



养殖网笼清洗装置设计及试验研究

Design and experimental study of raft type shellfish breeding cage net cleaning device

符芷瑄¹, 黄帆¹, 薛清松¹, 鲍磊¹, 张国琛^{1,2,3}, 李秀辰^{1,2,3}, 张寒冰^{1,2,3}

1.大连海洋大学机械与动力工程学院, 辽宁大连, 116023; 2.辽宁省海洋渔业装备专业技术创新中心, 辽宁大连, 116023; 3.设施渔业教育部重点实验室, 辽宁大连, 116023

背景

吊笼养殖是我国水产养殖的主要模式, 2024年吊笼养殖产量达188.3万t。网笼养殖主要用于养殖牡蛎、海参等高附加值品种, 但长期浸泡易被紫贻贝等生物附着堵塞网眼, 影响水体交换, 制约其健康发展。目前养殖网笼清洗主要依赖人工捶打, 存在效率低、劳动强度大等问题。因此, 急需开发机械化养殖网笼清洗装备。

养殖网笼及附着物力学特性研究

本研究测定养殖网笼网衣最大拉伸力为356.86 N, 优势附着物紫贻贝足丝垂向附着力(15.28 N)约为切向(6.68 N)的2倍。紫贻贝在壳厚方向压缩力最大(268.88 N), 而牡蛎壳长方向压缩力达498.89 N, 为紫贻贝的5倍, 试验过程如下图所示。该试验数据为网笼清洗装置设计提供依据。



图1 养殖网笼附着物

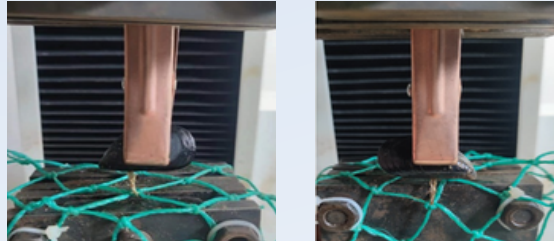


图3 紫贻贝足丝垂向-切向拉伸试验

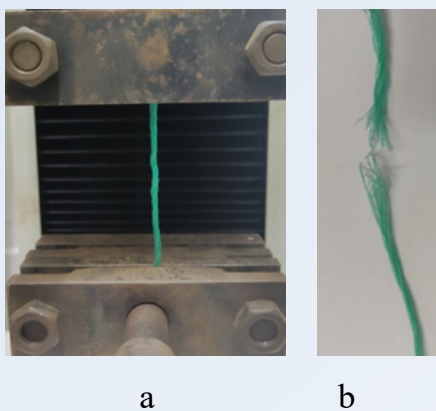


图2 尼龙网衣拉伸试验

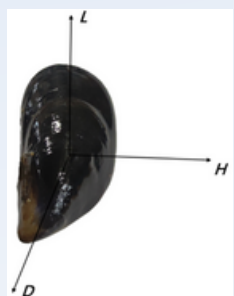


图4 紫贻贝三轴方向示意图

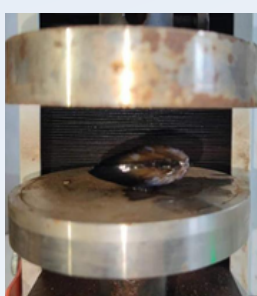


图5 紫贻贝壳厚方向压缩试验



图6 壳厚方向压缩试验结果图



图7 牡蛎壳长方向压缩试验实物图

养殖网笼清洗装置设计

基于网笼与附着物力学特性研究, 设计了一款船载式养殖网笼清洗装置, 如图8所示。该装置采用毛刷辊螺旋输送与高压水旋转射流相结合的清洗方式, 具备清洗与维护双重功能。装置主要由输送机构、清洗系统和框架组成。养殖网笼日常清洗时, 装置随船行进, 网笼自动送入并经清洗部件清除附着物由后排出; 日常维护时, 网笼可停靠于装置内, 便于进行投喂、分苗等操作, 作业原理如图9所示。

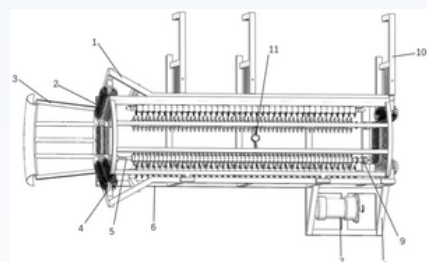


图8 养殖网笼清洗装置

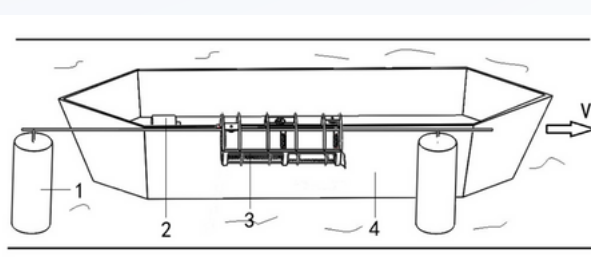


图9 养殖网笼清洗装置作业原理图

喷嘴空化射流仿真研究

喷嘴是清洗装置的核心部件。基于Ansys-Fluent软件对空化喷嘴进行流体仿真分析, 采用ICEM建立计算域并进行网格正划分, 如图10所示, 模型为回转对称结构, 设定压力入口、出口及对称轴等边界条件, 以评估空化效果并确定最优喷嘴类型与结构, 不同类型喷嘴空化效果如图11所示。

