

淡水鱼体质量在线检测及分级系统的设计与试验

王坤殿 万鹏 谭鹤群 宗力

华中农业大学工学院/国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉),武汉 430070

摘要 设计一种用于淡水鱼体质量在线检测并按质量进行分级的系统,采用电子称质量的方式对鱼体进行质量在线检测并分级。该系统工作原理:当淡水鱼输送到称质量装置时,鱼体在称质量输送机上移动,质量传感器采集鱼体的质量信号,经调理电路处理后传送控制芯片进行储存、分析,计算鱼体的质量及等级;鱼体进入分级段鱼体输送机后,光电传感器将检测到的鱼体位置信号传送至控制芯片,控制系统根据鱼体质量等级以及鱼体位置触发分拨机构工作并执行鱼体分级操作。采用不同质量的砝码组对系统称质量装置的称量准确性进行验证。结果表明:当称质量输送机的运行速度设置为0.16~0.24 m/s时,称质量系统的误差范围小于±0.73%;通过试验对系统的分级速率和分级正确率进行验证,当称质量输送机速率设定为0.20 m/s,分级装置鱼体输送机速度设定为0.20~0.25 m/s时,系统对质量范围为300~3 000 g的淡水鱼鱼体设置分为4级,平均分级速率可达到26条/min,分级正确率为98%以上。

关键词 鱼体质量;在线检测;质量分级;系统设计;淡水鱼加工

中图分类号 Q 66 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)02-0122-07

我国是世界淡水鱼养殖生产大国,但淡水鱼加工工业发展滞后,淡水鱼以鲜活销售为主,其附加值始终无法得到较大的提升。因此,设计开发淡水鱼深加工装备,对于促进淡水鱼养殖和深加工的发展以及增加生产者的收入都具有重要意义^[1-2]。淡水鱼深加工的第一道工序是对鱼体按照质量或者外形尺寸进行分级^[3],以满足不同的加工要求。由于淡水鱼品种众多,体型质量相差较大,对大量的淡水鱼进行人工分级时存在劳动强度大、效率低、准确度不高等问题。

分级方法及技术在农业生产上具有广泛的应用^[4-5]。目前,对农产品分级方法和设备的研究主要是集中在水果分级方面。应义斌等^[6]研制了水果品质智能化实时检测分级生产线,借助于计算机视觉系统综合判断水果的等级。李光梅等^[7]设计了水果综合分选机的称质量模块,通过受力分析得出水果质量,实现水果的自动称质量。魏新华等^[8]设计了水果自动分选机分级卸料实时控制系统,能够对输送线上水果的位置进行实时检测、连续跟踪并实现水果分级卸料过程的自动控制。质量分级是农产品

分级的重要内容,很多学者也进行了研究。王莉^[9]利用数学、力学、统计学等方法对FJZ-500型水果质量分级机的误差产生原因进行了研究,从理论上分析了产生称量误差值的4种因素,探求提高分级精度的办法。温鹿等^[10]设计了一种结构简单的禽蛋自动称质量与分级装置,可以实现禽蛋的同步称质量及分级。

常见的淡水鱼如草鱼、鳊、鲫、鲢等鱼体多呈纺锤形或长椭圆形,体表有较多水分,鱼体大小不一,因此,利用常规方法进行称质量和分级存在较大困难。张志强等^[11]研究了基于机器视觉技术的淡水鱼质量分级的方法,通过获取淡水鱼的图像,建立鱼体头部、腹部和尾部长度和质量之间的关系模型对鱼体质量进行预测。王志勇等^[12]设计了一种分级间距可以调节的机械式自动分级装置,通过调节分级辊不同倾角和转速来对不同质量的鱼体进行分级。

基于计算机技术和称质量传感器的电子称质量设备具有检测精度高、速度快、结构简单等优点,在工农业生产上得到了广泛的应用^[13-14]。笔者针对淡水鱼称质量分级的特点,设计了淡水鱼体质量在线

收稿日期:2015-02-22

基金项目:中央高校基本科研业务费专项(2013PY126);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46-23)

