

南极磷虾虾水分离装置设计

刘平,林礼群,焦尔,金娇辉

(1 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所,农业农村部渔业装备与工程重点开放实验室,上海 200092;

2 青岛海洋科学与技术试点国家实验室深蓝渔业工程装备技术联合实验室,山东 青岛 266237)

摘要:为了匹配南极磷虾连续泵吸捕捞系统,改变传统南极磷虾捕捞高损伤、低附加值加工的现状,提升南极磷虾捕捞产业自动化水平,针对新型的南极磷虾连续泵吸捕捞方式后续阶段的虾水分离和传输问题,减少在南极磷虾泵连续吸捕捞输送过程中的损伤,研究并开发了螺旋输送式虾水分离器,对其分离效率和输送速度等参数进行了设计计算和流体分析。结果显示:虾水分离器能够满足连续泵吸设备设计流量下南极磷虾的分离和输送,无大量南极磷虾堆积挤压造成虾体破损,并且能够通过对转轴转速和主体倾斜角的调节,实现泵吸输送变流量条件下虾水混合物的分离。研究表明,本设计可以通过缩放设计和并行布置,以满足不同吨位和布局的南极磷虾连续泵吸捕捞船,为南极磷虾虾水分离实际应用提供参考。

关键词:虾水分离器;连续泵吸捕捞;流体分析

中图分类号:S981.21

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2023)01-0107-006

南极磷虾是目前已认知的最大单种可捕捞利用的海洋生物资源,生物量高达 6.5~10.0 亿 t^[1],是人类巨大的潜在蛋白质储库^[2-3],具有打造中国第二个远洋渔业的巨大潜力。南极磷虾浑身是宝,富含磷脂、多不饱和脂肪酸、虾青素等多种营养物质,可以开发功能食品、医药保健品以及高端养殖饲料等高附加值系列产品^[2-3],具有形成高值新兴海洋生物产业的广阔前景。

南极海域的一切渔业活动受南极海洋生物资源养护委员会(CCAMLR)的严格管理^[4]。CCAMLR 对南极磷虾渔业实行分区限额式捕捞管理,磷虾捕捞呈奥林匹克式的国际竞争形势,即捕捞总量一定,捕捞能力越大的渔船竞争优势就越大。近年从事南极磷虾渔业的主要有挪威、韩国、中国、乌克兰和智利 5 个国家的 10 余艘磷虾船^[5-9]。除挪威拥有的 3 条连续泵吸专业磷虾船外,其余皆为传统尾滑道拖网渔船,但 3 条连续泵吸式磷虾船的年产量占磷虾总产量的 2/3 左右,以挪威为代表的渔业发达国家已将南极磷虾渔业打造成由高效捕捞技术支撑、高附加值产品拉动、集捕捞与船载加工于一体的新型海洋生物产业^[5-9],呈现出技术门槛高、产业链条长、经济效

益逐级大幅提升的新形态,充分展示了创新技术的巨大生产力。因此南极磷虾捕捞加工自动化程度越高,其捕捞份额占比将越大。同时南极磷虾自身的生物学特性使得南极磷虾从捕捞到加工的时间决定了其产品的品质,如果要作为人类的食物,那么南极磷虾被捕获后必须在 3 h 内完成加工。南极磷虾捕捞、加工的自动化水平对磷虾产品的产能、质量都具有很大影响。

本研究对捕捞和加工的中间环节虾水分离和输送进行探讨,提升虾水分离的自动化程度,大量缩短加工时间,提高中国南极磷虾产业的国际竞争能力。

1 虾水分离器

本研究设计的虾水分离器国内外并无成熟的设备或产品,主要原因是高附加值的南极磷虾产业是近些年由挪威带动,国内的南极磷虾船都是采用传统捕捞模式,南极磷虾拖网捕获南极磷虾后,由船上门架起吊拖网,南极磷虾在网袋中大量堆积造成网袋中下部南极磷虾挤压破损,严重影响南极磷虾的品质,导致无法进行高附加值的精

