

# 光催化材料在农村污水治理中的实验研究

马有良

宁夏理工学院, 中国·宁夏 石嘴山 753000

**摘要:** 农村污水问题是当前中国农村面临的重要环境问题之一, 传统污水处理方法已无法满足日益严峻的环境保护需求。考虑到光催化材料在环境治理中的优越性, 本研究从实验层面探讨了光催化材料在农村污水治理中的应用效果。实验选取具有代表性的光催化材料——二氧化钛, 在实验室和现场两个层面对其在农村污水处理中的效果进行了评估。研究表明, 通过光催化材料处理后的农村污水中有机物含量显著降低, 污水的水质得到了显著改善。此外, 在经过光催化处理的污水中, 重金属离子等有害物质也得到了有效的减少。这些结果表明光催化材料具有明显的农村污水治理效果。本研究为光催化材料在农村污水处理中的应用提供了有利的实验依据, 对于解决当前我国农村污水问题具有重要的理论和实践意义。

**关键词:** 光催化材料; 农村污水治理; 二氧化钛; 有机物降解; 重金属离子去除

## Experimental Research on Photocatalytic Materials in Rural Sewage Treatment

Youliang Ma

Ningxia Institute of Science and Technology, Shizuishan, Ningxia, 753000, China

**Abstract:** Rural sewage problem is one of the important environmental issues facing rural areas in China, and traditional sewage treatment methods can no longer meet the increasingly severe environmental protection needs. Considering the superiority of photocatalytic materials in environmental governance, this study explores the application effect of photocatalytic materials in rural sewage treatment from an experimental perspective. The experiment selected a representative photocatalytic material - titanium dioxide, and evaluated its effectiveness in rural sewage treatment at both laboratory and field levels. The research results indicate that the organic matter content in rural sewage treated with photocatalytic materials is significantly reduced, and the water quality of the sewage is significantly improved. In addition, harmful substances such as heavy metal ions have also been effectively reduced in the wastewater treated by photocatalysis. These results indicate that photocatalytic materials have significant rural sewage treatment effects. This study provides strong experimental evidence for the application of photocatalytic materials in rural sewage treatment, which has important theoretical and practical significance for solving the current rural sewage problems in China.

**Keywords:** photocatalytic materials; rural sewage treatment; titania; organic degradation; removal of heavy metal ions

## 0 前言

随着社会的发展和人们生活水平的提高, 环境问题也日益受到人们的关注。农村地区, 作为中国大量人口居住的地方, 其环境问题的重要性尤为突出。其中, 农村的污水问题就是一个非常紧迫的问题。传统的污水处理方法效果已不再理想, 因此本研究尝试探索新的治理方式, 利用光催化材料在农村污水治理中的可能性和有效性。在环境科学领域, 光催化材料有着广泛的应用前景。特别是在污水处理方面, 利用光催化材料进行处理可以有效降低污水中的有害物质含量, 改善污水的水质。因此, 本实验选取了具有代表性的光催化材料二氧化钛进行了深入的研究和实验, 评估了二氧化钛在农村污水治理中的应用效果。本研究不仅将提供更具体的实验数据支持光催化材料在农村污水处理中的有效运用, 进一步推动其在实践中的应用, 也将为农村污水的环保工作提供理论依据和实践指导, 走出一条适合中国农村实际

的污水治理新路径。总的来说, 本研究通过实验测试验证了光催化材料在农村污水处理中的治理效果, 为解决当前中国农村污水问题提供了新的研究方向和解决方法。本研究将讨论如何将理论研究成果具体应用到实践中, 以实现污水治理的目标。

## 1 农村污水问题概述

### 1.1 农村污水问题的现状和挑战

中国农村污水问题日益严峻, 主要源于日益增多的人口和生产活动<sup>[1]</sup>。随着农村工业化和城镇化进程加快, 生活污水和农业废水大量排放, 使得水环境负荷显著增加。生活污水中含有大量有机物、氮磷营养物质、病原微生物等, 直接排放不仅污染水体, 也对人们健康构成威胁。农业废水则富含化肥、农药残留以及重金属离子等有害物质, 对环境和生态系统造成不可逆的损害。

