

导轨移动式香蕉采摘机结构设计

Design of banana picking machine structure with guide rail

朱冬云¹ 曲军远² 徐略强¹ 张宝珍¹ 吉祥¹

ZHU Dong-yun¹ QU Jun-yuan² XU Lue-qiang¹ ZHANG Bao-zhen¹ JI Xiang¹

(1. 海南大学机电工程学院, 海南 海口 570228; 2. 海南大学国有资产管理处, 海南 海口 570228)

(1. School of Mechanics and Electrics Engineering, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. State-owned Assets Management Department, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

摘要:为提高香蕉采摘效率、减轻劳动量、降低采摘成本、减少人员伤亡事故发生等,研究一种导轨移动式香蕉采摘机,并对其关键部件移动装置、夹紧装置和切割装置进行设计,以满足香蕉采摘工序要求,实现对香蕉果串进行机械化采摘,与传统的人工采摘方法相比导轨移动式香蕉采摘机的采摘效率可提高90%。

关键词:香蕉;采摘机;导轨;移动式

Abstract: To improve the picking efficiency, reduce labor, the cost of picking bananas, and the disability accident, etc., a kind of guide roller banana picking machine was designed. The key components of mobile, clamping and cutting devices were verified met the requirement of banana picking process. mechanization of banana fruit string picking was realized. The picking efficiency could be increased by 90% by using the mobile banana picking machine, compared with the traditional manual method.

Keywords: banana; picking machine; guide rail; moving type

香蕉是热带及亚热带地区的重要经济作物,特别是在中国的海南地区是极其重要的经济作物。海南具备发展香蕉产业的优越生态条件,海南香蕉的种植面积逐年增加,是中国重要的香蕉生产基地,也是发展高产、高品质香蕉最理想的生产基地^[1-3]。香蕉属草本植物,香蕉果串达到商品期时,果实整体为近似圆柱型,重量约为25 kg,直径约为80 cm,高150 cm的大重量、大体积圆柱状果串。目前国内外香蕉的采摘工作主要由人工完成,采摘效率低、劳动量大、采摘成本高,约占生产成本的1/3,且人员伤亡事故常发生。

当前,国内外香蕉采摘技术主要有以下2种方式:第一种,采摘香蕉时,利用辅助装置对香蕉果串支撑保护^[4]。这种相对人工采摘可减少机械损伤,但劳动强度还是很大;第

二种,利用牵引装置配置机械手等部件来实现香蕉的机械化采摘^[5]。这种采收方式的前期投入非常大,维护成本高,对设备操作人员的技术水平要求也很高。目前在中国,特别是在海南还是以人工采摘为主,但香蕉采摘作业是季节性较强和劳动密集型的工作,采摘作业劳动量大,人工采摘效率低、用工量大,经常发生在用工高峰期找不到工人的现象^[6-8]。因此,香蕉产业迫切地要提高香蕉采摘的机械化及自动化程度,降低香蕉果的损伤率,节省人工成本,提高蕉农的经济效益,让工人从单调、繁重、危险的采摘作业上解放出来。

本设计将导轨移动式香蕉采摘机固接在牵引装置上,通过导轨的移动使得采摘装置达到指定的位置。拟通过液压缸和导轨的导向作用提高采摘精度和生产效率,降低蕉果的损失,减少人员伤亡事故的发生,使香蕉采摘工序做到精确、简便、高效、安全。

1 整机结构和工作原理

1.1 整机结构

海南大部分香蕉种植地为坡地,导轨移动式香蕉采摘机固接在牵引装置上较为适合海南的蕉园地理环境,也便于牵引装置一机多用,同时也有利于采摘的下一道工序——香蕉果串的运输实现机械化、自动化^[9]。导轨移动式香蕉采摘机整机主要由底座、移动装置、夹紧装置、切割装置等组成,见图1。该机器在机械载体的牵引下到达指定的位置,机器通过升降、夹紧、切割3道工序实现香蕉采摘。移动装置由液压缸、导轨组成;夹紧装置由液压缸、滑块、夹爪组成;切割装置由皮带连接伺服电机、刀具组成;底座固接在牵引装置上,夹紧装置、切割装置都安装在连接板上侧的导轨上,夹紧装置、切割装置通过移动装置可实现上下和左右的移动,实现夹紧、切割,完成采摘。