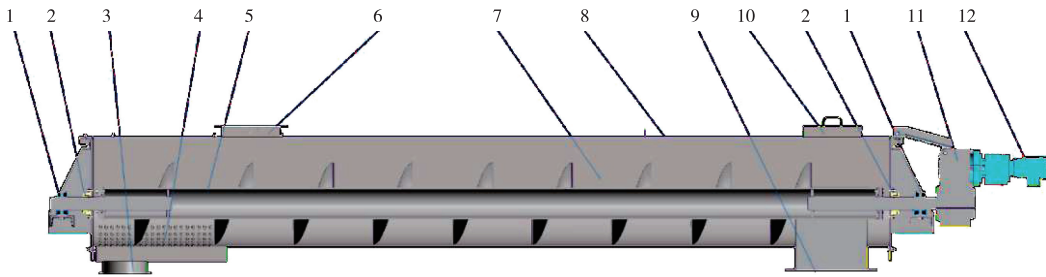
收稿日期:2022-03-22

基金项目:山东省重点研发计划(重大科技创新工程)项目(2019JZZY010819)

作者简介:刘平(1982—),男,硕士,副研究员,研究方向:海洋渔业设施系统及数字化研究。E-mail:liuping@fmiri.ac.cn

深加工。国内的捕捞自动化才开始发展,因此虾水分离设备的重点难点在于与泵吸设备的输送能力匹配,并能够无损地传送南极磷虾,同时能够将海水充分分离。设备的沥水能力以及输送方式需要经过设计计算及仿真进行验证。虾水分离器的工作方式是将泵吸设备吸上来的南极磷虾在船上进行虾水分离并输送加工,虾水分离后的南极磷虾直接输送至传送带传送加工室,能极大地减少加工流程的时间,提升加工品质。

南极磷虾船载输送设备一般要求分离的海水经过专属管路进入废水舱后排出,输送的南极磷虾个体小,可以视为小型块状、颗粒状物料,能够采用螺旋分离输送的方式工作,螺旋输送方式广泛应用与食品、粮食以及饲料等加工行业^[10-11],设备可以完全密闭满足船载要求。虾水分离器主要结构由电动机、变速箱、弹性联轴器、轴承座、绞龙、带疏水孔外壳、盖子、入料口、卸料口以及观察孔等组成。其结构如图 1 所示。



1 轴承;2 轴封;3 出水口;4 疏水孔;5 转轴;6 物料入口;7 壳体;8 盖板;9 物料出口;10 观察口;11 减速机;12 电机

图 1 虾水分离器三维模型

Fig. 1 3D model of krill-water separation device

2 虾水分离器设计计算

2.1 虾水分离器额定工况条件

虾水分离器的设计计算包括输送能力计算和水分离能力计算,输送能力计算主要包括了外形尺寸,旋转速度,绞龙直径以及绞龙螺距的计算。本研究以泵吸设备输送虾水混合物的输送量 100 t/h 作为输入流量,虾水混合比例约为 1:1,其中 50 t 的南极磷虾通过螺旋输送脱水分离,50 t 的水经过疏水孔流出至废水舱或者回流至冷海水舱。在分离脱水后其输送过程中南极磷虾可以当作固体颗粒物进行设计计算。

2.2 螺旋直径的计算

虾水分离器的分离能力取决于输送机的输送量大小,其输入流量中固体输送物计算量需不大于输送机的额定输送量。决定输送量大小的因素主要有螺旋直径、转速、螺距以及填充系数和倾斜系数^[12-16],其中螺旋直径 D 可通过公式(1)计算得到:

$$D = K \cdot \sqrt[2.5]{\frac{Q}{\phi \cdot \rho \cdot C}} \quad (1)$$

式中: D 为螺旋直径, mm; K 为物料特性系数; ϕ 为填充系数,根据不同物料选值; C 为倾斜角系数; Q 为流量, t/m^3 。

根据公式计算出螺旋直径可圆整为推荐标准直径,可参考国标粮油机械螺旋输送机^[16]。

根据螺旋直径后计算螺旋输送机的容积和输送量的初始数据为输送机的螺旋轴向投影面积 A , 输送速度 v 、螺旋输送机料槽的充填系数 ϕ 和倾角系数 C 计算得出。其中截面积 A 可以通过绞龙直径计算得到, $A = \frac{\pi}{4} d^2$; 输送速度 v 则由螺距 s 和转速 n 决定, $v = S \frac{n}{60}$; 因此传输的体积可由式(2)计算。

$$I_v = 60 \times \frac{\pi}{4} D^2 \phi S n C \quad (2)$$

$$I_m = \rho I_v = 60 \times \frac{\pi}{4} \rho D^2 \phi S n = 47 \times \rho \phi D^2 S n C \quad (3)$$