传统农村污水处理方法如化粪池、人工湿地等, 在处

理效率和成本方面存在明显的局限性。一方面, 这些方法无法彻底降解污水中的有机污染物, 导致处理后的水质依然不达标; 另一方面, 部分处理技术需要占用大量土地或高额资金, 难以广泛推广。农村地区基础设施薄弱, 管理体系不完善, 使得污水处理问题雪上加霜。

综合来看, 寻找高效、经济、适应性强的方法成为破解农村污水难题的关键。光催化材料以其优异的污染物降解能力和环境友好特性, 成为研究和应用的热点。利用光催化材料处理农村污水, 不仅满足了实际需求, 也为农村水环境改善提供了新的解决方案。

## 1.2 传统农村污水处理方法的局限性

传统农村污水处理方法在当前面临着多方面的局限性。生物处理法在低温环境中难以高效运行, 且对特定污染物如难降解有机物和重金属离子处理效果欠佳。物理化学方法如吸附法和絮凝沉淀法虽然能够快速去除部分污染物, 但难以从根本上解决污染物的降解问题, 并且容易导致二次污染。这些方法通常需要复杂的设备和较高的运行成本, 对于资金和技术水平有限的农村地区, 难以实现大规模推广和应用。综合来看, 传统方法在应对日益复杂和严重的农村污水问题上显得力不从心。

## 1.3 光催化材料在环境治理中的优势和前景

光催化材料, 尤其是以二氧化钛为代表的材料, 近年来在环境治理中展现出显著优势<sup>[2]</sup>。光催化反应是通过吸收光能激发半导体材料, 使其表面产生具有强氧化能力的活性物质, 如氢氧自由基和超氧自由基, 这些活性物质能够有效降解污染物, 达成环境净化目的。光催化反应不仅可以有效地去除水中的有机污染物, 如有机染料、农药残留等, 还能降解水中难以处理的有害微生物和重金属离子。光催化材料在能耗方面表现优越, 可利用太阳光作为能源, 使其在实际应用中具有较低的运行成本和广泛的应用前景。光催化材料具有高效、环保、可持续等特性, 为环境保护提供了新思路, 尤其在农村污水治理中, 展示出巨大的应用潜力, 有望解决传统污水处理方法的短板, 推动环保技术的进步与发展。

# 2 本研究进行的实验方法与流程

## 2.1 选取二氧化钛作为光催化材料的理由

选取二氧化钛作为光催化材料, 是基于多个因素考虑的结果。二氧化钛是当前研究和应用最为广泛的光催化材料之一, 具有几乎零毒性、高化学稳定性和良好的光催化活性。二氧化钛在紫外光照射下可以高效生成光生电子-空穴对, 这些电子-空穴对能够迅速参与氧化还原反应, 对有机污染物和无机污染物进行降解, 从而显著提高水质。二氧化钛的制备和应用成本相对较低, 且其材料特性使其能够在多种水环境下保持稳定的催化性能, 适合大规模推广应用。在环境治理过程中, 二氧化钛具有高效消除有机污染物和重金属离子的能力, 对改善农村污水中的有害物质具有显著效果。通过纳米化处理的二氧化钛, 其表面积和光催化效率进一步提升, 提供了更为强大的实际应用潜力。二氧化钛作为光催化材料,

不仅在实验室研究中展示了优异的性能, 在实际应用中也展现出良好效果, 为解决农村污水治理问题提供了可靠方案。

## 2.2 实验设计与流程详述

在实验设计上, 采用二氧化钛作为光催化材料, 其优越的光催化性能和稳定性为选择依据<sup>[3]</sup>。实验流程分为实验室模拟试验和现场试验两个阶段。在实验室中, 取自农村实际污水样本, 并调制模拟污水样品。配置不同浓度的二氧化钛悬浮液, 将其均匀加入污水中, 通过控制实验条件, 如光照强度、反应时间和温度等, 确保光催化反应的最佳条件。在现场试验中, 在农村选择合适的污水处理池, 布置二氧化钛光催化材料, 实现光催化处理过程。采用先进的水质监测设备, 分别测定处理前后的有机物含量、重金属离子等有害物质的浓度, 以评估光催化处理效果。实验数据通过 SPSS 统计软件进行统计分析, 确保数据的准确性和科学性。

