

不同底面坡度的循环水养殖池塘净化效能

张俊, 贾广臣, 王庆诚, 车轩, 田昌凤, 陈晓龙

Purification efficiency of a recirculating aquaculture pond with different bottom slopes

ZHANG Jun, JIA Guangchen, WANG Qingcheng, CHE Xuan, TIAN Changfeng, CHEN Xiaolong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200402996>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

流水养殖槽—虾—蟹串联式循环水养殖模式净化效能的研究

Purification efficiency in an "in-pond raceway recirculating(IPRS)-shrimp-crab" tandem system aquaculture model

大连海洋大学学报. 2021, 36(1): 118 <https://doi.org/10.16535/j.cnki.dlhyxb.2019-336>

不同浓度臭氧对循环水养殖系统生物膜活性及其净化效能的影响

Effects of Ozone Concentration on the Activity of Biofilm and Its Effectiveness of Purification in Recirculating Aquaculture Systems

渔业科学进展. 2016, 37(3): 143 <https://doi.org/10.11758/yykxjz.20150309003>

封闭循环水系统生物滤池气水比对水质净化效能的影响

Effect of the air-to-liquid ratio on treatment efficiency of wastewater in multistage BAF in a recirculating aquaculture system

中国水产科学. 2013, 20(6): 1266 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2013.01266>

有机碳源对循环水养殖系统生物滤池净化作用的研究进展

Advance in the effect of organic carbon source on biofilter purification in recirculating aquaculture system

渔业现代化. 2015, 42(3): 28 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2015.03.006>

几种环境因子对循环水养殖系统中生物膜净化效率的研究

The influence of environmental factors on biofilter efficiency in a recirculating aquaculture system

渔业现代化. 2015, 42(3): 17 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2015.03.004>

多级生物净化在封闭循环水养殖系统中的水质调控效果

Regulating Effect of Multi-stage Biological Purification on Water Quality in a Closed Recirculating Aquaculture System

水产科学. 2017, 36(5): 577 <https://doi.org/10.16378/j.cnki.1003-1111.2017.05.006>

文章编号: 1674-5566(2021)04-0702-08

DOI:10.12024/jsou.20200402996

不同底面坡度的循环水养殖池塘净化效能

张俊¹, 贾广臣¹, 王庆诚¹, 车轩², 田昌凤², 陈晓龙²

(1. 上海海洋大学 工程学院, 上海 201306; 2. 中国水产科学研究院 渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要: 以一种典型的方形切角养殖池为研究对象, 建立液固两相流场的数值模型, 重点分析池塘底面坡度和水力条件对其水质净化效能的影响规律。研究表明: 随着养殖池内部压力的降低, 颗粒物受到的作用力减小, 沉积浓度增加; 当水流回转速度不变时, 随着养殖池底面坡度的增加, 颗粒物的分离效率提高; 当水流回转速度为 0.25 rad/s, 且底部坡度为 12° 时, 养殖池的净水效能最高; 数值计算结果与实验数据吻合较好, 验证了数值计算方法的有效性。研究结果对于池塘水循环养殖系统的优化设计、评价鱼类生存的水动力学条件、解决水循环效能低、集污/排污率差等问题具有重要科学意义和工程应用价值。

关键词: 养殖系统; 集排污特性; 净水效能; 液固两相流动; 颗粒物分离效率

中图分类号: S 238 **文献标志码:** A

据《中国渔业年鉴 2019》统计^[1], 2018 年我国水产品总量 6 457.66 万 t, 比上年增长 0.19%。其中, 养殖产量 4 991.06 万 t, 同比增长 1.73%, 池塘养殖已成为中国水产养殖的主要形式和水产品供应的主要来源。随着我国的水产养殖向着高密度、集约化迅猛发展, 越来越多的养殖废物在养殖环境中累积, 造成养殖环境恶化, 对生态环境造成了严重污染^[2]。因此, 提高养殖系统的水质净化效能对于改善养殖环境和保护生态环境有着重要意义。

为了减少传统池塘水产养殖造成的水体污染、水资源浪费、环境污染等问题, 科研人员针对养殖池水体净化开展了大量研究^[3-13]。刘乃硕等^[7]针对 CORNELL 和 WATERLINE 提出的两种双通道圆形养殖池的内部流场特性进行了数值模拟, 计算结果从理论上验证了两种池型底流比例的经验设计值在 10% 以内。赵乐^[8]研究了虾养殖池及鱼类养殖池的集排污水动力特性, 重点分析了不同射流角度和流速条件下养殖池的流场分布特性及污物的聚集特性。魏武^[9]对圆形养殖池内部流场特性进行了数值模拟, 分析了养殖池的结构与其自净化效能之间的关系, 并根据两者的关系对圆形养殖池的结构参数进行了优

