

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.06.014

整秆式甘蔗收获机剥叶断尾机构设计与试验^{*}

麻芳兰¹ 蒋红梅¹ 李尚平² 许志伟¹ 杨冰心¹ 范志达¹

(1. 广西大学机械工程学院, 南宁 530004; 2. 钦州学院, 钦州 535000)

【摘要】 结合甘蔗自身材料特性及在剥叶运动过程中的受力分析,提出剥叶断尾机构采用三角形布局方式,以利于在剥叶过程中实现耙叶、剥叶和断尾的功能,并在剥叶断尾试验平台上进行了正交试验研究,得出了较优参数组合为:耙叶辊转速 700 r/min、剥叶辊转速 900 r/min、耙叶齿交错深度 40 mm 和剥叶刷交错深度 30 mm。试验结果表明,此剥叶断尾机构具有较好的剥叶与断尾效果,从而验证了剥叶断尾机构的可行性。

关键词: 整秆式甘蔗收获机 剥叶 断尾 正交试验

中图分类号: S233.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)06-0073-06

Design and Experiment on Cleaning Leaves and Breaking Tails Mechanism of Whole-stalk Sugarcane Harvester

Ma Fanglan¹ Jiang Hongmei¹ Li Shangping² Xu Zhiwei¹ Yang Bingxin¹ Fan Zhida¹

(1. College of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China

2. Qinzhou University, Qinzhou 535000, China)

Abstract

A triangle layout of the mechanism of cleaning leaves and breaking tails based on the force analysis of motion of the sugarcane and its material properties was presented. It successfully achieves the functions of raking and cleaning leaves, and breaking tails. The orthogonal experiment on the self developed experiment platform was carried out to verify the effect of the layout and find out the optimal parameter combination. According to the experiment, the optimal combination is: the rotating speed of the raking roller of 700 r/min, the speed of the cleaning roller of 900 r/min, the interaction depth of the raking teeth of 40 mm, and the interaction depth of the cleaning element of 30 mm. The experiment results show that the inverted goods font layout of the mechanism is effective and feasible.

Key words Whole-stalk sugarcane harvester, Cleaning leaves, Breaking tails, Orthogonal experiment

引言

广西是我国最大的蔗糖产区,蔗糖业已成为广西的支柱产业。广西甘蔗的种植主要分布在丘陵地带,目前由于机械技术与装备、用户种植与农艺等多方面的原因,一直没有研制出可广泛应用于丘陵地区的小型甘蔗收获机,从而制约了甘蔗机械化生产

的发展。据统计,在人工收获甘蔗作业中,各道工序所占用的劳动时间约为:收割 17.2%、剥叶 59.3%、清理打捆 10.8%、运输 12.7%^[1],因此剥叶断尾机构已成为整秆式甘蔗收获机的主要关键部件。国外的甘蔗收获机中,大型切断式甘蔗联合收获机成为现代甘蔗收获技术的主流。由于国外榨糖技术及设备的先进性,对于甘蔗的含杂率要求不是很高,因此

收稿日期: 2011-12-08 修回日期: 2012-02-23
^{*} 国家科技部科技人员服务企业项目(2009GJE10008)、广西区科技攻关资助项目(桂科攻 0992002-18)和广西制造系统与先进制造技术重点实验室资助项目(09-007-05S019)
作者简介: 麻芳兰,副教授,主要从事先进制造技术与智能检测研究,E-mail: lan_mfl@163.com

蔗叶的剥离主要通过焚烧或采用大功率的吹风系统来实现^[2]。国内的剥叶机大多采取离心式剥叶,主要原理都是借助于剥叶元件高速旋转的离心力和摩擦力来打击蔗茎、剥离蔗叶^[3]。

现有甘蔗收获机中断尾机构大多采用前置式,其切割器的高度可调,便于控制切梢高度,但由于甘蔗的高度不一并存在倒伏现象,使得切掉的蔗尾长度误差很大,从而在一定程度上加大了甘蔗收获机的切割损失^[4]。

