

# 鲜食玉米加工工艺及自动化设备设计

## Design of automatic processing production line for fresh corn

牛虎利 张昊宇 常宏杰 郭明昊 闫海鹏

NIU Huli ZHANG Haoyu CHANG Hongjie GUO Minghao YAN Haipeng

(河北科技大学机械工程学院, 河北 石家庄 050018)

(School of Mechanical Engineering of Hebei University of Science and

Technology, Shijiazhuang, Hebei 050018, China)

**摘要:**目的:解决鲜食玉米切割时准确率较低,随机误差较大,容易损伤籽粒问题。方法:设计了一种新型工艺的甜糯玉米加工生产线,该生产线利用机器视觉技术对玉米姿态进行判断,通过换向设备完成玉米姿态调整,设计适应性定位机构分别对玉米头尾进行切割,再依据切割后果穗苞叶附着差异特点进行留层加工,经相机品质筛选后装箱,并利用样机进行加工试验。结果:该生产线加工效率达 1 500 穗/h;留层合格率为 90.2%;籽粒破损率为 1.81%。结论:该鲜食玉米加工生产线实现了玉米的上料、排序、切割、剥皮等工序自动化,实现苞叶合理留层,对比传统设备更加保护玉米籽粒。

**关键词:**计算机辅助制造;甜糯玉米;自动化;产线设计

**Abstract: Objective:** It solved the problem of low accuracy and large random error when cutting fresh corn, which is easy to damage the grain. **Methods:** A new process of sweet and waxy corn processing production line was designed, the production line used machine vision technology to judge the attitude of corn, completed the adjustment of corn attitude through reversing equipment, designed adaptive positioning structure to cut the head and tail of corn, and then carried out layer retention processing according to the difference characteristics of ear bract adhesion after cutting results, packed after camera quality screening, and used prototype to carry out processing tests.

**Results:** The processing efficiency of the production line was up to 1 500 spikes/h, the pass rate of retention layer was 90.2%, and the grain breakage rate was 1.81%. **Conclusion:** The fresh corn processing production line realizes the automation of corn

feeding, sorting, cutting, peeling and other processes, realizes the reasonable retention of bracts and leaves, and protects corn grains more than traditional equipment.

**Keywords:** computer-aided manufacturing; sweet and waxy fresh corn; automation; design of production line

鲜食玉米是一种在乳熟期采摘用于加工或者直接食用的玉米类型<sup>[1]</sup>,因其口感较好,富含营养成分等优点<sup>[2]</sup>,备受人们喜爱。近年来,随着鲜食玉米产业快速发展,中国已成为全球最大的鲜食玉米生产国和消费国<sup>[3]</sup>。鲜食玉米分为甜、糯、甜加糯 3 种类型,其中甜加糯型鲜食玉米口感最佳,营养价值最高,需求潜力最大,但由于甜糯型鲜食玉米具有季节性强、窗口期短的特点,采摘后需及时完成加工,而苞叶留层的加工方式<sup>[4-7]</sup>可以最大程度保持果穗新鲜。目前,中国鲜食玉米产业中,20%的玉米采取直接鲜穗消费,30%的玉米通过速冻贮藏用于反季节消费,50%的玉米采用蒸煮真空包装形式完成加工<sup>[8-9]</sup>。

关于鲜食玉米产品加工设备的研究,易克传等<sup>[10]</sup>设计了一种摩擦式鲜食玉米剥皮机,整机性能试验中剥净率与破损率均可满足小型玉米加工企业生产要求。赵玉强等<sup>[11-12]</sup>借鉴国外先进技术研制的一种鲜食玉米剥皮设备,先利用转辊摩擦力将玉米苞叶一角搓起,之后转辊夹住苞叶将其撕扯剥落,完全适用于含水率为 58%~73%的高水分鲜食玉米加工。目前,有关鲜食玉米剥皮设备的研究较多,但设备大多利用剥皮辊的巨大撕扯力将玉米苞叶完全剥除,这种处理方式容易造成玉米籽粒破损,且对鲜食玉米保鲜不利。研究表明,苞叶是果穗发育的保护器官,也是玉米果穗的营养贮藏器官<sup>[13]</sup>,玉米苞叶在鲜穗贮运过程中具有重要作用<sup>[14]</sup>。因此,在对甜加糯鲜食玉米进行加工时,保留 2~4 层内层苞叶能够贮藏更长时间且食用口味更佳。现有鲜食糯玉米加工工艺较为单一,大多为在完成玉米苞叶无差别剥除后,通过人工