1.2 工作原理与技术参数

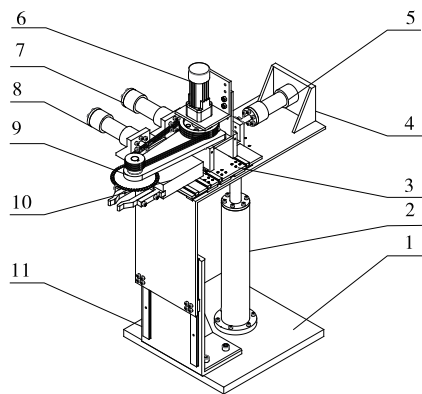
工作时,在底座液压缸的作用下带动升降板实现向上移动达到所需的高度,在控制前后移动的液压缸作用下,将刀

基金项目:海南省自然科学基金项目(编号:20155205)

作者简介:朱冬云(1970—),女,海南大学副教授,硕士。

E-mail: 972484792@qq.com

收稿日期:2017-08-07



1. 底座 2. 底座液压缸 3. 导轨安装板 4. 升降板 5. 1号液压缸
6. 伺服电机 7. 2号液压缸 8. 3号液压缸 9. 刀具体 10. 夹具体 11. 升降导向板

图 1 导轨移动式香蕉采摘机结构示意图
Figure 1 Mobile banana guide picking machine structure diagram

具装置和夹具体装置体带动着一起向前或后移动,通过液压缸的微调作用将夹爪对准香蕉串轴径,将香蕉轴径引进夹爪内侧,夹爪在液压缸和滑块作用下夹紧香蕉轴茎。同时伺服电动机驱动皮带轮旋转,带动刀片旋转,在控制前后的液压缸作用下向前移动,刀片对准香蕉轴颈进行切割,将香蕉果串与香蕉树分离。在底座液压缸的作用下带动升降板向下移动到指定的高度,在液压缸和滑块作用下松开夹爪,实现香蕉的采摘^[10]。导轨移动式香蕉采摘机主要技术参数见表 1。

表 1 主要技术参数
Table 1 Main parameters

长/ mm	宽/ mm	高/ mm	整机质 量/kg	刀片转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	切割功 率/kW	作业高 度/m
956	500	1 250	250	960	5.3	1.5~2.4

2 关键部件设计

2.1 移动装置

2.1.1 整体结构 移动装置由液压缸、导轨构成。连接板内侧安装的滑块安装在底座升降板上,见图 2。

2.1.2 移动过程 夹紧装置和切割装置都安装在连接板导轨上,在底座液压缸、升降导向板作用下实现上下移动。通过连接板上的液压缸伸出杆的推力和导轨的导向作用实现左右移动。为了降低零件的加工难度,采用导轨连接和板连接块,在零件的右侧利用螺钉将导轨连接板和连接块连接。

2.1.3 设计 底座液压缸的行程为 0.5 m,若以安装面为 1 m 的机械载体安装香蕉采摘机,该机构的升降工作范围为 1.5~2.4 m,香蕉需切果径距地面约 2 m,该机构的升降工作范围符合香蕉果串采摘要求。

香蕉采摘机的底座升降板是一个重要部件,见图 2(a)。由于承受了整机的重量,且需要保证运动平稳,所以升降导轨设计的强度、刚度要高于其他导轨的。升降板机构下方连接使升降板实现上升和下降的液压缸,利用液压杆的伸缩使