化设计。李建平等^[10]针对旋流分离装置内部的流动特性进行数值模拟, 研究了旋流分离装置对水产养殖水体的分离效果, 并通过试验数据对模拟结果进行了验证。SUMMERFELT 等^[11]对双通道排水养殖池在不同水体交换率、底流分流比、径深比的情况下进行了数值模拟, 研究了养殖池几何形状、养殖池进出水结构对圆形池的颗粒冲洗和水力混合性能的影响。史明明等^[12]对两种养殖系统的气液固三相三维流动进行了数值模拟研究, 分析了两种养殖系统的内部流动特性并与实测数据对比, 研究表明循环生物絮团系统能够解决原位生物絮团分布不均匀以及流场死角多等问题。LIU 等^[13]采用计算流体动力学方法研究了颗粒物的水动力学特性, 并根据实验测量结果验证了模拟结果, 对循环水产养殖系统的结构优化设计具有重要意义。

综上, 关于养殖池底部结构对其净水效能影响的研究较少, 尤其是针对养殖池底部坡度对其内部流场特性、颗粒物沉积与分布规律等问题需要进一步深入研究。本文以一种典型方形切角养殖池为研究对象, 基于 CFD 数值计算理论和方法研究了养殖系统单个养殖池的液固两相流场特性, 重点分析了不同水力条件和池塘底面坡度

收稿日期: 2020-04-11 修回日期: 2020-10-21

基金项目: 上海市教育委员会产学研计划(A1-2007-00-000406); 上海海洋大学科技发展专项基金(A2-2006-20-200210)

作者简介: 张俊(1983—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为渔业机械工程及水动力学。E-mail: zhangjun@shou.edu.cn

对养殖池集排污特性的影响机制,得到了方形切角养殖池底面结构与其水体净化效能的关系,并与现有的实验数据进行了对比分析。

1 养殖池液固两相流场数值计算模型

1.1 结构模型

以一种应用较广泛的方形切角养殖池为研究对象,计算模型如图 1 所示。养殖池的结构为方形切角型,切角角度为 135° ,切边长度为 0.14 m ;养殖池的长 \times 宽 \times 高为 $1.5\text{ m} \times 0.4\text{ m} \times 0.6\text{ m}$,入水口距水面高度约为 0.18 m ;养殖池底面与水平面夹角为 α ,养殖池进水出水口的管道直径为 0.22 m 。

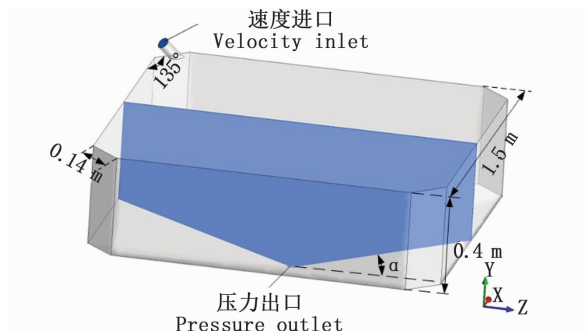


图 1 养殖池计算模型

Fig. 1 Calculation model of aquaculture pond

1.2 控制方程

采用欧拉-拉格朗日计算方法,将水中鱼类粪便、饲料等固体颗粒物视为球形粒子离散相,连续相为水。将连续相视为黏性不可压缩流体,离散相利用拉格朗日法进行粒子跟踪^[14]。不考虑颗粒相的碰撞、溶解、破碎以及两相间的组分变化等。三维不可压缩非定常流动的 N-S 方程组为

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + F_x + \\ \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) + S_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + F_y + \\ \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) + S_y \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + F_z + \\ \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) + S_z \end{cases} \quad (1)$$

式中: ρ 为流体压力; F 为单位质量流体所受外部作用力, F_x 、 F_y 、 F_z 是其在 x 、 y 、 z 方向上的分量; τ 为黏性应力, τ_{xx} 、 τ_{xy} 、 τ_{xz} 、 τ_{yx} 、 τ_{yy} 、 τ_{yz} 、 τ_{zx} 、 τ_{zy} 、 τ_{zz} 为其在对应 x 、 y 、 z 方向上的张量分量; S 为流体质量源, S_x 、 S_y 、 S_z 为其在 x 、 y 、 z 方向上的分量。