**基金项目:**河北省重点研发计划项目(编号:21321901D);河北省自然科学基金(编号:E2021208004);河北省高等学校科学技术研究青年基金项目(编号:QN2021061)

**作者简介:**牛虎利,男,河北科技大学副教授,硕士生导师,博士。  
**通信作者:**闫海鹏(1987—),男,河北科技大学讲师,硕士生导师,博士。E-mail:lnyanhp@126.com

**收稿日期:**2023-08-09 **改回日期:**2023-12-07

摆放切割整形,再人工装袋打包进行售卖或贮藏。某食品机械有限公司研制的糯玉米切头切尾机是第二代速冻玉米切段机,非常适合速冻玉米、鲜玉米、老玉米、糯玉米的切段分割、去头去尾工作。但其与市面上其他的切头去尾设备一样均十分依赖人工摆放,而人工摆放的玉米切割时准确率较低,随机误差较大,容易损伤籽粒。

鲜食玉米现有工艺和加工设备均无法较好地满足苞叶合理留层,其他环节的加工过分依赖人工操作,且还没有完整的全自动甜加糯型鲜食玉米加工工艺。研究拟设计一种甜糯型鲜食玉米新型加工工艺及加工设备,以克服现有加工工艺的不足,为自动化加工提供有效的解决方案。

## 1 生产线工艺流程及总体布局

### 1.1 工艺流程

生产线工艺流程如图 1 所示。采摘后玉米果穗放置到上料仓中,由上料装置将玉米提升至输送带,此时玉米顺向排列运输但头尾方向随机,随后经过视觉检测系统,根据图像与机械配合剔除未成熟果穗,识别头尾情况并对玉米头尾顺序进行干预,玉米果穗头尾方向一致排列进入切割工段。切割工段完成头尾定位、头尾切除工作。在剥皮工段,剥皮设备将不再附着于已切割尾柄上的苞叶剔除,完成留层加工工艺。随后由视觉检测系统对玉米质量进行检测剔除,最后由输送带承载纸箱移动,完成装箱动作。

### 1.2 总体布局

鲜食玉米加工生产线主要包括上料装置、换向装置、头尾切除装置、剥皮装置及检测装箱装置(图 2)。其中上料装置主要由往复式推板机构实现顺向上料;换向装置

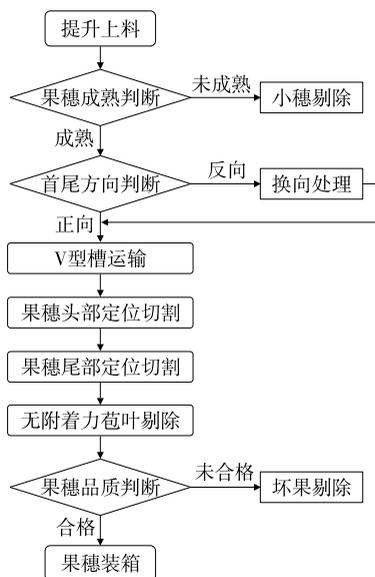
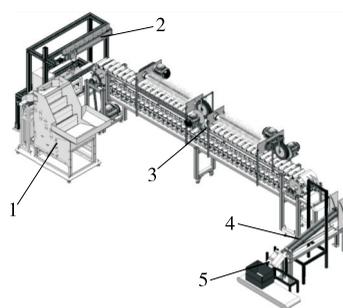


