

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.S0.039

卧辊式玉米秸秆调质装置调质功耗试验*

董欣 刘立意 李文哲 李紫辉 张影微 张鸿琼

(东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

【摘要】 为研究卧辊式玉米秸秆调质装置作业参数影响功耗的规律,利用自主研制的秸秆调质装置试验台和功率测控系统,基于电功率差值法对摘穗后玉米秸秆进行压裂、破节的连续调质正交试验,分析了调质辊工作间隙、调质辊转速及秸秆喂入速度对秸秆调质功耗的影响。结果表明:调质间隙对秸秆调质功耗影响显著;参数组合为调质间隙 2.5 mm、调质辊转速 88~95 r/min、秸秆喂入速度 3.3~4.0 km/h 时,满足秸秆调质性能和降低功耗的要求。

关键词: 玉米秸秆 调质装置 功耗 正交试验

中图分类号: S225.5⁺1; S817.12⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)S0-0198-04

Power Consumption Experiment of Corn Straw Adjusting Material Device Based on Horizontal Roller

Dong Xin Liu Liyi Li Wenzhe Li Zihui Zhang Yingwei Zhang Hongqiong

(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract

In order to research operation parameters of corn straw adjusting material device based on horizontal roller on the influence law of power consumption, a self-developed straw adjusting material test device and power measurement and control system were used to implement continuous adjusting material orthogonal test of corn straw. The influence of the adjusting material roller's working clearance, the adjusting material roller's speed of rotation and the feeding speed of straw on power consumption of the straw adjusting material was analyzed. Research showed that the adjusting material roller's working clearance significantly influenced on the power consumption. The parameters combination were the adjusting material roller's working clearance of 2.5 mm, the adjusting material roller's speed of rotation of 88~95 r/min, the feeding speed of 3.3~4.0 km/h, which met the requirements of adjusting material performance and reducing power consumption.

Key words Corn straw, Adjusting material device, Power consumption, Orthogonal experiment

引言

我国玉米秸秆生物质资源丰富,全国年产玉米秸秆 2.1 亿 t^[1-3],残留在田间的大量秸秆需要收获打捆,但收获期的玉米秸秆含水率高达 70%~80% 且挺实,不适宜直接打捆收获。目前带秸秆回收功能的玉米收获机械大都是将玉米秸秆割倒、铺放或

切碎还田,还不具备改变玉米秸秆物理及力学状态的调质功能^[4-6]。自主研制的卧辊式玉米秸秆调质装置^[7]能够对摘穗后的玉米秸秆进行破节、裂皮、压扁等调质处理,既大大加速了秸秆自然干燥过程,满足后续秸秆收集打捆的要求,又有利于我国大部分一年两作地区秸秆快速回收利用及进行下季作物的种植。

收稿日期:2012-06-30 修回日期:2012-07-21

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2009AA043602)

作者简介:董欣,教授,主要从事机械设计及理论研究,E-mail: Dongxin@neau.edu.cn

完成玉米秸秆调质处理的调质辊是功率消耗的主要部件,本文在螺旋齿辊式秸秆调质装置调质性能研究的基础上^[8],采用光辊与齿辊组合的卧辊式调质装置开展调质功耗影响因素的试验研究,旨在探究不同参数组合作业下对秸秆调质功耗的影响规律,获得满足玉米秸秆调质性能要求又降低秸秆调质功耗各因素水平的最优参数组合,以达到降低调质作业功耗的目的,为田间玉米秸秆收割调质机具的研发提供依据。

1 试验装置

试验在玉米秸秆调质装置试验台上进行,该试验台由卧辊式玉米秸秆调质装置、输送装置和测控系统等部分组成。试验时,输送装置模仿机具前进时的状态,以一定速度向秸秆调质装置纵向整株输送玉米秸秆。

1.1 调质装置结构

卧辊式玉米秸秆调质装置如图 1 所示,主要由上调质辊、下调质辊、浮动压下装置、机架、电动机底座、电动机及万向联轴器等构成。上调质辊为光面辊,下调质辊为带凸棱的直齿辊,凸棱沿纵向均布 8 个。上、下调质辊是玉米秸秆调质装置的核心部件,要求能适应茎秆直径及各部位的尺寸差异。

