

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.04.016

# 4GZ-56型履带式甘蔗联合收获机设计与试验\*

周勇<sup>1,2</sup> 区颖刚<sup>1</sup> 彭康益<sup>3</sup> 解福祥<sup>1</sup> 牟向伟<sup>1</sup> 莫肇福<sup>1</sup>

(1. 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;

2. 华中农业大学工学院, 武汉 430070; 3. 广州市科利亚农业机械有限公司, 广州 510545)

**【摘要】** 在消化吸收国外甘蔗收获机械先进技术的基础上,设计了一种切段式甘蔗联合收获机。该机能够在甘蔗收获作业过程中一次完成分行、根部切割、输送、切段、风选杂质和收集蔗段等工序的作业。对各工序主要装置的设计进行了简述,并在甘蔗存在严重倒伏的田间对该样机的主要性能指标进行了测试,实测的各项指标为总损失率2.25%、宿根破头率11.3%、含杂率7.75%、蔗段合格率94.55%和切割高度合格率94.3%。结果表明,该机能够在倒伏严重的蔗田顺利作业,各项指标达到了设计要求。

**关键词:** 切段式甘蔗联合收获机 螺旋喂入装置 双刀盘 断续链轮 袋装收集

**中图分类号:** S225.5<sup>+</sup>3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)04-0075-04

## Design and Experiment of 4GZ-56 Caterpillar Sugarcane Combine

Zhou Yong<sup>1,2</sup> Ou Yinggang<sup>1</sup> Peng Kangyi<sup>3</sup> Xie Fuxiang<sup>1</sup> Mou Xiangwei<sup>1</sup> Mo Zhaofu<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China 2. College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China 3. Guangzhou KOLEA Agricultural Machines Co., Ltd., Guangzhou 510545, China)

### Abstract

A kind of sugarcane segmentation combine on the basis of assimilation and absorption of imported advanced sugarcane harvester technology was designed. The machine could finish the processes of separating sugarcanes in different rows, cutting cane at bottom, conveying sugarcane, cutting sugarcane into segments, eliminating trash by air classification, and gathering sugarcane segments in a bag in one pass. The designs on main devices of these processes were introduced. Field tests were done to measure the main performance indexes of a prototype. The results were that total loss factor was 2.25%, broken biennial root rate was 11.3%, dirt percentage was 7.75%, segments percent of pass 94.55%, and cutting-height percent of pass 94.3%. The results showed that this prototype could smoothly work in the field where serious lodging sugarcane existed, and all main parameters reached their design requirements. The development of this sugarcane harvester provides a kind of practical sugarcane combine.

**Key words** Sugarcane segmentation combine, Spiral feeding device, Double base cutter, Intermittent chain sprocket, Bagging gathering

### 引言

甘蔗收获机分为整秆式甘蔗收获机和切段式甘蔗收获机两种。切段式甘蔗收获机不仅能完成去梢、切割、剥叶、分离等主要工序,而且生产率高,特别是对倒伏严重的甘蔗适应性强,适合于收获、运输

和糖厂加工连续流水作业的大面积收获<sup>[1]</sup>。随着国内糖厂的生产工艺技术水平和管理水平不断提高,运行机制不断完善,切段式甘蔗联合收获机将广泛地用于甘蔗收获作业。

本文在消化吸收国外甘蔗收获机械先进技术的基础上,设计4GZ-56型履带式甘蔗联合收获机。

收稿日期:2009-07-01 修回日期:2009-08-08

\* 国家自然科学基金资助项目(50875091)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A07-2)和广东省科技厅科技攻关项目(2007A020300010-2)

