

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.09.019

克氏原螯虾连续夹拉式去肠机设计与试验

王树才¹ 梅志敏¹ 夏高兵¹ 成芳²

(1. 华中农业大学工学院, 武汉 430070; 2. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310058)

摘要: 针对目前克氏原螯虾加工去除虾肠主要依靠手工, 存在劳动强度大、生产效率低、产品易污染的问题, 设计了一种连续夹拉式克氏原螯虾去肠机, 将经过去头工序的克氏原螯虾虾尾放在虾尾夹下夹上, 随着虾尾夹一起运动, 在夹盖导轨和弹簧的作用下使虾尾夹上盖闭合, 夹住虾尾运动到去虾肠装置时, 去虾肠组件在链条的带动下运动, 尾扇沿着尾扇导板进入去肠夹嘴中, 去肠夹嘴将尾扇先夹紧, 后连同虾肠一起拉出。详细阐述了克氏原螯虾去肠机的关键部件设计, 包括去虾肠机构、去虾肠导轨、输送装置、虾尾夹锁、虾肠清扫等, 并完成传动系统的设计和样机试制, 设计的样机通过调节虾尾夹与去肠夹嘴的相对位置, 对不同大小的克氏原螯虾适应性良好。通过样机试验测试, 其去肠率达 91.0%, 去净率达 86.5%, 单组机构生产效率为 1.4 个/s。

关键词: 克氏原螯虾; 连续; 去肠机; 设计; 试验

中图分类号: TS254.3; S985.2*1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2016)09-0128-06

Design and Experiment of Continuous Clamping and Pulling Intestine Removing Machine for *Procambarus clarkii*

Wang Shucui¹ Mei Zhimin¹ Xia Gaobing¹ Cheng Fang²

(1. College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

(2. College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: At present, *Procambarus clarkii* processing enterprises mainly remove shrimp intestines manually. The problems of large labor intensity, low production efficiency and easy to pollution were existed. A continuous clamping and pulling intestine removing machine for *Procambarus clarkii* was designed. After the head-removing process, the shrimp tail was put in the clamping device and moved with it at the same time. The upper cover of the shrimp tail was closed with the action of the clip cover guide rail and the spring. When the shrimp tail moved to the intestine removing device, the shrimp sausage component was driven by chains. The tail fan got into the intestine removing clamp mouth along the tail fan guide. The intestine removing clamp mouth first clamped the tail fan, and then pulled it out with the shrimp intestines. The key parts of continuous clamping and pulling intestine removing machine were described, including shrimp intestines institutions, shrimp intestines guide rail, conveyer, shrimp tail clamp lock, shrimp intestine cleaning, etc. The transmission system design and prototype test were also accomplished. Though adjusting the relative position of the shrimp tail clamp and intestinal clamp mouth, different sizes of *Procambarus clarkii* could adapted well. Through the prototype test, the following result could be got as intestine removing rate of 91.0%, net rate of 86.5%, production efficiency of single mechanism of 1.4 shrimp per second.

Key words: *Procambarus clarkii*; continuous; intestine removing machine; design; experiment

收稿日期: 2016-01-25 修回日期: 2016-04-08

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD29B04-4)

作者简介: 王树才(1966—),男,教授,博士生导师,主要从事农产品加工技术与设备研究, E-mail: wsc01@mail.hzau.edu.cn

通信作者: 成芳(1969—),女,教授,博士生导师,主要从事农产品品质信息技术与智能装备研究, E-mail: fcheng@zju.edu.cn

引言

食用克氏原螯虾前需要将虾肠线从克氏原螯虾体内拉出,国内克氏原螯虾加工企业去除虾肠主要依靠传统的手工操作,劳动强度大、生产效率低、产品易污染,严重制约了克氏原螯虾产业的发展。国内外对虾的生物特性、分级、剥壳等有所研究,但克氏原螯虾去肠机械化研究相关文献很少。彭德权、张秀花等设计了以手工为主的剥壳和快速切背装置^[1-11],目前还处于专利和科研阶段,Laitran Machinery公司也致力于虾剥壳研究并拥有多项专利技术,Jonsson公司研制对虾上料到分离的过程,生产的剥壳系统种类多、效率高,但不能去除其肠线^[12-17]。

