

污水处理技术的现状与发展趋势

严迪安 董佳乐 陶 晴

余姚市小曹娥城市污水处理有限公司 浙江 宁波 315400

摘 要：当前污水处理技术已取得显著进展，广泛应用生物处理、化学沉淀、膜分离等多种方法，有效去除污水中的各类污染物。随着环保要求的提高，绿色低碳、智能化、资源回收利用成为技术发展的新趋势。绿色低碳技术注重节能降耗和碳排放减少；智能化技术融合应用，实现自动化、远程化管理；资源回收利用技术创新，推动污水资源化利用。未来，污水处理技术将持续创新，满足更高环保标准和水资源循环利用需求。

关键词：污水处理技术；现状；发展趋势

1 污水处理技术的现状

1.1 传统污水处理技术回顾

污水处理技术的历史可以追溯到古罗马时期，但真正意义上的城市污水处理技术则是在近代工业化进程中逐渐发展起来的。物理处理主要通过格栅、筛网、沉淀池等设施去除污水中的悬浮物、漂浮物等大颗粒污染物。这一步骤是污水处理的初步环节，为后续处理减轻负担。化学处理则利用化学药剂，如混凝剂、氧化剂等，通过化学反应去除污水中的溶解性污染物或改变污染物的性质，使其更易于后续处理。生物处理是传统污水处理技术的核心，其中活性污泥法是最为经典和广泛应用的工艺。活性污泥法通过连续混合培养污水和微生物群体，形成活性污泥，利用污泥的生物凝聚、吸附和氧化作用分解有机物。自1914年活性污泥法诞生以来，它凭借其适中的造价和运行费用，在全球范围内得到了广泛应用。随着技术的不断进步，活性污泥法也在不断创新和改进，如出现了渐减曝气活性污泥法、阶段曝气法、完全混合式活性污泥法等变种，以适应不同水质和处理需求。生物膜法也是传统污水处理技术中的重要一员，它利用附着在载体上的生物膜，通过微生物的新陈代谢作用去除污水中的有机物。生物膜法具有处理效率高、占地面积小、运行稳定等优点，在污水处理领域占据了一席之地。

1.2 新型污水处理技术进展

随着科技的进步和环保要求的提高，新型污水处理技术不断涌现，为污水处理行业带来了新的增长点。膜分离技术是近年来发展迅速的一种新型污水处理技术，它利用膜的选择透过性，将污水中的溶质和溶剂分离，达到净化水质的目的。膜分离技术具有处理效率高、出水水质好、占地面积小等优点，在污水深度处理领域得到了广泛应用^[1]。其中，膜生物反应器（MBR）技术更

是将膜分离技术与生物处理技术有机结合，实现了高效、低耗的污水处理。高级氧化技术也是新型污水处理技术中的重要方向，它利用强氧化剂，如臭氧、过氧化氢等，通过化学反应将污水中的有机物氧化成无机物或低毒、易生物降解的物质。高级氧化技术具有处理效果好、适用范围广等优点，在难降解有机物处理领域展现出了巨大潜力。另外，还有一些新型污水处理技术，如电化学技术、超声波技术等，也在不断探索和应用中。这些新型技术通过不同的原理和方法去除污水中的污染物，为污水处理行业提供了更多的选择和可能性。

1.3 智能化污水处理技术探索

随着信息技术的飞速发展，智能化污水处理技术逐渐成为行业发展的新趋势。智能化污水处理技术通过物联网、大数据、人工智能等信息技术手段，实现污水处理过程的自动化监控、精细化管理及远程运维。物联网技术在污水处理中的应用尤为广泛，通过在污水处理设施中安装传感器、PLC、智能仪表等设备，实时采集水质、水量、设备运行状态等关键数据，并将数据传输至云平台或数据中心进行分析和处理。管理人员可以通过手机APP、电脑终端等远程监控污水处理设施的运行情况，及时发现并处理异常情况。人工智能技术也在污水处理领域得到了应用，通过机器学习、深度学习等算法，对污水处理过程中的大量数据进行挖掘和分析，建立预测模型和优化策略，提高污水处理效率和出水水质。智能化污水处理技术还可以实现设备的远程运维和故障预警。通过实时监测设备的运行状态和参数变化，提前发现设备故障隐患并及时进行维修或更换，降低设备故障率和维修成本。

2 污水处理技术面临的挑战

2.1 处理效率与成本的矛盾

污水处理技术在实际应用中，始终面临着处理效率

与成本之间的矛盾。一方面,为了提高污水处理效率,确保出水水质达到环保标准,往往需要采用更为先进、复杂的处理工艺和设备。这些工艺和设备虽然能够有效去除污水中的各类污染物,但其投资成本和运行费用也相对较高。另一方面,如果为了降低成本而采用较为简单的处理工艺,又可能难以保证处理效果,导致出水水质不达标,对环境造成二次污染。如何在保证处理效率的同时,合理控制成本,成为污水处理技术发展中亟待解决的问题。