作者简介:周勇,博士生,华中农业大学讲师,主要从事农业机械设计与研究, E-mail: zhyong@mail.hzau.edu.cn

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

该机能够在甘蔗收获作业过程中一次完成分行、根部切割、输送、切段、剥叶、风选杂质和收集蔗段等工序的作业,适合于中型地块的机械化作业,特别是甘蔗倒伏严重的蔗区。

## 1 总体结构和工作原理

### 1.1 总体结构

4GZ-56型履带式甘蔗联合收获机配套动力为56 kW的柴油发动机,整机主要由切梢装置、螺旋分蔗装置、推蔗滚筒、双刀盘切割装置、甘蔗输送切段剥叶装置、排杂装置和袋装装置等组成,如图1所示。主要性能指标和技术参数如表1所示。

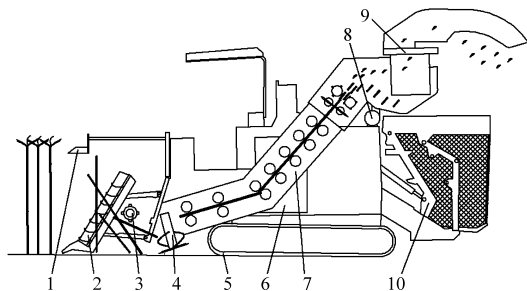


图1 4GZ-56型履带式甘蔗联合收获机结构简图

Fig.1 Structure sketchers of 4GZ-56

caterpillar sugarcane combine

1. 切梢装置 2. 螺旋分蔗装置 3. 推蔗滚筒 4. 双刀盘切割装置 5. 履带式行走机构 6. 发动机 7. 输送切段剥叶装置 8. 旋风式风机 9. 排杂装置 10. 袋装装置

表1 主要性能指标和技术参数

Tab.1 Main performance indexes and technical parameters

参数	数值
配套动力/kW	56
外形尺寸(长×宽×高)/mm×mm×mm	6050×2200×3600
整机质量/kg	5970
适应垄距/mm	900~1200
适应垄高/mm	0~200
适应坡度/%	≤20
作业速度/m·s <sup>-1</sup>	0~1.0
总损失率/%	≤7
宿根破头率/%	≤18
含杂率/%	≤10
蔗段合格率/%	≥90
切割高度合格率/%	≥90

### 1.2 工作原理

4GZ-56型履带式甘蔗联合收获机工作时,螺旋分蔗装置对交错缠绕的倒伏甘蔗进行分行,推蔗滚筒将直立的甘蔗向收获机前进方向推倒成一定角度,其旋转运动协助向后输送甘蔗。双刀盘式切割装置完成对甘蔗的根部切割,并利用刀盘上的螺旋

将断蔗提升送入输送滚筒。甘蔗输送切段装置将甘蔗向后输送并完成切段和剥叶工作。排杂装置对甘蔗进行清理,段蔗落入摇摆式甘蔗袋装装置。收获机各装置通过专门设置的液压系统驱动。

## 2 主要工作部件的确定

### 2.1 螺旋分蔗装置

螺旋分蔗装置对行间交错缠绕的甘蔗分行,便于机器的行走和收获。该装置分为左、右两组,主要包括调节机构、扶蔗器支架、动力传递机构、大螺旋滚筒、小螺旋滚筒和分蔗器<sup>[2-3]</sup>,如图2所示。大、小螺旋滚筒成倒“八”字形安装在扶蔗器支架上,大螺旋滚筒将收获行内的甘蔗向行内扶起,小螺旋滚筒将收获行外的甘蔗向行外扶起,交错缠绕的甘蔗在扶起过程中分离。调节机构由杆件和液压油缸组成,左、右两组调节机构相互独立,通过液压油缸的伸缩,实现扶蔗机构的前后与升降调节,以适应在垄高为0~200 mm的蔗地中收获不同倒伏程度的甘蔗。