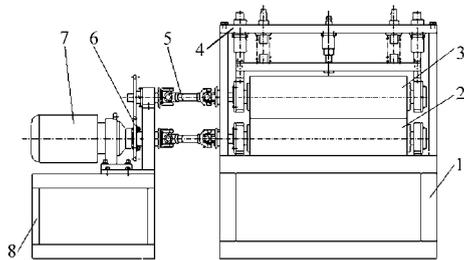


图 1 秸秆调质装置结构简图

Fig. 1 Structure sketch of adjusting material device

1. 机架 2. 下调质辊 3. 上调质辊 4. 浮动压下装置 5. 万向联轴器 6. 齿轮副 7. 电动机 8. 电动机底座

1.2 调质装置工作原理

上、下调质辊的运动由变频调速电动机控制,以满足运动部件间作业参数的最佳组合试验要求。动力经齿轮传动副和万向联轴器实现上、下调质辊的相向转动。调质作业时,秸秆由输送装置输送至调质辊的上、下辊辊缝间,上下调质辊、齿轮传动副和浮动压下装置相配合实现对玉米秸秆压扁、裂皮及破节等连续的调质作业后将秸秆抛出。

1.3 调质功耗测控系统

本测控系统利用电功率差值法间接实现对玉米秸秆调质功耗的测试。调质装置对秸秆调质作业的总电功率为调质装置无调质空载运行的总电功率与秸秆调质功率之和,即

$$P_z = P_k + P_t \quad (1)$$

秸秆调质功耗为

$$P_t = P_z - P_k \quad (2)$$

式中 P_z ——调质装置调质作业总电功率

P_k ——调质装置空载运行总电功率

P_t ——秸秆调质功耗

调质装置空载运行的总电功率 P_k 主要为变频器损耗、电动机损耗、调质装置机械损耗及其他部分损耗。该方法不受结构限制,且抗干扰能力、可靠性和通用性强。

调质功耗在线测控系统结构框图如图 2 所示,主要由交流电动机、变频调速器、电流互感器、多功能电力仪表、485-USB 转换器及上位计算机等构成,系统具有变频调速驱动和功率参数采集、在线监测、显示、记录、回放、数据分析处理及报表打印等功能;测控系统上位机软件基于 Labview 编程开发^[9]。

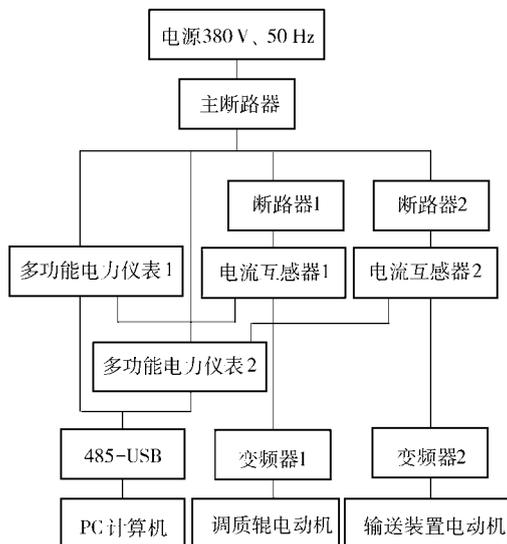


图 2 测控系统结构框图

Fig. 2 Structure sketch of testing system

秸秆调质装置及输送装置的功耗数据由测控系统多通道同时采集。调质作业时,利用多功能电力仪表提供的串行异步半双工 RS485 通信接口,采用标准 MODBUS-RTU 协议,将秸秆调质功耗电信号以固定数据格式通过 485-USB 转换器转换传送给上位机(PC 计算机),经计算机软件换算记录数据,并分别以数字和图形形式显示数据,实现对调质装置电功率的测试。

2 秸秆调质功耗正交试验

2.1 试验材料

试验材料为东北农业大学实验教学基地人工收割的不带穗的玉米秸秆,茎秆平均直径 21~24 mm,平均高度 1 950~2 450 mm,平均含水率 74.7%。

2.2 试验方案

试验因素选取秸秆喂入速度、调质辊转速以及调质辊的调质间隙,每个因素取三水平进行正交试验,试验因素水平如表1所示,A、B、C为喂入速度、调质辊转速、调质间隙的编码值,试验指标为秸秆调质功率。

