

市政工程中的污水处理技术

李梓溢

国家能源集团神华煤制油化工有限公司鄂尔多斯煤制油公司 内蒙古 鄂尔多斯 017200

摘要：市政工程中的污水处理技术，作为环境保护与水资源循环利用的关键环节，正不断向着高效、节能、环保的方向发展。本文综述了城市生活污水、工业废水及农村小城镇污水处理的典型技术应用案例，包括生物处理、膜分离、高级氧化等先进工艺。这些技术不仅提高污水处理效率，降低运行成本，还有效解决了水资源短缺与环境污染问题，为实现水资源的可持续利用和构建生态文明社会提供了有力支撑。

关键词：市政工程；污水处理技术；水质净化

1 污水处理的基本概念

污水处理的基本概念是指将生活污水、工业废水等含有污染物质的水体，通过一系列物理、化学或生物的处理方法，净化至符合环保标准或特定用途要求的水质的过程。这一过程中，主要目标是去除水中的悬浮物、有机物、重金属、氮磷等营养物质以及病原微生物等有害成分。物理处理常包括格栅、沉淀、过滤等手段；化学处理则可能涉及混凝、中和、氧化还原等反应；生物处理则利用微生物的代谢作用分解有机物，如活性污泥法、生物膜法等。经过处理后的污水，一部分可安全排放至自然水体，另一部分则可回用于农业灌溉、工业生产或城市杂用，从而实现水资源的节约与循环利用。污水处理对于保护水环境、维护生态平衡及促进可持续发展具有重要意义。

2 市政工程污水处理的重要性

市政工程污水处理的重要性不言而喻，它直接关系到城市水资源的可持续利用与居民生活环境的健康。通过有效的污水处理，可以大幅度减少水体污染，保护自然水系的生态平衡，为城市提供清洁、安全的水资源^[1]。污水处理还能有效去除污水中的有害物质，防止病菌、病毒等病原体通过水体传播，从而保障公共卫生安全。经过适当处理的污水还可以作为再生水资源，用于农业灌溉、工业生产等领域，有效缓解城市水资源短缺的问题。市政工程污水处理是城市建设中不可或缺的一环，对于促进城市可持续发展具有重要意义。

3 传统污水处理技术回顾

3.1 物理处理法

物理处理法是通过物理作用分离和去除污水中污染物的技术。这类方法主要依赖于物理过程，如重力、过滤、离心和浮选等，不涉及化学反应或生物降解。在古代，人们已经利用物理原理进行简单的污水处理。例

如，在我国秦汉时期，人们挖掘沟渠，利用重力原理将污水排向低洼地带，通过自然沉淀的方式去除杂质。古罗马时期的城市下水道系统也是物理处理法的早期实践，它有效解决了城市排水问题，并减少了疾病传播的风险。进入现代，物理处理法得到了更加系统和科学的发展，格栅是污水处理中常用的物理设备，用于去除污水中较大的悬浮物，如树叶、塑料袋等。沉淀池则利用重力作用，使污水中的悬浮颗粒在静止状态下沉降到底部，形成污泥，而上清液则作为处理后的水排出。除了格栅和沉淀池，过滤也是物理处理法中的重要环节。砂滤池、活性炭过滤器等设备能够进一步去除污水中的微小颗粒和有机物，提高出水水质，离心分离和浮选技术也被应用于某些特定类型的污水处理中，如含油废水的处理。

3.2 化学处理法

化学处理法是通过化学反应和传质作用来分离、去除或转化污水中污染物的技术。这类方法通常涉及向污水中投加化学药剂，以引发化学反应，从而改变污染物的性质或状态。化学处理法的历史可以追溯到19世纪末期，当时人们开始使用石灰、金属盐类等化学药剂来处理城市污水。这些药剂能够与污水中的污染物发生反应，形成沉淀物或转化为无害物质。随着化学工业的发展，化学处理法得到了更加广泛的应用和改进。混凝处理法是通过向污水中投加混凝剂（如硫酸铝、聚合氯化铝等），使悬浮颗粒和胶体物质凝聚成较大的絮体，然后通过沉淀或过滤去除。中和处理法则用于调节污水的酸碱度，使其达到排放标准或适合后续处理的要求。氧化还原处理法也是化学处理法中的重要手段之一，它利用氧化剂（如氯气、臭氧等）或还原剂（如亚硫酸钠等）与污水中的污染物发生氧化还原反应，从而将其转化为无害物质。