王坤殿,硕士研究生。研究方向:农产品加工技术与装备、农产品品种智能检测与评价。E-mail: 710696821@qq.com

通信作者:万鹏,博士,副教授。研究方向:农产品加工技术与装备、农产品品质智能检测与评价。E-mail: wanpeng09@mail.hzau.edu.cn

检测及分级系统,该系统利用称质量传感器在线检测淡水鱼体质量,再根据鱼体质量级别执行鱼体分级操作,实现鱼体的在线称质量分级,提高淡水鱼的分级效率,促进淡水鱼深加工装备的发展。

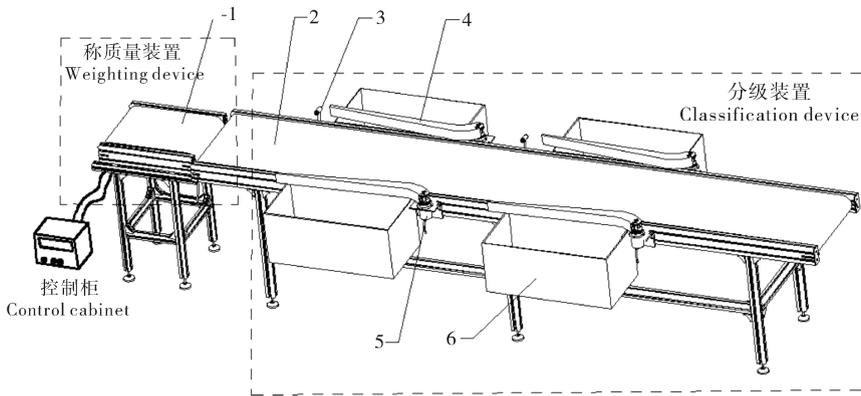
1 材料与方 法

1.1 总体结构与工作原理

1) 总体结构。淡水鱼体质量在线检测及分级系统总体结构如图 1 所示。

淡水鱼体质量在线检测及分级系统由称质量装置、分级装置、控制系统组成。其中称质量装置包括

称质量输送机、称质量传感器、信号调理电路等,用于对鱼体质量进行在线检测。分级装置与称质量系统连接,包括鱼体输送机、分拨机构及鱼体收集框等,其中鱼体输送机用于称质量后鱼体的输送分级;分拨机构对称固定在鱼体输送机两侧,根据鱼体的质量等级将鱼体分拨至不同的鱼体输出框。控制系统包括质量信息采集电路、光电传感器、液晶显示器、控制芯片等,其中光电传感器对称布置在分拨机构前面,用于检测鱼体在鱼体输送机上的位置;控制系统负责采集鱼体质量信息并驱动分拨机构进行工作,完成鱼体分级。



1. 称质量输送机 Weighting conveyor; 2. 鱼体输送机 Fish conveyor; 3. 光电传感器 Photoelectric sensor; 4. 分拨机构摇臂 Rocker arm; 5. 舵机 Servo; 6. 鱼体收集框 Collecting frame for fish body.

图 1 淡水鱼体质量在线检测及分级系统总体结构

Fig. 1 Online weight detection and weight classification device for freshwater fish

2) 工作原理。淡水鱼体质量在线检测及分级系统工作原理如图 2 所示。

待分级鱼体进入称质量装置并随称质量输送机移动过程中,控制系统在线采集鱼体质量信息,并判定鱼体质量等级。鱼体进入分级系统后,随鱼体输送机输送带移动,当鱼体进入光电传感器检测区域时,光电传感器产生响应,给出鱼体位置信息,并将信息传送至控制系统,控制系统根据鱼体的质量等级和位置信息发出指令,驱动分拨机构工作,将鱼体拨送至相应的鱼体输出框。如果鱼体的质量超出了淡水鱼鱼体质量在线检测及分级系统设定的称量、分级范围,则鱼体直接从输送机的末端输出,落在收集框中。

3) 性能参数。淡水鱼体质量在线检测及分级系统的主要参数如表 1 所示。

表 1 淡水鱼体质量在线检测及分级系统主要参数

Table 1 The main parameters of online weight detection and weight classification device for freshwater fish

参数 Parameters	数值 Values
系统总体尺寸(宽×长×高)/m×m×m Size of the device	0.4×3.0×0.8
称质量输送机尺寸(宽×长×高)/m×m×m Weighing conveyor size	0.4×0.6×0.8
鱼体输送机尺寸(宽×长×高)/m×m×m Fish conveyor size	0.4×2.4×0.8
称质量范围/g Weighing range	300~3 000
称质量误差范围/% Weighing error range	≤±0.73
分级等级 Grades	4
分级速率/(条/min) Grading speed	26
分级正确率/% Grading accuracy	>98
装置总功率/kW Power of the device	1.0

