

“一器五行”龙眼去核装置设计与试验

Design and experiment of one cylinder driving five rows Longan core-removing mechanism

谢海军^{1,2} 张连波¹ 朱明超^{1,2} 李鹏生¹

XIE Hai-jun^{1,2} ZHANG Lian-bo¹ ZHU Ming-chao^{1,2} LI Peng-sheng¹

(1. 北京理工大学珠海学院信息学院, 广东 珠海 519000;

2. 岭南现代农业科学与技术广东省实验室河源分中心, 广东 河源 517000)

(1. School of Information Technology, Beijing Institute of Technology, Zhuhai Campus, Zhuhai, Guangdong 519000, China; 2. Heyuan Branch, Guangdong Provincial Laboratory of Lingnan Modern Agricultural Science and Technology, Heyuan, Guangdong 517000, China)

摘要:目的:解决针对气动龙眼去核装置生产效率低的问题。方法:提出“一器五行”龙眼去核装置。该装置在水平方向采用一个气缸驱动五推杆,将龙眼在刀片作用下剖口直至去核口,在竖直方向再用一个驱动五顶杆去核,一次工作过程完成 5 个龙眼去核,以提高龙眼生产效率。结果:各因素对龙眼去核损失率影响大小依次为刀片厚度>气体流量>顶杆直径>气压值>气压和气体流量交互作用。结论:“一器五行”龙眼去核装置的最优组合为刀片厚度 2.5 mm、顶杆直径 6.0 mm、气压值 0.6 MPa、气体流量 6 m³/h,该条件下龙眼去核损失率为 7.04%。

关键词:一器五行;龙眼;去核;损失率

Abstract: Objective: This paper puts forward one cylinder driving five-row longan core-removing mechanism for the low production efficiency of the pneumatic longan core-removing mechanism. **Methods:** The mechanism adopts one cylinder driving five rows handspikes in the direction, which transport longan to core-removing hole, after the longan is cut under the triangular blade, and another cylinder drives five handspikes in the vertical direction in order to remove longan core. Five longan cores is removed one working process, so that the production efficiency is improved. **Results:** The result of experiments showed that the order of influencing on longan core-removing loss rate is blade thickness, flow rate, mandril diameter, pneumatic pressure and

the interaction of flow rate and pneumatic pressure. **Conclusion:** When blade thickness is fixed at 2.5 mm, mandril diameter at 6.0 mm, pneumatic pressure at 0.6 MPa, flow rate at 6 m³/h, the core-removing loss rate achieves the lowest value, which is 7.04%.

Keywords: one cylinder driving five-row; Longan; core-removing; loss rate

龙眼除鲜食外,大部分用于深加工^[1-3],去核是龙眼深加工的重要环节。常用的龙眼去核方法有手工去核和机械去核。机械去核方法有凸齿滚筒分离凹板式脱核法、剖分去核法、机械手去核法、打浆式去核法、顶针去核法、捅核法、切刀加顶针去核法等^[3-12]。但机械去核法存在果汁损失高、生产效率低的问题。研究拟针对气动式龙眼去核装置^[13-15]一个工作循环完成一个龙眼去核,生产效率低的问题,提出“一器五行”龙眼去核装置,在水平方向采用一个气缸驱动五推杆,将龙眼在刀片作用下剖口直至去核口,在竖直方向再用一个驱动五顶杆去核,一次工作过程完成 5 个龙眼去核,提高了龙眼生产效率。

1 “一器五行”龙眼去核装置工作过程

“一器五行”龙眼去核装置如图 1 所示,主要由落料装置、导入装置、破口装置、定位装置、去核装置、底板、机架、控制系统及控制元件等组成。工作时 5 个龙眼从落料装置的落料口落入定位装置的导槽中,由导入装置的气缸活塞杆推动 5 根推杆将龙眼从落料口推送至去核口位置,推动过程中,龙眼在定位装置的导槽弹簧片和导槽上方弹簧片的夹持下进入导槽内始终作平动,且平动过程中龙眼被安装在底板破口刀片作用下破口并被撑开,然后由去核装置中的气缸活塞杆快速带动 5 根顶杆将龙眼核向下顶出,完成去核过程。

基金项目:广东省重点领域研发计划项目(编号:2021B0707010001);北京理工大学珠海学院质量工程项目(编号:2020001CJRH,2022023YLKC)

