

城市生活污水处理厂中新型污染物处理技术的应用研究

孙秀波

辽宁城市建设设计院有限公司

摘要: 随着全球城市化进程的加速,城市生活污水处理成为保护水环境和维护公共卫生的重要环节。然而,新型污染物的不断增多对传统污水处理技术提出了新的挑战。传统技术的局限性和能源资源消耗也引发对更先进、高效、环保的处理技术的需求。本文对城市生活污水处理厂中新型污染物处理技术的应用展开研究,以促进这些新型污染物处理技术在实践中更加广泛地应用,并为城市生活污水处理厂的可持续发展提供有益的参考。

关键词: 城市生活污水处理厂; 新型污染物处理技术; 应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.113

一、引言

随着全球城市化进程的快速推进,城市生活污水处理成为确保人类健康和生态环境可持续发展的重要环节。城市生活污水中含有多种污染物,如有机物、氮、磷等,以及一些新型污染物,例如药物残留、微塑料、重金属等,这些污染物对水环境和生态系统造成严重威胁。传统污染物处理技术在应对这些新型污染物时面临着诸多挑战,因此亟须探索和应用新型污染物处理技术。本文旨在综述并深入研究新型污染物处理技术在城市生活污水处理厂中的应用,期望能为城市生活污水处理厂的技术创新和提升水质净化能力做出贡献,进一步推进城市生态文明建设,保障水资源的可持续利用,共同构建清洁、美丽的城市家园。

二、城市生活污水处理厂的现状

(一) 城市化加速

城市化不仅带来了人口的持续增加,使得城市生活污水产量不断攀升,同时也加剧了城市生活污水处理厂的处理负荷。大量的废水排放给水环境和生态系统带来了巨大的压力,而传统的污水处理技术已经显现出其局限性。

传统污水处理技术在应对城市化进程中产生的新型污染物方面面临挑战。城市生活污水中含有药物残留、微塑料、重金属等新型污染物,这些物质对环境和生态系统造成潜在威胁。然而,传统处理工艺在去除这些新型污染物方面效果不尽如人意,导致排放水质的不稳定性。

(二) 传统技术局限性

尽管城市生活污水处理厂承担着重要的水质净化任务,但传统技术在处理新型污染物和应对日益增加的处理负荷方面已经显现出一系列限制。传统污水处理技术在处理城市生活污水中的新型污染物时表现不尽如人

意。新型污染物,如药物残留、微塑料、重金属等,具有难降解性和高度毒性,传统处理工艺在去除这些污染物方面效果有限^[1]。这导致部分新型污染物可能仍然存在于处理后的水体中,进一步影响水环境的质量,甚至危害生态系统健康。

(三) 新型污染物增多

随着城市化进程的加速,城市生活污水中含有的新型污染物种类和浓度逐渐增加,对传统污水处理技术构成了前所未有的挑战。新型污染物,如药物残留、微塑料、重金属等,因其在自然环境中难以降解和去除的特性,对水体和生态系统带来潜在的危害。然而,传统污水处理技术主要针对传统的有机物、氮、磷等污染物进行设计,对于新型污染物的去除效率较低,导致部分新型污染物可能未能得到充分去除,进而进入水体系统,对水环境和生态系统造成影响。

(四) 能源和资源消耗

传统污水处理技术往往需要大量的电能和化学药剂来维持运行,这导致了不可忽视的能源消耗和资源浪费。在城市化进程的加速下,城市生活污水的处理量不断增加,进一步加大了污水处理厂的能源需求。许多污水处理厂依赖于能源密集型的处理工艺,如曝气、搅拌等,这些过程需要大量的电力支持。而传统污水处理厂通常没有有效的能源回收机制,导致处理过程中产生的能量难以得到回收和利用,造成了能源的浪费。此外,传统处理技术还广泛使用化学药剂来辅助污水处理过程,例如絮凝剂、消毒剂等。这些化学药剂的生产和使用也需要耗费大量的资源,并且在使用过程中可能产生一些副产物,对环境造成潜在的污染。