3.3 生物处理法

生物处理法是利用微生物的代谢作用来降解和去除污水中污染物的技术。这类方法具有高效、经济、环保等优点，是现代污水处理中最常用的方法之一。生物处理法的历史可以追溯到19世纪末期的活性污泥法。该方法通过向污水中投加活性污泥（含有大量微生物的污泥），在曝气条件下使微生物与污染物充分接触并发生降解反应。活性污泥法能够去除污水中的有机物、氮、磷等污染物，且处理效果稳定可靠。随着生物技术的进步，生物处理法得到了不断的发展和改进，生物膜法是一种重要的生物处理技术，它利用附着在载体表面的微生物膜来降解污水中的污染物^[2]。生物膜法具有占地面积小、处理效率高、耐冲击负荷强等优点，适用于各种规模的污水处理工程。除了活性污泥法和生物膜法，还有多种其他形式的生物处理技术，如厌氧生物处理、好氧生物处理、生物滤池等。这些技术各有特点，适用于不同类型的污水和处理要求。

4 现代污水处理技术发展

4.1 高级氧化工艺

高级氧化工艺（Advanced Oxidation Processes，简称AOPs）是20世纪80年代开始形成的处理有毒及高难污染物技术。它利用反应过程中产生的羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ）等强氧化性物质，将有机污染物有效分解甚至彻底转化为无害的无机物，如二氧化碳和水等。AOPs技术具有氧化性强、操作条件易于控制、可以处理生化法无法处理的高难废水的优点。它主要分为Fenton氧化法、光催化氧化法、臭氧氧化法、超声氧化法、湿式氧化法和超临界水氧化法等多种类型。其中，臭氧氧化法因其降解有机物速度快、条件温和、不产生二次污染的特点，在水处理中得到了广泛应用。单独的臭氧氧化法存在臭氧发生器易损坏、能耗较大、处理成本昂贵等问题。光催化氧化法则是通过氧化剂在光的激发和催化剂的催化作用下产生的羟基自由基来氧化分解有机物。该技术使用的催化剂主要有 TiO_2 、 ZnO 、 WO_3 、 CdS 、 ZnS 、 SnO_2 和 Fe_3O_4 等。光催化氧化降解水中有机污染物具有能耗低、操作简便、反应条件温和、可减少二次污染等突出优点。超临界水体氧化技术，是一项可以完全打破传统生物体系的先进氧化技术，其基本原理是在超临界水体的状态下把生活污水中所含的有机质，用氧化剂快速分解成水分子、超临界二氧化碳等基本无毒的小分子物质。超临界盐氧化技术还面临系统及技术条件复杂、一次性投入大、设备的防腐和盐水沉淀问题尚未彻底解决，也限制了该技术的应用。

4.2 膜分离技术

膜分离技术是利用特殊薄膜对液体中的某些成分进行选择透过性的技术。它根据膜孔径的大小和分离物质间的作用，将离子、分子或某些微粒从水中分离出来。膜分离技术具有装置简单、操作简单、无相变、能量转化效率高等优点，在水和废水处理领域得到了广泛应用。MBR（膜生物反应器）技术是一种集生物处理与膜分离技术于一体的新型污水处理技术。它利用微生物的代谢作用降解有机物，并通过膜分离技术将微生物与出水有效分离，从而得到高质量的出水。MBR技术具有出水水质好、占地面积小、剩余污泥产量少等优点，在污水处理领域得到了广泛应用。超滤、纳滤和反渗透等膜分离技术也在污水处理中发挥着重要作用。超滤技术主要用于截留溶液中的大分子物质、胶体、细菌等，适用于工业废水处理、食品加工等领域。纳滤技术则介于反渗透和超滤之间，适宜分离大小约为1nm的溶解组分，如二价及高价离子和相对分子质量高于200的有机小分子，被广泛应用于超纯水的制备、食品、化工、医药等领域。反渗透技术则是利用半透膜的选择透过性，将溶液中的溶剂与溶质分离，适用于海水淡化、苦咸水淡化等领域^[3]。

4.3 深度处理与回用技术

深度处理与回用技术是现代污水处理中的重要组成部分。它通过对污水进行进一步的处理和净化，使其达到更高的水质标准，从而可以回用于工业、农业、城市杂用、景观娱乐、补充地表水和地下水等领域。深度处理技术主要包括混凝沉淀、过滤、活性炭吸附、臭氧氧化、离子交换等。这些技术可以去除污水中的悬浮物、有机物、重金属、氮磷等营养物质以及病原微生物等有害成分，提高出水水质。回用技术则是将经过深度处理的污水回用于各种需水对象，根据回用对象的不同，回用水质应满足相应的水质控制指标。例如，回用于工业冷却水的污水需要满足低硬度、低腐蚀性等要求；回用于农田灌溉的污水则需要满足无有害物质残留、适宜的营养含量等要求。通过回用技术，不仅可以实现水资源的节约和循环利用，还可以减少污水排放对环境的污染。