图 1 生产线工艺流程

Figure 1 Production line process flow



1. 上料装置 2. 换向装置 3. 头尾切除装置 4. 剥皮装置  
5. 检测装箱装置

图 2 生产线总体布局

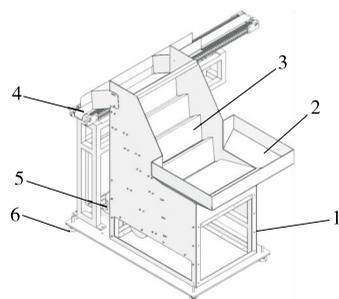
Figure 2 Overall layout of production line

由图像运算结果给予动作信号,完成头尾一致顺向排序;头尾切除装置由 V 型槽托载玉米果穗,毛辊刷和橡胶辊使果穗轴向移动,定位机构定位头部尾部,轮式压紧机构辅助切割锯精准切割;剥皮装置主要由剥皮辊剔除无穗柄附着力的苞叶;检测装置是剥皮留层工段后进行虫洞、破损等质量检测,剔除不合格果穗产品,装箱装置由输送带承载纸箱移动,将合格果穗装箱。合理设计生产线布局,优化场地面积,统筹安排各个工位生产,使生产线可靠运行。

## 2 生产线总体方案设计

### 2.1 上料装置

上料装置(图 3)由往复式推板、提升电机、运输电机、输送带、调节脚垫及机架等组成。提升电机与曲柄滑块机构相连,滑块固定于挡板机构,使之往复运行提升果穗。运输电机则驱动输送带运行从而运输果穗。两电机均可调速,可适应一定范围的生产节拍。为了精准定位切割,玉米果穗进行头尾切除工作前需进行定向排序,使果穗能够保持方向一致进入头尾切除工序。上料装置的主要功能是使堆放在料仓中的玉米果穗散布和单排输送,因此往复式推板和输送带在宽度设计上适配玉米大



1. 机架 2. 料仓 3. 往复式推板 4. 输送带 5. 提升电机  
6. 调整脚垫

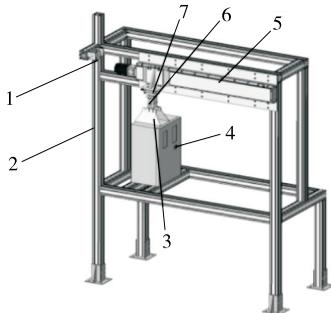
图 3 上料装置结构图

Figure 3 Structure drawing of feeding device

小,使每次只能提升或运输径向上一穗玉米;从上料效率和提升高度总体考虑,3层挡板相较于单层挡板效率更高,运行更稳定。在头尾切除工段果穗将由V型槽承载加工,所以单排散布运输能最大限度保证每个V型槽中最多承载一穗玉米,保证加工协调。

2.2 换向装置

换向装置(图4)由工业相机、机架、气动手指、旋转气缸、夹爪等组成。旋转气缸连接气动手指与夹爪组成夹持换向机构。直线模组控制夹持位置,直线模组与两气缸动作执行由图像识别后算法信号控制,完成果穗回转或剔除动作。换向装置与上料装置相连,为切割加工做前置准备,换向装置主要功能是剔除未成熟小果穗和转换果穗头尾方向,两个功能的实现来源于工业相机拍照后的图像处理情况。在玉米头尾切除工段的加工过程中,由于果穗头尾形态不一,因此设计的辅助切割定位机构结构存在差异;头尾切除具有先后顺序,因此果穗要统一位姿,保证头尾切除工作顺利完成。玉米进入头尾顺向环节后,相机检测玉米大小及头尾方向,若大小不合格,则发信号给机械手将不合格玉米剔除,若玉米大小检测合格,方向不正确,机械手则将玉米旋转调整方向送入切头去尾环节。



