

扇贝苗规格识别与计数统计装置的设计研究

卢宏博, 李明智, 李尚远, 孙天泽, 曲春虎, 曲文龙

(大连海洋大学大学生“蔚蓝”科技创新创业基地, 辽宁 大连 116023)

摘要: 本文针对目前底播扇贝苗种时, 在海上规格识别与计数统计用工量大、劳动强度高、破损率高及统计误差大等问题, 设计了扇贝苗规格识别与计数统计装置, 该装置主要由初级分拣机构、差速排队传送装置和规格识别与计数统计系统 3 部分组成。为确定影响贝苗规格识别与计数统计装置准确性的因素, 建立了 5 因素 4 水平的正交实验进行分析验证, 并确定了扇贝苗规格识别与计数统计装置的最佳组合参数为: 入料口尺寸为 40×25 mm, 传送带电机转速 125 r·min⁻¹, 姿态调节机构弧度 20°, 姿态调节机构距传送带末端距离 40 mm, 规格识别间隔为 17 ms、25 ms。在验证性试验中, 装置平均的识别计数准确率为 94.4%, 由此可见本装置稳定性较好, 可为扇贝苗海上收购、底播一体化提供技术支撑。

关键词: 扇贝苗; 规格识别; 计数统计; PLC; 光电传感器

中图分类号: S985.3*6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2021)02-0059-09

DOI: 10.11759/hyxx20200719001

扇贝养殖方式主要有底播和浮筏两种^[1], 但近年随着底播技术的快速发展^[2], 大部分企业为了保证底播贝苗的成活率, 采用了“大规格、优质苗”海上收购、底播一体化的作业模式, 因此, 贝苗规格识别与计数统计都必须在海上完成, 是一项数量大、强度高、时间紧的工作。目前, 海上收购贝苗的规格的分级计数统计还主要以人工为主, 属于劳动密集型, 且统计误差大, 同时贝苗在分级筛选过程中贝苗干露现象严重^[3], 影响贝苗底播的成活率。

如何提高贝苗分级统计的准确性和统计的速度, 已是决定能否提高底播效率及底播贝苗成活率的关键环节, 就此国内外研究者基于机械结构和计算机视觉技术对扇贝的分级筛选装置进行了大量设计研究。杨淑华等^[4]研发出基于扇贝壳长进行分级的对辊式扇贝分级机, 实现了贝苗的定向、解决了贝苗堆积和卡顿问题, 为扇贝分级奠定了基础。方晓燕等^[5]采用机械传动和螺旋振动筛孔分级结构, 研究出新型扇贝振动分级机, 其振动装置是根据电磁振动给料机而设计, 分级精度较高, 但对工作环境的稳定性要求较高。孔德刚等^[6]结合扇贝的壳体结构特征, 基于螺旋槽结构研制出了一种螺旋对辊式扇贝分级机, 其分级效率在 400 kg/h 以上, 分级精度大于 96%。但螺旋对辊式扇贝分级机, 在分级过程中, 一定程度上会使贝壳碎裂, 导致外套膜裸露在壳外, 造成病

贝、死贝^[7]。与此同时, 计算机视觉技术也已应用在水产各领域^[8-13]。在利用计算机视觉技术研发的贝苗规格识别机方面, 郭常友等^[14]用 OPTA 算法和边界追踪算法完成扇贝的定位和尺寸识别, 但只能对单个扇贝有效的自动分级分类, 实际应用受限。杨晓光等^[15]基于 YCRCB 色彩空间与天津法相对扇贝进行分割, 并提出了一种基于扇贝角质层特征的扇贝尺寸测量方法, 其测量误差小于 1 mm。王帅^[16]应用 Canny 算子进行图像边缘检测, 采取 Mamdani 模糊推理模型, 建立模糊分类器进行识别和分级, 达到定位、跟踪和分级的目的。上述基于计算机视觉技术的识别装置对工作环境要求高, 海水对电路的腐蚀及船舶的晃动等客观因素直接影响统计的准确性和稳定性。

本文结合底播产业的生产要求, 综合考虑了扇贝苗规格识别与计数统计装置的工作效率、准确性、稳定性和机械结构对贝苗损伤程度等方面的因素, 最终确定了以光电传感为基础的具有规格识别和计

收稿日期: 2020-07-19; 修回日期: 2020-10-14

基金项目: 国家贝类产业技术体系设施养殖岗位(CARS-48); 辽宁省大学生创新创业训练计划项目(201910158094)

[Foundation: National Shellfish Industry Technical System for Facility Aquaculture Position, No.CARS-48; Innovation and Entrepreneurship Training Program for College Students in Liaoning Province, No. 201910158094]

作者简介: 卢宏博(1999-), 男, 甘肃天水人, 大连海洋大学本科生, Email: hy35112450@163.com; 李明智, 通信作者, 男, 副教授, 主要从事渔业装备与工程、船舶机电一体化研究, Email: limingzhi@dlou.edu.cn