为解决上述问题,本文设计克氏原螯虾去肠机,并进行分析和试验。

1 整机结构与工作原理

设计的克氏原螯虾连续夹拉式去肠机总体结构如图1。由虾尾夹紧自锁机构、去虾肠装置夹-拉机构、导轨、回收清理部分、输送机构和传动系统等构成。电动机启动后,通过联轴器和圆锥齿轮的配合将动力传输给虾尾夹紧装置和去虾肠装置,工作时,经过去头工序的克氏原螯虾虾尾被放在虾尾夹上并随虾尾夹一起运动,在夹盖导轨和弹簧的作用下虾尾夹上盖闭合,当虾尾运动到去虾肠装置时,去虾肠组件在链条的带动下运动,尾扇沿着尾扇导轨进入去肠夹嘴中。去肠夹嘴将尾扇先夹紧,后连同虾肠一起拉出。虾肠取出后,虾尾夹带着虾尾继续运动,当接触到虾尾夹张开导轨时,虾尾夹自动张开,去肠后的虾尾掉落至虾尾回收槽。夹嘴中的虾肠用毛刷刷掉且用清水冲洗干净。该设计中,为保证虾尾的

尾扇顺利进入内夹嘴,去肠装置和虾尾夹紧装置的同时以及内夹嘴的设计非常重要,同时由于虾尾尾扇向下弯曲,还需要尾扇导轨进行导向,从而完成整个去肠过程。

2 关键部件设计

2.1 克氏原螯虾虾尾尺寸测定

在设计克氏原螯虾去肠机时,虾尾的尺寸参数决定了夹拉机构的设计参数,因此虾尾尺寸非常重要,特别是尾扇的尺寸,如图2。克氏原螯虾质量范围为20~40 g,其虾尾的尺寸为:虾尾底部从尾扇根至第一节长度为38~50 mm;最大节的底部宽度为14~18 mm,厚度为11~13 mm;最小节底部宽度为9~12 mm,厚度为4~6 mm;中间尾扇长10~12 mm,宽12~14 mm。为防止虾尾摆动,设计虾尾槽时,取其长度为52 mm,宽度为13 mm;为防止虾尾挤压变形,在设计虾尾夹和双层夹嘴间距时,以尾扇与腹节相连接处对齐靠内侧去肠夹为准。为防止拉肠时虾尾从虾尾夹中拉脱,虾尾夹紧盖设计成斜度为 $(13-6)/52=0.135$ 的梯形形状;通过人工拉虾肠,测得最小拉力应大于15 N,中间尾扇和虾肠才能被拉出。



图2 虾尾形状和结构

Fig.2 Structure and shape of shrimp tail

1. 侧尾扇 2. 虾尾腹节 3. 虾尾腹节底面 4. 虾仁 5. 中间尾扇簧 6. 虾肠 7. 侧尾扇底面 8. 虾肠拉出位置

2.2 虾尾夹紧自锁机构

虾尾夹紧自锁机构既要满足虾尾放在虾尾固定块的虾槽上后,虾尾夹紧盖能自动盖住并夹紧不同大小的虾尾,又要满足去除虾肠后,虾尾夹紧盖打开,使去肠后的虾尾掉出。同时,在接下一个虾尾时,虾尾夹紧盖要能自锁,一直保持张开的状态,以便放置下一个虾尾。虾尾夹紧自锁机构如图3所示,主要包括虾尾夹、夹紧自锁弹簧和上盖翻转扇形块。