基于上述原因,本文结合甘蔗自身材料特性及在剥叶过程中的受力分析,研究在剥叶过程中实现耙叶、剥叶和断尾的功能,通过在剥叶过程中切断甘蔗尾梢从而有效降低整秆式甘蔗收获机的含杂率。同时通过试验平台进行正交试验以验证该机构的可行性,并得出剥叶断尾机构的相关设计参数。

1 整秆式甘蔗收获机剥叶断尾机构的设计与分析

调查研究发现,甘蔗尾梢部有一段是甘蔗中最为脆弱的部分(俗称“鸡蛋黄”),其抗变形能力较差,较容易发生断裂现象,甚至用较小的打击力便可以将其折断,但同时也是蔗叶包裹最为紧密的地方^[5]。前期试验研究表明,甘蔗尾部蔗叶在撕开但没完全剥下的情况下对于断尾效果最为有利。因此本文基于上述理由,提出了耙叶、剥叶和断尾的设计方案,旨在实现剥叶的同时切除甘蔗尾梢。

1.1 剥叶断尾机构的设计

前期试验及现场收割表明,为了在剥叶的同时获得理想的断尾效果,在剥叶断尾机构的设计中需要考虑以下3个因素:①具备对甘蔗正面的打击力,尤其在蔗尾部分。②对甘蔗具有必要的支承作用,从而使打击力得到有效发挥。③甘蔗蔗尾部分的蔗叶进行先期处理,即将缠绕紧密的蔗叶进行撕开,以便于后续断尾功能的实现。

为了满足剥叶断尾的功能需求,各功能部件在对甘蔗进行作用的同时,要对甘蔗形成一种多点的力学状态。因此在整秆式甘蔗收获机中采用三角形排列方式,将起主要作用的耙叶辊、上剥叶辊和下剥叶辊三者进行布局安装,如图1所示。图中,耙叶辊依靠其上的耙叶齿完成先期撕开蔗叶的工作。第1级断梢装置主要是对甘蔗尾梢起支承作用,防止甘蔗尾梢在受到耙叶齿作用下发生较大的弯曲变形而无法实现撕开蔗叶功效。

剥叶辊上的剥叶刷依靠高速旋转过程中其侧面与甘蔗的摩擦来剥离蔗叶,与此同时经过耙叶作用后的甘蔗尾梢在缺乏蔗叶有效防护的作用下,尾梢

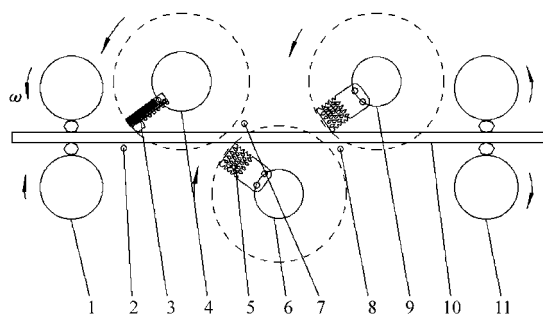


图1 剥叶断尾机构示意图

Fig. 1 Diagram of cleaning leaves and breaking tails

1.输入辊 2.第1级断梢装置 3.耙叶齿 4.耙叶辊 5.剥叶刷 6.下剥叶辊 7.第2级断梢装置 8.第3级断梢装置 9.上剥叶辊 10.甘蔗 11.输出辊

受到剥叶刷的高速冲击从而实现断尾。

结合甘蔗受力情况(图2),甘蔗尾梢将出现3次断尾的可能:①甘蔗尾梢已离开耙叶辊、即将接近下剥叶辊时,甘蔗横跨在第2级断梢装置及后续工作部件之间。由第2级断梢装置及后续装置提供支承力 N ,依靠下剥叶辊上剥叶刷的高速击打,提供向上的打击力 F ,形成第1次断尾可能(图2a)。②在甘蔗尾梢即将离开下剥叶辊时,此时下剥叶辊仍然对甘蔗有持续作用。由第3级断梢装置及后续装置提供支承力 N ,依靠下剥叶辊上剥叶刷的高速击打,提供向下的打击力 F ,形成第2次断尾可能(图2b)。③在甘蔗尾梢已经离开下剥叶辊、即将接近上剥叶辊时,甘蔗由第3级断梢装置和输出辊提供支承力 N ,依靠上剥叶辊上剥叶刷的高速击打,提供向下的打击力 F ,形成第3次断尾可能(图2c)。