数统计等功能的扇贝苗分级筛选装置,该装置在最大限度减小破损的情况下,实现高精度分级与计数,提高了扇贝底播效率。

1 装置总体结构与工作原理

如图 1 所示,扇贝苗规格识别与计数统计装置主要由初级分拣机构、差速排队传送装置和规格识别与计数统计系统 3 部分组成。

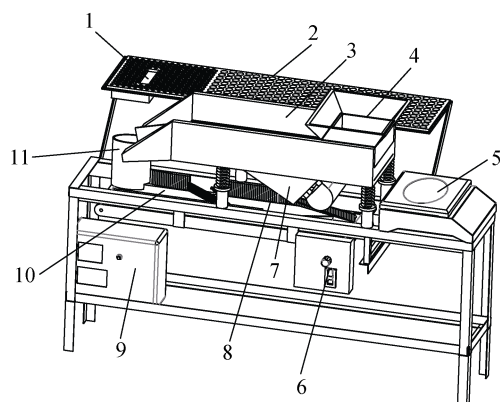


图 1 整机结构示意图

Fig. 1 Schematic of the whole machine

注: 1. 落贝口; 2. 分拣平台; 3. 振动排序装置; 4. 入料口; 5. 电子秤; 6. 调速器; 7. 振动机; 8. 差速波纹板; 9. 数显打印装置; 10. 同步齿轮传送带; 11. 导接桶

其中初级分拣机构由落贝口、入料口、分拣平台、振动排序结构等组成,完成贝苗的初级筛选排队,即筛除规格小于 3 mm 贝苗和混带杂质。差速排队传送装置由同步齿轮传送带、差速波纹板、配有 OPG 6GN10K 型齿轮减速器的 OPG 61K200RGN-CF 交流电机、导接桶等组成,实现贝苗的差速排队传送。规格识别与统计系统由 PLC、CX6080 框型光电传感器、数显打印装置等组成,主要完成规格识别和计数统计工作要求及结果的输出。

贝苗规格识别与计数统计装置的工作原理是利用初级分拣机构和差速排队传送装置完成贝苗第一阶段的处理,和利用光电传感技术进行规格识别与计数统计完成贝苗的第二阶段处理,统计结果由数显打印装置呈现,工作原理如图 2 所示。

2 关键机械部件设计

规格识别与计数统计装置整机宽度应小于 470 mm,考虑到装置各机械部件的布置问题,最终确定装置宽为 260 mm。

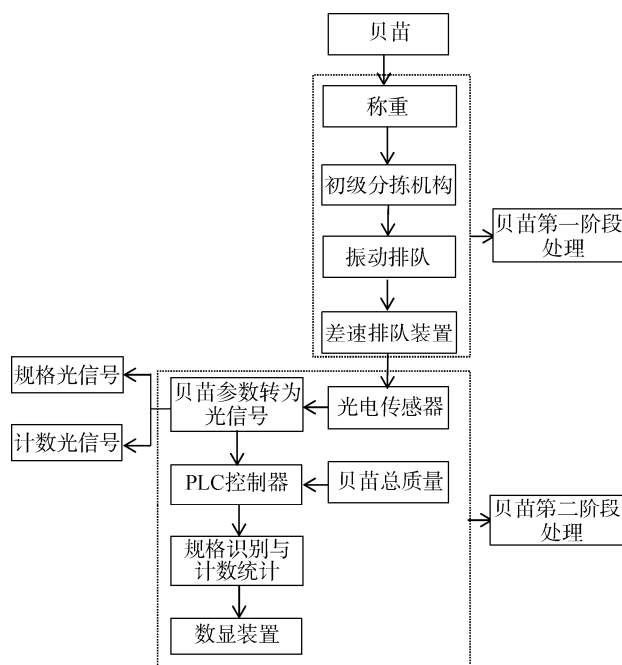


图 2 工作原理图

Fig. 2 Schematic of the working principle

2.1 初级分拣机构

分拣平台和振动排队装置共同组成初级分拣机构。其中分拣平台宽 230 mm, 总长 1 130 mm, 有效分拣区长度 780 mm, 分拣区的分拣筛孔孔径^[17-18]为 28 mm, 分拣筛孔布置形式为 45°错排^[19-20]。完成筛除小于 30 mm 贝苗、病贝死贝和杂质。振动排队机构由入料口、限贝口、排队挡板、振动筛网 4 部分组成。入料口底部有宽 40 mm, 高 25 mm 的限贝口(防止贝苗 1 次从入料口涌出, 造成排序的混乱)是贝苗排队的关键, 限贝口限制出贝速度横向每次出贝个数不超过 2 个, 纵向不超过 3 个, 且限贝口的高、宽可调节, 因此可限数释放不同规格级别的贝苗, 提高装置的普适性。排队挡板固定在振动机带动的(在振动排序运动的前提下, 保证振幅不高于排序挡板高度)振动筛网上, 实现在排队挡板和机械振动的作用下, 贝苗的排队。振动的环境刺激因子刺激开壳贝苗的闭壳肌, 使其闭壳, 贝苗的闭壳提高了分级计数准确性以及降低了分级计数过程中对贝苗的伤害。