5 市政工程污水处理技术应用案例分析

5.1 城市生活污水处理

案例一：包头市东河东污水处理厂面对的水质指标明显高于普通市政污水，特别是氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）、总氮（TN）和总磷（TP）等指标严重超标。为了满足日益严格的排放标准，该厂于2009年进行了提标扩建工程。设计采用改良 A^2/O （厌氧-缺氧-好氧）工艺，并结合活性

砂滤池进行深度处理。(1)工艺流程:污水首先经过格栅间及进水泵房进行预处理,去除大颗粒杂质。然后通过旋流沉砂池进一步去除砂砾。初沉池采用辐流式沉淀池,去除部分悬浮物(SS)。进入生物处理阶段,采用改良A²/O工艺,实现高效脱氮除磷。深度处理阶段,通过活性砂滤池去除SS和TP,最后经紫外消毒槽消毒后排放。(2)技术特点:该工程通过优化生物池缺氧池设计,提高了反硝化效果,同时采用PAC加药微絮凝过滤,达到了良好的去除效果,出水水质符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级A标准。

案例二:针对广州市增城区石滩污水处理系统存在的进水浓度低、外水入侵等问题,2019年起实施了提质增效工程。该工程通过从排水源头、管网、泵闸站以及污水处理厂各环节进行系统性整治,实现了污水处理效能的显著提升。主要措施:完善污水收集设施,减少外水入侵;改善现有排水系统质量,提升污水收集率;开展管网排查与修复,减少污水溢流河涌现象。成效:经过整治,石滩污水处理系统进水COD和氨氮浓度大幅提升,达到初期考核目标,有效消除了黑臭河涌,实现了污水处理系统的提质增效。

5.2 工业废水处理

案例:某化工企业排放的废水COD浓度超过40000mg/L,每天废水量达80m³,属于典型的高浓度有机工业废水。以往采用的氧化法+生化处理工艺难以达到排放标准。采用铁碳微电解技术提高废水可生化性,减少处理成本。后续有机物去除交给厌氧生物处理,采用水解酸化+UASB反应器^[4]。水解酸化池去除一部分有机物,UASB反应器承担大部分COD去除,出水COD浓度稳定在1000mg/L左右。后续好氧生物处理采用抗冲击负荷较高的生物接触氧化工艺,将废水净化至排放标准。该工艺通过铁碳微电解提高废水可生化性,结合厌氧-好氧生物处理技术,实现了高浓度有机废水的有效处理,出水水质稳定,处理费用大幅降低。

5.3 农村及小城镇污水处理

案例一:该项目位于安徽省当涂县,采用“高效仿生水草污水处理平台”技术,对石桥、护河、塘南、乌溪等乡镇的生活污水进行处理。处理工艺:利用仿生技术形成不断自我更新的生物膜,提高处理效率,减少耗能。成效:项目于2015年底建成通水,污水站设计规模为每站每日800吨处理量,有效改善了当地水环境质量。

案例二:该项目是长沙市环境保护三年行动计划的标志工程之一,采用桑德SMART-HRBC高效生物转盘工艺,对长沙县18个乡镇的污水进行处理。处理工艺:由PST预处理系统、HRBC生物转盘、WSS泥水分离系统、UV紫外消毒、SD污泥处理系统五个单元组成,出水达到国标一级B标准。成效:项目总处理规模29400吨/日,解决了长沙县区域内分散的乡镇污水治理工程及其附属设施的建设、日常的管理运营及资金瓶颈等问题。

结束语

市政工程中的污水处理技术,在保障水质安全、促进水资源循环利用方面发挥着不可替代的作用。随着科技的不断进步和环保政策的日益严格,污水处理技术将持续创新,向着更加高效、智能化、绿色化的方向发展。未来,应继续加大技术研发力度,推动污水处理技术的广泛应用,为构建人与自然和谐共生的美好家园贡献力量。

参考文献

- [1]周长林.市政工程中的污水处理技术[C]//2024工程技术应用与施工管理论坛论文集.2024:1-3.
- [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,2023,21(22):179-182.
DOI:10.3969/j.issn.1672-1675.2023.22.056.
- [3]李平平.市政给排水工程污水处理的技术分析[J].大众标准化.2022,(21).
DOI:10.3969/j.issn.1007-1350.2022.21.019.
- [4]王刚.市政给排水管道的施工质量控制及预防治理措施研究[J].低碳世界.2022,12(9).
DOI:10.3969/j.issn.2095-2066.2022.09.029.