

6BX-40型苕麻剥制机滚刀设计与试验*

邓剑锋 蔡超强 李加升 欧仕荣 蔡建交

(益阳职业技术学院机电工程系, 益阳 413049)

【摘要】 为合理确定6BX-40型苕麻剥制机滚刀参数,设计了9种不同参数的滚刀,进行了三因素三水平的正交试验。通过分析各参数对纤维损失率、纤维胶质含量和功率消耗3个指标的影响,得出较优的参数组合为:滚刀直径45 mm,刃齿螺旋角 4° ,刃齿前角 8° 。剥制试验表明:在滚刀切削速度1.2 m/s、麻皮输送速度0.6 m/s的条件下,纤维损失率4.3%,纤维胶质质量分数25.8%,功率消耗0.92 kW。

关键词: 苕麻剥制机 滚刀 设计 试验

中图分类号: S226.7⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)12-0089-04

Design and Experiment of 6BX-40 Ramie-stripping Machine Rotary-cutter

Deng Jianfeng Cai Chaoqiang Li Jiasheng Ou Shirong Cai Jianjiao

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Yiyang Vocational & Technical College, Yiyang 413049, China)

Abstract

Nine kinds of rotary-cutter with different parameters were designed. The cross experiment of three factors on three levels was made in order to find out the most reasonable parameters of rotary-cutter on 6BX-40 ramie-stripping machine. Through analyzing the parameters influence on three indices—the loss rate of fiber, glue content in fiber and power consumption, a better parameter group was found out: the rotary-cutter diameter was 45 mm, blade teeth helix angle was 4° , blade teeth front angle was 8° . The stripping experiment showed that the loss rate of fiber was 4.3%, glue content in fiber was 25.8%, power consumption was 0.92 kW, when the rotary-cutter cutting speed was 1.2 m/s, bark transportation speed was 0.6 m/s.

Key words Ramie-stripping machine, Rotary-cutter, Design, Experiment

引言

滚刀是6BX-40型旋切式苕麻剥制机的关键部件,其直径、刃齿螺旋角、刃齿前角直接影响苕麻剥制质量和功率消耗。为合理确定滚刀参数,本文设计9种滚刀,在6BX-40型苕麻剥制机上进行三因素三水平的正交试验^[1],分别测定滚刀3个参数对剥制质量和功率消耗的影响。以试验数据为依据,从中选择综合指标较优的一种滚刀,并对其参数进行优化,使苕麻剥制机以较低的功率消耗获得较好的剥制质量。

1 滚刀切削机构及参数对剥制的影响

1.1 滚刀切削机构原理

6BX-40型苕麻剥制机滚刀切削原理如图1所示。麻皮以 v_s 的线速度进入圆柱滚刀与刮板之间的间隙,周边均匀分布刃齿的滚刀以线速度 v 高速旋转,且 $v > v_s$,当麻皮进入滚刀与刮板的间隙后,滚刀刃齿以 $v_f = v - v_s$ 的相对速度在刮板的共同作用下对处于张紧状态的麻皮进行剪切、挤压,分离麻壳并挤出纤维胶质和水分,麻壳随高速旋转的滚刀抛出^[2]。若滚刀刃齿在刮板包角 β 范围内顺利剥离齿间角 θ 内的麻壳,则

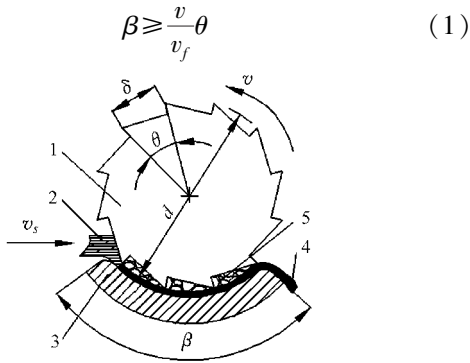


图1 滚刀切削原理图

Fig.1 Stripping principle of rotary-cutter

1. 滚刀 2. 麻皮 3. 刮板 4. 纤维 5. 麻壳

设 δ 为滚刀加工工艺能保证的最小齿间弦距, 则

$$\theta = \arccos \left(1 - \frac{2\delta^2}{d^2} \right) \quad (2)$$

将式(2)代入式(1)得

$$\beta \geq \frac{v}{v_f} \arccos \left(1 - \frac{2\delta^2}{d^2} \right) \quad (3)$$