2.2 差速排队传送装置

差速排队传送装置, 主要由差速波纹板、同步齿轮传送带(长 800 mm、宽 230 mm, 同步齿轮传送带目的为防止冬季传动轮结冰打滑)、交流电机(功率 200 W、齿轮减速器 6GN 10 K)等组成。设计差速排队传送装置

的目的在于保证贝苗以逐一相互分离的状态进入光电传感器,而贝苗是否以该状态进入光电传感器是贝苗差速传送能否实现的关键,因此,差速波纹板的布置形式将成为差速排队传送的关键。

如图3所示,差速波纹板以左到右分别编号为1、2、3号,依据实验结果,确定差速排队传送装置的最佳布置参数为:差速波纹板长250 mm,1、3号波纹挡板间距有280 mm,1、2号波纹挡板间距有140 mm,使差速空间和排队效率提高。1号差速波纹挡板与传送方向夹角为 θ_1 ,2号差速波纹挡板与传送带方向夹角为 θ_2 ,李明智等^[20]研究表明:“当 $\theta_1=45^\circ$ 、 $\theta_2=30^\circ$ 时,贝苗碰到差速排队挡板后贝苗处于不堆积的先减速后加速运动模式,实现差速和相邻两贝苗距离拉开”。依据产业要求, θ_1 、 θ_2 角度可通过调节杆实现联调,调节范围为 $\pm 5^\circ$,可提高不同规格级贝苗的差速排队的效率。贝苗在传送动力 F 的作用下与半径为3 mm(与贝壳边沿角质层纹路相似)的波纹板碰撞,贝苗将绕其中心在运动中旋转,且转动轴垂直于碰撞平面^[21-22]。从而使贝苗相互分离且避免了传送过程中卡贝、堵塞现象的出现。3号差速波纹挡板为贝苗限位挡板,与传送带方向夹角 θ_3 为 30° ,实现贝苗下落前位置的调整,确保贝苗下落范围在光电传感器的检测范围内。

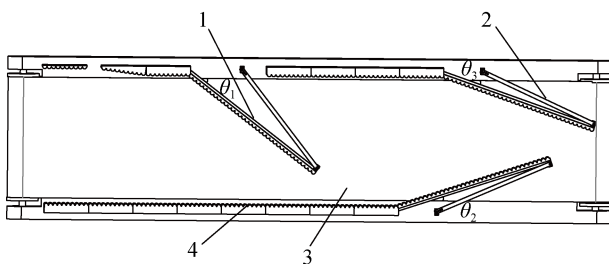


图3 差速排队传送装置结构

Fig. 3 Structure of the differential queuing transmission device
注: 1. 差速波纹板; 2. 调节杆; 3. 同步齿轮传送带; 4. 波纹挡板

2.3 姿态调节机构

规格识别与计数统计结果的准确性取决于贝苗经过光电传感器时对光路的遮挡姿态,因此姿态调节机构是保证统计结果准确的关键机械部件。如图4所示,姿态调节机构固定在居传送带末端5 cm处,是由1段直行板和1段弧形板(最大弦长80 mm、弧度为 20° 与贝苗壳体弧度相近似)组成的凹型仿生扇贝外轮廓形态板。

如图4所示,为姿态调节机构进行姿态调节的

过程。贝苗与凹形挡板碰撞后的运动状态,由实验结果得知,传送带的传输速度为0.8 m/s,即贝苗离开传送带的平抛速度为0.8 m/s,根据碰撞能量恢复系数理论^[23-25],碰撞后水平速度及水平反弹速度均趋于0,因此在碰撞后瞬间贝苗紧贴凹形挡板且只受重力,在重力的作用下贝苗沿凹形挡板自由下落且保持自由落体运动状态经过光电传感器,姿态符合规格识别贝苗姿态要求。

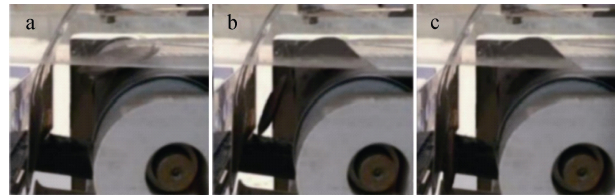


图4 姿态调节机构及调节过程

Fig. 4 Attitude adjustment mechanism and adjustment process
a. 贝苗到达传送带末端; b. 贝苗与凹形版碰撞; c. 贝苗竖直下落

3 规格识别与计数统计系统的开发设计

规格识别与计数统计系统控制核心是光电传感器和可编程控制器件(PLC),其执行系统信息的采集、处理及传输数据等功能^[26-29]。

3.1 系统硬件设计

根据规格识别与计数的工作要求,综合考虑装置稳定性、准确性和环境等多方面因素,规格识别与计数系统选用的设备及对应型号见表1。

表1 系统设备表

Tab. 1 Equipment table

设备名称	型号
可编程控制器件(PLC)	三菱 FX2n
光电传感器	CX6080 框型传感器
数显装置	MicroPrinter v1.0.0.1
打印机	JF-P32 嵌入式微型热敏打印机

