

# 侧悬挂推倒式整秆甘蔗收获机设计与试验\*

解福祥 区颖刚 刘庆庭 邹小平 郑丁科 王春政

(华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642)

**【摘要】** 为了解决严重倒伏甘蔗的收获,设计了一种侧悬挂推倒式整秆甘蔗收获机。该机可连续完成分蔗、推倒、切割、输送和集堆铺放等工序的作业。前进速度 0.5 m/s 时,其生产率为 0.2 hm<sup>2</sup>/h。田间试验表明:甘蔗宿根破头率为 11.3%,甘蔗出现表皮破损和折断,折断率为 33.33%。

**关键词:** 甘蔗收获机 推倒式收获 设计 试验

**中图分类号:** S225.5<sup>+</sup>3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0026-04

## Design and Experiment of Suspension Sugarcane Harvester with Pushed Whole Stalk

Xie Fuxiang Ou Yinggang Liu Qingting Zou Xiaoping Zheng Dingke Wang Chunzheng

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

### Abstract

In order to harvest the serious lodging sugarcane, the whole stalk sugarcane harvester which was hung the right side of tractor was designed. Separating, cutting, conveying and gathering were implemented by the harvester, and productivity efficiency was 0.2 hm<sup>2</sup>/h and walking forward speed was about 0.5 m/s. The field experiment showed that the cut sugarcane ratoon rate was 11.3%, skin damage and broken cane were existed, and the broken rate was 33.33%.

**Key words** Sugarcane harvester, Push over harvest, Design, Experiment

## 引言

我国甘蔗生长过程中由于自然条件等各种原因,倒伏比较严重<sup>[1]</sup>。经多年的试验研究表明,使用整秆甘蔗扶起收获技术,倒伏甘蔗大部分都可以被扶起,但仍有一小部分不能被扶起。解决严重倒伏甘蔗在收获过程中仍有未被扶起的问题成为减小甘蔗收获损失率的关键技术难题。

整秆甘蔗收获的另一方式是将甘蔗推倒,在推倒的过程中将甘蔗砍下并拖入输送装置中,完成输送、集堆等工序。目前,这类机型都是自走式,本文设计一种侧悬挂推倒式整秆甘蔗收获机,探索这种结构形式的可行性。

## 1 整机结构和工作原理

### 1.1 整机结构

侧悬挂推倒式整秆甘蔗收获机主要由分蔗装置、压蔗推倒装置、切割装置、一级输送装置、二级输送装置和集堆装置等组成,如图 1 所示。

工作时,收获机将甘蔗推倒成一定的角度便于切割输送,分蔗、推倒、砍切、输送和集堆等机构均采用液压驱动。为此,在拖拉机后部配置了独立液压系统,动力由拖拉机动力输出轴输出,经齿轮箱提速后带动液压泵把压力油提供给各执行机构,液压操纵系统配置在拖拉机驾驶室内。配套铁牛牌拖拉机功率为 48 kW,甘蔗收获机主要性能指标和技术参

