

海湾扇贝性状分析及 V 型轮辊式分级机设计

Properties of bay scallop and design of V-wheel roller grader

吴红雷 弋景刚 张志军 尹欣玲

WU Hong-lei YI Jing-gang ZHANG Zhi-jun YIN Xin-ling

(河北农业大学机电工程学院, 河北保定 071001)

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

摘要:对海湾扇贝的形态性状对重量性状的影响进行定量分析,确定壳长作为分级工作的关键性状;结合海湾扇贝物理性状特点,设计一种 V 型轮辊式分级机;利用 Solid-works 搭建 V 型轮辊式海湾扇贝分级机三维整机模型;进行验证实验,结果表明,V 型轮辊式分级机设计合理、结构新颖,可以实现高效率和高精度扇贝分级。

关键词:海湾扇贝;性状分析;V 型轮辊式分级机;结构设计

Abstract: The morphological properties of the bay scallop affects weight properties were analyzed quantitatively, by determining the shell length as a key trait for grading work. By combining the characteristics of the physics properties of the bay scallop, a V-wheel roller grader was designs. and Slid-works was used to build a dimensional machine model of V-wheel roller grader. The results showed that the design of V-wheel roller grader was reasonable and the structural was novel, can achieve high efficiency and precision grade scallops.

Keywords: bay scallops; properties analysis; V-wheel roller grader; structural design

海湾扇贝是海产的双壳贝类,属于软体动物门(扇贝科),除供人类食用及作为营养佳品以外,还有着悠久的药用历史,具有很高的经济效益和社会价值。中国扇贝深加工目前仍然止步于人工加工的前处理阶段。人工剥离贝柱属于劳动密集型产业,随着中国人工成本逐年提升,扇贝加工的利润空间不断降低。而扇贝专用分级机仍处于研发阶段,国内外并没有扇贝专用的分级设备。国外较早开始研究扇贝剥离机构及成套生产设备,以欧美、日本等国家为代表,拥有多项专利,并且设备已较为完善。其主要产品有:美国 NC

Hyperbaric 公司生产的超高压扇贝加工设备;冰岛 Traust 公司的可船载扇贝加工生产线;日本日兴株式会社扇贝加工流水线;而分级设备多以重量式分级设备和光电式分级设备为主^[1]。中国扇贝机械加工技术尚未成熟,生产机械化水平仍然较低,提高扇贝制品的生产率,降低扇贝制品生产成本,使其加工机械化、规范化、安全化势在必行^[2,3]。

分级是海湾扇贝进行大批量、工业化加工所必需的前处理工艺,考虑到形态性状和重量性状是科学分级的重要依据,因此对形态性状和重量性状进行相关性分析^[4,5],确定一种性状作为分级的决定性因素,为分级机的设计提供关键的设计参数。针对确定的关键性状、海湾扇贝物理特点及现有的分级技术进行其分级机结构设计,达到高效、低损伤率的分级效果,为推动扇贝加工产业快速发展提供基础。

1 相关性分析

1.1 材料

本次研究选取山东青岛海湾扇贝为试验材料,养殖年龄:5 个月;所属海域:黄海;捕捞时间:48 h;挑出活体扇贝(活率很高),以无寄生物或寄生物很少的 200 只作为研究对象,分别测定其形态性状(图 1)壳高(X_1)、壳长(X_2)、壳厚(X_3)和重量性状活体湿重(Y)、软体湿重(Z)、闭壳肌湿重

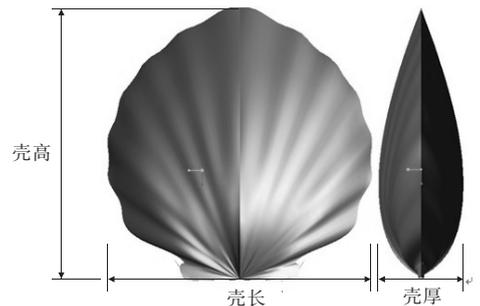


图 1 扇贝形态性状

Figure 1 Scallops morphological traits

基金项目:海洋公益性行业科研专项(编号:201205031);河北省科技支撑计划(编号:12227169)

