# 山核桃破壳及包装自动化生产线控制系统的设计

李泽泽，曹成茂
（安徽农业大学，合肥 230036）

**摘要：目的** 为了适应山核桃大规模的加工生产，设计基于 S7-200PLC 与变频器控制的山核桃破壳及包装自动化生产线的控制系统。**方法** 利用 PLC 和变频器控制，设计 PLC 程序，使系统按照既定的工艺流程工作，并结合西门子 SMART700IE 液晶触摸屏实现人机交互。**结果** 该控制系统实施后山核桃破壳率最大达到 95.9%，包装质量达到了最大化，果仁损伤率低至 11.06%，破壳质量得到了有效验证。**结论** 实现了山核桃破壳及包装自动化生产系统的实时显示、监测与控制。

**关键词：**PLC；变频器控制；自动化；生产线；触摸屏；包装机
**中图分类号：**TB486；TP278　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2017)23-0140-07

# Design of Control System of Automatic Production Line of Pecan Shell Cracking and Packaging

*LI Ze-ze*, *CAO Cheng-mao*
(Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design the control system of pecan shell cracking and packaging automatic production line based on S7-200 PLC and frequency converter control, so as to adapt to the large-scale processing and production of pecans. By means of PLC and frequency converter control, PLC program was designed to enable the system to work according to the established process. Combined with Siemens SMART700IE LCD touch screen, the man-machine interaction was realized. After the implementation of the control system, the maximum pecan shell cracking rate reached 95.9%, the packaging quality was maximized, the kernel damage rate was as low as 11.06%, and the shell cracking quality was effectively verified. The real-time display, monitoring and control of the pecan shell cracking and packaging automatic production system are achieved.

**KEY WORDS:** PLC; frequency converter control; automation; production line; touch screen; packaging machine

山核桃属胡桃科植物，别名小胡桃[1]，体积较小、核仁肥厚、果壳坚硬、含油量高，采用传统工艺加工处理后，口感香美，果仁香酥可口。山核桃果仁含有大量人体必须的维生素 E、磷脂、蛋白质、17 种氨基酸、20 种矿物元素等营养物质[2—3]，具有丰富的营养和独特的口感，逐渐得到了消费者的广泛青睐，并成为一种广受喜爱的高档次坚果[4—6]。对于山核桃的深加工，无论哪一种方式，破壳取仁都是首要的工序。

目前，我国的山核桃破壳设备[7—10]存在功能单一、以人工喂料为主、能耗高、成本高等问题，导致损伤率高，整仁率低，严重影响了经济效益。近年来，随着电子技术和微机控制技术的迅速发展，山核桃破壳取仁朝着自动化[11]的方向迈进，因此，设计开发山核桃破壳及包装自动化生产线控制系统，对提高山核桃破壳取仁包装一体化的效率具有重要意义。文中根据实际生产需要，采用 PLC 控制技术[12—13]对山核桃破壳机、风选机、离心破壳分离机、色选机、包装机等一系列机械设备进行实时控制，从而提高山核桃加工生产效率、核仁整仁率以及工作可靠性。

**收稿日期：**2017-04-20
**基金项目：**国家自然科学基金（51475002）
**作者简介：**李泽泽（1993—），女，安徽农业大学硕士生，主攻智能检测与控制技术。
**通讯作者：**曹成茂（1964—），男，安徽农业大学教授、博导，主要研究方向为农业机械化工程。

