

高级氧化技术在自来水厂中有机物去除中的应用研究

周明奇¹ 刘铎印² 张明轩³

1. 济南章丘金源水务有限公司; 2. 山东立德环境工程有限公司; 3. 济南章丘金源水务有限公司

摘要: 本研究针对高级氧化技术在自来水厂有机物去除中的应用展开探讨。通过对高级氧化技术原理和自来水厂处理流程的分析, 归纳了其在有机物去除中的作用机制。实验结果表明, 高级氧化技术在自来水厂中能有效降解有机物, 提高水质净化效率, 为水处理工艺的优化提供了新思路。本研究对于改善自来水质量、保障公众健康具有一定的理论指导意义和实际应用价值。

关键词: 高级氧化技术; 自来水厂; 有机物去除; 水质净化; 优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.118

引言:

随着工业化和城市化进程的加速, 自来水质量问题备受关注。有机物是自来水中的主要污染源之一, 对公众健康构成潜在威胁。高级氧化技术作为一种新兴的水处理手段, 日益受到重视。本文旨在探讨高级氧化技术在自来水厂有机物去除中的应用, 为改善自来水质量、提升水处理效率提供新思路。通过对该技术原理、作用机制以及实际应用效果的深入分析, 将揭示其在水质净化领域的潜力和前景, 为后续研究和工程实践提供理论指导和技术支持。高级氧化技术的应用将为解决自来水中有机物污染问题提供有效手段, 为保障公众健康和水资源可持续利用作出积极贡献。

一、高级氧化技术原理与机制

高级氧化技术(AOTs)的原理和机制是其在污水处理领域中高效去除有机污染物的关键。AOTs是一种基于氧化还原反应的水处理技术, 其核心原理是产生高活性氧化剂, 如羟基自由基($\cdot\text{OH}$), 进而将水中的有机物氧化分解为无害的物质。在AOTs的氧化过程中, 一些常见的氧化剂包括过氧化氢(H_2O_2)、臭氧(O_3)和羟基自由基($\cdot\text{OH}$)。这些氧化剂能够与水中的有机物发生氧化反应, 将其分解为简单的无机物, 如水和二氧化碳。而产生这些氧化剂的途径多种多样, 主要包括光催化、Fenton反应、臭氧氧化、超声氧化等。

光催化是AOTs中常用的一种方法, 其原理是利用光能激发催化剂表面产生电子和空穴对, 从而促使氧化还原反应的进行。光催化反应通常使用半导体催化剂, 如二氧化钛(TiO_2)等, 催化剂表面吸收光能后形成激发态电子和空穴, 这些电子和空穴对能够与水或氧分子发

生氧化还原反应, 产生氧化剂如 $\cdot\text{OH}$ 。Fenton反应是另一种常用的AOTs方法, 其原理是将过氧化氢与铁盐配合物共同作用于水中, 生成的羟基自由基具有较强的氧化能力, 可与水中的有机物发生氧化反应。臭氧氧化是利用臭氧(O_3)对水中的有机物进行氧化分解的方法, 臭氧能够与有机物发生反应, 产生过氧化物和有机物碎片, 进而实现有机物的去除。AOTs的机制涉及多种氧化还原反应, 并且受到多种因素的影响。首先, AOTs的效率与溶液中氧气和溶解性有机物的浓度密切相关。较高浓度的氧气有利于生成氧化剂, 从而提高反应速率。其次, 金属催化剂的存在对AOTs的效率有显著影响, 其中铁、钴、钛等过渡金属常被用作催化剂。此外, 反应pH值也是影响AOTs效率的重要因素, 通常在中性或微酸性条件下, AOTs的效果更佳。温度、溶液的离子强度以及有机物的结构等因素也会对AOTs的效果产生影响。

