

淡水鱼往复式去脏装置设计与工艺优化

Design and process optimization of reciprocating decontaminating device for freshwater fish

夏伟伟¹孟庆国¹张畅原¹张旭¹徐子向²XIA Wei-wei¹ MENG Qing-guo¹ ZHANG Chang-yuan¹ ZHANG Xu¹ XU Zi-xiang²

(1. 大连工业大学机械工程与自动化学院, 辽宁 大连 116034; 2. 日照鑫博机械设备有限公司, 山东 日照 276824)

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China; 2. Rizhao Xinbo Machinery Equipment Co., Ltd., Rizhao, Shandong 276824, China)

摘要:为解决现有除脏装置易刮伤鱼腹的问题,设计了一种可往复作业的淡水鱼去脏设备。以鲤鱼为试验对象,建立以内脏去除程度和鱼腹完好程度为评价指标的去脏效果感官评定模型,分析除脏刀往复作业的起始位置、进给速度、进给量等工艺参数对去脏效果的影响,并对其工艺参数进行优化。结果表明:增大起始位置和进给量及减少进给速度有利于提高内脏去除程度,但造成鱼腹损伤的可能性也将增大。去脏工艺参数对去脏综合效果的影响顺序为进给速度>进给量>起始位置。当起始位置为 27 mm,进给速度为 0.23 m/s,进给量为 64 mm 时,综合去脏效果最佳,内脏去除程度和鱼腹完整程度评分分别为 4.65, 4.82。

关键词:淡水鱼; 往复式; 去脏装置; 感官评定; 鲤鱼

Abstract: In order to solve the problem that the fish belly is easy to scratch by the existing dirt-removing device, a kind of dirt-removing device for freshwater fish with reciprocating operation is designed. Taking carp as the test object, a sensory evaluation model of dirt-removing effect was established with visceral removal degree and fish belly integrity degree as evaluation indexes. The influences of process parameters such as starting position, feed speed and feed quantity of reciprocating operation of dirt-removing tool on dirt-removing effects were analyzed, and the process parameters were also optimized. By increasing the starting position and feeding rate, decreasing the feeding rate were beneficial to the improvement of the degree of internal organs removal, but the possibility of abdominal injury was in-

creased. The order of influence of process parameters on the comprehensive effects of dirt-removal was operational speed > feed rate > starting point. When the starting position was 27 mm, the feed rate was 0.23 m/s, and the feed rate was 64 mm, the internal organs removal degree and the fish abdomen integrity degree score were 4.65 and 4.82, respectively. The comprehensive dirt-removal effect of this scheme was the best.

Keywords: freshwater fish; Freshwater fish; active decontamination device; response surface; sensory evaluation; carp

近年来中国淡水鱼市场迅速发展,其制品产量逐年上升^[1]。淡水鱼类产品前处理加工包括分级、去头、去鳞、去脏和清洗等多道工序^[2-3]。其中,去脏是鱼类前处理工序中一个重要环节,高质高效去脏是整个加工过程的技术难点。传统鱼类去脏通常采用人工方式,加工效率低、质量稳定性差,无法满足大批量鱼类去脏加工的需求。

淡水鱼去脏加工主要采用接触式的破腹去脏方法,工作原理:鱼类物料在输送皮带、固定夹片、仿形料槽等装置的夹持或固定下先进行鱼腹剖切,再利用除脏轮、除脏刀、除脏刷等去脏装置进入鱼腹,通过拉扯、刮擦作用去除内脏^[4-7]。陈庆余等^[8]研究了不同除脏轮构型及参数等对鱼去脏效果的影响。胡晓亮等^[9]研究了皮带夹送形式下鱼去脏工艺参数优化方法,给出了两种不同形体鱼类的最佳去脏工艺参数。张军文等^[10]设计了用于大黄鱼鱼体开背和脏腔定位的仿形料槽。朱国等^[11]研究了鱼体在剖鱼机夹片中受力有限元分析,并优化了剖鱼机夹片结构。上述报道基于鱼类形体特点、去脏加工要求等研究了鱼去脏装置开发、性能评估及参数优化等,对如何提高去脏加工质量、效率及适用性等的方法和工艺进行了详细探讨。但此类研究仍存在不足,尤其是在针对鱼去脏加工损伤的研究较为缺乏。