收稿日期: 2011-08-01 修回日期: 2011-09-06

\* 国家自然科学基金资助项目(50875091)、广东省科技计划资助项目(2010B020314004)和国家甘蔗产业技术体系专项资金资助项目

作者简介: 解福祥, 博士生, 主要从事农业机械研究, E-mail: xfx608@126.com

通讯作者: 区颖刚, 教授, 博士生导师, 主要从事甘蔗收获机械研究, E-mail: ouying@scau.edu.cn

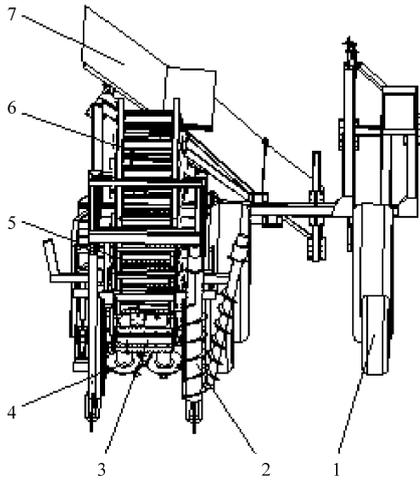


图1 侧悬挂推倒式整秆甘蔗收获机结构图

Fig. 1 Suspension sugarcane harvester with pushed whole stalk

1. 拖拉机及液压动力系统 2. 分蔗装置 3. 切割装置 4. 压蔗推倒装置 5. 一级输送装置 6. 二级输送装置 7. 集堆装置

数如表1所示。

表1 主要性能指标和技术参数

Tab. 1 Key performance indicators and technical parameters

| 参数                       | 数值                |
|--------------------------|-------------------|
| 配套动力/kW                  | 48                |
| 外形尺寸(长×宽×高)<br>/mm×mm×mm | 6 900×4 230×2 700 |
| 整机质量/kg                  | 6 500             |
| 适应垄距/mm                  | 900~1 200         |
| 适应垄高/mm                  | 0~200             |
| 适应坡度/%                   | ≤40               |
| 作业速度/m·s <sup>-1</sup>   | 0~1.0             |
| 宿根破头率/mm                 | ≤18               |
| 切割高度合格率/%                | ≥90               |

## 1.2 工作原理

工作时,拖拉机及其液压动力系统将动力传给各执行元件,压蔗推倒装置将甘蔗推扶成一定角度,便于螺旋轨道式双刀盘切割装置进行切割,随着双刀盘旋转将切割后的甘蔗喂入到一级输送装置,经二级输送装置输送至集堆装置进行收集。收集后的甘蔗通过甘蔗剥叶机进行集中剥叶,从而完成分段式收获。

## 2 主要部件的设计

### 2.1 分蔗装置

分蔗装置将各行间交错的甘蔗分开,便于切割喂入。该装置主要由左、右2对螺旋大滚筒与

螺旋小滚筒<sup>[2-6]</sup>、支撑架和液压马达等组成,如图2所示。分蔗滚筒将交叉的两行甘蔗分开,便于后部切割输送。该装置通过连接杆件和液压油缸组成平行四杆机构,进行上、下浮动调节。能够适应在垄高为0~200 mm的蔗地中收获各种倒伏程度的甘蔗。

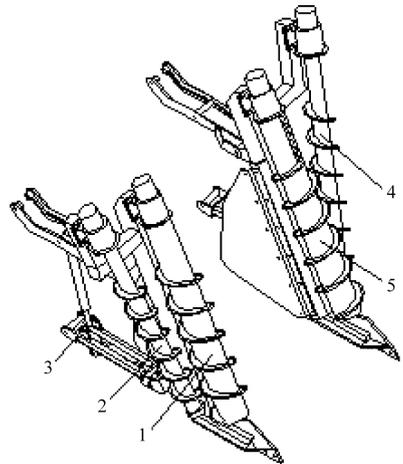


图2 分蔗装置结构简图

Fig. 2 Separated device

1. 右螺旋大滚筒 2. 右螺旋小滚筒 3. 支撑架 4. 左螺旋小滚筒 5. 左螺旋大滚筒

### 2.2 压蔗推倒装置

压蔗推倒装置是推倒式收获机的重要组成部分。该装置主要由推倒机架、推倒滚筒、推倒挡板和马达安装座等组成<sup>[3]</sup>,如图3所示。其作用是将甘蔗推倒成一定的角度,同时被切割装置砍切。

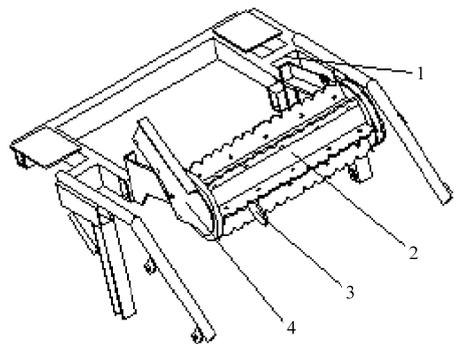


图3 压蔗推倒装置结构简图

Fig. 3 Pushed sugarcane down device

1. 推倒机架 2. 推倒滚筒 3. 推倒挡板 4. 马达安装座

### 2.3 切割装置

切割装置主要影响甘蔗收获机的宿根破头率、含杂率等性能指标。该装置主要由刀盘、刀片、螺旋轨道、旋转套筒和传动齿轮箱等组成<sup>[2-3,7-9]</sup>,如图4所示。其作用是在甘蔗被推扶成便于切割的角度,同时被切割装置切割,并通过螺旋轨道旋转将甘蔗喂入到输送装置。有效解决了割台堵塞和降低了甘蔗收获机的总损失率。

