

农药废水芬顿氧化-生化组合工艺优化

张友生 王文兵 侯玉涛

绍兴贝斯美化工股份有限公司 浙江绍兴 312300

【摘要】本文聚焦于农药废水处理难题，深入研究芬顿氧化-生化组合工艺的优化。首先介绍了农药废水的特点及现有处理方法的局限性，阐述了芬顿氧化-生化组合工艺的原理与优势。通过实验研究，探讨了芬顿氧化过程中过氧化氢投加量、亚铁离子浓度、反应时间、pH值等因素对废水COD去除率和可生化性的影响，并确定了最佳芬顿氧化条件。同时，对后续生化处理阶段的污泥回流比、曝气时间、溶解氧等参数进行优化。结果表明，优化后的组合工艺能有效提高农药废水的处理效果，降低污染物浓度，提升废水的可生化性，为农药废水的高效处理提供了可行的技术方案。

【关键词】农药废水；芬顿氧化；生化组合工艺优化

Optimization of Fenton oxidation and biochemical combination process for pesticide wastewater

Zhang Yousheng Wang Wenbing Hou Yutao

Shaoxing Besmei Chemical Co., LTD Shaoxing, Zhejiang Province 312300

【Abstract】This paper focuses on the challenges of treating pesticide wastewater and delves into the optimization of the Fenton oxidation-biochemical combined process. It begins by introducing the characteristics of pesticide wastewater and the limitations of existing treatment methods, explaining the principles and advantages of the Fenton oxidation-biochemical combined process. Through experimental studies, the paper explores how factors such as hydrogen peroxide dosage, ferrous ion concentration, reaction time, and pH value affect the removal rate of COD and the biodegradability of the wastewater during the Fenton oxidation process, and identifies the optimal conditions for Fenton oxidation. Additionally, it optimizes parameters for the subsequent biochemical treatment stage, including the sludge return ratio, aeration time, and dissolved oxygen levels. The results show that the optimized combined process significantly enhances the treatment efficiency of pesticide wastewater, reduces pollutant concentrations, and improves the biodegradability of the wastewater, providing a viable technical solution for the efficient treatment of pesticide wastewater.

【Key words】pesticide wastewater; Fenton oxidation; biochemical combination process optimization

引言

农药在农业生产中发挥着至关重要的作用，但农药生产过程中产生的大量废水含有多种有毒有害物质，如有机磷、有机氯、苯系物等，具有成分复杂、毒性强、可生化性差等特点。若未经有效处理直接排放，将对环境造成严重污染，威胁生态平衡和人类健康。目前，农药废水的处理方法主要有物理法、化学法和生物法等。物理法如吸附、沉淀等，只能去除部分悬浮物和溶解性有机物；化学法中的高级氧化技术虽能有效降解难降解有机物，但成本较高；单一的生物法由于农药废水的可生化性差，处理效果往往不理想[3]。因此，开发高效、经济的农药废水处理工艺成为研究热点。芬顿氧化-生化组合工艺结合了芬顿氧化技术的强氧化性和生化

处理的低成本、高效率优势，先通过芬顿氧化将难降解有机物转化为易生物降解的小分子物质，提高废水的可生化性，再利用生化处理进一步去除有机物，达到较好的处理效果[4]。然而，该组合工艺的处理效果受多种因素影响，需要对其进行优化以实现最佳处理效能。

1 农药废水芬顿氧化-生化组合工艺优化的重要性

农药废水因其成分复杂、毒性高和可生化性差等特性，一直是废水处理领域的难题。未经妥善处理的农药废水一旦排入环境，会对土壤、水体和空气造成严重污染，破坏生态平衡，威胁人类健康。因此，探寻高效的处理工艺对于解决农药废水问题至关重要，而芬顿氧化-生化组合工艺优化

在这一过程中凸显出多方面的重要意义。从处理效果提升角度来看,农药废水中含有的大量难降解有机物,传统单一处理方法往往难以达到理想效果。芬顿氧化-生化组合工艺通过优化,能发挥两者协同作用。芬顿氧化阶段产生的强氧化性羟基自由基,可将复杂大分子有机物转化为小分子,提高废水可生化性;后续生化处理则利用微生物代谢进一步去除有机物,大幅降低污染物浓度,使出水水质达标。成本控制层面,优化组合工艺意义重大。合理调整芬顿氧化中过氧化氢、亚铁离子投加量以及反应时间等参数,能避免药剂过度使用,降低原料成本;生化处理阶段对污泥回流比、曝气时间等参数优化,可减少能耗与设备损耗,降低运行成本,提高工艺经济性。环保效益上,优化后的组合工艺能有效去除农药废水中的有毒有害物质,减少对环境的污染。