作者简介:吴红雷(1988-),男,河北农业大学在读硕士研究生。

E-mail: wuhonglei2013@163.com

通讯作者:弋景刚

收稿日期:2015-03-06

(W),其中软体湿重、闭壳肌湿重为解剖性状。

1.2 海湾扇贝性状测量

材料活体运回实验室后测量其形态性状指标并称量活体湿重、软体湿重和闭壳肌湿重。壳高、壳长、壳厚用游标卡尺(测量精度:0.02 mm)测量(图 1),其中壳高指壳顶到腹缘的最大距离,壳长指贝壳左右边缘最大距离,壳厚指两壳间的最大距离;重量性状用电子秤(测量精度:0.1 g)称量,其中活体湿重指活贝全重量;软体湿重指剥离下的壳内全部组织的重量;闭壳肌湿重指剥离下的闭壳肌的重量。

1.3 分析方法

形态性状和重量性状测定结果经统计整理,获得各项表型参数统计量后利用 Excel 软件进行分析^[6]。分别进行相关分析和通径分析,剖析这些性状对解剖性状的直接作用和间接影响^[7,8]。

1.4 结果与分析

1.4.1 数据的正态性检验 利用 Excel 工具中的数据分析进行描述统计,结果见表 1。统计结果显示海湾扇贝各性状数据的偏斜度很小,接近于 0,说明各组数据近似满足正态要求,进行相关和通径分析的结果可靠。

1.4.2 各性状间的相关系数 对各性状表型值进行相关分析,结果(见表 2)表明:海湾扇贝各性状之间均为正相关且达到显著水平及极显著水平,表明所选择的指标进行相关分析

表 1 海湾扇贝各性状描述统计

Table 1 Descriptive statistics for each properties of bay scallops

性状	平均值	标准误差值	标准差值	方差值	偏差值
X ₁	52.464 7	0.886 2	3.654 2	13.353 6	0.233 5
X ₂	55.847 0	1.029 6	4.245 3	18.022 6	0.340 6
X ₃	25.494 1	0.552 6	2.278 8	5.193 0	0.225 9
Y	23.750 5	0.971 4	4.005 2	16.041 8	0.376 1
Z	9.982 3	0.512 7	2.114 0	4.469 0	-0.043 1
W	4.095 2	0.232 3	0.958 1	0.918 0	0.468 9

具有重要的实际意义。从海湾扇贝形态性状与重量性状的相关性来看,其与活体湿重的相关大小依次为:壳长>壳高>壳厚;其与软体湿重的相关大小依次为:壳长>壳高>壳厚;其与闭壳肌湿重的相关大小依次为:壳长>壳厚>壳高;与各重量性状的相关性大小为活体湿重>软体湿重>闭壳肌湿重。形态性状壳长与重量性状的相关性最大,与活体湿重、软体湿重和闭壳肌湿重的相关系数分别为 0.869 6,0.810 1,0.658 6,而壳厚与重量性状相关性最小,与活体湿重、软体湿重和闭壳肌湿重的相关系数分别为 0.776 6,0.610 0,0.578 5。

表 2 海湾扇贝各性状间的相关系数[†]

Table 2 The correlation coefficient between each properties of bay scallops

性状	X ₁	X ₂	X ₃	Y	Z	W
X ₁	1					
X ₂	0.912 706	1				
X ₃	0.508 306	0.664 416	1			
Y	0.800 775	0.869 603	0.776 666	1		
Z	0.690 191	0.810 173	0.610 099	0.915 861	1	
W	0.535 681	0.658 679	0.578 547	0.828 068	0.878 487	1