## 1　山核桃破壳及包装自动化生产线的工艺流程

传统的山核桃破壳采用单一的机械式操作虽然比较稳定、可靠，但是由于劳动强度太大、人工成本较高，效率难以提高，因此，需要寻求一种自动化方式来取代机械式操作。自动化生产线流程是从原料进入生产现场开始，经过破壳、风选、分选、二次低损伤破壳、色选、包装等。根据现场主要工序安排山核桃加工生产线流程见图 1。首先，将经人工进行原料分拣后的带壳饱满山核桃投入破壳机。破壳后，按照果仁的完整程度及大小基本分为 3 类：大于整个核桃仁 1/2 的（第 1 类），小于整个核桃仁 1/2 但大于 1/4 的（第 2 类）以及小于整个核桃仁 1/4 的，为碎仁（第 3 类）。经过一次破壳的山核桃随传送带进入风选式壳仁分离机，碎仁及壳灰被吹出，未完全破壳的其他 2 类山核桃经提升机到滚筒式的物料分选机，通过滚筒的间距对破壳后的山核桃进行分级，第 1 类及第 2 类通过 1 号离心破壳分离机进行二次破壳，进行一次循环，破壳后的核桃仁损伤率低，且基本为整仁。经一次循环后壳仁混合物料再经二次风选机及色选机完成破壳取仁的过程，通过色选机的颜色智能识别，核仁进入出料口，而壳仁未完全剥离的物料进入 2 号离心破壳分离机进行二次循环，为山核桃的破壳率、整仁率及核仁的低损伤率提供了二次保障，经 2 次循环线的山核桃提高了核桃仁的经济价值，破壳取仁完成后山核桃仁进入自动包装机完成包装封袋[14—15]。该生产线的结构见图 2。此外，生产线中除了与生产工艺要求相关的设备之外，还大量应用了输送带、运输机、提升机等辅助设施，确保了生产线连贯、有序地运行。

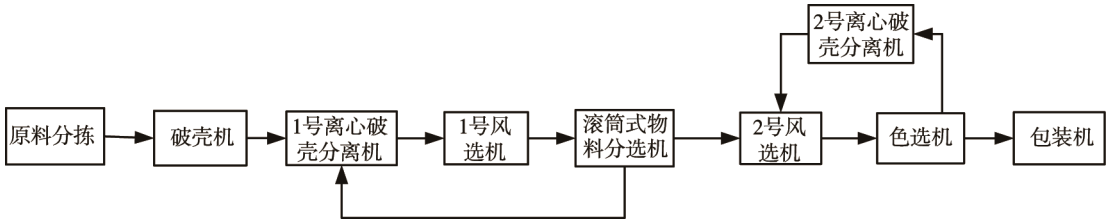



图 1　山核桃破壳自动化生产线流程工艺

Fig.1 Flow process of pecan shell cracking automatic production line

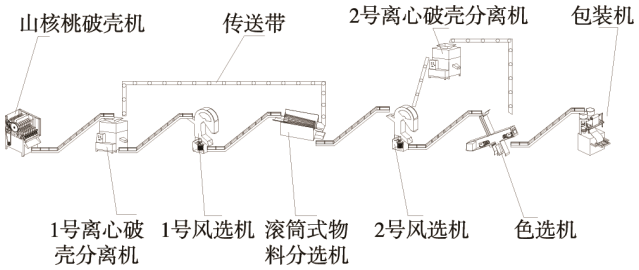



图 2　山核桃破壳及包装生产线总体结构

Fig.2 Overall structure of pecan shell cracking and packaging production line

## 2　自动化生产线控制系统总体方案的设计

山核桃破壳及包装自动化生产线控制系统设计原则如下所述。

1）紧急停机功能。生产线在正常工作可能会遇到突发情况，因此在设备上安装紧急停止按扭是必要的。

2）灵活的控制模式。在实际应用中，生产线的工作模式设置为自动模式，而在设备调试和检修时会及时调整为手动模式。

3）联锁功能。生产线工作过程中各部分是关联的，因此程序控制需要在各种不同的条件下实现联锁功能。

4）故障报警功能。生产线如果出现故障，报警灯闪烁，蜂鸣器会发出警报，提醒工作人员抓紧时间对生产线故障进行检查维修。

5）系统状态显示功能。运行模式、PLC 控制输入输出量以及现场进度等均有显示。

人机交互、故障判断和线路修改等方面的处理通过 PLC 解决有很大的局限性。生产线现场设备多、线路杂，对生产过程监测带来了困难，因此需要上位机和 PLC 配合来直接简单地了解生产线进程及监控信号的动态变化。该系统硬件结构见图 3。图 3 中触摸屏和 S7-200PLC 组成了山核桃破壳及包装自动化生产线的主要控制系统。

