

4GX-90 型席草收割机的设计*

周益君,王琛,赵剑波,林宇钢,刁一土,黄东明*

(浙江省农业机械研究院,浙江 金华 321017)

摘要:为了满足席草种植业快速发展的需求,以及实现席草收割机械化,研制开发了 4GX-90 型席草收割机。介绍了席草收割机的基本结构、工作原理和设计计算。针对席草细长茎秆及茎秆表皮硬滑等生长种植特性,对席草收割机的拨扶、切割、夹持输送等工作环节进行了试验分析,采取了有效的技术措施。研究表明,4GX-90 型席草收割机结构设计合理,能较好地满足席草种植农艺要求,适合我国南方小田块席草的收获作业,具有广阔的应用前景。

关键词:席草收割机;结构设计;试验分析

中图分类号:TH122;TH6;S225

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)09-1060-04

Design on 4GX-90 type mat grass harvester

ZHOU Yi-jun, WANG Chen, ZHAO Jian-bo, LIN Yu-gang, TOU Yi-tu, HUANG Dong-ming

(Zhejiang Institute of Agricultural Machinery, Jinhua 321017, China)

Abstract: In order to meet the needs of the rapid development of the mat grass planting, and realize the mat grass mechanized harvesting, the 4GX-90 type mat grass harvester was developed. The basic structure of the mat grass harvester, the working principle and the design calculation were introduced. Aiming at the mat grass grown characteristics of slender stems and hard slippery epidermis, the mat grass harvester working link of allocation of grass, cutting, clamping conveyor, etc., were tested and analyzed. Effective technical measures were taken. The results show that the 4GX-90 type mat grass harvester has reasonable structural design, can meet the mat grass planting agricultural demands better, is suitable for the mat grass harvesting in the small field in south and has wide application prospects.

Key words: mat grass harvester; structure design; test analysis

0 引言

随着现代社会的不断发展,人们对生活品质的要求也随之不断提高,绿色、环保的席草制品正日益受到人们的青睐。席草产品的强劲需求,带动了席草种植业的快速发展。由于席草的特性和种植方式等诸多因素,目前席草的收割还停留在落后的手工作业阶段,严重影响席草种植产业的规模化生产。席草种植亩产量可达 400 kg ~ 750 kg,手工作业效率低、劳动强度大,而席草收获季节性强、时间短,如不及时收割,将导致席草因倒伏腐烂而减产。

为此,本研究研制开发了一种与工农—81B 型手扶拖拉机配套的 4GX-90 型席草收割机^[1]。

1 基本结构及工作原理

4GX-90 型席草收割机整机结构简图如图 1 所示。收割装置通过横向机架挂载在工农—81B 型手扶拖拉机(发动机后置)前端,整机重心偏前,接近轮轴配置,手扶拖拉机变速箱右侧动力输出轴为收割装置提供动力。横向机架前端设有分草拨草机构、横向夹持输送系统,分草拨草机构上连接夹持装置,往复式切割机构设在分草拨草机构下部^[2-4]。

收稿日期:2011-01-20

基金项目:浙江省金华市技术创新资助项目(2007-2-007)