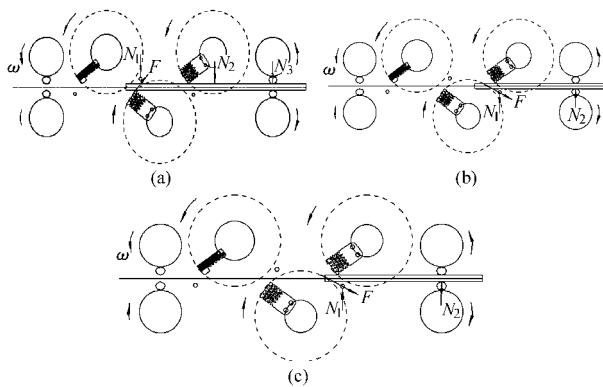


图2 甘蔗受力图

Fig. 2 Force diagram of sugarcane

由上述分析可知,剥叶断尾机构依靠剥叶辊工作部件实现剥叶和断尾的双重作用,依靠剥叶刷侧面与甘蔗摩擦作用实现剥叶,依靠剥叶刷正面高速打击甘蔗尾梢实现断尾。

1.2 影响剥叶断尾效果的因素分析

1.2.1 剥叶辊转速

前期研究结果表明,为了有效地剥净甘蔗蔗叶,

剥叶辊必须保证对甘蔗有一定的打击密度^[6]。在输送辊转速一定的情况下,剥叶辊转速与打击间距呈反比,剥叶元件对于甘蔗的打击力与剥叶辊的转速呈正比。转速越高,对甘蔗打击力越大,有利于实现断尾作用。但是在打击力比较大时,容易对甘蔗的表皮造成伤害,出现较严重的伤蔗情况,同时也会出现中部折断的情况,因此需要选择合适的转速以利于实现剥叶断尾的整体效果。

1.2.2 交错深度

剥叶刷与甘蔗的交错作用深度与打击力呈正比,与形成摩擦力的正压力也呈正比。交错深度越大,剥叶刷对甘蔗的打击力与正压力也越大,越利于实现断尾功能及蔗叶的脱落。因此选取合理的交错深度对于实现剥叶断尾效果具有重要的作用。

2 剥叶断尾机构试验

2.1 剥叶断尾机构正交试验

2.1.1 试验设计

选择耙叶辊转速 *A*、剥叶辊转速 *B*、耙叶齿与甘蔗交错深度 *C*、剥叶刷与甘蔗交错深度 *D* 作为试验因素,各因素选取 3 个水平,因素水平如表 1 所示。以含杂率、断尾率及中部折断数为考察指标,选用 $L_{27}(3^3)$ 正交表共进行 27 次试验,每次试验进行 5 次采样,取其平均值。

2.1.2 试验材料

试验所用的甘蔗是未经先期处理带蔗叶含蔗尾的新鲜甘蔗,甘蔗品种为粤糖 20 号。按照试验设

表 1 正交试验因素与水平				
Tab.1 Factors and levels of orthogonal experiment				
水平	因素			
	<i>A</i> /r·min ⁻¹	<i>B</i> /r·min ⁻¹	<i>C</i> /mm	<i>D</i> /mm
1	600	800	40	20
2	700	900	50	30
3	800	1 000	60	40

计,总共使用了 135 根甘蔗。

2.1.3 试验装置

为了研究剥叶断尾机构的含杂率、断尾率,根据正交试验在甘蔗收获机剥叶断尾机构试验平台上进行试验研究。试验平台(图 3)由台架、剥叶断尾功能元件、驱动电动机三大部分组成,各功能模块均由独立的电动机通过胶带传动单独驱动,并通过数字变频器进行转速调整。试验结果如表 2 所示。

