

滚刀式秸秆粉碎装置的设计及试验研究

王庆惠, 王学农, 陈发, 张佳喜, 刘旋峰, 郭兆峰

(新疆农业科学院农业机械化研究所, 乌鲁木齐 830091)

摘要 【目的】研制一种混合型栅格导入滚刀式秸秆粉碎装置, 以解决现有完全无支撑切割机具动力消耗大、扬尘大、机手工作环境差等突出问题, 有利于秸秆还田或下游产业的发展。【方法】对机具关键工作部件的结构及参数设计进行理论分析, 通过对影响机具作业质量的主要因素进行正交试验分析, 得出较优的工作参数, 以此参数设计的机型经田间测试, 验证设计的合理性。【结果】经田间测试, 当机具前进速度为 5 km/h, 滚刀转速 1 100 r/min, 滚刀倾斜角 30°, 秸秆粉碎长度合格率 93%, 留茬高度 103 mm, 完全满足设计需求。【结论】该种机型的研制对促进棉花秸秆合理有效利用, 以及我国可再生能源产业发展起到一定的作用, 但对于其他秸秆作物还有待进一步的研究。

关键词: 滚刀; 秸秆粉碎; 栅格; 混合型; 无支撑切割

中图分类号: S220.2

文献标识码: A

文章编号: 1001–4330(2012)02–0279–06

Design and Experiment on Hob Field Straw Chopping Device

WANG Qing-hui, WANG Xue-nong, CHEN Fa, ZHANG Jia-xi,

LIU Xuan-feng, GUO Zhao-feng

(Research Institute of Agricultural Mechanization, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract 【Objective】This paper aimed to introduce a mixed type and grid guided hob straw chopping device in order to solve problems of large power consumption of the completely unbraced incision, reduce dust and improve bad working condition, etc, which would be advantageous to the straw return and downstream industry development. 【Method】We analyze of the key parts construction and design parameters. By orthogonal test analysis, we got a set of optimal parameters on effecting work quality. At the same time, the machine made with those parameters was proved to be rational by field test. 【Result】According to the field test, the straw length qualified rate is 93% and stubble height is 103 mm when the advance speed is 5 km/h, rotation speed is 1 100 r/min, and the angle of inclination is 30°. All these satisfied the design requirement. 【Conclusion】Researching this machine could promote the development of utilization cotton straw and renewable resources. However, other straws research remains to be further studied.

Key words: hob; field straw chopping; grid; mixed type; unbraced incision

0 引言

【研究意义】秸秆是农作物的主要副产品,也是工农业的重要生物资源。我国每年产生出 6×10^8 多

收稿日期: 2011–12–29

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目“滚刀式秸秆回收装置关键部件结构及运动参数研究”(2009211B27); 新疆维吾尔自治区财政厅二院专项资金项目“新疆棉田残膜回收机械化关键装备推广及产业化”(2009sy002)

作者简介: 王庆惠(1980–), 女, 山东梁山人, 助理研究员, 硕士研究生, 研究方向为农业机械, (E-mail) wangqh1201@126.com

通讯作者: 陈发(1956–), 男, 四川广汉人, 研究员, 硕士生导师, 研究方向为农牧机械化技术与推广, (E-mail) jcmxjcf@xaas.ac.cn

t 的秸秆, 秸秆利用率仅有 60% 左右。搞好农作物秸秆的综合利用, 变废为宝, 化害为利, 对于一个人口众多而农业资源相对短缺的国家尤为重要^[1]。目前, 我国机械化秸秆还田面积已达 $0.15 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ^[2], 秸秆综合利用第一步就是秸秆粉碎或回收。因此, 研制出一种低耗高效的秸秆粉碎装置, 对实现秸秆的资源化和商品化, 以及促进资源节约、环境保护和农民增收均具有重要意义。【前人研究进展】国外对于机械化秸秆还田和回收机的研制和生产较早。我国近 10 年来秸秆粉碎还田机械发展较快。目前市场上使用较多的是采用中空轴上带有 Y 型或 L 型甩刀式卧式无支撑切割秸秆粉碎装置, 工作时机具配套动力较大^[3]。【本研究切入点】虽然国内对于秸秆粉碎机械的研究报道较多, 但主要是玉米、牧草及麦秸秆的应用, 而对于棉秸秆的切割粉碎装置方面的研究报道为数较少^[4]。利用有支撑切割能耗较低, 结构简单, 成本低廉的特点, 研制混合型栅格导入滚刀式秸秆粉碎装置, 一定程度上可以解决现有完全无支撑切割秸秆粉碎机动力消耗大、扬尘大、机手工作环境差等突出问题; 同时, 还可根据实际需求, 对粉碎后的秸秆进行还田或回收, 使秸秆资源得以充分利用。【拟解决的关键问题】建立秸秆切割时的受力模型, 确定机具关键工作部件的结构及运动参数, 对影响机具作业效果的主要因素进行试验及分析, 得出较优的工作参数。