规格识别与计数系统整体采用PLC控制,通过数显打印装置对结果显示和打印。光电传感器型号为CX6080框型传感器,外形尺寸为18 mm×124 mm×181.5 mm,工作温度为 $-20\sim+65^\circ\text{C}$,保护等级IP64(防尘、防止飞溅的水侵入),壳体材质为铝合金。PLC有6个输入端口、4个输出端口,且输入使用高速计数器,由表2可知PLC的输入、输出分配情况。

表 2 I/O 分配表

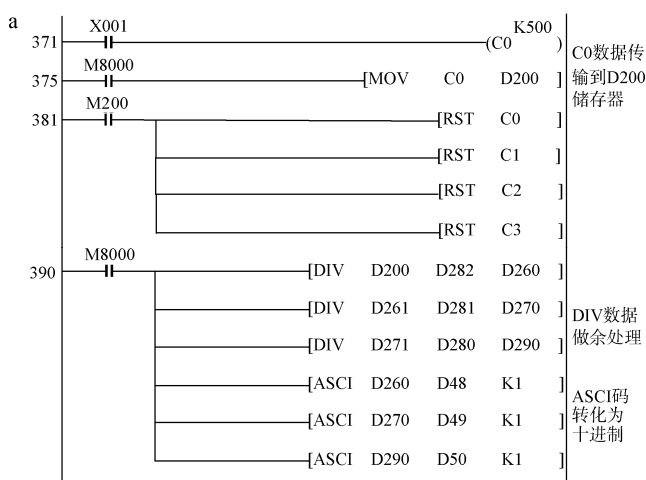
Tab. 2 I/O allocation table

输入设备	输入端子	输出设备	输出端子
SB5	X0	传送带	Y2
光电传感器	X1	振动筛	Y3
SB1	X2	打印机	Rs485
SB2	X3	指示灯	Rs422

3.2 系统软件设计

通过三菱公司开发的 GX Developer version 8.86Q 软件环境下,使用梯形图进行逻辑编程,RS485 通讯具有组网容易和通信距离长具有很强的抗干扰能力。系统编程使用的 GX-Developer 功能非常稳定,包括项目管理,程序输入,编译链接,模拟和调试。

其主要功能如下:大小比较区间、大小识别区间和计数区间对贝苗分级计数并由打印模块打印将分级结果生成表格并打印。GX-Developer 性能稳定,主要功能如下:



(1) 可识别的线符号在 GX-Developer 中,建立相关的注释数据,编译链接,并设置寄存器数据列表语言和 SFC 符号以开发 PLC 程序^[30]。

(2) 创建程序并将项目以相应格式存储在相应位置,该格式可以通过打印机输出数据。

(3) 该程序通过串口可实现与 PLC 进行通讯,发送文件,监控系统操作以系统功能测试。

(4) 该程序最终可以从 PLC 仿真调试中脱机调试。

3.3 规格识别与计数统计的实现

3.3.1 规格识别与计数统计原理

为了实现贝苗的精准分级,本文采用贝苗经过光电传感器的时间间隔来实现贝苗规格的识别。梯形图如图 5 所示。即假设贝苗以恒速度 v 垂直下过经过光电传感器,每一个扇贝经过光电传感器时,会得到瞬时时刻 T_0 和 T_i ,此时,贝苗的规格可表示为: $H = v(T_i - T_0)$,其数量可通过光电开关闭合次数计算得来。

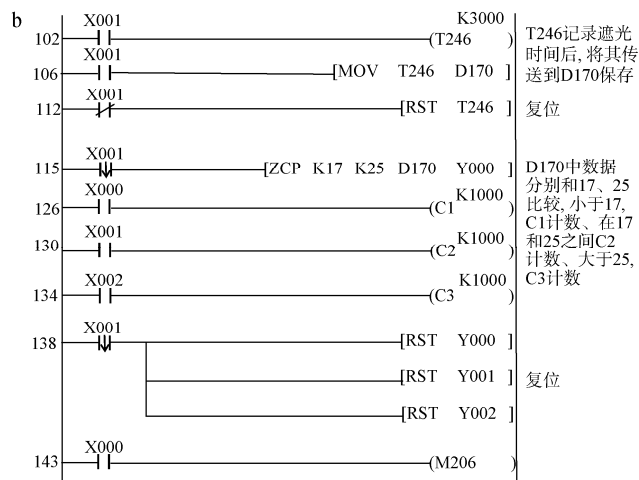


图 5 规格识别与计数统计梯形图

Fig. 5 Trapezoidal diagram of specification identification and counting statistics

a. 计数统计; b. 规格识别

目前所有物理量中时间是实现测量精度最高的物理量,因此其他物理量可转化为时间进行测量。为实现贝苗的精准分级,本文采用读取贝苗经过光幕的时间间隔来实现贝苗规格的识别,即假设贝苗以垂直自由下落经过光幕,会得到时间间隔 T ,贝苗规格可表示为 $H = V_1 T + 0.5 A T^2$ (V_1 为扇贝进入光幕初速度为已知参数, A 为重力加速度 $\approx 9.8 \text{ m/s}^2$) 简化后 $H = (V_1 + 4.9 T) T$,其数量通过光电效应转化为开关量并记录。

