

# 生物填料在工厂化循环水养殖中的应用研究

赵峰源<sup>1</sup>, 贾磊<sup>2</sup>, 崔培<sup>1</sup>, 孙金辉<sup>1</sup>, 刘厚福<sup>2</sup>, 刘皓<sup>2</sup>

<sup>1</sup>天津农学院水产学院, 天津

<sup>2</sup>天津市水产研究所, 天津

收稿日期: 2023年8月21日; 录用日期: 2023年12月5日; 发布日期: 2023年12月18日

## 摘要

本文主要对现阶段生物填料在工厂化循环水养殖水处理中的应用进行了分析, 并且在此基础上对生物填料的种类、作用机制、作用特点及影响因素进行研究探讨。生物填料作为一种环保、高效的水处理材料, 在生物滤池构建中发挥核心作用。未来, 随着生物填料的性能不断改善和升级, 以及新材料、新技术的不断涌现, 还有很大的发展潜力。

## 关键词

生物填料, 循环水养殖, 水处理, 生物滤池

# Application Research of Biological Filler in Factory Circulating Water Aquaculture

Fengyuan Zhao<sup>1</sup>, Lei Jia<sup>2</sup>, Pei Cui<sup>1</sup>, Jinhui Sun<sup>1</sup>, Houfu Liu<sup>2</sup>, Hao Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fisheries College of Tianjin Agricultural University, Tianjin

<sup>2</sup>Tianjin Marine Laboratory, Tianjin

Received: Aug. 21<sup>st</sup>, 2023; accepted: Dec. 5<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 18<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

This article mainly analyzes the application of biological fillers in the treatment of industrial circulating water aquaculture water at the current stage, and based on this, studies and explores the types, mechanisms, characteristics, and influencing factors of biological fillers. Biofillers, as an environmentally friendly and efficient water treatment material, plays a corerole in the construction of biofilters. In the future, with the continuous improvement and upgrading of the performance of biological fillers, as well as the emergence of new materials and technologies, there is still great potential for development.

文章引用: 赵峰源, 贾磊, 崔培, 孙金辉, 刘厚福, 刘皓. 生物填料在工厂化循环水养殖中的应用研究[J]. 水产研究, 2023, 10(4): 135-139. DOI: 10.12677/ojfr.2023.104016

## Keywords

Biological Filler, Circulating Aquaculture, Water Treatment, Biological Filter

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

### 1.1. 水产养殖业的现状

我国是水产养殖大国, 养殖面积与产量均居世界前列, 是世界上最大的鱼类与海产品消费国和水产养殖产品生产国[1]。目前传统海水养殖行业存在着水质污染、养殖密度过高、饲料资源短缺、疾病防治不力以及对周边生态环境的影响等问题[2], 难以适应现代市场需求和环保要求。

工厂化循环水养殖是水产养殖行业发展的重要方向之一, 具有高度可控、适度集约化、生态环保的特点[3], 符合可持续发展的要求, 是水产养殖向高端养殖方式转变的必然趋势[4]。目前, 循环水养殖已经在全球范围内得到广泛应用, 典型工艺和装备是以物理过滤结合生物过滤为主体[5], 对养殖水体进行深度处理, 并对水质进行实时监测和调控, 主要由沉淀过滤、生物净化、脱气增氧、杀菌消毒几部分组成[6]。

### 1.2. 工厂化循环水养殖水处理技术

工厂化循环水养殖系统中, 水处理是至关重要的一环, 主要包括物理、化学和生物等多种方法。物理处理方法主要对养殖水中的固体颗粒物进行沉淀、筛分、过滤和气浮等; 化学处理方法主要对养殖水中的有害物质进行中和、氧化还原、絮凝和沉淀等; 生物处理方法则是利用生物膜法, 去除氨氮和亚硝酸盐等, 从而实现水的净化和回收利用。在循环水养殖系统中, 水处理对整个系统的顺畅运行和养殖对象的健康生长有重要的保障作用, 在水处理方法当中, 生物处理法日渐受到人们的关注, 特别是生物膜法处理养殖水体[7]。

### 1.3. 生物填料在循环水养殖水处理中的应用

生物处理方法具有成本低廉、绿色环保、可持续性强、处理效率高等特点[8]。其中生物填料在养殖水处理中扮演着重要角色, 它是构建生物滤池等生物方法的核心材料之一[9]。生物填料提供了大量的表面积和空隙, 为微生物提供了生长繁殖的场所, 在水处理单元中能够产生丰富的微生物群落, 这些微生物可以利用水中有机物质和氮、磷等营养物质进行代谢反应, 消耗有害物质并转化为无害物质, 促进有机物质的降解[10]。因此, 在水处理单元中采用生物填料形成生物膜是一种有效的水处理方法。近年来, 随着环境污染日益加重, 生物填料技术得到了广泛应用, 不仅应用于传统的水处理领域, 还逐渐拓展到海水淡化、污泥资源化等领域[11]。同时, 生物填料技术也在不断改进和创新, 如采用改性塑料、高分子材料等作为生物填料材料, 以提高其吸附效果、耐腐蚀性和耐老化性等[12]。

