

DOI: 10.3969/j.issn.1007-9580.2024.03.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

王志勇, 徐志强, 邹海生. 导向式活鱼分级装置设计及试验[J]. 渔业现代化, 2024, 51(3): 1-7.



导向式活鱼分级装置设计及试验

王志勇^{1,2}, 徐志强¹, 邹海生¹

(1 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092;

2 农业农村部远洋渔船与装备重点实验室, 上海 200092)

摘要: 鱼类养殖过程中的大小分级有利于生长管理和饲料控制, 提高养殖效益。针对目前国内活鱼分级劳动强度大、效率低等问题, 设计了一种导向式活鱼分级装置, 介绍了该分级装置的结构组成及工作原理, 并对鱼体输送机构进行力学分析和参数设计。基于鱼类体质量和体型参数关系, 测定了试验鲫鱼形态数据, 并运用幂函数拟合方法得到鲫鱼体厚与体质量关系方程, 作为分级通道间距设定依据。分级时通过调节分级通道两侧导鱼板之间的间距, 设定分级通道适合待分级鱼的规格要求, 利用鱼的体厚, 通过分级通道实现分级。开展了活鱼分级性能试验, 分级鱼体质量范围为 0.14~0.33 kg, 鱼体厚度范围为 30~39 mm, 并对进鱼输送速度为 0.15、0.20、0.25 m/s 三种条件下分别进行分级测试和效果分析。试验结果显示, 在正常条件下分级准确率可以达到 90% 以上, 合适的输送速度和分级通道间距设定效率更高。研究表明, 该导向式分级装置能够快速、准确地对活鱼进行分级, 提高养殖过程机械化作业效率。

关键词: 活鱼分级; 导向; 鱼类形态; 推杆; 链条输送

中图分类号: S973.9; TH122

文献标志码: A

文章编号: 1007-9580-(2024)03-0001-007

养殖鱼类在生长阶段, 由于摄食水平不同, 会导致鱼体规格差异很大, 因此, 在养殖过程中需要根据规格大小对鱼类进行分级, 然后分舱或分塘养殖, 同类规格大小的鱼类养殖在一起, 可以更好提高鱼类摄食状态, 促进鱼类均匀增长, 一般养殖周期中需要分级 2~3 次^[1]。目前对鱼类规格分级主要采用人工分级或机械式分级两类, 人工分级的过程较为粗糙, 而且效率低、成本高, 还会干扰养殖鱼类的摄食和生长, 只适合在小型化养殖中使用。

对于机械式分级, 目前国内外开展了一些相关研究, 主要有格栅式分级、导辊式分级以及机器视觉分级几种。格栅式分级装置, 通常是采用一定间距的柔性格栅制作, 装配到拉网上, 通过拉网赶鱼进行分级操作, 其分级格栅间距可调, 也有将分级格栅设置为水平固定结构形式, 通过把分级鱼类倒入分级栅内, 比格栅间距小的鱼穿过格栅分开, 不能通过的鱼留在格栅上, 主要适于具有较

大敞口面积和操作空间的网箱或池塘养殖中^[2-3]。

导辊式分级机主要由若干呈辐射状排列的圆管或异形管组成, 管间距逐渐增大, 鱼体在管子转动或振动作用下沿着由小到大的管道间隙前行, 不同厚度的鱼分别通过相应的管间距落入收集斗内, 分成几个等级。但导辊式分级鱼体容易堆叠造成分级不均, 鱼体聚集分级有时应急反应也会引起鱼体之间损伤^[4-8]。机器视觉分级通过运用数字图像处理技术和图像提取算法获取鱼体各部分的投影面积, 建立投影面积与质量之间的关系预测模型, 根据关系模型判断鱼体大小进行分级。机器视觉分级系统相对复杂, 不适合在有水环境进行分级, 分级过程要求单个鱼体按顺序传输, 目前主要用于鱼类识别、行为观测或加工后处理^[9-15]。

本研究基于鱼体厚度特征关系, 以导向式分级通道间距范围对应鱼体厚度实现不同规格大小

收稿日期: 2024-01-30

基金项目: 国家重点研发计划课题“舱养平台智能化养殖装备研制(2022YFD2401104)”