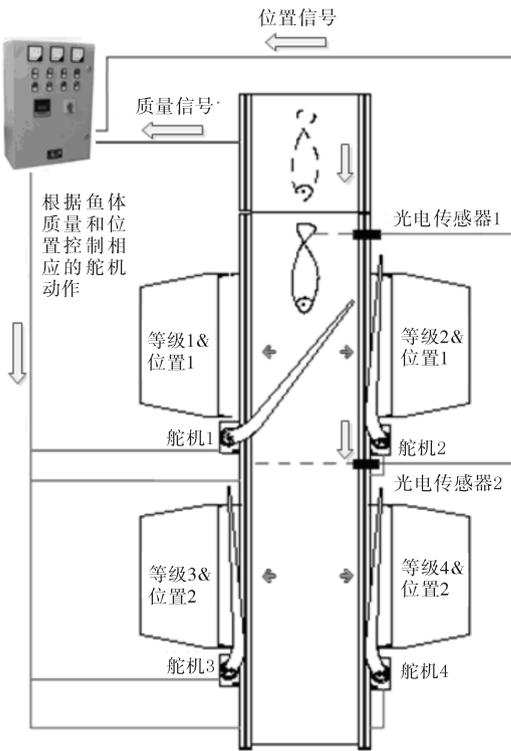


图 2 淡水鱼体质量在线检测及分级系统工作流程图

Fig. 2 Flowchart of online weight detection and weight classification for freshwater fish

1.2 主要部件设计

1) 称质量装置。①称质量装置结构及称质量工作原理。淡水鱼体质量在线检测及分级系统的称质量装置中,质量传感器为 4 只中航工业 L6D-5kg 型传感器,安装在称质量系统的主框架上,称质量输送机固定在传感器上面。称质量装置结构及传感器的布置方式如图 3 所示。

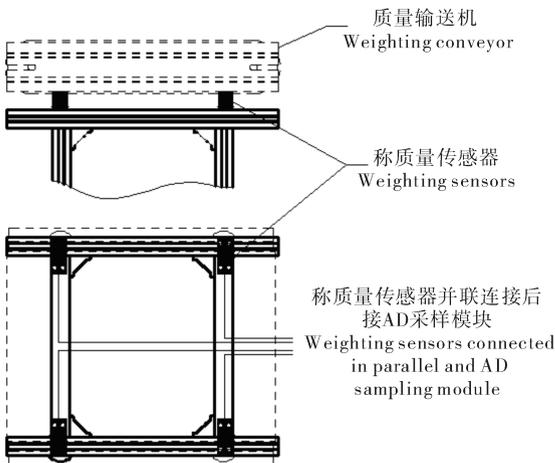


图 3 称质量装置结构及传感器布置方式

Fig. 3 The arrangement of weighing sensors

称质量装置信号调理电路由硬件信号滤波电路、运算放大电路、模数转换(AD 转换)电路等组成。称质量装置工作时,传感器不断采集鱼体的质量信息产生模拟信号,并将信号输送至调理电路,经滤波、放大、AD 转换等处理后变成质量数字信息,最后被输送至控制系统进行计算处理。称质量装置的质量信息采集工作流程如图 4 所示。

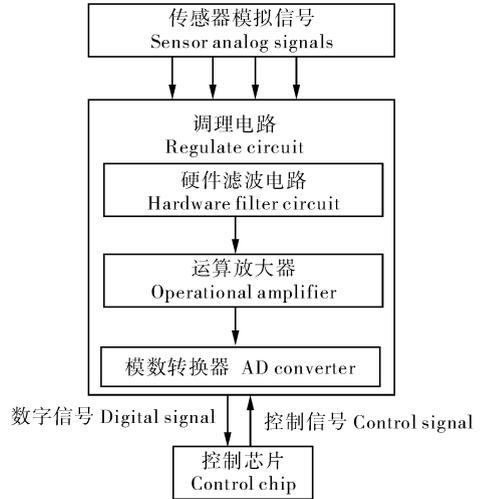


图 4 称质量装置质量信息采集工作流程

Fig. 4 The flowchart of weighing module

②称量装置偏载误差的修正。由于称质量装置采用 4 只质量传感器采集鱼体的质量信息,而不同的传感器之间会存在一定的灵敏度差异,同时传感器在安装时也会造成一定的称量误差。因此,称质量装置在工作时会产生一定的偏载误差。为了最大限度降低偏载误差,本研究采用循环采样法,即分别对 4 只质量传感器采集到的质量信号进行滤波、放大、模数转换等处理后,再将 4 组质量信号分别乘以补偿系数并相加作为鱼体的质量数据,即:

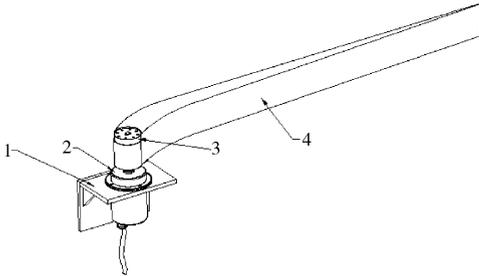
$$Q = K_1 \bar{W}_1 + K_2 \bar{W}_2 + K_3 \bar{W}_3 + K_4 \bar{W}_4 \quad (1)$$

其中, Q 为鱼体质量数值, \bar{W}_1 、 \bar{W}_2 、 \bar{W}_3 、 \bar{W}_4 分别为 4 个质量传感器所检测到的质量信号值, K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 分别为各传感器的补偿系数。补偿系数通过试验确定:将质量为 Q_x 的标准砝码放置在称质量装置输送带的几何中心,记录某一传感器的质量信号均值 \bar{W}_i ,则传感器相应的补偿系数 K_i 为:

$$K_i = \frac{4\bar{W}_i}{Q_x} \quad (2)$$

2) 分拨机构。①分拨机构结构。鱼体分拨机构由工业舵机、摇臂、舵机支座及紧固端盖组成,其中

工业舵机选用 UD-80F 型舵机,该舵机具有控制方便、扭矩大、速度快等特点。鱼体分拨机构摇臂安装在舵机输出轴上,并用紧固端盖进行固定,分拨机构通过舵机支座安装在输送机的两侧。鱼体分拨机构结构如图 5 所示。



1. 舵机支座 Servo bearing; 2. 工业舵机 Servo; 3. 紧固端盖 Fastening end cap; 4. 摇臂 Rocker arm.

图 5 分拨机构示意图

Fig. 5 Fish distribution mechanism

②摇臂结构的优化设计。摇臂的主要结构参数为摇臂的有效长度 L ,即舵机输出轴中心与摇臂末端的距离。在进行鱼体分拨试验时发现摇臂的有效长度 L 会影响鱼体分拨所需的时间以及摇臂分拨鱼体克服摩擦所需消耗的功率 P_f 。摇臂在分拨鱼体时对鱼体的作用力如图 6 所示。

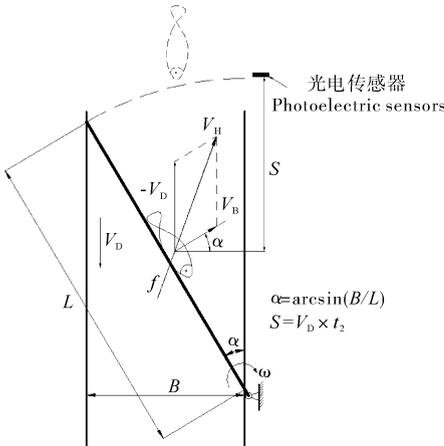


图 6 摇臂分拨过程中鱼体受力分析

Fig. 6 The fish body force during distribution

图 6 中 ω 为摇臂角速度, V_D 为鱼体皮带机的运行速度, V_H 为鱼体相对于皮带的合速度, V_B 为鱼体与摇臂接触处的线速度, L 为摇臂长度, B 为皮带宽度, S 为光电传感器至鱼体与摇臂接触位置的距离, f 为鱼体与皮带的摩擦力, α 为分拨摇臂最大摆动角度, t 为鱼体与摇臂接触的时间。

根据摇臂对鱼体的作用力分析可知,分拨过程

中摇臂克服摩擦所需消耗的功率 P_f 与摇臂长度 L 的关系为:

$$P_f = f \cdot \sqrt{V_D^2 + \left(\frac{\omega L}{2}\right)^2} - V_D \omega L \cos\left(\frac{\pi}{2} + \arcsin\left(\frac{B}{L}\right) - \omega \cdot t\right) \quad (3)$$