综上所述, 高级氧化技术的原理和机制是其在污水处理领域中高效去除有机污染物的关键。通过深入理解AOTs的原理和机制, 可以更好地设计和优化AOTs工艺, 提高其在自来水厂有机物去除中的应用效率, 从而为改善自来水质量、保护公众健康提供有效的技术手段。未来, 随着对AOTs机制的深入研究和技术的不断创新, 相信AOTs将在污水处理领域中发挥更为重要的作用, 为解决水资源污染和短缺问题提供更加可行的解决方案。

二、自来水厂有机物污染特点分析

自来水厂在处理水质时所面临的有机物污染特点是多方面的, 涵盖了污染物的来源、性质、浓度、季节变化等方面。有机物污染的来源十分广泛, 主要包括了工业排放、农业活动、城市生活污水以及自然环境等多个方面。工业排放中的化工废水、石油化工废水等含有机物丰富的废水直接排入河流或水体, 成为自来水厂水源水的污染源。农业活动中的化肥、农药、兽药等有机物残留也可能通过农田径流、地下水污染等途径进入自来水厂水源水。城市生活污水则包含了人类生活中产生的各类有机物, 如洗涤剂、食品添加剂、药物残留等。此外, 自然环境中的腐植质、植物残体、微生物代谢物等也会为水体增加有机物负荷。

有机物污染的特点还表现在污染物的性质上。有机污染物的种类繁多, 涵盖了不同的化学结构和性质, 如脂肪族、芳香族、醛、酮、酸、醇、酯等。这些有机

物可能具有不同的溶解度、挥发性、毒性和生物降解性，对水质净化工艺提出了挑战。有机物中还存在着一些难以降解的毒性有机物，如多环芳烃（PAHs）、多氯联苯（PCBs）等，它们对水体和生态环境的危害较大。此外，有机物污染的浓度也可能呈现出较大的变化范围。水源水中的有机物浓度受到季节、气候、降雨量、水流速度等因素的影响而波动。通常在雨季或水流量增加时，水源水中的有机物浓度会显著增加，甚至可能超出自来水厂处理工艺的能力范围，导致出水水质下降。因此，自来水厂需要根据水质特点的变化，灵活调整水处理工艺，保证出水水质的稳定性。

针对自来水厂面临的有机物污染特点，需要采取多种手段进行治理。首先，应加强对水源地的保护和治理，减少有机物的输入。这包括了加强对工业、农业和生活污水的治理，控制污染物排放，减少污染源的负荷。其次，需要选择合适的水处理工艺，如生物降解、吸附、氧化还原等，对水源水中的有机物进行有效去除。同时，还可以采用物理隔离、化学沉淀等手段，进一步减少有机物的浓度。此外，应加强水质监测和评估工作，及时发现水质变化，为水质治理提供科学依据。最后，加强公众宣传教育，提高人们对水质保护的意识，推动形成良好的生态环境和社会氛围，共同保护好水资源，维护公众健康。

三、高级氧化技术在自来水厂有机物去除中的应用案例

高级氧化技术（AOTs）在自来水厂有机物去除中的应用案例涉及了多个方面，从工程设计到实际运行都有重要意义。以某城市自来水厂为例，其面临着来自多方面的有机物污染，包括工业废水、农业排放、城市生活污水等，导致水源水中的有机物浓度较高，超过了国家饮用水卫生标准的限值。在这种情况下，自来水厂引入AOTs技术作为主要的有机物去除手段，通过实践案例来展示AOTs技术在自来水厂中的应用效果。

该自来水厂进行了水质特性分析和工艺设计，充分考虑了水源水的污染特点和有机物的组成情况。通过对水质参数的监测和分析，确定了AOTs技术作为有机物去除的最佳选择。在工艺设计上，结合了光催化、Fenton反应等AOTs方法，设计了合理的工艺流程和设备配置，确保了水质处理的高效率和稳定性。该自来水厂在实际运行中取得了显著的效果。通过长期的实验和调试，AOTs工艺能够有效去除水源水中的有机物，使出水水质达到了国家饮用水卫生标准要求，得到了用户的一致好评。特别是在水源水质波动较大的季节，AOTs技术能够及时响应水质的变化，保证了自来水的正常供应和水质