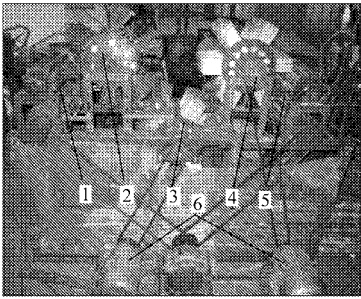


图 3 剥叶断尾试验平台

Fig.3 Experiment platform of cleaning leaves and breaking tails of sugarcane
1. 输入辊 2. 耙叶辊 3. 下剥叶辊 4. 上剥叶辊 5. 输出辊
6. 电动机

表 2 试验结果																
Tab.2 Experimental results																
序号	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>AB</i>	<i>C</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>D</i>	<i>AD</i>	<i>BD</i>	<i>CD</i>				含杂率/%	断尾率/%	中部折断数
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2.128	60	0
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.351	100	3
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.893	100	2
4	1	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3	3	3	0.227	80	1
5	1	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	1	1.042	80	2
6	1	2	2	2	3	3	1	1	1	2	2	2	2	2.679	80	0
7	1	3	3	3	1	1	3	3	3	2	2	2	2	3.053	80	1
8	1	3	3	3	2	2	1	1	1	3	3	3	3	4.274	60	1
9	1	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2.222	80	2
10	2	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	3	3.297	60	0
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2.222	80	0
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1.471	100	0
13	2	2	3	1	1	2	2	3	1	3	1	2	2	0.460	100	0
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2.222	100	0

续表 2

序号	A	B	AB	C	AC	BC		D	AD	BD	CD		含杂 率/%	断尾 率/%	中部 折断数	
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	1.087	100	0
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	0.813	100	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	1.220	80	1
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	1.064	80	2
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	5.102	40	3
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	0.426	100	0
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	0.971	100	2
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	1.852	60	2
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	0.367	100	1
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	5.333	60	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	1.471	100	0
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	1.852	80	0
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	0	100	3

2.2 试验结果分析

2.2.1 含杂率

以含杂率为指标,对表 2 试验结果进行方差分析,分析结果如表 3 所示。

表 3 含杂率方差分析
Tab.3 Variance analysis of cleaning

因素	偏差平方和	自由度	F 比	显著性
A	0.804	2	0.611	
B	0.141	2	0.107	
AB	2.390	2	1.817	
C	11.349	2	8.627	*
AC	1.105	2	0.840	
BC	3.786	2	2.878	*
D	20.616	2	15.671	*
AD	5.349	2	4.066	*
BD	2.537	2	1.928	
CD	1.319	2	1.003	
误差	11.84	18		

注: $F_{0.1}(2,18) = 2.620$,将空列和非显著因素列归为误差项。

由表 3 可知,因素 C、D、BC、AD 交互作用项对含杂率有显著影响。对于 A、B 因素,由于与 C、D 的交互作用超过了 A、B 单独作用对含杂率的影响,表明 A 与 D、B 与 C 不同水平搭配对含杂率的影响较大。对于含杂率,其值越小越好,因此根据交互作用(表 4、5)可知,应选取的最优水平组合为 $A_3B_3C_2D_2$ 。