摇臂的长度 L 不仅影响从鱼体接触摇臂到分拨完成所需的时间 t_1 ,同时还决定了从传感器检测到鱼体至鱼体运动到与摇臂接触的时间 t_2 :

$$t_2 = (L - \frac{\sqrt{L^2 - B^2}}{2}) / V_D \quad (4)$$

则从传感器检测到鱼体至鱼体分拨完成所需时间 T 为:

$$T = t_1 + t_2 = \frac{\arcsin(\frac{B}{L})}{\omega} + (L - \frac{\sqrt{L^2 - B^2}}{2}) / V_D \quad (5)$$

为了优化摇臂的结构参数,本研究对摇臂长度 L 与摇臂分拨鱼体所需功耗 P_f 和时间 T 之间的关系进行仿真研究。随机选择一条淡水鱼作为对象,质量为 1.69 kg,采用摩擦系数测定仪测得鱼体与皮带的摩擦力 $f=6.5$ N,设定鱼体输送机与摇臂在工作时的相关参数为: $V_D=0.3$ m/s, $\omega=\frac{5\pi}{3}$ rad/s, $B=0.4$ m。

由于鱼体与摇臂接触的瞬间对摇臂的冲击力最大,瞬间的功率值也最大。因此,利用鱼体与摇臂接触瞬间的功率值反映摇臂所受的冲击大小,则根据式(3),鱼体与摇臂接触后 0.1 s 的功率与摇臂长度关系如图 7 所示。

从图 7 可看出,随着摇臂长度的增加,鱼体与摇臂接触瞬间的功率值逐渐增大,也即鱼体对摇臂的冲击逐渐增大,即对舵机轴的冲击也逐渐增大。根据式(5),传感器检测到鱼体至鱼体分拨完成所需时间 T 与摇臂长度 L 的变化关系如图 7 所示。

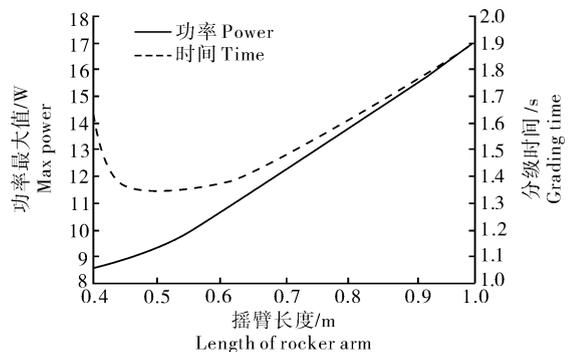


图 7 功率最值与分级时间随摇臂长度变化关系

Fig. 7 Change relationship of max power and grading time

从图 7 可知,从传感器检测到鱼体位置至鱼体分拨完成所用时间 T 在摇臂长度 L 为 0.5 m 左右时出现最小值,而在 0.4~0.5 m 之间逐渐减小,在 0.5~1.0 m 之间逐渐增大。为了保证分级机以较高的速度平稳运行,同时减少鱼体对摇臂的冲击以延长舵机的使用寿命,本研究选择摇臂长度为 0.55 m。同时,为了减少摇臂对舵机机轴的冲击,将摇臂设计为根部有一定圆弧过渡的形状。

3) 控制系统。鱼体质量在线检测及分级系统控制系统中,质量信号采集电路芯片型号为 ADS1256,控制芯片型号为 MSP430F149,均为美国德州仪器公司(TI)生产;光电传感器型号为 E3F-R2NK,为上海杭荣电气有限公司生产;液晶显示屏为 1602A 型液晶屏。控制系统工作原理如图 8 所示。