2.2.1 虾尾夹

根据虾尾的尺寸,虾尾夹紧盖长、宽、高设计为70 mm×40 mm×20 mm,在其下表面开有类似虾尾背部形状的圆弧槽,虾尾固定块长、宽、高为70 mm×

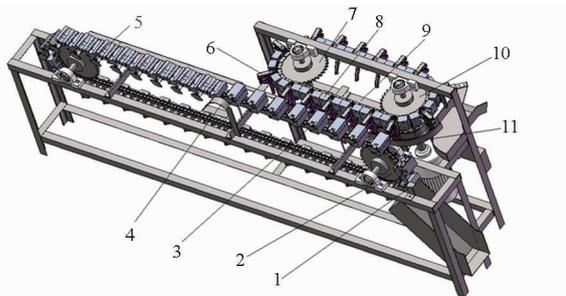


图1 克氏原螯虾去肠机整机结构示意图

Fig.1 Structure of intestine removing machine for *Procambarus clarkii*

1. 虾尾盖打开导轨 2. 虾尾夹主链轮 3. 虾尾夹组件 4. 虾尾盖闭合导轨 5. 虾尾夹从链轮 6. 去肠内导轨 7. 链条附件 8. 去肠外导轨 9. 去虾肠机构 10. 去肠从动链轮 11. 去肠主动链轮

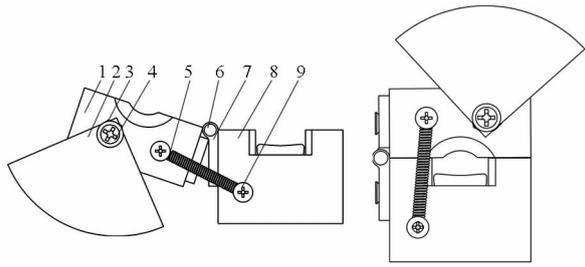


图3 虾尾夹紧自锁机构原理图

Fig. 3 Schematic diagram of shrimp tail clamping and self-locking device

1. 虾尾夹紧盖 2. 上盖翻转扇形拨块 3. 锁紧螺母 4. 扇形块支撑螺栓 5. 虾尾夹紧自锁弹簧 6. 虾尾盖转轴 7. 旋转连接片 8. 虾尾固定块 9. 自锁弹簧固定螺栓

40 mm × 30 mm, 其上表面开有虾尾槽, 用来放置虾尾。虾尾夹紧盖和虾尾固定块的两侧面分别与不锈钢铰链的旋转连接片连接, 使虾尾夹紧盖能绕着虾尾盖转轴旋转, 其转动的角度与不锈钢铰链旋转的角度相同, 从 0° 到 159°, 如图 3。在虾尾夹的侧面分别安装有弹簧和上盖翻转扇形拨块, 用来驱动虾尾夹紧盖翻转闭合、打开和夹紧。

