

市政给排水设计中污水处理技术要点分析

李二平 任馨宇

国咨(北京)规划设计有限公司 北京 100040

摘要: 市政给排水设计中,污水处理技术是保障城市水环境安全的核心。设计需综合考量污水水质特征(如BOD/COD比值、氮磷含量)、排放量波动性及场地条件,合理选择物理、生物或化学处理工艺。同时,应强化预处理单元、优化生物反应池结构与曝气方式、完善深度处理技术,结合智能化监测与节能设计,提升处理效率并降低运行成本。此外,还需注重污泥的资源化利用,实现污水处理的绿色可持续发展。

关键词: 市政给排水设计; 污水处理; 技术要点

引言: 在城市化高速发展的当下,市政污水排放量持续攀升,给城市水环境带来巨大压力。市政给排水设计里的污水处理技术,成为改善水质、保护生态环境的关键所在。科学有效的污水处理,既能防止污水对自然水体的污染,又可助力水资源循环利用。然而,实际设计过程中存在工艺选择不当、处理效率不高等问题。深入剖析污水处理技术要点,对提升市政污水处理水平意义重大。

1 市政污水处理技术基础与分类

1.1 污水处理技术体系

(1) 物理处理技术:作为污水预处理核心环节,格栅通过拦截悬浮杂物保护后续设备;沉砂池利用重力分离砂粒等无机颗粒,降低设备磨损;气浮法向污水注入微气泡,吸附油类、悬浮物并使其上浮去除,多用于含油废水处理。(2) 生物处理技术:活性污泥法中,A²O工艺通过厌氧、缺氧、好氧段协同脱氮除磷,适配城镇生活污水;SBR工艺采用间歇式运行,灵活应对水质波动。生物膜法里,MBBR借助悬浮载体增强微生物附着,提升处理效率;BAF以滤料为载体,同步实现生物降解与固液分离。(3) 化学处理技术:混凝沉淀通过投加混凝剂(如PAC)形成絮体,去除胶体及细微杂质;化学氧化采用臭氧、次氯酸钠等氧化剂,降解难生物降解有机物;消毒工艺(如紫外线、氯消毒)杀灭病原微生物,保障出水安全。(4) 生态处理技术:人工湿地利用植物、基质、微生物协同作用,净化污水且兼具生态景观功能;稳定塘通过自然生物降解净化污水,适用于低负荷、土地资源充裕地区。

1.2 技术选择影响因素

(1) 水质特征: BOD/COD比值反映可生化性,比值>0.3宜选生物处理;氮磷含量高需搭配脱氮除磷工艺(如A²O)。(2) 污水排放量与波动性: 排放量>

10000m³/d宜用连续式工艺(如A²O);排放量小、波动大时,SBR等间歇式工艺更适配。(3) 场地条件与气候因素:占地紧张可选MBBR、BAF等紧凑型工艺;寒冷地区需考虑保温措施,避免生物活性降低;气候温暖地区可优先采用生态处理技术。(4) 经济性与运维可行性:需综合评估建设成本(如MBBR设备成本高于传统活性污泥法)与运行成本(如化学氧化药剂费用);运维复杂程度需匹配当地技术水平,避免因运维不当影响处理效果。

2 市政给排水设计中污水处理技术要点分析

2.1 设计阶段的关键技术参数

(1) 水力负荷计算:需结合服务区域人口、产业类型确定污水设计流量,预留10%-20%波动系数;管道与构筑物内流速需控制在合理范围,如污水管道流速0.6-1.0m/s,避免淤积或冲刷;根据处理工艺确定水力停留时间,如A²O工艺厌氧段1-2h、缺氧段2-3h、好氧段6-8h,确保污染物充分降解。(2) 污泥浓度与活性控制:设计时需明确混合液悬浮固体浓度(MLSS),活性污泥法通常控制在2000-4000mg/L,生物膜法可适当降低;通过食物与微生物比值(F/M)调节污泥活性,生活污水处理F/M宜为0.2-0.4kgBOD₅/(kgMLSS·d),F/M过高易导致污泥膨胀,过低则处理效率下降。(3) 溶解氧(DO)与碳源投加优化:好氧段DO需维持在2-4mg/L,通过曝气设备功率设计确保供氧均匀;脱氮工艺中,缺氧段DO需<0.5mg/L,若碳源不足(C/N<5),需设计甲醇、乙酸钠等外加碳源投加系统,按脱氮量1:5-1:6的比例计算投加量。(4) 抗冲击负荷能力设计:构筑物容积需考虑水力冲击,如调节池停留时间不低于8-12h,缓冲水质水量波动;生物处理单元可增设回流系统,如污泥回流比50%-100%、混合液回流比200%-300%,增强系统稳定性;关键设备采用冗余设计,如备用曝气风机、水泵,

