

切纵流联合收获机田间小麦收获最优路径与速度试验*

唐 忠 李耀明 李洪昌 徐立章 庞 靖

(江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室, 镇江 212013)

【摘要】 为研究切纵流联合收获机田间小麦收获时的最优行走路径和最佳前进速度,分析了割台宽度为4.75 m的切纵流联合收获机在田间收获小麦时的3种典型路径,并从收获拐弯换向耗时最小的角度进行了理论推导,在田间进行前进速度与籽粒总损失速率之间的试验并建立数学模型,在室内依据等效喂入量进行前进速度与脱粒分离总功耗之间的试验并建立数学模型,得出最佳前进速度的数学模型。结果表明,切纵流联合收获机在田间应采用回转式收获路径,当前进速度为小于等于1.0 m/s时,等效喂入量为小于等于7.79 kg/s,籽粒总损失速率为小于等于19.33 g/s,籽粒总损失率为小于等于0.609%,切纵流脱粒分离部分总功耗为小于等于83.94 kW。

关键词: 联合收获机 切流滚筒 纵轴流滚筒 行走路径 前进速度

中图分类号: S225.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0133-05

Optimal Path and Travel Speed of Tangential-axial Combine Harvester for Wheat

Tang Zhong Li Yaoming Li Hongchang Xu Lizhang Pang Jing

(Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

In research of the optimal walking path and best travel speed of the tangential-axial combine harvester in the field wheat threshing and separating, three typical walking paths of tangential-axial combine harvester which header width was 4.75 m were analyzed. It also derived from the point of the minimum consumption of time when combine harvester turned direction at the end of the field. Experiments of the relationship between grain loss rate and the travel speed were conducted, and the mathematical model was established. So were experiments of the relationship between threshing-separating consumption power and the travel speed, and the mathematical model. Based on these experiments and mathematic model, the best travel speed formula was derived. It turned out that rotary walking path should be used to harvest the wheat by the tangential-axial combine harvester. When the harvesting travel speed was less than 1.0 m/s, the equivalent feed rate was less than 7.79 kg/s, the total grain loss rate was less than 19.33 g/s (that was 0.609%), and the total power consumption of the threshing-separating equipment was less than 83.94 kW.

Key words Combine harvester, Tangential drum, Longitudinal-axial drum, Walking path, Travel speed

引言

切纵流联合收获机具有喂入量大、适应性强、高

效和高性能作业的特点,能用于水稻、小麦、油菜及大豆等多种作物的收获^[1-2]。切纵流联合收获机在田间收获时,选择正确的行走路径和前进速度是减

收稿日期: 2011-08-15 修回日期: 2011-09-01

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2010AA101402)、江苏省科技支撑计划资助项目(BE2011333)、江苏省研究生创新基金资助项目(CXZZ11_0549)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8号)和江苏省农业装备与智能化高新技术研究重点实验室资助项目(BM2009703)

作者简介: 唐忠,博士生,主要从事现代农业机械设计 & 理论研究, E-mail: tangweizhong0427@163.com

通讯作者: 李耀明,教授,博士生导师,主要从事现代农业机械设计 & 理论研究, E-mail: ymli@ujs.edu.cn

少拐弯换向、过埂和提高生产率的关键。当联合收获机收获路径按曲线行驶时,分禾器易将未割作物压倒,增加收割难度;当联合收获机在田间拐弯时,由于受到空间和田埂的限制则拐弯难度大,耗时长,易将作物压倒。因此,联合收获机作业时应按直线行走,降低驾驶员的操作复杂度,提高收获的稳定性,减少拐弯、过埂的耗时、耗油,提高收获效率。

国外相关学者对切纵流联合收获机进行了较为深入的理论研究^[3~7],国内部分学者也对切流滚筒和纵轴流滚筒进行了室内脱粒理论与试验研究^[8~11];但关于切纵流联合收获机田间最优收获路径和最佳前进速度的研究甚少,仍未见相关报道。

