

静电电位对静电拣梗机拣梗率的影响

Effects of electrostatic potentials on stalk rate

杨永发¹ 张 荧² 陈 帅³

YANG Yong-fa¹ ZHANG Ying² CHEN Shuai³

(1. 西南林业大学机械与交通学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南机电职业技术学院, 云南 昆明 650203;

3. 浙江省农业机械研究院, 浙江 金华 321017)

(1. School of Machinery and transportation, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China;

2. Yunnan Vocational College of Mechanical & Electrical Technology, Kunming, Yunnan 650224, China;

3. Zhejiang Academy of Agricultural Machinery, Jinhua 321017, Zhejiang, China)

摘要:采用 LabVIEW 软件平台设计静电电位测试系统, 并利用该系统对影响静电拣梗机摩擦滚筒静电电位的 6 个因素分别进行了单因素和多因素共 7 组静电电位试验, 通过分析最终得出提高整体静电电位的最优方案: 滚筒材料为合成橡胶, 滚筒转速为 38 r/min, 配重块选用 10.5 kg, 摩擦件材料为丝绸, 湿度控制在 60% 及其以下, 此时整体静电电位最高, 拣梗率最高。

关键词:静电; 电位; 拣梗机; 滚筒; 拣梗率

Abstract: Introduces a electrostatic potential test system designed by LabVIEW, which had been done 7 electrostatic potential test experiments for 6 factors of electrostatic potential on the surface of electrostatic stalk extractors frictional roller, and improve overall electrostatic potential of the optimal solution is given. When drum material is synthetic rubber, roller rotation speed is 38 r/min, counter weight is 10.5 kg, friction material is silk, the humidity is controlled below 60%, the overall electrostatic potential and the stalk rate is the highest.

Keywords: electrostatic; potential; stalk extractor; drum; stalk rate

茶叶在采制过程中必然带有一定数量的木质化的茎梗, 而商品茶叶对含梗量都有严格的要求。从茶叶中将茎梗拣剔出来是茶叶精制加工中的重要环节, 是提高茶叶品质和经济价值必不可少的关键作业, 也是茶叶精制加工中耗用劳动力最多的一项作业。按工作原理可分为阶梯式、静电式、光电式。茶叶精制过程所用的静电拣梗机, 其性能受空气中的湿度和茶叶的含水量影响很大。特别是在夏季高湿条件下,

静电拣梗机作业无法进行, 已成为茶叶界的一大问题^[1]。

静电拣梗机主要是靠摩擦滚筒与摩擦件旋转摩擦产生静电场而实现拣梗工作^[2,3], 摩擦滚筒表面产生的静电场的强度大小是影响茶叶拣梗的重要因素之一, 而静电场的强度大小可通过静电电位值来体现。因此欲提高拣梗率, 需提高拣梗机滚筒表面的整体电位值。

从机器自身来说, 影响静电拣梗机整体电位值的因素主要有摩擦件材料、摩擦滚筒材料、压紧力大小、摩擦滚筒转速等, 而空气湿度和温度也是影响静电场的重要因素。本研究拟重点通过利用静电电位测试系统, 对 6 个影响因素进行单因素及多因素试验, 测试静电拣梗机摩擦滚筒表面的静电电位值, 确定各因素的最优组合方案以提高整体电位值, 并研究各最大静电电位值下对拣梗率的影响情况。为茶叶静电拣梗机的设计开发提供理论依据。

1 试验方法

静电拣梗机电位测试系统由硬件和软件两部分组成。系统硬件部分由传感器、数据采集卡、个人电脑三部分组成, 其中传感器选用欧姆龙公司生产的非接触式智能静电传感器 ZJ-SD100 以及放大器 ZJ-SDA11^[4,5], 数据采集卡选用 NI 公司的 USB-6259, 传感器可以直接与数据采集卡连接, 而数据采集卡通过 USB 数据线方便与任何个人电脑连接, 连接方便, 通用性强^[6,7]。

系统的软件部分主要是对硬件部分采集到的电压信号进行处理, 并将信号用图表和数据的形式显示和存储。该系统主要是在 LabVIEW 平台上进行开发, 实现对摩擦滚筒某点电位值的实时采集、显示、存储。系统采用模块化设计的思想, 分为系统登录模块、参数设置模块、数据采集模块、数据存储模块、数据分析模块 5 个模块^[8-10]。系统软件界面见