表1 试验因素水平
Tab.1 Levels of test factors

水平	因素		
	喂入速度	调质辊转速	调质间隙
	$v/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	$n/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	h/mm
1	3	71	2
2	4	95	4
3	5	119	6

为了综合分析、评价各因素的优劣性,选择正交表 $L_9(3^4)$ 安排正交试验,其中安排第4列为空列。为消除误差影响,根据试验安排对每组参数组合取玉米秸秆10根进行试验,每组秸秆分5次喂入,调质功耗通过测试系统在线获得,取5次调质功耗测试结果的均值作为试验结果。分别采用极差法和方差分析法对指标进行正交分析,综合平衡法确定各因素的最佳水平^[10]。

3 试验结果与分析

3.1 调质功耗试验结果

正交试验安排以及对应的秸秆调质功耗试验结果如表2所示。

表2 正交试验结果
Tab.2 Orthogonal test results

编号	A	B	C	空列	调质功率 y_1/W
1	1	1	1	1	173.40
2	1	2	2	2	194.04
3	1	3	3	3	141.96
4	2	1	2	3	142.05
5	2	2	3	1	116.40
6	2	3	1	2	250.56
7	3	1	3	2	120.12
8	3	2	1	3	268.60
9	3	3	2	1	177.72

秸秆调质装置作业时,调质功耗为指标的正交试验极差分析与方差分析如表3、4所示。

试验结果表明,对于调质功耗,秸秆喂入速度较优水平为 A_2 ,调质辊转速较优水平为 B_1 ,调质间隙较优水平为 C_3 ,主次顺序为C、B、A。因素优化水平

组合为 $C_3B_1A_2$,即调质间隙6 mm、调质辊转速71 r/min、喂入速度4 km/h时,调质装置对秸秆调质作业的调质功耗最小。

表3 调质功耗的极差分析

Tab.3 Extreme analysis results of power

指标	A	B	C
k_1	169.80	145.19	230.85
k_2	169.67	193.01	171.27
k_3	188.81	190.08	126.16
R	19.14	47.82	104.69

表4 调质功耗的方差分析

Tab.4 Variance analysis results of power

差异源	离差平方和	自由度	均方差	F	临界值	显著性
A	727.99	2	364.00			
B	4310.79	2	2155.40	3.32	6.94	
C	16545.78	2	8272.89	12.73		**
误差	2598.52	4	649.63			
总和	23455.10	8				

3.2 试验结果分析

方差分析表明,对调质功耗影响最显著的因素是调质间隙,调质辊转速影响次之,秸秆喂入速度影响不显著。

对卧辊式秸秆调质试验装置开展的玉米秸秆调质性能试验表明,当参数组合为秸秆喂入速度为3.3~3.9 km/h,调质辊转速为88~98 r/min,调质间隙为2.5 mm时,秸秆调质处理经晾晒72 h后,秸秆含水率降到20%以下,适宜秸秆收集打捆要求。

综合分析秸秆调质性能及调质功耗的试验结果,在满足秸秆调质裂皮、破节及快速干燥调质性能要求的前提下,降低秸秆调质功耗得到秸秆调质处理因素的优水平组合为调质间隙2.5 mm,调质辊转速88~95 r/min,秸秆喂入速度3.3~4.0 km/h。

4 结论

(1) 研制的卧辊式秸秆调质装置的调质功耗测试系统,能够综合考察影响调质辊调质功耗的各种因素,对已摘穗玉米秸秆进行压裂、破节调质作业的同时实现调质功耗在线测试。

(2) 提出并采用电功率差值的方法间接实现了对玉米秸秆调质功耗测试,测试系统不受机械结构限制,数字化传输,可靠性及通用性强。

(3) 试验分析了各因素对玉米秸秆调质功耗的影响,得出在调质辊辊型一定的条件下,调质间隙对

玉米秸秆调质功耗影响最显著。在保证秸秆调质性能的前提下,卧辊式秸秆调质试验装置降低调质功耗的最优作业参数组合为:调质间隙 2.5 mm,调质辊转速 88 ~ 95 r/min,秸秆喂入速度 3.3 ~ 4.0 km/h。