1. 工业相机 2. 机架 3. 夹爪 4. 控制箱 5. 直线模组 6. 气动手指 7. 旋转气缸

图4 换向装置结构图

Figure 4 Structure drawing of reversing device

换向装置中关键部件为工业相机与镜头,两者的技术参数指标对工作准确性至关重要,因此对其进行计算选型。

相机分辨率:

$$P = (A/M) \times (B/M) \times 2, \quad (1)$$

式中:

A——相机视野的高,mm;

B——相机视野的宽,mm;

M——检测精度。

传送带宽度为90mm,检测视野宽度则取90mm。根据检测机构空间布局,相机检测高度为300mm,取检测精度为0.3,代入式(1),得  $P = (A/M) \times (B/M) \times 2 =$

$$(300/0.3) \times (90/0.3) \times 2 = 6 \times 10^5。$$

相机的帧率:

$$F = v / (A \times B), \quad (2)$$

式中:

v——传送带上玉米运动速度,m/s。

玉米运动速度  $v = 0.3$  m/s,代入式(2),得  $F = v / (A \times B) = 0.3 / (0.3 \times 0.09) = 11.11$  帧/s。

根据玉米加工工艺要求,以及分辨率和帧率计算参数,选择型号为MI-SU120M/C的相机。

镜头焦距:

$$f = (h \times W_D) / H, \quad (3)$$

式中:

h——相机靶面边长,mm;

H——拍摄视野的范围边长,mm;

$W_D$ ——工作距离,mm。

则焦距  $f = (h \times W_D) / H = 16$  mm。

根据计算结果,选择型号为HC1620-5M的镜头。

图像采集系统使用工业相机的外触发功能,当Line2配置为输入引脚时,连接电路原理图如图5所示,玉米果穗经过红外传感器时,传感器信号被遮挡,利用Line2信号的通断触发相机拍照,从而完成图像采集。

采集到的玉米果穗如图6所示,经过检测识别算法后,试验装置准确识别出了玉米的朝向,此时将向设备发送夹取信号,当识别后为类似图6(c)方向的玉米果穗时,将发送换向夹取信号至换向机构实现玉米果穗换向。

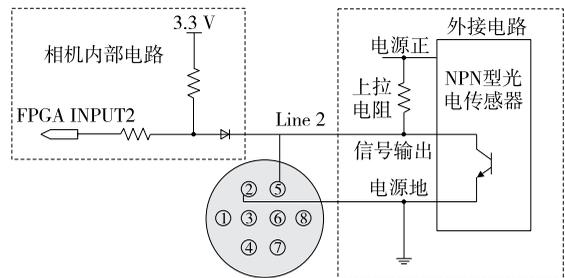
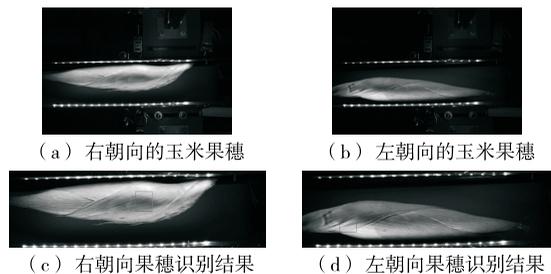


图5 NPN型光电传感器连接到光耦隔离输入电路

Figure 5 The NPN type photoelectric sensor is connected to the optocoupler isolation input circuit



小方框为果穗根部位置

图6 玉米果穗采集识别

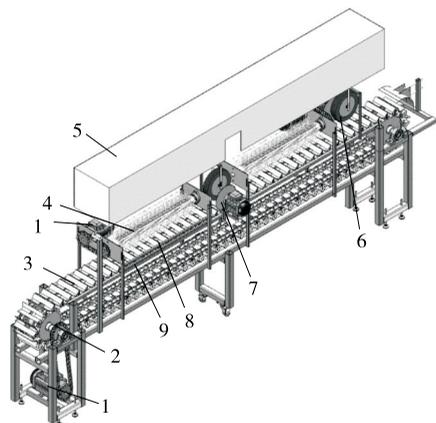
Figure 6 Maize ear collection and identification