三、新型污染物的特点与影响

(一) 抗生素和抗生素耐药基因

抗生素是一类用于治疗细菌感染的药物,但其广泛使用导致许多抗生素进入城市生活污水。这些抗生素在污水处理过程中不完全去除,最终排放到自然水体中。抗生素的存在可能导致水体中细菌产生抗药性,这对公共卫生构成潜在威胁。抗生素耐药性的产生可能导致临床治疗中的抗生素疗效下降,增加感染疾病的治疗难度,甚至引发无法治愈的感染病例^[2]。

抗生素耐药基因是一种与抗生素耐药性相关的基因,它们存在于细菌体内,并在细菌间传播。城市生活污水中的抗生素耐药基因可能与抗生素共同进入水体,形成耐药基因污染。这些耐药基因在自然环境中可以通过水体中的细菌传播,进一步扩散到周边地区,包括农田和水源地。这样的传播现象使得细菌的抗药性问题更加复杂,可能使抗生素失去疗效,并威胁到全球公共卫

生安全。

抗生素和抗生素耐药基因的存在对水环境产生严重的影响。它们可能在水体中形成抗生素耐药菌群，加剧细菌的耐药性。此外，这些污染物也可能通过水体进入食物链，进而对人类和动物产生潜在的健康风险。抗生素耐药性的传播还可能导致临床治疗中的抗生素失效，增加医疗资源的负担。

（二）微塑料和微纳米塑料颗粒

微塑料是指直径小于5毫米的塑料颗粒，而微纳米塑料颗粒的直径更小，通常在纳米尺度。这些颗粒来源于各种塑料制品的分解、洗涤、摩擦等过程，进入城市生活污水系统后很难被传统处理工艺完全去除。微塑料和微纳米塑料颗粒在水体中能够长时间悬浮，并沉积在河流、湖泊和海洋底层，逐渐积累形成污染。

这些微塑料和微纳米塑料颗粒对水环境和生态系统产生多重影响。首先，它们可能通过水体进入食物链，进而对水生生物产生潜在的健康风险。微塑料和微纳米塑料颗粒的毒性和生物积累性使得它们对水生生物的生长和生存产生不利影响，影响生态系统的稳定性。其次，微塑料和微纳米塑料颗粒还能吸附有机污染物和重金属等有害物质，从而增加水体中这些污染物的浓度。这可能进一步加剧水体的污染程度，对水生生物和人类健康造成潜在威胁。

（三）其他新型污染物的类别与特征

1. 非处方药物

城市生活污水中含有大量的非处方药物，如感冒药、维生素等。这些药物常常被人们直接排泄到污水中，因此污水中的非处方药物含量较高。这些药物对水生生物和水体生态系统可能产生潜在毒性，同时可能导致细菌产生抗药性，加剧公共卫生问题^[3]。

2. 阻垢剂和表面活性剂

阻垢剂和表面活性剂广泛用于家庭清洁和个人护理产品中，它们在城市生活污水中被排放。这些化学物质对水体有一定的毒性，并可能对水生生物造成危害，影响水生态系统的稳定性。

3. 农药和农兽药残留

农药和农兽药的使用在农田中广泛，它们通过径流和渗漏进入城市生活污水系统。这些农药和农兽药残留物可能对水体产生潜在毒性，污染水源地，对生态系统造成影响，同时可能对人类健康产生风险。

四、新型污染物处理技术综述

（一）先进氧化技术

先进氧化技术作为一种新型污染物处理技术，在城市生活污水处理中显示出了巨大的潜力。这项技术利用高级氧化剂，如氢氧自由基、羟基自由基和过氧化氢等，在反应体系中产生强氧化性，从而能够有效降解和去除污水中的有机物、微污染物和新型污染物。

先进氧化技术的主要优势在于其高度氧化性和广谱性。传统的生物处理工艺在去除新型污染物时可能效果不佳，而先进氧化技术能够针对有机物的特定化学结构

进行高效降解。这种广谱性使得先进氧化技术对于处理城市生活污水中的新型污染物尤为有效，如药物残留、个人护理品、微塑料等。

（二）膜分离技术

膜分离技术的优势主要体现在其高度的选择性和高效的去除能力。膜分离过程中，可以根据污染物的大小、电荷和亲水性等特性选择合适的膜材料和膜孔径，使得微小颗粒、微生物、有机物和重金属等不同类型的污染物得以有效去除。这种高度的选择性使膜分离技术在去除新型污染物，尤其是微塑料和微纳米塑料颗粒等细小污染物方面表现出了独特的优势。

