

小型棉秆收获机打捆装置的设计与试验

姚祖玉¹, 全腊珍^{1,2*}, 邹运梅^{1,2}, 代振维¹, 尹益文¹, 李健¹, 何学迎¹

(1.湖南农业大学工学院, 湖南长沙 410128; 2.湖南省现代农业机械装备工程技术研究中心, 湖南长沙 410128)

摘要:对自制的小型履带自走式棉秆收获机设计了打捆装置,为考查该装置钉齿滚筒转速、牵引滚筒转速、锯片转速、压缩频率对打捆总数、成捆率、捆包密度的影响,以JX013号棉秆为试材,进行了单因素试验和多因素正交试验。结果表明:当钉齿滚筒转速为270 r/min,牵引滚筒转速为280 r/min,锯片转速为1 100 r/min,压缩频率为30次/min时,打捆装置每小时可打捆201捆,成捆率达99.45%,捆包密度为19.57 kg/m³。

关键词:棉秆;打捆装置;成捆率;捆包密度;打捆总数

中图分类号: S225.91⁺2

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2015)05-0560-05

Design and test of baling mechanism for small-type cotton harvester device

Yao Zuyou¹, Quan Lazhen^{1,2*}, Zou Yunmei^{1,2}, Dai Zhenwei¹, Yin Yiwen¹, Li Jian¹, He Xueying¹

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Modern Agricultural Equipment, Changsha 410128, China)

Abstract: The baling mechanism is designed for the Self-manufactured small crawler self-propelled cotton harvest device, to solve the cotton stalk baling problem after mechanical pull-out in southern hilly region. Selecting the JX013 cotton as material, the single factor and multi-factor orthogonal on the basis of the main factors test was used to investigate the influence of the spike-tooth drum rotational speed, the drawing roller speed, the saw blade rotation speed, and the compression frequency on the total number of balingthe bundles rate, and the bale density. The results showed that when the spike-tooth drum rotational speed is 270 r/min, the drawing roller speed is 280 r/min, the saw blade rotation speed is 1 100 r/min, and the compression frequency is 30 time/min, it could ball 201 bales per hour. The bundles rate was 99.45% and the bale density to 19.57 kg/m³, which meet the cotton baling industry standards.

Keywords: cotton stalk; baling mechanism; baling rate; bale density; the total baling number

中国是植棉大国,每年产生棉秆约 3×10^7 t^[1-5]。南方产棉区棉秆收获主要靠手工完成,劳动强度大,生产效率低^[6]。为了解决棉秆收获问题,郭振华等^[7]、贾健^[8]、花俊国^[9]、唐遵峰等^[10]、代振维等^[11]对棉秆拔秆机进行了相关研究。为适应南方丘陵地区棉田地势复杂,田块形状差异大,单户作业,需方便机具搬运等特点^[12],笔者在自制的小型履带自走式棉秆收获机上设计了打捆装置,能实现将拔秆装置拔取的棉秆进行压缩、切断、再压缩后打捆的功能。选择影响棉秆打捆的主要参数(钉齿滚筒转

数、牵引滚筒转数、锯片转数、压缩频率)进行了单因素试验和多因素正交试验,以实现打捆数量多、成捆率高、捆包密度大的设计目的。

1 棉秆收获机打捆装置结构与工作原理

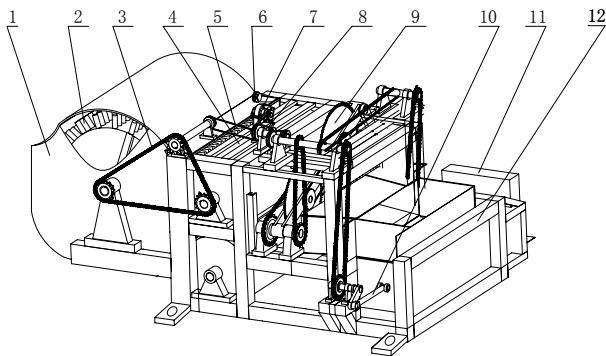
1.1 结构

小型履带自走式棉秆收获机主要由履带自走式底盘、柴油机、拔秆装置、输送装置和打捆装置组成^[11]。打捆装置与拔秆装置由输送装置连接,固定在履带自走式底盘上,由料斗、钉齿滚筒、链传