避免单点故障影响运行^[1]。

2.2 工艺流程设计要点

(1) 预处理单元：粗格栅间隙宜为10-20mm，细格栅间隙2-5mm，需配套格栅除污机与压榨机；调节池需划分均质区与事故区，事故区容积不低于日处理量的30%，并设置搅拌或曝气装置，防止污染物沉积。(2) 主处理单元：生物反应池需根据工艺确定结构形式，A²O工艺采用推流式廊道，SBR工艺采用矩形池体并分格设计；曝气方式选择需结合能耗与效率，传统活性污泥法可选用鼓风曝气（氧利用率20%-30%），MBBR工艺宜采用射流曝气，增强载体搅拌与氧气传递。(3) 深度处理单元：膜过滤（MBR）设计需确定膜通量（中空纤维膜通常为15-25L/(m²·h)），配套在线清洗系统；臭氧氧化工艺中，臭氧投加量按水质确定，通常为10-30mg/L，需设计臭氧发生器与接触反应塔，确保接触时间>15min；深度处理单元需设置反冲洗与化学清洗系统，保障长期稳定运行^[2]。(4) 污泥处理单元：污泥浓缩宜采用重力浓缩池（停留时间12-24h）或机械浓缩设备，浓缩后污泥含水率降至95%-97%；脱水工艺优先选用板框压滤机（含水率60%-70%）或离心脱水机（含水率75%-80%），需配套污泥调理系统（投加PAM等药剂）；资源化利用路径需结合当地条件，如脱水污泥可用于填埋覆盖土、制有机肥（需满足GB/T23486要求），或与垃圾协同焚烧。

2.3 智能化与节能设计

(1) 传感器布局与在线监测系统：在进水口、各处理单元出口布设pH、COD、NH₄⁺-N、DO、MLSS等传感器，数据采集频率不低于1次/5min；搭建中央控制系统，实时监控设备运行状态与水质参数，异常情况自动报警并触发应急预案（如DO过低时自动提升曝气功率）。

(2) 变频控制与能量回收装置：水泵、风机采用变频调速，根据实际流量与DO需求调节转速，节能率可达20%-30%；在污水提升泵出口、曝气系统排气管路设置能量回收装置，如水力涡轮机、余热回收换热器，将多余能量转化为电能或热能^[3]。(3) 低碳技术集成：厂区屋顶与空地可铺设光伏板，光伏供电占比不低于10%，配套储能系统应对阴雨天气；厌氧消化产生的沼气（甲烷含量60%-70%）可用于发电或供暖，发电效率30%-35%，余热处理后可用于污泥干化；采用低能耗设备，如永磁同步电机、节能型膜组件，降低全生命周期能耗。

3 市政给排水设计中污水处理的现存问题与挑战

3.1 技术层面问题

(1) 低温地区生物处理效率下降：低温(<10°C)会抑制微生物活性，导致活性污泥法脱氮效率降低30%

50%，生物膜法挂膜困难且降解速率减缓；虽可通过保温或加热提升温度，但会增加15%-20%能耗，传统设计中缺乏低成本的低温适配方案，难以平衡处理效果与能耗成本。(2) 新兴污染物去除率不足：现有工艺针对微塑料、药品残留等新兴污染物的去除率普遍低于40%，常规混凝沉淀、生物处理难以分解此类难降解物质；深度处理如膜过滤、高级氧化虽有一定效果，但设计中未普遍纳入，且运行成本较高，难以大规模推广应用。(3) 膜污染与寿命管理难题：MBR工艺中，膜污染（有机物、微生物附着）会导致膜通量下降30%-50%，需频繁清洗，缩短膜寿命（从5年降至3年左右）；设计中对进水预处理精度把控不足，未针对不同水质优化膜组件选型与清洗周期，增加了运维难度与成本。

3.2 设计与管理缺陷

(1) 规划阶段与实际需求的偏差：部分项目设计前未充分调研服务区域人口增长、产业结构变化，导致处理规模与实际排放量不匹配，如预留容量不足需后期扩建，或容量过剩造成设备闲置；水质预测不准确，使工艺选择与实际进水水质不符，降低处理效率。(2) 运维人员专业能力不足：智能化设备（在线监测、变频控制）需专业人员操作维护，但部分地区运维人员缺乏相关技术培训，无法熟练处理设备故障、优化运行参数，导致智能化系统无法充分发挥作用，甚至因操作不当引发处理效果波动。(3) 应急处理机制缺失：设计中未完善暴雨冲击、工业废水偷排等突发情况的应急方案，如调节池容积不足无法缓冲暴雨期水量冲击，缺乏应急投药系统应对水质突变；应急响应流程不明确，突发事故时无法快速启动预案，易导致出水超标^[4]。