PLC 作为整个系统的控制核心，通过采集外部开关信号（按钮、继电器）以及触摸屏信号的输入，通过输出模块输出的信号去控制交流接触器、继电器、电动机等器件，从而执行各工艺环节的机械操作。用户通过触摸屏完成相关工艺参数设定、工作模式选择、运行状态监视、报警信息读取，触摸屏通过 RS-485 串口和 PLC 的中心 CPU 单元通讯。在离心破壳分离机和风选机上安装称重传感器，PLC 采集该模拟量信号，通过 PLC 中 PID 调节功能输出信号调节风机和离心破壳分离机的转速，将信号通过传感器反馈回输入模块，改变各机械模块的运动状态。

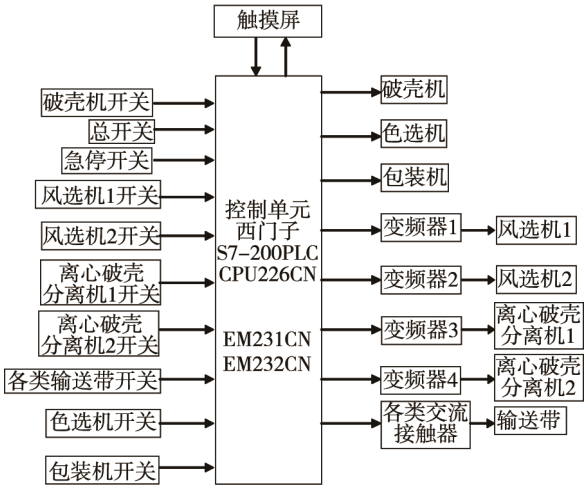



图 3　山核桃破壳及包装自动化生产线控制系统结构

Fig.3 Structure of pecan shell cracking and packaging automatic production line control system

## 3　硬件系统的设计

该系统根据功能要求选择 S7－200 系列的 CPU226XP，它具有 24 个输入端口及 16 个输出端口。模拟量输入输出模块选择 EM231CN 和 EM232CN，两者之间由扩展电缆连接。生产线控制系统输入信号端子分配见表 1，生产线控制系统输出信号端子分配见表 2。称重传感器选用 YZC－328 型波纹管式传感器，通过称重变送器连接 EM231CN 模拟量输入模块实现 A/D 转换输出 0～10 V 的电压信号到 PLC 中。称重传感器固定在离心破壳分离机及风选机底部。离心破壳分离机变频器选用西门子 MM440-220/3 变频器（6SE6440-2UD22-2BA0），其额定功率为 2.2 kW，额定输出电流为 5.9 A。风选机变频器选用西门子 MM440-150/3 变频器（6SE6440-2UD21-5AA1），其额定功率为 1.5 kW，额定输出电流为 4 A。并设置 0～10 V 的电压控制信号，分别用于调节二次低损伤离心破壳分离机电机转速以及风选机电机转速。生产线中有 2 条循环线：1 号二次低损伤离心破壳机→1 号风选机→滚筒式物料分选机→1 号二次低损伤离心破壳机；2 号风选机→色选机→2 号二次低损伤离心破壳机→2 号风选机。该控制系统通过 PLC 控制将第 1 条循环线中的 1 号二次低损伤离心破壳机电机转速及 1 号风选机风速调控在定值范围内，经第 1 道循环线中风选机将碎仁直接滤出，第 1 类及第 2 类未完全破壳山核桃继续进行二次破壳、风选、分选的工艺流程。当滚筒式物料分选机经一次循环线对未完全破壳的山核桃分级完成后，此时，破壳取仁进入第 2 道循环线，这时山核桃破壳基本完成且混有少量核仁镶嵌在内壁的未完全破壳山核桃，即为山核桃壳仁混合物料，碎仁经二次风选被滤出，山核桃壳仁混合物料经色选机的壳仁颜色识别滤出山核桃仁，部分核仁镶嵌在内壁的未完全破壳山核桃经 2 号二次低损伤离心破壳机再次破壳，经过二次循环的风选、色选，二次破壳流程，最后得到完全破壳的山核桃仁。

