管理细则》等 6 项地方制度，明确工程审批“绿色通道”：管网改造项目审批时限压缩至 20 个工作日；对污水处理成效显著的区域，给予流域生态补偿资金；将污水处理能力提升纳入县市绩效考核，对未完成任务的单位进行约谈。

4 管理策略实施成效

4.1 设施效能显著提升

(1) 收集处理能力大幅增强：项目完成后，新增污水收集管网 38.6km，改造老旧管网 12.3km，区域污水收集率从 68% 提升至 92%，覆盖服务人口 42 万人；3 座污水处理厂扩容后总处理能力达 35 万 m^3/d ，进水负荷均衡率从 62% 提升至 85%，进水 COD 浓度稳定在 280-350 mg/L 。

(2) 运行效率明显优化：“厂-网-站”协同运行后，污水处理厂单位处理能耗从 0.68 kWh/m^3 降至 0.59 kWh/m^3 ，泵站单位能耗从 0.32 kWh/m^3 降至 0.27 kWh/m^3 ，年节约能耗成本 186 万元；管网漏损率从 23% 降至 8%，年减少污水流失量 120 万 m^3 。

4.2 生态环境持续改善

清江干流断面水质稳定达到Ⅲ类标准，氨氮、总磷浓度较

改造前分别下降 42%、38%；汛期污水溢流现象消除，初期雨水经调蓄处理后达标排放，支流入库水质达标率从 75% 提升至 100%，获评“湖北省省长江大保护示范工程”。

4.3 管理水平全面提升

跨部门联席会议解决协调问题 32 项，工程审批时限压缩 40%；PPP 模式成功引入社会资本 11.2 亿元，资金到位率 100%，未发生资金挪用问题。项目一次验收合格率 100%，1.8m 钢管焊接合格率 100%，1.5m 顶管轴线偏差控制在 50mm 以内，闭水试验合格率 100%；成本超支率控制在 5% 以内，较以往项目下降 13 个百分点。智能调度平台实现“无人值守+远程监控”，设备故障预警准确率达 90%，故障处理时间从 4 小时缩短至 1 小时；运营单位考核优秀率达 92%，服务质量持续提升。

5 结论

市政基础设施更新背景下，恩施污水处理能力提升的核心在于破解“地形制约、部门协同、技术适配、资金短缺”四大难题。本文构建的“五位一体”管理策略通过政企协同的组织架构，解决了“多头管理、资金不足”问题；因地制宜的规划体系，实现了设施布局与山区地形的精准匹配；全流程精细化实施管控，保障了工程质量与成本可控；“厂-网-站”智能协同运行，提升了设施整体效能。该策略在恩施实践中取得显著成效，实现了污水收集率、处理效能、生态质量的同步提升，为山区城市市政基础设施更新中污水处理项目管理提供了可复制的“恩施经验”。未来可引入 AI 算法优化调度策略，通过大数据预测污水量与水质变化，实现“预判式调度”；在 1.8m 主干管、1.5m 支管关键节点加装腐蚀监测传感器，建立管网全生命周期数字档案。结合“双碳”目标，在污水处理厂推广光伏发电、沼气利用等技术，降低化石能源依赖；研发适用于山区的低能耗管网输送技术，进一步提升能源利用效率。

参考文献：

- [1] 潘禹,庞一雄,李滨.粉末生物载体的 IFAS 工艺在市政污水处理中试的应用[J].净水技术,2025,44(10):108-114.
- [2] 王健,郭思琪,岳士鹏,等.高盐废水对市政污水处理的影响及其处理方法研究[J].中国资源综合利用,2025,43(09):257-259.
- [3] 王建华.基于物联网的市政污水处理智能监控系统构建[J].清洗世界,2025,41(09):139-141.
- [4] 陈辉熾.市政给排水工程中的雨污分流制污水处理技术[J].中国建筑金属结构,2025,24(16):76-78.
- [5] 杨波.市政工程雨污水管道施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(23):194-196.