作者简介:周益君(1957-),男,浙江金华人,高级工程师,主要从事农业机械方面的研究开发工作。E-mail:jhyjdjh@163.com

通信联系人:黄东明,男,教授级高级工程师。E-mail:jhhd@163.com

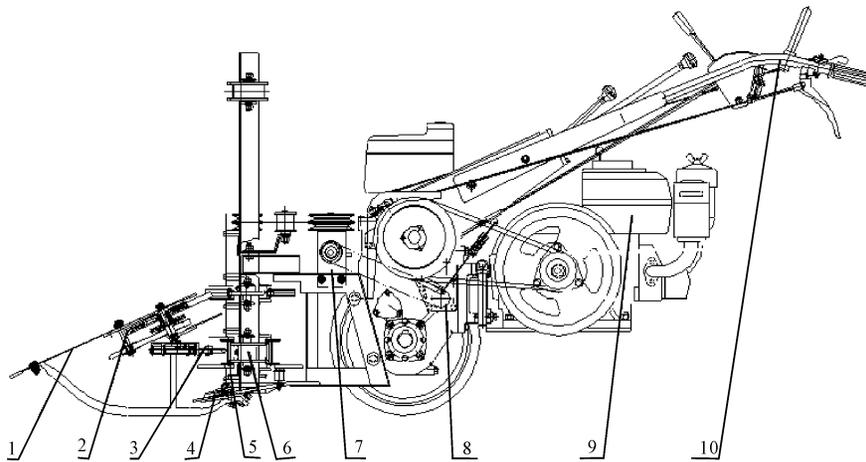


图1 席草收割机结构示意图

1—分草器;2—拨草轮机构;3—弹簧压杆夹持机构;4—切割器;5—夹持链机构;6—横向机架;7—换向器;8—输出轴;9—发动机;10—手扶拖拉机

1.1 拨草轮机构

拨草轮机构具有双重拨草功能,以实现自动快速均匀拨草与喂草。拨草轮机构结构简图如图2所示。使用时,拨草机构通过横向输送链直接驱动拨草星轮顺时针旋转,同时,通过相邻拨草星轮带动,通过一对齿轮的啮合,最终驱动橡胶拨草轮外轮逆时针旋转。席草收割时,在旋向相反的橡胶拨草轮机构与拨草星轮的双重作用下,使细长光滑的席草被有效拨扶进入切割机构,能够很好地完成自动快速均匀拨草与喂草程序^[5]。

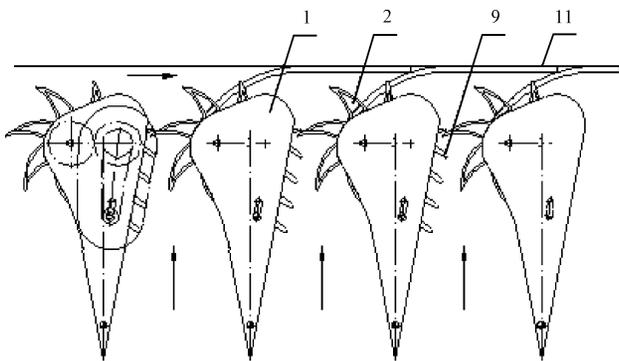


图2 双重拨草机构简图

1—分草板;2—拨草星轮;9—橡胶拨草外轮;11—输送平面

1.2 夹持链机构

夹持链机构具有宽幅单链多入口错位结构特点,能确保切割后席草的有效输送,能避免堆积、侧倒以致堵塞。结构简图如图3所示。夹持链机构由宽幅间隙拨齿单排输送夹持链组合和弹簧压杆夹持机构组成。弹簧压杆夹持机构能起到随着席草喂入量的多少来自

动调节开度的作用。夹持杆上下错位设计安装,使其重合度大于1,从而使席草从前一根夹持杆输送到下一根夹持杆,席草始终能保持夹持状态,以保证席草始终被快速有序的进行横向夹持着输送到一侧。

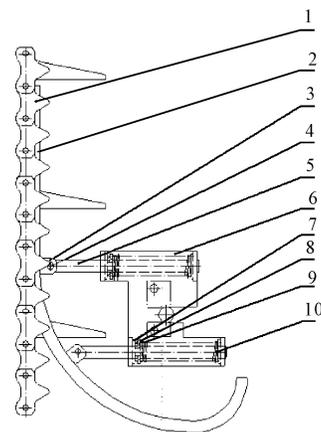


图3 夹持链机构简图

1—宽幅间隙拨齿单排输送夹持链组合;2—夹持杆;3—连接器;4—销;5—压杆;6—夹持盖;7—垫圈;8—销夹;9—弹簧上座;10—弹簧

1.3 工作原理

席草收割机在田间作业时,通过手扶拖拉机变速箱动力输出轴输出动力,经过链传动传递到换向器,再经输草主动轮轴组合,将动力传递到切割机构和拨草、输草机构开展工作。分草器将割区内外作物分开,通过拨草轮机构把进入分草器间的席草拨向切割器,割刀切断席草茎秆,割下的席草在夹持链机构和弹簧压杆夹持机构的共同作用下,被横向往右侧直立输送,并使席草均匀、整齐的倒在一侧,完成席草的机械切割及有序铺放。

2 设计计算

席草种植以浙江、江西、湖南、安徽等我国南方丘陵地区小田块种植为主,要求收割机具有重量轻、机动灵活、结构紧凑、割幅窄等特点。根据席草收割晾晒的农艺要求,晾晒需要较长的时间,因而不要求有过高的生产率。特别针对席草高茎秆的特点,小型立式割台席草收割机比较适合其农艺的需求。

2.1 生产率 A 的确定

根据市场需求,取生产率 $A = 1.5$ 亩/h。

2.2 作业速度 V_m 的确定

该席草收割机是与工农—81B 型手扶拖拉机配套使用,试验表明,席草收割宜适合低速行走作业,选择 II 档为收割机的正常作业档,同时采用较小的宽幅轮胎规格,行走速度 V_m 为^[6-7]:

$$V_m = V_{II} \times D_1 / D_2 = 1.88 \times 415 / 640 = 1.22 \text{ km/h} = 0.34 \text{ m/s}$$