本文对割幅为 4.75 m 的切纵流联合收获机在田间收获小麦时的 3 种典型路径进行分析,得出拐弯换向耗时、耗油最小的行走路径;在田间进行前进速度与籽粒总损失速率之间的试验并建立数学模型,在室内依据等效喂入量进行前进速度与切纵流脱粒分离总功耗之间的试验并建立数学模型,得出最佳前进速度的数学模型。

1 切纵流联合收获机

1.1 工作原理

切纵流联合收获机主要由割台、倾斜输送槽、切流滚筒、喂入轮、纵轴流滚筒、风扇、振动筛及底盘等组成。

切纵流联合收获机在收获作物时,切割器首先将作物割下,由倾斜输送槽的输送链耙将作物喂入到切流滚筒进行初脱分离,然后再经喂入轮将作物喂入到纵轴流滚筒进行复脱分离,茎秆从纵轴流滚筒尾部的排草口排出,籽粒、短茎秆及杂余等脱出混合物经凹板筛落入抖动板,再进入清选系统进行清选,并将清洁籽粒输送到粮箱。

1.2 切纵流脱粒分离装置参数

切纵流联合收获机上切流滚筒外径为 590 mm,滚筒长度为 1 025 mm;脱粒元件采用刀型齿^[12],刀型齿高为 70 mm,厚度为 4 mm,与切流滚筒配套的栅格凹板筛上也装有刀型齿,刀型齿栅格凹板筛包角为 80°,入口脱粒间隙为 35 mm,出口脱粒间隙为 25 mm;田间试验时切流滚筒线速度为 21.66 m/s;切流滚筒凹版筛上布置 3 行刀型齿,齿间距为 55 mm,凹板筛上的刀型齿必须位于切流滚筒上相邻两刀型齿迹中央,相邻两排刀型齿相互错开排列;刀型齿脱粒元件在切流滚筒上的排列方式为四头螺旋,齿间距为 55 mm。试验台上的纵轴流滚筒外径为 500 mm,总长为 3 350 mm,脱粒间隙为 20 mm,采用栅格凹板筛,凹板包角 180°,脱粒元件采用梯形板齿^[12],梯形

板齿上底为 30 mm,下底为 50 mm,高为 100 mm,厚为 10~25 mm;在纵轴流滚筒圆周上沿轴线方向均匀布置 4 列脱粒元件,田间试验时纵轴流滚筒线速度为 19.63 m/s;纵轴流滚筒前端布置有长度为 170 mm 的螺旋叶片,在中部 2 700 mm 范围内布置有梯形板齿,末端布置有长度为 480 mm 的排草板。

1.3 田间试验物料

试验物料为镇麦 168(产量高,抗倒伏,高面筋量),籽粒平均千粒质量为 41 g,小麦平均自然高度为 925 mm,平均穗长为 68 mm,平均草谷比为 1.59,籽粒平均含水率为 14.72%,茎秆平均含水率为 44.56%,每次试验进行 3 次取平均值。

2 切纵流联合收获机田间行走路径

2.1 行走路径

切纵流联合收获机在田间收获时主要有回转式路径、折叠式路径和转角式路径 3 种收获方式,如图 1 所示。

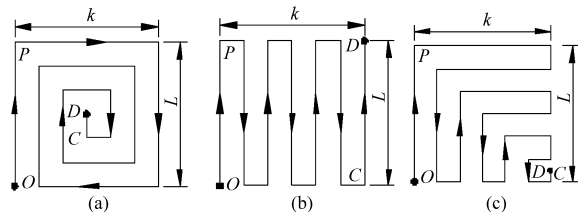


图 1 切纵流联合收获机田间行走路径

Fig. 1 Walking path of tangential-axial combine harvester in field

(a) 回转式路径 (b) 折叠式路径 (c) 转角式路径

由图 1a 可见,回转式路径收获时,切纵流联合收获机绕田块四周行走一周再回到起点方向(定义为一个收获周期),每个收获周期内需要拐 4 次 90°弯。折叠式路径收获方法是切纵流联合收获机从田块一端收获,收获完两条边后转弯换向回到起点方向(定义为一个收获周期),折叠式路径每个收获周期内需要拐 2 次 180°弯,如图 1b 所示。转角式收获时,切纵流联合收获机从田块相邻两边收获,收获完相邻两边再回到起点方向(定义为一个收获周期),转角式路径每个收获周期内需要拐 2 次 90°弯和 2 次 180°弯,如图 1c 所示。