贝苗精准分级基于光电效应原理,当贝苗进入框型光幕区域接收端检测到光通量的变化,传感器将光强变化转化为携带时间信息的电信号,再将携带时间信息的模拟信号转化为数字信号输入 PLC 进行数据处理。为实现贝苗高频率精确计数,采用 PLC 高速计数器避免扫描周期对高频率计数结果造成干扰。

3.3.2 规格识别与计数程序

当扇贝进入光幕的一刻起,经光电效应得到数字

量信号通过光幕传感器传递给 PLC, X001 软件件上电计数器 C₀ 计数一次(如图 5a), 特殊继电器 M8000 常通发送 C₀ 计数器数据至寄存器 D200。当扇贝离开光幕的一刻触发 X1 下沿(如图 5b), 执行区间比较指令 zcp 将源数据 D170 中储存的时间间隔信息 t 与源数据 K_a 和 K_b(K_b>K_a)进行比较, 当 t<K_a, C₁ 计数一次、当 K_a<t<K_b 时, C₂ 计数一次、当 K_b<t 时, C₃ 计数一次, C₁、C₂、C₃ 分别为小中大三种扇贝规格, 通过此过程对扇贝进行分级处理。此程序结构清晰步骤短可保证高速稳定的分级需求。

4 材料与方法

试验所用贝苗来自獐子岛海区。贝苗分级规格分别为 25~29、30~35、>35 mm。

由单因素影响实验确定了影响扇贝苗规格识别

与计数统计装置的准确性的关键因素与其最佳参数范围, 影响装置工作准确性的关键因素分别为入料口尺寸、传送带电机转速、姿态调节机构弧度、姿态调节机构距传送带末端距离、规格识别间隔点 5 因素水平, 入料口尺寸参数组合为 35×25 mm、35×35 mm、40×25 mm、40×35 mm, 传送带电机转速最佳参数范围为 115~135 r·min⁻¹, 姿态调节机构弧度最佳参数范围为 10°~25°, 姿态调节机构距传送带末端距离范围为 30~60 mm, 规格识别间隔点组合范围为 15 ms、23 ms、16 ms、24 ms、17 ms、25 ms、18 ms、26 ms。

试验方法: 本试验在实验室进行, 在试验中, 取上述 3 种规格贝苗各 100 个, 依据影响扇贝苗规格识别与计数统计装置的准确性的关键因素的最佳参数范围, 建立 5 因素 4 水平的正交试验设计^[31-32], 如表 3 所示, 确定装置的最佳的工作组合结构参数。

表 3 分级正交试验的因素及水平

Tab. 3 Factors and levels of grading orthogonal experimental

水平	因素				
	入料口尺寸 A/mm	传送带电机转速 B/(r·min ⁻¹)	姿态调节机构弧度 C/°	姿态调节机构距传送带末端距离 D/mm	规格识别间隔点 E/ms
1	35×25	115	10	30	15、23
2	35×35	125	15	40	16、24
3	40×25	130	20	50	17、25
4	40×35	135	25	60	18、26

5 结果与分析

依据因素水平表 4 知, 建立 5 因素 4 水平的实验设计, 可选用 L₂₅(4⁵)^[33]的正交表, 同时采用 SPSS25 分

析软件对正交试验进行极差分析, 分析结果见表 2。表中, k_i 为各因素在 i 水平下的平均分选精度 k_i=K_i/n(式中 K_i(i=1, 2, 3, ..., n)为各因素在 i 水平下的分选精度总和), R 为各因素的极差。

表 4 计数正交设计 L₂₅(4⁵)试验结果

Tab. 4 Counting results of orthogonal design L₂₅(4⁵)

实验编号	因素					
	入料口尺寸 A	传送带电机转速 B	姿态调节机构弧度 C	姿态调节机构距传送带末端距离 D	规格识别间隔点 E	平均识别计数准确率/%
1	4	4	2	1	3	84.5
2	3	3	1	1	4	85.1
3	1	3	3	4	3	92.1
4	3	1	4	4	1	93.2
5	1	1	1	1	1	91.2
6	1	3	2	3	1	87.6
7	1	1	4	1	2	91.3
8	2	3	1	2	2	92.0
9	4	2	1	4	4	83.3
10	2	1	1	1	3	84.4