图 4 为虾尾槽纵向夹紧和拉肠示意图, 图中

$$F_1 = F_2 / \cos\theta \quad (1)$$

$$F_3 = fF_1 \quad (2)$$

$$F_4 = F_1 - F_3 \sin\theta \quad (3)$$

$$F_5 = fF_4 \quad (4)$$

$$F_6 = F_5 + F_1 \tan\theta + F_3 \cos\theta \quad (5)$$

由式(1)~(5)得

$$F_6 = (f \tan\theta + f / \cos\theta + \tan\theta - f^2 \tan\theta) F_1$$

式中 F_1 ——垂直于上夹盖的力, N

F_2 ——夹紧力, N

F_3, F_5 ——夹盖与虾肠的摩擦力, N

F_4 ——垂直于下夹盖的力, N

F_6 ——拉肠力, N

f ——摩擦因子

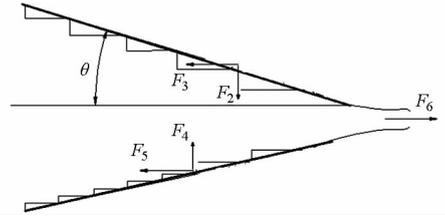


图4 虾尾夹紧装置受力分析图

Fig. 4 Force analysis of shrimp tail clamping device

当设计的虾尾夹紧盖斜度为 0.135 时, $\theta = 7.7^\circ$, 为了增加夹紧虾尾的摩擦力, 虾尾槽内腔表面设计成鱼鳞状, 实测虾尾槽内腔与虾尾摩擦因数为 0.68, 拉出虾肠的最小拉力 F_6 应大于 15 N, 代入后解得 $F_2 = 17.64$ N, 试验显示, 当夹紧力 $F_2 > 5$ N 时, 虾尾易变形和压溃, 所以, 设计中不能靠虾尾夹的夹紧力来保证拉肠时的拉力, 本文拉肠时的加紧力来自于夹-拉机构的外层夹嘴。

2.2.2 夹紧自锁弹簧

虾尾夹紧自锁主要是通过弹簧的作用来实现的, 弹簧的安装位置、弹簧的弹力大小是决定虾尾夹紧盖能否顺利自由翻转和夹紧的关键。同时需要考虑虾尾夹运动到虾尾夹链条的下方时, 虾尾盖在重力作用下不会翻动。如图 5c 所示, 虾尾夹重力产生的绕虾尾夹盖铰链旋转中心的扭矩为

$$T_1 = G_1 L_1 = 19.8 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (6)$$

扇形拨块绕虾尾夹盖铰链旋转中心的扭矩为

$$T_2 = G_2 L_2 = 12.45 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (7)$$

而弹簧产生的弹力要绕虾尾夹盖铰链旋转中心的扭矩满足式(3), 在运动过程中才能将虾尾盖锁紧, 即

$$T_3 = F_7 L_3 > T_1 + T_2 = 32.25 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (8)$$

式中 T ——扭矩, N·mm

G_2 ——扇形拨块重力, 0.3 N

G_1 ——虾尾夹盖重力, 0.75 N

F_7 ——弹簧拉力, N

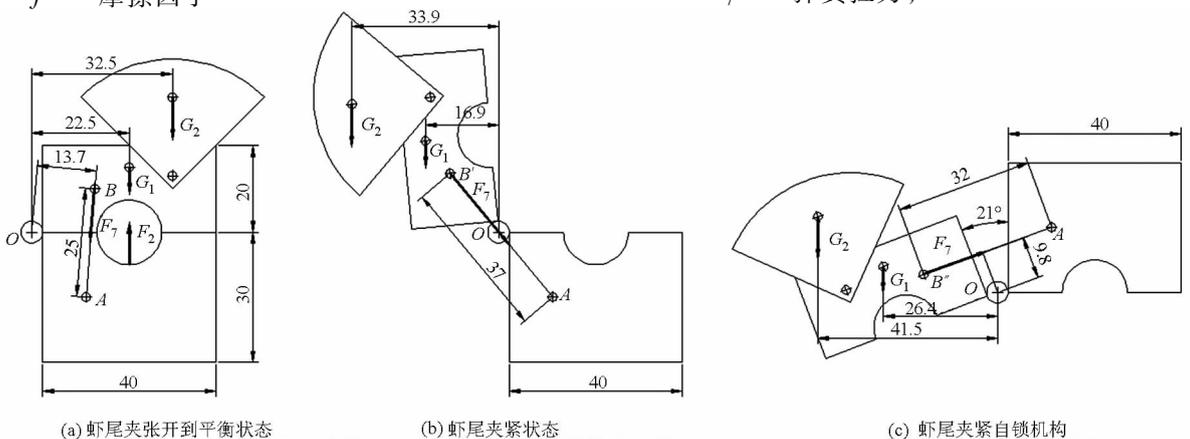


图5 虾尾夹紧弹簧受力分析图

Fig. 5 Force analysis of shrimp tail clamping spring

$L_1、L_2、L_3$ —— $F_1、F_2、F_7$ 到转动中心 O 的力臂, mm

得出 $F_7 > 3.3$ N, 此时的弹簧长度为 32 mm。

图 5a 为夹紧状态, 同理可分析得出夹紧力 $F_2 < 3$ N 时, $F_7 > 2.44$ N, 此时的弹簧长度为 25 mm。由此可以得出弹簧刚度; 处于图 5b 位置曲度系数 $K = 0.123$ 时, 弹簧长度为 37 mm, 此时, $F_7 = 4.55$ N, 此状态为临界点, 弹簧力的作用线通过虾尾夹盖的回转中心, 无转矩。