式中: I_v 为物料输送的体积、容积, m^3/h ; I_m 为物料输送的质量, t/h ; ρ 为物料松散密度, t/m^3 ; C 为倾斜角系数,螺旋输送机轴线每倾斜 1° 系数降低 2%; S 为螺旋螺距,计算方法按照螺旋叶片

形式,输送物料的不同而取值不同; ϕ 为填充系数,其数值取决于被输送物的摩擦性质及其黏附属性、螺距。

南极磷虾为软甲纲浮游动物,成虾体长约 40~60 mm,个体最大体长可达 65 mm,最大个体质量约为 2 g^[17-20]。其生物特性可看作小块无磨琢性的物料,通过水生个体研究,可采用填充系数 $\phi=0.33$ 进行计算。

2.3 转速的计算

轴转速在满足输送量的条件下不宜过高,防止物料在轴向输送的过程中受到螺旋线方向的切向力过大而被抛起,导致无法轴向输送,故转速 n 不能超过其极限转速 n_j ,极限转速应根据物料的不同进行计算:

$$n \leq n_j = \frac{A}{\sqrt{D}} \quad (4)$$

式中: A 表示物料综合系数。 A 值与 K 值需对应取值。

根据公式计算出的转速 n 还应圆整为标准转速以方便电动机的选取。

2.4 螺距的计算

螺旋叶片采用带冲孔的实体螺旋面型,不仅能够实现螺旋输送而且能够实现滤水功能,其螺距节距可根据手册推荐采用直径的 $(0.8 \sim 1)D$,也可直接参考国标粮油机械螺旋输送机^[16]中的数值进行选取。

2.5 疏水孔计算

虾水分离过程中需要进行疏水操作,通过将工作设备倾斜布置,方便输入的水能够通过自身重力集中排出。根据物料输入数据分离器需疏水 $50 \text{ m}^3/\text{h}$,根据流体计算,当螺旋输送机 10° 倾斜角摆放时,输入口放低位,分离水通过重力汇集在输入口下方,通过疏水孔分离出去,物料出口放置高位,通过螺旋输送进行物料废水分离。

根据流体连续性原理^[21-23],理想流体在定常流动中任意截面的质量密度、流速和截面面积的乘积是一个常数。即质量守恒方程:

$$Q = Sv \quad (5)$$

根据伯努利方程^[21],理想流体在同一管中任意两个截面处其截面积 S ,流速 v ,高度 h ,压强 p 之间有方程:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = C \quad (6)$$

根据虾水分离器给定条件可知常量 $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$,输入端底部开疏水孔尺寸和数量为 $\phi 10 \text{ mm} \times 23 \times 20$ (直径 $\times$ 径向数量 $\times$ 轴向排数),总面积有 $S_n = 0.036 \text{ m}^2$,根据公式(5)可得 $v = 0.465 \text{ m/s}$ 。

虾水分离器工作时输入口输入虾水混合物,疏水孔脱水达到动态平衡后可知:

$$\frac{1}{2}\rho v^2 = \rho g \Delta h \quad (7)$$

分离器中水面高度 h 有:

$$\Delta h = \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

计算得到理想状态下液面高度约为 7.4 mm,虾水分离器在 10° 倾斜角状态下物料出口高度与疏水孔最高位处距离大于 250 mm,不会导致虾水分离不彻底进入加工系统,满足设计要求。