作者简介: 王志勇(1979—), 男, 副研究员, 研究方向: 现代渔业设施。E-mail: wzy279@sina.com

鱼类分级,推杆主动式输送进鱼,带水无损分级,提高养殖过程分级饲养和管理机械化水平。

1 材料与方法

1.1 分级方法

根据鱼类外部形态及体型可分为4类:纺锤型、侧扁型、平扁型和棍棒型,不同类型的鱼在形态上存在显著差异,其中纺锤形是最常见的基本型。这种类型的鱼体比较均匀,在水中摩擦力小,所以阻力比较小,便于鱼在水中自由活动。纺锤型鱼类头、尾稍尖,身体中段较粗大,其横断面呈椭圆形,侧视呈纺锤状^[16]。例如淡水养殖中常见草鱼、鲤鱼、鲫鱼,海水养殖中三文鱼、大黄鱼等。由于纺锤形鱼类最为普遍,且体形特征和规格大小有特定关系,因此该分级装置主要针对纺锤型特征的鱼类进行设计。

在鱼类生长的理论和应用研究中,通常使用数学公式来描述鱼类的体质量与身体维数之间的

关系^[17-18],以推算已知维数数值的个体体质量。根据纺锤型鱼类生长行为特性,由于鱼体质量与体厚度呈一定的比例,因此分级通常根据鱼的厚度变化进行,即鱼体左右侧的距离大小进行不同规格鱼类分级。

1.2 分级装置总体设计及原理

分级装置采用卧式结构,总体结构如图1所示。分级装置主要有驱动部分、支架、分级通道、间距调节杆和集鱼槽等组成。分级通道安装在机架上,机架前端连接进鱼斗,分级通道下端设有可移动的推杆,多根推杆沿环形固定在链条上随链条传动,在分级通道下面设有集鱼槽,集鱼槽连接有多个出鱼口。分级通道上面分别设有入口间距调节杆和出口间距调节杆,通过调节杆调节前后分级通道间距大小,可以适应不同类型、不同规格大小的活鱼分级需求。分级通道上端设有喷淋装置,在活鱼输送分级过程中辅助喷淋,减少鱼的损伤,提高分选效率^[19-21]。

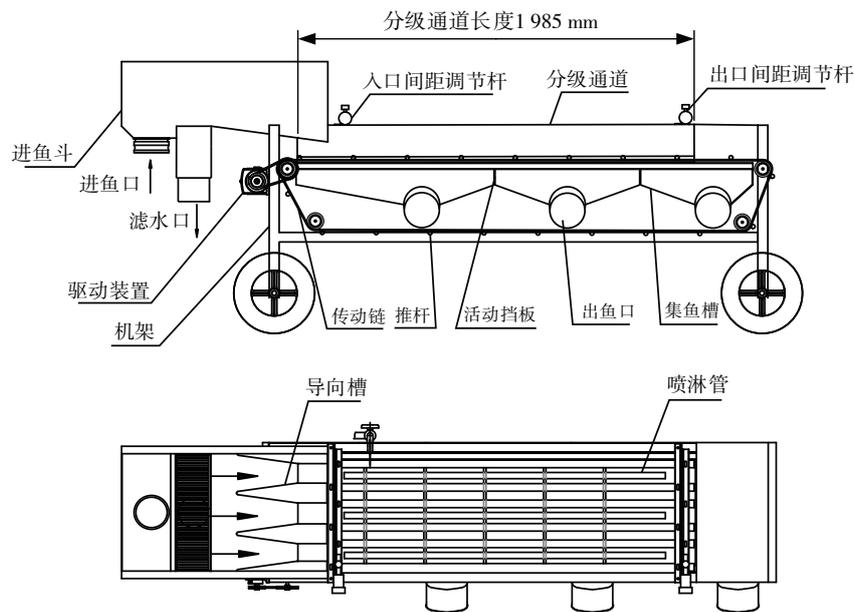


图1 分级装置总体结构

Fig. 1 Overall structure of grading device

活鱼通过进鱼斗导向槽进入不同的分级通道中,电机驱动链条带动推杆移动,推动鱼体沿分级通道向前滑动,分级通道上的喷淋管可实现分级过程中对鱼的清洗和缓冲。鱼体厚度小于分级通道间距的,鱼体从分级通道中落下,进入集鱼槽,从相应的出鱼口排出。厚度大于分级通道间距的

鱼体继续移动,直至到合适间距后从分级通道中落下,实现不同规格大小的鱼类分级。集鱼槽结构如图2所示,中间的集鱼槽两侧设置活动挡板,可以防止鱼掉到别的集鱼槽,当需要控制不同规格的鱼数量时,通过横向移动B区间两侧活动挡板,可以改变不同出口分级鱼的平均体质量。