基金项目:国家重点研发计划项目(编号:2018YFD0400800);国家自然科学基金(编号:31701696)

作者简介:夏伟伟,男,大连工业大学在读硕士研究生。

通信作者:张旭(1978—),男,大连工业大学讲师,博士。

E-mail: zhangxu_dlut@163.com

收稿日期:2020-10-02

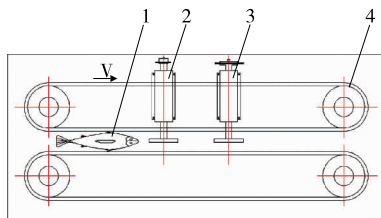
接触式去脏过程中内脏的去除程度和鱼体的损伤程度均与作业深度密切相关。一般而言,去脏装置探入鱼腹的深度在一定程度上越大,其去脏效果越好,但过度接触作用也会使鱼腹损伤的可能性增大。因此,拟设计一种适合淡水鱼类的主动式去脏加工装置,通过去脏装置作业深度的动态调节,以达到确定去脏效果的同时降低鱼腹损伤的综合效果。采用响应面试验方法,研究除脏轮往复作业的起始位置、进给速度、进给量等参数对综合去脏效果的影响,并进行感官评定,优化去脏参数,为鱼类去脏装置研发和工艺优化提供依据。

1 往复式去脏装置方案设计

1.1 去脏原理

皮带输送式去脏原理如图 1 所示,鱼体 1 以腹部向下的姿态从设备左侧喂入,由对称的皮带 4 夹持以一定速度输送,经剖切装置 2 剖腹,再输送至去脏工位,经除脏装置 3 将内脏带出。

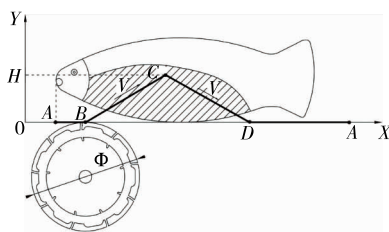
往复式去脏工作原理如图 2 所示。设除脏刀在鱼腹内最大作业深度为 H ,除脏刀直径为 Φ ,以鱼体最前端到达除脏刀轴中心位置为作业起点(A 点), B 点为除脏刀向上给出的起始位置,此时除脏刀以给出速度 V 向上运动,到达 C 点(最大作业深度)后再以同样速度向下运动,回到起始高度位置 D 点,并停留等待下一条鱼到达。除脏刀最高点作业轨迹经由 $A-B-C-D-A$ 完成一个工作周期。



1. 鱼体 2. 剖切装置 3. 除脏装置 4. 皮带

图 1 皮带输送式去脏设备原理图

Figure 1 Schematic diagram of belt conveyor decontamination equipment



曲线表示除脏刀最高点在鱼腹中的作业轨迹

图 2 往复式去脏装置作业轨迹原理

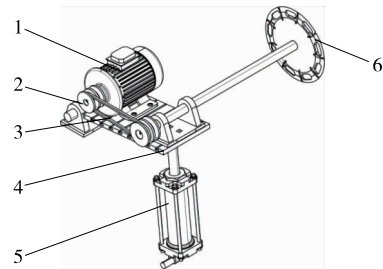
Figure 2 Working track principle of reciprocating dirt removal device

1.2 往复式去脏装置设计

为实现去脏作业深度的动态调节功能,设计一种可上下往复给进的往复式去脏装置(见图 3),该装置主要由电机、皮带、皮带轮及传动轴、除脏刀、托板和升降气缸构成。工作原理:电机 1 经由带式传动带动除脏刀 6 实现去脏功能,除脏装置置于托板 4 上,托板 4 一端与机架铰接,其在升降气缸 5 作用下进行一定角度的摆动,由于摆动过程中除脏刀的上下位移量远大于左右位移量,因此除脏装置可近似视为往复上下进给。通过除脏装置上下进给运动和鱼体水平夹送运动的联合作用,从而实现如图 2 所示的去脏轨迹规划。