式中 d ——滚刀直径

根据 6BX-40 型苕麻剥制机输送机构设计参数及苕麻剥制试验数据, $v_s = 0.6 \text{ m/s}$, $v = 1.2 \text{ m/s}$, 考虑切削重叠量、麻皮厚度变化等因素, 取 $\beta = 3\theta$, 则

$$\beta = 3\arccos \left(1 - \frac{2\delta^2}{d^2} \right) \quad (4)$$

1.2 滚刀参数对剥制质量和功耗的影响

滚刀参数如图 2 所示, 滚刀直径 d 、刃齿螺旋角 ω 、刃齿前角 λ 对剥制质量及功率消耗的影响如下:

(1) 滚刀直径 d

由式(4)可知, 滚刀直径 d 越大, 刮板包角 β 越小, 切削路径比较平坦, 麻壳杂屑容易抛出, 但滚刀转动惯量大, 功率消耗大; 滚刀直径越小, 转动惯量越小, 功率消耗小, 但刮板包角 β 大, 麻壳杂屑难以抛出^[3]。

(2) 刃齿螺旋角 ω

刃齿从接触麻皮到剥制完毕的过程中, 切削方式和切削力是变化的^[2]。刃齿螺旋角 ω 越小甚至为零, 则切茬偏角越小, 纤维表面质量越好, 但切削力变化大、功率消耗不均匀、切削不平稳、振动大; 螺旋角 ω 越大, 切削力变化越小, 功率消耗均匀、切削平稳、振动小, 但切茬不齐整, 纤维表面质量较差^[3-4]。

(3) 刃齿前角 λ

由切削原理可知, 刃齿前角 λ 越大, 剥制效果越好, 纤维胶质质量分数和纤维含杂率低, 纤维质量好, 且切削力小, 功率消耗低, 但纤维损失率高; 刃齿

前角 λ 越小, 纤维损失率越低, 但剥制效果差, 纤维胶质含量和纤维含杂率高, 且切削力大, 功率消耗高^[3-4]。

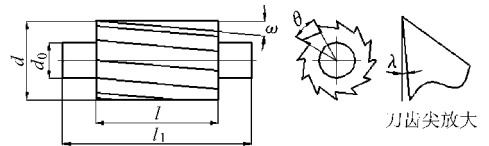


图2 滚刀参数

Fig.2 Parameters of rotary-cutter

综上所述, 滚刀直径 d 、刃齿螺旋角 ω 、刃齿前角 λ 对纤维胶质含量、纤维含杂率、纤维损失率、功率消耗等剥制指标均有不同程度的影响, 必须进行正交试验, 选择最佳参数组合, 以获得较好的综合指标。

2 试验方案

2.1 试验因素及水平

根据上述分析结果, 滚刀直径 d 、刃齿螺旋角 ω 、刃齿前角 λ 对剥制品质及功率消耗均产生不同程度的影响, 结合 6BX-40 型苕麻剥制机整体结构, 试验因素与水平如表 1 所示。

表1 试验因素及水平

Tab.1 Factors and levels of test

水平	因素		
	滚刀直径 d/mm	刃齿螺旋角 $\omega/(\circ)$	刃齿前角 $\lambda/(\circ)$
1	30	1	2
2	45	4	8
3	60	7	14

2.2 试验指标

根据国家及相关行业标准 (GB/T 5881—1986), 苕麻剥制品质的主要指标如下: 纤维胶质质量分数 $\zeta \leq 27\%$; 纤维损失率 $\eta \leq 5\%$ ^[5]。据此, 确定试验指标为纤维损失率 η 、纤维胶质质量分数 ζ 、功率消耗 P 。