续表

实验编号	因素					平均识别计数准确率/%
	入料口尺寸 A	传送带电机转速 B	姿态调节机构 弧度 C	姿态调节机构距传送 带末端距离 D	规格识别间隔 点 E	
11	3	4	3	2	1	90.5
12	4	1	1	2	1	93.4
13	1	2	1	3	1	91.6
14	1	4	1	4	2	93.1
15	3	2	2	1	2	93.3
16	2	1	2	4	1	88.6
17	2	4	4	3	4	89.2
18	3	1	1	3	3	90.2
19	1	1	2	2	4	87.3
20	4	3	4	1	1	85.9
21	1	1	3	1	4	89.2
22	1	4	1	1	1	89.5
23	1	2	4	2	3	87.6
24	4	1	3	3	2	91.6
25	2	2	3	1	1	88.3
k_1	90.221	94.315	94.325	91.326	94.128	
k_2	91.154	92.156	93.256	91.036	90.369	
k_3	92.236	93.365	91.236	90.325	91.186	
k_4	91.635	89.632	92.369	91.625	90.289	
极差 R	2.051	3.733	3.809	1.300	3.839	
最佳方案	A ₃	B ₂	C ₃	D ₂	E ₃	

由表 2 可知, 最佳工艺参数组合为 A₃B₂C₃D₂E₃, 即入料口尺寸为 4 cm×2.5 cm, 传送带电机转速 125 r·min⁻¹, 姿态调节机构弧度 20°, 姿态调节机构距传送带末端距离 4 cm, 规格识别秒数间隔为 17 ms、25 ms。各因素对装置设别计数准确率影响次序依次为: 规格识别秒数间隔>姿态调节机构距传送带末端距离>传送带电机转速>入料口尺寸。

因实验得的最佳工艺参数组合不在表 4 已作的装置工艺参数组合范围内, 因此为验证最佳工艺参数组合的合理性, 分别对规格识别与计数统计装置最佳工艺参数组合 A₃B₂C₃D₂E₃ 作 3 次验证性试验, 验证实验结果: 平均识别计数准确率为 94.4%, 明显高于目前已作的规格识别与计数装置工艺参数组合的最高准确率, 故 A₃B₂C₃D₂E₃ 方案, 组合的工艺参数合理。

6 结论

本文对目前底播的作业模式分析调研, 针对底

播扇贝苗种海上规格识别与计数统计用工量大、劳动强度高、工作效率低及统计误差大等问题, 设计出基于 PLC 的贝苗规格识别与计数统计装置。

通过对贝苗规格识别与计数装置工艺参数的优化与验证, 最终确定最佳工艺参数组合为: 入料口尺寸为 40 mm×25 mm, 传送带电机转速 125 r·min⁻¹, 姿态调节机构弧度 20°, 姿态调节机构距传送带末端距离 40 mm, 规格识别秒数间隔为 17 ms、25 ms。各因素对装置设别计数准确率影响次序依次为: 规格识别秒数间隔>姿态调节机构距传送带末端距离>传送带电机转速>入料口尺寸, 装置工作的平均准确性为 95%±5%可满足扇贝分级计数作业的实际生产需求, 实现高精度分级与计数, 提高了扇贝底播的效率, 降低了对贝苗的破损, 实现贝苗海上收购、底播一体化。

本系统与传统的费时费力、效率低、误差大的人工作业模式相比, 存在以下优势: 采用 PLC 进行系统控制, 分级精度高, 计数效率高, 适用范围广、

人工需求少、分级计数专业化、多功能一体化等,推动了水产养殖领域向高程度自动化方向发展,同时在不规则物体识别办法上做出了新的尝试。

参考文献:

- [1] 王颖, 周露. 我国虾夷扇贝底播增殖产量影响因素研究——以簕子岛为例[J]. 中国渔业经济, 2014, 32(1): 104-109.
Wang Ying, Zhou Lu. A study on factors affecting basal sowing and yield of zhangzidao scallop in China—a case study of zhangzidao group[J]. China Fishery Economy, 2014, 32(1): 104-109.
- [2] 李永民, 王向阳, 刘义海. 虾夷扇贝底播增殖技术[J]. 水产科学, 2000, 19(2): 35.
Li Yongmin, Wang Xiangyang, Liu Yihai. Basal sowing and breeding technology of scallop[J]. Fisheries Science, 2000, 19(2): 35.
- [3] 于瑞海, 辛荣, 赵强, 等. 海湾扇贝不同发育阶段耐干露的研究[J]. 海洋科学, 2007, 31(6): 6-9.
Yu Ruihai, Xin Rong, Zhao Qiang, et al. Study on dry dew resistance of bay scallop at different developmental stages[J]. Marine Sciences, 2007, 31(6): 6-9.
- [4] 杨淑华, 张志军, 弋景刚, 等. 对辊式海湾扇贝分级设备的设计[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(12): 220-224.
Yang Shuhua, Zhang Zhijun, Yi Jinggang, et al. Design of roller bay scallop grading equipment[J]. Food Research and Development, 2016, 37(12): 220-224.
- [5] 方晓燕, 董佳旭, 陶学恒, 等. 新型扇贝振动分级机的设计与分析[J]. 轻工科技, 2017, 33(12): 32-34.
Fang Xiaoyan, Dong Jiaxu, Tao Xueheng, et al. Design and analysis of a new scallop vibration classifier[J]. Science and Technology of Light Industry, 2017, 33(12): 32-34.
- [6] 孔德刚, 袁永伟, 李珊珊, 等. 螺旋对辊式扇贝分级机的设计[J]. 绿色科技, 2017, (12): 262-263.
Kong Degang, Yuan Yongwei, Li Shanshan, et al. Design of spiral pair roller Scallop Classifier[J]. Green Science and Technology, 2017, (12): 262-263.
- [7] 林艾光, 孙宝元, 矢田贞美. 基于机器视觉的虾夷扇贝分级检测方法研究[J]. 水产学报, 2006, 30(3): 397-403.
Lin Aiguang, Sun Baoyuan, Yada Sadami. Study on the classification and detection method of Scallop shrimp based on machine vision[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2006, 30(3): 397-403.
- [8] 王忠山, 李彦清, 任涛. 基于图像识别技术的钢球精确计数方法[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2015, 38(3): 94-96.
Wang Zhongshan, Li Yanqing, Ren Tao. Accurate count method of steel ball based on image recognition technology[J]. Journal of Changchun University of Technology (Natural Science Edition), 2015, 38 (3): 94-96.
- [9] Fearn R, Williams R, Cameron-Jones M, et al. Automated intelligent abundance analysis of scallop survey video footage[M]//AI 2007: Advances in Artificial Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, 2007: 549-558.
- [10] 李莲, 郭晓亚. 基于计算机视觉的鱼类分级方法的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015, 36(5): 120-124.
Li Lian, Guo Xiaoya. Computer vision-based fish classification method[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 2015, 36 (5): 120-124.
- [11] 马先英, 李明, 熊文超, 等. 基于图像识别技术的海参分级与计数设备的设计[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(6): 549-552.
Ma Xianying, Li Ming, Xiong Wenchao, et al. Design of sea cucumber classification and counting equipment based on image recognition technology[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2009, 24(6): 549-552.
- [12] 王文静, 徐建瑜, 吕志敏, 等. 基于机器视觉的水下鲜鲷鱼类质量估计[J]. 农业工程学报, 2012, 28(16): 153-157.
Wang Wenjing, Xu Jianyu, Lü Zhimin, et al. Quality estimation of underwater flatfish based on machine vision[J]. Chinese Journal of Agricultural Engineering, 2012, 28(16): 153-157.
- [13] 张志强, 牛智有, 赵思明, 等. 基于机器视觉技术的淡水鱼质量分级[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 350-354.
Zhang Zhiqiang, Niu Zhiyou, Zhao Siming, et al. Quality classification of freshwater fish based on machine vision technology[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2011, 27(2): 350-354.
- [14] 郭常友, 曹广斌, 韩世成, 等. 基于图像处理技术的扇贝尺寸及位置自动识别[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(6): 578-582.
Guo Changyou, Cao Guangbin, Han Shicheng, et al. Automatic recognition of scallop size and position based on image processing technology[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2012, 27(6): 578-582.
- [15] 杨晓光. 基于机器视觉的扇贝精选分级系统研究[D]. 辽宁大连: 大连海事大学, 2013.
Yang Xiaoguang. Research on Scallop Selection Classification System based on machine Vision[D]. Dalian, Liaoning Province: Dalian Maritime University, 2013.
- [16] 王帅. 视频中扇贝图像的检测与定位研究[D]. 辽宁大连: 大连海洋大学, 2015.
Wang Shuai. Research on scallop image detection and location in video[D]. Dalian, Liaoning Province: Dalian Ocean University, 2015.
- [17] 郑晓伟, 欧阳杰, 沈建. 蛤类滚筒式分级工艺参数优化[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 180-182, 239.