该往复式进给去脏装置的机构运动简图如图 4 所示。向上进给作业时,进给气缸推进且气缸自身绕 O 点逆时针旋转,带动托板 $O'A$ 从水平位置绕 O' 逆时针旋转到 $O'A'$ 位置,夹角为 β 。当除脏刀从初始工位 A 运动至 A' 时,达到鱼腹内的最大作业深度 H 。设该过程中进给气缸推进距离为 ΔL ,摆角为 α ,则摆角 α 与托板长度 P 和 ΔL 的关系为:

$$\begin{cases} \alpha = f(P, \Delta L) \\ \Delta L = L' - L \\ \frac{L + H}{L'} = \cos \alpha \\ \frac{P \times (1 - \cos \beta)}{L + H} = \tan \alpha \end{cases}, \quad (1)$$



1. 电机 2. 皮带轮及传动轴 3. 皮带 4. 托板 5. 升降气缸 6. 除脏刀

图 3 往复式进给去脏装置示意图

Figure 3 Schematic diagram of reciprocating feed device

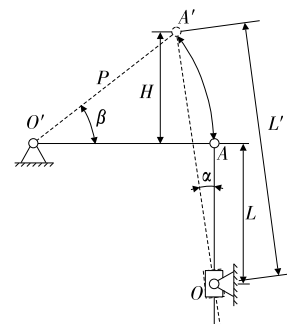


图 4 机构运动简图

Figure 4 Mechanism movement diagram

式中:

P ——托板长度, mm;

β ——托板摆角, rad;

α ——气缸摆角, rad;

L ——气缸初始长度, mm;

L' ——气缸终止长度, mm;

ΔL ——气缸推进距离, mm;

H ——鱼腹最大作业深度, mm。

2 材料与方法

2.1 试验材料

鲜活鲤鱼: 重量 (1.5 ± 0.5) kg, 体长 (30 ± 5) cm, 市售。

2.2 设备及工作过程

淡水鱼往复去脏机(图 5): 大连工业大学和日照鑫博机械设备有限公司联合研制;

工作过程: 将鱼体腹部朝下沿机架凹槽部分喂入夹送装置, 鱼体经由剖切、除脏刀去脏、滚刷刷洗及水射流清洗等工序, 最后从卸料口滑落。

2.3 试验方法

2.3.1 单因素试验 淡水鱼往复去脏机作业时, 去脏效果主要受除脏刀向上进给的起始位置(给进起始点与作业起点的相对位置)、进给速度(气缸推进平均速度)、进给量(鱼腹最大作业深度)3 个参数影响。带传送速度设定为 0.2 m/s, 除脏刀直径设定为 200 mm, 除脏刀转速设定为 1 200 r/min。经预试验确定起始位置为 10~50 mm, 进给速度为 0.1~0.3 m/s, 进给量为 40~80 mm。

(1) 起始位置对去脏效果的影响: 固定进给速度为 0.2 m/s, 进给量为 60 mm, 考察起始位置(10, 20, 30, 40, 50 mm)对内脏去除程度和鱼腹完整程度的影响。

(2) 进给速度对去脏效果的影响: 固定起始位置为 30 mm, 进给量为 60 mm, 考察进给速度(0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 m/s)对内脏去除程度和鱼腹完整程度的影响。

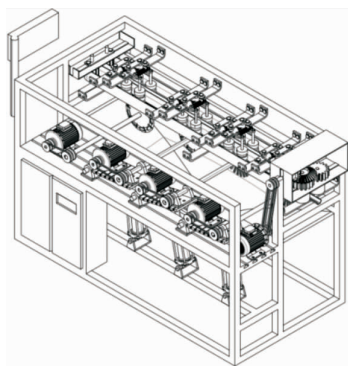


图 5 淡水鱼往复去脏机

Figure 5 Freshwater fish reciprocating dirty machine

(3) 进给量对去脏效果的影响: 固定起始位置为 30 mm, 进给速度为 0.2 m/s, 考察进给量(40, 50, 60, 70, 80 mm)对内脏去除程度和鱼腹完整程度的影响。