2.3 试验方法

(1) 根据正交试验设计共进行 9 次试验, 如表 2 所示。在滚刀总长 l_1 、刃齿长 l 及轴颈 d_0 不变的前提下设计制造 9 个滚刀并进行编号 ($N = 1 \sim 9$), 按顺序装配到 6BX-40 型苕麻剥制整机上, 分别测定上述试验指标。

(2) 为了消除麻皮宽度、厚度及偶然因素对试验数据的影响, 采集茎粗 $(10 \pm 1) \text{ mm}$ 的麻株样本若干, 以每组 10 株分成 9 组并按组别和株号进行编号 (组别号 $n = 1 \sim 9$, 株号 $i = 1 \sim 10$), 从每组麻株上剥离麻皮并浸泡, 将第 n 组麻皮按株号顺序先

表 2 参数组合表

Tab. 2 Combinations of the parameters

组合号	d/mm	$\omega/(^\circ)$	$\lambda/(^\circ)$
1	30(1)	1(1)	2(1)
2	30(1)	4(2)	14(3)
3	30(1)	7(3)	8(2)
4	45(2)	1(1)	14(3)
5	45(2)	4(2)	8(2)
6	45(2)	7(3)	2(1)
7	60(3)	1(1)	8(2)
8	60(3)	4(2)	2(1)
9	60(3)	7(3)	14(3)

后放到装有相同序号滚刀的 6BX-40 型苧麻剥制机上进行剥制(每次剥制 2 片), 收集每组麻皮所收获的纤维及损失的纤维, 将其凉干, 用天平分别测定二者的总质量并作记录; 用化学方法除去每组麻皮所收获纤维的胶质并凉干, 用天平测定其总质量并记录。用以下公式计算并得出每组麻皮的纤维损失率和纤维胶质质量分数

$$\eta_n = \frac{m_{n2}}{m_{n1} + m_{n2}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\zeta_n = \frac{m_{n1} - Q_n}{m_{n1}} \times 100\% \quad (6)$$

式中 η_n ——第 n 组麻皮的纤维损失率
 ζ_n ——第 n 组麻皮的纤维胶质质量分数
 m_{n1} ——第 n 组麻皮收获纤维的凉干质量

m_{n2} ——第 n 组麻皮损失纤维的凉干质量

Q_n ——第 n 组麻皮收获纤维去除胶质的凉干质量

(3) 按株号顺序剥制每组麻皮时, 使用 MS2201 型单相数字功率表测量每株麻皮(2 片)所消耗的功率, 按以下公式计算并得出每组麻皮的功率消耗

$$P_n = \frac{\sum_{i=1}^{10} P_{ni}}{10} \quad (7)$$

式中 P_n ——第 n 组麻皮的平均整机消耗功率

P_{ni} ——第 n 组 i 株麻皮整机消耗功率

(4) 6BX-40 型苧麻剥制机由单相交流电动机驱动, 功率 1.1 kW, 转速 2 800 r/min。试验过程中, 根据滚刀直径 d 的变化调整传动比, 确保滚刀切削速度 $v = 1.2$ m/s、麻皮输送速度 $v_s = 0.6$ m/s 不变。

3 试验结果与分析

试验结果如图 3 所示。由图可知, 三因素对试验指标影响大小顺序依次为 λ 、 ω 、 d 。对 3 个试验指标分别进行计算分析, 得出 3 个不同的参数组合: 纤维损失率 η 为 $d_1\omega_3\lambda_1$, 纤维胶质质量分数 ζ 为 $d_2\omega_1\lambda_3$, 功率消耗 P 为 $d_1\omega_3\lambda_1$ 。综合分析, 得出合理参数如下:

(1) 对于纤维损失率 η 、纤维胶质质量分数 ζ , 滚刀直径 d 是影响最小的因素; 对于功率消耗 P , 滚

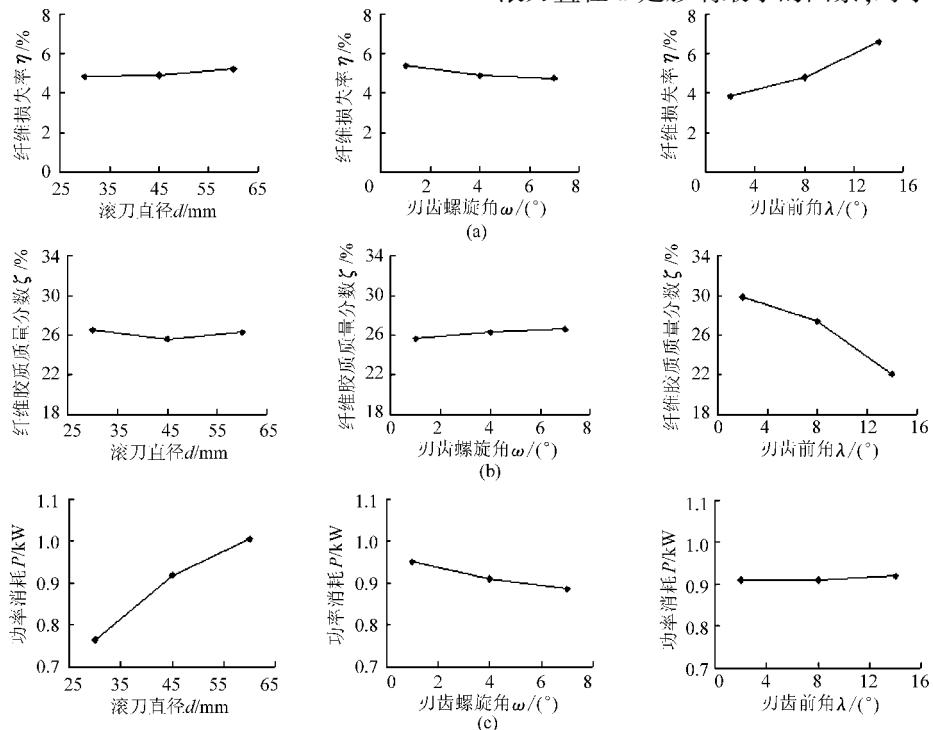


图 3 三因素与试验指标的关系曲线

Fig. 3 Relation curves between factors and indices

(a) 纤维损失率 (b) 纤维胶质质量分数 (c) 功率消耗

刀直径 d 是影响最大的因素。考虑滚刀直径对包角 β 及刃齿切削条件的影响,取滚刀直径 $d = 45$ mm。

(2) 对于 3 个指标,刃齿螺旋角 ω 影响较小。对于纤维损失率 η 、功率消耗 P ,刃齿螺旋角 $\omega = 7^\circ$ 最好;对于纤维胶质质量分数 ζ ,刃齿螺旋角 $\omega = 1^\circ$ 最好。综合考虑,取刃齿螺旋角 $\omega = 4^\circ$ 。

(3) 对于纤维损失率 η 、纤维胶质质量分数 ζ ,刃齿前角 λ 是影响最大的因素;对于功率消耗 P ,刃齿前角 λ 是影响最小的因素。对纤维损失率 η 来说,刃齿前角 $\lambda = 2^\circ$ 最好, $\lambda = 8^\circ$ 次之;对纤维胶质质量分数 ζ 来说,刃齿前角 $\lambda = 14^\circ$ 最好, $\lambda = 8^\circ$ 次之。对纤维损失率 η 、纤维胶质质量分数 ζ 综合考虑,取 $\lambda = 8^\circ$ 为好。

通过各因素对各指标影响的综合分析,得出较优参数组合为 $d_2\omega_2\lambda_2$,即滚刀直径 $d = 45$ mm,刃齿螺旋角 $\omega = 4^\circ$,刃齿前角 $\lambda = 8^\circ$ 。剥制试验表明:该参数组合在滚刀切削速度 1.2 m/s、麻皮输送速度 0.6 m/s 的条件下,纤维损失率为 4.3%,纤维胶质