## 2. 生物填料的常见种类

国内外许多学者对生物填料的快速挂膜、污染物去除、硝化性能等方面进行了研究, 其应用历史可以追溯到 20 世纪初期。20 世纪初期, 已欧美为首开始使用石英砂、煤屑等天然材料作为过滤介质进行

水处理[13]。20世纪60年代,德国开始将塑料球作为填料投入生物接触氧化池中处理市政污水。20世纪70年代,日本开发出了自主知识产权的陶粒填料,并将其应用于生物污水处理领域。20世纪80年代末期,中国开始引进生物填料技术,应用于城市污水处理和养殖废水处理等领域。现在在海水工厂化循环水养殖水处理环节中生物填料作为一种经济、稳定的材料常常被应用。常见的生物填料包括活性炭、生物球、陶瓦、活性石英砂、纤维捆绳等,还包括一些多孔材料,如聚乙烯、聚丙烯、聚氨酯泡沫等制成的填料[14]。

## 2.1. 陶瓦

陶瓷生物填料是一种以氧化铝、氧化硅等陶瓷材料为基础制成的多孔结构生物填料,具有较大的比表面积和孔隙率,便于微生物的附着和繁殖。同时,陶瓷生物填料还具有良好的耐腐蚀性能和机械强度,可以在较恶劣的水环境中长期稳定运行,例如陶瓷环、陶瓷球等。陶瓦填料自身质量较重,不易被水流冲走,适用于水体流动性较大的环境。

## 2.2. 活性石英砂

活性石英砂是一种高硅含量的砂石材料,具有较大的比表面积和孔隙率,具有良好的化学稳定性和抗压性能。其细腻的颗粒表面可以为微生物提供大量的附着表面,适合微生物的附着和生长。同时,活性石英砂耐腐蚀性强、使用寿命长、抗堵塞性能好,能够节约养殖成本。活性石英砂具有较高的过滤效率和较低的水阻力,适用于较大流量和悬浮固体负荷较高的养殖系统。

## 2.3. 聚乙烯填料

聚乙烯填料是一种塑料材料,它的外形通常是六角形或波纹形状,具有大量的孔隙和附着点。聚乙烯填料具有良好的耐腐蚀性和机械强度,并且重量轻、易于安装和清洗。这种材料在循环水养殖系统中广泛应用,因其孔隙率高、生物附着性强、耐腐蚀性好和抗压能力强等优点,被认为是理想的生物填料。聚乙烯填料适用于低温、低负荷和低氧化还原条件下的生物滤池。

## 2.4. 生物海绵填料

生物海绵填料是一种多孔的海绵状材料,它的多孔结构可以提供大量的内部表面积,具有良好的透气性能够充分供氧,促进微生物的繁殖和降解。生物海绵填料通常具有较高的氧化还原能力和良好的吸附性能,可以去除水体中的有机物和氮污染物。生物海绵还具有较好的耐腐蚀性和抗压强度,使用寿命相对较长,耐用性强。清洗时只需利用水冲洗或挤压,非常方便,操作便捷。它适用于需要较高氧气传递率和大容积处理的系统。

# 3. 生物填料的作用

## 3.1. 生物填料的作用机制

生物填料的净化作用是通过微生物在其表面形成的生物膜,对水中有机物、氮和磷等污染物进行吸附、降解和转化,从而净化水质[15]。不同类型的生物填料之间对于氨氮、COD去除率存在很大差异。

### 3.1.1. 硝化作用

中文作者信息置于中文标题下方。硝化作用是指通过生物填料上附着微生物,将废水中的氨氮氧化成亚硝酸盐和硝酸盐的过程。具体而言,硝化作用包括两个步骤:

- ① 氧化:由氨氧化细菌完成,将氨氮氧化为亚硝酸盐。



② 亚硝酸盐氧化：由亚硝酸氧化细菌完成，将亚硝酸盐氧化为硝酸盐。



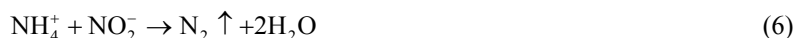
### 3.1.2. 反硝化作用

反硝化作用则是指将硝酸盐还原成氮气或氮氧化物(如亚硝酸盐、氮氧化物等)的过程。反硝化作用同样由微生物完成，具体而言，反硝化作用包括两个步骤：

① 硝化：由反硝化细菌完成，将硝酸盐还原成亚硝酸盐或亚硝酸盐和氮气。



② 脱氮：由脱氮细菌完成，将亚硝酸盐和氮氧化物还原成氮气。



## 3.2. 作用特点及影响因素

### 3.2.1. 净化作用特点

① 高效性：由于生物填料的特殊材质使其具有大量的孔隙和表面积，因此可以为微生物群落提供良好的附着和生长环境，同时也可以增加填料与养殖尾水之间的接触面积，进一步提高处理效率。

② 稳定性：生物填料能够为微生物提供良好的生长环境和营养物质，使微生物在填料表面形成稳定的微生物群落，并且填料自身具有一定的耐久性和稳定性，不易受到外界环境的影响。