3 虾水分离器样机参数设计与校核

虾水分离器样机根据泵吸设备给定流量进行参数计算, $Q = 100 \text{ t/h}$,其中按虾 50 t/h ,水 50 t/h 比例进行计算,根据南极磷虾的生物特性表征参考国标粮油机械中给定的数据,南极磷虾成虾个体约为 40~60 mm,外形上虾须虾脚的存在其物料松散密度理论上应小于 1 t/m^3 ,按 1 t/m^3 计算,泵吸上来的虾堆积一起,外形参照大豆饼选用填充系数 0.33,运行阻力系数选用 1.4。即已知流量 $Q = 50 \text{ t/h}$,物料松散密度 $\rho = 1 \text{ t/m}^3$,填充系数 $\phi = 0.33$,特性系数 $K = 0.0537$,计算得到 $D_0 = 0.437 \text{ m}$,计算结果经过圆整后选用 $D = 0.5 \text{ m}$ 。则螺距按照推荐公式计算 $S = 0.8, D = 0.4 \text{ m}$ 。

通过公式(4)计算转轴转速 $n \leq n_j = \frac{A}{\sqrt{D}} =$

56.57,最高转速为 56 r/min。

通过公式(3)计算出最高转速条件下能够输送物料质量为 $I_m = 47 \times \rho \phi D^2 S n C = 69.5 \text{ t}$ 。

通过校核计算可知设备在 10° 倾斜角状态下 I_m 和 Δh 都满足设计要求,能够实现虾水分离以及脱水后南极磷虾连续输送的功能。

4 FLOW 3D 流体分析模拟验证

4.1 流体运动方程

由于流体存在黏滞性,经过小孔时的流态非常复杂,理论计算只能作为初步的设计依据。为了进一步验证虾水分离的能力和效果,采用 FLOW 3D 流体动力学软件^[23]进行数值模拟和流体仿真。FLOW 3D 是一款高精度计算流体动力学(CFD)软件,具有精确预测自由表面流动的功能,FLOW 3D 采用了 VOF 方法^[24-25]重大改进后的 TruVOF 方法^[26-27],以提高边界条件的精度和界面跟踪,使计算结果更加合理,解决三维瞬态的自由液面问题。

虾水分离设备涉及的流场为不可压缩流体的自由液面流动模拟^[28]情况,流体的黏度和湍流选用 RNG 模型^[29-30],RNG 模型可以更准确地描述低强度湍流和具有强剪切区域的流动。其计算公式(9)如下:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon_T}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[u A_x \frac{\partial \varepsilon_T}{\partial x} + v A_y \frac{\partial \varepsilon_T}{\partial y} + w A_z \frac{\partial \varepsilon_T}{\partial z} \right] \\ = \frac{CDIS1 * \varepsilon_T}{k_T} (P_T + CDIS3 * G_T) + Diff_\varepsilon \\ - CDIS2 \frac{\varepsilon_T^2}{k_T} \end{aligned} \quad (9)$$

式中:CDIS1,CDIS2 和 CDIS3 都是无量纲的可调参数; u 、 v 和 w 为流体在坐标系三个方向的速度分量; A_x 、 A_y 和 A_z 分别为三个方向上对应的面积,都是 FLOW 3D 的 FAVOR 函数; ε_T 为湍流能量耗散率; k_T 是湍流动能和; P_T 是湍流动能的产生; G_T 是浮力产生项; $Diff_\varepsilon$ 为耗散的扩散。

4.2 网格划分和参数设置

根据设计计算所得参数进行设备的三维模型的建立,模型如图 1 所示,将模型导入 FLOW 3D 软件后进行网格划分,将模型分块,涉及流体域的部分网格细化,其他区域则减少网格的细分,这样能够对复杂流域创建更有效的网格。几何图形通过 FAVOR 方法与网格交互,将几何定义转换为面积分数和体积分数,其中实体部分通过部分阻挡单元体积和面部区域嵌入到网格中,通过 FAVOR render 能够查看网格与图形交互的情况,其中灰色区域表示固体材料,若实体模型能够完整渲染出,没有实体部分缺失则表示网格划分能

够采用。如图 2 显示:网格设置了 4 个区域(Mesh block)进行了划分,其中入口、出口和部分主体有流体流过,网格进行了细化,主体另外部分未进行细化以减少计算量,总体网格数量(Total number of real cells)有 24 770 200。