2.3.2 Box-Behnken 设计 根据单因素试验结果, 选取进给起始位置、进给速度、进给量 3 个因素作为考察对象, 以内脏去除程度和鱼腹完整程度的综合感官评分作为评价指标, 设计三因素三水平响应面试验优化往复去脏工艺条件。

2.3.3 感官评定 根据文献[12]的方法评判内脏去除程度和鱼腹完整程度。由 10 名专业人员对去脏试验后的鱼体进行评判并取平均值。鱼体内脏去除程度和鱼腹完整程度感官评分权重系数分别为 0.6, 0.4, 其标准见表 1。

2.3.4 数据处理 每组试验取 3 个试验样本, 分别计算内脏去除程度和鱼腹完整程度得分, 取平均值作为该组试验的最后结果。利用 Origin 软件和 Design-exper 软件对试验数据进行描述与分析。

3 结果与分析

3.1 单因素试验

3.1.1 起始位置 由图 6 可知, 随着起始位置的后移, 内脏去除程度先升高后降低, 鱼腹完整程度逐渐降低。当起始位置太靠前(≤ 10 mm)时, 除脏刀过早完成给进动作并退出鱼腹, 未造成鱼腹损伤, 但不能有效清除鱼腹后半段内脏。当起始位置太靠后(≥ 50 mm)时, 除脏刀在

表 1 内脏去除程度和鱼腹完整程度感官评分标准

Table 1 Sensory scoring standards for the degree of visceral removal

评分	内脏	鱼腹
4~5	内脏基本去除	鱼腹无明显损伤
3~4	内脏有些许残留	鱼腹无明显损伤但有轻微划痕
2~3	有少部分内脏残留	鱼腹小面积损伤
1~2	有部分内脏残留	鱼腹大面积损伤
0~1	有较多内脏残留	鱼腹严重损伤

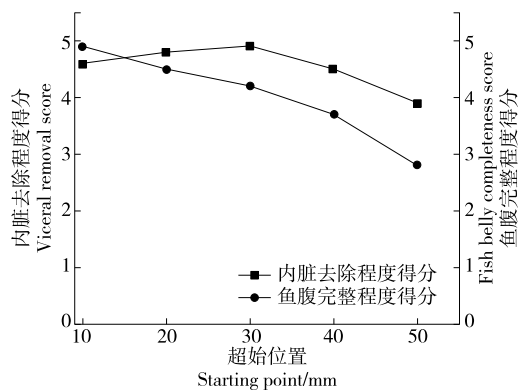


图 6 起始位置对去脏效果的影响

Figure 6 Effect of starting position on dirt removal

上升阶段来不及清除鱼腹前半段内脏,而在下降阶段则会对鱼腹后半段造成损伤。

3.1.2 进给速度 由图 7 可知,内脏去除程度随进给速度的增大而降低,鱼腹完整程度随进给速度的增大而提高。进给速度低除脏刀在鱼腹内作业时间长,不影响去脏效果,但刀具下降得太慢则可能划伤鱼腹。当进给速度为 0.10~0.15 m/s 时,刀具不但损伤了鱼腹,还划伤了后方鱼体,评分大幅降低。进给速度越快,除脏刀越早退出鱼腹,造成的损伤越小,但也导致鱼腹后半段去脏效果不佳。

3.1.3 进给量 由图 8 可知,内脏去除程度随进给量的增大而增大,鱼腹完整程度随进给量的增大而降低。进给量过小,除脏刀的作业深度不足,去脏效果不佳,但除脏刀划伤腹膜的机会也越少;进给量越大,除脏刀在鱼腹较深处作业的时间越长,去脏效果越好,但刀具划伤腹膜的可能性也越大,尤其是当进给量大于鱼腹实际最大深度时,必然会造成腹部损伤。