## 2.3 光催化材料在农村污水处理中的效果评估标准

光催化材料在农村污水处理中的效果评估标准主要包括以下几个方面: 评估处理后水样中有机物含量的变化, 通过化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD)的测定反映有机污染物的降解情况, 检测处理后的污水中重金属离子的浓度变化, 使用原子吸收光谱法(AAS)和电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)等进行分析以评估重金属去除效果。还需考察水质的综合改善, 包括色度、浊度和pH值等理化参数的变化, 以判断污水净化效果。还需评估光催化材料的稳定性和重复使用性能, 通过多次循环处理实验, 观察光催化剂在使用过程中的降解效率变化和失活情况, 以确保其长期应用的可行性<sup>[4]</sup>。上述评估标准综合评判光催化材料在农村污水处理中的实际效果和应用前景。

# 3 实验结果分析和讨论

## 3.1 材料处理后农村污水中有机物含量的变化

实验在模拟农村污水环境中进行, 选取具有代表性的二氧化钛( $\text{TiO}_2$ )光催化材料, 旨在评估其对有机物去除效果。试验数据表明, 未经处理的农村污水中化学需氧量(COD)和总有机碳(TOC)含量分别为320mg/L和150mg/L。经过二氧化钛光催化处理后, 结果显示COD和TOC含量明显下降, 处理后COD降至80mg/L, TOC降至30mg/L。

实验组在不同光照时长下对有机物的去除率差异显著: 在紫外线照射6小时的条件下, COD和TOC去除率分别达到75%和80%; 相比之下, 使用日光模拟条件下, COD和TOC去除率分别为60%和70%。这一现象说明光照强度和波长对光催化作用的效果有显著影响。

结合污水的水质检测结果, 可以发现光催化处理显著降低了有机物的浓度, 显著改善了水质。这表明光催化材料具备显著的有机物去除能力, 为农村污水治理提供了一种有效的技术手段。实验数据和分析结果充分证明了二氧化钛光催化材料在实际应用中的潜力和效果, 为进一步研究和推广奠定了基础。

### 3.2 污水中重金属离子等有害物质的处理效果

实验结果显示,采用二氧化钛光催化材料处理后的农村污水中,重金属离子的浓度显著降低。具体数据表明,处理前污水中镉、铅、铬等重金属离子的含量分别为 0.15mg/L、0.30mg/L 和 0.25mg/L,处理后浓度分别降至 0.05mg/L、0.10mg/L 和 0.08mg/L,这些数据均低于国家污水排放标准。光催化材料在紫外光照射下产生的电子-空穴对与水 and 氧气反应,生成具有高氧化性的自由基,能有效破坏重金属的离子结构,促进其还原或沉淀。光催化过程对于不同重金属离子的处理效果存在差异,这与不同金属离子的化学性质相关。总体而言,实验结果表明,二氧化钛光催化材料在去除农村污水中重金属离子等有害物质方面表现出显著效果。

### 3.3 光催化材料在农村污水处理中的应用效果分析和讨论

实验结果表明,使用光催化材料处理后的农村污水中有机物和重金属离子含量显著降低,水质得到显著改善。光催化材料通过光照下生成的活性氧化物,对有机物和重金属离子进行降解和转化,实现了污染物的有效去除。实验室和现场测试结果一致,证明光催化材料在实际污水处理中具有稳定性和高效性。应用效果的成功验证,为大规模推广光催化材料在农村污水治理中的使用提供了坚实基础。

## 4 研究结论和未来展望

### 4.1 本研究的主要发现和结论

通过实验室和现场两个层面对二氧化钛作为光催化材料在农村污水处理中的应用效果进行了评估,得出了以下主要结论。

光催化材料显著降低了农村污水中的有机物含量。实验数据表明,在使用二氧化钛进行光催化处理后,污水中的总有机碳(TOC)显著减少,达到减排标准,表明有机污染物被有效降解。光催化反应在光照条件下生成高活性的自由基,使有机物质彻底被分解,减少了污水的生物化学需氧量和化学需氧量<sup>[5]</sup>。

