



机液耦合网箱清洗装置设计及试验

Design and Testing of a Fluid-Mechanical Coupled Net Cage Cleaning Device

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

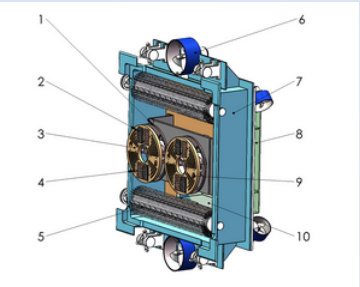
1.大连海洋大学机械与动力工程学院, 辽宁大连, 116023; 2.辽宁省海洋渔业装备专业技术创新中心, 辽宁大连, 116023; 3.设施渔业教育部重点实验室, 辽宁大连, 116023

背景

海水养殖是我国海洋经济的重要支柱与优质蛋白的重要来源。在网箱养殖中普遍存在的生物附着问题, 不仅增大网箱结构载荷, 更严重影响养殖生物的成活率与品质, 已成为制约产业健康发展的关键瓶颈。目前清洗作业主要依赖人工, 效率低、强度大; 而引进的国外设备存在适用性差、成本高等问题。因此, 急需研发适用于我国海域的高效、可靠清洗装备。

机液耦合网箱清洗装置设计

该装置设计如图1所示, 主要由清洗盘、清洗刀片、清洗喷嘴、滚刷、机架等核心部件构成。工作时, 清洗喷嘴驱动清洗盘及刀片高速旋转, 对附着贝类进行高效破碎与清洗; 同步运转的滚刷提供辅助清洗, 同时污物回收装置对清洗后的污物进行回收, 装置原理图如图2所示。



1-传动盘; 2-清洗刷; 3-清洗盘; 4-清洗刀片; 5-滚刷; 6-螺旋桨; 7-机架; 8-吸污盒; 9-清洗喷嘴; 10-吸污孔
图1 装置设计图

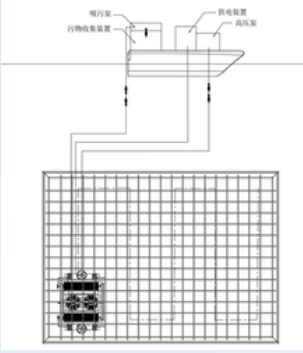


图2 装置作业原理图

刀片切口形状对紫贻贝的破碎效果研究

针对紫贻贝结构坚固、清洗难度大的问题, 本试验采用质构仪以三轴方向对不同规格的紫贻贝进行破贝试验, 破贝方向如图3所示。刀片切口形状如图4所示, 通过改变刀口形状, 分析紫贻贝受力情况, 为后续刀片选型提供理论依据。

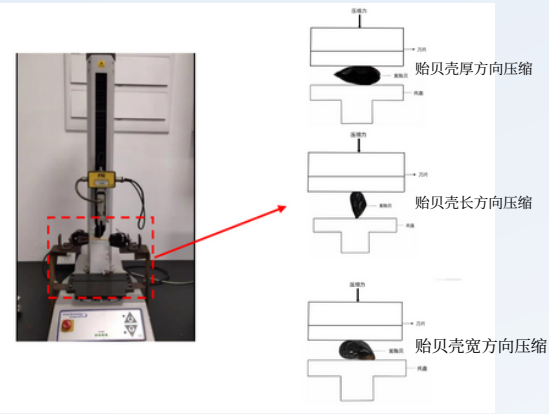


图3 刀片破贝试验

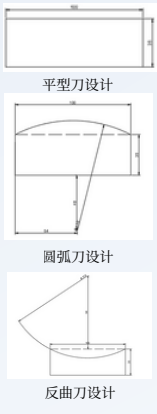


图4 刀口形状设计图

通过实验可得, 凸型刀因接触面积小、应力集中显著; 而平型刀应力集中不足, 凹型刀破碎周期长、效率低。为此选定切口形状为凸型刀作为破贝刀切口形状。

基于LS-Dyna的刀片破贝仿真研究

1、模型建立与参数设置

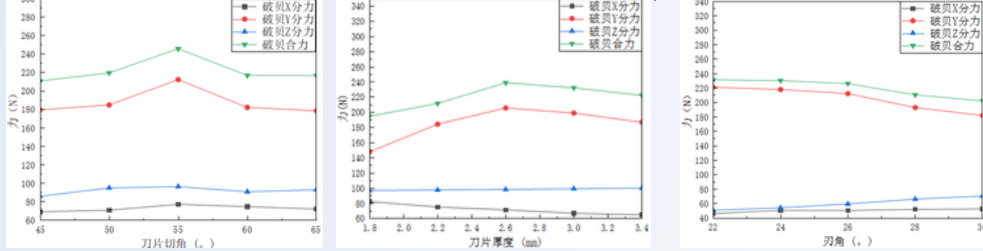
模型以STEP格式导入LS-Dyna, 刀片与紫贻贝用Johnson-Cook模型、超弹性橡胶模型与塑性损伤模型, 通过面面侵蚀接触与显式动力学分析, 模拟刀具旋转冲击下贝壳破裂过程, 建模过程如图5所示。