**表 1　控制系统输入信号端子分配**

**Tab.1 Control system input signal terminal distribution**

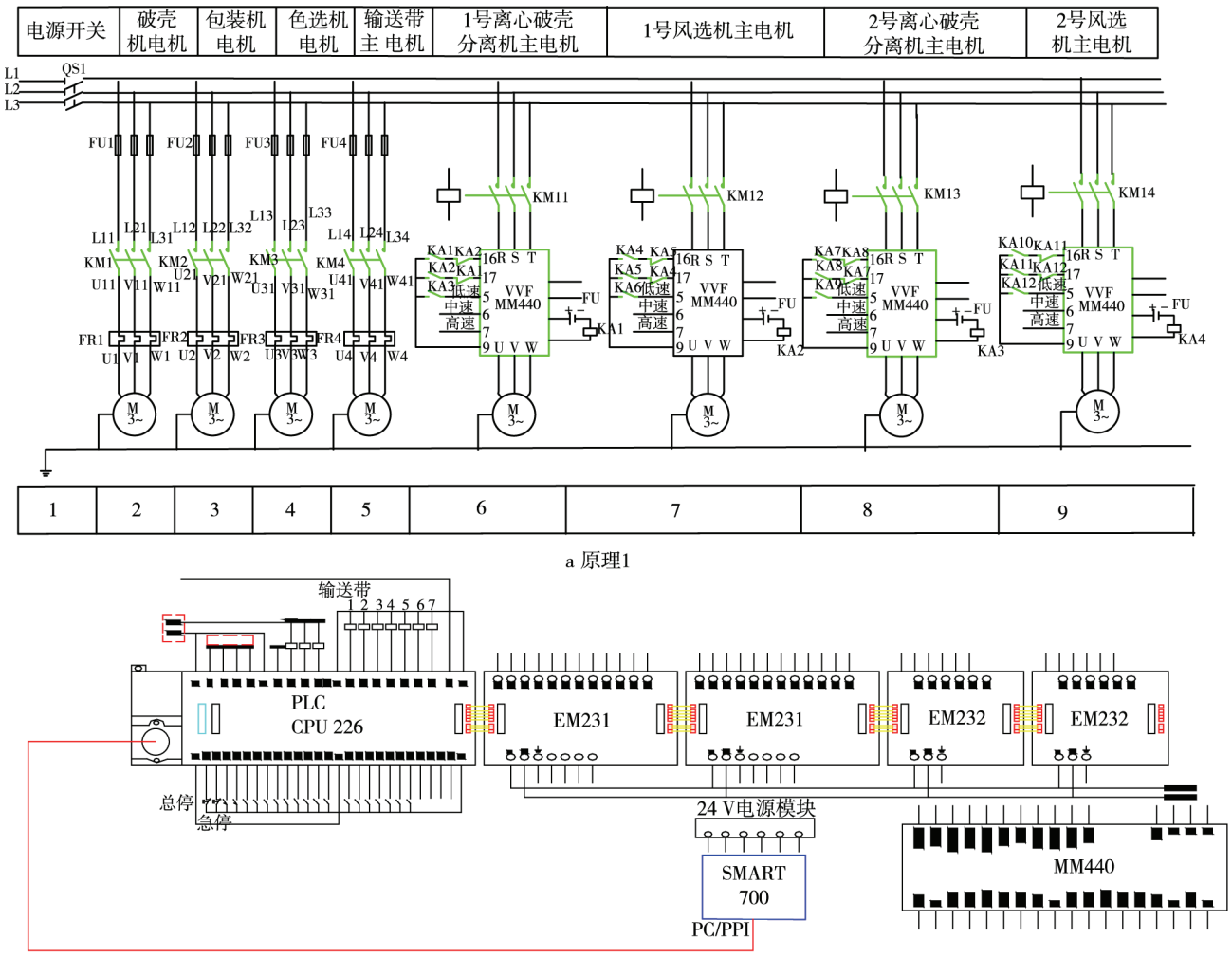
| 序号 | 端子地址 | 功能 |
|---|---|---|
| 1 | I0.0 | 急停按钮 |
| 2 | I0.1 | 总停按钮 |
| 3 | I0.2 | 破壳机启动按钮 |
| 4 | I0.3 | 破壳机停止按钮 |
| 5 | I0.4 | 离心破壳分离机1启动按钮 |
| 6 | I0.5 | 离心破壳分离机1停止按钮 |
| 7 | I0.6 | 风选机1启动按钮 |
| 8 | I0.7 | 风选机1停止按钮 |
| 11 | I1.0 | 离心破壳分离机2启动按钮 |
| 12 | I1.1 | 离心破壳分离机2停止按钮 |
| 13 | I1.2 | 风选机2启动按钮 |
| 14 | I1.3 | 风选机2停止按钮 |
| 17 | I1.4 | 色选机启动按钮 |
| 18 | I1.5 | 色选机停止按钮 |
| 19 | I1.6 | 包装机启动按钮 |
| 20 | I1.7 | 包装机停止按钮 |
| 21 | I2.1 | 允许手动 |
| 22 | I2.2 | 允许自动 |
| 23 | AIW0 | 称重变送器1 |
| 24 | AIW2 | 称重变送器2 |
| 25 | AIW4 | 称重变送器3 |
| 26 | AIW6 | 称重变送器4 |