1 滚刀式秸秆粉碎装置结构及工作原理

滚刀式秸秆粉碎装置由栅格、滚刀、挡板、机架、风机、螺旋输送装置、定刀和限深轮等构成。风机轴与滚刀轴通过皮带传递动力, 螺旋输送轴一端通过轴承与机架相连, 另一端与风机相连。工作时, 在栅格导入的作用下, 秸秆首先进入到栅格形成的间隙中, 高速旋转的滚刀刀片对秸秆顶部进行无支撑切割, 随着机具继续前进, 在栅格和定刀的作用下, 滚刀刀片对秸秆进行有支撑切割, 切割后的秸秆被螺旋输送装置输送到风机内, 在风机的作用下, 粉碎后的秸秆被抛出至机具外。图 1

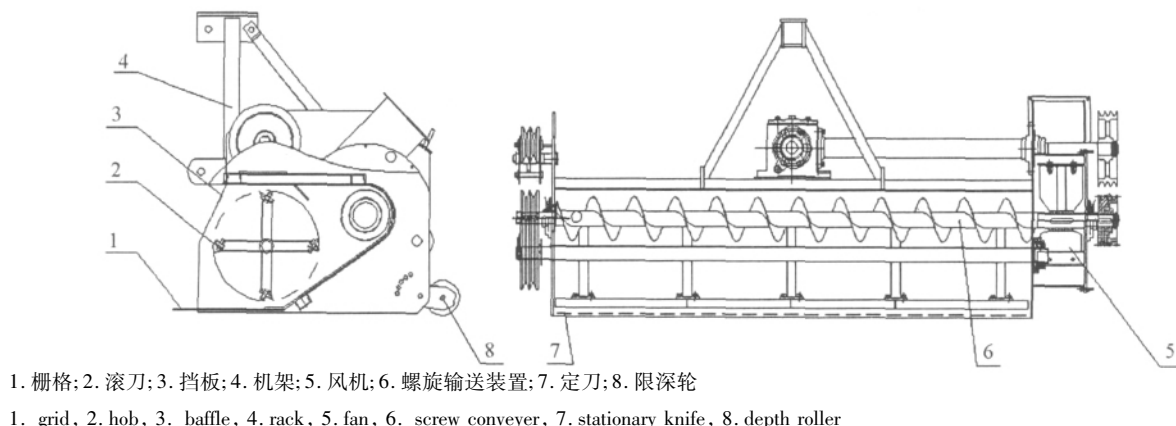


图 1 滚刀式秸秆粉碎装置示意

Fig. 1 Diagram of hob field straw chopping device

2 秸秆切割时受力分析

2.1 有支撑切割时的受力

作物秸秆由纤维素构成。当滚刀刀片对秸秆进行切割时, 沿机具前进方向上主要受切割力 P_d 、秸秆的惯性力 P_{ab} 、反弹力 P_t 和支撑力 P_n 等(图 2)。为使切割可靠, 应使秸秆惯性力、反弹力以及支撑力之和大于或等于切割力^[5]。即

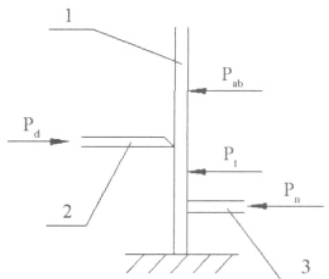
$$P_{ab} + P_n + P_t \geq P_d \quad (1)$$