光催化材料对重金属离子的去除效果显著。实验结果显示,通过光催化处理,污水中的重金属离子如铅、镉等有害物质的浓度显著降低。二氧化钛光催化材料在光照下能够将重金属离子还原或通过光催化沉淀反应将其去除,由此显著降低了污水中的毒性。

实验还证明,光催化处理后的污水水质得到了全面改善。水样的透明度、色度和异味均有所提升,进一步确认了光催化材料在农村污水处理中的有效性与潜在应用价值。这些实验结果不仅在理论上证实了光催化材料的污水处理机理,也在实践层面提供了解决农村污水问题的可行途径。

通过可以明确光催化材料在农村污水处理中的应用前景广阔,其显著的有机污染物降解和重金属离子去除能力使其成为一种优异的环境治理材料。光催化技术的应用将为解决目前中国农村污水问题提供一种高效、经济、可持续的解决方案。未来的研究和应用推广将有望进一步提升农村地区

的环境质量,从而促进农村环境治理的可持续发展。

### 4.2 对光催化材料在农村污水治理应用的推广和建议

光催化材料在农村污水治理应用中展现了显著的效果,为其推广提出以下建议。应加强光催化材料的生产与供应链建设,确保材料的质量稳定性和供给充足。需要开展大规模的实验和现场示范项目,验证其在不同类型农村污水中的通用性和长期效果。应推进与地方政府和环保部门的合作,制定相关政策和标准,以促进光催化技术的普及应用。还需优化光催化材料的使用成本,采用经济高效的技术路线,使其具有竞争力。可考虑结合其他处理技术,形成多层次的污水治理方案,以进一步提高处理效率和效果。提升农村居民环保意识和技术培训,提高光催化材料在实际应用中的操作性和维护能力。应将成功案例和经验推广到更多地区,形成可复制的应用模式,为农村污水治理提供全面解决方案,通过多方协作,共同推动光催化材料在农村污水处理中的深入应用和广泛普及。

## 5 结语

本实验研究以二氧化钛为具有代表性的光催化材料,在实验室及现场两个层面对其在农村污水处理中的实际应用效果进行了深入研究,并得出了光催化材料能显著降低污水中有机物含量,改善水质及有效减少重金属离子等有害物质的结论。未来的研究方向可能会探讨更多类型的光催化材料在农村污水治理中的应用,并针对实际应用场景和具体污水成分,留意改进光催化材料的制备工艺和反应条件,以提高处理效率。同时,为了更广泛的推广光催化材料在农村污水治理中的应用,也需要深入研究其经济效益和环境影响等问题,寻求最经济、最环保的实施方案。以上研究成果仅代表在特定条件下对特定光催化材料的研究结果,未能全面考虑所有可能影响污水处理效果的因素,如水温、光照、污水成分等环境变量。尽管存在局限,但本研究为光催化材料在农村污水治理中的应用提供了有利的实验依据,对解决当前中国农村污水问题具有重要的理论和实践意义,同时对后续的研究提供了新的启示和方向。

### 参考文献:

- [1] 艾贤军,郑书瑞,刘小娟.二氧化钛基光催化剂光催化降解有机污染物[J].山东化工,2022,51(15):201-203.
- [2] 李颖慧,陈国博.二氧化钛光催化降解原油的研究[J].科技资讯,2019,17(19):1-2.
- [3] 刘江涛,勾昱君,钟晓晖,等.二氧化钛光催化材料的掺杂改性[J].矿产综合利用,2020(3):63-68.
- [4] 陈扬,于洋,夏咏梅.二氧化钛光催化材料的表面改性研究[J].世界有色金属,2019(21):158.
- [5] 焦伟,刘译阳.纳米二氧化钛光催化氧化降解苯酚废水实验[J].油气田环境保护,2020,30(6):40-42.

作者简介:马有良(1978-),男,中国宁夏人,博士,副教授,从事环境治理、污水处理、无机材料等研究。