2.2 新兴污染物的处理难题

随着工业化和城市化进程的加速,污水中出现的新兴污染物种类越来越多,给污水处理技术带来了新的挑战。这些新兴污染物包括药物残留、微塑料、内分泌干扰物等,它们具有难以降解、生物累积性强、毒性大等特点。传统的污水处理工艺往往难以有效去除这些新兴污染物,导致它们在环境中持续存在和累积,对生态系统和人类健康构成潜在威胁。

2.3 水资源回收利用的技术瓶颈

水资源短缺是全球面临的共同问题,而污水处理后的水资源回收利用是解决这一问题的重要途径。然而目前水资源回收利用技术仍存在一些瓶颈。污水处理后的出水水质往往难以达到直接回用的标准,需要进一步的深度处理。而深度处理技术的成本较高,且可能产生新的污染物,增加回用水的风险。水资源回收利用的配套设施和管网建设滞后,限制回用水的广泛应用。公众对回用水的认知度和接受度也较低,存在一定的心理障碍。如何突破水资源回收利用的技术瓶颈,提高回用水的安全性和可靠性,成为当前亟待解决的问题^[2]。

3 污水处理技术的应用现状

3.1 城市污水处理厂的主流技术应用

在城市污水处理领域,随着环保法规的日益严格和城市化进程的快速推进,污水处理厂作为城市水循环的关键环节,其技术应用不断升级和完善。目前,城市污水处理厂的主流技术主要包括生物处理技术和深度处理技术。生物处理技术,特别是活性污泥法及其变种,如A/O(厌氧/好氧)工艺、A²/O(厌氧/缺氧/好氧)工艺等,因其处理效率高、运行稳定、成本适中,已成为城市污水处理厂的首选。这些技术通过微生物的新陈代谢作用,有效去除污水中的有机物、氮、磷等污染物,确保出水水质达到环保标准。随着膜生物反应器(MBR)技术的日益成熟,其高效、低耗、占地面积小的特点使得其在城市污水处理中的应用越来越广泛。深度处理技术则是在生物处理之后,对出水进行进一步净化的过

程。常用的深度处理技术包括混凝沉淀、过滤、消毒等。这些技术能够去除污水中的悬浮物、胶体、细菌、病毒等,提高出水水质,使其满足更高的回用标准。特别是在水资源短缺的城市,深度处理技术对于实现污水资源化利用具有重要意义。

3.2 工业废水处理的针对性技术应用

工业废水因其成分复杂、污染物浓度高、毒性大等特点,处理难度较大。因此工业废水处理往往需要采用针对性的技术,以确保处理效果。物理处理技术如格栅、沉淀、过滤等,主要用于去除工业废水中的大颗粒污染物和悬浮物。化学处理技术则通过投加化学药剂,如混凝剂、氧化剂等,去除废水中的溶解性污染物或改变污染物的性质。生物处理技术则利用微生物的新陈代谢作用,分解废水中的有机物。对于某些含有特殊污染物的工业废水,如重金属、有机磷农药等,还需要采用特定的处理技术,如重金属沉淀、有机磷农药水解等。组合工艺也是工业废水处理中常用的技术手段,通过将物理、化学、生物等多种处理技术有机结合,可以充分发挥各自的优势,提高处理效率。

3.3 农村及分散式污水处理的适用技术

在农村及分散式污水处理领域,由于污水产生量相对较小、水质波动大、收集难度大等特点,需要采用适用性强、运行管理简便的技术。目前,农村及分散式污水处理的主要技术包括人工湿地、生态塘、一体化污水处理设备等。人工湿地是一种模拟自然湿地的人工生态系统,通过湿地植物的吸收、微生物的分解以及土壤的过滤等作用,去除污水中的污染物。生态塘则是利用自然水体的自净能力,通过水生植物、微生物等的共同作用,净化污水。这两种技术都具有投资少、运行管理简便、生态效益好等优点,非常适合农村及分散式污水处理。一体化污水处理设备则是将污水处理过程中的各个单元集成在一个设备内,实现污水的就地处理。这种设备具有占地面积小、处理效率高、运行稳定等优点,非常适合于农村家庭、小型社区等分散式污水的处理。随着技术的不断进步和创新,一体化污水处理设备的性能将不断提升,其在农村及分散式污水处理领域的应用也将越来越广泛。

