

市政给排水设计中水处理新技术的应用

张红辉

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司 上海 200092

摘要: 市政给排水系统对城市运行意义重大, 水处理新技术在其中发挥关键作用。本文详细阐述了物理、化学、生物及组合式等常用水处理新技术, 并分别探讨其在市政给水设计的原水净化、水质深度处理、给水管道水质保障环节, 以及市政排水设计的生活污水处理、工业废水预处理、排水尾水回用方面的应用, 还分析了新技术应用中的适配、工艺衔接、设备选型等要点, 为市政给排水设计提供全面的技术参考。

关键词: 市政给排水设计; 水处理新技术; 原水净化; 污水处理; 尾水回用

引言: 随着城市化进程的加快, 市政给排水系统面临着日益复杂的水质处理挑战。传统水处理技术难以满足不断提高的水质标准和多样化的处理需求, 水处理新技术的研发与应用成为必然趋势。这些新技术凭借高效、环保、节能等优势, 在市政给排水设计的各个环节展现出巨大潜力, 能够有效提升水质, 保障城市供水安全, 减少污水排放对环境的污染, 推动城市水资源的可持续利用。

1 市政给排水设计中常用水处理新技术

1.1 物理类水处理新技术

物理类水处理技术凭借高效、无二次污染等优势, 在市政给排水设计中占据重要地位。膜分离技术作为核心手段, 通过微滤、超滤、纳滤及反渗透等工艺, 可精准截留不同粒径污染物^[1]。微滤膜孔径通常在0.1-10微米之间, 可有效去除悬浮物及部分胶体; 超滤膜孔径进一步缩小至0.001-0.1微米, 能截留大分子有机物与微生物; 纳滤与反渗透技术则通过溶质扩散与筛分作用, 实现溶解性无机盐与微量污染物的深度脱除。磁分离技术通过向水体投加磁性颗粒, 使污染物吸附后经磁场快速分离, 尤其适用于高浊度废水处理。气浮技术利用微气泡黏附污染物形成浮渣, 在含油废水及藻类去除中表现突出, 其关键在于气泡直径控制与絮凝剂协同作用。

1.2 化学类水处理新技术

化学处理技术通过氧化还原、沉淀络合等反应实现污染物转化与分离。高级氧化技术以羟基自由基为核心氧化剂, 臭氧氧化、芬顿反应及光催化氧化等工艺可无选择性矿化难降解有机物, 尤其适用于内分泌干扰物与药物残留处理。电化学技术通过电极反应生成强氧化性物质, 在处理含重金属废水时兼具沉淀与还原功能, 阳极氧化可破坏染料分子共轭结构, 阴极还原则能实现六价铬向三价铬的转化。化学沉淀法通过调控pH值与投加

沉淀剂, 使溶解性污染物转化为不溶物, 磷酸铵镁结晶法在氮磷同步去除中展现独特优势, 生成的鸟粪石可作为缓释肥料回收利用。

1.3 生物类水处理新技术

生物处理技术依托微生物代谢作用实现污染物转化, 活性污泥法通过曝气维持好氧微生物活性, 在碳源去除与硝化反应中发挥重要作用, 改良型序批式反应器(SBR)通过时序控制实现脱氮除磷协同。生物膜法利用载体表面附着生长的微生物群落, 移动床生物膜反应器(MBBR)通过填料流化增强传质效率, 曝气生物滤池(BAF)则集成生物氧化与过滤功能, 显著降低出水悬浮物浓度。厌氧氨氧化技术突破传统脱氮路径, 在缺氧条件下直接将氨氮与亚硝酸盐转化为氮气, 能耗较传统工艺大幅降低, 成为高氨氮废水处理的重要方向。

1.4 组合式水处理新技术

单一技术难以满足复杂水质处理需求, 组合工艺通过技术互补实现处理效能跃升。物理-化学组合工艺中, 膜分离与高级氧化联用可解决膜污染问题, 同时提升对微量污染物的去除率。生物-化学组合工艺通过生物预处理降低有机负荷, 为后续化学处理创造有利条件, 生物活性炭技术利用微生物降解吸附态有机物, 延长活性炭再生周期。智慧化集成系统通过传感器实时监测水质参数, 动态调控各处理单元运行状态, 在应对水质波动与突发污染事件时展现强大适应性, 成为未来市政给排水设计的重要发展趋势。

2 水处理新技术在市政给水设计中的应用

2.1 原水净化环节的新技术应用

原水净化是保障供水安全的首道防线, 针对不同水源特性需采用差异化技术组合。对于地表水, 预氧化技术通过投加臭氧或高锰酸钾, 可快速破坏藻类细胞结构并氧化有机物, 降低后续处理负荷^[2]。磁分离技术凭借