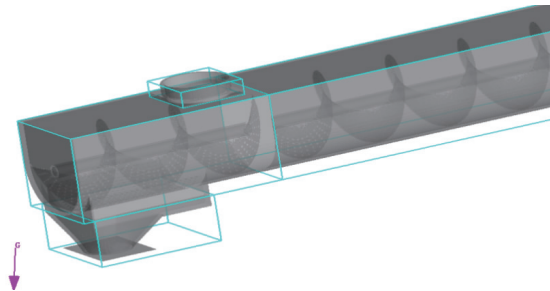


图 2 网格划分

Fig. 2 Mesh Operations

初始条件设置主要是为域内的实体对象和流体进行设置,设置好重力加速度(Gravity and non-inertial reference frame)以及黏度和湍流(Viscosity and turbulence),选择 RNG 模型计算方法。设置流体材料为水,属性选用默认参数,然后进行边界条件设置,分别设置流体的入口和出口为压力边界,指定常数为 0,表示在标准大气压力条件下无特别压力施加在入口和出口。由于虾水分离器主体和绞龙转轴在网格划分时已经被识别出作为固体部件,因此其他边界条件可以设置为 Symmetry。边界条件设置完毕后在入口端添加质量-动量源(Mass-Momentum Sources),指定源外形尺寸为入口接口大小的圆作为流体输入的起点,方向则按照入口方向以流量 50 t/h 的大小进行输入。最后分别在流体入口和出口添加 Flux Surface,Flux Surface 是挡板的一种,用于测量流过该挡板的量值,包括流体的体积流量、质量流量和压力等。

关于输出设置,为了监测流体在设备入口、出口和内部流场的瞬时数据,在 output 界面中选择 Hydraulic data 选项,该选项会在仿真模拟时在网格中的每个坐标位置计算每个量的一个值,并为垂直列中的每个单元存储一个值,每个周期都会计算变量以确保准确性。保证仿真结果的合理性和真实性。

