

高秆作物立式割台双螺旋输送机参数优化^{*}

耿令新 张利娟 师清翔 倪长安 景 枫

(河南科技大学车辆与动力工程学院, 洛阳 471003)

【摘要】 分析了双螺旋机构立姿输送长茎秆作物的机理;利用室内试验台,通过正交试验找出了影响输送效果的显著因素,通过回归试验找出了显著因素的较优参数值:螺旋输送机转速为 319 r/min,上下螺旋输送机距离 575 mm,螺旋输送机叶片顶端相对动刀水平距离 10 mm,叶片升角 30°。进行了该组参数下的验证试验,综合评价指标达到 89.8,能够较好地适应玉米秸秆的立姿输送要求。

关键词: 螺旋机构 玉米收获机 立式割台 参数优化

中图分类号: S225.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0010-04

Parameters Optimization of Long-straws Vertical Cutting Table Based on Double Helix Mechanism

Geng Lingxin Zhang Lijuan Shi Qingxiang Ni Chang'an Jing Feng

(Vehicle and Motive Power Engineering College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract

Principle of double helix mechanism was analyzed. Through orthogonal tests, the prominent elements were defined. Though regression tests, the optimization parameters of prominent elements were calculated as below: helix-dragon rotating speed of 319 r/min, distance between up and down helix dragons of 575 mm, distance between helix top and cutting knife of 10 mm, lift angle of helix dragon of 30°. And the transporting index reached to 89.8, which could meet the demand of transporting long-straws.

Key words Helix mechanism, Corn harvester, Vertical cutting table, Parameters optimization

引言

我国的高秆作物主要有高粱和玉米。高秆作物的收获主要包括果穗收获和茎秆收获。玉米的机械化收获,通常是先将玉米摘穗,然后将摘穗后杂乱无章的玉米茎秆粉碎还田。现有的玉米收获机割台主要作用是切割玉米秸秆并摘取果穗。玉米秸秆进入割台后,首先被割刀切割,然后向后输送,同时通过摘穗辊向下挤压秸秆并摘除果穗。摘穗后的玉米秸秆以无序状态抛于割台下方,部分玉米秸秆将被轮胎碾压于土壤中。置于拖拉机后部的秸秆粉碎装置要把被碾压过的玉米秸秆捡拾起来进行粉碎,必须使刀具入土,这样就造成了机器功耗急剧上升,而且采用这种收获方式,秸秆只能进行粉碎还田,无法进

行综合回收利用。我国地域广阔,不同地区对玉米茎秆的收获要求差别很大,有些地区要求将摘穗后的玉米茎秆回收用作电厂燃料,而在养殖业发达地区,在玉米成熟之前,将带穗玉米植株收获后粉碎用作青贮饲料。这就要求改变现有的玉米收获工艺,采用先将玉米植株从根部切断,然后将其有序输送至设定位置,再根据不同地区的使用要求处理,或切碎用作饲料,或粉碎还田用作肥料,或收集用作燃料等^[1]。这种收获工艺要求玉米植株在从根部切断时呈立姿状态,且能整齐有序的向横向(割台的左右方向)输送,为后续的处理加工创造条件^[2]。