### 2.3 头尾切除装置

头尾切除装置(图 7)由电机、链传动组、V 型槽、定位机构、切割锯、轮式压紧机构、毛刷、橡胶辊、调节脚垫、机架、机罩等组成。两组毛刷和橡胶辊分别由 4 台单相电机驱动,用于果穗轴向定位移动。两组切割锯和轮式压紧机构保证果穗头尾切除时稳定可靠。V 型槽与链条连接,通过链传动连续输送玉米完成一系列加工动作。为了实现留层加工工艺,果穗需经过头尾切除加工,将待去除苞叶和需保留苞叶以附着力不同区分开,穗柄每一柄节生长的 1~3 片苞叶为附着力主要来源。当玉米果穗进入 V 型槽后,V 型槽承载果穗移动,首先经过第 1 组毛刷橡胶辊机构,将果穗花丝部分送向板式定位机构,随后通过轮式压紧机构压紧果穗完成果穗头部定量切割;第 2 组毛刷橡胶辊机构则将果穗穗柄部分送向适应性定位机构,此定位机构根据所加工的甜加糯玉米外形数据确定,玉米经过定位,合理切割区域如图 8 所示。在此区域切割的玉米,外层苞叶生长的穗柄被切割锯片切割,内层苞叶生长的穗柄被保留,内外层苞叶间形成附着力差异。经定位试验,定位机构能够将玉米穗柄的切割位置定位成功。该机构由上下两部分组成,中间间隙可以使穗柄伸出,不会受到穗柄长短影响。

### 2.4 剥皮装置

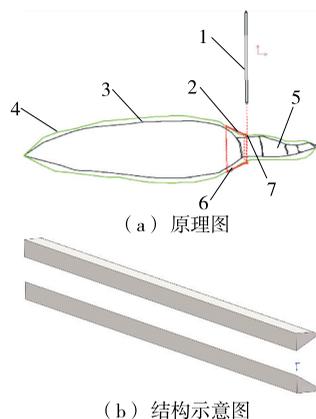
剥皮装置(图 9)主要由电机、齿轮、倾斜度调整板、辊轴、辊轴外胶套、机架等组成。转辊运行由电机驱动、同步带轮传动,转辊间通过齿轮传动,一对辊向内旋转。电机、转辊与轴承座共同安装在倾斜度调整板上,易于设备调整。剥皮辊整体由辊轴和外胶套构成,分离式的设计可确保外胶套更换的便捷性,同时节省了外胶套磨损的更换成本。经过上一工段头尾切除加工,此时玉米果穗苞叶存在两种形态:① 无穗柄附着的外层苞叶;② 有附



1. 电机 2. 链传动组 3. V 型槽 4. 毛刷 5. 机罩 6. 轮式压紧机构 7. 切割锯 8. 橡胶辊 9. 定位机构

图 7 头尾切除装置结构图

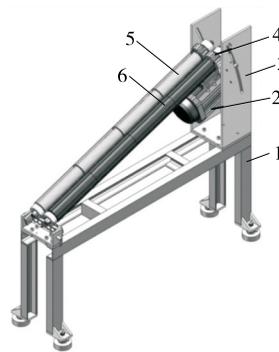
Figure 7 Cutting device structure drawing



1. 切割锯片 2. 定位机构 3. 玉米果穗 4. 玉米最外层苞叶 5. 玉米穗柄 6. 定位环与玉米接触区域 7. 穗柄切割位置

图 8 适应性定位原理及结构示意图

Figure 8 Schematic diagram of adaptive positioning principle structural diagram



1. 机架 2. 电机 3. 倾斜度调整板 4. 齿轮组 5. 辊轴 6. 辊轴外胶套

图 9 剥皮装置结构图

Figure 9 Structure drawing of peeling device

着力需要保留的内层苞叶。剥皮装置需完成的加工任务是将外层苞叶剥除保留内层苞叶且不损伤果穗。剥皮装置运行时剥皮辊有一定的倾斜度,果穗进入剥皮装置时果穗穗柄倾斜向下,经过剥皮辊外胶套与果穗苞叶摩擦撕扯使外层苞叶松散脱落,通过改变转辊外胶套花纹可以调整苞叶与转辊间的受力,减小果穗外层苞叶脱落难度;通过改变转辊的倾斜角度可以调整果穗在转辊上的受力时间,降低内层苞叶损伤并增加工作效率。