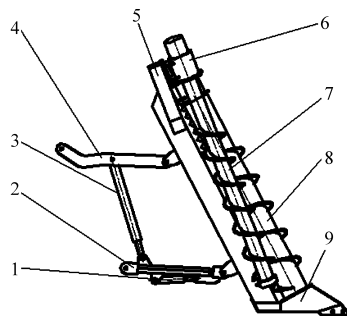


图2 螺旋分蔗装置结构简图

Fig.2 Structure sketchers of dividing device

1. 液压油缸 2. 下杆件 3. 液压油缸 4. 上杆件 5. 扶蔗器支架 6. 动力传递机构 7. 小螺旋滚筒 8. 大螺旋滚筒 9. 分蔗器

### 2.2 双刀盘式切割装置

切割装置直接影响收获机的总损失率、宿根破头率、含杂率等主要性能指标和工作可靠性<sup>[4-6]</sup>。双刀盘式切割装置由齿轮箱、旋转轴套、双螺旋刀盘和割刀组成<sup>[7]</sup>,如图3所示。刀盘下部均布4把矩形割刀,两刀盘的割刀交错排列。刀盘上部均布焊接两条螺旋状轨道,旋转轴套表面均布4条齿板。被双刀盘切断的甘蔗,在刀盘、螺旋轨道、齿板以及旋转的推蔗滚筒共同作用下,全部喂入至输送滚筒,有效地解决了甘蔗切割时产生的堵塞问题和降低甘蔗收获的总损失率。

### 2.3 输送切段剥叶装置

输送切段剥叶装置完成喂入、输送、剥叶和切段等工序(图1)。甘蔗输送剥叶装置从前向后依次排列8对输送滚筒、1对切段滚筒和1对剥叶滚筒,它

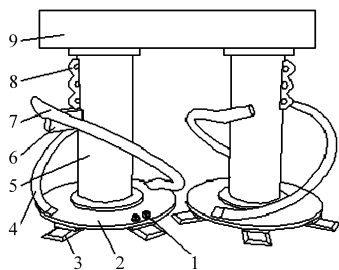


图 3 双刀盘式切割装置结构简图

Fig.3 Structure sketchers of cutting device

1. 紧固件 2. 刀盘 3. 割刀 4. 螺旋轨道 5. 旋转轴套 6. 支撑杆 7. 螺旋轨道 8. 齿板 9. 齿轮箱

们的有效宽度均为 500 mm。输送滚筒外表面均布 4 条齿板,切段滚筒外表面均布 2 把切段刀,上剥叶滚筒外表面均布 4 排剥叶刷,下剥叶滚筒外表面均布 8 排剥叶刷。输送滚筒的所有上输送滚筒能根据喂入量,自动调节与下输送滚筒之间的间隙,田间部分杂质从输送滚筒间的空隙中排出。切段滚筒能将整秆甘蔗切成尺寸相近的段蔗,输送滚筒的动力传递装置中设有飞轮,确保切段滚筒工作稳定,提高蔗段合格率;剥叶滚筒抛送蔗段,并利用剥叶刷将蔗叶等杂质从段蔗中分离,有效地减低含杂率<sup>[8-9]</sup>。

### 2.4 排杂装置

排杂装置将段蔗与蔗叶、杂质分离,利用轴流式风机吸出杂质。该装置主要由箱体、排杂机构、断续链轮、限位机构和动力传递机构组成,如图 4 所示。排杂装置与收获机机体采用转动副连接,小链轮在液压马达 1 的驱动下,通过和断续链轮之间的链传动,带动排杂装置实现 360° 旋转。断续链轮上的轮齿采用断续排列方式,即有规律地去掉一些轮齿,能有效地解决甘蔗收获机工作时因振动造成排杂装置的链传动机构掉链问题。顶端的液压马达 2 带动轴流式风机吸出杂质。