为解决上述问题,提出一种基于双螺旋机构的高秆作物立式输送割台,并对该割台的核心部件双螺旋横向输送机构进行工作机理分析与试验研究,

根据试验结果对其结构、运动参数进行优化。

1 工作机理

如图 1 所示,割台体 1 的前端装有切割装置 2,用于从根部切断其前方的茎秆;割台体 1 的上方为双螺旋横向输送装置,包括立柱 3 及对应固连于立柱上的悬臂 4,悬臂 4 的一端固连于对应的立柱上,另一端向前悬伸,左右对应的两悬臂的悬伸端水平装配有螺旋输送机 5,螺旋输送机 5 用于向割台 1 的右侧(或左侧)输送经切割装置切断的茎秆,在螺旋输送机 5 的作用下,被输送的茎秆始终保持立姿;螺旋输送机有 2 个,2 个螺旋输送机结构相同且一上一下正对设置,二者的转动轴线在竖直方向上的投影重合,使用时将两螺旋输送机同步同向传动连接(可通过传动带或链条)或者将二者同步同向与驱动装置连接;两螺旋输送机工作时,从其前方看均为上旋旋转,这样可在输送茎秆的同时给茎秆一个向上提升的力,减小茎秆下端与割台体 1 的摩擦,使茎秆的输送更加平稳可靠;割台体 1 上于两螺旋输送机的前方设置有压紧装置 10,压紧装置也为输送装置的一部分,用于将前方被切割装置切断的茎秆引导至螺旋输送机并压紧于螺旋输送机上,压紧装置由沿螺旋输送器的输送方向依次间隔固定于割台上的立架 6 及固连于对应立架 6 上的压紧条 10 组成,各压紧条均具有引导段 7 及压紧段 8,引导段 7 用于将对应茎秆引至螺旋输送机,其一端固连于对应立架,另一端向后悬伸并与对应的压紧段通过圆弧过渡一体固连,且各压紧条的引导段的形状均为向所述螺旋输送器的输送方向逐渐弯折的弧形,压紧段 8 与螺旋输送机平行,设置于两螺旋输送机之间,压紧段 8 远离对应的引导段的一端向螺旋输送机 5 的输送方向悬伸,各立架 6 的上端还固连有向

前悬伸的引导支架 9,其上可安装引导装置用于对茎秆进行扶持切割和喂入,使其保持立姿顺利送上割台体。

高秆作物立姿输送割台装置工作时,首先在行进状态下使螺旋输送机旋转,割台前方的茎秆在立姿状态下先被对应的引导装置引至割台切割装置的对应位置并从根部被切断,被切断的茎秆经所述压紧装置被引导至螺旋输送机并被压紧于螺旋输送机上后依次向左侧输送,从而方便了对高秆作物茎秆的后续加工处理工序,实现了对切断后的高秆作物茎秆的有序立姿输送。

2 割台参数试验与优化

试验选取河南省洛阳市自然成熟的夏玉米,其统计特征为:自然高度 2.10 m,根部到玉米穗下方的距离 858 mm,茎秆的直径为 35 mm,玉米穗最粗处的直径为 55 mm。

试验设备:DM6234P 型转速表,FASTCAM-Super 10KC 型彩色高速摄影仪,数据接收与处理装置,VARISPEED616G5 变频器及电动机。

2.1 试验指标

评价横向输送装置输送效果的指标为输送成功率^[3],它描述了玉米茎秆横向输送成功的比率。由高速摄像仪观察到玉米茎秆在横向输送过程中有成功输送、断裂和输送中茎秆倾斜 3 种状况。为全面描述玉米茎秆在横向输送中的情况,本研究采用综合评分法对玉米茎秆的输送成功率进行评价,即对成功输送、断裂和输送中茎秆倾斜 3 种情况分别进行百分制打分,综合评分值为三者的平均值。

2.2 试验因素

通过高速摄像分析得出,影响茎秆横向输送的因素主要有叶片顶端相对动刀的水平距离 A、叶片升角 B、上下垂直距离 C、转速 D 4 个因素。

本试验分为正交试验和单因素回归试验。正交试验因素及其水平见表 1。通过正交试验,找出显著因素及其较优水平组合,并观察因素间交互作用对试验指标影响的显著性^[3-4]。单因素试验是在正交试验的基础上对试验指标影响显著的因素进行试验,对试验结果分析并计算其回归方程,建立因素与试验指标的定量描述。最后,进行较优参数下的验证试验。

2.3 正交试验及结果分析

用 $L_{27}(3^{13})$ 正交表安排试验,结果见表 2,极差分析见表 3,方差分析见表 4。

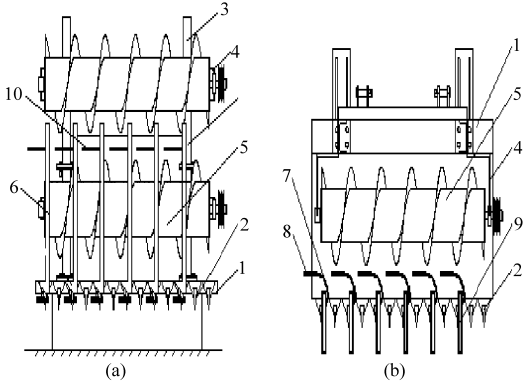


图 1 割台结构示意图

Fig. 1 Structure of cutting table

(a) 前视图 (b) 俯视图

1. 割台体 2. 切割装置 3. 立柱 4. 悬臂 5. 螺旋输送机
6. 立架 7. 引导段 8. 压紧段 9. 引导支架 10. 压紧装置

表 1 正交试验因素水平表

Tab.1 Orthogonal experimental factors and levels				
水平	因素			
	A/mm	B/(°)	C/mm	D/r·min ⁻¹
1	0	20	500	200
2	10	30	600	300
3	20	40	700	400