2.2 最优行走路径

设切纵流联合收获机收获起点为 O ,收获终点为 D ,田块长为 L ,宽为 $k(k \leq L)$,前进速度为 v_m ,割台宽度 $a = 4.75 \text{ m}$ ($a \ll k$,即割台宽度远小于田块宽度),拐 90°弯需耗时为 t_0 ,拐 180°弯需耗时为 t_1 , ($t_1 = \xi t_0$)。在同一田块中由于收获总面积相同,采用满割幅收获在相同收获速度下,收获作物时长相同且与收获路径无关,但收获中的拐弯方式和拐弯

次数不同;收获作物的时长为

$$t_s = \frac{kL}{av_m} \quad (1)$$

(1) 回转式行走路径

切纵流联合收获机采用回转式路径收获时,从起点 O 围绕田块转一周回到起点,在一个收获周期内需要拐 4 次 90° 弯;由于 $k \leq L$,则 $k/a \leq L/a$ 。

① 当 $\langle k/a \rangle$ 为奇数时($\langle k/a \rangle$ 表示上舍入取整数,即 k/a 非整除时取比该值大的最接近的整数),收获结束行 CD 与起始行 OP 同向平行,则拐弯次数为 $N_a = 2 \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle$,拐弯耗时为

$$t_a = 2 \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle t_0 \quad (2)$$

② 当 $\langle k/a \rangle$ 为偶数时,收获结束行 CD 与起始行 OP 反向平行,则拐弯次数为 $N_a = 4 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) + 1$,拐弯耗时为

$$t_a = 4 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) t_0 + t_1 \quad (3)$$

(2) 折叠式行走路径

切纵流联合收获机采用折叠式路径收获时,从起点 O 开始收获,在一个收获周期内需要拐 2 次 180° 弯,由于 $k/a \leq L/a$,则:

① 当 $\langle k/a \rangle$ 为奇数时,此时收获结束行 CD 与起始行 OP 同向平行,拐弯次数为 $N_b = \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle$,拐弯耗时为

$$t_b = \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle t_1 \quad (4)$$

② 当 $\langle k/a \rangle$ 为偶数时,此时收获结束行 CD 与起始行 OP 反向平行,则拐弯次数为 $N_b = 2 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) + 1$,拐弯耗时为

$$t_b = 2 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) t_1 + t_1 \quad (5)$$

(3) 转角式行走路径

切纵流联合收获机采用转角式路径收获时,从起点 O 开始收获,在一个收获周期内需要拐 2 次 90° 弯和 2 次 180° 弯;由于 $k/a \leq L/a$,则

① 当 $\langle k/a \rangle$ 为奇数时,此时收获结束行 CD 与起始行 OP 同向平行,则拐弯次数为 $N_c = 2 \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle$,拐弯耗时为

$$t_c = \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle (t_0 + t_1) \quad (6)$$

② 当 $\langle k/a \rangle$ 为偶数时,此时收获结束行 CD 与起

始行 OP 反向平行,则拐弯次数为 $N_c = 4 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) + 1$,拐弯耗时为

$$t_c = 2 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) (t_0 + t_1) + t_1 \quad (7)$$

由于 $t_1 = \xi t_0$,当 $\langle k/a \rangle$ 为奇数时,式(2)可变为

$$t_a = 2 \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle t_0 \quad (8)$$

式(4)可变为

$$t_b = \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle \xi t_0 \quad (9)$$

式(6)可变为

$$t_c = \langle \frac{k}{a} - 1 \rangle (1 + \xi) t_0 \quad (10)$$

由式(8)、(9)和(10)比较可知,当 $0 < \xi \leq 1$ 时, $t_b < t_c \leq t_a$;当 $1 < \xi \leq 2$ 时, $t_b \leq t_a < t_c$;当 $\xi > 2$ 时, $t_a < t_b < t_c$ 。