动机构、牵引滚筒、带传动机构、万向节、减速器、锥齿轮箱、切割机构、压缩机构、打捆机构、机架组成,如图 1 所示。

1.2 工作原理

打捆装置工作时,柴油机输出的动力经万向节传递给减速器,减速器传递的动力经锥齿轮箱将其分为两部分,一部分经过带传动和链传动传递给钉齿滚筒和牵引滚筒;另一部分经过链传动和带传动传递给切割机构、压缩机构及打捆机构。棉秆由料斗喂入,由钉齿滚筒将喂入的棉秆送至 1 对牵引滚筒进行初步压缩后,继续输送至切割机构进行切割,切断的棉秆落入压缩室且在压缩机构的作用下形成棉秆捆,棉秆捆达到一定长度,由打捆器打捆,完成打捆。



1 料斗; 2 钉齿滚筒; 3 链传动机构; 4 牵引滚筒; 5 带传动机构; 6 万向节; 7 减速器; 8 锥齿轮箱; 9 切割机构; 10 压缩机构; 11 打捆机构; 12 机架。

图 1 打捆装置结构

Fig.1 The structure diagram of tying device

2 打捆试验

2.1 材料

选择 JX013 号棉花品种棉秆,含水率约为 47.26%,棉秆平均直径为 12.35 mm,平均高度为 100.25 mm。

2.2 评价指标

根据《芳草捆压捆机试验方法》^[13-14]的要求,以打捆总数(L)、成捆率(P)、捆包密度(M)为棉秆打捆作业评价指标。

2.3 试验设计

选取钉齿滚筒转速、牵引滚筒转速、锯片转速、压缩频率 4 个因素,以打捆总数、成捆率、捆包密

度为评价指标,进行单因素试验与多因素正交试验。启动打捆装置,待工作稳定后,连续不断向滚筒中喂入棉秆,打捆机工作 1 h 后停机,统计棉秆捆包数,随机取相同数量的捆包,重复 5 次,记录每个捆包质量和截面尺寸,分别计算打捆总数和成捆率及捆包密度。

2.3.1 单因素试验

1) 根据机具的前进速度及拔秆送料速度,钉齿滚筒转速为 250 r/min 时,保持牵引滚筒转速 300 r/min、锯片转速 1 000 r/min 不变,压缩频率分别取 20、25、30、35、40 次/min 进行试验。

2) 为使棉秆能够完全被喂入,则牵引滚筒转速需大于钉齿滚筒转速,牵引滚筒转速为 300 r/min 时,保持钉齿滚筒转速 250 r/min、压缩频率 30 次/min 不变,锯片转速分别取 700、800、900、1 000、1 100 r/min 进行试验。

3) 根据一般木工圆锯机切断转速为 900 ~ 3 000 r/min,锯片转速为 1 000 r/min 时,保持牵引滚筒转速 300 r/min、压缩频率 30 次/min 不变,钉齿滚筒转速分别取 230、240、250、260、270 r/min 进行试验。

4) 根据国内外对打捆机压缩频率的研究^[15],压缩频率为 30 次/min 时,保持锯片转速为 1 000 r/min、钉齿滚筒转速为 250 r/min 不变,牵引滚筒转速分别取 280、285、290、295、300 r/min 进行试验。均记录打捆总数和成捆率及捆包密度。

2.3.2 正交试验

根据单因素试验结果,选择钉齿滚筒转速(A)、牵引滚筒转速(B)、锯片转速(C)、压缩频率(D)作 $L_9(3^4)$ 正交试验^[16](表 1),每组试验重复 5 次。

表 1 正交试验因素及水平

Table 1 Influence factors and levels for the test				
水平	$A/(r \cdot \min^{-1})$	$B/(r \cdot \min^{-1})$	$C/(r \cdot \min^{-1})$	$D/(次 \cdot \min^{-1})$
1	230	280	700	20
2	250	290	900	30
3	270	300	1 100	40