颗粒物的控制方程为

$$\begin{cases} m_i \frac{dv_i}{dt} = \sum_{j=1}^{k_i} (f_{n,ij} + f_{t,ij} + f_{fp,i} + m_i g), \\ I_i \frac{d\omega_i}{dt} = \sum_{j=1}^{k_i} (M_{t,ij} + M_{r,ij}) \end{cases} \quad (2)$$

式中: m_i 为颗粒质量; v_i 和 ω_i 分别为颗粒平移速度和角速度; k 为与粒子 i 相互作用的颗粒数; $f_{n,ij}$ 和 $f_{t,ij}$ 分别为颗粒 i 和 j 之间的法向和切向接触力; $f_{fp,i}$ 为颗粒与流体之间的相互作用力; I_i 为转动惯量; $M_{t,ij}$ 和 $M_{r,ij}$ 分别为作用在颗粒 i 上的切向和滚动摩擦力。

1.3 湍流模型

养殖池水体循环过程中存在大应变率、旋流、液固分离等复杂流动问题,湍流模型采用 SST $k-\omega$ 湍流模型。相关研究表明:该湍流模型不需要使用容易失真的黏性衰减函数,特别适用于描述多相流动贴壁边界层区域内的复杂流动现象。

SST $k-\omega$ 的 k 方程和 ω 方程分别为

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \\ G_k - Y_k + S_k \\ \frac{\partial}{\partial t}(\rho \omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \omega u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right) + \\ G_\omega - Y_\omega + D_\omega + S_\omega \end{cases} \quad (3)$$

式中: k 为湍流动能; ω 为湍流频率; Γ_k 、 Γ_ω 分别为湍流扩散系数; G_k 、 G_ω 分别为湍流生成项; Y_k 、 Y_ω 分别为湍动能耗散项, S_k 、 S_ω 分别为自定义源项。

1.4 网格划分与计算参数

划分合适数量的高质量网格是保证计算结果精度的关键之一。由于入水口相对其他部分较细以及需要重点分析出水口颗粒物质量浓度,这里对出水口和进水口进行局部网格加密。划分非结构化网格并通过网格无关性验证,确定网格划分数量约 160 万,相关计算参数如表 1 所示。流场入水口设为速度进口边界条件,出口设为压力出口边界条件,其余壁面设为固壁边界条件。

表 1 计算参数

Tab. 1 Calculation parameters

属性 Attributes	数值 Value
养殖池底面夹角 Angle of bottom of aquaculture pond/(°)	0,3,5,7,10,12
养殖池水流回转速度 Rotation angular velocity of aquaculture pond/(rad/s)	0.25,0.50
入水口速度 Inlet speed/(m/s)	0.5
固相颗粒物直径 Solid particle diameter/ μm	150
固相颗粒物密度 Solid particle density/(kg/m^3)	1 150
固相动力黏度 Solid phase dynamic viscosity/(Pa/s)	0.004 6
液相密度 Liquid density/(kg/m^3)	1 000
液相动力黏度 Liquid dynamic viscosity/(Pa/s)	0.001 003
养殖池底部壁面粗糙度 Roughness of bottom wall of breeding pond/ μm	0.001

2 计算结果分析

养殖池塘净化效能指的是养殖池水质净化效能,与养殖池内部流动特性有一定关系。为研究不同底面坡度和水力条件下养殖池内部流场分布特性,设养殖池中心为坐标原点其中 Y 方向为重力加速度方向, XZ 平面与水平面平行,取 $X=0$ 纵截面和锥段上表面作为流场监测面监测两面的流场分布特性,纵截面和锥段上表面的交线设置为监测线,监测该线上的速度分布,出水口设置监测面监测该面上的出口粒子质量浓度,如图 2 所示。

2.1 不同底面坡度下的两相流动特性

图 3 为不同水流回转速度下的养殖池内部流线图,其中:图 3a 为水流回转速度 $\omega = 0.25 \text{ rad/s}$ 下的内部流线图;图 3b 为水流回转速度 $\omega = 0.50 \text{ rad/s}$ 下的内部流线图。图 4 为不同水流回转速度下的养殖池锥段监测面的速度分布云图,图 4a 为水流回转速度 $\omega = 0.25 \text{ rad/s}$ 监测