作者简介:谢海军,男,北京理工大学珠海学院讲师,博士。

通信作者:李鹏生(1988—),男,北京理工大学珠海学院讲师,硕士。E-mail:403102672@qq.com

收稿日期:2022-06-13 **改回日期:**2022-11-08

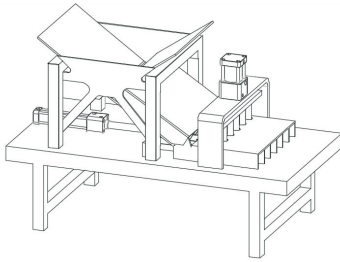


图1 “一器五行”龙眼去核
Figure 1 One cylinder driving five rows Longan core-removing mechanism

2 去核装置关键部件设计

2.1 破口装置设计

破口装置如图2所示,主要由5把厚度为2.5 mm的三角形刀通过螺钉固定于底板上。三角形刀具尾部制成圆弧状且在安装时与龙眼定位去核口相切,去核时顶杆的冲击力作用于龙眼上,且圆弧状便于对龙眼进行定位。根据龙眼大小,设计刀片间距为30 mm,刀片用螺栓固定于底板上。

2.2 导入装置设计

导入装置如图3所示,主要由气缸、推杆及推杆固定横梁等组成,水平气缸缸径为20 mm,最大行程为135 mm,可通过行程开关控制气缸的行程,用螺栓固定于底板上。推杆直径为8.0 mm,长度为120 mm,采用不锈钢制作成一端攻有 $\Phi 6$ mm的内螺纹通过螺栓连接在横梁板上,其前端连接一个橡皮胶,增大推杆与龙眼的接触面积,防止推杆将龙眼推偏。横梁板采用铸铁 HT150 制作,尺寸为140 mm \times 5 mm \times 16 mm,其上开有5个 $\Phi 6$ mm的孔,使螺栓通过孔固定推杆。

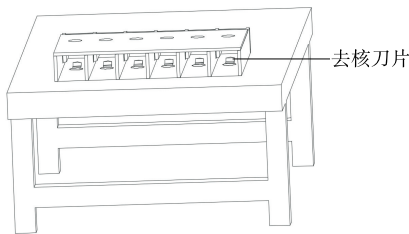


图2 破口装置结构示意图
Figure 2 Structural diagram of break mechanism

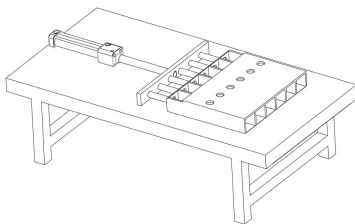


图3 导入装置结构示意图
Figure 3 Structural diagram of lead-in mechanism

2.3 定位装置设计

定位装置如图4所示,为采用有机玻璃、弹簧片制作而成的槽形结构。导槽采用10 mm厚的有机玻璃制作,能观察到整个龙眼去核过程。导槽左边有后挡板,目的是定位弹簧片。右边有前挡板,目的是定位弹簧片及定位推杆。导槽上方开有5个8 mm孔,目的是使去核顶杆通过孔快速顶出龙眼核,且孔的直径比去核顶杆的稍大一些,起到对顶杆定位的作用。导槽上方有5个4 mm的孔,目的是定位上弹簧片,导槽两侧和上方装有弹簧片,目的是使不同级别的龙眼通过导槽时都能夹持龙眼,使龙眼在导槽内实现无滚动的平动,有利于刀片的破口。

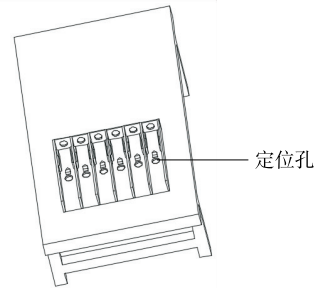


图4 定位装置结构示意图
Figure 4 Structural diagram of positioning mechanism

2.4 去核装置设计

去核装置主要由气缸、顶杆、顶杆固定板和支架等组成。垂直气缸缸径为20 mm,最大行程为50 mm,通过角铁、螺栓固定于支架上。采用不锈钢制作成一端攻有 $\Phi 6$ mm的内螺纹通过螺栓连接于横梁板上。固定板采用铸铁 HT150 制作,尺寸为140 mm \times 5 mm \times 16 mm,上方开有5个 $\Phi 6$ mm的孔,使螺栓通过孔固定顶杆。固定板两侧开有6 mm的槽,目的是定位去核顶杆。顶核工具为一端攻有内螺纹的顶杆,通过内螺纹与气缸的活塞杆相连,在气缸的带动下能实现上下往复运动,其运动行程由安装在气缸上行程开关控制。