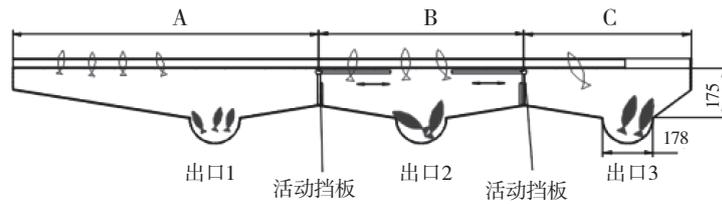


图2 集鱼槽结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of fish collection tank

2 关键结构设计与分析

2.1 链条输送进鱼结构受力分析

分级装置输送进鱼机构采用链传动,通过链条带动推杆沿环形运动,推动鱼体前进,其结构如图3所示。与带传动相比,链传动没有弹性滑动和打滑,能保持准确的平均传动比;需要的张紧力小,作用在轴上的压力小,可减少轴承的摩擦损失,结构紧凑^[22]。

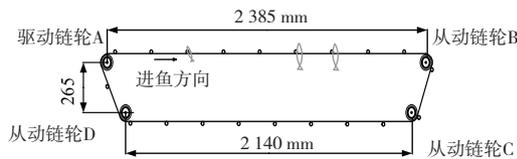


图3 链条输送进鱼结构

Fig. 3 Chain conveyor fish mechanism

在鱼体水平输送过程中,只有推杆驱动鱼体与导鱼板接触,因此,其链条驱动力主要为链条弧垂引起的水平张力 T_1 和输送鱼体与分级通道的摩擦力 F_1 ^[23-24]。

根据悬索理论:

$$T_1 = \frac{qL^2}{8f} \quad (1)$$

式中: f 为链条的弧垂度(m),取值 $f=L/50$; q 为链条每米的重力,为10 N/m; L 为链条上支AB和下支CD段总长度,为4.525 m。

将上述参数代入式(1)计算得 $T_1=282.8$ N。

输送鱼体与导鱼板之间的摩擦力 F_1 :

$$F_1 = 9.81G\mu \quad (2)$$

式中: G 为推杆和输送鱼体的质量(kg); μ 为摩擦因数。

该分级通道设计长度为1985 mm,进鱼导向槽为三通道,以养殖鲫鱼为样本,初选按照分级平均鱼体质量为0.3 kg,鱼体高即鱼背鳍起点处到腹面的垂直距离为平均65 mm,设计分级通道上

最大载鱼数量为90条,输送鱼最大质量27 kg,推杆质量为5 kg。根据参考文献中淡水鱼体不同部位摩擦角试验数据^[25-27],由于鱼类分级过程中主要为鱼躯干和导鱼板接触,带水喷淋输送,初选鱼体与金属导鱼板的摩擦因数为 $\mu=0.6$ 。将参数代入上面公式(2),计算得到: $F_1=9.81 \times 32 \times 0.6=188.4$ N。输送装置所需的功率为:

$$P_w = (T_1 + F_1)v \times 10^{-3} \quad (3)$$

$$P_m = \frac{P_w}{\eta_1 \eta_2} \quad (4)$$

式中: P_w 为输送链所需要的功率(kW); v 为链条输送线速度(m/s),设计值一般为0.15~0.25,取最大值0.25; η_1 为电机的效率,此处取值为0.9; η_2 为链条传动效率,此处取值为0.95。

$$P_w = (282.8 + 188.4) \times 0.25 = 117.8 \text{ W} \quad (5)$$

计算得到带动一侧链轮所需要的功率为117.8 W,所以带动左右两侧输送链所需要的功率为235.6 W,计算所需的电机功率:

$$P_m = \frac{235.6}{0.9 \times 0.95} = 275.6 \text{ W}$$

为了更好控制分级动作,动力装置采用变频电机驱动,方便分级速度调节,设计该分级装置主要参数如下:设计功率370 W;电制380 V、0~50 Hz;起动方式为直接起动;分级通道间距调节范围0~60 mm。