由表 2 试验结果可以发现,含杂率平均值为 1.78%,在所有 27 次试验中,只有 2 次试验的含杂率大于 5%,其余均小于 3%,由此可知采用三角形

配置的剥叶断尾机构具有较好剥叶效果。

表 4 BC 交互作用
Tab.4 Interaction between B and C

	$C_1(40)$	$C_2(50)$	$C_3(60)$
$B_1(800)$	1.124	2.166	2.33
$B_2(900)$	1.256	1.316	2.517
$B_3(1\ 000)$	1.108	1.032	3.183

表 5 AD 交互作用
Tab.5 Interaction between A and D

	$A_1(600)$	$A_2(700)$	$A_3(800)$
$D_1(20)$	3.027	1.868	4.096
$D_2(30)$	0.933	1.249	0.759
$D_3(40)$	1.663	1.502	0.936

分析发现,当显著性水平 α 取 0.05 时,剥叶辊转速对含杂率无显著影响。前期研究结果及相关的剥叶机构的研究结果都表明,剥叶辊转速对含杂率的影响显著,且含杂率与剥叶辊转速呈线性关系^[1,6-7]。本文剥叶辊转速水平依据前期研究结果,取 800~1 000 r/min,此取值范围对于含杂率属于较优的水平取值。前期研究也表明,转速的增加主要是增加了剥叶元件打击甘蔗的次数,从而提高剥叶质量^[5],因此虽然试验中转速对含杂率的影响并不显著,但与前期的研究结果并不矛盾。而且当显著性水平 α 取 0.1 时,转速与交错深度的交互作用对含杂率具有显著影响。由此可见,转速与交错深度对含杂率具有联合作用影响。同时,前期对转速的研究中,剥叶刷与甘蔗的交错深度取值多为

10 mm 以内,在此取值范围,转速呈现显著性影响。而本文的交错深度取值在 20 mm 以上,如前所述,交错深度大,剥叶刷对甘蔗所产生的打击力亦随之增大,此时蔗叶的剥离主要依靠剥叶刷与甘蔗的接触变形来实现。同时由于本文转速的取值又属于较优水平,从而出现了转速对含杂率影响不显著的现象。

2.2.2 断尾率

以断尾率为试验指标的分析结果如表 6 所示,分析时对断尾率数据进行归一化处理。

表 6 断尾率方差分析

Tab.6 Variance analysis of breaking tails

因素	偏差平方和	自由度	<i>F</i> 比	显著性
<i>A</i>	0.039	2	1.660	
<i>B</i>	0.003	2	0.128	
<i>AB</i>	0.003	2	0.128	
<i>C</i>	0.145	2	6.170	*
<i>AC</i>	0.092	2	3.915	*
<i>BC</i>	0.021	2	0.894	
<i>D</i>	0.332	2	14.128	*
<i>AD</i>	0.056	2	2.383	
<i>BD</i>	0.003	2	0.128	
<i>CD</i>	0.056	2	2.383	
误差	0.240	20		

注: $F_{0.05}(2,20)=3.49$ 。

由表 6 可知,因素 *C*、*D* 及 *AC* 交互作用对断尾有显著影响。根据 *A*、*C* 交互作用(表 7)及极差分布(图 4),对于断尾率,其值越大越好,故应选取的最优水平组合为 $A_2B_2C_1D_3$ 。此组合出现在正交表中的第 14 号试验,其断尾率为 100%。因素 *AC* 的交互作用对于断尾率具有显著影响,因此耙叶齿对甘蔗尾梢蔗叶进行先期撕开可有效提高断尾效果。试验结果表明(表 2),在正交试验中断尾率小于 60% 的试验只有 1 组,占全部试验的 3.7%,断尾率达到 80% 以上的试验占全部试验的 81.5%,由此可知采用三角形配置的剥叶断尾机构具有较好断尾效果。

表 7 AC 交互作用

Tab.7 Interaction between A and C

	<i>A</i> ₁ (600)	<i>A</i> ₂ (700)	<i>A</i> ₃ (800)
<i>C</i> ₁ (40)	0.867	1.000	0.933
<i>C</i> ₂ (50)	0.800	0.867	0.800
<i>C</i> ₃ (60)	0.733	0.800	0.733