3 结果与分析

3.1 单因素试验结果

3.1.1 钉齿滚筒转速对试验指标的影响

图 2 表明,当钉齿滚筒转速为 230 ~ 250 r/min

时,打捆总数随转速的提高呈上升趋势;转速大于250~270 r/min时,打捆总数上升速率减缓,打捆总数趋于稳定。

钉齿滚筒转速从230 r/min增大到255 r/min时,捆包密度明显增大;转速为250~270 r/min时,捆包密度下降,趋于平缓。

钉齿滚筒转速为230~250 r/min,成捆率不断增大;转速提高到250 r/min以后,成捆率随转速的增加而减小。这是由于牵引滚筒间隙不变,较高转速使棉秆没有被完全喂入,反而被堵在牵引滚筒间隙处的另一端,成捆率有所下降。综合考虑,转速选取240~260 r/min为宜。

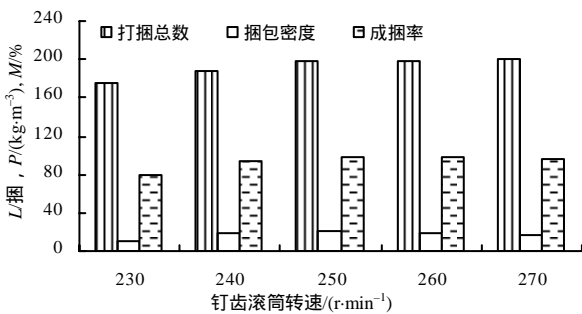


图2 不同钉齿滚筒转速下的打捆总数和成捆率及捆包密度

Fig.2 The total number of baling ,bundle rate and packing density with different tooth roller spe

3.1.2 牵引滚筒转速对试验指标的影响

如图3所示,当牵引滚筒转速为280~300 r/min时,在压缩频率和锯片切割转速不变的条件下,被送入压缩室的棉秆不断增多,打捆总数与成捆率不断加大,捆包密度有所提高;当牵引滚筒转速大于280~295 r/min时,打捆总数与转数成正比,转速为295~300 r/min时棉秆送入增加不明显,打捆总

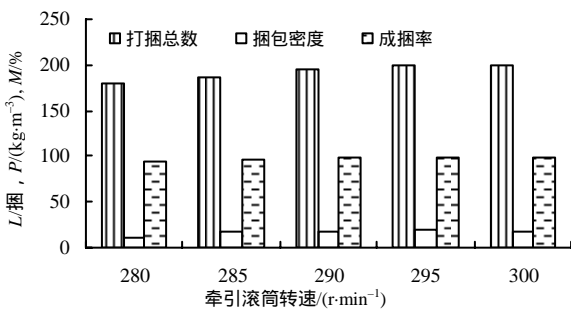


图3 不同牵引滚筒转速下的打捆总数和成捆率及捆包密度

Fig.3 The total number of baling ,bundle rate and packing density with different traction roller speed

数上升幅度减小且趋于平缓;转速为280~300 r/min时成捆率不断提高,转速为300 r/min时,成捆率接近100%。表明牵引滚筒转速对3个试验指标的影响均明显,是影响试验指标的关键因素。牵引滚筒转速取295~300 r/min为宜。

3.1.3 锯片转速对试验指标的影响

图4结果表明,锯片转速为900~1100 r/min,棉秆被切断,打捆总数随锯片转速增大而增加,捆包密度缓慢上升;当锯片转速大于1100 r/min时,捆包密度趋于平缓,随着锯片转速的增大成捆率也相应提高,当转速为1100 r/min时成捆率最高。因此锯片转速取900~1100 r/min为宜。

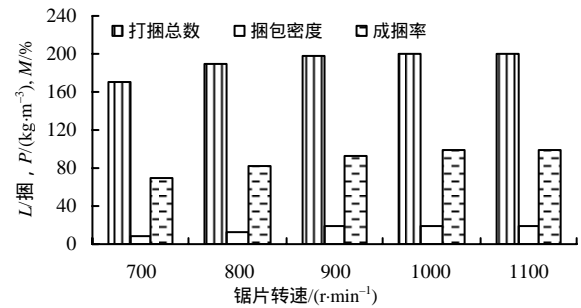


图4 不同锯片转速下的打捆总数和成捆率及捆包密度

Fig.4 The total number of baling ,bundle rate and packing density with different blade rotational speed