式中: V_{II} —手扶拖拉机 II 档行驶速度, $V_{II} = 1.88$ km/h; D_2 —原手扶拖拉机轮胎外径, $D_2 = 640$ mm; D_1 —选用的轮胎外径, $D_1 = 415$ mm。

2.3 割副 B 的确定

本研究根据已确定的生产率和作业速度,按下式计算席草收割机的割幅 B :

$$B = A / 5.4 \eta V_m = 1.5 / 5.4 \times 0.9 \times 0.34 \approx 0.9 \text{ m}$$

式中: η —收获时间利用系数,取 $\eta = 0.9$ 。

2.4 切割速度计算

因席草稠密,茎秆圆滑,含水量较大,割刀切割速度高于谷物收割机。而动刀片切割负荷(即动刀每一行程中刀刃切断的禾株数)与机器的前进速度成正比。一般切割速度按下式确定:

$$V_p = \beta V_m$$

式中: β —刀机速比,根据多次试验分析,取 $\beta = 3$ 。

$$\text{即: } V_p = \beta V_m = 3 \times 0.34 = 1.02 \text{ m/s。}$$

2.5 整机功率计算

4GX-90 型席草收割机所需功率随田间土壤、地形、行走速度和作物情况而变化,因此在计算时要充分估计到负荷最严重的情况,以求得需用功率的最大值,作为席草收割机所需功率。席草收割机的整体需用功率主要包括切割装置和行走部分所需功率。

2.5.1 切割装置需用功率 N_1

切割装置功率包括切割功率 N_g 和空转功率 N_k 两部分,即:

$$N_1 = N_g + N_k = V_m B L_0 \times 10^{-3} + 1 = 0.34 \times 0.9 \times 300 \times 10^{-3} + 1 \approx 1.09 \text{ kW}$$

式中: V_m —机器前进速度, m/s, 取 $V_m = 0.34$ m/s; B —机器割副, m, 取 $B = 0.9$ m; L_0 —一切割每平方米面积的基杆所需功, 取 $L_0 = 300$ N·m/m²; N_k —与切割器的安装技术状态有关,一般每米空转功率, kW, 取 $N_k = 1$ kW。

2.5.2 行走部分所需功率 N_2

行走部分所需功率 N_2 为:

$$N_2 = mgV_m f / \eta \times 10^{-3} = 390 \times 9.8 \times 0.34 \times 0.13 \times 10^{-3} / 0.9 = 0.19 \text{ kW}$$

式中: m —席草收割机满载时的质量, $m = 390$ kg; g —重力加速度, $g = 9.8$ m/s²; V —收割机作业速度, m/s, $V_m = 0.34$ m/s; f —滚动阻力系数,与驱动轮的种类、结构、行走速度和土壤特性有关,橡胶轮胎在较干的田地上为 0.08~0.13, 取 $f = 0.13$; η —行走装置的传动效率, 取 $\eta = 0.9$ 。

2.5.3 整机功率 N

4GX-90 型席草收割机所需功率:

$$N' = N_1 / \eta_s + N_2 = 1.09 / 0.73 + 0.19 = 1.68 \text{ kW}$$

式中: η_s —动力输出传动总效率,根据传动系统结构, $\eta_s = 0.93 \times 0.96 \times 0.91 \times 0.95 \times 0.95 = 0.73$ 。

考虑功率储备,其整机功率 N 为:

$$N = 1.33 N' = 1.33 \times 1.68 = 2.23 \text{ kW} < 5.15 \text{ kW}$$

从以上分析可以看出,工农—81B 型手扶拖拉机配套动力为 R180 型柴油机动力(标定功率为 5.15 kW),能满足 4GX-90 型席草收割机正常作业所需功率。

综合以上设计计算,4GX-90 型小型席草收割机基本参数及主要技术性能指标如表 1 所示。

表 1 基本参数及主要技术性能指标

名 称	单 位	技术参数	备 注
割刀行程	mm	100	
割刀移动机构型式		曲柄连杆机构	
配套拖拉机		工农—81B 手拖	R180 型柴油机
割幅	mm	900	
工作速度	m·s ⁻¹	0.34	
生 产 率	亩·h ⁻¹	1.5	

3 试验分析

(1)4GX-90 型席草收割机通过多次改进设计、模拟试验,并在浙江省东阳市南马镇席草示范基地进行了大量田间试验。试验结果表明,该机整体布局合理、结构紧凑、维修方便、工作可靠、具有较强的适应性,席