由于 $t_1 = \xi t_0$,当 $\langle k/a \rangle$ 为偶数时,式(3)可变为

$$t_a = 4 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) t_0 + \xi t_0 \quad (11)$$

式(5)可变为

$$t_b = 2 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) \xi t_0 + \xi t_0 \quad (12)$$

式(7)可变为

$$t_c = 2 \left(\frac{1}{2} \langle \frac{k}{a} \rangle - 1 \right) (1 + \xi) t_0 + \xi t_0 \quad (13)$$

由式(11)、(12)和(13)比较可知,当 $0 < \xi \leq 1$ 时, $t_b < t_c \leq t_a$;当 $1 < \xi \leq 2$ 时, $t_b \leq t_a < t_c$;当 $\xi > 2$ 时, $t_a < t_b < t_c$ 。

综上所述,当 $0 < \xi \leq 2$ 时, t_b 最小,即采用折叠式路径收获时拐弯耗时最小;当 $\xi > 2$ 时, t_a 最小,即采用回转式路径收获时拐弯耗时最小。由于切纵流联合收获机割台宽度为 $a = 4.75$ m,拐 180° 弯耗时 t_1 约为拐 90° 弯耗时 t_0 的 4 ~ 6 倍,即 $\xi = 4 \sim 6$,因此切纵流联合收获机在田间收获时,应采用回转式行走路径收获,可减少拐弯时的时间和油耗,减少驾驶员的操作强度,同时可以增加收获的稳定性 and 提高收获效率。

3 切纵流联合收获机田间收获试验

3.1 田间收获速度

切纵流联合收获机田间收获时,在不超过最大允许损失量的前提下,应具有稳定的最高前进速度,切纵流联合收获机在田间前进速度 v_m 与喂入量 q_s 之间的关系为^[13]

$$q_s = av_m Q_s \tag{14}$$

式中 q_s ——喂入量,kg/s
 Q_s ——田间作物的生长密度,kg/m²

在田间取 3 个点,每个点的面积为 1 m²,测定小麦的籽粒质量、茎秆质量,计算出谷草比和小麦的喂入密度,结果如表 1 所示。

表 1 单位面积小麦产量
Tab.1 Wheat yield results per unit area

序号	籽粒质量 /g	茎秆质量 /g	谷草比	喂入密度 /kg·m ⁻²
1	655.68	964.23	1.47	1.6199
2	664.16	986.13	1.48	1.6503
3	678.28	960.95	1.42	1.6392

试验时,在切纵流联合收获机尾部卷 50 m 长的油布,收获时油布随切纵流联合收获机前进而展开,脱粒分离后的物料落在油布上,利用切纵流联合收获机前进速度和测出在油布上单位距离的籽粒损失质量,计算出籽粒的夹带损失速率和籽粒未脱净损失速率,结果如表 2 所示。

表 2 单位时间内籽粒损失速率
Tab.2 Grain loss rate per unit time

序号	前进 速度 /m·s ⁻¹	作物 喂入量 /kg·s ⁻¹	夹带损 失速率 /g·s ⁻¹	未脱净 损失速率 /g·s ⁻¹	籽粒总 损失率 /%
1	0.40	3.116	0.002	0	0
2	0.50	3.895	0.048	0	0.003
3	0.60	4.674	0.291	0.008	0.016
4	0.70	5.453	1.900	0.234	0.096
5	0.80	6.232	3.369	0.547	0.154
6	0.90	7.011	8.793	1.563	0.363
7	1.00	7.790	16.093	3.237	0.609
8	1.10	8.568	30.130	8.819	1.113

由表 2 可知,当切纵流联合收获机前进速度 $v_m = 1.1$ m/s 时,等效喂入量为 8.568 kg/s,收获机脱粒分离效果差,未脱净损失速率为 8.819 g/s,夹带损失速率为 30.130 g/s,此时的籽粒总损失速率为 1.113%,籽粒损失过大且切纵流联合收获机的脱粒分离负担过重,收获稳定性差,常出现堵塞现象;当前进速率 $v_m = 1.0$ m/s 时,等效喂入量为 7.790 kg/s,未脱净损失速度为 3.237 g/s,夹带损失速率为 16.093 g/s,籽粒总损失率为 0.609%,利用表 2 结果得出籽粒总损失速率与前进速度之间的关系,结果如图 2 所示。