3.1.4 压缩频率对试验指标的影响

图5结果表明,压缩频率为15~35次/min时,棉秆打捆总数不断增加,压缩频率为15~20次/min时,成捆率增加幅度很大,20~35次/min时,由于锯片切割速度不变,成捆率上升慢慢缓和且趋于平稳,而捆包密度也呈现出上升的趋势,当压缩频率达到30次/min时捆包密度最高。如果继续增大压缩频率,虽然捆包密度变大,但是频率过高振动大

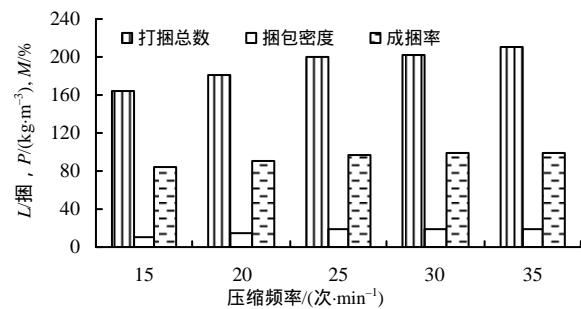


图5 不同压缩频率下的打捆总数和成捆率及捆包密度

Fig.5 The total number of baling ,bundle rate and packing density with different compression frequency

且需要动力源也大，因此选压缩频率为 25 ~ 35 次/min。

3.2 正交试验结果

对正交试验结果(表 2)进行极差分析，结果表明，影响打捆总数大小的因素依次为钉齿滚筒转速、牵引滚筒转速、压缩频率、锯片转速；影响成捆率大小的因素依次为钉齿滚筒转速、牵引滚筒转速、锯片转速、压缩频率；影响捆包密度大小的因

素依次为压缩频率、钉齿滚筒转速、锯片转速、牵引滚筒转速。

增加捆数的较优组合为 $A_3B_3C_2D_1$ ，加大捆包密度的较优组合为 $A_3B_1C_3D_2$ ，提高成捆率的较优组合为 $A_3B_2C_1D_3$ 。

综合考虑，确定较优组合 $A_3B_1C_3D_2$ ，即压缩频率为 30 次/min，锯片转速 1 100 r/min，牵引滚筒转速为 280 r/min，钉齿滚筒转速为 270 r/min。

表 2 正交试验结果

Table 2 Results of orthogonal test

试验号	A/(r·min ⁻¹)	B/(r·min ⁻¹)	C/(r·min ⁻¹)	D/(次·min ⁻¹)	打捆总数/捆	成捆率/%	捆包密度/(kg·m ⁻³)
1	230	280	700	20	190.00	98.59	17.27
2	230	290	900	30	200.00	99.47	19.05
3	230	300	1 100	40	197.00	98.16	18.52
4	250	280	900	30	186.00	98.62	18.60
5	250	290	1 100	20	196.00	98.32	17.94
6	250	300	700	40	198.00	97.34	19.26
7	270	280	1 100	30	201.00	99.45	19.57
8	270	290	700	40	199.00	99.63	18.87
9	270	300	900	20	202.00	98.77	17.43
L	K ₁	587.00	577.00	587.00	588.00		
	K ₂	580.00	596.00	584.00	599.00		
	K ₃	602.00	597.00	595.00	582.00		
	k ₁	195.67	192.33	195.66	196.00		
	k ₂	193.33	198.67	194.67	199.67		
	k ₃	200.70	199.01	198.32	194.04		
M	K ₁	296.22	296.20	295.56	295.68		
	K ₂	294.28	297.42	296.86	295.58		
	K ₃	297.85	294.27	295.93	296.41		
	k ₁	98.74	98.73	98.52	98.56		
	k ₂	98.09	99.14	98.95	98.52		
	k ₃	99.28	98.10	98.64	98.80		
P	K ₁	54.84	55.44	55.40	52.64		
	K ₂	55.80	55.86	55.08	57.88		
	K ₃	55.87	55.21	56.03	55.99		
	k ₁	18.28	18.48	18.46	17.54		
	k ₂	18.60	18.60	18.36	19.29		
	k ₃	18.62	18.40	18.67	18.66		
R _L	22.00	20.00	11.00	17.00			
R _P	0.34	0.20	0.31	1.75			
R _M	1.19	1.04	0.43	0.28			
较优方案	A ₂	B ₃	C ₃	D ₂			