**表 2　控制系统输出信号端子分配**

**Tab.2 Control system output signal terminal distribution**

| 序号 | 端子地址 | 描述 |
|---|---|---|
| 1 | Q0.0 | 离心破壳分离机1运行 |
| 2 | Q0.1 | 风选机1运行 |
| 3 | Q0.2 | 离心破壳分离机2运行 |
| 4 | Q0.3 | 风选机2运行 |
| 5 | Q0.4 | 破壳机运行 |
| 6 | Q0.5 | 色选机运行 |
| 7 | Q0.6 | 包装机运行 |
| 8 | Q1.1 | 输送带1启停 |
| 9 | Q1.2 | 输送带2启停 |
| 10 | Q1.3 | 输送机3启停 |
| 11 | Q1.4 | 输送机4启停 |
| 12 | Q1.5 | 提升机5启停 |
| 13 | Q1.6 | 输送机6启停 |
| 14 | Q1.7 | 输送机7启停 |
| 15 | AQW0 | 离心破壳分离机1转速输出 |
| 16 | AQW2 | 风选机1转速输出 |
| 17 | AQW4 | 离心破壳分离机2转速输出 |
| 18 | AQW6 | 风选机2转速输出 |

采用该控制系统后，通过 PLC 及模拟量控制模块实现变频器的控制。核桃破壳、壳仁分离是破壳取仁的关键环节，各环节任意一个节点处理不当都会影响整个系统的破壳效果，因此，该控制系统在 2 个循环线的关键节点对二次低损伤离心破壳机及风选机采用变频器控制，固定在离心破壳分离机及风选机底部的称重传感器通过称重变送器连接 EM231CN 模拟量输入模块实现 A/D 转换输出 0 ~ 10 V 的电压信号到 PLC 中。模拟电压 0 ~ 10 V 的电压变化，对应变频器 0 ~ 50 Hz 变化，对应电动机转速 0 ~ 1500 r/min 变化。通过改变变频器输入端口的电压大小，可平滑无级的调节二次低损伤离心破壳机的转速大小及风选机的风速，从而保证核桃破壳、壳仁分离机械的稳定操作及破壳效果，实现 2 个循环线的实时控制，一定程度上保证了山核桃的高破壳率和果仁低损伤率。基于该控制流程，生产线控制系统主电路及接线见图 4。




a 原理1

b 原理2

图 4　控制系统原理

Fig.4 Schematic diagram of control system

## 4　软件系统的设计

PLC 控制软件设计的功能是编写实现控制功能的 PLC 程序。手动操作主要通过开关控制变频器及各电机的启动。自动控制方式一般用于设备的正常生产状态，自动控制流程见图 5。

软件设计中该控制系统使用了一台 SIMENS SMART LINE700 触摸屏，800×480 的宽屏设计具有很大的可视面积，在参数设定和实时监控及有效管理方面提供了灵活便捷的方式。使用 WinCC Flexible 2008SP4 CHINA 进行组态界面设计，该编程软件不仅提供多种功能控件，而且可以组态出各种控制功能，并且实现故障的可视化。该触摸屏不仅具有丰富的通讯系统且通讯能力很强大，S7-200PLC 与面板在 PPI 通讯协议下建立高速无缝的连接。该触摸屏和 S7-200 PLC 能构成稳定的自动化控制系统。