### 2.5 检测装箱装置

检测装箱装置分为检测单元和装箱单元,主要由工业相机、废料去除装置、料箱、传送带、机架等组成(图 10)。检测单元关键部件为工业相机,与换向机构计算选型类似,此处不再赘述。剥皮环节,玉米在剥皮辊的作用下产生自转,同时在重力作用下沿剥皮辊向下滑移,此过程中工业相机对去苞叶玉米进行全角度品质检测,检测不合格的玉米包括苞叶被完全去除的玉米(a)、籽粒

受损玉米(b)、虫洞玉米(c)等,图 11 为 c 类不合格玉米检测结果。具体检测过程:摄像头全方位拍照后,检测玉米是否合格,并分出不合格类别,根据检测结果控制废料气缸动作,若玉米合格,废料气缸不运作,玉米直接滑入料箱;如玉米品质检测不合格,废料气缸运作将废料推出,阻止不合格玉米进入料箱。若装箱单元中纸箱规格为 350 mm×290 mm,纸箱摆放两层玉米,共 12 个,传送带由步进电机控制,滑入一穗玉米后传送带带动纸箱前后滑动,保证玉米均匀装入料箱,最终装满果穗完成装箱。

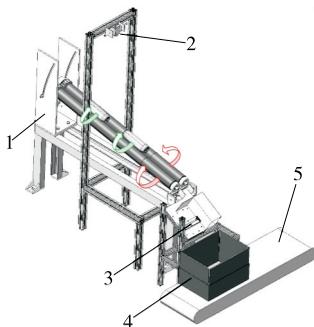
### 3 生产线样机与加工试验

#### 3.1 样机制作与安装调试

根据设计结果,完成样机零部件加工及装配。测试样机加工效果前,需对样机进行调试。主要调整两方面:① 通过各个模块单独试验从而对各个模块的关键参数进行优化调整;② 调整参数保证样机能够自动流畅运行。最终样机部分关键参数见表 1~表 4。

#### 3.2 加工试验结果

选取河北省广泛种植的冀糯 173 甜加糯型鲜食玉米,2023 年 6 月收获,产地河北石家庄正定县。将试验用玉米均匀分成 10 组,以便于统计数据。按图 1 的工艺流



1. 剥皮设备 2. 工业相机 3. 废料去除装置 4. 料箱 5. 装箱传送带

图 10 检测装箱装置结构图

Figure 10 Inspection packing device structure drawing

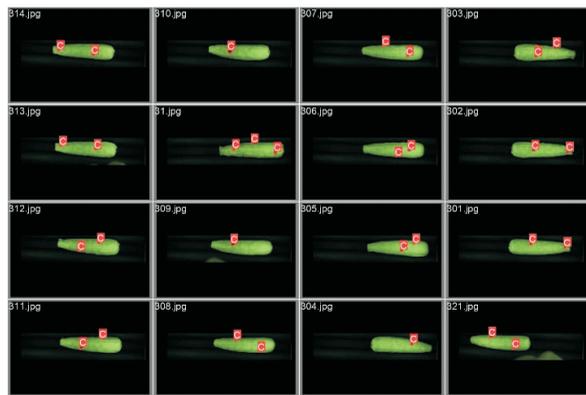


图 11 虫洞玉米检测结果

Figure 11 Wormhole maize detection results

表 1 上料模块部分关键参数表

Table 1 Table of key parameters of the feeding module

推板提升速度/ (次·min <sup>-1</sup> )	上料传送带速度/ (mm·s <sup>-1</sup> )	料仓板斜 度/(°)	推板数量及 尺寸/mm
15	500	25	3×250