3.2 响应面优化试验

3.2.1 试验设计与分析 试验因素与水平编码表见表 2,试验设计与结果见表 3。

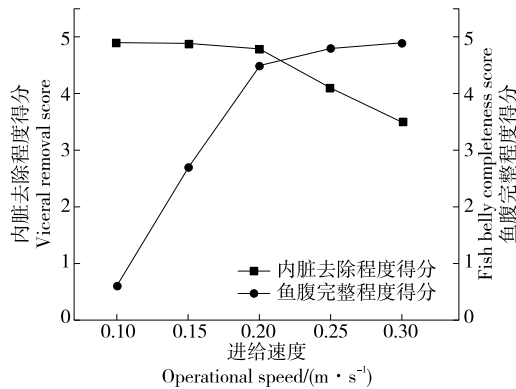


图 7 进给速度对去脏效果的影响

Figure 7 Effect of operational speed on dirt removal

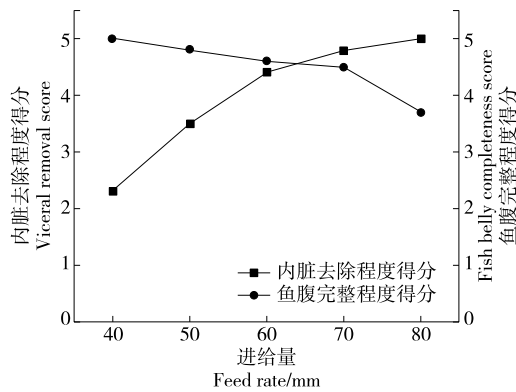


图 8 进给量对去脏效果的影响

Figure 8 Effect of feed rate on dirt removal

3.2.2 模型的建立及方差分析 对表 3 结果进行多元二次方程回归分析^[13],建立内脏去除程度 Y_1 和鱼腹完整程度 Y_2 的函数关系:

$$Y_1 = 4.68 + 0.025X_1 - 0.3X_2 + 0.5X_3 + 0.13X_1X_2 - 0.17X_1X_3 - 0.18X_2X_3 - 0.078X_1^2 - 0.28X_2^2 - 0.43X_3^2, \quad (2)$$

$$Y_2 = 4.78 - 0.16X_1 + 1.64X_2 - 0.57X_3 + 0.025X_1X_2 - 0.15X_1X_3 + 0.8X_2X_3 - 0.58X_1^2 - 1.43X_2^2 + 0.2X_3^2. \quad (3)$$

由表 4 可知,模型 $P < 0.0001$,表明模型极显著,失拟项 $P = 0.0427$,说明未知因素对试验结果干扰很小,该模型与实际测量值的拟合情况很好; $R^2 = 0.9819$, $R_{adj}^2 = 0.9587$,表明回归关系可以解释因变量 98.19% 的变异, $CV = 2.28\%$,说明模型数据的准确度较好,有较好的可靠性。一次项 X_2 、 X_3 和二次项 X_2^2 、 X_3^2 对内脏去除程度影响极显著 ($P < 0.01$),一次项 X_1 和交互项 X_1X_2 、 X_1X_3 、 X_2X_3

表 2 因素及水平编码表

Table 2 Factor level coding table

编码	X_1 起始位置/ mm	X_2 进给速度/ ($m \cdot s^{-1}$)	X_3 进给量/ mm
1	40	0.3	70
0	30	0.2	60
-1	20	0.1	50