面上的速度分布云图;图 4b 为水流回转速度 $\omega = 0.50 \text{ rad/s}$ 监测面上的速度分布云图。

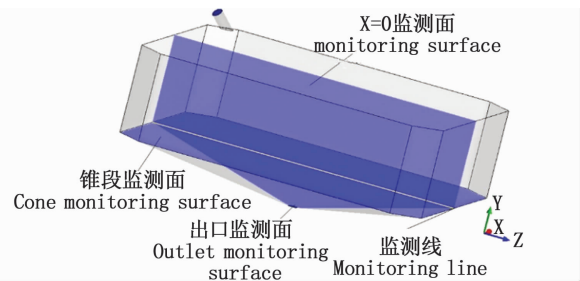


图 2 监测位置示意图

Fig. 2 Monitoring location diagram

计算结果表明:养殖池底面与水平面夹角越大,有旋流动越明显即内部流动紊乱程度越小,养殖池内部流场湍流强度也会相应减少,这种情况下有利于固相颗粒物的沉降。当养殖池底面与水平面夹角为 12° 时,养殖池内部紊乱程度相对较小,有利于固体颗粒物在养殖池底部沉积。

压力分布对固相颗粒物的分布具有一定的

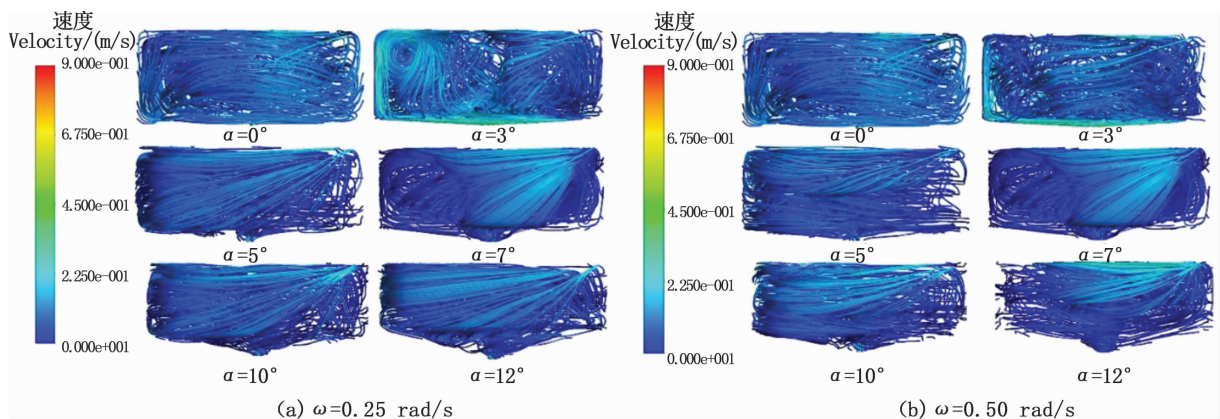


图 3 不同水流回转速度下养殖池内部流线图

Fig. 3 Streamline diagrams of aquaculture ponds at different rotational angular velocities