4.3 结果分析

前处理设置完毕后进行仿真计算,根据数值模拟可以得到流体从虾水分离器入口流入后的流态。

如图3所示,水从入口进入,沿蛟龙叶片滑下,然后沿底部扩散,再受重力作用下汇聚到出水口,根据

计算得到瞬态数据得到通量表面(Flux Surface)的时间-体积流量,数值计算结果如图4所示。

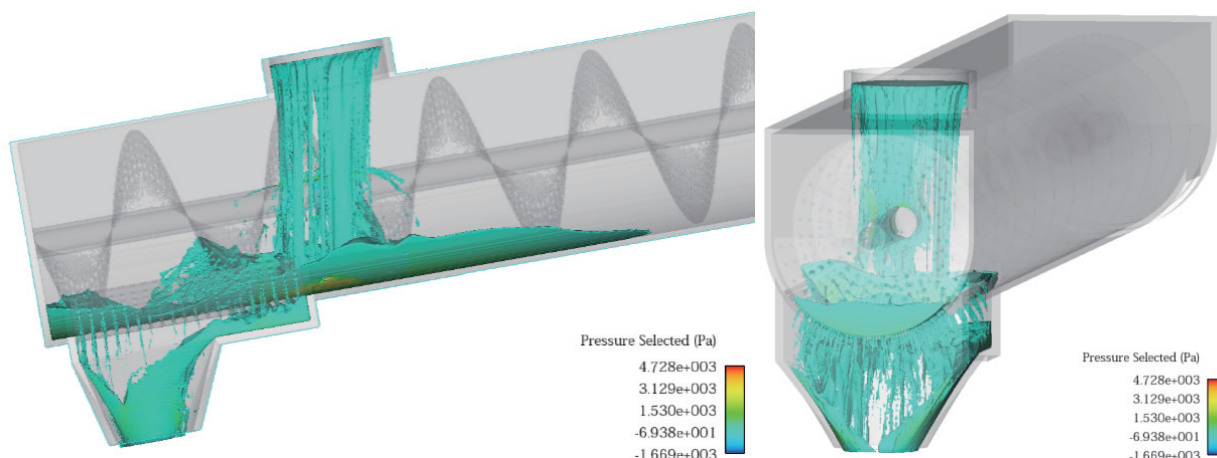


图3 数值计算结果

Fig. 3 Result of Numerical calculation

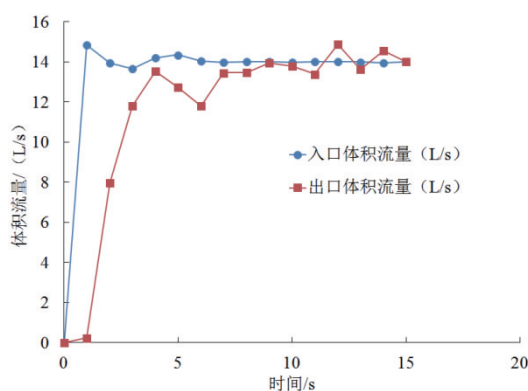


图4 时间-体积流量

Fig. 4 Time-volume flow rate

图4为不同时间条件下体积流量的变化,从图4中可以看出,模拟开始后入口体积流量开始稳定在14 L/s,流体经过分离器腔体后1 s就有部分流体到达了出口,由于腔体的蛟龙叶片、中心轴等阻挡物,导致液体分散扩散后汇聚,约7 s后出口体积流量开始稳定,略有波动,稳态下总体9 s后出口流体体积流量均值为14.029 L/s,与入口流体流入体积流量值相当,出水口出水量与入口进水量达到动态平衡。

结果显示设备水分离的能力能够满足设计要求,不会在主体内形成废水的堆积,少量废水聚集在最左面的端面位置,可以在端面底部开孔引流以达到废水完全排除的目的,实现螺旋输送式虾水分离器的优化。

5 结论

螺旋输送式虾水分离器首先改变了传统鱼水分离器依靠水流、重力被动向下滑动的沥水方式,南极磷虾沿 10° 倾斜角向上输送,海水从下端流出,使得虾水分离更加彻底,保证了加工线上无多余海水进入,保证了加工品质。螺旋输送的方式能够很好地控制输送速度,平稳的输送能够保证南极磷虾的无损输送,且能够在虾水混合物输入量变化时调整输送速度进行完美适配,面对额定工况流量,其设计分离输出值能够满足需求且有较大余量保证虾水混合物输入瞬时过大的情况。螺旋输送式虾水分离器不仅能够通过转速调节输送量,还能够通过改变倾斜角度进行调节,在输入流量超出额定工况太多时加快海水分离速度,保证整个加工流程正常工作。根据本设计方法可以进行设备的缩放设计,以满足南极磷虾连续泵吸捕捞实际生产过程中不同的输送流量,最终实现连续泵吸捕捞自动化的自主设计及制造。 □

参考文献

- [1] 张霖宝. 南极磷虾鱼类资源量估算[J]. 现代渔业信息, 1987, 12: 22-22.
- [2] 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评价与安全性研究[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(2): 57-64.
- [3] 田晓清, 杨桥, 邵盛男. 南极磷虾脂溶性成分的研究进展[J]. 海洋渔业, 2011, 33(4): 462-466.
- [4] CCAMLR. Krill Fishery Report 2017[EB/OL]. [2018-4-17].