利用 DPS 拟合出籽粒总损失速率 L_s (包括未脱

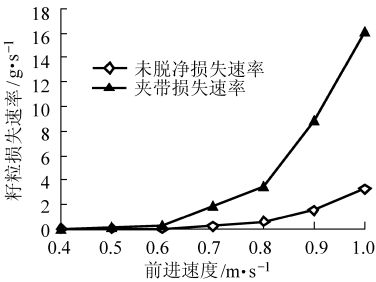


图 2 籽粒损失速率与前进速度之间的关系

Fig.2 Relationship between grain loss rate and travel speed

净损失速率和夹带损失速率)和前进速度 v_m 之间的关系为

$$L_s = 0.012\,035e^{7.396\,8v_m} \quad (R = 0.993\,2) \tag{15}$$

3.2 联合收获机脱粒分离能耗

切纵流联合收获机在田间收获时很难检测切流滚筒和纵轴流滚筒脱粒分离的功耗值,为准确测定切纵流联合收获机田间作业时功耗情况,将切纵流联合收获机上脱粒分离的核心部分在实验室内建立试验台,试验台各工作部件结构、参数及工作原理参见文献[14];采用相同物料按田间收获时的等效喂入量在室内进行台架试验,测定切流滚筒和喂入轮和纵轴流滚筒的功耗,结果见表 3 所示。

表 3 不同前进速度时的脱粒分离总功耗值
Tab.3 Consumption power of threshing-separating with different travel speeds

前进 速度 /m·s ⁻¹	作物 喂入量 /kg·s ⁻¹	切流滚 筒功耗 /kW	喂入轮 功耗 /kW	纵轴流 滚筒功耗 /kW	总功 耗 /kW
0.40	3.116	5.23	2.38	22.24	29.85
0.50	3.895	6.44	2.81	26.33	35.58
0.60	4.674	8.13	3.24	31.26	42.63
0.70	5.453	9.62	3.87	36.49	49.98
0.80	6.232	12.06	4.76	41.75	58.57
0.90	7.011	14.62	5.88	49.86	70.36
1.00	7.790	18.06	7.15	58.73	83.94

利用表 3 结果得出切流滚筒,喂入轮和纵轴流滚筒的脱粒分离总功耗与前进速度之间的关系,如图 3 所示。

从图 3 可见,随着前进速度的增加切流滚筒,喂入轮和纵轴流滚筒的功耗呈指数增加;当前进速度 $v_m \leq 1.0$ m/s 时,切流滚筒功耗 $P_1 \leq 18.06$ kW,喂入轮功耗 $P_2 \leq 7.15$ kW,纵轴流滚筒功耗 $P_3 \leq 58.73$ kW,切纵流脱粒分离装置总功耗 $P_0 \leq 83.94$ kW,利用表 3 结果通过 DPS 拟合出切纵流脱粒分离装置总功耗与前进速度之间的关系为

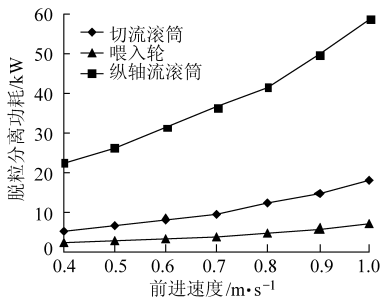


图3 脱粒分离总功耗与前进速度之间的关系
Fig.3 Relationship between threshing-separating consumption power and travel speed

$$P_0 = 15.0538e^{1.7146v_m} \quad (R = 0.9996) \quad (16)$$

3.3 田间最佳行走速度

设喂入量为 q_s 时的收益率为 C_q , 籽粒总损失速率为 L_s 时的费率为 C_L , 切纵流脱粒分离装置总功耗 P_0 时的费率为 C_P , 其他费率为 C_0 , 则切纵流联合收获机在田间收获是的综合收益为

$$B_e = q_s C_q - L_s C_L - P_0 C_P - C_0 \quad (17)$$

将 $a = 4.75\text{ m}$, $Q_s = 1.6365\text{ kg/m}^2$, 式(14)、(15)和

(16)代入式(17)得

$$B_e = 7.7734C_q v_m - 0.012035C_L e^{7.3968v_m} - 15.0538C_P e^{1.7146v_m} - C_0 \quad (18)$$