3.3 经济与政策制约

(1) 初期投资与长期运维成本矛盾：智能化、深度处理工艺初期投资比传统工艺高20%-30%，如MBR工艺建设成本达300-400元/吨；长期运维中，药剂、电费、设备更换等成本较高，部分项目因资金不足，被迫降低运行标准，影响处理效果。(2) 污水排放标准与地方经济水平的冲突：部分地区执行严于国家标准的地方排放标准（如COD限值从50mg/L降至30mg/L），需增加深度处理单元，提升处理成本；但地方经济水平有限，财政补贴不足，企业与地方政府难以承担额外成本，导致标准执行不到位，存在达标排放压力。

4 市政给排水设计中污水处理的优化策略与技术创新方向

4.1 工艺优化方向

(1) 短程硝化反硝化、厌氧氨氧化等新型生物技

术：短程硝化反硝化可减少25%曝气量与40%碳源消耗，适用于低温低C/N污水，设计中可通过控制DO（0.5-1.0mg/L）与pH（7.5-8.0）实现稳定运行；厌氧氨氧化无需碳源，脱氮效率达80%以上，可与传统工艺组合，降低能耗与运行成本，尤其适配高氨氮工业废水处理。（2）磁分离、电催化等物理化学强化技术：磁分离技术通过投加磁种快速吸附污染物，分离时间<20min，处理效率比传统沉淀提升3-5倍，适合应急处理与高浊度污水预处理；电催化技术利用电极产生羟基自由基，对微塑料、药品残留去除率超70%，设计中可集成于深度处理单元，弥补传统工艺短板。（3）模块化与装配式污水处理设施：采用工厂预制模块（如一体化MBR设备），现场组装周期缩短60%，占地面积减少30%，适配中小城镇与临时污水处理需求；模块设计需统一接口标准，便于后期扩容与设备更换，降低改造难度与成本。

4.2 管理优化措施

（1）构建“源-网-厂-河”一体化管理平台：整合进水源头监测、管网流量监控、污水处理厂运行数据与受纳水体水质信息，通过大数据分析优化调度方案（如根据管网负荷调整污水处理厂进水分配），实现全流程协同管控，提升系统整体效率。（2）推广第三方专业运维模式（PPP/TOT）：引入具备技术与资金优势的第三方机构负责运维，通过长期合作（通常20-30年）保障运维专业性，降低政府管理压力；采用TOT模式盘活存量资产，缓解初期投资压力，同时通过绩效考核确保处理效果达标。（3）建立动态水质预警与应急响应机制：在进水口设置多参数在线监测仪，当水质超标（如COD突升50%以上）时，系统自动触发预警，快速启动应急投药、切换备用处理单元等措施；制定分级应急预案，明确响应流程与责任主体，缩短应急处置时间至1小时内。

4.3 政策与标准建议

（1）完善分区域排放标准体系：根据不同地区经济水平与水环境容量制定差异化标准，如缺水地区强化再生水水质要求，工业园区执行更严格的特征污染物限值，避免“一刀切”，平衡环保需求与经济可行性。（2）出台绿色信贷与税收优惠激励政策：对采用低碳工艺（如光伏供电、沼气利用）的项目提供低息贷款，贷款额度不低于项目总投资的30%；对达标排放且资源化利用的企业减免环境保护税，降低运营成本，激发企业创新积极性。（3）推动污水处理碳足迹核算标准制定：明确碳足迹核算范围（含能源消耗、药剂生产、污泥处置）与计算方法，建立统一的核算体系；将碳足迹纳入项目环评与绩效考核，引导行业向低碳方向发展，助力“双碳”目标实现。

结束语

市政给排水设计中的污水处理技术，是城市可持续发展不可或缺的一环。本文对各类处理技术要点进行了系统剖析，从前期工艺选型到具体设计参数把控，再到智能化与节能设计探索，都凸显了科学规划与精准实施的重要性。面对现存的技术瓶颈与管理挑战，未来需持续创新工艺、优化管理，并借助政策引导推动行业发展。唯有如此，才能提升污水处理效能，让城市水环境重焕生机，为居民创造更优质的生活空间。

参考文献

- [1]徐琦勇.市政给排水设计中的污水处理关键技术探讨[J].砖瓦世界,2023,(15):196-198.
- [2]王慧俊.污水处理技术在市政给排水工程中的有效运用[J].建材发展导向,2023,(22):179-180.
- [3]蒲嘉懿.市政给排水设计中污水处理关键技术相关思考[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(13):124-125.
- [4]黄胜娟.对市政给排水设计中污水处理技术要点的探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(17):184-186.