2.2 分级通道间距设计

分级过程中需要根据不同鱼体厚度进行间距大小调节,合理设定前后端分级通道之间距离,才能有效进行活鱼规格分级,因此,分级通道间距调节非常关键。

根据鱼体厚和体质量特征关系,随机购买大小不同的鲫鱼90条,对鲫鱼体质量和体厚进行数据采集,得出鲫鱼的体厚、体质量的关系如图4所示。

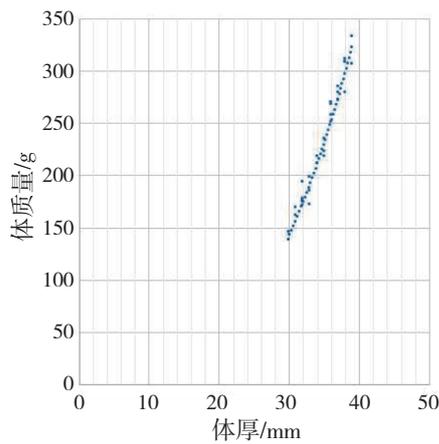


图4 鱼体质量与体厚关系曲线

Fig. 4 Relationship between fish weight and body thickness

运用幂函数方法拟合鱼体体厚与体重关系模型,得到体质量 W 与体厚 b 的幂回归方程式。回归方程为 $W = 0.0037 b^{3.109}$, 关系系数为 $R^2 = 0.9677$ 。由回归方程式可以确定出某一体质量

的鱼对应的体厚值,以此作为调节分级间距的依据。

图5为分级通道结构图,一个固定导鱼板和一个活动导鱼板为一组分级通道,共3组。分级通道前后各设一组拉杆及手轮,固定导鱼板通过连接杆固定在机架上,活动导鱼板通过拉杆连接在一起,调节手轮和拉杆通过丝杆连接,旋转调节手轮,即可以带动活动导鱼板同时向一侧移动,从而调节活动导鱼板和固定导鱼板之间的距离,前后拉杆可以单独调节,控制分级通道间距。

3 试验与结果

对分级装置开展了活鱼分级性能试验,分级装置进口连接6英寸(15.24 cm)吸鱼泵,转速200~540 r/min,最大流量230 m³/h。根据上述测量值鱼体厚度范围在30~39 mm之间,设定合适的分级通道间距,部分试验活鱼规格参数如表1所示。

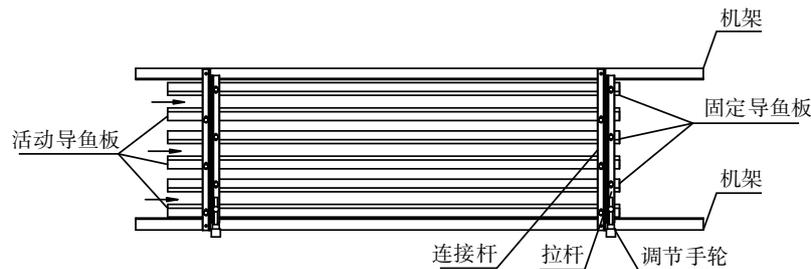


图5 分级通道间距调节结构图

Fig. 5 Structure diagram for adjusting the spacing between graded channels carp

表1 鲫鱼体质量和体厚测量数据

Tab. 1 Weight and body thickness data of crucian carp

项目	样本号														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
体厚/mm	30	32	34	36	36	35	35	38	33	38	37	32	33	39	38
体质量/g	146	176	212	258	268	218	223	280	185	309	285	178	199	330	312

初设分级通道入口间距为28 mm,以扩展有效分级长度,分级通道出口间距为40 mm,分级通道从入口到出口间距逐渐增大。活鱼和水混合进入进鱼斗后,水通过进鱼斗内格栅滤出,活鱼通过导向槽进入不同的分级通道,驱动装置带动链条环形转动,推杆随链条一起推动活鱼沿分级通道向前滑动。在分级过程中,通过水泵辅助在每个分级通道上进行喷淋,保证分级鱼体鲜活度。当被分级鱼体厚度小于分级通道间距时,鱼体分别落入对应规格的集鱼槽中,通过出鱼口排出,整个