表 2 正交试验结果

Tab.2 Orthogonal experimental results									
试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
输送综合评分	72.070	66.736	68.194	42.220	70.208	85.625	73.541	77.847	69.236
试验号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
输送综合评分	64.374	75.902	84.583	56.180	86.597	88.541	71.527	80.833	59.583
试验号	19	20	21	22	23	24	25	26	27
输送综合评分	76.875	31.250	73.958	81.666	82.707	83.194	81.388	90.764	77.430

表 3 正交试验极差分析表

Tab.3 Sample range of orthogonal experiments										
因素	A	B	A×B	C	A×C	B×C	D	A×D	B×D	C×D
K ₁	69.52	68.22	74.06	76.43	68.87	69.47	80.01	73.92	73.92	69.88
K ₂	74.24	75.22	74.72	65.79	73.65	71.27	62.24	74.64	74.64	75.87
K ₃	75.47	75.79	70.45	77.01	76.70	78.48	76.97	70.67	70.67	73.47
极差 R	5.95	7.58	4.27	11.22	7.83	9.01	17.77	3.97	3.97	5.99

因素主次 DCBA

较优组合 A₃B₃C₂D₂

表 4 方差分析表

Tab.4 Variance of orthogonal experiments					
变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著水平
A	177.519	2	88.760	0.571	不显著
B	320.291	2	160.145	1.031	不显著
A×B	95.220	2	47.610	0.307	不显著
C	718.642	2	359.321	2.313	α=0.25
A×C	280.599	2	140.300	0.903	不显著
B×C	408.874	2	204.437	1.316	不显著
D	1625.278	2	812.639	5.232	α=0.05
A×D	80.371	2	40.185	0.259	不显著
B×D	80.371	2	40.185	0.259	不显著
C×D	163.533	2	81.766	0.526	不显著
误差 E	931.933	6	155.322		
总和	4 823.228				

2.4.1 螺旋输送机转速回归试验及结果分析

试验时,螺旋输送机叶片顶端相对切割动刀的水平距离 A 为 10 mm,螺旋输送机叶片升角 B 为 30°,上下螺旋输送机垂直距离 C 为 600 mm,螺旋输送机转速 D 在 200~400 r/min 内调整,试验结果见表 5,回归函数曲线见图 2。

回归方程为

$$Y = -0.0007x^2 + 0.4463x + 15.3093$$

由表 2~4 可知:各因素对试验指标的影响程度依次为 D>C>B>A,较优参数组合为:A₃B₃C₂D₂。

2.4 回归试验及结果分析

根据正交试验结果,首先进行螺旋输送机转速单因素回归试验,之后进行螺旋输送机叶片升角单因素回归试验。

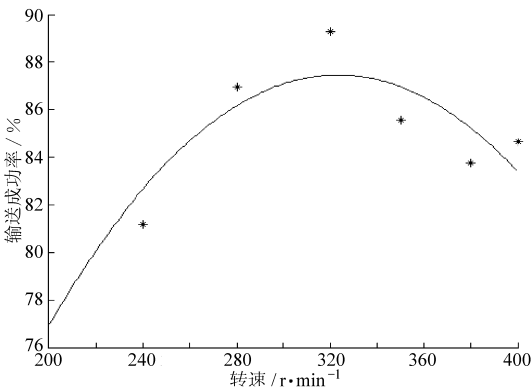


图 2 螺旋输送机转速对输送效果的影响

Fig.2 Speed effects on transporting

当 x=319 r/min 时,Y=86.45 是函数指标的极大值。

图 2 反映了输送成功率随螺旋输送机转速的变化关系。

2.4.2 上下螺旋输送机垂直距离回归试验及结果分析

试验时,螺旋输送机叶片顶端相对动刀的水平距离 A 为 10 mm,螺旋输送机叶片升角 B 为 30°,螺旋输送机转速 D 在 319 r/min,上下螺旋输送机垂直距离 C 在 500~700 mm 内调整,试验结果见表 6。