[†] 显著水平时的临界 $\alpha=0.513 9$,极显著水平时的临界 $\gamma=0.641 1$ 。

1.4.3 形态性状对重量性状的通径系数 根据相关系数的组成,可将各形态性状与重量性状的相关系数剖分为各性状的直接作用(通径系数)和某一性状通过其他形态性状的间接作用(间接通径系数)两个部分。某一自变量通过另一自变量间接作用于依变量的间接通径系数等于另一自变量的直接通径系数乘以二者的相关系数,结果见表 3。

由表 3 可知,对海湾扇贝而言:形态性状对活体湿重的直接作用为壳厚>壳长>壳高,壳厚、壳高、壳长均与活体湿重呈正相关;对软体湿重的直接作用为壳长>壳高>壳厚,其中壳长、壳厚与软体湿重呈正相关,而壳高呈负相关;对闭壳肌湿重的直接作用为壳长>壳厚>壳高,壳长、壳厚和壳高均与闭壳肌湿重呈正相关。形态性状壳高对重量性状的

直接作用并不是很大,主要是通过壳长的间接作用影响重量性状的。所测各形态性状中壳厚对活体湿重的直接影响最大(0.405 6)且大于间接影响,壳高和壳长对活体湿重的直接影响小于间接影响;壳长对软体湿重的直接影响最大(0.976 5),壳高和壳厚的间接影响大于直接影响;壳长对闭壳肌湿重的影响最大(0.770 9),壳高和壳厚对闭壳肌湿重的间接影响大于直接影响。

1.5 关键性状分析

海湾扇贝的重量性状是最终的选择分级性状,而形态性状较容易测量,通过形态性状进行重量性状的选择具有重大意义。通过相关分析和通径分析进行海湾扇贝形态性状对重量性状的影响研究,通径分析表明,海湾扇贝形态性状对

表 3 间接通径系数
Table 3 Path coefficients

性状	相关系数	直接作用	Σ	间接作用		
				X ₁	X ₂	X ₃
Y	X ₁	0.800 7	0.280 5	0.520 2	0.313 9	0.206 1
	X ₂	0.869 6	0.344 0	0.525 4	0.256 0	0.269 4
	X ₃	0.776 6	0.405 6	0.371 0	0.142 5	0.228 5
Z	X ₁	0.690 1	-0.244 5	0.934 6		0.891 2
	X ₂	0.810 1	0.976 5	-0.166 7	-0.223 1	0.056 7
	X ₃	0.610 0	0.085 4	0.772 9	0.124 2	0.648 7
W	X ₁	0.535 6	-0.270 7	0.807 4		0.703 6
	X ₂	0.658 6	0.770 9	-0.111 3	-0.247 0	0.135 7
	X ₃	0.578 5	0.204 3	0.374 7	-0.137 4	0.512 1

各重量性状的影响是不同的。结果表明:壳厚是影响海湾扇贝活体湿重的重要指标,但其对活体湿重的影响只是略大于壳长对活体湿重的影响;壳长对海湾扇贝软体湿重和闭壳肌湿重具有很大的直接影响。综合各组的影响程度,壳长对重量性状的影响作用最大,选择壳长作为分级工作的关键性状更为合理。

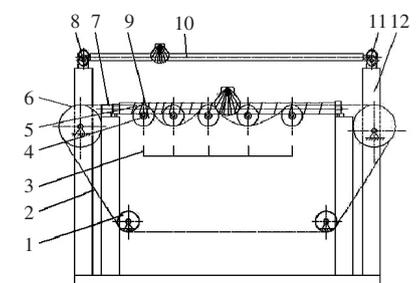
2 分级机结构设计

根据上述形态性状与重量性状相关性分析,得出壳长作为分级工作的关键性状。综合分析现有的分级机包括格栅滚筒式、珠式、多滚筒式和辊式分级机优缺点^[9-11],结合海湾扇贝壳呈扇形,两壳几乎相等,后耳大于前耳,壳面有放射肋 18 条,肋较宽且高起,肋上无棘等物理特性,本设计采用 V 型轮辊式分级方法,可通过连续调节相邻两 V 型轮间距大小来对海湾扇贝进行分级。扇贝分级机结构示意图见图 2。图 3 为分级机的三维整机模型。

