

功能化学材料在水质净化中的应用研究

向成密*, 刘虹豆

西安科技大学高新学院, 陕西 西安 710109

摘要：当前水质污染日益严重，功能化学材料在水质净化中的应用成为重要解决方案。本文深入探讨了优化功能化学材料设计、提高选择性、加强稳定性以及创新再生技术等关键方面。通过设计更有效的吸附剂、分子筛、光催化剂和膜分离材料，提升水质净化效能。强调了提高材料对不同污染物的选择性和适应性，以及加强材料的稳定性是关键挑战。最后，强调创新再生和循环利用技术在减少废弃物产生、提高材料可循环性方面的重要性。这些努力将推动功能化学材料在水质净化中取得更为可持续和高效的成果。

关键词：功能化学材料；水质净化；应用研究

Application of Functional Chemical Materials in Water Purification

Xiang Chengmi*, Liu Hongdou

Xi'an Kedagaoxin University, Xi'an, Shaanxi 710109

Abstract：At present, water pollution is becoming more and more serious. The application of functional chemical materials in water purification has become an important solution. In this paper, the key aspects of optimization of functional chemical material design, improvement of selectivity, enhancement of stability and innovation of regeneration technology are discussed. By designing more effective adsorbents, molecular sieves, photocatalysts and membrane separation materials, the efficiency of water purification can be improved. It was emphasized that improving the selectivity and adaptability of materials to different pollutants and enhancing the stability of materials were key challenges. Finally, the importance of innovative regeneration and recycling technologies in reducing waste generation and improving material recyclability is emphasized. These efforts will promote more sustainable and efficient results of functional chemicals in water purification.

Key words：functional chemical materials; water purification; application research

引言

随着水资源日益受到污染，功能化学材料在水质净化领域崭露头角，为解决水质问题提供了新的技术路径。然而，在实际应用中，功能化学材料仍面临一系列挑战。其设计的选择性、适应性和稳定性直接影响净化效果。同时，再生和循环利用技术的不足也限制了材料的可持续性。本文旨在深入探讨这些挑战，提出创新性的解决方案，推动功能化学材料在水质净化中的发展，为改善全球水质状况贡献智慧和可行性^[1]。

一、功能化学材料的概念与分类

功能化学材料是一类具有特定功能的材料，其设计和构建旨在满足特定应用需求。这类材料的独特之处在于其分子结构或表面性质的调控，使其表现出一系列特殊的物理、化学或生物学性质。功能化学材料广泛应用于各个领域，包括但不限于催化、吸附、分离、传感、光电和医药领域。根据其功能和应用特性，功能化学材料可分为多个类别，如吸附剂、分子筛、催化剂、光敏材料、电催化材料等。各类功能化学材料在水质净化中发挥着独

特的作用，通过其表面活性、选择性吸附、光催化等特性，有望解决水中各种污染物的去除问题，为水质净化技术提供新的思路和解决方案^[2]。

二、水质净化的基本原理

（一）不同水质污染物的种类与特性

水质污染物的种类繁多，包括有机物、无机物、微生物、重金属等多种成分。有机物主要包括工业废水中的有机溶解物质、

* 作者简介：向成密，1993.8 女 汉族 陕西安康 西安科技大学高新学院 研究生 工程师 化学工程技术

农业面源污染的农药和化肥残留，以及城市污水中的有机废物等。这些有机物的特性在于其分子结构复杂，化学性质多样，因而去除难度较大。无机物方面，主要涉及水中的无机盐、硝酸盐、磷酸盐等，它们可能来源于自然过程或人类活动，对水体的污染具有一定的指示作用。微生物如细菌、病毒是另一类重要的水质污染物，可能引发水源的细菌性污染，对人类健康构成潜在威胁^[3]。重金属如铅、汞、镉等也是水体中常见的污染物，其积累效应可能对水生生物产生毒性影响，进而影响食物链的稳定性。

（二）常见水质净化方法的原理

水质净化的方法多种多样，主要包括物理方法、化学方法和生物方法。物理方法主要通过物理手段去除水中的杂质，如沉淀、过滤、膜分离等。其中，沉淀通过重力作用使悬浮物沉降，过滤则利用介质过滤材料截留颗粒物质，而膜分离则利用半透膜对不同大小、电荷的物质进行筛选分离。化学方法则包括吸附、氧化还原、沉淀等反应，通过添加化学药剂改变水中污染物的性质，使其发生沉淀或吸附于化学剂表面，进而被分离^[4]。生物方法主要通过微生物的作用，包括生物滤池、植物净化等，利用微生物的代谢活动将水中有机物降解为无害的物质。