初选 65Mn 弹簧钢, 选择旋绕比 $c = 12$, 则曲度系数 K 为

$$K \approx \frac{4c - 1}{4c - 4} + \frac{0.615}{c} = 1.21 \quad (9)$$

根据弹簧的安装空间初设弹簧中径 $D = 7$ mm, 弹簧丝的许用应力为 $\sigma_b = 1800$ MPa, 则弹簧钢丝直径为

$$d' \geq 1.6 \sqrt{\frac{F_{\max} Kc}{0.8 \times 0.5 \sigma_b}} = 0.67 \text{ mm} \quad (10)$$

取弹簧钢丝标准直径为 $d = 0.7$ mm, 中径为

$$D = cd' = 8.4 \text{ mm} \quad (11)$$

弹簧的工作圈数

$$n = \frac{Gd}{8c^3 K} = 32$$

弹簧自由高度

$$H_0 = np + L_4 = 24 \text{ mm}$$

式中 G ——弹簧的切变模量, MPa

p ——节距, mm

L_4 ——弹簧挂钩轴向长度, mm

2.3 去肠装置夹-拉机构

去虾肠机构的作用是将虾肠先夹住后拉出。主要包括去肠固定外壳、双层夹嘴、去肠旋转臂、去肠压紧辊、去肠压紧弹簧、复位扭转弹簧、去肠连接销、去肠回转销等。双层夹嘴主要由外层夹嘴和内夹嘴组成, 包括内去肠上夹、内去肠下夹、内夹销轴、外下夹嘴、外上夹嘴、上刀片、限位板等。外上夹嘴的两侧壁通过铆钉固定在去肠固定外壳的内侧壁上, 去肠旋转臂和外下夹嘴均位于外上夹嘴尾部的下方, 去肠压紧弹簧一端通过去肠压紧辊压紧去肠旋转臂, 以保证去肠旋转臂先绕着去肠连接销转动, 然后再绕着去肠回转销转动, 同时提供夹嘴的压紧力。如图 6, 外上夹嘴固定不动, 外下夹嘴随着去肠旋转臂绕着去肠连接销转动, 转到与外上夹嘴接触时, 停止转动, 此时外下夹嘴向上转动的位置被限制, 去肠旋转臂只能绕着去肠回转销继续转动, 同时带着夹住虾尾的去肠上夹和去肠下夹沿着外夹嘴的滑道滑动, 将虾肠拉出, 如图 7。

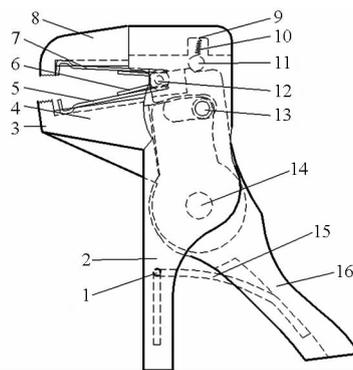
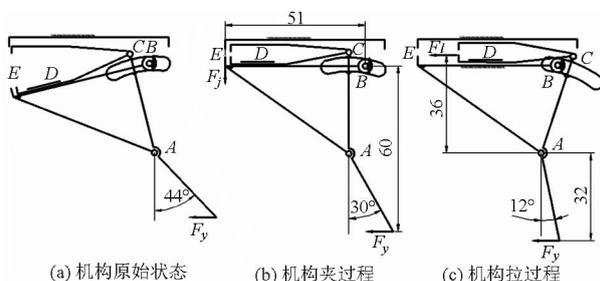