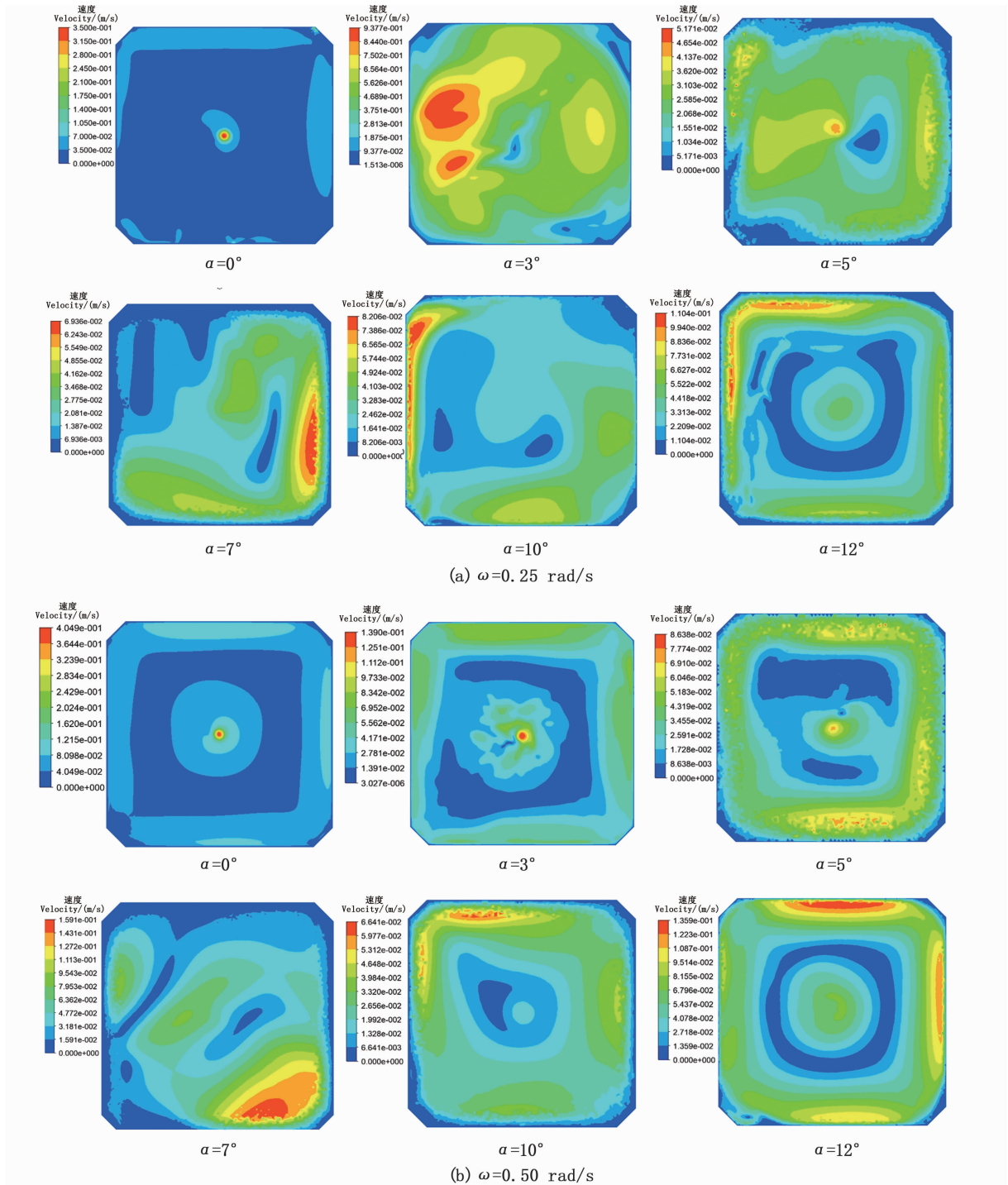


图 4 不同水流回转速度下锥段监测面速度云图
Fig. 4 Contours of velocity at different rotational angular velocities

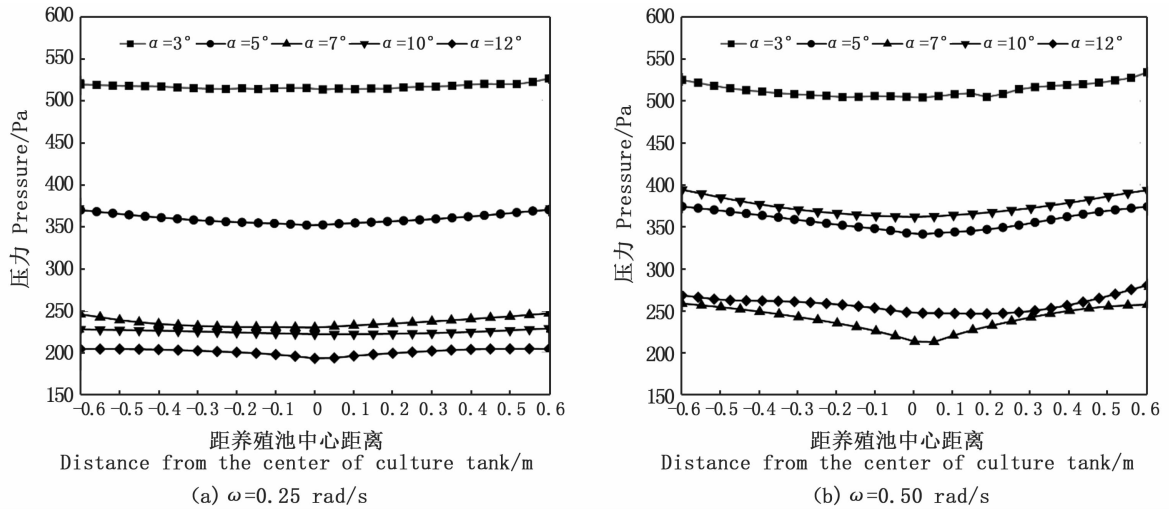


图5 不同水流回转速度下养殖池内部压力分布图

Fig.5 Pressure distribution of aquaculture ponds at different rotational angular velocities