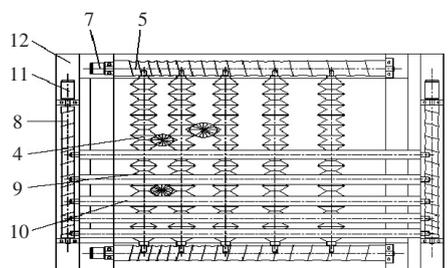
海湾扇贝分级机的工作原理:整机分三步工序:① 定向,上层的光杆安装在第一变螺距丝杠上,光杆间隙逐渐变大,第一变螺距丝杠在减速电机带动下驱动光杆旋转,从而将扇贝向后输送,扇贝在光杆与自身的物理特性作用下,当光杆间隙达到扇贝壳厚后,落入光杆间隙中,扇贝落到 V 型轮上且背缘朝上,完成定向;② 分级,下层的 V 型轮安装在支撑轴上,支撑轴由链条串联在一起,V 型轮在起分级作用时,支撑轴由第二变螺距丝杠驱动,V 型轮间隙由左向右逐渐变大,当 V 型轮间隙等于壳长时扇贝落入相应级的输料带上,V 型轮完成分级工作后,支撑轴由链条经两侧安装的链轮继续循环运动;③ 输料,扇贝落入相应级别的输料带后,被输送到收集箱内,完成分级。

3 关键零部件 V 型轮设计

根据上述对海湾扇贝的形态性状与重量性状相关性分析与通径分析,得出由壳长作为最终判定分级级别,因此如



(a) 关键部件结构示意图



(b) 俯视结构示意图

1. 张紧轮 2. 链条 3. 输料带 4. 支撑轴 5. 第二变螺距丝杠
6. 链轮 7. V 型轮支撑轴驱动减速电机 8. 第一变螺距丝杠
9. V 型轮 10. 光杆 11. 光杆驱动减速电机 12. 机架

图 2 扇贝分级机的结构示意图

Figure 2 Structure diagram of scallop classifier

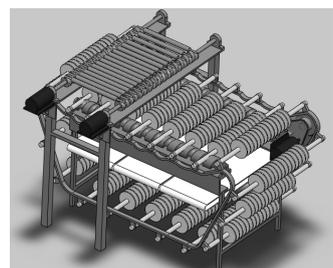


图 3 扇贝分级机三维立体图

Figure 3 Three-dimensional stereogram of scallops classifier

何控制扇贝壳长如其它分级机控制直径成为扇贝分级机的关键一样,由此设计了V型轮辊式的分级方式,V型轮卡住扇贝的腹缘。V型轮穿在支撑轴上,当V型轮支撑轴间距增大时,相邻两V型轮间支撑的扇贝就会在与自己壳长相同时从两V型轮间落下。

V型轮尺寸的确定:经过大量测量与观测得出扇贝距左右两侧腹缘15 mm时壳宽度 L_1 、 L_2 波动范围不大(见图4)。由此测出100只扇贝 X_2 、 X_3 、 L_1 、 L_2 并做描述统计。结果表明:随机抽取扇贝的壳长在44.10~61.98 mm变化时,其 L_1 、 L_2 波动量相对较小, L_1 示偏斜度为0.0628, L_2 示偏斜度为0.8590。由 L_1 壳平均尺寸为15.166 mm,最小值为14.18 mm。 L_2 平均尺寸为14.584 mm,最小值为14.08 mm。由此确定V型槽的宽度和深度见图5。