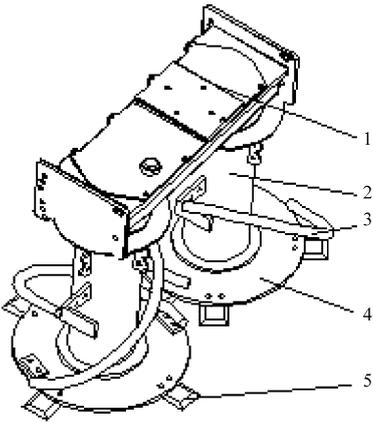


图4 切割装置结构简图

Fig. 4 Structure of cutting device

1. 齿轮箱 2. 旋转套筒 3. 螺旋轨道 4. 刀盘 5. 刀片

## 2.4 一级输送装置

一级输送装置主要是将切割喂入的甘蔗输送至二级输送装置,该装置与割台一体,可以同时升降,便于切割后甘蔗的有效输送。该装置主要由3对输送滚筒、浮动机构、传动机构和液压马达等组成<sup>[2-3]</sup>,如图5所示。

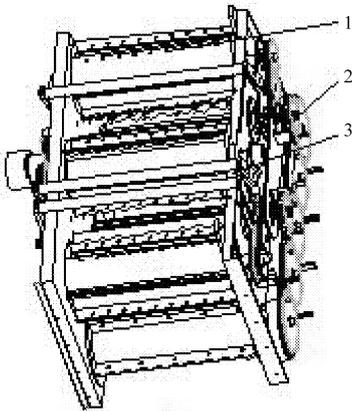


图5 一级输送装置结构简图

Fig. 5 The first conveyed device

1. 一级输送滚筒 2. 齿轮传动机构 3. 浮动机构

## 2.5 二级输送装置

二级输送装置主要是将一级输送装置输送来的甘蔗通过本输送装置提升一定的高度,使甘蔗能够被抛出一定距离和高度,便于甘蔗的收集。该装置主要由5对输送滚筒、传动机构和液压马达等组成<sup>[2-3]</sup>,如图6所示。

## 2.6 集堆装置

集堆装置是将收获的甘蔗收集成堆,便于收获后剥叶。该装置由机架、上部集堆挡板和下部集堆挡板等组成<sup>[3]</sup>,如图7所示。当下部集堆甘蔗较多时,打开下部挡板,甘蔗落下。此时上部挡板向上打开继续集堆甘蔗,下部甘蔗完全落下后,下部挡板关闭,上部挡板归为原位,继续集堆。

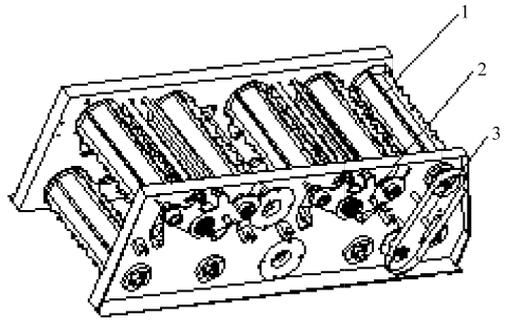


图6 二级输送装置结构简图

Fig. 6 Second conveyed device

1. 二级输送滚筒 2. 浮动机构 3. 传动机构

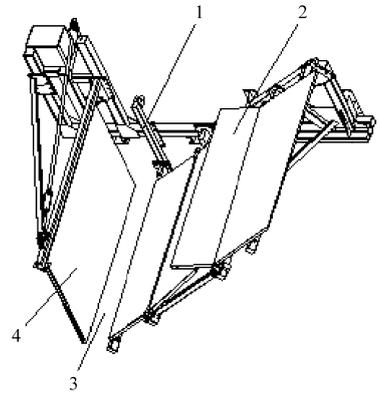


图7 集堆装置结构简图

Fig. 7 Structure of gathering device

1. 机架 2. 上层挡板 3. 甘蔗出口 4. 下层挡板

## 3 田间试验及结果分析

### 3.1 试验材料

在湛江市农垦广垦农机服务公司试验田里进行田间试验。甘蔗品种为YT(粤糖)79-177,为两年生宿根蔗,甘蔗密度为 $0.5419 \text{ g/cm}^3$ ,湿基含水率为52.56%。土壤湿容积密度为 $1.22 \text{ g/cm}^3$ 、湿基含水率为28.66%。