- <https://www.ccamlr.org/en/document/publications/krill-fishery-report-2017>.
- [5] 陈雪忠,徐兆礼,黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451-458.
 - [6] 黄洪亮,陈雪忠,冯春雷. 南极磷虾资源开发现状分析[J]. 渔业现代化, 2007, 34(1): 48-51.
 - [7] 李励年,邱卫华,王茜. 2011 年全球南极磷虾捕捞和主要生产企业经营概况[J]. 渔业信息与战略, 2013, 27(1): 66-73.
 - [8] 徐国栋,陈雪忠,黄洪亮,等. 南极磷虾捕捞技术探讨[J]. 湖南农业科学, 2011(19): 122-124.
 - [9] 李显森,左涛,赵宪勇,等. 南极磷虾商业捕捞动态[J]. 齐鲁渔业, 2010, 27(1): 8-11.
 - [10] 李超,马凤坤. 螺旋输送机设计[J]. 盐科学与化工, 2012, 46(4): 51-53.
 - [11] 贾朝斌,程珩. 螺旋输送机参数化设计方法研究[J]. 机械设计与制造, 2015(4): 206-213.
 - [12] 王鹰,王国华. 连续输送机机械设计手册[M]. 北京:中国铁道出版社, 2001. 388-396.
 - [13] 《运输机械设计选用手册》编辑委员会. 运输机械设计选用手册(下册)[M]. 化学工业出版社, 2005: 333-380.
 - [14] 王鹰,王国华. 连续输送机机械设计手册[M]. 北京:中国铁道出版社, 2001, 388-396.
 - [15] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. JB/T 7679—2008 螺旋输送机[S]. 北京:机械工业出版社, 2008.
 - [16] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 36865—2018 粮油机械螺旋输送机[S]. 中国标准出版社, 2018.
 - [17] 夏辉,许柳雄,朱国平,等. 南极半岛周边南极大磷虾群体体长组成研究. 水生生物学报[J], 2012, 36(5): 998-1004.
 - [18] 朱国平,冯春雷,吴强,等. 南极磷虾调查 CPUE 指数变动的影响因素初步分析. 海洋渔业[J], 2010, 32(4): 368-373.
 - [19] 朱国平. 南极磷虾种群生物学研究进展 I - 年龄、生长与死亡. 水生生物学报[J], 2011, 35(5): 862-868.
 - [20] 朱国平. 南极磷虾种群生物学研究进展 II - 繁殖[J]. 水生生物学报, 2013, 37(4): 751-758.
 - [21] 周光炯,严宗毅,许世雄,等. 流体力学[M], 高等教育出版社, 2000: 115-173.
 - [22] 韩占忠,王敬,兰小平. FLUENT-流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2008: 3-6.
 - [23] 王月华,包中进,王斌. 基于 FLOW-3D 软件的消能池三维水流数值模拟[J]. 武汉大学学报(工学版), 2012, 45(4): 454-457.
 - [24] 张为,陈和春,尤美婷,等. 基于 FLOW-3D 软件的块体水垫塘消能机理数值模拟[J]. 水电能源科学, 2015, 33(4): 103-106.
 - [25] 刘成林,陈宇豪. 基于 FLOW-3D 的水平射流冲刷泥沙数值模拟[J]. 人民长江, 2016, 47(6): 87-91.
 - [26] 关大玮,程香菊. 基于 VOF 模型的溢流坝三维水流数值模拟[J]. 中国水运, 2015, 15(6): 51-55.
 - [27] 任冰,李雪艳,李国玉,等. 基于贴体网格的 VOF 方法数模流场研究[J]. 计算力学学报, 2011, 28(6): 872-878.
 - [28] 王福军. 计算流体力学分析[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
 - [29] 陈庆光,徐忠,张永建. RNG $k-\epsilon$ 模式在工程湍流数值计算中的应用[J]. 力学季刊, 2003, 24(1): 88-95.
 - [30] CHEN Q G, XU Z. Application of two versions of a rng based $k-\epsilon$ model to numerical simulations of turbulent impinging jet flow [J]. Journal of Hydrodynamics (Ser. B), 2003(2): 71-76.

Design of krill-water separation device for Antarctic krill

LIU Ping, LIN Liqun, JIAO Er, JIN Jiaohui

(1 Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 200092, China;
2 Joint Laboratory for Deep Blue Fishery Engineering, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, Shandong China)

Abstract: To match the Antarctic krill continuous pumping fishing system, change the current situation of traditional Antarctic krill fishing with high damage and low value-added processing, improve the automation process of water separation and shipboard krill transportation, aiming at the problems of krill-water separation and transmission in the new continuous pumping system of Antarctic krill, and reduce the damage during continuous underwater pumping fishing and transportation, a krill-water separator with spiral conveying structure is developed, its separation efficiency, transportation speed, and other relevant parameters are studied according to the fluid model analysis. It is shown that the krill-water separator can meet the separation and transportation of Antarctic krill under the designing flow rate, without a large number of Antarctic krill accumulation and extrusion resulting in shrimp body damage, and also could realize the separation of shrimp water mixture under the variable flow rate of pumping and transportation by adjusting the rotation speed and inclination angle of the main body. The design can be scaled and arranged in parallel to meet the needs of Antarctic krill continuous pumping fishing vessels with different tonnage and layout, and can provide a reference for the practical application of krill-water separation.

Key words: krill-water separation; continuous pumping; fluid analysis