2.2.3 中部折断数

以中部折断数为试验指标进行方差分析,结果

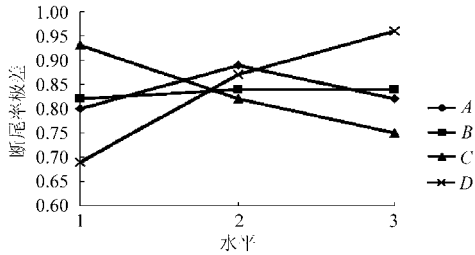


图 4 断尾率极差分布

Fig.4 Range analysis of breaking tails

如表 8 所示,分析时对中部折断数据进行了归一化处理。

表 8 中部折断数方差分析

Tab.8 Variance analysis of breaking in the middle

因素	偏差平方和	自由度	<i>F</i> 比	显著性
<i>A</i>	0.062	2	3.780	*
<i>B</i>	0.002	2	0.122	
<i>AB</i>	0.047	2	2.866	*
<i>C</i>	0.009	2	0.549	
<i>AC</i>	0.027	2	1.646	
<i>BC</i>	0.056	2	3.415	*
<i>D</i>	0.016	2	0.976	
<i>AD</i>	0.020	2	1.220	
<i>BD</i>	0.029	2	1.768	
<i>CD</i>	0.016	2	0.976	
误差	0.16	20		

注: $F_{0.1}(2,20)=2.59$ 。

因素 *A*、*AB*、*BC* 的交互作用对中部折断有显著影响。对于中部折断数,其值越小越好,由 *AB*、*BC* 的交互作用(表 9、10)可知,较优组合有 A_2B_1 、 A_2B_2 、 B_1C_3 及 B_2C_1 。综合断尾率及中部折断数极差分布(图 5)可知,应选取的最优水平组合为 $A_2B_1C_3D_1$ 、 $A_2B_2C_1D_1$ 。这两个组合分别出现在正交表中的第 10 及 15 号试验,其中部折断数均为零。由于 *AB* 交互作用对于中部折断有显著影响,因此剥叶辊与耙叶辊的转速匹配具有一定的要求,在剥叶辊转速确定情况下,耙叶辊的转速并不是越快越好。

表 9 AB 交互作用

Tab.9 Interaction between A and B

	<i>A</i> ₁ (600)	<i>A</i> ₂ (700)	<i>A</i> ₃ (800)
<i>B</i> ₁ (800)	0.167	0	0.167
<i>B</i> ₂ (900)	0.100	0	0.200
<i>B</i> ₃ (1 000)	0.133	0.133	0.100

表 10 BC 交互作用

Tab.10 Interaction between B and C

	<i>C</i> ₁ (40)	<i>C</i> ₂ (50)	<i>C</i> ₃ (60)
<i>B</i> ₁ (800)	0.167	0.167	0
<i>B</i> ₂ (900)	0	0.100	0.200
<i>B</i> ₃ (1 000)	0.100	0.133	0.133

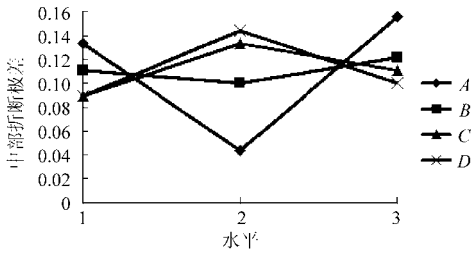


图5 中部折断数极差分布

Fig.5 Range analysis of breaking in the middle

2.2.4 综合平衡分析

由上述方差分析结果可知,在3个考察指标中,具有较一致的最优因素水平组合为 $A_2B_2C_1$,在此水平组合下断尾率及中部折断数具有较理想的效果。因素 D 在不同考察指标中具有不同的水平取值。在对剥叶断尾机构的单因素试验研究中发现,含杂率与断尾率均随着剥叶刷与甘蔗的交错深度的增加得到有效提高,其变化曲线如图6所示。剥叶刷与甘蔗的交错深度越大,剥叶效果越好,但过大的交错深度极易引起甘蔗表面的过度损伤,因此为了减小对甘蔗的损伤,因素 D 选取水平2,即30 mm。

因此综合上述分析,三角形配置剥叶断尾机构的较优参数组合可选取为 $A_2B_2C_1D_2$ 。

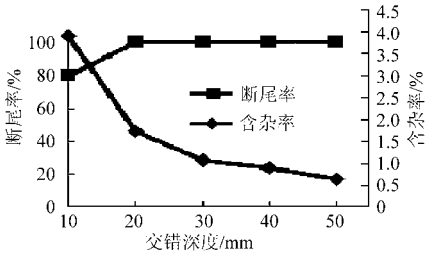


图6 含杂率、断尾率变化曲线

Fig.6 Curve diagram of impurity and broken ratio

2.3 较优参数组合的试验验证

为了验证较优参数组合的剥叶断尾效果,选取上述较优组合 $A_2B_2C_1D_2$ 及与其结果比较接近的组

合 $A_3B_3C_2D_2$ 、 $A_2B_2C_1D_1$ 、 $A_3B_1C_2D_2$ 、 $A_3B_2C_3D_3$,以及随机组合 $A_3B_2C_1D_3$ 、 $A_1B_1C_1D_2$ 共7个参数组合进行试验,每个试验采样5次,取其平均值,试验结果如表11所示。