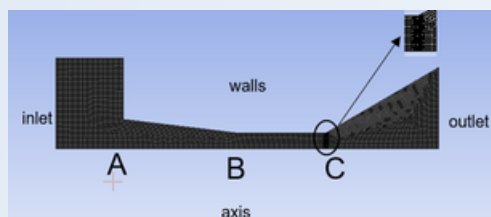


图10 喷嘴模型网格划分图

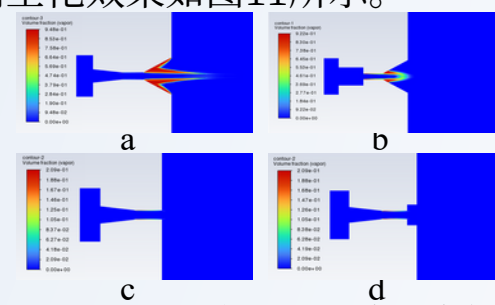


图11 四种喷嘴气相体积分数分布云图

四种喷嘴均能产生空化效果, 其中角型喷嘴空化效果最优, 优选其用于清洗装置。如图12所示, 单因素试验表明, 射流流速与气相体积分数随喉管长度、直径和扩散角增大均先增后减, 利用Design-Expert软件, 以气相体积分数为评价指标对喷嘴结构参数进行优化, 最优组合为: 喉管长度6.1mm、直径1.42mm、扩散角30.7°, 此时气相体积分数达0.998。

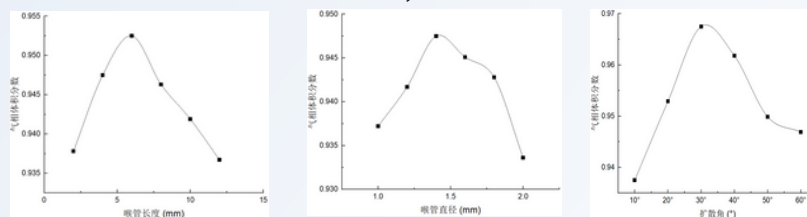


图12 角型喷嘴气相体积流场曲线

清洗装置样机试制与试验研究

综合前文试验研究成果, 搭建养殖网笼清洗试验装置如图13所示。养殖网笼清洗试验表明: 网衣拉伸强度保持稳定, 紫贻贝脱落主要表现为足丝断裂与壳体破碎, 牡蛎活性未受影响, 装置清洗效率达5笼/min, 对紫贻贝平均清洗率为88.8%, 清洗前后对比如图14所示。

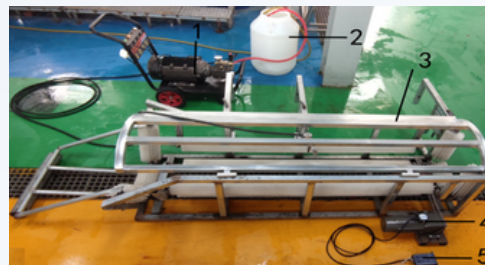


图13 养殖网笼清洗试验装置

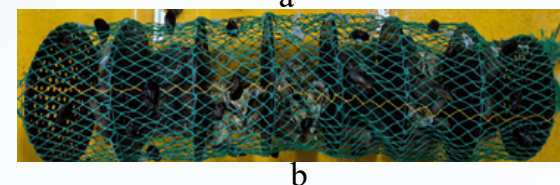
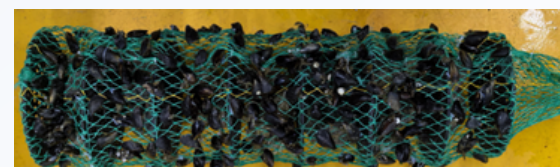


图14 养殖网笼清洗效果对比

结论

- 1.进行了养殖网笼及附着物力学特性研究, 网衣最大拉伸力356.86N; 紫贻贝为主要附着物种, 垂向附着力15.28N; 其壳厚方向抗压最大达268.88N, 牡蛎壳长方向抗压达498.89N。
- 2.完成了养殖网笼清洗装置方案论证, 采用毛刷辊螺旋输送与高压射流方案。
- 3.利用Fluent软件分析空化喷嘴结构对气相体积分数的影响, 确定最优角型喷嘴参数为喉管长度6.1mm、直径1.42mm、扩散角30.7°, 此参数下气相体积分数达0.998。
- 4.装置试验研究表明清洗效率5笼/min, 紫贻贝清洗率88.8%。