质量分数为 25.8%,功率消耗为 0.92 kW。

4 结论

(1) 根据 6BX-40 型苕麻剥制机切削机构原理分析了滚刀直径 d 、刃齿螺旋角 ω 及刃齿前角 λ 三参数对纤维损失率 η 、纤维胶质含量 ζ 及功率消耗 P 的影响。在滚刀总长 l_1 、刃齿长 l 及轴颈 d_0 不变的前提下制造 9 个滚刀,对纤维损失率 η 、纤维胶质含量 ζ 及功率消耗 P 进行了正交试验。

(2) 剥制试验表明:三因素对指标影响大小依次为刃齿前角 λ 、刃齿螺旋角 ω 、滚刀直径 d 。因此,通过各因素对各指标影响的综合分析,提出较优的参数组合为:滚刀直径 $d = 45$ mm,刃齿螺旋角 $\omega = 4^\circ$,刃齿前角 $\lambda = 8^\circ$;该参数组合在滚刀切削速度 1.2 m/s、麻皮输送速度 0.6 m/s 的条件下,纤维损失率为 4.3%,纤维胶质质量分数为 25.8%,功率消耗为 0.92 kW。

参 考 文 献

- 孙茸茸,李问盈,李洪文. 垄作玉米免耕播种机破茬装置设计与实验[J]. 农业机械学报,2008,39(8):48~53.
Sun Rongrong, Li Wenying, Li Hongwen. Design and experiment on power driven rootstalk cutting mechanism of ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2008,39(8):48~53. (in Chinese)
- 邓剑锋,阳尧端. 6BX-40 型苕麻剥制机设计[J]. 农业机械学报,2009,40(7):98~102.
Deng Jianfeng, Yang Yaoduan. Design of 6BX-40 ramie-stripping machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(7):98~102. (in Chinese)
- 西北工业大学. 机械设计[M]. 西安:人民教育出版社,1979.
- 吕江南,龙超海,何宏彬. 苕麻纤维初加工机械的研究现状与发展[J]. 农业机械学报,2000,31(1):124~126.
Lü Jiangnan, Long Chaohai, He Hongbin. Present situation and prospects of early-stage processing machinery of ramie[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2000,31(1):124~126. (in Chinese)
- 阳尧端,邓剑锋. 苕麻机械剥制试验与工艺参数优化[J]. 农业工程学报,2009,25(8):93~98.
Yang Yaoduan, Deng Jianfeng. Experiment on ramie peeling machine and process parameters optimization[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2009,25(8):93~98. (in Chinese)
- 苏工兵,刘俭英,王树才,等. 苕麻茎秆木质部力学性能试验[J]. 农业机械学报,2007,38(5):62~65.
Su Gongbing, Liu Jianying, Wang Shucai, et al. Study on mechanical properties of xylem of ramie stalk[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007,38(5):62~65. (in Chinese)
- 邓剑锋,阳尧端. 苕麻生产工艺及剥制机械的研制[J]. 农业机械,2009(3B):87~91.
Deng Jianfeng, Yang Yaoduan. Ramie production processes and the development of stripping mechanical[J]. Farm Machinery,2009(3B):87~91. (in Chinese)
- 罗中钦,崔国贤,杨艳春,等. 苕麻纤维机械物理性能的主成分及聚类分析[J]. 纺织学报,2006,27(4):22~24.
Luo Zhongqin, Cui Guoxian, Yang Yanchun, et al. Analysis about mechanical physics properties of raime fiber and cluster [J]. Journal of Textile Research, 2006,27(4):22~24. (in Chinese)
- 杨木林. 苕麻的栽培与加工[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.
- 邓剑锋. 苕麻收获机械化现状及产业需求[J]. 农业装备技术,2008,34(4):6~8.
Deng Jianfeng. The situation of ramie harvest mechanization and the industrial demand[J]. Agricultural Equipment and Technology,2008,34(4):6~8. (in Chinese)