表11 对照试验结果

Tab.11 Contrast test results

序号	参数组合	含杂率/%	断尾率/%	中部折断数
1	$A_2B_2C_1D_2$	0.21	100	0
2	$A_3B_3C_2D_2$	0.38	100	1
3	$A_2B_2C_1D_1$	1.74	100	0
4	$A_3B_1C_2D_2$	2.59	80	0
5	$A_3B_2C_3D_3$	2.38	100	0
6	$A_3B_2C_1D_3$	1.09	80	0
7	$A_1B_1C_1D_2$	1.75	80	0

由表11可以看出,试验效果较为理想的组合为第1组,即 $A_2B_2C_1D_2$,这与正交试验分析的结论一致。其次较优组合为第2组,即 $A_3B_3C_2D_2$,该组合在正交试验表中未出现。比较此两种组合的试验结果可以发现,两者的主要指标(含杂率和断尾率)基本相差不大,但在第2组出现了中部折断现象,因此综合考虑,选取最优组合为 $A_2B_2C_1D_2$,即耙叶辊转速700 r/min、剥叶辊转速900 r/min、耙叶齿交错深度40 mm和剥叶刷交错深度30 mm。

3 结论

(1)研究结果表明,对剥叶断尾机构采用合适的布局可获得理想的剥叶断尾效果。

(2)通过试验研究,得出了该剥叶断尾机构的较优参数组合为: $A_2B_2C_1D_2$,即耙叶辊转速700 r/min、剥叶辊转速900 r/min、耙叶齿交错深度40 mm和剥叶刷交错深度30 mm。

参 考 文 献

1 赖晓. 小型甘蔗收获机剥叶与集蔗机构虚拟仿真分析及试验研究[D]. 南宁:广西大学,2008.
Lai Xiao. Simulation analysis and experimental research on leaves cleaner and collecting device of small scale sugarcane harvester[D]. Nanning: Guangxi University,2008. (in Chinese)

2 Salassi M E, Champagne L P. A spread sheet-based cost model for sugarcane harvesting systems[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998,20(3): 215 ~ 227.

3 麻芳兰,李尚平,何玉林,等. 基于神经网络的甘蔗收获机剥叶元件性能研究[J]. 农业机械学报,2006,37(7):69 ~ 73.
Ma Fanglan, Li Shangping, He Yulin, et al. Performance analysis on cleaning element of sugarcane harvester based on neural network[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(7):69 ~ 73. (in Chinese)

4 任晓智. 小型甘蔗收获机械断尾机构的创新设计与仿真研究[D]. 南宁:广西大学,2003.
Ren Xiaozhi. Innovative design and simulation research of cane top cutting mechanism for minitype sugar cane harvester[D]. Nanning: Guangxi University,2003. (in Chinese)

4 结论

- (1)对电磁功率分流混合动力系统进行传动控制模式的设计开发,着重对整车控制模式和整车控制模式中的扭矩控制模式进行了分析。
- (2)通过建立的电磁功率分流混合动力汽车仿真平台对传动控制模式进行了验证,结果表明各种控制模式能够正确地按照设计目标进行切换。

- (3)基于设计的传动控制模式对电磁功率分流混合动力系统进行了动力性的验证分析,动力性能能够满足设计的要求,0 ~ 100 km/h 的加速时间仅为 12 s。
- (4)基于设计的传动控制模式对电磁功率分流混合动力系统进行了经济性的验证分析,并且与原型车进行了对比,结果表明整车综合工况的节油率达 41.3%。