三、功能化学材料在水质净化中的应用

（一）吸附剂的应用

吸附剂是一类功能化学材料，其在水质净化中广泛应用于去除有机物、重金属等污染物。常见的吸附剂包括活性炭、聚合物吸附剂等。活性炭因其巨大的比表面积和强大的吸附能力而成为热门选择，其表面上的微孔和介孔结构能有效吸附有机物质，如溶解的有机颜料、药物残留等。聚合物吸附剂通过表面官能团的调控，可以实现对特定污染物的高效吸附。吸附剂的应用不仅可以高效去除水中的有机和无机污染物，而且具有较好的再生性，通过热处理或其他手段可实现吸附剂的循环使用，降低处理成本。

（二）分子筛的应用

分子筛是一类具有有序孔道结构的晶体材料，其在水质净化中的应用主要体现在分子尺寸选择性吸附和分离。分子筛通过调控孔道尺寸和表面化学性质，能够选择性地吸附特定大小和形状分子。在水质净化中，分子筛可以用于去除溶解在水中的有机物、某些离子或小分子气体。其特有的筛选性质使其在水处理过程中能够高效分离目标污染物，从而提高水质的纯度和适用性。

（三）光催化剂的应用

光催化剂在水质净化中展现出独特的优势，通过光能激发催化剂表面发生化学反应，实现对水中有机物、重金属等的降解。常见的光催化剂包括二氧化钛（TiO₂）等半导体材料。当受到光照时，光催化剂表面产生电子-空穴对，引发一系列氧化还原反应，从而将有机污染物转化为无害的物质。光催化剂的应用具有高效、无二次污染的优势，特别适用于难降解有机物的处理。

四、功能化学材料在水质净化中的应用挑战

（一）选择性问题

各种水质污染物的种类繁多，而功能化学材料的选择性通常取决于其特定的化学结构和功能官能团。因此，在实际应用中，确保功能化学材料对不同种类污染物的高选择性仍然是一个挑战。一些复杂的水质环境中可能存在多种污染物，而功能化学材料的设计需要考虑到这些污染物之间的相互影响，以确保高效、选择性的去除。此外，一些环境条件的变化，如水质的pH值、温度等，也可能影响功能化学材料的选择性和性能，增加了在实际应用中的挑战。

（二）材料的稳定性和再生性

在水质净化过程中，功能化学材料可能受到水质中的不同物质、温度、水质变化等因素的影响，导致材料的性能发生变化或衰减。一些吸附剂可能因为长时间使用而饱和，分子筛在反复使用中可能发生结构破坏，光催化剂受到杂质的影响可能失去活性。研究如何提高功能化学材料的稳定性，延长其使用寿命，以及开发有效的再生方法成为解决挑战的关键。这涉及对材料的设计和合成的精密控制，以及对其在复杂水质环境中的性能变化机理的深入理解。

五、功能化学材料在水质净化中的应用改进措施

（一）优化功能化学材料设计

优化功能化学材料的设计是改进水质净化效果的关键一步。在设计过程中，首先需要考虑材料的基本性质，如表面化学活性、孔隙结构、亲水/疏水性等，以确保其与目标污染物之间发生有效的相互作用。例如，对于吸附剂，通过调控活性位点和孔隙尺寸，可以实现对不同大小和性质的有机分子的高效吸附。同时，引入特定官能团，如羧基、胺基等，可以增强材料对特定污染物的亲和力，提高吸附效率。

例如，石墨烯氧化物（GO）是一种具有丰富官能团和大表面积的二维材料，在水质净化中展现出良好的吸附性能。为优化其设计，可以通过调整氧化程度、表面官能团的引入等方式，改变GO的亲水/疏水性，使其更好地适应水中不同性质的污染物。此外，利用GO的二维结构，可以构建三维结构的复合吸附剂，增大吸附表面积，提高吸附容量。这种优化设计能够使功能化材料更有效地捕获目标污染物，提高水质净化效率。

在设计过程中，还需考虑材料的制备工艺，确保其可扩展性和成本效益。通过采用绿色、可持续的合成方法，如水热法、溶胶凝胶法等，可以降低制备过程的环境影响，推动功能化学材料在水质净化领域的可持续发展。因此，优化功能化学材料的设计需要综合考虑其物理、化学、经济等多方面因素，以实现更高效、可控、可持续的水质净化过程。

（二）提高材料的选择性和适应性

提高功能化学材料的选择性和适应性对于水质净化具有关键性意义。在材料的选择性方面，需要通过精心设计或改进材料结

构,使其具备更强的特异性,能够有选择性地与目标污染物发生相互作用。例如,在吸附剂的设计中,可以引入特定的亲合官能团,如亲水或亲油官能团,以实现在水中有机物或油脂的高度选择性吸附。此外,通过表面修饰或功能团的引入,可以实现对特定离子或分子的高度选择性吸附,从而提高材料的选择性。