表 3 试验设计与结果

Table 3 Experimental design and results

序号	X_1	X_2	X_3	内脏去除 效果(Y_1)	鱼腹完整 程度(Y_2)
1	-1	-1	0	4.8	0.9
2	1	-1	0	4.6	0.7
3	-1	1	0	3.8	4.8
4	1	1	0	4.1	4.7
5	-1	0	-1	3.5	4.8
6	1	0	-1	3.9	4.6
7	-1	0	1	4.8	4.5
8	1	0	1	4.5	3.7
9	0	-1	-1	3.5	0.9
10	0	1	-1	3.4	4.9
11	0	-1	1	4.9	0.6
12	0	1	1	4.1	4.8
13	0	0	0	4.7	4.7
14	0	0	0	4.6	4.9
15	0	0	0	4.8	4.8
16	0	0	0	4.6	4.8
17	0	0	0	4.7	4.7

对内脏去除程度影响显著($P<0.05$);一次项 X_2 、 X_3 和二次项 X_2^2 对鱼腹完整程度影响极显著($P<0.01$),一次项 X_1 、交互项 X_2X_3 以及二次项 X_1^2 对鱼腹完整程度影响显著($P<0.05$)。由 F 值可知,各因素对鱼内脏去除程度评分影响大小依次为进给速度>进给量>起始位置,各因素对鱼腹完整程度评分影响大小依次为进给速度>进给量>起始位置。

3.2.3 响应面分析 由图 9 可知,当进给量不变,随着进给速度的增加,除脏刀在鱼体内作业时间减少,鱼体在除脏刀作业时的位移变小,内脏去除程度评分逐渐下降;随着起始位置的增大,除脏刀无法彻底去除鱼内脏,内脏去除程度评分逐渐下降。当进给速度不变时,随着进给量的增加,除脏刀在鱼体内插入的深度和作业时间均增加,当进给量达到 65 mm 后,内脏去除程度评分基本保持不

变;随着起始位置的增大,内脏去除程度评分先增大后减小。当起始位置不变时,随着进给量的增加,内脏去除程度评分先上升后趋于稳定,这是因为当进给量到达一定程度后内脏已被完全去除,因此内脏去除程度评分不再变化;随着进给速度的增加,除脏刀在鱼体内作业时间减少,内脏去除程度评分逐渐降低。

由图 10 可知,当进给量不变时,随着进给速度的增加,除脏刀在鱼体内作业时间减少,鱼体在除脏刀作业时的位移变小,因此鱼腹完整程度评分逐渐上升;随着起始位置的增大,鱼腹完整程度逐渐下降。当进给速度不变时,随着进给量的增加,鱼腹完整程度评分基本保持不变,因为此时除脏刀仅在鱼体内完成去脏动作后就从鱼体内退出,此时产生的位移并不能使除脏刀在退出鱼体时损伤到鱼腹;随着起始位置的增大,鱼腹完整程度评分

表 4 回归系数显著性分析[†]

Table 4 Significance analysis of regression coefficient

变异来源	平方和		自由度	均方		F 值		P 值	
	Y_1	Y_2		Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
模型	4.24	47.44	9	0.47	5.27	42.28	204.43	<0.000 1 **	<0.000 1 **
X_1	0.01	0.21	1	0.01	0.21	0.45	8.19	0.020 1 *	0.024 3 *
X_2	0.72	32.40	1	0.72	32.40	264.62	1 256.56	<0.000 1 **	<0.000 1 **
X_3	2.00	0.32	1	2.00	0.32	179.49	12.41	<0.000 1 **	<0.000 1 **
X_1X_2	0.06	0.003	1	0.06	0.003	5.61	0.10	0.049 7 *	0.764 6
X_1X_3	0.12	0.09	1	0.12	0.09	10.99	3.49	0.012 8 *	0.103 9
X_2X_3	0.12	0.01	1	0.12	0.01	10.99	0.39	0.012 8 *	0.033 2 *
X_1^2	0.03	0.17	1	0.03	0.17	2.27	6.70	0.175 7	0.036 1 *
X_2^2	0.32	13.68	1	0.32	13.68	29.10	530.53	0.001 0 **	<0.000 1 **
X_3^2	0.77	0.13	1	0.77	0.13	69.06	5.14	<0.000 1 **	0.057 9
残差	0.08	0.18	7	0.01	0.03				
失拟项	0.05	0.15	3	0.02	0.05	2.38	7.26	0.210 4	0.042 7
误差	0.03	0.03	4	0.01	0.01				
总离差	4.32	47.62	16						