表 5 螺旋输送机转速回归试验结果
Tab.5 Regression experiments results

螺旋输送机转速/ $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	200	240	280	320	350	380	400
输送成功率/%	77.43	81.18	86.944	89.304	85.554	83.75	84.652

表 6 上下螺旋输送机垂直距离试验结果
Tab.6 Distance experiments results

C/mm	500	540	580	620	660	700
输送综合评分	78.75	81.596	85.485	90.416	83.819	77.916

回归方程

$$Y = -0.001z^2 + 1.15z - 260$$

当 $z = 575\text{ mm}$ 时, $Y = 70.6$ 是给定工况下试验指标的极大值。

图 3 反映了输送成功率随上下螺旋输送机垂直距离的变化关系。

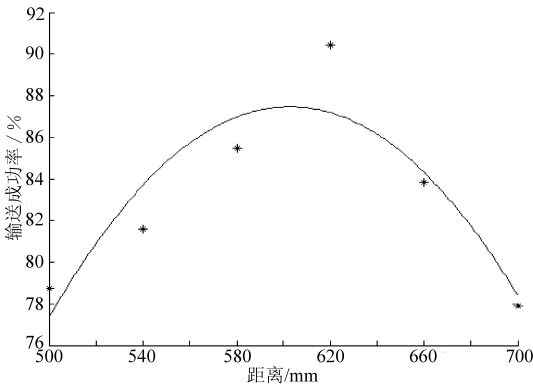


图 3 螺旋输送机距离对输送效果的影响
Fig.3 Distance effects on transporting

2.5 验证试验结果及分析

根据正交试验和回归试验,选择螺旋输送机叶

片顶端相对动刀的水平距离 A 为 10 mm ,螺旋输送机叶片升角 B 为 30° ,上下螺旋输送机垂直距离 C 为 575 mm ,螺旋输送机转速 D 为 319 r/min 进行验证试验,试验结果见表 7。可见,在按回归试验确定的最优参数下,螺旋输送机对玉米秸秆的输送成功率有比较明显的提高,该组优化参数组合可以作为输送装置进行参数设计时的参考。

表 7 验证试验结果
Tab.7 Test experiments results

试验号	1	2	3	4	5
输送综合评分	91.804	88.402	89.374	87.916	91.318

3 结论

(1) 由正交试验得出,在选定的 4 个试验因素中,对输送效果影响最大的是螺旋输送机转速,其他依次是螺旋输送机垂直距离、叶片升角和螺旋输送机叶片顶端相对动刀的水平距离。

(2) 由回归试验得出,在试验工况下,螺旋输送机最优转速为 319 r/min ,上下螺旋输送机最佳距离为 575 mm 。

(3) 验证试验表明:螺旋输送机最优转速为 319 r/min ,上下螺旋输送机最佳距离 575 mm 的适应性较好,采用双螺旋机构能够适应玉米秸秆的立姿输送要求。

参 考 文 献

1 邹岚,卓杰强,杨仁全,等. 我国玉米收获机发展前景分析[J]. 农机化研究,2008(4):205~208.
Zou Lan, Zhuo Jieqiang, Yang Renquan, et al. Analysis of development foreground of maize harvester in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(4):205~208. (in Chinese)

2 郝付平,陈志. 国内外玉米收获机械研究现状及思考[J]. 农机化研究, 2007(10): 206~208.
Hao Fuping, Chen Zhi. Actuality of domestic and foreign corn harvester[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(10): 206~208. (in Chinese)

3 王法昌,周学建,师清翔,等. 新型玉米收获机横向输送装置的参数研究[J]. 农机化研究,2010(5):152~155.
Wang Fachang, Zhou Xuejian, Shi Qingxiang, et al. Parameters study on transverse transport of new corn combine[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010(5):152~155. (in Chinese)

4 姚丽玲,刘师多,师清翔. 玉米秸秆调质装置的试验[J]. 河南科技大学学报:自然科学版,2010, 31(1):74~76.
Yao Liling, Liu Shiduo, Shi Qingxiang. Design and test on the corn stalk conditioning equipment[J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2010, 31(1):74~76. (in Chinese)

5 杨凤仪,赵雅清,张鑫磊. 玉米机械化收获探讨[J]. 现代化农业, 2007(7): 29~30.