图 6 去虾肠夹-拉机构结构图

Fig. 6 Structure of clamping and pulling device for intestine removing machine

1. 去肠连接销 2. 上夹嘴 3. 去肠下夹 4. 去肠旋转臂 5. 去肠上夹 6. 下夹嘴 7. 扭转弹簧销轴 8. 尾扇夹持刀片 9. 去肠固定外壳 10. 去肠压紧辊 11. 内夹嘴旋转销 12. 去肠压紧弹簧 13. 复位扭转弹簧 14. 内夹嘴支撑扭转弹簧 15. 压紧弹簧调节销 16. 去肠回转销



(a) 机构原始状态 (b) 机构夹过程 (c) 机构拉过程

图 7 夹-拉机构受力分析图

Fig. 7 Force analysis diagram of clamping and pulling device

图 7a 是机构张开状态, 此时, 去肠外导轨作用外力 F_y 给去肠旋转臂, 则机构以 B 为转动中心转动到图 7b 位置, 上下外夹嘴夹住虾肠的两片边扇, 内夹嘴夹住虾肠的中间扇片, 按照图中的结构尺寸, 平衡时夹力 $F_j = 1.18 F_y$; 虾尾夹紧后, 机构下夹嘴成为和上夹嘴一样规定不动的机架, 此时, 去肠旋转臂以 A 为转动中心转动到图 7c 位置, 内夹嘴在旋转臂作用下在下外夹嘴的滑槽中沿水平移动, 因为内夹嘴为薄钢片, 具有变形能力, 此时, 机构虽自由度为零, 但内夹嘴可以向右移动一定的距离; 按照图中的结构尺寸, 平衡时拉力 $F_l = 0.89 F_y$; 按拉出虾肠的最小拉力, $F_l = 15$ N, $F_y = 16.85$ N 即可, 而此时的夹紧力 F_j 将近 20 N, 且作用面积很小, 完全可以将虾尾夹紧, 但又因为该夹紧力作用在尾扇上, 不会压溃虾尾肉体部分。

2.4 传动系统

克氏原螯虾去肠机的传动系统如图 8 所示。

虾尾送料夹紧和虾尾去除虾肠的装置通过一个电动机带动, 同时要保证两者之间相互协调运动。带减速器的电动机通过联轴器直接驱动去肠主转

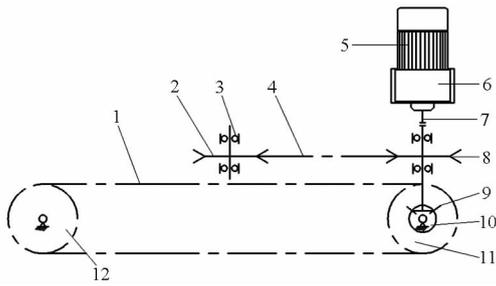


图8 传动系统示意图

Fig.8 Schematic diagram of transmission system

1. 虾尾夹安装链条 2. 去肠从动链轮 3. 轴承 4. 夹拉机构安装链轮 5. 电动机 6. 减速器 7. 联轴器 8. 去肠主动链轮
9. 主动圆锥齿轮 10. 从动圆锥齿轮 11. 虾尾夹主动链轮
12. 虾尾夹从动链轮