微米级磁粉的高比表面积，能高效吸附悬浮物与胶体颗粒，配合磁场快速分离，在应对高浊度原水时展现显著优势。针对地下水铁锰超标问题，生物接触氧化法利用铁细菌与锰细菌的氧化作用，将溶解性锰转化为不溶性三价氧化物，通过定期反冲洗实现滤料再生，较传统化学氧化法更具经济性与环境友好性。膜过滤技术在原水净化中应用日益广泛，超滤膜可截留0.01微米以上颗粒，有效去除隐孢子虫与贾第鞭毛虫等病原微生物，为后续处理提供稳定水质基础。

2.2 水质深度处理环节的新技术应用

深度处理旨在满足饮用水卫生标准对微量污染物的控制要求。活性炭吸附技术通过多孔结构对有机物进行物理截留与化学吸附，改性活性炭表面官能团可增强对特定污染物的选择性吸附能力。高级氧化工艺中，紫外/过硫酸盐体系通过光激发产生硫酸根自由基，其氧化还原电位高于羟基自由基，能高效降解抗生素与内分泌干扰物等难处理有机物。纳滤膜技术凭借分子级截留特性，可选择性去除水中硬度成分与微量有机物，同时保留对人体有益的矿物质离子，在优质饮用水制备中具有独特价值。电吸附技术利用电极表面双电层对带电离子的吸附作用，在去除硝酸盐与重金属方面表现突出，且可通过极性反转实现电极再生，降低运行成本。

2.3 给水管道水质保障的新技术应用

管道水质保障需从抑制微生物滋生与控制二次污染两方面入手。内衬修复技术通过在既有管道内壁喷涂环氧树脂或水泥砂浆，形成致密防护层，可有效阻隔管道腐蚀产物进入水体，同时降低水流阻力。智能冲洗系统基于流量监测与水质反馈，自动生成优化冲洗方案，通过周期性高压冲洗清除管壁沉积物，防止生物膜形成。紫外消毒技术利用254纳米波长紫外线破坏微生物DNA结构，较氯消毒无消毒副产物生成风险，且不改变水的物理化学性质，适用于管网末梢水的补充消毒。水质在线监测网络通过部署多参数传感器，实时采集余氯、浊度、pH等关键指标，数据经边缘计算处理后触发预警机制，为运维人员提供决策支持，实现从“被动处理”向“主动防控”的转变。

3 水处理新技术在市政排水设计中的应用

3.1 生活污水处理环节的新技术应用

生活污水含有大量有机物、氮磷等营养物质以及各类微生物，若未经有效处理直接排放，会对水体造成严重污染。膜生物反应器（MBR）技术将膜分离与生物处理有机结合，通过膜组件高效截留微生物，实现泥水分离^[3]。这一技术不仅提高了生物反应器内活性污泥浓度，

增强了对有机物和氮磷的去除能力，还大大缩短了水力停留时间，使处理后的水质稳定且优良，能满足更高的排放标准或回用要求。移动床生物膜反应器（MBBR）技术通过向反应器中投加悬浮载体，为微生物提供附着生长的场所，形成生物膜。载体在水中随水流自由移动，与污水充分接触，提高了传质效率，增强了微生物对污染物的降解能力。该技术具有处理效率高、占地面积小、抗冲击负荷能力强等优点，适用于不同规模的生活污水处理项目。

3.2 工业废水预处理的新技术应用

工业废水成分复杂，含有大量重金属、有毒有害有机物等污染物，直接进入市政排水系统会对后续处理设施造成严重损害。高级氧化技术利用强氧化性物质，如羟基自由基等，将工业废水中的难降解有机物氧化分解为小分子物质，甚至直接矿化为二氧化碳和水。芬顿试剂法、臭氧催化氧化、紫外光催化氧化等高级氧化技术，能有效去除工业废水中的酚类、染料、农药等污染物，降低废水毒性，为后续生物处理创造良好条件。电化学处理技术通过电极反应产生具有强氧化性的中间产物，对工业废水中的污染物进行氧化还原、凝聚沉淀等作用，实现污染物的去除。该技术操作简便、反应条件温和、易于自动化控制，在处理含有重金属离子、难降解有机物的工业废水方面具有显著优势。