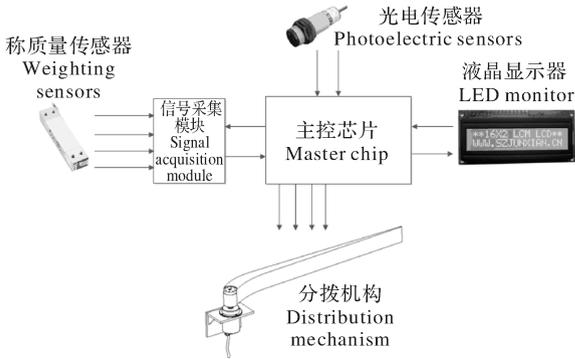


图 8 控制系统工作原理

Fig. 8 Principle diagram of the controlling system

鱼体质量在线检测及分级系统工作时,主控芯片驱动鱼体质量信号采集模块采集鱼体质量模拟信号,再进行模数转换变成数字信号;数字信号再传输至主控芯片,主控芯片对数字信号进行处理后转换为鱼体质量,并判断鱼体所属质量等级。当鱼体在输送机上随输送带运动至某一光电传感器检测区域时,光电传感器产生响应,并向单片机模块发出触发信号显示鱼体所在位置;最后单片机模块根据鱼体所属质量等级及所在位置控制相应的分拨机构执行分拨动作,完成鱼体的称质量分级。

1.3 鱼体质量在线检测及分级系统试验

1) 试验材料。为了验证鱼体质量在线检测及分级系统称质量装置的准确性,选择质量分别为 300、500、1 500、2 000、2 500、3 000 g 的砝码组进行试验。同时,为了评价分级装置的分级效率和分级正确率,分别购买鲫、鲢、草鱼及鳊等 4 种鲜活淡水鱼进行试验,每个品种淡水鱼各随机挑选 15 条,质量

范围为 300~3 000 g。为了防止鱼体在试验过程中翻动影响检测分级效果的评价,在检测之前先用钝器敲击鱼体头部将其击晕。

2) 试验方法。①称质量装置的称质量准确性验证。试验时,先利用 JM-B50001 型电子天平准确称量砝码组的质量,记为 M_{i0} ;再启动鱼体质量在线检测及分级系统称质量装置,待装置运行稳定后,将砝码组依次放入称质量系统的输送带上在线称量砝码组的质量,记为 M_{ij} ;改变称质量装置的运行速度重复进行试验,则称质量装置的称质量误差 e_{ij} 为:

$$e_{ij} = M_{ij} - M_{i0} \quad (6)$$

式(6)中, i 表示不同砝码组的编号, j 表示同一砝码组的试验次数。为了准确评价砝码组的在线称质量误差,对砝码组重复 20 次试验取误差平均值作为砝码组在线称质量误差,记为 \bar{e}_i ,则:

$$\bar{e}_i = \frac{\sum_{j=1}^{20} e_{ij}}{20} \quad (7)$$

②分级装置的分级效率和分级准确率评价。采用 JM-B50001 型电子天平依次称量鱼体样本的质量并进行记录,重复 3 次取平均值作为鱼体的质量 m_{i0} 。启动系统,使称质量装置在一定的速度下运行,同时设定鱼体输送机在不同速度下运行,待系统运行稳定后,将淡水鱼样本随机选择、依次放入鱼体质量在线检测及分级系统进行试验,记录鱼体的检测质量 m_{ij} 以及鱼体被正确分级的次数 n_i ,并记录鱼体从放入称质量系统输送机至被分拨至收集框的时间 t_{ij} (秒)。对每条淡水鱼样本重复检测 5 次。最后对记录数据进行统计分析,则分级装置的检测分级速率 v 为:

$$v = \frac{60}{\frac{1}{4 \times 15 \times 5} \sum t_{ij}} = \frac{60 \times 4 \times 15 \times 5}{\sum t_{ij}} \quad (8)$$

式(8)中, v 的单位为条/min(取整数)。 i 表示鱼体样本编号, $i=1, \dots, 60$ 。 j 表示重复次数, $j=1, \dots, 5$ 。

鱼体的分级正确率为:

$$p = \frac{\sum n_i}{4 \times 15 \times 5} \times 100\% \quad (9)$$

式(9)中 p 为分级正确率, n_i 为不同编号鱼体在重复试验中的正确分级次数。

2 结果与分析

2.1 称质量装置的称质量准确性验证

根据鱼体质量在线检测及分级系统称质量装置

的结构和工作特点,设置称质量系统输送机的运行速度分别为 0.08、0.16、0.24、0.32 m/s,则砝码组在不同速度下的误差及范围如图 9 所示。

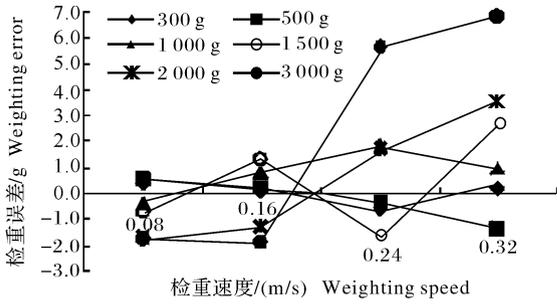


图 9 不同检重速度下称质量误差的变化规律
Fig. 9 Change relationship of weighing error and weighing speed