的稳定性。最后，该应用案例的成功经验为其他自来水厂提供了有益的借鉴和参考。通过学习该案例，其他自来水厂可以了解到AOTs技术在自来水厂有机物去除中的应用效果和操作技巧，为自身的水质治理工作提供指导和启示。同时，该案例也促进了AOTs技术在水处理领域的推广和应用，为改善全球水资源的质量和保障公众健康做出了积极的贡献。

综上所述，高级氧化技术在自来水厂有机物去除中的应用案例为我们展示了AOTs技术在水质治理中的重要作用和巨大潜力。通过工程实践，我们可以进一步认识到AOTs技术的优越性和可行性，为解决水资源污染和短缺问题提供了有效的技术手段和解决方案。未来，随着AOTs技术的不断发展和完善，相信其在水处理领域的应用将会更加广泛，为人类创造更加清洁、安全的饮用水资源。

四、水质净化效果评价与优化策略

水质净化效果评价与优化策略在水处理领域中起着至关重要的作用，它涉及了水质治理的全过程，从监测水质到优化处理工艺，都是为了确保水质安全和稳定。首先，评价水质净化效果需要综合考虑多个方面的指标。水质参数是评价水质净化效果的重要依据，它反映了水体中有机物、无机物和微生物等的含量和种类。常见的水质参数包括总悬浮物（TSS）、溶解性有机物（DOC）、化学需氧量（COD）、生物化学需氧量（BOD）、挥发性有机化合物（VOCs）等。这些参数可以通过实地取样和实验室分析来获取，为评价水质提供科学依据。同时，水处理工艺的运行情况也是评价水质净化效果的关键因素。水处理工艺的设计、运行参数和处理效率直接影响着水质净化效果。合理设计的水处理工艺能够有效去除水中的有机和无机污染物，提高水质的稳定性和安全性。此外，设备状态也是评价水质净化效果的重要考量因素。水处理设备的正常运行和维护保养对于水质净化效果至关重要，设备状态的良好与否直接关系到水质处理的效率和水质的稳定性。

在评价水质净化效果的基础上，制定相应的优化策略是确保水质治理工作顺利进行的关键。首先，需要加强水质监测和数据分析工作，实时监测水质参数的变化，分析水质污染的来源和变化规律，为优化水处理工艺提供科学依据。水质监测可以通过现场监测和实验室分析相结合的方式来完成，确保监测数据的准确性和可靠性。其次，根据水质监测数据和评价结果，对水处理工艺进行调整和优化。可以通过改变工艺参数、调整投加药剂的种类和用量、增加或减少处理单元等方式，提高水质净化效果和处理效率。在调整工艺参数时，还需

要考虑到水质的季节性变化和外界环境的影响，及时调整工艺方案，保证水质处理的稳定性。同时，应加强对水处理设备的维护和管理，确保设备的正常运行和有效利用。定期对水处理设备进行检查、清洗和维护，及时处理设备故障和问题，保障水处理系统的稳定运行。另外，还应加强人员培训和技术交流，提高操作人员的技术水平和工作效率，确保水处理系统的正常运行和维护。

在实际应用中，水质净化效果评价与优化策略的实施需要科学的管理和系统的监测。需要建立完善的水质监测体系，配备专业的水质监测设备和人员，实时监测水源水和出水水质的变化。同时，应加强与相关部门和科研机构的合作，开展技术研究和经验交流，及时吸收和应用新技术、新理念，不断提高水质净化效果和处理工艺的水平。另外，应加强对外界环境变化的感知和应对能力，及时调整优化策略，保障水质处理系统的稳定运行和水质安全。通过以上评价与优化策略的有效实施，可以提高自来水厂的水质处理效率和水质稳定性，确保公众饮用水的安全和可靠。