另一个优点是膜分离技术可以实现资源回收和水资源的再利用。在膜分离过程中，可以通过逆渗透膜将污水中的水分离出来，得到高纯度的水资源，可以用于灌溉、工业用水等用途^[4]。此外，膜分离还可以实现有机物的回收和再利用，如在厌氧膜生物反应器中，有机物被分解并生成可再生能源，如甲烷。

（三）生物技术

生物技术利用生物学的原理和生物体的作用，在污水处理过程中利用微生物、植物或其他生物体来降解、吸附、转化和去除污染物，从而实现高效净化和资源回收。生物技术的主要优势在于其环境友好性和高效性。相比传统的化学方法，生物技术在处理过程中无须使用或仅需少量的化学药剂，从源头上降低了对环境的污染。而且，生物技术可以充分利用自然界中的生物资源，如微生物和植物，实现对污染物的生物降解和转化。这种天然的生物降解过程，使得生物技术在去除新型污染物方面表现出了独特的优势，特别是在处理有机污染物和微生物污染物时具有显著效果。

（四）吸附技术

吸附技术作为一种新型污染物处理技术，在城市生活污水处理中展现出了显著的优势和潜力。该技术通过吸附剂对污水中的污染物进行吸附和富集，实现污染物的有效去除和回收利用。吸附技术的主要优势在于其高度选择性和高效性。通过选择合适的吸附剂，可以实现对特定污染物的高效吸附。这种高度选择性使得吸附技术在去除新型污染物方面表现出了独特的优势，尤其是对于微塑料和微纳米塑料颗粒等细小污染物具有很好的效果。

（五）其他新兴技术

1. 纳米技术

纳米技术是一种应用纳米材料的技术，具有独特的表面特性和高度活性。在城市生活污水处理中，纳米材料可以用于吸附和催化降解污染物，提高污水处理的效率和净化水质。同时，纳米技术也有助于开发新型纳米吸附剂和催化剂，应对新型污染物带来的挑战。

2. 激光技术

激光技术在环境监测和处理领域也有着广泛的应用。在城市生活污水处理中，激光技术可以用于在线监测水质，快速检测新型污染物的存在和浓度，有助于及

时采取有效的处理措施。

五、新型污染物处理技术在城市生活污水处理厂中的应用

(一) 工艺流程设计

新型污染物处理技术在城市生活污水处理厂中的应用正逐步成为关注的焦点。工艺流程设计是将不同处理技术有机结合,构建完整的污水处理流程,以实现高效、稳定、经济的污水处理目标。

首先,在城市生活污水处理厂中,传统的生物处理工艺仍然是主要的污水处理方法。然而,面对新型污染物的挑战,单一的生物处理工艺可能效果有限。因此,工艺流程设计通常采用多阶段处理的方式,将不同技术有机结合。例如,先进氧化技术可以用于去除有机污染物和微污染物,膜分离技术可以实现微塑料和微纳米塑料颗粒的有效去除,生物技术可以处理有机物和微生物污染物,吸附技术可以吸附重金属等污染物^[5]。通过这种多技术联合处理的方式,可以最大限度地去除不同类型的污染物,提高污水处理的效率和净化水质。

其次,工艺流程设计也需要考虑资源回收和再利用。新型污染物处理技术中,一些技术可以实现废水中有效成分的回收,如生物技术中的有机物回收和资源回收技术中的能源回收。通过充分利用废水中的有效成分,可以减少资源浪费,实现废物资源化利用。此外,工艺流程设计还需要考虑成本和能源消耗。一些新型污染物处理技术可能需要消耗较多的能源和化学药剂,在实际应用中需要进行经济性评估,寻求节能降耗的途径,降低运行成本。