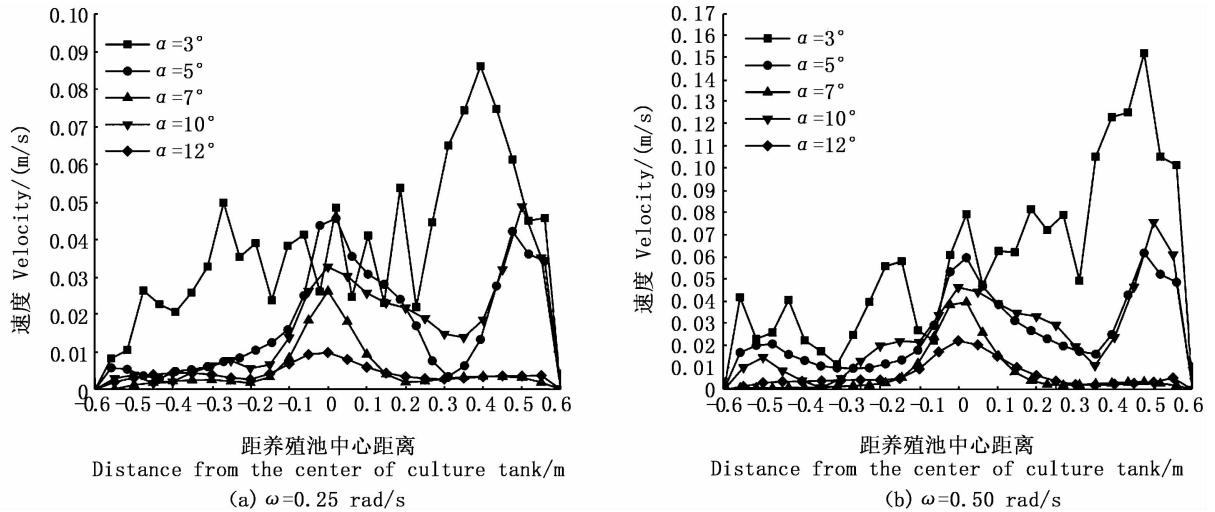


图6 监测线上的速度分布曲线

Fig.6 Speed distribution curves on the monitoring line

影响,图5为不同水流回转速度下监测线上的压力分布:图5a为水流回转速度 $\omega = 0.25 \text{ rad/s}$ 养殖池内部流线;图5b为水流回转速度 $\omega = 0.50 \text{ rad/s}$ 养殖池内部压力分布。从图5可以看出:当水流回转速度 $\omega = 0.25 \text{ rad/s}$ 时, α 越大该监测线上的压力分布就越小;当水流回转速度 $\omega = 0.50 \text{ rad/s}$ 时,监测线上的压力分布并不会随着 α 的改变呈线性变化。相关研究表明:养殖池内部压力越小,固相颗粒物受到的作用力越小,对颗粒物的沉积具有更好的效果。

图6为不同坡度养殖池在两种水流回转速度下监测线上的速度分布曲线。从图6可以明

显看出, $\alpha = 12^\circ$ 该监测线上的速度分布较为均匀,并且在该情况下流速较小,有利于固体颗粒物的进一步沉积。

2.2 不同底面坡度下的净水效能

边界出口的粒子质量浓度是评价养殖池净水性能的重要评估指标,出口粒子质量浓度越大,养殖池的净水效能越好。图7为不同底面坡度养殖池在两种水流回转速度下的出口粒子质量浓度,计算结果表明:当水流回转速度为 0.25 rad/s 时,随着养殖池的底面坡度的增加,其净水效能逐渐增强,且当 $\alpha = 12^\circ$ 且 $\omega = 0.25 \text{ rad/s}$ 时,养殖池的净水效能相对最高。

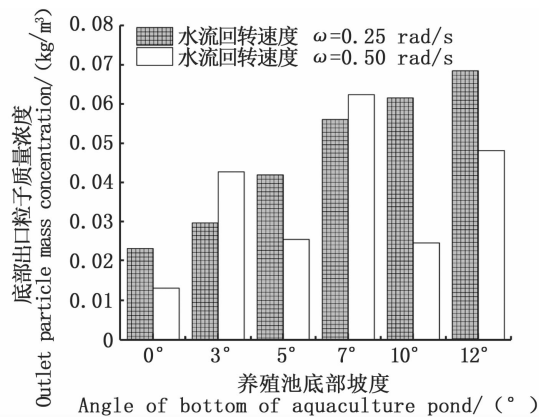


图7 不同坡度养殖池在两种水流回转速度下的出口粒子质量浓度

Fig.7 Outlet particle mass concentration at different slopes of aquaculture ponds and two rotational angular velocities