由式(18)知,切纵流联合收获机在田间收获籽粒总损失率不超过最大允许时,当 B_e 取到最大值时的速度为最佳前进速度。

4 结论

(1)当 $0 < \xi \leq 2$ 时,采用折叠式路径收获时拐弯耗时最小;当 $\xi > 2$ 时,采用回转式路径收获时拐弯耗时最小;割台宽度为 $a = 4.75\text{ m}$ 的切纵流联合收获机在田间收获时,应该采用回转式路径收获。

(2)切纵流联合收获机在田间采用回转式收获路径收获时,当前进速度 v_m 小于等于 1.0 m/s 时,等效喂入量 q_s 小于等于 7.79 kg/s , 籽粒总损失速率 L_s 小于等于 19.33 g/s , 籽粒总损失率小于等于 0.609% , 脱粒分离部分总功耗 P_0 小于等于 83.94 kW 。

参 考 文 献

1 Miu P I. Modeling and simulation of grain threshing and separation in axial threshing units, part II: application to tangential feeding[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 60(1): 105 ~ 109.

2 Maertens K. Baerdemaeker J D. Flow rate based prediction of threshing process in combine harvesters [J]. Applied Engineering in Agriculture, 2003, 19(4): 383 ~ 388.

3 Wacker P. Kutzbach H D. State of the art of combine harvesters for grain harvesting[J]. Harvest Technology, 2003, 58(4): 234 ~ 235.

4 Baruah D C. Panesar B S. Energy requirement model for a combine harvester, part 1: development of component models[J]. Biosystem Engineering, 2005a, 90(1): 9 ~ 25.

5 Baruah D C. Panesar B S. Energy requirement model for a combine harvester, part 2: integration of component model[J]. Biosystem Engineering, 2005b, 90(2): 161 ~ 170.

6 Anil J. Guruswamy T. Desai S R, et al. Effect of cylinder speed and feed rate on the performance of thresher [J]. Journal of Agricultural Sciences, 1998 (4): 1120 ~ 1123.

7 Kronbergs E. Mechanical strength testing of stalk materials and compacting energy evaluation [J]. Ind. Crops Prod., 2000 (11): 211 ~ 216.

8 孟繁昌, 庞风斌, 叶耘, 等. 联合收获机小麦收获性能对比试验[J]. 农业机械学报, 2005, 36(5): 141 ~ 143.
Meng Fanchang, Pang Fengbin, Ye Yun, et al. Comparative tests of harvesting performance on rice[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(5): 141 ~ 143. (in Chinese)

9 李耀明, 乔明光, 徐立章, 等. 纵轴流复脱分离装置设计与试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(11): 50 ~ 54.
Li Yaoming, Qiao Mingguang, Xu Lizhang, et al. Development and performance experiments on axial rethreshing with axial feeding[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(11): 50 ~ 54. (in Chinese)

10 张认成, 桑正中. 轴流脱粒滚筒功耗模型的研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(4): 121 ~ 125.
Zhang Rencheng, Sang Zhengzhong. Research on the power consumption model of axial threshing cylinder [J]. Transactions of the CSAE, 1999, 15(4): 121 ~ 125. (in Chinese)

11 衣淑娟, 陶桂香, 毛欣. 组合式轴流脱分装置动力学仿真[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 94 ~ 97.
Yi Shujuan, Tao Guixiang, Mao Xin. Dynamic simulation of assembled axial flow threshing and separating device [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 94 ~ 97. (in Chinese)

为 155 r/min,此时观察模拟滚筒转速对试验台前进速度的影响,如图 5 所示。前进速度为 0.4 m/s,在 7 s 时调节滚筒转速使其快速降低;8 s 时降至 675 r/min,通过试验台智能控制算法,在 9 s 时前进速度开始