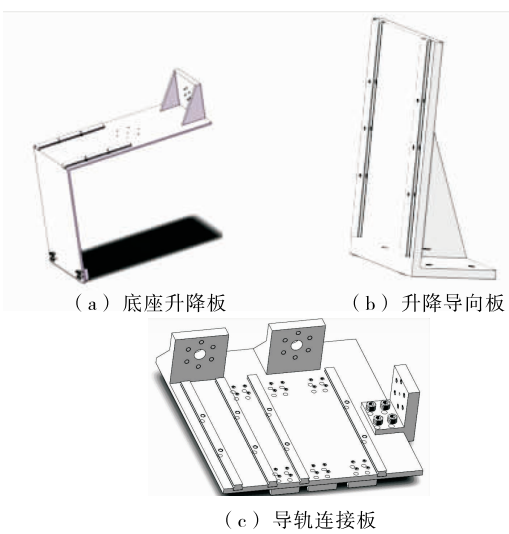


图 2 移动装置
Figure 2 Mmobile device

机构进行升降移动,升降板的垂直面上安装 2 个滑块,两滑块的主要作用是与升降导向板连结,防止升降液压杆在上升的过程中左右转动,这一设计提高了升降系统对外力的干扰作用,保证了导轨的上升、下降运动的平稳和顺畅。夹紧装置和切割装置都安装在连接板导轨上方,在前后、左右的液压缸伸出杆的推力和导轨的导向作用下实现前后、左右移动。考虑降低零件的制作难度,在导轨连接板右侧利用螺钉和连接块进行连接,避免升降板在上升过程中连接块做不必要的转动,提高整机的刚性。

升降导向板通过导轨的导向,使得升降板在上升过程中避免不必要的转动,升降导向板上的导轨选用 M8 粗牙螺栓与垂直面连接,以防止导轨滑动,底面使用 M16 粗牙螺栓与香蕉采摘机载体连接见图 2(b),提高系统刚性。

导轨连接板是采摘机的枢纽,是连接底座、刀具体、夹具体的连接体见图 2(c)。夹具体和刀具体都安装在导轨连接板上,在液压缸伸出杆的推力和导轨的导向作用下,夹具体、刀具体实现上下、左右移动,夹具体对香蕉果轴夹紧,刀具体对香蕉果轴进行切割,实现香蕉采摘。

借鉴国内升降类产品的相关技术参数^[11],升降平台的升降时间设置为 20 s,最大上升时间为 10 s,其移动速度为 0.025~0.05 m/s,设备运行是平稳的、安全的、高效的,相对传统人工采摘,采摘效率可提高 90%。

2.2 夹紧装置

2.2.1 整体结构 夹紧装置由液压缸、滑块、夹爪组成。如图 3 所示,夹紧装置固定在安装板,夹爪上有 2 个安装孔,用以安装在标准件摆动液压缸上。考虑香蕉轴径能顺利滑入夹爪内侧,夹爪前部分向前张开呈 8°。这一设计解决了果串在空中摇摆,难于固定的问题,缩短对正时间,提高了固定准确率,从而提高了生产率。

2.2.2 夹紧过程 在控制前后移动的液压缸作用下,夹具体向前或后移动,通过左右液压缸的微调作用将夹爪对准香蕉串轴径,将香蕉轴径引进夹爪内侧,夹爪在液压缸和滑块作

用下夹紧香蕉果轴。垂直面的螺栓孔是和液压缸伸出杆连接以推动安装在水平面上的夹具体,实现左右微调。这一设计解决了香蕉采摘过程中对香蕉果轴的固定,因香蕉果串不是工业产品,其形状、重量、体积受自然因素的影响较大,同一批香蕉,会因阳光、风向、位置等因素不同,最后产出的香蕉果串的形状、体积、重量不一样,香蕉果串的弯曲程度也不同。夹紧装置保证了在香蕉采摘的整个过程中,蕉果不与装备接触,避免了蕉果受到机械损伤,有效地保证香蕉果的商品价值。同时采用此夹紧装置可在完成采摘后,工人或装置可顺势将香蕉串平放到指定的位置,有利于下一道工序(香蕉运输)实现机械化及自动化。

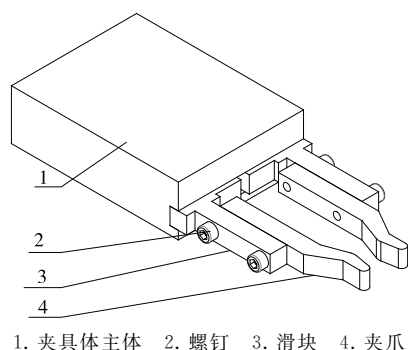


图 3 夹紧装置

Figure 3 Clamping device

2.3 切割装置

2.3.1 整体结构 切割装置主要由伺服电动机、皮带轮、皮带、刀片组成,见图 4。伺服电动机安装在固定板上,固定板安装在连接板上。本设计由皮带连接伺服电机和刀具构成的切割机构,伺服电机为切割结构提供平稳可靠动力;通过皮带连接,使得伺服电机与刀片有一定的距离,有效地防止香蕉汁液对伺服电机腐蚀。因香蕉果串相对其他水果是大重量、大体积果串,其果轴由粗大纤维构成,根据大量试验选用齿形为三角形、梯形的刀片,能保证对香蕉果轴切割稳定有力,又可降低能耗,同时防止果轴在切割过程中出现撕裂现象,影响整串香蕉果商品价值。