4 污水处理技术的发展趋势

4.1 绿色低碳技术的发展

随着全球对环境保护和可持续发展的日益重视,绿色低碳技术已成为污水处理技术发展的重要方向。未来,污水处理技术将更加注重能源效率和环境友好性,致力于减少处理过程中的碳排放和能源消耗。节能降耗

将成为污水处理技术优化的重点,通过改进处理工艺、优化设备运行参数、采用高效节能设备等措施,降低污水处理过程中的能耗^[3]。污水处理过程中的碳排放问题也将得到更多关注。通过采用碳捕捉和利用技术,将处理过程中产生的二氧化碳等温室气体进行捕集、封存或再利用,减少其对大气环境的污染。探索将污水处理与能源生产相结合的技术途径,如污泥厌氧消化产气、污水热能回收等,实现污水处理过程中的能源自给自足,甚至向外部供能。绿色低碳技术的发展还将注重污水处理过程中的副产物资源化利用。通过开发高效的污泥处理与处置技术,将污泥中的有机物、氮、磷等资源回收利用,减少污泥对环境的影响。同时探索将污水处理过程中的副产物转化为有价值的产品,如生物肥料、生物能源等,实现污水处理的资源化、减量化、无害化。

4.2 智能化技术的融合应用

随着信息技术的飞速发展,智能化技术正在逐渐渗透到污水处理的各个领域。未来,智能化技术将与污水处理技术深度融合,实现污水处理过程的自动化、智能化和远程化。智能化技术将应用于污水处理的监测与控制,通过安装传感器、智能仪表等设备,实时采集水质、水量、设备运行状态等数据,并利用大数据、云计算等技术进行数据处理和分析,为污水处理过程的优化提供决策支持。通过智能化控制系统,实现污水处理设备的自动调节和控制,提高处理效率和稳定性。智能化技术还将应用于污水处理的运维与管理,通过开发智能化的运维管理系统,实现污水处理设施的远程监控、故障预警和维修保养等功能的集成化管理。这将大大降低运维成本,提高运维效率,确保污水处理设施的稳定运行。智能化技术还将促进污水处理技术的创新与发展。通过机器学习、深度学习等算法,对污水处理过程中的大量数据进行挖掘和分析,发现新的处理机理和规律,为污水处理技术的研发提供新的思路和方法。

4.3 资源回收利用技术的创新

随着水资源短缺问题的日益严峻,资源回收利用技术将成为污水处理技术发展的重要方向之一。未来,污水处理技术将更加注重水资源的回收利用和循环利用,实现污水的资源化利用。一方面,将开发更加高效的污水深度处理技术,提高出水水质,使其满足更高的回用

标准。例如,采用膜分离技术、高级氧化技术等,去除污水中的微量污染物和难降解有机物,提高出水的纯度和安全性。另一方面,将探索污水中的能源和资源回收利用技术,通过开发污泥厌氧消化产气技术、污水热能回收技术等,将污水中的有机物、热能等资源转化为可再生的能源和产品。同时还将研究污水中的氮、磷等营养元素的回收利用技术,将其转化为有价值的肥料或原料。

4.4 适应不同场景需求的个性化技术发展

随着污水处理应用场景的多样化和复杂化,个性化技术将成为污水处理技术发展的重要趋势。未来,污水处理技术将更加注重针对不同场景的需求,开发适应性强、针对性强的个性化技术。例如,在城市污水处理方面,将开发适应高浓度、难降解有机物处理的特殊工艺和技术;在工业废水处理方面,将针对不同行业的废水特点,开发针对性的处理技术和设备;在农村及分散式污水处理方面,将注重开发投资少、运行管理简便、适应性强的新型污水处理技术和设备^[4]。另外还将加强跨学科、跨领域的合作与交流,借鉴其他领域的技术和经验,为污水处理技术的个性化发展提供新的思路和方法。通过不断创新和发展,满足不同场景下的污水处理需求,推动污水处理技术的持续进步和发展。

结束语

展望未来,污水处理技术将不断突破传统束缚,融合更多前沿科技,实现更高效、更环保的处理效果。绿色低碳、智能化、资源回收利用将成为污水处理技术发展的核心方向,推动污水处理行业向更加可持续、环保的方向发展。期待更多创新技术的涌现,为保护水资源、改善环境质量贡献更大力量。

参考文献

- [1]郑俊.煤化工废水处理技术与工艺应用改进[J].化工设计通讯,2020,46(02):12+22.
- [2]张博,戚可卓.煤化工废水处理技术与工程应用[J].广东化工,2020,47(03):140-142+160.
- [3]司玉志.环境工程污水处理措施及新技术探究[J].黑龙江环境通报,2024,37(06):157-159.
- [4]刘焱.关于环境工程中城市污水处理的分析[J].石材,2024,(06):120-122.