### 3.2 试验方法

#### 3.2.1 收获路线图

按照侧悬挂甘蔗收获机收获路线图(图8),在图中右上角开始收获,然后进行环形收获,观察在收获甘蔗过程中,侧悬挂整秆甘蔗收获机的整机性能,分析在收获中发生的现象,并观察各关键部件的工作情况。

#### 3.2.2 田间试验参数

收获机田间前进速度为 $0.5 \text{ m/s}$ ,各部件转速如表2所示。

### 3.3 试验结果与分析

田间试验表明:该机可连续完成分蔗、切割、输送和集堆铺放等工序,配套48 kW拖拉机,采用侧悬挂方式,基本达到整秆甘蔗的收获要求。

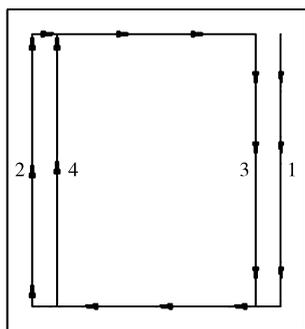


图8 侧悬挂甘蔗收获机收获路线图

Fig.8 Harvesting roadmap of suspension sugarcane harvester

表2 田间试验参数

Tab.2 Field trials parameters

| 部件名称   | 转速/ $r \cdot \min^{-1}$ |
|--------|-------------------------|
| 分蔗装置   | 300 <sup>[5-6]</sup>    |
| 压蔗推倒装置 | 300 <sup>[3]</sup>      |
| 切割装置   | 430 <sup>[8]</sup>      |
| 一级输送装置 | 330 <sup>[10]</sup>     |
| 二级输送装置 | 330 <sup>[10]</sup>     |
| 集堆装置   | 摆动                      |

试验结果如表3所示。前进速度0.5 m/s时,其生产率为0.2 hm<sup>2</sup>/h。甘蔗宿根破头率为11.3%,小于企业标准规定值18%。

田间试验表明:甘蔗在收获过程中出现了表皮破损和折断的情况,根据田间试验统计折断率为33.33%,收获后甘蔗表皮破损及折断情况如图9所示。

在试验过程中,本机型由于是侧悬挂,重心偏在一侧,导致右侧过重,在收获时右侧易下陷。

#### 参 考 文 献

- 1 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:下册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007:1 118~1 120.
- 2 周勇,区颖刚,彭康益,等. 4GZ-56型履带式甘蔗收获机的设计与性能试验[J]. 农业机械学报,2010,41(4):75~78. Zhou Yong, Ou Yinggang, Peng Kangyi, et al. Design and experiment of 4GZ-56 caterpillar sugarcane combine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(4):75~78. (in Chinese)
- 3 Xie Fuxiang, Ou Yinggang, Liu Qingting, et al. Virtual experiment on material flow simulation for whole stalk sugarcane harvester[C]//2011 International Conference on New Technology of Agricultural Engineering, 2011,5: 185~188.
- 4 邓劲莲,李尚平,梁式. 甘蔗收获机扶蔗机构的概念设计与创新设计[J]. 农业机械学报,2003,34(6):58~61. Deng Jinlian, Li Shangping, Liang Shi. Conceptual design and innovation on holding device of sugar cane harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003,34(6):58~61. (in Chinese)
- 5 高建民,区颖刚. 甘蔗螺旋扶起机构的理论研究与虚拟样机仿真[J]. 农业工程学报,2004,20(3):1~5. Gao Jianmin, Ou Yinggang. Theoretical study on spiral sugarcane-lifting mechanism of sugarcane harvester and virtual prototype simulation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004,20(3):1~5. (in Chinese)
- 6 高建民,区颖刚,宋春华,等. 基于物理模型的甘蔗螺旋扶起机构虚拟样机研究[J]. 农业机械学报,2005,36(3):57~59. Gao Jianmin, Ou Yinggang, Song Chunhua, et al. Study on virtual prototype of spiral sugarcane-lifting organ based on physical model [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005,36(3):57~59. (in Chinese)

表3 田间试验结果

Tab.3 Results of field experiment

| 检测项目                        | 测定值  | 企业标准规定值    |
|-----------------------------|------|------------|
| 作业速度/ $m \cdot s^{-1}$      | 0.5  | 0~1.0      |
| 纯小时生产率/ $hm^2 \cdot h^{-1}$ | 0.2  | $\geq 0.2$ |
| 宿根破头率/%                     | 11.3 | $\leq 18$  |
| 整秆折断率/%                     | 33.3 |            |
| 切断高度合格率/%                   | 94.3 | $\geq 90$  |