4 讨论

本试验结果表明，影响打捆总数的主次因素依次为钉齿滚筒转速、牵引滚筒转速、压缩频率、锯片转速；影响捆包密度的主次因素依次为压缩频率、钉齿滚筒转速、锯片转速、牵引滚筒转速；影响成捆率的主次因素依次为钉齿滚筒转速、牵引滚

筒转速、锯片转速、压缩频率。综合分析得出一组较优的打捆参数：钉齿滚筒转速 270 r/min，牵引滚筒转速 280 r/min，锯片转速 1 100 r/min，压缩频率 30 次/min。

压缩频率是增加捆包密度的关键因素，频率越大，需消耗的动力就越多，振动噪音越大。为能在

较小动力的条件下得到合理的捆包密度,可将打捆装置进一步优化,将压缩频率适当减小。钉齿滚筒转速和牵引滚筒转速是影响打捆总数和成捆率的关键因素,如果使钉齿滚筒转速和牵引滚筒转速继续增大,棉秆将堵在牵引滚筒的入口端,不利于棉秆的喂入和牵引滚筒的牵引挤压,因此,可通过试验得出合理的转速。

牵引滚筒间距也对打捆机的打捆总数、成捆率、捆包密度产生一定影响,由于受到试验装备及条件的限制,试验未将其作为试验因素进行研究,而是根据棉秆的直径来确定其间距,在后续试验中,可将牵引滚筒的间距做成可调,以便得到最合理的牵引滚筒间距。

参考文献:

- [1] 沈茂,张国忠,周勇,等.我国棉花秸秆机械收获技术现状综述[J].农机化研究,2009,31(5):1-5.
- [2] 王锋德,燕晓辉,董世平,等.我国棉花秸秆收获装备及收储运技术路线分析[J].农机化研究,2009(12):200-217.
- [3] 黄新平.新疆地区棉花秸秆机械的现状与发展[J].农机化研究,2002(4):26-28.
- [4] 陈明江,平英华,曲浩丽,等.秆机械化收获技术与装备现状及发展对策[J].中国农机化,2012(5):23-26.
- [5] 崔相全,马继春,荐世春,等.我国棉花棉秆收获机械现状及发展趋势[J].农业装备与车辆工程,2011(11):4-6.
- [6] 张凤元.我国棉花秸秆收获机械的研究历史及现状[J].山东农机,1996(4):4-5.
- [7] 郭振华,史建新,康秀生,等.铲切式拔棉秆阻力分析[J].新疆农机化,2008(4):9-11.
- [8] 贾健.拔棉柴机的设计研究[J].山西农业大学学报,2005,25(3):268-274.
- [9] 花俊国.浮压双链夹持式拔棉秆机的研究[J].河南农业大学学报,2006,10(5):549-552.
- [10] 唐遵峰,韩增德,甘帮兴,等.不对行棉秆拔取收获台设计与试验[J].农业机械学报,2010(10):80-85.
- [11] 代振维,全腊珍,邹运梅,等.棉秆拔秆机拔秆装置的设计与试验[J].湖南农业大学学报:自然科学学报,2015,41(2):214-218.
- [12] 王锋德,陈志.4YF1300型大方捆打捆机设计与试验[J].农业机械学报,2009(11):2-3.
- [13] JB T 5166—1991 方草捆压捆机 试验方法[S].
- [14] JB T 5156—1991 方草捆压捆机 技术条件[S].
- [15] 杨韶明.粗纤维物料压缩过程的一般流变规律的探讨[J].农业工程学报,2002,18(1):135-137.
- [16] 李志西,杜双奎.试验优化设计与统计分析[M].北京:科学出版社,2010:148-163.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 吴志立