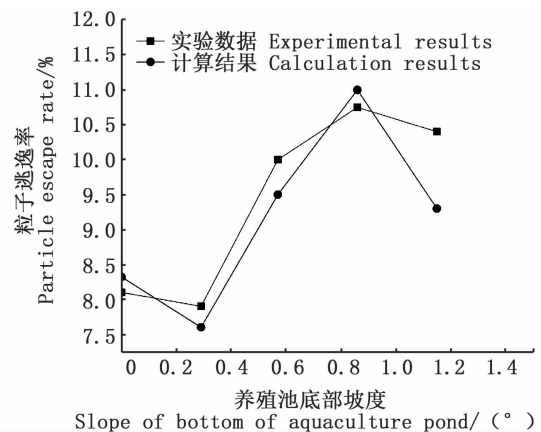


图8 实验验证分析

Fig.8 Experimental verification analysis

3 数值计算方法有效性实验验证

为了验证颗粒物运输数值计算结果的有效性,构建了长×宽×高为1.0 m×1.0 m×1.5 m的实验模型,研究了不同坡度下的养殖池颗粒物运输性即粒子逃逸率^[15]。粒子逃逸率是指逃逸颗粒与入射颗粒的总质量的比值,是体现养殖池对颗粒物的运输性能和衡量净水效能的重要指标。为了验证本文所采取的数值计算方法的有效性,将此数值计算方法运用到文献[15]的实验模型中进行数值模拟,得到了不同底面坡度下的颗粒逃逸率,并与实验结果进行对比分析,如图8所示。从图8可以看出:通过数值计算得到底面不同坡度下的粒子逃逸率分别为8.32%、7.6%、9.5%、11%、9.3%,实验测试得到的不同底面坡度下粒子逃逸率分别为8.1%、7.9%、10.0%、10.8%、10.4%。对比分析发现,实验结果与数值计算结果基本接近,且整体变化趋势也基本一致,验证了本文数值计算方法的有效性和可靠性。

4 结论

通过数值研究养殖池的液固两相流动特性,分析不同水力条件和池塘底部坡度对颗粒物分离效率和水体净化效能的影响机制,并与现有的实验数据对比分析,主要得到以下结论:

(1)随着养殖池的底面坡度增加,养殖池内部的流态紊乱程度逐渐减小,流场湍流强度也相

应降低,有利于固相颗粒物的沉降。养殖池底面坡度越大,其底部出口附近压力越小,颗粒物受到的作用力就越小,越有利于固体颗粒物的沉积。

(2)养殖池净水效能和底面坡度、养殖池水流回转速度存在一定关系。当水流回转速度一定时,随着坡度的增加,养殖池的净水效能逐渐增强。当水流回转速度为0.25 rad/s,且底部坡度为12°时,相对其他坡度养殖池净水效能最高。

(3)数值计算结果与部分实验数据吻合较好,验证了本文所采取的数值计算方法的有效性。研究结果对于池塘生态养殖系统的结构优化设计,评价鱼类生存的水动力学条件,解决水循环效能低、集污/排污率差等问题具有重要科学意义和工程应用价值。

参考文献:

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局,全国水产技术推广总站,中国水产学会编制.中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2019.
Fisheries and Fishery Administration Bureau of the Ministry of Agriculture and Rural Areas, National Aquatic Technology Promotion Center, Compiled by China Fisheries Association. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019.
- [2] 罗国芝,朱泽闻,包存宽.中国水产养殖规划现状分析与对策[J].环境污染与防治,2009,31(2):87-89.
LUO G Z, ZHU Z W, BAO C K. The analysis and solutions to the China's aquaculture plan status [J]. Environmental Pollution & Control, 2009, 31(2): 87-89.
- [3] OCA J, MASALO I. Flow pattern in aquaculture circular tanks: influence of flow rate, water depth, and water inlet &