2.5 进料装置设计

进料装置为“一器五行”龙眼去核装置提供龙眼,设计时使进料装置的进料口对准推送装置的进料口,其结构如图6所示。进料装置关键参数是龙眼导槽平面与水

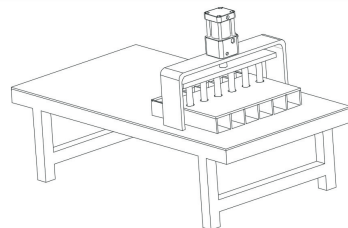


图5 去核装置结构示意图
Figure 5 Structural diagram of removing-core mechanism

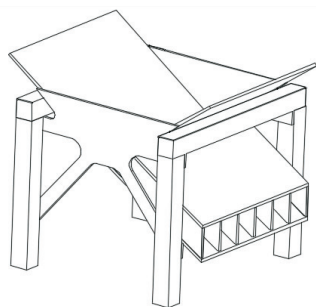


图 6 进料装置结构示意图

Figure 6 Structural diagram of feeding mechanism

平面的夹角,影响龙眼是否能自动进入导槽,根据龙眼物料特性设计倾斜角为 30°。

3 龙眼损失率试验

3.1 试验材料

古山 2 号龙眼:平均直径为 21.6 mm,果核平均直径为 7.4 mm,果肉平均壁厚为 6.4 mm。

3.2 试验设备

- 一器五行龙眼去核装置、刀片、顶杆:自制;
- 气压表:Y-150 型,上海布莱迪仪器仪表公司;
- 玻璃转子流量计:LZS 型,上海诚滨电子科技有限公司;
- 空气压缩机:EC-51 型,珠海捷豹机电设备有限公司;
- 电子天平:XPR204S/AC 型,梅特勒—托利多国际有限公司;
- 秒表:806 型,上海星钻秒表厂。

3.3 试验方法

预试验发现,影响一器五行龙眼去核装置龙眼损失率的主要因素有刀片厚度、顶杆直径、气压和气体流量。因此分别选择刀片厚度、顶杆直径、气压和气体流量作为影响因素,以龙眼损失率作为评价指标进行试验。每次试验随机选取 300 个古山 2 号龙眼,放入“一器五行龙眼去核装置”进行试验,利用电子天平称出龙眼果肉重量和已去核壳中碎肉重量,并按式(1)计算龙眼去核损失率^[13]。

$$\eta = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

η ——损失率,%;

m_1 ——已去核果壳中碎肉的质量,g;

m_2 ——龙眼果肉的质量,g。

3.4 试验结果分析

3.4.1 单因素试验 由图 7 可知,龙眼损失率随刀片厚度的增大而增大;随着顶杆直径、气压和气体流量的增大,龙眼损失率均呈先减小后增大的趋势。刀片厚度和顶杆直径对龙眼损失率的影响明显高于气压和气体流量。

3.4.2 正交试验 在“一器五行”龙眼去核装置上,选取刀片厚度、顶杆直径、气压和气体流量作为试验因素,考虑气压和气体流量的交互作用,设计 $L_{27}(3^{13})$ 正交试验^[16]。试验因素水平值见表 1,试验设计及结果见表 2。