例如,金属有机框架(MOFs)是一类具有高度可调性的功能化学材料,其结构由金属节点和有机配体组成。通过合理选择金属和有机配体的种类及比例,可以调控 MOFs 的孔隙结构和表面化学性质,使其适应不同的水质环境。例如,选择具有特定配体官能团的 MOFs,可以实现对特定污染物的高效捕获。此外,通过对 MOFs 的结构进行微调,还可以使其对水质中的不同离子或分子表现出良好的适应性,从而增强其在复杂水质环境中的应用能力。

提高材料的选择性和适应性还需要考虑水质中不同污染物之间的相互影响和竞争。通过深入理解水质复杂性,可以调整功能化学材料的性质,以应对多元污染物的挑战,确保其在实际水质净化应用中表现出更高的选择性和适应性。因此,在材料设计和应用中注重选择性和适应性的提升,将为功能化学材料在水质净化中的效果带来明显的改进。

(三) 加强功能化学材料的稳定性

加强功能化学材料的稳定性是提高其水质净化效能和延长使用寿命的至关重要的方面。在实际应用中,材料可能会受到水质环境的复杂性、温度变化以及反复使用等因素的影响,因此需要采取一系列措施来增强其稳定性。

首先,合理选择和设计稳定的基础材料是关键的一步。例如,在光催化剂的设计中,选择具有优异稳定性的半导体材料,如氧化钛(TiO₂),是一种有效的策略。通过表面修饰或结构调控,可以增强材料的耐腐蚀性和抗溶解性,从而提高其在水中的稳定性。此外,采用二维材料如石墨烯来构建复合材料也是一种提高稳定性的方法,通过石墨烯的高导电性和化学稳定性,增强整体材料的抗氧化和抗腐蚀性能。

其次,开发有效的稳定性调控方法是另一个重要方向。例如,对于吸附剂的稳定性提升,可以通过引入交联剂或在材料表面修饰交联基团,形成稳定的三维网络结构,防止吸附剂颗粒在使用过程中的分散或剥落。类似地,采用纳米材料或包覆层的手段也可以提高功能化学材料的稳定性,减缓其与水质环境中有害

物质的反应速率,延长其使用寿命。

最后,深入理解材料在水质环境中的性能变化机理,并通过实验和模拟手段进行系统性的研究,有助于精确地调控功能化学材料的结构和性质,提高其稳定性。综合运用以上策略,可以全面提升功能化学材料在水质净化中的稳定性,为其可持续、长期的应用奠定基础。

(四) 创新再生和循环利用技术

创新再生和循环利用技术对于功能化学材料在水质净化领域的可持续发展至关重要。在材料的使用过程中,不仅需要高效去除污染物,还需要考虑如何降低废弃物的产生,减轻对环境的负担。因此,开发创新的再生和循环利用技术是一个迫切的任务。

一种常见的再生技术是热解或热脱附,特别适用于吸附剂。通过升高温度,将吸附剂上的吸附物质从材料表面脱附,实现吸附剂的再生。例如,活性炭作为广泛使用的吸附剂,可以通过热脱附的方式,将吸附在其表面的有机物释放出来,使其恢复吸附能力,可多次循环使用。

另一方面,采用化学方法进行再生也是一种有效途径。例如,一些分子筛材料在饱和吸附后,可以通过采用特定溶剂或化学物质进行洗脱,将吸附的污染物从材料表面彻底清除,从而实现再生。这种方法不仅可以减少废弃物的产生,还有助于提高材料的再生效率。

在循环利用方面,材料的结构设计也至关重要。采用可持续、可降解的材料作为功能化学材料的载体,可以在使用寿命结束后通过生物降解或其他方法进行环境友好的处理。同时,探索循环利用中的新途径,如资源回收和再制备技术,可以进一步提高材料的可循环性。

结论

在功能化学材料应用于水质净化中,优化设计、提高选择性、增强稳定性以及创新再生技术是关键挑战。通过精心设计材料结构、提高选择性、强化稳定性,并采用创新再生和循环利用技术,功能化学材料在水质净化领域将迎来更广泛、高效、可持续的应用。这些努力不仅有助于提高水质净化效率,还能减轻环境负担,推动水处理技术的可持续发展。

参考文献:

- [1] 姚瀚申. 梯级生态湿地对污水厂尾水的水质提升及工艺优化研究 [D]. 东南大学, 2022.
- [2] 郭姣, 朱志广, 赵亮, 马雨飞, 刘欢. 一种热敏材料生产废水预处理实验研究 [J]. 信息记录材料, 2021, 22(11): 13-15.
- [3] 张振宇, 何庆, 闫明. 某机组大修后启动阶段二回路水化学控制策略 [J]. 电站辅机, 2021, 42(03): 39-42.
- [4] 姜建松, 柴天红, 洪一粟, 罗建成. 净水型生态透水混凝土的研制 [J]. 江西建材, 2020, (11): 6-8.