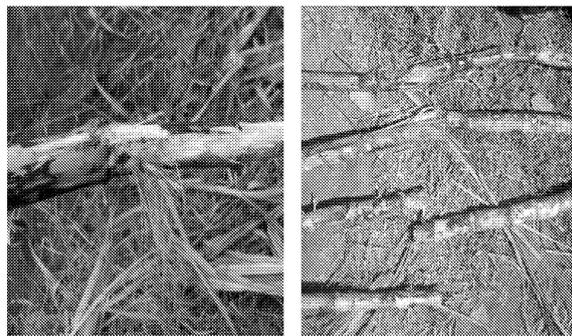


图9 收获后甘蔗的破损及折断图

Fig.9 Sugarcane damaged and broken after harvesting

#### 4 结 论

(1) 设计了一种侧悬挂推倒式整秆甘蔗收获机,前进速度0.5 m/s时,其生产率为0.2 hm<sup>2</sup>/h。

(2) 田间试验表明,该机可连续完成分蔗、推倒、切割、输送和集堆铺放等工序,基本达到了整秆甘蔗的收获要求。

(3) 甘蔗宿根破头率为11.3%,甘蔗出现表皮破损和折断,折断率为33.33%。

- 11 Zhao Renjie, Yu Shuiyun. Bamboo-based panel technics[M]. Beijing: Chinese Forest Press, 2000: 39 ~ 46. (in Chinese)
- 12 Wang Zheng, Wang Zhiqiang. Application of strain electric method and VB program in measuring bamboo material's elasticity module and poisson ration  $\mu$ [J]. Wood Processing Machinery, 2004(1): 66 ~ 67. (in Chinese)
- 13 Tian Boping, Wang Jing, Liao Qingxi, et al. Experimental research on blade for cutting crops of thick and tall stems[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006,28(11): 151 ~ 153. (in Chinese)
- 14 Huang Fenglei, Wu Haijun, Jin Qiankun, et al. A numerical simulation on the perforation of reinforced concrete targets[J]. International Journal of Impact Engineering, 2005,32(1~4): 173 ~ 187.

## 基于 ANSYS/LS - DYNA 的芦竹切割-进给速度匹配研究

廖宜涛 廖庆喜 舒彩霞 田波平 黄海东

(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

**【摘要】** 高粗茎秆作物因茎秆硬度和刚度大,机械化收割难度大。以芦竹为对象,以高粗茎秆作物通用型回转链式切割器为基础,应用 ANSYS/LS - DYNA 建立了锯片-芦竹切割破坏动态模拟有限元模型,动态模拟了芦竹切割破坏过程,试验验证了获取锯齿切割破坏芦竹过程的载荷-位移历程曲线的可行性及芦竹破坏的模拟计算模型的有效性。提出了回转链式切割器切割-进给速度匹配修正系数概念,确定了切割芦竹时进给速度和切割速度分别取 1.00 m/s 和 2.80 m/s 为最佳速度匹配,其切割器工作速度匹配修正系数为 1.22。研究结果为芦竹收割机的传统系统参数优化设计提供了理论依据。

**关键词:** 芦竹 ANSYS/LS - DYNA 切割过程 高粗茎秆

**中图分类号:** S225.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0030-05

(上接第 29 页)

- 7 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等. 甘蔗收割机单圆盘根切器虚拟样机研究[J]. 农业机械学报,2007,38(8):78 ~ 81.  
Liu Qingting, Ou Yinggang, Qing Shangle, et al. Virtual prototype study on single disc base cutter of sugarcane harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(8):78 ~ 81. (in Chinese)
- 8 刘庆庭. 甘蔗切割机理[D]. 广州:华南农业大学,2004.  
Liu Qingting. The cutting mechanism of sugarcane[D]. Guangzhou:South China Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- 9 Oliveira C A A, Braunbeck O A, Volpato C E S. Analysis of movement and development of a prototype of a base cutter with bi-articulated discs[J]. Revista Brasileira de Engenharia Agricolae Ambiental, 2007, 11(2): 230 ~ 234.
- 10 李志红. 甘蔗收获机圆弧轨道式柔性夹持输送机理研究[D]. 广州:华南农业大学,2006.  
Li Zhihong. Study on the arc-track-type flexible holding and conveying of sugarcane harvester[D]. Guangzhou:South China Agricultural University, 2006. (in Chinese)