由表 3 可知,各因素对龙眼去核损失率的影响顺序为刀片厚度>气体流量>顶杆直径>气压值>气压和气体流量交互作用。由图 8 可知,试验参数的最佳组合为

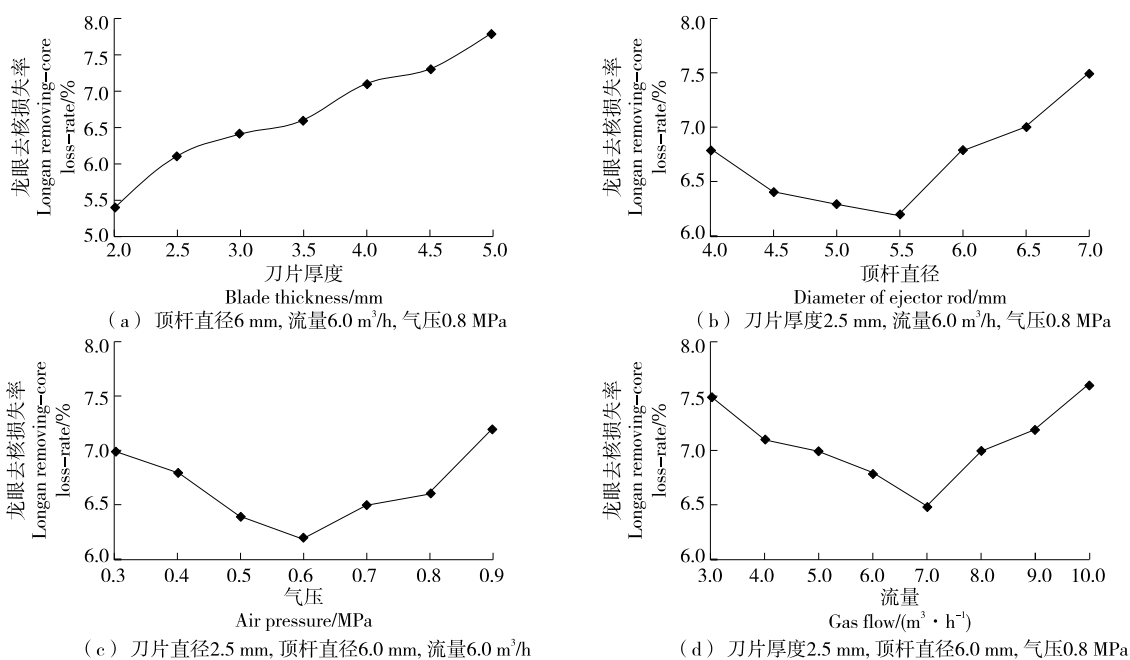


图 7 试验因素与损失率变化规律

Figure 7 Change law of test factors and loss rate

表 1 试验因素水平值

Table 1 Test-factor-level values

水平	A 刀片厚度/mm	B 顶杆直径/mm	C 气压值/MPa	D 气体流量/(m ³ ·h ⁻¹)
1	2.0	5.0	0.5	6.0
2	2.5	5.5	0.6	7.0
3	3.0	6.0	0.7	8.0

表 2 龙眼去核装置试验设计及结果
Table 2 Test design and result of Longan removing-core mechanism

试验号	A	B	C	D	E	去核损失率/%
1	1	1	1	1	1	8.51
2	1	1	2	2	3	8.05
3	1	1	3	3	3	9.28
4	1	2	1	2	3	8.12
5	1	2	2	3	1	7.93
6	1	2	3	1	2	8.43
7	1	3	1	3	2	8.31
8	1	3	2	1	3	7.51
9	1	3	3	2	1	8.56
10	2	1	1	1	3	7.52
11	2	1	2	2	1	8.21
12	2	1	3	3	2	7.38
13	2	2	1	2	2	6.85
14	2	2	2	3	3	7.13
15	2	2	3	1	1	8.22
16	2	3	1	3	1	7.36
17	2	3	2	1	2	6.25
18	2	3	3	2	3	7.24
19	3	1	2	1	2	6.85
20	3	2	2	2	3	7.22
21	3	3	2	3	1	7.36
22	3	1	3	2	1	8.25
23	3	2	3	3	2	7.32
24	3	3	3	1	3	8.32
25	3	1	1	3	3	6.88
26	3	2	1	1	3	7.56
27	3	3	1	2	2	7.86

表 3 方差分析

Table 3 Variance analysis

差异源	离差平方和	自由度	均方	F _比	显著性
A	1.887E-06	2	9.437E-07	0.043	0.958
B	9.618E-05	2	4.809E-05	2.198	0.143
C	0.000	2	5.617E-05	2.567	0.108
D	5.679E-05	2	2.839E-05	1.298	0.300
CD	0.000	2	7.353E-05	3.360	0.060
E	0.000	16	2.188E-05		