2.2 无支撑切割时的受力

与有支撑切割相类似, 无支撑切割主要受切割力 P_d 、秸秆的惯性力 P_{ab} 和反弹力 P_t 等(图 3)。为使切割可靠, 必须满足:

$$P_{ab} + P_t \geq P_d \quad (2)$$

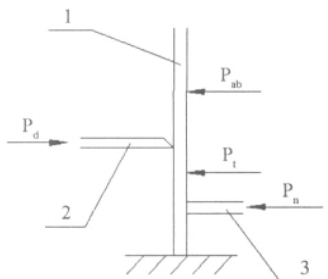
因此,为了有效的切断秸秆,提高机具切割率,必须减小 P_d ,同时也实现了降低整机功耗的目的。



1. 秸秆 2. 滚刀 3. 定刀
1. stationary knife 2. straw 3. hob

图2 有支撑切割时秸秆受力简图

Fig.2 Force analysis of braced incision



1. 秸秆 2. 滚刀 3. 定刀
1. stationary knife 2. straw 3. hob

图3 无支撑切割时秸秆受力简图

Fig.3 Force analysis of unbraced incision

3 滚刀式秸秆粉碎装置关键部件的设计

3.1 滚刀

3.1.1 滚刀刀片的排列方式

滚刀刀片的排列方式对滚刀轴转动时的平衡及物料粉碎长度有着极大的影响。常见的排列方式有螺旋线排列、对称排列和交错平衡排列等方式。采用对称排列,机具作业时物料分布均匀,刀片上产生的离心力可相应地得到平衡,机具稳定性较好。同时,根据机具前进速度、风机转速、滚刀轴转速以及物料自身特性,结合秸秆粉碎长度的需求,采用沿滚刀轴圆周方向均匀排列的安装方式,并可根据秸秆粉碎还田或打包要求,对称安装四把或两把滚刀刀片。

3.1.2 滚刀刀片的安装角度

滚刀刀片是整个秸秆粉碎装置的关键工作部件,也是整机功耗最大的部件之一。刀片切入秸秆的方向与其切割阻力和功耗有着密切的关系。设计中通过更换楔形垫块的方法,来调节滚刀刀片的倾角 α (与水平面的夹角),进而实现了降低功耗,提高整机切割效果的目的。图4

3.1.3 滚刀刀片的材料

滚刀刀片在工作过程中频繁与秸秆接触,磨损较大;另外,若地面平整度不好,地块中存在石头等硬物,还易使高速旋转的刀片打击到硬物上,发生变形,甚至淬断。因此,必须选用特殊材料制成的刀片以满足实际工作需要。

65Mn 具有较好的机械性能,通过水淬等热处理工艺,可提高材料的耐磨性及硬度,满足设计要求。

3.2 栅格

栅格是由一定形状的扁钢制成,按一定间距通过螺栓均匀固结在机架上,以便于栅格的拆卸和调节。栅格主要有四个作用:与定刀相配合,实现有支撑切割,提高切割率,降低整机功耗;实现秸秆的均匀导入,避免因喂料不均造成机具堵塞的现象;整套栅格形成了一组仿形装置,减少因地面不平以及石头等硬物造成的滚刀刀片的损坏;滚刀切断的秸秆有一部分会掉落至栅格上,随着机具的前进,秸秆被输送至螺旋输送装置内,提高秸秆回收的利用率。

增加栅格间的间距,栅格因夹住秸秆造成机具堵塞的几率降低,提高了机具的可靠性,便于栅格堵塞时故障的清除;但会降低物料喂入的均匀性。结合秸秆种植模式及自身特性,综合考虑后,选定栅格间隙为 125 mm,且呈梳齿状。图5

3.3 螺旋输送装置

螺旋输送装置的主要作用是将初次粉碎后的秸秆及时地输送到风机内,保证机具作业的连续性。

水平放置的螺旋输送装置的主要设计参数有:螺旋叶片的直径、螺距,螺旋输送轴的转速和直径,其中螺旋叶片的直径和螺距可由式(3)得出^[6]:

$$Q = 47D^2Sn\psi\lambda\varepsilon. \quad (3)$$

其中: Q ——物料输送量, t/h;

D ——螺旋叶片直径, mm;

S ——螺距, mm;

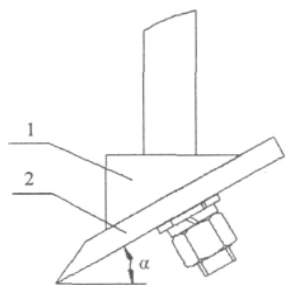
n ——螺旋输送轴的转速, r/s;