试验过程如图6~图9所示。



图6 分级装置试验

Fig. 6 Grading device experiment



图7 进鱼斗入鱼

Fig. 7 Fish entering into hopper



图8 活鱼分级通道输送

Fig. 8 Live fish transmission in grading channel



图9 集鱼槽出鱼

Fig. 9 Fish discharge from collection tank

在进鱼量保持连续稳定情况下,分级过程主要受分级速度即链条推杆进鱼速度影响,分别采用3种不同分级速度0.15、0.20、0.25 m/s进行活鱼分级试验,测试不同分级速度对分级效果的影响。出口1、出口2、出口3分别对应小规格、中规格和大规格鱼类,3个出鱼口收集活鱼试验数据如表2所示。由表2试验数据,进入分级装置鱼斗内的所有活鱼都从不同规格集鱼槽出口排出,在3种分级速度中,分级速度为0.2 m/s时分级准确率最高,速度最小时分级准确率最低。这是因为当速度小时,分级通道前端鱼类还未达到分级间距进入集鱼槽时,后续鱼体进入分级槽而堆叠在一起,鱼体没有及时分级落入相应规格集鱼槽,在更大间距集鱼槽落下。出口3在分级通道末端,由于分级通道末端与机架之间有一定的距离,在推杆驱动作用下到达分级通道末端后,未

正常分级的鱼体以及厚度大于设计上限的鱼体也会在通道末端落入集鱼槽,从出口3排出,不会积聚在分级通道上。但在分级过程中要根据鱼体规格及时调节入口和出口间距,保证不同规格的鱼类精准分级,提高分级效果。

表2 活鱼分级试验结果

Tab. 2 Results of live fish grading test

分级速度	分级数量/尾			准确率 $\eta/\%$	分级 时间/s
	出口1	出口2	出口3		
0.15 m/s	35	32	23	90.0	87
0.20 m/s	38	30	22	93.4	70
0.25 m/s	36	29	25	91.1	62

该分级装置整体结构采用不锈钢制作,分级通道和集鱼槽内部设计为光滑结构,在喷淋管辅助作用下,活鱼在分级通道流畅滑动并落入对应集鱼槽,滑动过程中无卡阻现象。集鱼槽出口中心位置与分级通道垂直距离为175 mm,从试验结果看到,落入集鱼槽的鱼体表面并无损伤,鱼体鲜活度良好,集鱼槽内活鱼在冲淋辅助下快速排出,无积压滞留。该分鱼准确率是在特定鱼种试验条件下数据,对于不同鱼种,不同分级数量的鱼,其准确率也会有差异,需要根据鱼类形体及特性合理调整进鱼量、分级间距大小等参数。该分级装置作为试验,只设计有3组分级通道,如果需要更高的分级需求,可以增加分级通道,提高单位时间分级量。

4 讨论

4.1 分级间距调节和分级效果

根据分级试验效果分析,当分级间距正确调整时,小规格鱼落入入口处的集鱼槽,中规格鱼落入中间的集鱼槽,大规格鱼到达通道的末端。如果入口处的分级通道间距太小,小规格鱼不能在分级通道的开始处掉落,就会横着堆积在分级通道入口处,推杆不能接触并推动鱼体滑动,分级装置无法有效分选活鱼,需要逐步增大分级通道入口间距来调节。如果分级通道出口间距调节过大,导致最大规格的鱼没有到达分级通道末端落下,活鱼在通道中短距离进行分类,中等规格和大规格的鱼混入一起,导致低质量分级,此时需要逐渐缩小分级通道出口间距。入口和出口调整之间

的差异取决于分级鱼类批次的同质性,如果批次非常不均匀,则入口和出口之间增大间距。如果需要分级活鱼批次比较均匀,则入口和出口之间的间距相对缩小。另外,分级过程中适当调节机架的倾斜角度,有利于待分级鱼体顺利在分级通道上滑动,可有效提高分级效果。

相比辊式分级和格栅式分级装置,辊式分级在高密度鱼类通过时,导辊间可能会发生堵塞,特别是当鱼类规格差异大或鱼体带有杂质时,影响分级效率和设备的连续运转。对于格栅式分级装置,固定的格栅设计无法满足多样化分级需求,灵活性不足,快速或强制通过狭窄格栅间隙时,会对鱼类的健康和存活率造成影响,另外,分级速度相对较慢^[28-29]。综上所述,分级间距调节对导辊式、格栅式和导向式分级装置都是至关重要的,适当的间距可以确保鱼类顺利通过,避免堵塞和阻碍,能够确保分级的准确性、效率和稳定性,从而提高养殖鱼类的分级质量和产量。

在分级之前初步确定分级鱼体形参数,合理设定分级通道入口和出口间距,可以更有效地对养殖鱼类进行分级,减少无效分级和对鱼类影响。虽然幂函数拟合方法在描述生物体型数据之间的关系时具有一定的优势,但还存在不足之处,幂函数可能会对数据进行过度拟合,尤其是在数据量较少或数据分布不均匀的情况下。因此,鱼类体型参数关系方程只是作为参考,在分级应用过程中需要结合实际情况进行综合考虑和实时修正。