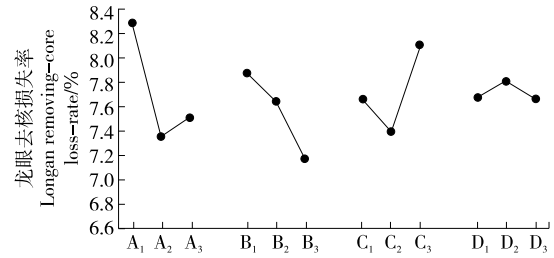


图 8 直观分析图

Figure 8 Intuitive analysis diagram

A₂B₃C₂D₃。表 2 中,龙眼去核损失率最低的组别为 A₂B₃C₂D₁,即刀片厚度为 2.5 mm、顶杆直径为 6.0 mm、气压为 0.6 MPa、气体流量为 6.0 m³/h。为获得最佳的试验因素组合,将 A₂B₃C₂D₃与 A₂B₃C₂D₁进行对比,每次试验重复 3 次取平均值。对比试验表明,A₂B₃C₂D₁的龙眼去核损失率更低,此时龙眼去核损失率为 7.04%。

4 结论

该装置驱动力为压缩空气,可减少龙眼的污染,利用气缸作为驱动元件,运行平稳、可靠。各因素对龙眼去核损失率的影响顺序为刀片厚度>气体流量>顶杆直径>气压值>气压和气体流量交互作用,最优组合为刀片厚度 2.5 mm、顶杆直径 6.0 mm、气压 0.6 MPa、气体流量 6.0 m³/h,此时龙眼去核损失率为 7.04%。“一器五行”龙眼去核装置损失率比单排龙眼去核装置稍高,主要是因为龙眼大小差异,导入装置将龙眼导入去核口时,难于保证 5 个龙眼在同一直线上。采用“一器五行”的方法可提高龙眼去核效率,适合于小批量生产,但是在实施过程中需要对龙眼进行分级,不然龙眼容易卡住阻碍进料,可以利用机械手带动负压吸附龙眼上料。

参考文献

[1] 卿艳梅,李长友.龙眼去核关键部件设计与实验[J].食品与机械,2022,38(5):65-70.
 QING Y S, LI C Y. Design and experiment of key components for Longan core removal[J]. Food & Machinery, 2022, 38(5): 65-70.
 [2] 卿艳梅,李长友,曾山.龙眼柔性对辊剥壳机的设计与试验[J].华南农业大学学报,2021,42(3):126-132.
 QING Y M, LI C Y, ZENG S. Design and experiment of Longan flexible counter roll sheller[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(3): 126-132.
 [3] 林静,叶石华.圆盘式鲜果龙眼自动脱壳去核机设计与实践[J].中国设备工程,2019(4):130-131.
 LIN J, YE S H. Design and practice of disc type automatic shelling and coring machine for fresh fruit Longan[J]. China Equipment Engineering, 2019(4): 130-131.
 [4] 齐文娥,陈厚彬,彭朵芬,等.中国龙眼产业发展现状、问题与