轴,将动力输出给去肠主转轴上的去肠主动链轮和去肠主动锥齿轮,通过去肠链条带动虾尾去肠机构沿着去肠链条转动,其中去肠主动链轮和去肠从动链轮大小相同,通过调节链轮的中心距来保证链条的张紧。同时为了实现虾尾夹嘴夹住虾尾尾扇,将去肠链条水平布置以保证其功能完成。去肠机构的去肠旋转臂和去肠固定壳分别与内外导轨接触并沿导轨运动。而去肠主转轴和虾尾夹紧主转轴通过一对锥齿轮传动,锥齿轮的传动比为1:1,使去肠主转轴和虾尾夹紧主转轴的转速一致。虾尾夹主动链轮和从动锥齿轮安装在一根轴上,将动力传送给虾尾夹主动链轮,虾尾夹主动链轮和虾尾夹从动链轮的传动比为1:1,带动与其配合的虾尾夹链条转动,而链条上的附件带动虾尾夹紧机构运动,其上的扇形拨动块分别与虾尾夹闭合导轨和虾尾夹张开导轨接触,使虾尾夹紧机构能夹紧虾尾,去除虾肠后松开虾尾。

3 性能试验

克氏原螯虾去肠机的性能试验于2015年5月10日在湖北省武汉市汉阳区恒达五金加工厂进行,样机如图9,试验用克氏原螯虾为湖北潜江地区不同品种的克氏原螯虾。试验时,选取20~40g的克氏原螯虾,打开电动机,随机选取克氏原螯虾放在虾尾夹上,开始记录时间和克氏原螯虾个数,得出肠机的效率和去肠率、去净率,去肠率是相对于未去肠的克氏原螯虾而言,去净率是指完全将虾肠拉出的比例。

以克氏原螯虾去肠率和去净率为试验指标,去肠率、去净率以试验后的克氏原螯虾个数来计算。试验过程中实测并记录克氏原螯虾去肠机去肠机构实际转速及其试验指标,所得试验结果如表1所示。

结果表明,设计的克氏原螯虾连续夹拉式去肠机

去肠效果较好,如图10。由于个别试验对象试验时出现掉落,去肠率达到91.0%,且去净率达到86.5%。

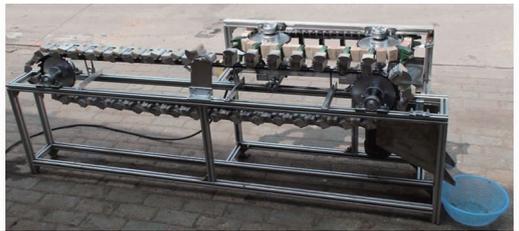


图9 克氏原螯虾连续夹拉式去肠机样机

Fig.9 Continuous clip pull *Procambarus clarkii* im machine

表1 试验结果

Tab.1 Results of test

样本总数/ 个	上料速度/ (个·s ⁻¹)	去肠数/ 个	去净数/ 个	去肠率/ %	去净率/ %
200	1.40	182	173	91.0	86.5



图10 去肠机及去肠效果

Fig.10 *Procambarus clarkii* im machine and its effect

4 结论

(1)克氏原螯虾连续夹拉式去肠机,通过去肠夹-拉机构外层夹嘴夹住克氏原螯虾的两个边尾扇,内夹夹住中间尾扇并将其拉出,在水平链条上安装多组去肠夹-拉机构,并随链条一起运动,配合克氏原螯虾输送和夹紧机构,可以实现克氏原螯虾的机械去虾肠。

(2)克氏原螯虾去肠机的虾尾夹紧自锁机构,采用虾尾固定块、可翻转的上盖、弹簧和翻转扇形拨块,将虾尾夹紧在固定块和上盖的型槽内,由于设计了弹簧自锁和复位装置,能够可靠地夹紧虾尾和打开放下虾尾。