1）开始运行画面。启动 SMART 700IE 触摸屏设备，通过 RS485 建立与 PC 机及 S7-200PLC 的通信连接，打开 WinCC Flexible 2008SP4 CHINA 软件进行编译传送，项目软件即被下载至触摸屏中显示，该控制系统的开机运行画面见图 6。

2）变量设定。实现触摸屏对 PLC 参数的输入，

PLC 当前值的输出的显示，包括变频器频率，运行时间及包装速度的显示，见图 7。

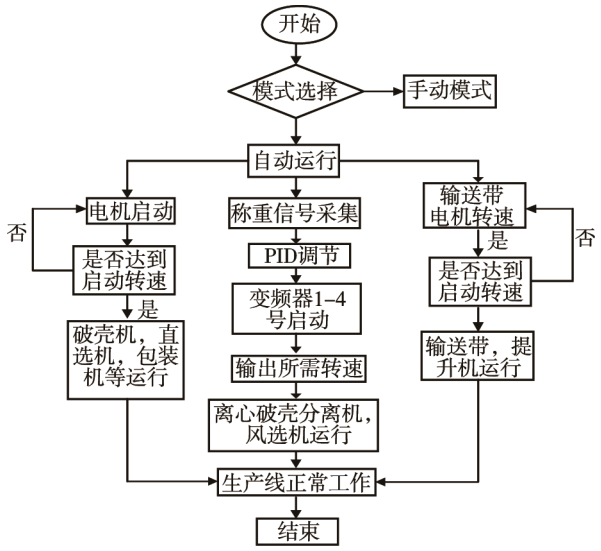



图 5　山核桃破壳及包装生产线自动控制流程

Fig.5 Flow chart of pecan shell cracking and packaging production line automatic control

图 6　开始运行画面

Fig.6 Start screen

图 7　参数设置画面

Fig.7 Parameter settings screen

3）触摸屏同 PLC 之间的通信。整个控制功能的操作界面，见图 8。手动操作模式主要通过开关控制生产线中各变频器及电机的启停等。自动运行画面则显示了各变频器的运行进度，生产设置，启停设置等，实时准确显示了生产线的运行状况，见图 9。当生产线工作时发生故障，故障显示界面立即在触摸屏上弹出并且控制箱内的蜂鸣器发出报警声；当故障解除时，按下异常解除按钮后，画面随之切换到自动运行画面。

图 8　主操作画面

Fig.8 Main operating screen

图 9　自动运行画面

Fig.9 Automatic operation screen

## 5　结果与分析

### 5.1　试验材料

该试验材料是产于天目山脉的宁国山核桃，属圆胡桃，经测量直径约为 16～24 mm（沿缝合线方向测量），试验地点由安徽省宁国市胡乐镇红星山核桃加工基地提供。根据加工工艺的要求，为保证山核桃破壳取仁的整仁率及低损伤率，对破壳前的山核桃进行锈水蒸煮预处理，晾置一段时间投入该控制系统进行破壳取仁。试验前预处理的山核桃见图 10。

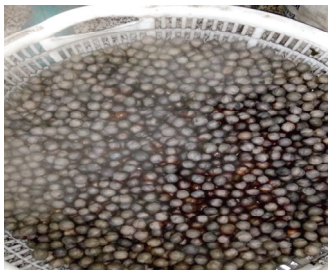


图 10　蒸煮处理后的山核桃

Fig.10 Pecans after cooking

### 5.2　试验结果对比

将控制系统投入后，按照核仁完整程度，分为整仁、半仁和碎仁。整仁和半仁定义为果仁未损伤，碎仁为果仁损伤，将果仁未损伤的山核桃以 50 g 为包

装单位通过该控制系统对包装机的控制完成包装封袋。试验结果见表 3。以同样标准统计该控制系统未采用前的试验数据，结果见表 4。

**表 3　山核桃破壳及包装自动化生产线控制系统试验结果**
**Tab.3 Test results of the control system of pecan shell cracking and packaging automatic production line**

| 试验组数 | 山核桃总质量/g | 破壳后山核桃质量/g | | | 未破壳山核桃质量/g | 破壳率/% | 果仁损伤率/% | 包装质量/g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 整仁 | 半仁 | 碎仁 | | | | |
| 1 | 2990 | 552 | 1120 | 104 | 0 | 100 | 5.86 | 49 |
| 2 | 2580 | 482 | 998 | 96 | 0 | 100 | 6.09 | 50 |
| 3 | 1950 | 309 | 840 | 78 | 0 | 100 | 6.36 | 51 |
| 4 | 1690 | 224 | 645 | 49 | 0 | 100 | 5.34 | 50 |
| 平均值 | 2302.5 | 391.8 | 900.8 | 81.8 | 0 | 100 | 5.9 | 50 |