参 考 文 献

- 1 John M Miller. Hybrid electric vehicle propulsion system architectures of the e-CVT type[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2006,21(3): 756 ~ 767.
 - 2 Michael Duoba, Henry Ng, Robert Larsen. Characterization and comparison of two hybrid electric vehicles(HEVs)-honda insight andtoyota prius[C]. SAE Paper 2001-01-1335,2001.
 - 3 Li Wenyong, Abel A, Todtermuschke K, et al. Hybrid vehicle power transmission modeling and simulation with simulationX [C]//Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and, Harbin, China, 2007: 1 710 ~ 1 717.
 - 4 Shibata Fukuo. Electric control system of an electric machine arrangement combining electromagnetic coupling with electric rotating machine: USA,US 3789281[P]. 1974-02-29.
 - 5 Dae Hun Lee, Ui Seong Kim, Chee Burm Shin, et al. Modelling of the thermal behaviour of an ultracapacitor for a 42 V automotive electrical system[J]. Journal of Power Sources,2008,175(1):664 ~ 668.
 - 6 Zheng Ping, Liu Ranran, Wu Qian, et al. Magnetic coupling analysis of four-quadrant transducer used for hybrid electric vehicles[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2007, 43(6): 2 597 ~ 2 599.
 - 7 左义和,项昌乐,闫清东. 基于功率跟随的混联混合动力汽车控制策略[J]. 农业机械学报,2009,40(12):23 ~ 29.
Zuo Yihe, Xiang Changle, Yan Qingdong. Control strategy of parallel-serial hybrid electrical vehicle based on the power track method[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):23 ~ 29. (in Chinese)
 - 8 Koichiro Muta, Makoto Yamazaki, Junji Tokieda. Development of new-generation hybrid system THS II -drastic improvement of power performance and fuel economy[C]. SAE Paper 2004-01-0064, 2004.
 - 9 Kukhyun Ahn, Sungtae Cho, Suk Won Cha. Optimal operation of the power-split hybrid electric vehicle powertrain[J]. Proc. IMechE. Part D: Journal of Automobile Engineering, 2008,222(5):789 ~ 800.
-
- (上接第 78 页)
- 5 甘晓伟,苏广达. 甘蔗叶片生长与蔗茎生长关系的研究[J]. 甘蔗糖业,1995(6):6 ~ 11.
Gan Xiaowei, Su Guangda. A study on the relationship between the leaf and cane growth in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) production[J]. Sugarcane and Canesugar, 1995(6):6 ~ 11. (in Chinese)
 - 6 蒙艳枚,刘正士,李尚平,等. 甘蔗收获机械排刷式剥叶元件虚拟试验分析[J]. 农业机械学报,2003,34(4):43 ~ 46.
Meng Yanmei, Liu Zhengshi, Li Shangping, et al. Virtual experiment analysis of a brush shape of cleaning element for sugarcane harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003,34(4):43 ~ 46. (in Chinese)
 - 7 王光炬,杨坚,梁兆新,等. 小型甘蔗剥叶机剥叶质量影响因素的试验研究[J]. 农机化研究,2006(12):142 ~ 145.
Wang Guangju, Yang Jian, Liang Zhaoxin, et al. Experiment study of the factors influence on the sugarcane detrashing quality of sugarcane detrashing machine [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(12):142 ~ 145. (in Chinese)
 - 8 Ma Fanglan, Li Shangping, He Yulin, et al. Virtual experimental analysis on cleaning element of sugarcane harvester[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2005,18(4):586 ~ 591.
 - 9 潘丽军,陈锦权. 试验设计与数据处理[M]. 南京:东南大学出版社,2008.
 - 10 傅美贞,龚永坚,陈德俊,等. 全喂入稻麦联合收获机复脱系统设计[J]. 农业机械学报,2011,42(11):57 ~ 61.
Fu Meizhen, Gong Yongjian, Chen Dejun, et al. Design of re-threshing system of whole-feed rice-wheat combine harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011,42(11):57 ~ 61. (in Chinese)