③ 经济性：相比传统的化学方法、物理方法等水处理方法，生物填料技术具有更低的操作成本和维护费用。

### 3.2.1. 影响因素

① 填料种类：不同类型填料对于不同污染物的去除效果存在差异，选用合适的填料类型可改善净化效果。

② 生物膜厚度：生物膜厚度决定生物填料去除效率，生物膜太厚或者太薄均会对净化效果造成影响。

③ 温度与 PH 值：不同的温度与 PH 值对于生物填料中微生物生长与代谢有着重要的影响。

④ 氧气供应：生物填料中的微生物要有足够的氧气，才能够正常地生长代谢，氧供应不足将影响其净化效果。

⑤ 填料数量：填料用量越大，养殖水体有机质及营养物质越易吸附转化，但是过量填料反而会使水流阻力加大，水体循环速率下降，使生物附着转化效率下降。

⑥ 养殖品种：不同养殖品种在水体中污染物质和量上存在差别，需筛选出适宜养殖物种使用的生物填料。

## 4. 小结

生物填料作为一种环保、高效的水处理材料，在循环水养殖领域已经得到了广泛的应用。未来，随着生物填料的性能不断改善和升级，例如材料的表面改性、空间结构的优化等，将进一步提高其附着能力、自净能力、耐久性等性能指标，另外随着新材料、新技术的不断涌现，比如基于纳米技术的生物填料、利用基因编辑技术改良菌群等都是未来可能的发展方向，生物填料还有很大的发展潜力。

总的来说,生物填料在循环水养殖的水处理中,相对于物理和化学方法,具有成本低廉、绿色环保、可持续性强、处理效率高等优势。生物填料的净化作用是利用其提供的大量表面积和孔隙,为微生物提供生长的场所,微生物通过代谢反应将污染物质转化为无害物质,因此生物填料被广泛应用于水处理领域以及循环水养殖系统中。在工厂化循环水养殖中,选择适合水质条件、流量和养殖物种的填料,对于提高养殖效率、防治水体污染和保护水体资源非常重要。因此,应进一步完善和优化生物填料的物理化学特性和生物特性,并结合实际情况开展系统的试验,为工厂化循环水养殖提供更加理想的水处理设备和技术手段。

## 基金项目

财政部和农业农村部:国家海水鱼产业技术体系天津综合试验站资助(CARS-47-Z01)。

## 参考文献

- [1] 於玲蔚. 水产养殖废水生物处理技术研究[J]. 资源节约与环保, 2022(12): 141-144.  
<https://doi.org/10.16317/j.cnki.12-1377/x.2022.12.026>
- [2] 胡庚东, 宋超, 陈家长, 等. 池塘循环水养殖模式的构建及其对氮磷的去除效果[J]. 生态与农村环境学报, 2011, 27(3): 82-86.
- [3] 周子明, 李华, 刘青松, 等. 工厂化循环水养殖系统中生物填料的研究现状[J]. 水处理技术, 2015, 41(12): 33-37.  
<https://doi.org/10.16796/j.cnki.1000-3770.2015.12.008>
- [4] 陈军, 徐皓, 倪琦, 等. 我国工厂化循环水养殖发展研究报告[J]. 渔业现代化, 2009, 36(4): 1-7.
- [5] 吴凡, 刘晃, 宿墨. 工厂化循环水养殖的发展现状与趋势[J]. 科学养鱼, 2008(9): 72-74.
- [6] 闵瑞, 梅洁, 徐江, 等. 循环水养殖系统构建及其在黄颡鱼苗种培育中的应用[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(23): 125-128. <https://doi.org/10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2022.23.024>
- [7] 朱建新, 刘慧, 徐勇, 等. 循环水养殖系统生物滤器负荷挂膜技术[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(4): 118-124.
- [8] 王哲. 海水养殖废水生物处理方法研究进展[J]. 科技资讯, 2014, 12(18): 127.  
<https://doi.org/10.16661/j.cnki.1672-3791.2014.18.153>
- [9] 何洁, 刘长发, 王海, 等. 3种载体生物滤器对养殖废水处理效果[J]. 中国水产科学, 2003(3): 242-245+241.
- [10] 刘艳红, 罗国芝, 朱学宝. 海水闭合循环系统生物滤器微生物特性研究[J]. 农业环境科学学报, 2004(3): 540-544.
- [11] 皮林, 郇和生, 王珺. 生物填料在废水处理中的研究进展[J]. 化工环保, 2023, 43(1): 25-29.
- [12] 遇静. 新型复合生物填料的研制与性能研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2014.
- [13] 张宇雷, 刘晃, 吴凡, 等. 美国工厂化循环水养殖中生物滤器的研究与应用[J]. 渔业现代化, 2009, 36(4): 17-22.
- [14] 李倩, 王雨辰, 郭建林, 等. 基于不同生物填料的跑道养殖尾水净化[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(13): 276-280.  
<https://doi.org/10.15889/j.issn.1002-1302.2020.13.055>
- [15] 孙永欣, 田斌, 任同军, 等. 微生物在海水循环水养殖系统中的作用及其应用进展[J]. 水产科学, 2023, 42(2): 321-330. <https://doi.org/10.16378/j.cnki.1003-1111.21112>