[†] * * 表示差异极显著($P<0.01$), * 表示差异显著($P<0.05$); $R^2=0.981\ 9$, $R_{Adj}^2=0.958\ 7$, $CV=2.28\%$ 。

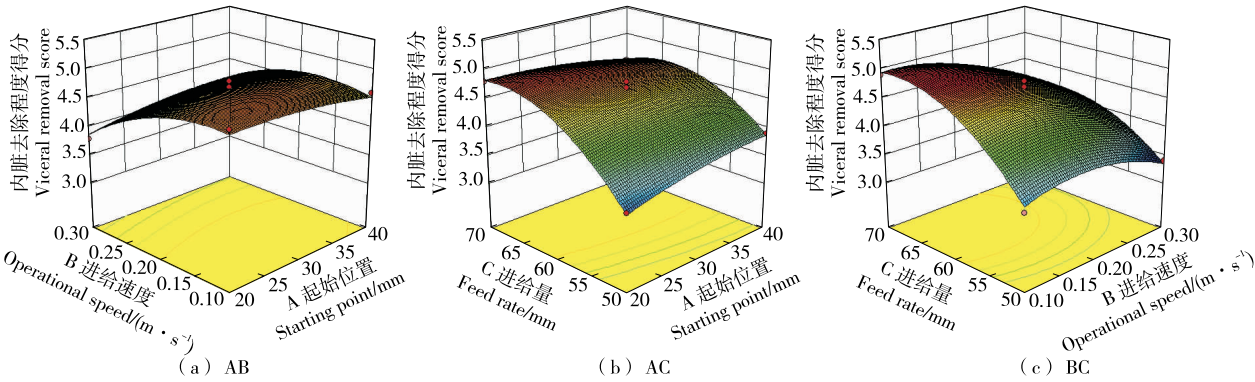


图 9 两因素交互作用对内脏去除程度的响应面图

Figure 9 The response surface of the two-factor interaction to the degree of visceral removal

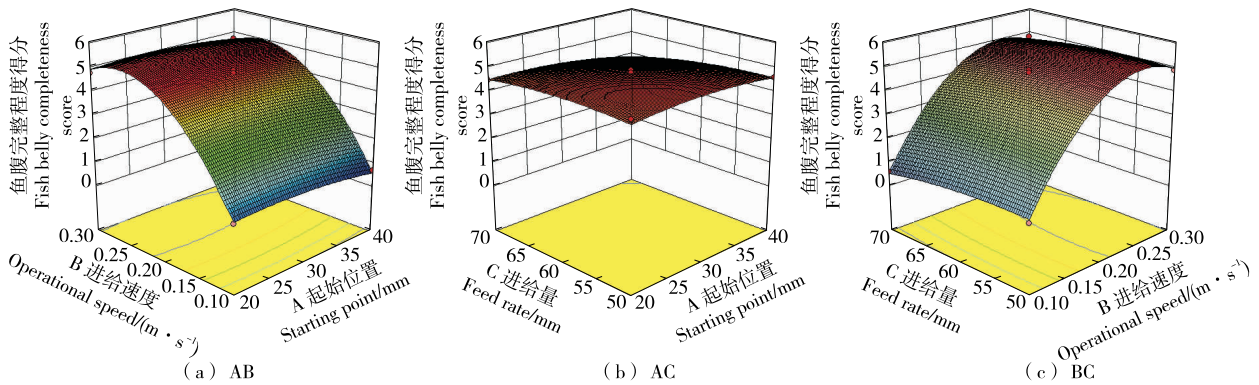


图 10 两因素交互作用对鱼腹完整程度的响应面图

Figure 10 Response surface diagram of the interaction of two factors on the complete ventral process of fishes