**表 4　该控制系统未采用时的试验结果**
**Tab.4 Test results when the control system is not adopted**

| 试验组数 | 山核桃总质量/g | 破壳后山核桃质量/g | | | 未破壳山核桃质量/g | 破壳率/% | 果仁损伤率/% | 包装质量/g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 整仁 | 半仁 | 碎仁 | | | | |
| 1 | 2990 | 432 | 1010 | 200 | 124.5 | 95.9 | 12.18 | 47 |
| 2 | 2580 | 302 | 878 | 1 56 | 108.2 | 95.8 | 11.68 | 51 |
| 3 | 1950 | 219 | 810 | 128 | 85.8 | 95.6 | 11.06 | 49 |
| 4 | 1690 | 164 | 585 | 109 | 72.6 | 95.7 | 12.7 | 48 |
| 平均值 | 2302.5 | 279.25 | 820.75 | 148.25 | 97.78 | 95.75 | 11.91 | 48.75 |

破壳率和果仁损伤率的计算：

$$破壳率 = 1 - \frac{未破壳山核桃质量}{山核桃总质量} \times 100\% \tag{1}$$

$$果仁损伤率 = \frac{碎仁质量}{整仁质量 + 半仁质量 + 碎仁质量} \times 100\% \tag{2}$$

经测算，从表 3—4 分析对比可知，该控制系统实施前后，果仁损伤率大幅降低，破壳率及包装精度大幅提高，控制系统实施后得到的破壳率、果仁损伤率及包装精度均能达到山核桃加工生产要求，该控制系统的破壳效果满足了控制指标，破壳质量得到了验证。加工后的山核桃仁结果见图 11。包装效果见图 12。

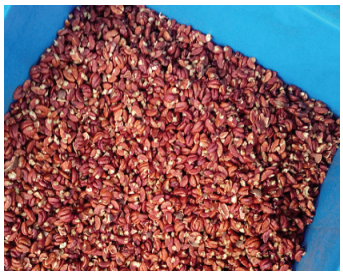


图 11　加工后的山核桃仁
Fig.11 The processed pecan kernel

图 12　山核桃仁包装
Fig.12 Pecan kernel packaging

## 6　结语

山核桃破壳及包装自动化生产线控制系统充分发挥了 PLC 的控制优势，提高了山核桃破壳机械的自动化水平，有效保障了山核桃破壳取仁的整仁率及低损伤率，实现了破壳取仁到包装封袋的完美衔接，节省了大量的人工成本，解放了一部分劳动力。触摸屏人机交互界面为操作人员提供了控制过程的可视化，便于用户及时掌握生产线工艺环节设备的运行状态，一定程度上降低了设备的机械损耗。该生产线控制系统设计巧妙，性能稳定，为山核桃自动化加工领域开辟了新前景，值得广泛推广及应用。

**参考文献：**


[1] 荣瑞芳. 几种重要坚果的营养特性比较[J]. 北京联合大学学报, 2010, 24(1): 12—16.
RONG Rui-fang. Several Important Nutritional Properties of Nuts More[J]. Journal of Beijing Union University, 2010, 24(1): 12—16.

[2] 钱新标, 徐温新, 张圆圆, 等. 山核桃果仁微量元素分析初报[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(4): 511—515.
QIAN Xin-biao, XU Wen-xin, ZHANG Yuan-yuan, et al. Pecan Nuts at the Beginning of the Trace Element Analysis Report[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2009, 26(4): 511—515.