自动降低,降低到 0.3 m/s,滚筒转速回升到正常值 710 r/min;12 s 时前进速度回升到 0.4 m/s。由此表明,试验台进行智能控制算法试验,达到了预期的效果。

4 结束语

设计了联合收获机智能控制试验台,用于分析联合收获机运行时各部件的工作情况以及相互关系。利用电动机模块模拟联合收获机的滚筒、输送槽、割台螺旋输送器等转动部件的转速,利用仿真模拟模块模拟喂入过程、损失过程,并进行了试验台前进速度智能控制算法试验,达到了预期的效果。

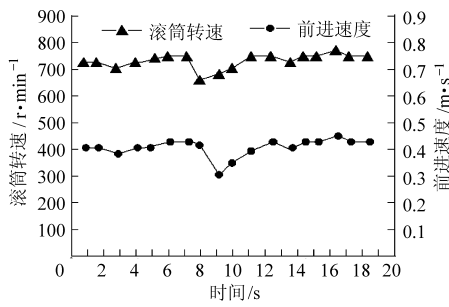


图 5 前进速度控制效果试验

Fig.5 Results diagram of forward control

参 考 文 献

- 1 李国栋,韩金仓,桑正中. 联合收割机脱粒滚筒恒速智能控制器设计[J]. 控制工程,2006(5):154~156.
Li Guodong, Han Jincang, Sang Zhengzhong. Design of intelligent controller of constant palstance of cvlinder of the combine [J]. Control Engineering, 2006(5):154~156. (in Chinese)
- 2 张认成,张英堂,桑正中. 联合收割机智能控制仿真器设计[J]. 农机化研究, 2000,22(8): 49~52.
Zhang Rencheng, Zhang Yingtang, Sang Zhengzhong. Design of a intelligent control simulator for combine[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2000,22(8): 49~52. (in Chinese)
- 3 闫兰娟. 联合收割机脱粒滚筒转速监控系统的设计[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
Yan Lanjuan. Monitor and control system for rotational speed of the threshing cylinder of combine[D]. Yangling:Northwest A & F University, 2007. (in Chinese)
- 4 张淑红,陈进. 联合收割机自动报警系统的设计[J]. 农机化研究,2002,24(3):72~74.
Zhang Shuhong, Chen Jin. A study on the auto-alarm system of combine harvester [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2002,24(3):72~74. (in Chinese)
- 5 陈忠平,周少华,侯玉宝,等. 三菱 FX/Q 系列 PLC 自学手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- 6 黄治根. 联合收割机负荷反馈系统多信号处理方法的研究[D]. 镇江:江苏大学,2010.
Huang Zhigen. Multi-signal processing method research of combine harvester load feedback system[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2010. (in Chinese)
- 7 董进泉. 基于灰色预测模糊控制的联合收割机负荷反馈装置的研制[D]. 镇江:江苏大学,2010.
Dong Jinquan. Development of load feedback equipment of combine harvester based on gray predictive fuzzy control [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2010. (in Chinese)
- 8 余利锋,肖新棉,兰海军. 国内外农业机械化现状与发展趋势[J]. 湖北农机化, 2007(6):36~37.

(上接第 137 页)

- 12 唐忠,李耀明,徐立章,等. 不同脱粒元件对切流与纵轴流水稻脱粒分离性能的影响[J]. 农业工程学报,2011, 27(3):93~97.
Tang Zhong, Li Yaoming, Xu Lizhang, et al. Effects of different threshing components on grain threshing and separating by tangential-axial test device [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 93~97. (in Chinese)
- 13 潘静,邵陆寿,王轲. 水稻联合收割机喂入密度检测方法[J]. 农业工程学报,2010,26(5):113~116.
Pan Jing, Shao Lushou, Wang Ke. Detection method on feed density for rice combine[J]. Transactions of the CSAE,2010, 26(5):113~116. (in Chinese)
- 14 徐立章,李耀明,李洪昌,等. 纵轴流脱粒分离-清选试验台的研制[J]. 农业机械学报,2009,40(12):87~91.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Li Hongchang, et al. Development on test-bed of longitudinal axial threshing-separating-cleaning unit[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):87~91. (in Chinese)