图5 仿真建模过程示意图

2、刀片结构参数对破贝的影响

为确定刀片结构参数, 通过仿真分析研究刀片切角、刀刃角、刀片厚度对紫贻贝各方向受力情况, 结果如图6所示:

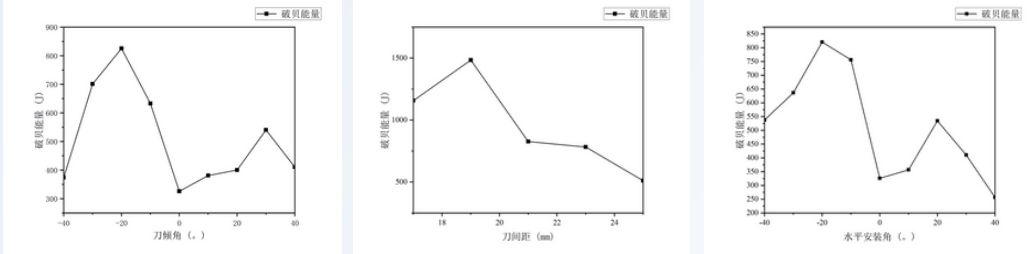


刀片切角与破贝力分析图 刀片厚度与破贝力分析图 刀片刃角与破贝力分析图
图6 刀片结构与破贝力仿真结果图

由上图分析可得, 破贝合力随切角增大呈先增后减趋势, 55°时达峰值243.02N; 厚度增加呈先增后缓趋势, 2.6mm后趋于稳定 (238.45N); 刀刃角增大持续下降, 24°时为231.19N。对上述刀片结构设计了正交试验, 以破贝力为评价指标, 当刀片切角为54°, 刀片厚度为2.7mm, 刀刃角为24°时, 刀片的破贝合力最大值可达到245.3N。

3、刀片安装方式对破贝的影响

为确定刀片最佳安装方式, 通过仿真分析研究刀倾角、刀间距、安装角对破贝能量的影响, 结果如图7所示:



刀倾角与破贝能量分析图 刀间距与破贝能量分析图 安装角与破贝能量分析图
图7 刀片安装方式与破贝能量仿真结果图

上图可得, 破贝能量随刀倾角增大呈先增后减趋势, -20°时达峰值825.27 J; 刀间距增大呈先升后降趋势, 19 mm时为1408.96 J; 水平安装角增大亦呈先升后降趋势, -20°时能量最高。对上述安装方式设计了正交试验, 以破贝能量为评价指标, 当水平安装角为-19°, 刀倾角为-17°, 刀间距为19mm时, 破贝能量最大值可达到1218.09J。

清洗装置样机试制与试验研究

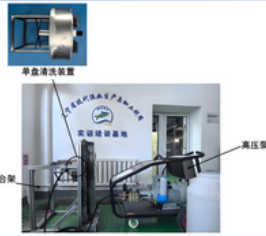


图8 网箱清洗试验台搭建图

通过整机性能验证, 搭建网箱清洗试验台开展试验, 如图8所示, 结果显示该装置的网箱清洗效率为89.7%, 清洗效率为330m²/h。

结论

(1) 针对海水养殖网箱易被紫贻贝等生物附着的问题, 本文基于空化射流与机械打击原理, 设计了一种机液耦合式网箱清洗装置。为实现机械化高效网箱清洗, 对推动网箱养殖产业机械化进程与产业升级具有重要意义。

(2) 采用质构仪以三轴方向对不同规格的紫贻贝进行破贝试验, 通过改变刀口形状, 分析紫贻贝受力情况, 为后续破贝刀选型提供理论依据。

(3) 基于LS-Dyna仿真软件模拟刀具与紫贻贝壳的冲击破碎过程, 分析了刀片切角、厚度、刃角及安装参数对破贝力与能量的影响规律, 获得了最佳参数组合。