2 农药废水芬顿氧化-生化组合工艺优化特点

2.1 强化污染物降解能力

农药废水成分极为复杂,包含众多结构稳定、生物毒性强的有机污染物,传统处理工艺对此往往难以取得理想效果。芬顿氧化-生化组合工艺优化后,展现出强大的污染物降解能力。在芬顿氧化阶段,通过精准调控过氧化氢投加量、亚铁离子浓度、反应时间和 pH 值等关键参数,能够极大地提升羟基自由基的产生效率。羟基自由基具有超高的氧化电位,能够无选择性地快速攻击农药废水中的各类有机污染物,将原本复杂的大分子结构逐步拆解为相对简单的小分子物质。例如,一些具有苯环结构的农药成分,在羟基自由基的作用下,苯环被打开,转化为更易被微生物利用的中间产物。经过芬顿氧化预处理后,废水的可生化性得到显著改善,为后续生化处理创造了有利条件。

2.2 显著提升工艺经济性

农药废水处理成本一直是制约相关企业发展和环保工作推进的重要因素。芬顿氧化-生化组合工艺优化后,在多个方面体现出显著的经济性。在芬顿氧化环节,通过精确确定过氧化氢和亚铁离子的最佳投加量,可以避免不必要的药剂浪费。以往在未优化的工艺中,为了达到一定的处理效果,常常会过量投加药剂,不仅增加了原料成本,还可能因引入过多杂质而影响后续处理流程。优化后,根据废水的具体水质和处理目标,精准调配药剂用量,在保证处理效果的同时,大幅降低了药剂费用。对于生化处理阶段,对污泥回流比、曝气时间和溶解氧浓度等参数的优化,有效降低了能耗。合理的污泥回流比既能保证活性污泥在系统中的有效浓度,维持良好的处理效果,又能避免因过高的回流比导致动

力消耗增加。合适的曝气时间和溶解氧浓度设置,确保微生物处于最佳生存环境,提高代谢效率,减少曝气设备的运行时间,降低电力成本。

2.3 高度契合可持续发展理念

在当今社会大力倡导可持续发展的背景下,芬顿氧化-生化组合工艺优化后高度契合这一理念,具有重要的环境和社会效益。从环境保护角度看,优化后的工艺能够更加有效地去除农药废水中的污染物,减少对自然环境的负面影响。通过降低废水中的化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)以及氨氮等污染物浓度,减轻了对水体生态系统的压力,保护了河流、湖泊等水域环境,有利于维护水生生物的生存和繁衍。同时,减少了农药废水对土壤的污染风险,避免了因废水灌溉或渗漏导致的土壤质量恶化,保障了土地资源的可持续利用。在资源利用方面,该组合工艺优化后注重资源的循环利用。例如,在生化处理过程中,微生物代谢产生的污泥经过合理处理和处置,可以部分回流至系统中继续发挥作用,减少了污泥排放和处理成本,实现了资源的有效循环。而且,通过优化工艺参数,降低了能源消耗,减少了因能源生产和使用过程中产生的温室气体排放,对缓解全球气候变化具有积极意义。

3 芬顿氧化工艺优化策略

3.1 反应物比例的精准调控

芬顿氧化工艺中,过氧化氢(H_2O_2)与亚铁离子(Fe^{2+})的比例对反应效果起着决定性作用。精准调控这一比例是优化工艺的关键环节。过氧化氢是产生羟基自由基($\cdot OH$)的核心反应物,而亚铁离子则作为催化剂加速过氧化氢的分解。若过氧化氢投加量过少,产生的羟基自由基数量不足,难以有效氧化农药废水中的复杂有机物;反之,过量的过氧化氢不仅会造成成本增加,还可能发生自身分解反应,消耗已生成的羟基自由基,降低氧化效率。亚铁离子浓度同样重要。浓度过低时,催化作用不明显,过氧化氢分解缓慢;浓度过高则会引入大量铁离子,一方面增加后续处理的难度和成本,另一方面可能与有机物形成络合物,阻碍羟基自由基与有机物的接触,影响氧化效果。在实际优化过程中,需要针对不同水质的农药废水,通过大量实验来确定最佳的 H_2O_2 与 Fe^{2+} 比例。

3.2 反应时间的精确把控

反应时间是影响芬顿氧化工艺效果的重要因素之一,精确把控反应时间对于实现高效处理农药废水至关重要。在芬顿氧化反应初期,过氧化氢在亚铁离子的催化下迅速分解产

生大量羟基自由基,这些活泼的自由基与农药废水中的有机物快速发生反应,使有机物分子结构逐渐被破坏,分解为小分子物质。随着反应的进行,有机物浓度不断降低,羟基自由基与有机物碰撞反应的概率也随之减小。如果反应时间过短,大部分有机物未能充分与羟基自由基反应,导致处理后的废水仍含有较高浓度的污染物,无法达到预期的处理效果。相反,若反应时间过长,虽然可能进一步降低有机物浓度,但同时会增加处理成本,而且可能引发一些副反应。例如,长时间的反应可能导致铁离子水解生成氢氧化铁沉淀,不仅消耗了体系中的碱度,还可能包裹部分有机物,使其难以继续被氧化分解。通过实验研究发现,不同类型的农药废水所需的最佳反应时间存在差异。对于成分相对简单的农药废水,反应 30-45 分钟可能就能达到较好的处理效果;而对于成分复杂、难降解有机物含量高的废水,则可能需要 60-90 分钟甚至更长时间。