- outlet features [J]. *Aquacultural Engineering*, 2013, 52: 65-72.
- [4] RASMUSSEN M R, MCLEAN E. Comparison of two different methods for evaluating the hydrodynamic performance of an industrial-scale fish-rearing unit [J]. *Aquaculture*, 2004, 242(1/4): 397-416.
- [5] OCA J, MASAL I. Design criteria for rotating flow cells in rectangular aquaculture tanks [J]. *Aquacultural Engineering*, 2007, 36(1): 36-44.
- [6] 鲍伟君. 淡水池塘工程化循环水养殖系统性能评估及基于粒径分布的悬浮颗粒物去除研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- BAO W J. Performance evaluation of an in-pond raceway system and study on suspended solids removal based on particle size distribution [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019.
- [7] 刘乃硕, 刘思, 俞国燕. 两种双通道圆形养殖池水动力特性的数值模拟与研究[J]. *渔业现代化*, 2017, 44(3): 1-6.
- LIU N S, LIU S, YU G Y. Numerical simulation and research on hydrodynamic characteristics of two dual-channel circular aquaculture ponds [J]. *Fishery Modernization*, 2017, 44(3): 1-6.
- [8] 赵乐. 管式射流驱动下的养殖池集污水动力学特性研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017.
- ZHAO L. Study on the hydraulic characteristics of waste concentrated in the aquaculture pond equipped with a double pipe jet flow [D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2017.
- [9] 魏武. 循环水圆形养殖池数值模拟及结构优化[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2013.
- WEI W. Numerical simulation and structure optimization of circular culture tank for recirculating aquaculture systems [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2013.
- [10] 李建平, 吴康, 何相逸, 等. 基于CFD的养殖水体固液旋流分离装置数值模拟与验证[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(11): 182-187.
- LI J P, WU K, HE X Y, et al. Numerical simulation and validation of solid-liquid cyclone separation device for aquaculture water based on CFD [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(11): 182-187.
- [11] SUMMERFELT S T, DAVIDSON J, TIMMONS M B. Hydrodynamics in the 'Cornell-Type' dual-drain tank[C]// *Proceedings of the Third International Conference of Recirculating Aquaculture*. Roanoke, VA, USA: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2000: 160-166.
- [12] 史明明, 阮贇杰, 刘晔, 等. 基于CFD的循环生物絮团系统养殖池固相分布均匀性评价[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(2): 252-258.
- SHI M M, RUAN Y J, LIU H, et al. Solid phase distribution simulation of culture pond with recirculating biofloc technology based on computational fluid dynamics [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(2): 252-258.
- [13] LIU Y, SONG X F, LIANG Z L, et al. Application of CFD modeling to hydrodynamics of CycloBio fluidized sand bed in recirculating aquaculture systems [J]. *Journal of Ocean University of China*, 2014, 13(1): 115-124.
- [14] 余康, 陈永灿, 林俊强, 等. 鱼卵漂流的欧拉-拉格朗日模型与产卵量估算[J]. *水力发电学报*, 2019, 38(6): 56-68.
- YU K, CHEN Y C, LIN J Q, et al. Eulerian-Lagrangian modeling of riverine fish eggs drifting and improved estimation of spawning scale of fish with pelagic eggs [J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2019, 38(6): 56-68.
- [15] 孙颀, 刘飞. 以CFD-DEM为基础的养殖槽排污性能及底坡优化[J]. *水产学报*, 2019, 43(4): 946-957.
- SUN D, LIU F. Pollution discharge performance and bottom slope optimization of aquaculture tanks for intensive pond aquaculture [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 39(4): 946-957.

Purification efficiency of a recirculating aquaculture pond with different bottom slopes

ZHANG Jun¹, JIA Guangchen¹, WANG Qingcheng¹, CHE Xuan², TIAN Changfeng², CHEN Xiaolong²

(1. College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

Abstract: Taking a typical square chamfered aquaculture pond as the research object, a numerical model of the liquid-solid two-phase flow field was established, and the influence of the slope of the pond bottom surface and hydrodynamic conditions on its water purification efficiency was analyzed. Studies have shown that as the internal pressure of the aquaculture pond decreases, the forces on the particulate matter decrease and the sediment concentration increases; When the rotation speed of the flow is constant, the separation efficiency of the particles increases with the increase of the bottom slope; when the rotation speed of the flow is 0.25 rad/s and the bottom slope is 12°, the water purification efficiency of the aquaculture pond is the highest; The numerical calculation results are in good agreement with the experimental data, verifying the effectiveness of the numerical calculation method. The research results have important scientific significance and engineering application value for the optimal design of the pond water circulation aquaculture system, the evaluation of the hydrodynamic conditions of fish survival, the solution to the problems of low water circulation efficiency and low efficiency of sewage collection.

Key words: aquaculture system; sewage collection and discharge characteristics; water purification efficiency; two phase flow of liquid and solid; separation efficiency of particulate matter