基本保持不变。当起始位置不变时,随着进给量的增加,除脏刀在鱼体内作业时间延长,鱼体在除脏刀作业时的位移变大,但在一定的位移范围内,除脏刀对鱼腹的损伤基本为0,因此鱼腹完整程度评分先保持不变后降低;随着进给速度的增加,除脏刀在鱼腹内作业时间快速下降,当进给速度达到0.25 m/s后,鱼腹完整程度评分基本保持不变,鱼腹完整程度评分先快速上升后保持稳定。

3.2.4 工艺参数优化 对式(2)、(3)进行归一化处理,根据其权重系数分配,最终得到综合优化方程:

$$Y = 4.72 - 0.05X_1 + 0.63X_2 + 0.22X_3 + 0.085X_1X_2 - 0.17X_1X_3 - 0.085X_2X_3 - 0.13X_1^2 - 0.89X_2^2 - 0.33X_3^2。$$

(4)

根据综合优化方程得最佳往复去脏工艺参数为:起始位置 26.66 mm,进给速度 0.232 m/s,进给量 63.78 mm,此条件下内脏去除程度和鱼腹完整程度评分分别为 4.52,4.75。为便于操作,将去脏工艺条件修正为起始位置 27 mm,进给速度 0.23 m/s,进给量 64 mm,进行3次实验验证,得到内脏去除程度和鱼腹完整程度评分分别为 4.65,4.82,与预测值相接近;各组试验鱼内脏基本完全去除,鱼腹无明显损伤,说明该去脏模型预测优化往复去脏装置工艺参数较为合适。

4 结论

设计了一种具有可往复作业的主动式鱼去脏装置,该装置可以实现除脏刀上下往复运动,作业时除脏刀上升深入鱼腹去除内脏,非作业时间除脏刀下移,避免了除脏刀与鱼腹干涉引起的作业损伤。结果表明,增大起始位置和进给量,减少进给速度有利于提升内脏去除程度,但同时容易对鱼腹造成损伤。影响综合去脏效果的主次因素为进给速度>进给量>起始位置。当起始位置为27 mm,进给速度为0.23 m/s,进给量为64 mm时,内脏去除程度和鱼腹完整程度评分分别为4.65,4.82,该方案的综合去脏效果最佳。试验未能建立除脏参数与除脏效果的定量关系,后续可研究大量不同淡水鱼样本,将模型

进行补充与优化,提高建模精度。

参考文献

- [1] 欧阳杰, 沈建. 淡水鱼加工技术研究进展[J]. 肉类研究, 2012, 26(7): 29-31.
- [2] 彭三河, 刘良忠. 鱼加工预处理机的研制[J]. 食品与机械, 2010, 26(4): 84-86.
- [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, 71.
- [4] 刘荣如. 一种机械半自动化海产小杂鱼去脏机: CN205106198U[P]. 2016-03-30.
- [5] 彭德权. 一种鱼类开肚去脏装置: CN102326615A[P]. 2012-01-25.
- [6] 黄剑彬, 成芳. 鱼类初加工装备与自动监控技术研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(8): 204-208, 215.
- [7] KNYSEWIKI J, 陈庆余, 董初生. 细棘长吻鱼的快速去头去内脏加工技术[J]. 渔业机械仪器, 1991(6): 26-30.
- [8] 陈庆余, 沈建, 欧阳杰, 等. 典型海产小杂鱼机械去脏试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(20): 278-285.
- [9] 胡晓亮, 陈庆余, 沈建. 小杂鱼去脏工艺参数的优化[J]. 现代食品科技, 2013, 29(11): 2728-2734.
- [10] 张军文, 陈庆余, 沈建, 等. 开背大黄鱼去脏用鱼体仿形槽槽设计研究[J]. 中国农机化学报, 2019, 40(7): 63-67.
- [11] 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(4): 44-48.
- [12] 王玖玖, 宗力, 熊善柏. 淡水鱼的连续式鱼鳞去除方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 339-343.
- [13] 许晖, 孙兰萍, 张斌, 等. 响应面法优化花生壳黄酮提取工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(1): 107-111.