表 2 头尾换向模块部分关键参数表

Table 2 Table of key parameters of the head and tail reversing module part

直线模组导轨 长度/mm	机械手运行速度/ (mm·s <sup>-1</sup> )	手爪夹板 参数/mm	手爪夹板 材料
800	800	250×100×3	弹簧钢

表 3 切头去尾模块部分关键参数表

Table 3 Table of key parameters of the cutting module

V 型槽长度/mm	V 型槽运行速度/(mm·s <sup>-1</sup> )
200	500

表 4 去苞叶模块部分关键参数表

Table 4 Table of key parameters of the debracting module

剥皮辊 材料	剥皮辊直 径/mm	电机功 率/W	剥皮辊转速/ (r·min <sup>-1</sup> )	剥皮辊倾 角/(°)	剥皮辊总 长度/mm
橡胶	70	370	365	16	960

程进行试验,划分为上料提升、头尾顺向、头尾切割、苞叶留层和质检装箱步骤。

试验各指标参数及计算式为

$$P = \frac{N_h}{T}, \tag{4}$$

$$Z_h = \frac{N_h}{N}, \tag{5}$$

$$S_p = \frac{N_p}{N}, \tag{6}$$

式中:

- P——设备加工效率,穗/h;
- Z<sub>h</sub>——苞叶留层合格率,%;
- S<sub>p</sub>——籽粒破损率,%;
- N<sub>h</sub>——留层合格玉米总数,穗;
- T——玉米果穗加工时间,h;
- N——玉米果穗总数;
- N<sub>p</sub>——籽粒破损果穗数。

由表 5 可知,整套生产线的加工效率平均值超过 1 500 穗/h,最高可达 1 700 穗/h;留层合格率的平均值为 90.2%,最高能达到 92.2%;籽粒破损率的平均值为 1.81%,最低可达 1.52%,总损失率低于行业标准

表 5 加工试验结果

Table 5 Results of the processing test

序号	留层合格率/ %	籽粒破损率/ %	加工效率/ (穗·h <sup>-1</sup> )
1	91.2	1.81	1 420
2	90.5	1.52	1 640
3	89.7	2.27	1 650
4	89.4	1.65	1 680
5	89.2	1.75	1 480
6	92.2	1.64	1 520
7	91.0	1.84	1 550
8	89.6	2.11	1 440
9	88.3	1.83	1 430
10	90.2	1.72	1 720
平均值	90.2	1.81	1 550

( $\leq 4\%$ )。因此,整套生产线设计符合行业工艺要求,试验指标符合相关标准。

#### 4 结论

研究提出了一种包括上料、排序、切割、剥皮的甜加糯型鲜食玉米全新加工工艺。利用三维软件完成生产线三维结构设计,并进行了样机的加工调试。结果表明,试验样机的效果良好,可完成保留内层苞叶 2~4 层的准确切割加工任务,加工效率超过 1 500 穗/h,留层合格率为 90.2%,籽粒破损率为 1.81%,各指标均能满足行业要求。研究实现了甜加糯型鲜食玉米产品自动化加工生产,生产线有较大的应用前景,进一步优化完善后可实现甜加糯型鲜食玉米产品加工生产线的产业化应用。