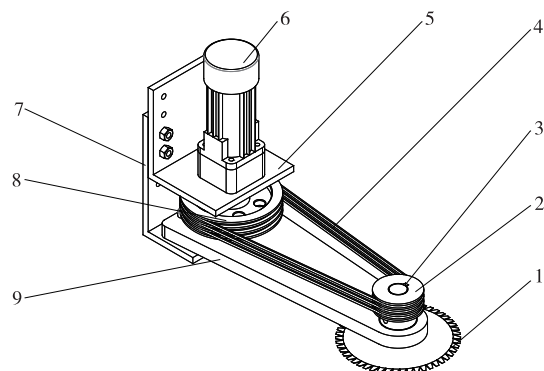


图 4 切割装置

Figure 4 Cutting device

2.3.2 切割过程 在夹紧装置对香蕉果轴实现夹紧的同时伺服电动机驱动皮带轮旋转,带动刀片旋转,在液压缸向前移动的作用下,旋转的刀片对香蕉轴颈进行切割,将香蕉果串与香蕉树分离。切割装置是利用刀片旋转进行切割香蕉杆茎使香蕉和果树分离,而刀具旋转的动力是通过固定在电机固定板上的伺服电机驱动,伺服电机和刀具通过皮带连接,伺服电机通过螺栓和电机固定板连接,电机固定板固接在升降板上。皮带轮与轴利用键连接来传递扭矩,同时为了避免在重力的作用下脱落使用紧固螺钉进行安装。刀片利用轴肩定位再用螺母和垫片对刀片进行固定。

3 结论

本研究在符合香蕉采摘农艺要求及采摘工序的前提下,着重对各关键零部件进行了设计,并使用 CAD/CAM、Solid-works 等软件设计表达导轨移动式香蕉采摘机零部件及整机装备结构。

导轨移动式香蕉采摘机满足丘陵地区香蕉采摘,实现了香蕉采摘机械化,降低了人工成本(达 30%~45%),减轻了工人采摘的劳动强度;提高了香蕉采摘精度,易于工人操作,与传统人工采摘方法相比,采摘效率可提高 90%。不过,导轨移动式香蕉采摘机还未实现智能化,智能化是采用计算机智能视觉识别系统,准确地确定香蕉轴径的位置及识别香蕉的成熟成度,精确、快速地切割,实现精确的“标靶”采摘,这是农业实现现代化、自动化的发展方向,也是未来采摘机械的努力方向。

参考文献

- [1] 李玉萍,方佳,董定超,等.世界香蕉产业的发展现状与发展趋势分析[J].广东农业科学,2008(2):115-119.
- [2] 张浩栋,张燕,曾小英,等.基于 PLC 的香蕉秸秆自动打包机的设计和控制研究[J].食品与机械,2013,29(1):115-121.
- [3] 郑维全,邹华松,杨建峰,等.海南特色香蕉种植优势与发展对策[J].热带生物学报,2011(3):260-263.
- [4] 王小纯,王勇,陆语翥,等.砍蕉机械辅助装置:中国,200820104184[P].2009-01-28.
- [5] TRANSFORM Australia. Mechanical banana harvester [EB/OL]. [2017-09-12]. <http://www.transformaustralia.com.au/harvest.htm>.
- [6] 朱冬云,曲军远,刘世豪,等.海南香蕉采摘技术现状及发展趋势[J].热带农业工程,2015,39(1):25-27.
- [7] 柯佑鹏,过建春,夏勇开.2013 年海南香蕉产业损害监测预警分析报告[J].中国热带农业,2014(2):41-43.
- [8] 柯佑鹏,过建春,夏勇开.2011 年海南省香蕉产业损害监测预警分析报告[J].中国热带农业,2012(2):20-23.
- [9] 尹秋,王涛,张喜瑞,等.香蕉果梗切割力学特性试验[J].中国农机化学报,2013(7):75-77.
- [10] 朱冬云,曲军远,徐略强.导轨移动式香蕉采摘机:中国,ZL201410488739.1[P].2016-04-20.
- [11] 梁栋,张劲.椰果采摘机液压系统设计[J].液压与气动,2010(5):27-29.