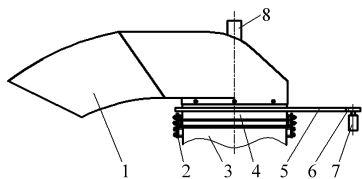


图 4 排杂装置结构简图

Fig.4 Structure sketchers of clearing of impurity device

1. 箱体 2. 限位机构 3. 机体 4. 断续链轮 5. 传动链 6. 小链轮 7. 液压马达 1 8. 液压马达 2

同时,位于排杂装置左下方的旋风式风机(图 1)将杂质从段蔗中吹出,协助排杂。

### 2.5 袋装装置

为了将段蔗集堆,在收获机的尾端安装有袋装装置。该装置由挂袋框、杆件、液压油缸和装蔗袋组成,如图 5 所示。装蔗袋由人工挂接在挂袋框四周

连杆挂钩上,通过液压油缸 2 的伸缩带动摆杆,连杆 2 转动,实现挂钩对装蔗袋的锁紧和松开。在液压油缸 1 和液压油缸 3 共同作用下,挂袋框能进行前后、上下运动,实现袋装甘蔗的卸载。

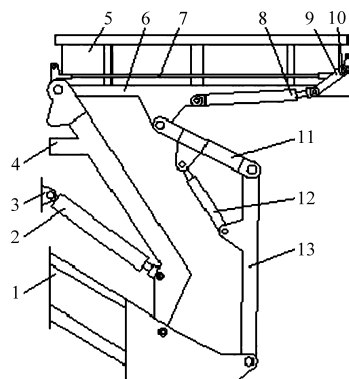


图 5 袋装装置结构简图

Fig.5 Structure sketchers of gathering device

1. 支撑架 2. 液压油缸 1 3. 支座 4. 连杆 1 5. 挂袋框 6. 挂袋框纵梁 7. 拉杆 8. 液压油缸 2 9. 摆杆 10. 连杆 2 11. 连杆 3 12. 液压油缸 3 13. 连杆 4

该装置能实现甘蔗成袋收集和堆放,不需要运输车跟随收集甘蔗,减少运输车对土壤的压实。

## 3 性能试验及结果分析

### 3.1 性能试验

#### 3.1.1 试验目的

通过田间试验,测定 4GZ-56 型履带式甘蔗联合收获机的主要性能指标,包括总损失率、宿根破头率、含杂率、蔗段合格率、切割高度合格率。

#### 3.1.2 性能测定依据

试验主要是根据广州市科利亚农业机械有限公司企业标准《4GZ-56 型履带式甘蔗联合收获机》和 JB/T 6275—2007《甘蔗收获机械 试验方法》的要求进行性能测定。

#### 3.1.3 试验条件

2008 年 10 月(第 1 次试验)和 2009 年 2 月(第 2 次试验),分别在广东省博罗县杨桥镇和广东省遂溪县广前公司前进分公司进行性能试验,试验地条件和甘蔗特征测定结果如表 2 所示。

#### 3.1.4 试验结果

依据 JB/T 6275—2007《甘蔗收获机械 试验方法》,对 4GZ-56 型履带式甘蔗联合收获机进行性能测定,测定结果如表 3 所示。

### 3.2 结果分析

(1)田间作业速度可达 0.54 m/s,纯小时生产效率可达 0.235 hm<sup>2</sup>/h,与该机理论上可达到的工效比偏低,主要是因为自行改装的甘蔗装卸机工作不可靠;收获机装满甘蔗后,需要到指定点装卸,来回

表2 试验地条件和甘蔗特征

Tab.2 Experimental field conditions and sugarcane characteristics

检测项目	第2次试验	
	第1次试验	第2次试验
垄高/mm	125	114
垄距/mm	1048	913
试验地面积/hm <sup>2</sup>	0.4	0.46
试验地形状	正方形	长方形
地表起伏状况	平垄地	平垄地
垄向	南北向	东西向
土壤类型	砂壤土	砖红壤
土壤坚实度/MPa	1.54	1.75
甘蔗品种	台糖726	粤糖113
甘蔗自然高度/m	1.85	1.93
甘蔗生产整齐度	0.265	0.25
生长密度/株·m <sup>-1</sup>	6.9	7.6
测区产量/t·hm <sup>-2</sup>	59.89	61.39
叶茎比	0.25	0.25
倒伏程度	严重倒伏 14.3% 严重倒伏 20.6%	