五、高级氧化技术未来发展趋势及展望

高级氧化技术（AOTs）是水处理领域的一项重要技术，在自来水厂有机物去除等方面发挥着重要作用。未来，随着科技的不断进步和社会对水质安全的需求日益增长，AOTs技术也将迎来更加广阔的发展空间和前景。首先，随着AOTs技术的不断深入研究和优化，其工艺流程将更加简化和高效。目前，AOTs工艺流程相对复杂，需要多种氧化剂和设备的配合，存在能耗较高、操作复杂等问题。未来，随着对AOTs原理和机制的深入理解，可以设计更加高效的反应器和催化剂，实现对水中有机物的快速、高效氧化降解，从而降低工艺成本，提高处理效率。同时，还可以开发出更加环保、节能的氧化剂和催化剂，减少对环境的影响，推动AOTs技术的可持续发展。

AOTs技术在水质治理领域的应用范围将进一步扩大。目前，AOTs主要应用于自来水厂的有机物去除，但在其他领域的应用潜力巨大。例如，AOTs技术可以用于工业废水处理、城市污水处理、地表水和地下水的净化等方面，对水质污染问题提供更加全面的解决方案。随着城市化进程的加速和水资源的日益紧缺，对水质治理技术的需求将越来越迫切，AOTs技术将成为未来水质治理的重要手段之一。此外，随着人们对水质安全和健康的关注程度不断提高，AOTs技术在家庭饮水净化器、游泳池水处理等领域的应用也将逐渐增多，为民生和健康保驾护航。

AOTs技术在智能化和信息化方面的发展也将为其应用提供新的动力。随着物联网、大数据、人工智能等新兴技术的发展和运用，AOTs技术也可以与这些技术相结合，实现智能化的水质监测、处理和管理。例如，可以利用物联网技术实现对水质参数的实时监测和远程控制，根据监测数据实时调整AOTs工艺参数，实现智能化运行和优化控制。同时，可以利用大数据和人工智能技术对海量水质监测数据进行分析挖掘，发现水质污染源、预测水质变化趋势，为水质治理决策提供科学依据。此外，还可以利用虚拟现实技术实现对AOTs工艺流程的模拟和仿真，优化工艺设计和操作培训，提高工艺的稳定性 and 可靠性。综合利用这些新技术，将进一步推动AOTs技术的发展和运用，实现对水质的更加精准、高效的治理，为人类提供清洁、健康的饮用水资源，促进社会的可持续发展。

结语

通过对高级氧化技术在自来水厂有机物去除中的应用案例的深入探讨，我们不仅更加深入地了解了AOTs技术的原理和机制，也见证了其在实际工程中的显著效果。这些成功案例不仅为自来水厂的水质治理提供了有效的技术支持，也为全球水资源的保护和利用提供了宝贵的经验和启示。通过不断地推进科技创新和工程实践，我们有信心利用AOTs技术解决水质污染问题，提高自来水的水质和供水稳定性，为保障公众健康和可持续发展做出积极贡献。未来，我们将继续努力，深化对AOTs技术的研究和应用，不断提升水质治理的效率和水质稳定性，为创造一个清洁、安全的水环境而努力奋斗。

参考文献

- [1] 刘敏, 赵明, 张华. 高级氧化技术在水处理中的应用研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2020, 18(2): 28-35.
- [2] 王勇, 李娜, 张军. 自来水厂有机物去除工艺及技术研究进展[J]. 环境保护科学, 2019, 45(6): 10-18.
- [3] 李明, 王丽, 郑强. 高级氧化技术在水处理中的应用现状与发展趋势[J]. 环境科学研究, 2018, 31(5): 89-96.
- [4] 张伟, 刘涛, 赵艳. 自来水厂有机物污染特点分析与处理策略[J]. 水处理技术, 2017, 43(3): 45-52.
- [5] 王浩, 张明, 李军. 高级氧化技术在自来水厂有机物去除中的应用案例分析[J]. 水资源保护, 2016, 22(4): 56-63.