草收割质量能满足农艺要求,经检测,各项性能指标均达到设计要求,样机作业质量及性能如表2所示。

表2 作业质量及性能试验测定结果(试验地点:南马镇东三村)

项 目	结 果
席草高度/mm	1 300
割茬高度/mm	25
损伤率/(%)	1.8
损失率/(%)	1.36
铺放角度/(°)	97
根差/mm	119
环境噪声/dB(A)	82
纯小时生产率/(亩·h ⁻¹)	1.62
可靠性/(%)	93

(2) 席草苗采用穴插移栽,每穴席草分蘖生长后有上百株数,直径在15 cm左右^[8]。单位面积的席草密度较高,如果席草收割的前进速度太快,席草不能及时被有效切割以致被向前推倒而无法收割。本研究通过反复试验分析,可采用0.34 m/s的前进速度,以控制席草的喂入量,确保了收割机正常作业。

(3) 席草茎秆直径1.5 mm~2.5 mm,长度在1.1 m以上的占20%、0.7~1.1 m的占50%、0.7 m以下的占30%。由于茎秆细长而且长短不一,给席草喂入切割器带来一定难度,常规拨草星轮机构只能单侧拨扶被割作物,拨扶细长席草时,容易造成堵塞而无法正常作业,采用具有双重拨草功能的拨草轮机构,使席草在双向拨扶作用下,有序地进入切割机构,能够很好地完成自动快速均匀拨草与喂草过程。

(4) 由于每穴席草株多而密集,当割刀前伸量较小时部分席草在未切断前即受到拨齿的作用形成先输后割,造成收割后的席草严重倾斜而无法稳定直立输送,本研究通过反复试验分析,割刀需设置适当的前伸量,即动刀顶部相对输送带拨齿顶部前伸65 mm,将有效地保证对每穴席草株多而密集的先割后输要求。

(5) 设计初期,本研究采用常规使用的稻麦割晒机的夹持输送机构进行试验,结果表明,输送过程侧倒现象严重。这是由于席草茎秆细长,表皮硬滑,稻麦割晒机夹持输送机构夹持链较窄,夹持接触面较小,特别在各喂入口区域夹持弹簧无法保持对割后席草的夹持,部分割后席草不能实现有效夹持输送,造成输送席草倾斜以至于卡死。通过有针对性的结构设计,本研究采用具有宽幅错位夹持链结构的夹持输送机构,夹持接触面宽,夹持链上下链板具有三角齿形结构,夹持弹簧错位重合夹持,从而有效提高了夹持效果,使切割

后的光滑细长的席草能一直保持夹持状态直立输送到一侧,实现了席草的有序输送与铺放^[9-10]。

4 结束语

4GX-90型席草收割机采用小型、立式割台,结构设计合理、机体小、重量轻、机动灵活、使用可靠、操作方便,能较好地满足席草种植农艺要求,适合我国南方小田块席草的收获作业。

4GX-90型席草收割机适合田块平整、泥脚深度不大于10 cm、席草倒伏角小于30°的工况。在泥脚过深的田间作业,容易下陷,影响收割,这是由于配套手扶拖拉机驱动轮承受接地比压过大的缘故,下面的研究可以进一步优化设计、减轻席草收割机结构重量以改善其适应能力。

针对席草细长硬滑茎秆的特性以及独特的席草种植方式,必须采取有效的技术措施,确保在喂入、切割、输送等环节的正常工作,以最终实现对席草的机械收割。

参考文献(References):

- [1] 邵 剑. 东阳市席草生产机械化初探[J]. 农业技术与装备, 2007(10): 11-13.
- [2] 万家华. 小型收割机的设计与试验研究[J]. 湖北农机化, 2004(2): 26-27.
- [3] 王 琛, 周益君, 包国勇, 等. 席草收割机的结构设计[J]. 机电工程, 2009, 26(9): 101-103.
- [4] KANAFO C Z, KARWOWSKI T. Agricultural machine theory and construction[J]. **Crop-harvesting**, 1976(2): 10-15.
- [5] 孙彦波. 收割机割台拨禾星形轮的设计[J]. 机械工程师, 2008(6): 77-78.
- [6] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [7] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [8] 厉永强, 王海生. 席草东席1号的特性及栽培技术[J]. 浙江农业科学, 2008(2): 199-211.
- [9] 赵春花. 手扶牧草收割机输送系统的试验研究[J]. 草原与草坪, 2007(4): 80-81.
- [10] O'DOHERTY M J, HUBER J A, DYSON J, et al. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw[J]. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 1995, 62(2): 133-138. [编辑: 张 翔]