空行程较长。

(2) 含杂率为 7.75%，低于要求值，但与糖厂以人工收获甘蔗含杂率的要求还有差距，主要原因是蔗地里的杂质较多和部分甘蔗扎根不牢固，排杂装置无法排除蔗根，使得含杂率略高。

(3) 两次试验的宿根破头率分别为 14.3% 和

表3 主要性能指标

Tab.3 Determination of main performance indexes

测定项目	测定值			企业标准规定值
	第1次试验	第2次试验	平均值	
作业速度/m·s <sup>-1</sup>	0.50	0.58	0.54	0~1.0
纯小时生产率/hm <sup>2</sup> ·h <sup>-1</sup>	0.22	0.25	0.235	≥0.2
总损失率/%	2.0	2.5	2.25	≤7
宿根破头率/%	14.3	8.3	11.3	≤18
含杂率/%	8.8	6.7	7.75	≤10
蔗段合格率/%	97.7	91.4	94.55	≥90
切割高度合格率/%	93.8	94.8	94.3	≥90

8.3%，二者相差较大，主要是由于第1次试验地的地表平整度较差，无法保证入土切割，使得宿根破头率高，这表明整地是提高甘蔗收获质量的重要保证。

## 4 结论

(1) 性能试验测定的主要性能指标均达到企业标准规定值，该机能良好适应甘蔗种植制度和长势。

(2) 蔗段合格率和切割高度合格率分别达到 94.55% 和 94.3%，作业过程平稳。

(3) 总损失率为 2.25%，采用推倒切割、螺旋喂入、滚动输送整秆，末端切段收获甘蔗，可以获得较低的总损失率。

## 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:中国农业科技出版社,2007:1112~1126.
- 2 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)
- 3 宋春华. 螺旋式甘蔗扶起机构的试验研究[D]. 广州:华南农业大学,2004.  
Song Chunhua. Research on spiral sugarcane-lifting organ of sugarcane harvester[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- 4 杨家军,刘锋,刘喜云. 甘蔗收获机切割器的动态设计[J]. 机械科学与技术,2000,19(6):923~924,926.  
Yang Jiajun, Liu Feng, Liu Xiyun. The dynamic design of cutting disk of sugarcane harvester[J]. Mechanical Science and Technology, 2000, 19(6):923~924, 926. (in Chinese)
- 5 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)
- 6 杨坚,梁兆新,莫建霖,等. 甘蔗切割器切割质量影响因素的试验研究[J]. 农业工程学报,2005,21(5):60~64.  
Yang Jian, Liang Zhaoxin, Mo Jianlin, et al. Experimental research on factors affecting the cutting quality of sugarcane cutter [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(5):60~64. (in Chinese)
- 7 向家伟,杨连发,李尚平. 小型甘蔗收获机根部切割器结构设计[J]. 农业机械学报,2008,39(4):56~59.  
Xiang Jiawei, Yang Lianfa, Li Shangping. Structural design of the base cutter for mini-type sugarcane harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(4):56~59. (in Chinese)
- 8 张增学. 梳刷式甘蔗剥叶机剥叶机理的试验研究[D]. 广州:华南农业大学,2002.  
Zhang Zengxue. The experiment combing the dyadic sugarcane of brush peeling leaf machine peeling leaf mechanism studies [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2002. (in Chinese)
- 9 蒙艳玫,李尚平,刘正士,等. 甘蔗收获机械剥叶元件优化设计方法的研究[J]. 中国机械工程,2003,14(11):901~904.  
Meng Yanmei, Li Shangping, Liu Zhengshi, et al. Research on a kind of optimum design method for cleaning element of sugarcane harvester[J]. China Mechanical Engineering, 2003, 14(11):901~904. (in Chinese)