从图 9 可以看出,随着称质量输送机运行速度的增加,不同砝码组的在线称质量平均误差也逐渐增大。这是由于随着称质量输送机运行速度增加,系统振动会逐渐增大,传感器在检测时受到的干扰也越大。因此,检测误差随之增大。在称质量输送机运行速度较低的情况下,砝码组平均误差相差不大,这是由于输送机运行速度较低,系统运行平稳,检测值准确,重现性较好。根据试验可知,当称质量输送机的运行速度在 0.16~0.24 m/s 时,装置的误差范围为±0.73%,此误差在《GB/T 14249.2—1993 电子衡器通用技术标准》^[15]的允许范围之内。因此,当称质量输送机的运行速度设置在 0.16~0.24 m/s 时,装置的检测结果可以认为是真实可信的。

2.2 分级装置的分级速率和分级正确率评价

根据鱼体质量在线检测及分级系统称质量装置的结构和工作特点,设定称质量输送机的运行速度为 0.20 m/s,则分级输送机的速度设定为 0.10、0.15、0.20、0.25、0.30 m/s 时鱼体质量在线检测及分级系统分级装置的分级速率和分级正确率如图 10 所示。

从图 10 可知,随着鱼体输送机运行速度的增加,鱼体质量在线检测及分级系统的分级速率逐渐增加;但分级正确率却呈现先增加后降低的变化趋势。这是由于随着鱼体输送机运行速度的增加,输送速度加快,单条鱼体分级所需时间减少,故分级系统的分级速度增加。而分级正确率的变化则与分级系统中鱼体对光电传感器的触发以及分拨机构摇臂的摆动状态有关。当输送机速度过慢时,鱼体经过光电传感器触动分拨机构摇臂摆动至分拨位置,若

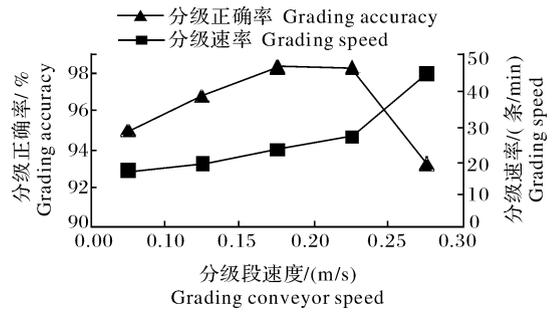


图 10 不同分级速度下分级正确率及分级速率的变化规律
Fig. 10 Change relationship of weighing accuracy and grading speed

鱼体不能及时达到分拨区域,则摇臂在归位时不能对鱼体进行分拨,最终导致分级失败;而当输送机速度过快时,鱼体经过光电传感器触动分拨机构摇臂摆动,但鱼体运动速度过快,可能导致摇臂在摆动至分拨位置过程中将鱼体击出至相对的等级而导致分级失败。根据鱼体的分级试验结果,在保证分级装置的分级速率和正确率的情况下,可以将鱼体输送机的输送速度设置为 0.20 m/s 至 0.25 m/s 的范围内,此时鱼体质量在线检测及分级系统的平均分级速率为 26 条/min,分级正确率为 98% 以上。

3 讨论

快速称质量和分级在淡水鱼加工过程中是非常重要的一个工艺环节,快速称质量分级的检重精度直接影响三去(去头、内脏及鳞)的可行性和效率,而分级速率可以影响淡水鱼产品的风味、品质和生产周期,因此,本研究所设计的淡水鱼体质量在线检测及分级系统有比较可观的应用价值和发展前景。本系统的分拨机构采用了工业舵机作为驱动力,使得整个系统结构紧凑,维护方便;机架采用铝合金型材,与不锈钢材料相比,加工简单,安装调试方便;由于采用了电子称质量的方式对鱼体质量进行在线检测,因此,鱼体质量等级区间的调整非常方便,和按鱼体外形尺寸分级的机械式分级装置相比,精度更高;同时利用砝码组对鱼体称质量装置的准确性进行了验证,当输送机的运行速度设置为 0.16~0.24 m/s 范围内时,装置的误差范围为±0.73%,称量结果可满足系统的工作要求。试验结果表明,当称质量装置输送机速度设定为 0.20 m/s,鱼体输送机速度设定为 0.20~0.25 m/s 时,对 300~3 000 g 的淡水鱼样本可分为 4 个等级;该系统具有较好的分级