4.2 机械分级对鱼类健康影响考虑

该导向式分级装置可以满足养殖过程中分级饲养,提高养殖效率和减少人工成本,但不当的操作可能对鱼类造成一些负面影响。在分级装置中,鱼类通常需要通过狭窄的通道或格栅,设计不当可能限制它们的自由移动,导致鱼类受到挤压和碰撞,造成鱼类身体的损伤,甚至可能造成内部器官的受伤,分级过程中的振动和环境变化有时也会引起鱼类的应激反应,这些都可能影响鱼类的生长速度和健康状况,使其在后续养殖环境中适应能力下降,进而影响后续养殖效果^[30-31]。在后续进行养殖的情况下,需要考虑分级对活鱼健康和适应性的影响。

因此,分级过程中尽量采取措施保护鱼类免受损伤,针对不同习性鱼类,通过调整适宜进鱼量和导向输送速度,控制温和的喷淋水流,旨在最小化

对鱼类的物理伤害。此外,分级后的养殖阶段需加强管理和监控,包括定期监测鱼类的行为习性、生长指标及健康状况,及时调整养殖策略,例如通过调控养殖密度及改善水体环境,以确保鱼类能够快速适应新的养殖环境,从而最大化养殖效益。

5 结论

该分级装置导向结构能确保活鱼在分级过程中受到较小的物理伤害,分级通道上方喷淋装置辅助实现全过程带水分级,通过平缓的水流和适宜的导向槽引导鱼体,避免鱼体堆叠造成分级不均。另外减少活鱼之间碰撞造成损伤,分检率准确。导向式分级装置配备了间距调节旋钮,可以根据鱼的大小和品种快速调整分级标准,适应不同分级需求,提高了设备的灵活性和适用范围。可以实现快速而准确地按鱼体大小进行分类,提高分级效率和精度。导向式分级装置能够自动完成活鱼的导入、分级、输送等过程,减少了人工干预,降低了劳动强度。可以选择在进、出鱼口分别搭载吸鱼泵和计数装置使用,可更为广泛应用于网箱平台、养殖工船或工厂化养殖过程中鱼类的分级分养,进一步提高养殖过程自动化管理水平。

□

参考文献

- [1] 王书林. 草鱼分级养殖新技术[J]. 渔业致富指南, 2010(5): 32-33.
- [2] 关长涛, 黄滨, 林德芳, 等. 深水网箱养殖鱼类的分级与起捕技术[J]. 现代渔业信息, 2005, 20(7): 3-6, 13.
- [3] 鲁伟, 关长涛, 林德芳, 等. 网箱养殖鱼类柔性分级系统的试验研究[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(3): 61-67.
- [4] 王志勇, 谌志新, 江涛, 等. 鱼类重量自动分级装置研究[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(6): 1064-1067.
- [5] 郑国富, 唐衍力, 邵青, 等. 养殖鱼规格分级设备试验研究[J]. 江西水产科技, 2006(2): 43-46.
- [6] 殷远, 朱清澄, 宋利明, 等. 西北太平洋秋刀鱼分鱼系统的改进[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 284-289.
- [7] 洪扬, 朱焯, 江涛, 等. 回转式活鱼分级与计数设备的设计与试验[J]. 渔业现代化, 2019, 46(4): 49-54.
- [8] 李聪聪. 纺锤形鱼类疫苗注射智能分级技术与关键机构研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2022.
- [9] STRACHAN N J C, NESVADBA P, ALLEN A R. Fish species recognition by shape analysis of images[J]. Pattern Recognition, 1990, 23(5): 539-544.
- [10] 裴凯洋, 张胜茂, 樊伟, 等. 基于计算机视觉的鱼类视频跟踪技术应用研究进展[J]. 海洋渔业, 2022, 44(5): 640-647.
- [11] STRACHAN N J C. Sea trials of a computer vision based fish