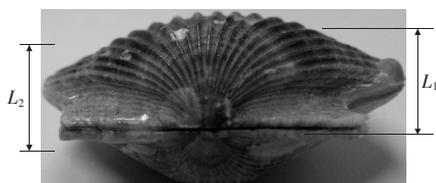


图4 分级参数测量

Figure 4 The measurement of grader parameters

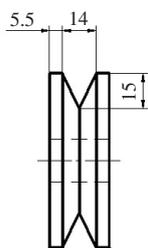


图5 V型轮结构图

Figure 5 The structure of V wheel

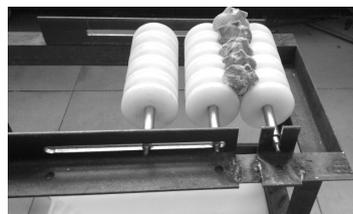
针对设计的V型轮,制作小型实验装置进行验证,实验装置见图6,每根支撑轴上穿5个V型轮,随机选取扇贝5个一组,共10组。并对其进行测量记录,以组为单位进行分级验证实验,实验结果验证了理论分析。

4 结束语

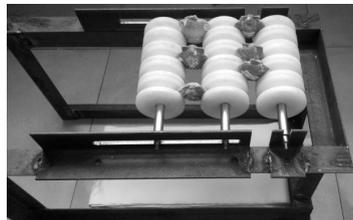
(1) 通过对海湾扇贝形态性状与重量性状的相关性分析与通径分析,发现壳长对软体湿重和闭壳肌湿重有很大的直接影响,确定壳长作为分级工作的关键性状。

(2) 结合海湾扇贝的物理特性和分级要求,以壳长为分级性状,综合现有分级技术设计了一种V型轮辊式海湾扇贝分级机;并对其分级理论进行了实验验证,结果表明设计合理、结构新颖,满足了分级的要求。

(3) 利用Solid-works搭建了V型轮辊式海湾扇贝分级机三维整机模型。



(a) 上料状态



(b) 分级过程

图6 扇贝分级实验效果图

Figure 6 Test rendering of scallops grading

整机的合理化设计是一个复杂的过程,有必要利用Solid-works对三维模型做进一步的运动仿真与分析,确定传动参数,实现最优化设计,最后制作样机。

参考文献

- 1 Erickson M C, Bulgarelli M A, Resurreccion A V A, et al. Sensory differentiation of shrimp using a trained descriptive analysis panel [J]. Food Sci. Technol, 2007, 40(10): 1774~1783.
- 2 解秋阳,王家忠,弋景刚,等. 利用水射流剥离海湾扇贝柱的方法及装置[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 90~93.
- 3 沈建,林蔚,郁蔚文,等. 我国贝类加工现状与发展前景[J]. 中国水产, 2008(3): 73~75.
- 4 杜美荣,王彬,张继红,等. 一龄栉孔扇贝壳长与壳高对湿重的相关性和通径分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(20): 136~139.
- 5 张存善,常亚青. 虾夷扇贝体形性状对软体重和闭壳肌重的影响效果分析[J]. 水产学报, 2009, 33(1): 87~94.
- 6 任红松,朱家辉. EXCEL在通径分析中的应用[J]. 农业网络信息, 2006(3): 90~92.
- 7 辛涛. 回归分析及其试验设计[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2010.
- 8 王远隆. 虾夷扇贝质量参数的测定[J]. 齐鲁渔业, 1996, 13(2): 37~39.
- 9 李胜,梁勤安,刘向东,等. 6JGG-1000型可变间隙辊轴式果蔬分级机的研制[J]. 新疆农机化, 2010(6): 16~19.
- 10 刘小龙,张杰,刘向东,等. 辊式尺寸分级机的基本原理及种类[J]. 新疆农机化, 2010(4): 12~13.
- 11 杨松夏,陆华忠,吕恩利,等. 球形水果机械式大小分级技术研究现状[J]. 农机化研究, 2012(8): 235~239.