效果,平均分级速率达到 26 条/min,正确率为 98% 以上,相较于人工分级已经有较大的提高,可用于淡水鱼的工业化前处理操作。如果可以进一步提高称质量装置的检测精度与稳定性,系统的分级效率还有很大的提升空间。

参 考 文 献

- [1] 戴新明,熊善柏.湖北省淡水鱼加工与综合利用[J].渔业现代化,2004,31(2):42-43.
- [2] 段传胜,单杨.淡水鱼鱼糜加工的研究进展与关键性技术探讨[J].农产品加工学刊,2007(7):50-58.
- [3] 李玲,宗力,王玖玖,等.大宗淡水鱼加工前处理技术和装备的研究现状及方向[J].渔业现代化,2010,37(5):43-46.
- [4] 谭旭,唐云岚,陈英武.基于粗糙集的烤烟烟叶智能分级方法[J].农业机械学报,2009,40(6):169-174.
- [5] 梅慧兰,邓小玲,洪添胜,等.柑橘黄龙病高光谱早期鉴别及病情分级[J].农业工程学报,2014,30(9):140-147.
- [6] 应义斌,饶秀勤,黄永林,等.水果高速实时分级机构控制系统[J].农业机械学报,2004,35(5):117-121,116.
- [7] 李光梅,魏新华,李法德,等.水果机器视觉质量综合分选机的设计[J].农机化研究,2008(11):124-126.
- [8] 魏新华,孙卫红,李道亮,等.水果自动分选机分级卸料实时控制系统的控制设计[J].仪器仪表学报,2008,29(5):1024-1028.
- [9] 王莉.FJZ—500 型水果重量分级机称量误差理论分析[J].农业机械学报,1997,28(1):89-93.
- [10] 温鹿,郁志宏,韩宝生,等.禽蛋重量检测分级机械系统的设计[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2012,33(5/6):169-173.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 庄育锋,胡晓瑾,翟宇.基于 BP 神经网络的微量药品动态称质量系统非线性补偿[J].仪器仪表学报,2014,35(8):1914-1920.
- [14] 郭爱琴,郭午阳,朱利民,等.多传感器电子秤非线性补偿电路的研究[J].传感器与微系统,2006,25(1):39-40,43
- [15] 国家技术监督局.电子衡器通用技术标准 GB/T 14249.2—1993 [S].北京:中国标准出版社,1993.

Designing a system of online weight detection and weight classification for freshwater fish

WANG Kundian WAN Peng TAN Hequn ZONG Li

*College of Engineering, Huazhong Agricultural University/
The Sub-centre (Wuhan) of National Technology and R&D of Staple
Freshwater Fish Processing, Wuhan 430070, China*

Abstract A system of online weight detection and weight classification for freshwater fish was designed. The system detected the fish weight with an electronic weighing module. Weight signal of fish body was collected by the pressure sensors when the fish reached weighting area. The signal was sent to the control chip for storage and analysis after processed by the conditioning circuit. After figuring out the weight of the fish, the control chip judged the weight grade of the fish and sent the grade information to the fish distribution mechanism for distribution. The photoelectric sensors sent location information to the control chip after the fish reached the sensors installed on the fish conveyor. The controlling system allocated corresponding mechanisms to finish distribution depending on the weight grade and location information. Different weight sets were used to test the accuracy of the weighting device. The results showed that the weighting error was between $\pm 0.73\%$ when the weighting speed was between 0.16 m/s and 0.24 m/s. Results of performance test showed that the system can process 26 fish per minute with the classification accuracy of more than 98%. The weighing speed was 0.20 m/s. The distribution speed was between 0.20 m/s to 0.25 m/s. The fishes weighed between 300 g to 3 000 g were divided into 4 classes.

Keywords fish weight; online detection; weight classification; system design; freshwater fish process

(责任编辑:陆文昌)