- Zheng Xiaowei, OuYang Jie, Shen Jian. Optimization of clam drum classification process parameters[J]. Food and Machinery, 2012, 28(3): 180-182, 239.
- [18] Dredge M C L. An evaluation of ship-board scallop grading equipment[Queensland][J]. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences, 1985, 42(1): 11-21.
- [19] 秦永辉, 王伟, 程云湧, 等. 滚筒式分级机的设计[J]. 农业科技与装备, 2010, (6): 56-57.
Qin Yonghui, Wang Wei, Cheng Yunyong, et al. Design of roller classifier[J]. Agricultural Science and Technology and Equipment, 2010, (6): 56-57.
- [20] 李明智, 张光发, 于功志, 等. 扇贝苗分级计数装置的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2015, 31(21): 93-101.
Li Mingzhi, Zhang Guangfa, Yu Gongzhi, et al. Design and experiment of scallop seedling grading counting device[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2015, 31(21): 93-101.
- [21] 任才贵, 陈早生. 非对心碰撞与旋转问题[J]. 大学物理, 2004, (12): 34-36.
Ren Caigui, Chen Zaosheng. Non-contralocal collision and rotation problem[J]. University Physics, 2004, (12): 34-36.
- [22] 叶佳辉. 颗粒与壁面的碰撞反弹特性研究[D]. 浙江杭州: 浙江理工大学机械工程, 2019.
Ye Jiahui. Study on the bounce property of particle collision with wall surface[D]. Hangzhou, Zhejiang Province: Zhejiang University of Science and Technology, 2019.
- [23] 秦志英, 陆启韶. 基于恢复系数的碰撞过程模型分析[J]. 动力学与控制学报, 2006, (4): 294-298.
Qin Zhiying, Lu Qishao. Analysis of collision process model based on recovery coefficient[J]. Chinese Journal of Dynamics and Control, 2006, (4): 294-298.
- [24] Ozturk I, Kara M, Uygan F, Kalkan F. Restitution coefficient of chick pea and lentil seeds[J]. International Agrophysics, 2010, 24(2): 209-211.
- [25] Müller P, Antonyuk S, omas J, Heinrich S. Investigations of the restitution coefficient of granules[M]// Bertram A, Tomas J. Micro-Macro-Interactions in Structured Media and Particle Systems, Springer, 2008: 235-241.
- [26] 刘廷敏, 向模军. 基于 PLC 的农机行驶路线控制研究与实现[J]. 农机化研究, 2020, 42(10): 235-238.
Liu Tingmin, Xiang Mojun. Research and implementation of plc-based road control for agricultural machinery[J]. Agricultural Mechanization Research, 2020, 42(10): 235-238.
- [27] 王贵丽, 耿艳利, 刘小凡. 基于 PLC 的玉米机械播种量控制系统设计[J]. 农机化研究, 2020, 42(8): 227-230.
Wang Guili, Geng Yanli, Liu Xiaofan. Design of corn machinery sowing quantity control system based on PLC[J]. Agricultural Mechanization Research, 2020, 42(8): 227-230.
- [28] 马国梁, 奚小波, 单翔, 等. 基于 PLC 的果园气爆松土注肥机控制系统设计[J]. 农机化研究, 2020, 42(4): 52-56.
Ma Guoliang, Xi Xiaobo, Shan Xiang, et al. Control system design of an orchard air burst fertilizer injector based on PLC[J]. Agricultural Mechanization Research, 2020, 42(4): 52-56.
- [29] 彭丽芳, 彭建华, 孟鹏祥. 基于 PLC 的步进电机驱动排种器控制系统设计[J]. 农机化研究, 2020, 42(2): 183-188.
Peng Lifang, Peng Jianhua, Meng Pengxiang. Control system design of stepping motor drive and seed metering device based on PLC[J]. Agricultural Mechanization Research, 2020, 42(2): 183-188.
- [30] 姚明达. 基于三菱 PLC 的网络通信在教学中的初步实现[J]. 科技视界, 2020, (9): 59-60.
Yao Mingda. Preliminary realization of network communication based on mitsubishi PLC in teaching[J]. Science and Technology Vision, 2020, (9): 59-60.
- [31] 王芳, 吴灵芳, 宋小辉. 多指标制品质量的正交实验方差分析及程序设计[J]. 科技广场, 2012, (7): 92-94.
Wang Fang, Wu Lingfang, Song Xiaohui. Orthogonal experimental AnOVA and programming for quality of multi-index products[J]. Science and Technology Plaza, 2012, (7): 92-94.
- [32] 叶红卫. SPSS 实现有交互作用的正交实验设计[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2009, 12(4): 118-121.
Ye Hongwei. Orthogonal experimental design with interactive effect achieved by SPSS[J]. Journal of Xi'an University of Arts and Sciences (Natural Science Edition), 2009, 12(4): 118-121.
- [33] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
Gai Junyi. Experimental statistical method[M]. Beijing: China agricultural press, 2000.

Design of scallop seedling specification recognition and counting device

LU Hong-bo, LI Ming-zhi, LI Shang-yuan, SUN Tian-ze, QU Chun-hu, QU Wen-long
(Students Cerulean Sci-tech Innovation Entrepreneurship Base of Liaoning Province, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Received: Jul. 19, 2020

Key words: scallop seedling; specification identification; counting statistics; PLC; photoelectric sensor

Abstract: In this study, considering the problems of large labor, high labor intensity, high breakage rate, and large statistical error in the marine specification identification and counting statistics of bottom-sown scallop seedlings, a device for identifying and counting the scallop seedlings was designed; the device consisted of three parts: primary sorting mechanism, differential queuing conveyor and specification identification system, and counting statistics system. To determine the factors affecting the device accuracy for identifying and counting shellfish seedlings, five factors and four levels were established for orthogonal test analysis and verification, and the best process parameters of the device for shellfish seedling classification were determined. The size of the feeding port was 40 mm×25 mm, the rotating speed of the conveyor belt motor was 125 r·min⁻¹, the radian of the attitude-adjusting mechanism was 20, the distance between the attitude-adjusting mechanism and the end of the conveyor belt was 4 mm, and the interval for the shellfish seedling identification was 17 ms and 25 ms. In the verification test, the average recognition and counting accuracy was 94.4%; thus, the device has good stability and can therefore provide technical support for the integration of scallop seedling acquisition and the bottom sowing at sea.

(本文编辑: 赵卫红)