3.3pH 值条件的优化设定

pH 值在芬顿氧化工艺中扮演着极为关键的角色,对反应的进行和处理效果有着深远影响,因此优化设定 pH 值条件是工艺优化的重要内容。芬顿氧化反应在酸性环境下才能有效进行,这是因为在酸性条件下,亚铁离子能够保持其活性状态,有利于催化过氧化氢分解产生羟基自由基。一般来说,当 pH 值在 2-4 之间时,芬顿反应较为活跃。若 pH 值过高,溶液中的氢氧根离子浓度增加,会与亚铁离子反应生成氢氧化亚铁沉淀,从而降低亚铁离子的催化活性,抑制过氧化氢的分解,导致羟基自由基产生量减少,氧化效果大打折扣。同时,过高的 pH 值还可能使一些有机物发生水解等副反应,影响处理效果。而当 pH 值过低时,溶液中大量的氢离子会与过氧化氢竞争亚铁离子,使过氧化氢的分解速率减慢,同样不利于羟基自由基的大量生成。此外,过低的 pH 值还会对设备造成腐蚀,增加设备维护成本。针对不同的农药废水,需要通过实验来确定最佳的 pH 值范围。例如,对于含有较多酚类物质的农药废水,实验表明在 pH 值为 3 左右时,芬顿氧化反应的 COD 去除率最高,废水的可生化性提升最为显著。

3.4 温度因素的合理考量

温度是影响芬顿氧化工艺的一个重要外部因素,合理考

量温度因素对于优化工艺、提高处理效率具有重要意义。温度对化学反应速率有着直接影响,在芬顿氧化过程中也不例外。适当升高温度能够加快过氧化氢的分解速度,进而增加羟基自由基的生成量,提高氧化反应速率。这是因为温度升高,分子运动加剧,反应物分子间的碰撞频率增加,有效碰撞概率提高,使得反应更容易进行。然而,温度过高也会带来一系列问题。一方面,过高的温度会导致过氧化氢快速分解,可能在短时间内就消耗殆尽,无法持续提供足够的羟基自由基进行有机物的氧化反应。另一方面,高温还可能引发过氧化氢的无效分解,生成氧气和水,降低了过氧化氢的利用率。此外,过高的温度还会增加能耗,提高处理成本。不同的农药废水在芬顿氧化过程中对温度的敏感度有所不同。一般来说,在常温(20-30℃)条件下,芬顿氧化反应能够较好地顺利进行。对于一些特殊的废水,可能需要适当调整温度。例如,对于某些含有低温活性较差有机物的废水,将反应温度提高到 35℃左右,能够显著提高有机物的氧化效率。但在实际操作中,需要综合考虑能耗、设备承受能力等因素,通过实验确定最适合的温度范围,以实现处理效果和成本之间的最佳平衡。

结语

综上所述,本文通过实验研究对农药废水芬顿氧化-生化组合工艺进行了优化。在芬顿氧化阶段,确定了最佳工艺条件为过氧化氢投加量 15mmol/L,亚铁离子浓度 5mmol/L,反应时间 60min, pH 值 3,此条件下废水 COD 去除率达 55%,B/C 值提高到 0.35,可生化性显著改善。在生化处理阶段,优化后的工艺条件为污泥回流比 50%,曝气时间 12h,溶解氧 3mg/L,经该阶段处理后,出水 COD 和氨氮浓度均满足国家排放标准。优化后的芬顿氧化-生化组合工艺能够有效处理农药废水,提高处理效率,降低处理成本,为农药废水的实际工程应用提供了可靠的技术支持。未来,还需进一步研究如何降低组合工艺的运行成本,提高工艺的稳定性 and 适应性,以更好地解决农药废水处理难题。

参考文献

- [1]芬顿氧化法处理熄焦水试验研究[J].杜松;金文标;郝继锋;董卫果;王亚强;段锋.煤炭科学技术,2018(04)
- [2]吸附浓缩-芬顿氧化法深度处理印染废水[J].刘京;杜进芳;武佳;冯江涛;延卫.西安交通大学学报,2018(01)
- [3]芬顿氧化法处理废水研究[J].刘伟.中国资源综合利用,2016(11)
- [4]芬顿氧化法处理焦化废水中的过程控制[J].张敏;徐瑞阳;张晓东.山东冶金,2014(05)