ψ ——物料填充系数, 取 $\psi = 0.4$;

λ ——物料的单位容积质量, 它与物料种类、湿度、长度等多种因素有关, t/m³;

ε ——倾斜输送系数, 螺旋输送装置为水平放置, $\varepsilon = 1$ 。

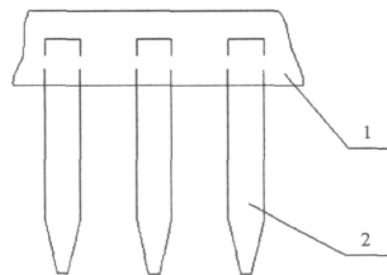
参照农业机械设计手册^[5], 选取螺旋输送轴直径 $d = 50$ mm, 螺旋叶片直径 $D = 180$ mm, 螺距 $S = 180$ mm。



1. 垫块 2. 滚刀刀片
1. shim block 2. hob knife

图4 滚刀结构示意图

Fig.4 Diagram of hob



1. 定刀 2. 栅格
1. stationary knife 2. grid

图5 栅格结构简图

Fig.5 Diagram of grid

4 结果与分析

滚刀式秸秆粉碎装置的主要性能指标是秸秆粉碎长度合格率和留茬高度。通过理论分析和其他探索性试验研究表明, 影响这些性能指标的主要因素有滚刀刀片倾斜角、滚刀转速和整机前进速度。

4.1 指标和测试方法

4.1.1 秸秆粉碎长度合格率(L)

在机具作业后的区域内, 在两轮辙之间, 沿测区长度方向上, 随机测定 2 m 的距离, 拣拾所有秸秆计数 n , 并分别测出其有效长度 l (不包含两端韧皮纤维的长度), 将 l 与规定长度 h ($h = 120$ mm) 进行比较, 当 $h \geq l$ 时, 即满足设计要求, 数出满足要求的粉碎秸秆的个数 m , 重复 5 次, 通过公式(4) 计算出秸秆粉碎长度合格率 L 。

$$L = \frac{\frac{m_1}{n_1} + \frac{m_2}{n_2} + \frac{m_3}{n_3} + \frac{m_4}{n_4}}{5} \times 100\%. \quad (4)$$

4.1.2 留茬高度(F)

在上述选用的试验区域内, 数出所有的秸秆株数 g , 分别测出切割后每棵秸秆有效根茬(不包含韧皮纤维的长度) 距地的距离 k , 重复 5 次, 通过公式(5) 计算出留茬高度 F 。

$$F = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{g_1} k_i}{g_1} + \frac{\sum_{i=1}^{g_2} k_i}{g_2} + \frac{\sum_{i=1}^{g_3} k_i}{g_3} + \frac{\sum_{i=1}^{g_4} k_i}{g_4} + \frac{\sum_{i=1}^{g_5} k_i}{g_5}}{5}. \quad (5)$$

4.2 试验设计及结果

2009 年 10 月, 在新疆昌吉滨湖乡进行了田间试验, 试验对象为棉秸秆, 种植模式是 66 + 10 (cm) , 棉花品种为 43, 栽培方式膜下滴灌, 试验地块面积 13 340 m² (20 亩) , 茎秆含水率 14. 26% , 茎秆直径 9. 82 mm (取距离地面 15 cm, 秸秆的平均直径) , 试验地情况满足机具作业要求。

试验采用三因素三水平的正交试验 L₉ (3³) , 列出因子水平编码表^[7]。研究表明, 对棉秸秆粉碎长度合格率的主次因素是 B、C、A, 即滚刀转速 1 400 r/min, 前进速度 5 km/h, 刀片倾斜角 30°; 留茬高度的主次因素是 B、A、C, 即滚刀转速 1 100 r/min, 前进速度 5 km/h, 刀片倾斜角 20°。机具前进速度越慢, 滚刀转速越高, 则相应的打击秸秆次数就越多, 秸秆粉碎长度越短, 留茬高度越低, 但滚刀转速的增加会相应增加整机的功耗以及振动, 使轴承等部件的使用寿命降低, 但过低的速度必定会导致整机生产率降低。综合考虑各个指标, 选取机具前进速度 5 km/h, 滚刀转速 1 100 r/min, 滚刀倾斜角 30°。同时, 以此参数设计的机具经田间检测, 秸秆粉碎长度合格率 93% , 留茬高度 103 mm, 完全满足设计需求。表 1, 表 2