(二) 处理效率评估

处理效率评估旨在评估新型污染物处理技术在实际应用中去除目标污染物的效果,同时考虑到工艺运行成本和资源利用效率。处理效率评估需要对不同污染物进行定性和定量分析。针对城市生活污水中可能存在的新污染物,如药物残留物、个人护理品、微塑料等,需要进行全面的检测和分析,了解其种类、浓度和分布情况。通过实验室试验和野外取样,可以获取污染物的基本信息,为后续处理效率评估提供依据。

同时,处理效率评估需要选取适当的评估指标。根据不同污染物的特性,可以选择适用的指标,如去除率、降解率、回收率等,来评估处理技术的效果。而且,还可以综合考虑水质指标、环境安全指标、能源消耗指标等,从多个角度综合评估处理效率。

(三) 水质净化效果分析

传统污染物处理技术在面对新型污染物的处理上可能效果不尽如人意,而新型污染物处理技术则能更有效地去除这些难降解的污染物,从而提高水质净化效率。

高级氧化过程是一种重要的新型污染物处理技术,它通过强氧化剂如臭氧、过氧化氢或过氧化物等,能够高效降解和氧化污染物,特别是对一些有机化合物和药物残留物等有很好的去除效果。生物活性处理技术则利用微生物的代谢特性来降解有机物和去除氨氮等营养

质,有效地改善水体中的氮、磷等营养盐浓度。膜分离技术采用微孔膜或渗透膜,能够有效地过滤微小的颗粒和微塑料,同时去除细菌和病毒等微生物,从而大幅提高水质净化效果。吸附剂再生技术则可以高效地吸附和去除有机污染物、重金属离子等,而吸附剂再生过程能够使吸附剂循环利用,降低了处理成本。

新型污染物处理技术的应用使得城市生活污水处理厂能够更全面地净化水质,有效地降低水中新型污染物的浓度,提高了出水水质的稳定性和可控性。经过这些技术处理后的污水排放,对周边水体和生态环境的影响也大大减少,保护了水生生物的生存环境。

(四) 经济与可行性考虑

在城市生活污水处理厂中应用新型污染物处理技术不仅可以有效解决新型污染物带来的环境问题,还具有重要的经济与可行性考虑。传统污染物处理技术面临着逐渐增多的新型污染物挑战,其处理效率受到限制,处理成本逐渐增加。因此,引入和应用新型污染物处理技术成为一种必然趋势。

新型污染物处理技术如高级氧化过程、生物活性处理技术、膜分离技术和吸附剂再生技术等,可以更加针对性地去除特定污染物,提高处理效率,减少能耗和化学药剂的使用。通过这些技术的应用,污水处理厂能够降低运营成本,节约资源,并减少对环境的二次污染。

结论

城市生活污水处理厂中新型污染物处理技术的应用研究具有重要意义。新型污染物的增多对城市水环境带来挑战,传统技术局限性和能源资源消耗也需解决。通过先进氧化技术、膜分离技术、生物技术和吸附技术等新型污染物处理技术的有机结合,可以提高处理效率,有效去除微污染物,实现资源回收,同时降低对环境的影响。然而,经济与可行性仍需充分考虑,持续的研究创新是推动新技术发展的关键。新型污染物处理技术为城市生活污水治理带来更可持续的未来。

参考文献

- [1] 温明铎, 陈文兵, 高自豪, 等. 污水处理厂新兴污染物赋存及末端控制技术进展[J]. 净水技术, 2022, 41(05): 14-22.
- [2] 陈诗良. 应用于污水处理厂的新兴污染物处理技术综述[J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(02): 96-98.
- [3] 杨虹燕, 齐高相, 王建辉, 等. 废水中难降解污染物电化学处理技术研究进展[J]. 应用化工, 2020, 49(03): 681-686.
- [4] 雷小阳, 王一凡, 倪雯倩, 等. 水中新型污染物的去除工艺研究进展[J]. 广东化工, 2018, 45(16): 143-145+142.
- [5] 孙宝雯. 污水处理厂中新型持久性有机污染物的污染研究[J]. 农业灾害研究, 2015, 5(02): 44-46+49.