[3] 郭传友, 黄坚钦, 方炎明. 山核桃研究综述及展望[J]. 经济林研究, 2004, 22(1): 61—63.
GUO Chuan-you, HUANG Jian-qing, FANG Yan-ming. Pecan Research Review and Outlook[J]. Economic Forest Research, 2004, 22(1): 61—63.

[4] 王冀平, 李亚南, 马建伟. 山核桃仁中主要营养成分的研究[J]. 食品学, 1998, 19(4): 44—46.
WANG Ji-ping, LI Ya-nan, MA Jian-wei. The Study of the Main Nutritional Components of the Walnut Kernel [J]. Food Science, 1998, 12(4): 44—46.

[5] TORO-VAZQUEZ J F, CHARO-ALONSO M A, PWREZ-BRICENO. Fatty Acid Composition and Its

Relationship with Physicochemical Properties of Pecan Oil[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 999, 8: 957—965.

[6] 郭刚军, 邹建云, 徐荣, 等. 澳洲坚果粕营养成分测定与氨基酸组成评价[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 421—423.
GUO Gang-jun, ZHOU Jian-yun, XU Rong, et al. Macadamia Meal Nutrition Determination and Evaluation of Amino Acid Composition[J]. The Food Industry Science and Technology, 2012, 33(9): 421—423.

[7] 曹成茂, 朱德泉, 方家文, 等. 山核桃剥壳取仁(壳仁分离)机: 中国, 201010242286.6[P]. 2010-08-02.
CAO Cheng-mao, ZHU De-quan, FANG Jia-wen, et al. Pecan Shell Take Benevolence Separation (Shell) Machine: China, 201010242286.6[P]. 2010-08-02.

[8] 李忠新, 杨军, 杨莉玲, 等. 一种核桃破壳机: 中国, 201120059960.7[P]. 2011-03-09.
LI Zhong-xin, YANG Jun, YANG Li-ling, et al. A Walnut Shell Machine: China, 201120059960.7[P]. 2011-03-09.

[9] 吕小莲, 吕小荣, 张孝琼. 坚果破壳机具研究现状与分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(8): 485—488.
LYU Xiao-lian, LYU Xiao-rong, ZHANG Xiao-qiong. Present Situation and the Analysis of Nut Shell Machine[J]. Food Industry Science and Technology, 2011, 32(8): 485—488.

[10] 李忠新, 刘奎, 杨莉玲, 等. 锥篮式核桃破壳装置设计与试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(S1): 146—152.
LI Zhong-xin, LIU Kui, YANG Li-ling, et al. Conical Basket Walnut Shell Device Design and Test[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2012, 43(S1): 146—152.

[11] 陈永芳, 陈明. 浅谈自动化生产线的发展[J]. 广西轻工业, 2011(1): 57—61.
CHEN Yong-fang, CHEN Ming. Introduction to the Development of the Automatic Production Line[J]. Guangxi Light Industry, 2011(1): 57—61.

[12] 毕海婷, 任大伟. PLC 与变频器的调速自动化在节能工程中的应用分析[J]. 甘肃联合大学学报(自然科学版), 2013, 10(5): 322—324.
BI Hai-ting, REN Da-wei. PLC and Frequency Converter Speed Control Automation Application in Energy-Saving Projects Analysis[J]. Journal of Gansu Union University(Natural Science Edition), 2013, 10(5): 322—324.

[13] 燕培荣. 基于 PLC 实现的自动化电气控制应用研究[J]. 科技资讯, 2011, 10(3): 154—156.
YAN Pei-rong. Base on PLC to Realize the Automatic Electrical Control Application Study[J]. Technical Information, 2011, 10(3): 154—156.

[14] 李小建, 秦永志. 西门子 PLC 在包装机上的应用[J]. 机电信息, 2013(6): 43—45.
LI Xiao-jian, QIN Yong-zhi. The Application of Siemens PLC in Packing Machine[J]. Mechanical and Electronic Information, 2013(6): 43—45.

[15] 游亚陆, 孟婥, 孙志军, 等. 基于 PLC 的自动包装机实时故障检测与处理[J]. 包装工程, 2014, 35(1): 92—95.
YOU Ya-lu, MENG Chuo, SUN Zhi-jun, et al. Based on PLC Automatic Packaging Machine Fault Detection and Real-time Processing[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1): 92—95.