(3)整机结构紧凑,传动合理,上料、夹紧、拉虾肠、清洗、收集等工序速度同步。

(4)试验表明,该机能连续对克氏原螯虾进行机械去肠,去肠率和去净率分别达到91.0%和86.5%。

参 考 文 献

- 1 张秀花, 赵庆龙, 赵玉达, 等. 对虾对辊挤压式剥壳工艺参数及预处理条件优化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(14): 308 - 314.
ZHANG Xiuhua, ZHAO Qinglong, ZHAO Yuda, et al. Parameter and pretreatment condition optimization of dual rollers extrusion peeling device for *Litopenaeus vannamei*[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(14): 308 - 314. (in Chinese)
- 2 彭德权. 虾开背除肠剥壳机: 中国, CN 201957680 U[P]. 2011-09-07.
PENG Dequan. Open back in intestinal shrimp shelling machine: CN, 201957680 U[P]. 2011-09-07. (in Chinese)
- 3 唐鑫生. 克氏原螯虾[J]. 生物学通报, 2001, 36(9): 19 - 20.
TANG Xinsheng. Crayfish [J]. Bulletin of Biology, 2001, 36(9): 19 - 20. (in Chinese)
- 4 舒新亚. 克氏原螯虾产业发展及存在的问题[J]. 中国水产, 2010(8): 22 - 25.
- 5 慕峰, 成永旭, 吴旭干. 世界淡水螯虾的分布与产业发展[J]. 上海海洋大学学报, 2007, 16(1): 64 - 72.
MU Feng, CHENG Yongxu, WU Xugan. Distribution and industrial development of crayfish in the world [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2007, 16(1): 64 - 72. (in Chinese)
- 6 呼光富, 刘香江. 克氏原螯虾生物学特性及其对我国淡水养殖业产生的影响[J]. 北京水产, 2008(1): 49 - 51.
- 7 金金, 徐鹏云, 袁兴茂, 等. 对虾剥壳设备的设计与研究[J]. 农机化研究, 2014(9): 134 - 137.
JIN Jin, XU Pengyun, YUAN Xingmao, et al. Research and design on the equipment of shrimp shelling [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014(9): 134 - 137. (in Chinese)
- 8 赵庆龙, 张秀花, 韩翠, 等. 一种对虾开背去头装置: 中国, 203575512U[P]. 2014-05-07.
ZHAO Qinglong, ZHANG Xiuhua, HAN Cui, et al. A shrimp back to head device: CN, 203575512U[P]. 2014-05-07. (in Chinese)
- 9 杨徽. 基于超高压技术的虾脱壳工艺与品质检测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
YANG Hui. High pressure shelling of shrimp and quality detection[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011. (in Chinese)
- 10 易俊洁, 丁国徽, 胡小松, 等. 南美白对虾脱壳工艺比较及其对虾仁品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 287 - 292.
YI Junjie, DING Guowei, HU Xiaosong, et al. Comparison of shucking techniques for white shrimp and its effect on quality of peeled shrimp[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(17): 287 - 292. (in Chinese)
- 11 赵玉达, 张秀花, 王泽河. 对辊挤压式对虾剥壳试验研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(19): 200 - 202.
ZHAO Yuda, ZHANG Xiuhua, WANG Zehe. Experimental study on roller extrusion of shrimp peeling [J]. Guangdong Agricultural Science, 2013, 40(19): 200 - 202. (in Chinese)
- 12 STEPHEN J B, DAVID L M, HOWARD S G. Biology of a translocated population of the large freshwater crayfish, *Cherax Cainii* Austin & Ryan, 2002 in a Western Australian River[J]. Crustaceana, 2004, 77(11): 1329 - 1351.
- 13 MURAT O B, MÉLANIE Chombeau, BAHAR G, et al. Quality evaluation of alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) roe by image analysis. Part I: weight prediction[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2012, 21(1): 59 - 71.
- 14 LEDET B A. Peeler with crowned rollers; US, 20110237169[P]. 2011-09-29.
- 15 TSIRONI T, DERMESONLOUGLOU E, GIANNAKOUROU M, et al. Shelf life modelling of frozen shrimp at variable temperature conditions[J]. LWT—Food Science and Technology, 2009, 42(2): 664 - 671.
- 16 WIMBERLY J. Peeler with self-adjusting rollers; US, 7811157 B1[P]. 2010-10-12.
- 17 ZE Yuan Z, GEN Hua Y. Eleven polymorphic microsatellites isolated from red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* [J]. Molecular Ecology Resources, 2008, 8(4): 796 - 798.