- 2 韩文霆,吴普特,冯浩,等. 非圆形喷洒变量施水精确灌溉喷头综述[J]. 农业机械学报,2004,35(5):220~224.
Han Wenting, Wu Pute, Feng Hao, et al. Variable-rate sprinklers for precision irrigation on irregular boundary area[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(5):220~224. (in Chinese)
- 3 Liu Junping, Yuan Shouqi, Li Hong, et al. Method for achieving irregular boundary area for complete fluidic sprinkler[C]// Proceedings of the 2nd IFIP International Conference on Computer & Computing Technologies in Agriculture, 2008, 2:901~908.
- 4 King B A, Wall R W, Kincaid D C, et al. Field testing of a variable rate sprinkler and control system for site-specific water and nutrient application[J]. Transactions of the ASAE, 2005, 21(5):847~853.
- 5 汤跃,朱兴业,郑颖. 涡轮式旋转喷头实现变域喷洒的仿真试验[J]. 中国农村水利水电, 2009(8):4~7.
Tang Yue, Zhu Xingye, Zheng Ying. Simulated experiment of the turbo-type whirling sprinkler for achieving variable rate irrigation[J]. China Rural Water and Hydropower, 2009(8):4~7. (in Chinese)
- 6 Zhu Xingye, Yuan Shouqi, Liu Junping, et al. Strategy of energy-saving for variable-rate irrigation sprinkler[C]// Proceedings of the 2009 International Conference on Engineering Computation (ICEC 2009), Hongkong, China, 2009: 29~32.
- 7 汤跃,尚亚波,吴徐,等. 变频调速恒压与变压供水的能耗分析[J]. 排灌机械, 2007, 25(1):45~49.
Tang Yue, Shang Yabo, Wu Xu, et al. Energy consumption analysis on constant-pressure variable-frequency water supply and variable-pressure variable-frequency water supply [J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2007, 25(1): 45~49. (in Chinese)
- 8 王琦,刘书明,陈晋端,等. 基于EPANET的供水系统中变频变压供水方式的模拟[J]. 给水排水, 2009, 35(增刊2): 350~353.
Wang Qi, Liu Shuming, Chen Jinduan, et al. EPANET based simulation on variable pressure mode with VFPs in water supply system[J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 35(Supp. 2):350~353. (in Chinese)
- 9 Camp C R, Sadler E J, Evans D E. Variable-rate, digitally controlled metering device[J]. Transactions of the ASAE, 2000, 16(1):39~44.
- 10 汤跃,秦武轩,袁寿其. 基于变工况运行的泵能耗指标计算方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(3):46~49.
Tang Yue, Qin Wuxuan, Yuan Shouqi. Method to calculate the energy consumption index of pump operation under variable working conditions[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(3):46~49. (in Chinese)
- 11 许燕飞. 工业循环水泵站的能耗测评及优化运行研究[D]. 镇江:江苏大学, 2010.
Xu Yanfei. Research on energy consumption evaluation and optimal scheduling of the industrial circulating pump station[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2010. (in Chinese)
- 12 Nourbakhsh A, Jaumotte A B. Turbo pumps and pumping systems[M]. London: Springer, 2007.
- 13 朱兴业,袁寿其,向清江,等. 旋转式射流喷头设计与性能正交试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(7):76~79.
Zhu Xingye, Yuan Shouqi, Xiang Qingjiang, et al. Orthogonal experiment on design and performance of a rotational jet sprinkler[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(7):76~79. (in Chinese)

(上接第92页)

- 11 Annia García Pereira, Antihus Hernández Gómez, 何勇. 农产品物理特性的检测与应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2003, 18(5):7~11.
Annia García Pereira, Antihus Hernández Gómez, He Yong. Advances in measurement and application of physical properties of agricultural products [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 18(5):7~11. (in Chinese)
- 12 吴宗泽. 机械设计手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2002.
- 13 Conto S M, Silvín M A, Regazzi A J. An electrical conductivity method suitable for quantitative mechanical damage evaluation[J]. Transactions of the ASAE, 1998, 41(2):421~426.
- 14 Allison R V, Boots V A. A three-way look at the mechanical harvesting of two long-fiber crops, ramie and kenaf[J]. Soil and Crop Science of Florida, 2006, 30(3):100~112.
- 15 O'Dogherty M J, Huber J A, Dyson J, et al. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw[J]. J. Agric. Engng. Res., 1995, 62(62):133~142.