参 考 文 献

- 1 贺俊林,佟金.我国玉米收获机械的现状及其发展[J].农机化研究,2006(2):29~31.
He Junlin, Tong Jin. Situation of corn-harvesting mechanization and suggestions for its developing in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(2):29~31. (in Chinese)
- 2 张强,秦涛,张红艳,等.玉米秸秆的综合开发利用[J].玉米科学,2006,14(2):168~169.
Zhang Qiang, Qin Tao, Zhang Hongyan, et al. The comprehensive development of the corn stalk[J]. Journal of Maize Sciences, 2006,14(2):168~169. (in Chinese)
- 3 张道林,孙永进,赵洪光.自走式穗茎兼收型玉米联合收获机的设计与试验[J].农业工程学报,2005,21(1):79~82.
Zhang Daolin, Sun Yongjin, Zhao Hongguang. Design and experiment of the self-propelled combine harvester for corn and stalk[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 21(1):79~82. (in Chinese)
- 4 陈志,韩增德,颜华,等.不分行玉米收获机分禾器适应性试验[J].农业机械学报,2008,39(1):50~52.
Chen Zhi, Han Zengde, Yan Hua, et al. Orthogonal validation experiment on crop divider of corn-harvester[J]. Transactions of the CSAM, 2008, 39(1):50~52. (in Chinese)
- 5 丛宏斌,李汝莘,李洪江,等.玉米收获机茎秆堆放装置设计[J].农业工程学报,2010,26(5):107~111.
Cong Hongbin, Li Ruxin, Li Hongjiang, et al. Design of stacking mechanism for corn straws on combine[J]. Transactions of the CSAE,2010,26(5):107~111. (in Chinese)
- 6 姚利玲,刘师多,师清翔,等.玉米秸秆调质装置试验[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, et al. Design and test on corn stalk conditioning equipment[J]. Journal of Henan University of Science & Technology: Natural Science, 2010,31(1):74~76. (in Chinese)
- 7 董欣,李紫辉,张鸿琼,等.双辊卧式秸秆压扁装置:中国,ZL201020576331.7[P].2011-06-29.
- 8 李文哲,董欣,王德福,等.螺旋齿辊式秸秆调质装置性能试验[J].农业机械学报,2011,42(12):143~147.
Li Wenzhe, Dong Xin, Wang Defu, et al. Performance experimental study of helix teeth-roller straw processing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(12):143~147. (in Chinese)
- 9 石博强,赵德永,李畅,等.LABVIEW6.1编程技术实用教程[M].北京:中国铁道出版社,2002.
- 10 袁志发,周静芋.试验设计与分析[M].北京:高等教育出版社,2000:292~303.

(上接第 217 页)

- 9 闫国琦,杨洲,马征.龙眼压差通风预冷装置风速控制与能耗分析[J].农业机械学报,2009,40(3):125~129.
Yan Guoqi, Yang Zhou, Ma Zheng. Air velocity control and energy analysis in forced-air pre-cooling device of longan[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(3):125~129. (in Chinese)
- 10 刘美玉,崔建云,任发政,等.鸡蛋强制通风预冷工艺研究[J].农业机械学报,2010,41(8):135~139.
Liu Meiyu, Cui Jianyun, Ren Fazheng, et al. Forced-air precooling conditions of eggs[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(8):135~139. (in Chinese)
- 11 谭晶莹,王清,安伟科.预冷库温湿度控制与热工响应试验[J].农业机械学报,2010,41(3):139~142,194.
Tan Jingying, Wang Qing, An Weike. Experiment on the control of temperature and humidity and thermal response for pre-cooling cold storage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(3):139~142,194. (in Chinese)
- 12 谭晶莹,杨昭.苹果强制通风预冷试验[J].农业机械学报,2008,39(7):95~98.
Tan Jingying, Yang Zhao. Experimental study on forced-air precooling of apples in bulk[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(7):95~98. (in Chinese)
- 13 徐晓菊.几种紊流模型比较[J].科学之友,2010(6):126~128.