#### 参考文献

- [1] 徐丽,赵久然,卢柏山,等.我国鲜食玉米种业现状及发展趋势[J].中国种业,2020(10):14-18.  
XU L, ZHAO J R, LU B S, et al. Current status and development trend of fresh corn seed industry in China[J]. China Seed Industry, 2020(10): 14-18.
- [2] 刘夫国,牛丽影,李大婧,等.鲜食玉米加工利用研究进展[J].食品科学,2012,33(23):375-379.  
LIU F G, NIU L Y, LI D J, et al. Research progress on processing and utilization of fresh maize[J]. Food Science, 2012, 33(23): 375-379.
- [3] 官捷,孙磊磊,张丽萍,等.甜糯双隐性基因型玉米种质的创制与评价[J].华南农业大学学报,2019,40(2):6-13.  
GONG J, SUN L L, ZHANG L P, et al. Creation and evaluation of maize germplasm of sweet glutinous double recessive genotype[J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(2): 6-13.
- [4] 刘勋甲,徐尚忠,李建生,等.超甜玉米乳熟期营养成分及不同贮藏处理的含糖量与口感变化[J].长江蔬菜,1999(11):31-

33, 48.

- LIU X J, XU S J, LI J S, et al. Nutrient composition and sugar content of super sweet corn in different storage treatments[J]. Yangtze River Vegetables, 1999(11): 31-33, 48.
- [5] 王红军.玉米收获机械的现状与发展趋势[J].农机使用与维修,2022(10):49-51.  
WANG H J. The current situation and development trend of corn harvesting machinery [J]. Agricultural Machinery Use and Maintenance, 2022(10): 49-51.
- [6] 张伟,阿力木·买买提吐尔逊,李谦绪,等.鲜食玉米收获机清选装置设计与试验[J].农机化研究,2024,46(5):77-82,86.  
ZHANG W, Alimu Mamati Toulson, LI Q X, et al. Design and experiment of fresh corn harvester sorting device[J]. Agricultural Mechanization Research, 2024, 46(5): 77-82, 86.
- [7] SALVADOR R J, PEARCE B R. Husk removal and its effects on maize grain yield[J]. Crop Science, 1988, 28(6): 961-964.
- [8] 何晓鹏,沈瑾,孙洁.浅谈我国鲜食玉米行业发展概况[J].农业工程技术(农产品加工业),2010(10):26-29.  
HE X P, SHEN J, SUN J. On the development situation of fresh corn industry in China[J]. Agricultural Engineering Technology (Agricultural Products Processing Industry), 2010(10): 26-29.
- [9] 刘春泉,宋江峰,李大婧.鲜食甜糯玉米的营养及其加工[J].农产品加工,2010(6):10-11.  
LIU C Q, SONG J F, LI D J. Nutrition and processing of fresh sweet waxy corn[J]. Agricultural Products Processing, 2010(6): 10-11.
- [10] 易克传,曾其良,陈守江.小型摩擦式鲜食玉米剥皮机的设计[J].包装与食品机械,2011,29(6):24-26.  
YI K C, ZENG Q L, CHEN S J. Design of small friction fresh corn peeling machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(6): 24-26.
- [11] 赵玉强,何晓鹏,师建芳,等.鲜食玉米剥皮机的设计与试验[J].农业工程学,2011,27(2):114-118.  
ZHAO Y Q, HE X P, SHI J F, et al. Design and test of fresh corn peeling machine [J]. Agricultural Engineering, 2011, 27(2): 114-118.
- [12] 赵玉强,何晓鹏,刘清,等.甜玉米剥皮机结构改进及性能试验[J].食品与机械,2014,30(2):102-105.  
ZHAO Y Q, HE X P, LIU Q, et al. Structural improvement and performance test of sweet corn peeling machine [J]. Food & Machinery, 2014, 30(2): 102-105.
- [13] 吕桂华,陈坚剑,徐秀红,等.鲜食糯玉米苞叶相关性状的遗传相关分析[J].浙江农业学报,2015,27(7):1122-1126.  
LU G H, CHEN J J, XU X H, et al. Genetic correlation analysis of bud-related traits in fresh waxy maize[J]. Zhejiang Agricultural Journal, 2015, 27(7): 1122-1126.
- [14] 宋凤斌,徐洪文.玉米苞叶光合生理特性研究进展[J].玉米科学,2008(4):31-34.  
SONG F B, XU H W. Progress in the photosynthetic physiological properties of maize bracts[J]. Corn Science, 2008(4): 31-34.