- species sorting and size grading machine [J]. *Mechatronics*, 1994, 4(8): 773-783.
- [12] SUNG H J, PARK M K, CHOI J W. Automatic grader for flatfishes using machine vision [J]. *International Journal of Control, Automation and Systems* 2020, 18(12): 3073-3082.
- [13] WHITE D J, SVELLINGEN C, STRACHAN N J C. Automated measurement of species and length of fish by computer vision [J]. *Fisheries Research*, 2006, 80: 203-210.
- [14] ANDRIALOVANIRNA N, PONTON D, BEHIVOK F, et al. A powerful method for measuring fish size of small-scale fishery catches using image [J]. *Fisheries Research*, 2020(223): 1-8.
- [15] ZION B, ALCHANATIS V, OSTROVSKY V, et al. Real-time underwater sorting of edible fish species [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2007, 56: 34-45.
- [16] 何大仁, 蔡厚才. 鱼类行为学 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1998: 172-180.
- [17] 黄真理, 常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征 [J]. *水生生物学报*, 1999, 23(4): 330-336.
- [18] 孙满昌, 张健. 渔具渔法选择性 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 129-133.
- [19] 彭永章. 喷水滚筒式鱼苗大小分选装置 [J]. *渔业现代化*, 1998, 25(3): 17-21.
- [20] 常永胜. 大宗淡水鱼前处理加工生产线的研发 [D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2015.
- [21] 陈行. 小型自动化淡水鱼前处理机的研制 [D]. 成都: 成都大学, 2021.
- [22] 汤海涛. 链条牵引式刮泥机的受力计算 [J]. *广东化工*, 2013, 40(14): 192-193, 185.
- [23] 濮良贵, 陈国定, 吴立言. 机械设计 [M]. 9 版, 北京: 高等教育出版社, 2013: 165-170.
- [24] 何建雄. 淡水鱼加工生产线鱼体头尾腹背定向技术研究 [D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- [25] 朱国, 谭鹤群. 鱼体在剖鱼机夹片中受力有限元分析 [J]. *农业工程学报*, 2008, 24(4): 44-48.
- [26] 高星星, 谭鹤群. 淡水鱼头尾与腹背定向装置的设计与试验 [J]. *农业工程学报*, 2011, 27(5): 342-347.
- [27] 龚宇. 鱼苗分级装备设计与性能研究 [D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020.
- [28] 宋利明, 张禹, 周应祺, 等. 网箱养殖大黄鱼两种间距分级栅分级效果的比较 [J]. *水产学报*, 2006, 30(6): 785-790.
- [29] 赵良, 宋协法, 李贤, 等. 辊道式鱼类分级机的设计与模拟仿真 [J]. *渔业现代化*, 2023, 50(4): 68-75.
- [30] GREEN B W, HEIKES D L, GOODWIN A E, et al. Comparison of three methods of size grading channel catfish stockers [J]. *North American Journal of Aquaculture*, 2004, 66(4): 251-260.
- [31] BARKI A, HARPAZ S, HULATA G, et al. Effects of larger fish and size grading on growth and size variation in fingerling silver perch [J]. *Aquaculture International*, 2000, 8: 391-401.

Design and testing of a guided live fish grading device

WANG Zhiyong^{1,2}, XU Zhiqiang¹, ZOU Haisheng¹

(1 *Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China*;

2 *Key Laboratory of Ocean Fishing Vessel and Equipment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 200092, China*)

Abstract: The size grading during fish farming benefits growth management and feed control, improving aquaculture efficiency. A guided live fish grading device was designed to solve the problem of high labor intensity and low efficiency in domestic live fish grading. The structural composition and working principle of the grading device were introduced, and the mechanical analysis and parameter design of the fish conveying mechanism were carried out. Based on the relationship between fish body mass and body shape parameters, the morphological data of experimental crucian carp were measured. Meanwhile, the power function fitting method was used to obtain the equation of the relationship between crucian body thickness and body weight, which serves as the basis for setting the distance between grading channels. When grading, the spacing between the guide plates on both sides of the grading channel is adjusted, and the grading channel is set to meet the fish specification requirements so that fish's body through the grading channel. Live fish grading performance experiment was carried out, with fish weight range of 0.14–0.33 kg and thickness range of 30–39 mm. Grading tests and effect analysis were conducted under three conditions of fish conveying speeds of 0.15 m/s, 0.20 m/s, and 0.25 m/s. The experimental results show that the grading accuracy can reach over 90% under normal conditions, and the appropriate grading speed and grading channel setting have higher efficiency. This guided grading device can quickly and accurately grade live fish, improving the efficiency of mechanized operations in the breeding process.

Key words: live fish grading; guided; fish morphology; scraper; chain conveying