表 1 二次回归正交试验的因素水平

Table 1 Factor and level of quadratic regression orthogonal design

水平	刀片倾斜角(°) (A)	滚刀转速(r/min) (B)	前进速度(km/h) (C)
Level	Angle of inclination	Rotate speed	Advance speed
1	40	1 400	5
2	20	1 100	6
3	30	900	7

表 2 结果及分析

Table 2 The test results and analysis

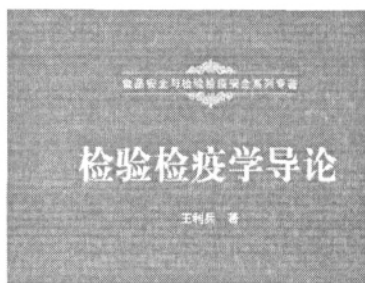
试验号 Number	A		B		C		L	F
1	1	110	1	105	1	92	107	106
2	1	109	2	104	2	88	108	108
3	1	106	3	116	3	87	110	116
4	2	4	1	12	3	88	110	110
5	2	5	2	4	1	92	100	100
6	2	3	3	2	2	85	117	117
7	3	1	1	2	2	92	99	99
8	3	2	2	3	3	93	104	104
9	3	3	3	1	1	88	115	115
K1	90	110	92	105	92	107		
K2	88	109	91	104	88	108		
K3	91	106	87	116	89	110		
极差 Range	3	4	5	12	4	3		
较优水平 Optimal level	A3	A3	B1	B2	C1	C1		
主次因素 Primary and secondary order	L: B1C1A3			F: B2A3C1				

5 结 论

混合型栅格导入滚刀式秸秆粉碎装置, 一定程度上解决了现有完全无支撑切割机具的动力消耗大、扬尘大、机手工作环境差等突出问题。经田间测试, 秸秆粉碎长度合格率 93% , 留茬高度 103 mm, 满足设计要求。该种机型的研制对促进棉花秸秆合理有效利用, 以及我国可再生能源产业的发展起到一定的作用。但本机具仅局限于棉秸秆的粉碎, 对于其他秸秆作物还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 张佳喜, 陈发, 王学农, 等. 秸秆粉碎还田回收机性能优化试验[J]. 中国农机化, 2007, (6): 76-77.
- [2] 陈翠华, 张伟. 论秸秆覆盖技术的发展[J]. 农机化研究, 2009, (8): 225-227.
- [3] 张佳喜, 刘旋峰, 牛长河, 等. 新型滚刀式棉秸秆粉碎回收机的研制[J]. 农机化研究, 2012, (1): 43-46.
- [4] 刘旋峰, 牛长河, 郭兆峰, 等. 新型滚刀式秸秆粉碎装置的试验研究[J]. 新疆农机化, 2010, (2): 8-9.
- [5] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(下册) [K]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [6] 徐余伟. 螺旋输送机设计参数选择[J]. 砖瓦世界, 2008, (7): 32-37.
- [7] 徐中儒. 回归分析与试验设计[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.



检验检疫学导论

王利兵

科学出版社

定价: 120

出版时间: 2012.2

书号: 978-7-03-033390-2

装帧: 平装

版本: 第一版

本书系统阐述了检验检疫学作为综合交叉学科的理论基础、学科内涵及学科发展展望等, 全书分为检验检疫学的基本理论、检验检疫测试技术与方法和检验检疫风险评估与危害控制技术三篇, 共 18 章。上篇(1~5 章)系统阐述了检验检疫与检验检疫学的背景、内容等基本知识, 检验检疫学的学科基础和基本理论与方法等内容。中篇(6~12 章), 全面介绍了检验检疫物理学、化学、生物学等相关科学技术, 并对检验检疫学科发展进行展望。下篇(13~18 章), 详细论述了检验检疫风险评估、风险管理, 简要概述了检验检疫安全控制技术与方法, 及标准化与合格评定技术。考虑到检验检疫学科的综合性与交叉性, 全文的理论和科学技术方法参考了相关学科发展的资料, 具有较强的理论性和普适性, 系统反映了现阶段检验检疫领域所涵盖的主要理论和技术内容。

获取更多图书信息请您关注

<http://www.lifescience.com.cn/>

欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书