- 对策建议[J]. 广东农业科学, 2016, 43(8): 169-174.
- QI W E, CHEN H B, PENG D F, et al. Development status, problems and countermeasures of Longan industry in China[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2016, 43(8): 169-174.
- [5] 金莹, 何蔚娟, 张秀军. 核果类水果去核机现状的分析[J]. 中国农村小康科技, 2005(3): 33-34.
- JIN Y, HE W J, ZHANG X J. Analysis on the present situation of stone fruit de nucleating machine[J]. Rural Well-Off Science and Technology in China, 2005(3): 33-34.
- [6] 王华, 张剑锋. 基于单片机控制的大枣去核机设计与试验[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 115-118.
- WANG H, ZHANG J F. Design and experimental research of jujube core-removing machine base[J]. Food & Machinery, 2020, 36(2): 115-118.
- [7] 汪懋华. 把握实施乡村振兴战略机遇 推动广东荔枝产业创新发展[J]. 现代农业装备, 2018(4): 17-21.
- WANG M H. Grasp the opportunity of implementing the rural revitalization strategy to promote the innovation and development of litchi industry in Guangdong province[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018(4): 17-21.
- [8] 张林泉, 龚丽, 苏建. 荔枝果肉果汁深加工前处理工艺及设备[J]. 食品与机械, 2005, 21(2): 44-45.
- ZHANG L Q, GONG L, SU J. Pretreatment technology and equipment for deep processing of litchi pulp juice[J]. Food & Machinery, 2005, 21(2): 44-45.
- [9] 刘定晟. 龙眼机械化去皮去核技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2001: 5-8.
- LIU D S. Study on mechanized peeling and nucleation of Longan [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2001.
- [10] 卿艳梅, 李长友, 曹玉华. 龙眼鲜果去核剥壳技术的研究进展[J]. 农机化研究, 2009(5): 23-26.
- QIN Y M, LI C Y, CAO Y H. Developments of the technology of Longan denucleating and shucking[J]. Agricultural Mechanization Research, 2009(5): 23-26.
- [11] 林通. 龙眼去核机: CN211721792U[P]. 2020-10-23.
- LING T. Longan kernel removing machine: CN211721792U [P]. 2020-10-23.
- [12] 罗建东. 一种龙眼去核机: CN108902995A[P]. 2018-11-30.
- LUO J D. A Longan kernel removing machine: CN108902995A[P]. 2018-11-30.
- [13] 李长友, 马兴灶, 程红胜, 等. 荔枝定向去核剥壳机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2014, 45(8): 93-100.
- LI C Y, MA X Z, CHENG H S. et al. Design and experiment of litchi denucleating and decorticating machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(8): 93-100.
- [14] 谢海军, 卿艳梅, 郑丁科, 等. 气动式龙眼去核装置的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2006(7): 211-213.
- XIE H J, QING Y M, ZHENG D K, et al. Design and experiment of a Longan core-removing mechanism [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006(7): 211-213.
- [15] 卿艳梅, 李志伟, 谢海军, 等. 气动式龙眼去核机: ZL200420095846.X[P]. 2006-07-12.
- QINGY M, LI Z W, XIE H J, et al. A Longan core-removing mechanism: ZL200420095846.X[P]. 2006-07-12.
- [16] 李明, 邓干然. 龙眼鲜果剥壳脱核机的试验研究[J]. 农业工程学报, 1999(2): 213-217.
- LI M, DENG G R. Experimental research on decorticating and pitting machine of fresh Longan[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999(2): 213-217.

(上接第 30 页)

- [51] 杨柳青, 王林, 田红梅, 等. HMB 对 I ~ III 期老年结肠癌患者术后疲劳状态及生活质量影响[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2022, 9(2): 229-233.
- YANG L Q, WANG L, TIAN H M, et al. Effects of HMB on postoperative fatigue and quality of life in elderly patients with stage I ~ III colon cancer[J]. Cancer Metabolism and Nutrition Electronic Journal, 2022, 9(2): 229-233.
- [52] 郭志学, 宋新梅, 刘博, 等. Omega-3 多不饱和脂肪酸、精氨酸和谷氨酰胺的胃肠外营养支持治疗对肝癌患者术后效果分析[J]. 河北医药, 2019, 41(6): 847-850.
- GUO Z X, SONG X M, LIU B, et al. Effect analysis of postoperative parenteral nutrition support therapy of Omega-3 polyunsaturated fatty acids, arginine and glutamine on patients with liver cancer[J]. Hebei Medicine, 2019, 41(6): 847-850.
- [53] 熊永强, 郭童童, 陈浩, 等. 谷氨酰胺对结肠癌患者术后肠黏膜屏障功能的影响[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2018, 5(1): 53-58.
- XIONG Y Q, GUO Y T, CHEN H, et al. The effect of glutamine on intestinal mucosal barrier function in patients with colon cancer after surgery [J]. Cancer Metabolism and Nutrition Electronic Journal, 2018, 5(1): 53-58.
- [54] NAGANUMA A, HOSHINO T, OHNO N, et al. β -Hydroxy- β -methyl butyrate/L-arginine/L-glutamine supplementation for preventing hand: Foot skin reaction in sorafenib for advanced hepatocellular carcinoma[J]. Vivo, 2019, 33(1): 155-161.
- [55] KRAFT M, KRAFT K, GARTNER S, et al. L-Carnitine-supplementation in advanced pancreatic cancer (CARPAN): A randomized multicentre trial[J]. Nutrition Journal, 2012, 11(1): 52-58.
- [56] 陈晓莉, 饶辉, 郎春辉, 等. 益生菌联合益生元预防宫颈癌患者急性放射性肠炎的研究[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志, 2022, 9(3): 340-344.
- CHEN X L, RAO H, LANG C H, et al. Prevention of acute radiation enteritis in patients with cervical cancer with probiotics combined with prebiotics[J]. E-Journal of Tumor Metabolism and Nutrition, 2022, 9(3): 340-344.