3.3 排水尾水回用的新技术应用

尾水回用需突破水质稳定性与经济性的双重约束。反渗透技术凭借纳米级截留精度，可去除水中绝大部分溶解性盐分与有机物，产水水质达到电子工业超纯水标准，但需配套膜污染防控措施以延长使用寿命。电渗析技术通过离子交换膜的选择性透过特性，实现盐分与水分的高效分离，在苦咸水淡化与工业废水回用中展现出低能耗优势，尤其适用于含盐量适中的废水处理场景。人工湿地技术通过植物吸收、微生物降解与基质过滤的协同作用，在处理低浓度尾水时兼具生态修复功能，湿地出水可稳定用于城市绿化灌溉，实现水资源与生态价值的双重提升。智慧化监控系统的引入进一步优化了回用过程管理，通过实时监测水质关键指标并动态调整处理参数，确保回用水水质持续满足不同用途需求。

4 水处理新技术的应用要点

4.1 新技术与市政给排水设计的适配要点

水处理新技术与市政给排水设计的适配需兼顾系统整体性与局部功能性^[4]。从宏观层面看，设计需充分考虑城市规划布局、人口分布及用水需求特征。例如，在人口密集区域，生活污水产生量大且水质波动明显，所

选技术应具备高负荷处理能力与抗冲击性能,如膜生物反应器技术,通过膜组件实现泥水高效分离,可稳定维持高活性污泥浓度,适应水质波动。在工业集聚区,工业废水成分复杂,需针对性选择能处理特定污染物的技术,如高级氧化技术对难降解有机物的分解能力,可有效降低工业废水毒性,为后续处理创造条件。微观层面,设计需结合场地条件与现有设施状况。若场地空间有限,宜选择占地面积小的技术,如移动床生物膜反应器,通过悬浮载体增加生物量,减少反应器体积;若现有设施老化但部分功能仍可利用,需考虑新技术与旧设施的兼容性,避免资源浪费。此外,设计还需关注技术运行成本与维护便利性,确保新技术在经济可行性与操作便捷性上满足实际需求。

4.2 新技术应用中的工艺衔接要点

水处理新技术应用中,工艺衔接的合理性直接影响处理效果与系统稳定性。不同处理单元间需实现物质与能量的顺畅传递。例如,在生活污水处理中,预处理单元去除大颗粒杂质与悬浮物后,需确保出水水质满足后续生物处理单元的进水要求,避免杂质对生物膜或活性污泥造成破坏。生物处理单元与深度处理单元的衔接同样关键,生物处理后的出水可能含有残留有机物与氮磷,深度处理单元需通过反渗透、纳滤等技术进一步净化,实现水质达标。工艺衔接还需考虑时间维度上的协调性。各处理单元的处理时间应相互匹配,避免因某一单元处理时间过长或过短导致整体系统运行效率下降。例如,在采用序批式活性污泥法(SBR)与膜分离技术组合时,需精确控制SBR的反应周期与膜分离的过滤时间,确保两者协同工作,实现高效处理。

4.3 新技术应用中的设备选型要点

设备选型是水处理新技术应用的重要环节,直接影响技术性能的发挥与系统长期稳定运行。选型需基于处

理规模、水质特点及技术要求。对于大型市政污水处理项目,应选择处理能力强、自动化程度高的设备,如大型离心鼓风机用于生物处理单元的曝气,可提供稳定的气源,满足大规模活性污泥的需氧量;对于小型社区或分散式污水处理设施,宜选择体积小、操作简便的设备,如一体化污水处理设备,集成多种处理单元,便于安装与维护。设备材质的选择同样重要,需根据处理介质的性质确定。例如,处理含腐蚀性物质的工业废水时,设备材质应具备耐腐蚀性能,如采用不锈钢或玻璃钢材质的泵、管道等;处理高盐度废水时,需选择耐盐蚀的设备,确保设备使用寿命与处理效果。此外,设备选型还需考虑能耗与运行成本,优先选择能效高、维护成本低廉的设备,降低系统长期运行的经济负担。

结束语

市政给排水设计中水处理新技术的应用,有效提升了水处理效率与质量,为城市水资源合理利用与水环境改善提供了有力支撑。通过合理适配新技术与市政给排水设计,注重工艺衔接的合理性,科学进行设备选型,可充分发挥新技术的优势,实现高效、稳定、经济的运行。在后续实践中,需持续关注技术发展动态,不断优化应用方案,推动市政给排水设计向更高水平发展,切实保障城市水安全与生态环境质量。

参考文献

- [1]张鹏程.市政给排水管道的防腐新技术研究[J].全面腐蚀控制,2024,38(6):36-38.
- [2]刘珊.市政给排水管道的防腐新技术研究[J].工程技术研究,2024,6(21):231-233.
- [3]扬州.市政给排水管道安装施工要点及新技术应用[J].中国建筑金属结构,2025,24(1):115-117.
- [4]刘志.绿色建筑中给排水节能新技术应用[J].陶瓷,2022(8):145-146,170.