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金项目(编号: 2012Z070); 云南省科技厅支持项目(编号: 2011CF007)

作者简介: 杨永发(1965—), 男, 西南林业大学副教授。

E-mail: yyfkm@163.com

收稿日期: 2014-11-06

图 1。

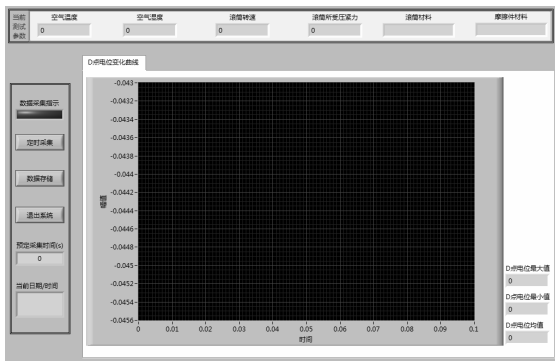


图 1 系统软件界面

Figure 1 Software interface of the system

2 结果与分析

2.1 静电电位影响因素的确定

由于影响拣梗机静电场的因素主要有 6 个,即:滚筒转速、压紧力、摩擦件材料、滚筒材料、湿度、温度,而温度对静电电位的影响较小,基于试验平台的条件限制,故排除温度的影响,对其余 5 个因素进行试验。试验分为单因素试验和多因素试验两个部分,单因素试验用来考察各单一变量因素对电位的影响作用,并根据电位数据的绝对值绘制与该变量因素的关系曲线,以确定单因素试验中的各最优影响条件;多因素试验首先从机器自身的影响因素着手考察各影响因素的主次顺序,然后排除次要因素后加入湿度因素考察这些影响因素之间的交互作用和主次顺序。

2.2 单因素试验

(1) 利用静电电位测试系统进行滚筒转速单因素试验,以确定各滚筒转速条件下对静电电位的影响关系。配重块选用 10.5 kg、摩擦件材料选用丝绸、滚筒材料选用橡胶、测试温度为 25 ℃、湿度为 60%,滚筒转速分别按照 8,18,28,38,48 r/min 依次进行试验,通过图 1 所示系统采集到电位数据值并计算得出静电电位均值依次为: -13.933, -14.291, -14.307, -14.565, -14.267 kV, 电位均值的极差为 0.632。由于电位均值中的负号代表的是静电拣梗机摩擦滚筒产生的电荷为负电荷,电位的强弱关系只由数值的绝对值表示,故选取电位均值的绝对值绘制出关系图见图 2。从电位均值结果可知:总体而言,电位值随滚筒转速的关系类似抛物线,滚筒转速为 38 r/min 时电位均值达到最大。从极差来看,滚筒转速的变化对电位值的影响不算明显,故最优滚筒转速选择为 38 r/min。

(2) 进行压紧力单因素试验,以确定各压紧力对静电电位的影响关系。滚筒转速选取 38 r/min、摩擦件材料选用丝绸、滚筒材料选用橡胶、测试温度为 25 ℃、湿度为 60%,配重块分别按照 3.5,7.0,10.5,14.0 kg 依次进行试验,通过图 1

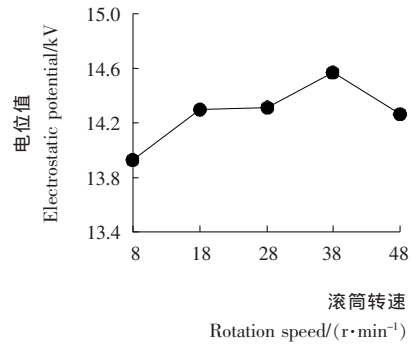


图 2 滚筒转速对静电电位的影响

Figure 2 Test of rotation speed

所示系统采集到电位数据值并计算得到静电电位均值依次为: -14.534, -14.539, -14.565, -14.416 kV, 电位均值的极差为 0.149, 选取电位均值的绝对值绘制关系图见图 3。

从电位均值结果可知 10.5 kg 的配重块产生的电位值最大,而从极差来看,压紧力的变化对静电电位的影响不明显,故最优压紧力选用 10.5 kg。

(3) 进行摩擦件材料单因素试验,以确定各不同摩擦件材料条件下静电电位的变化关系。滚筒转速选取 38 r/min、配重块选取 10.5 kg、滚筒材料选用橡胶、测试温度为 25 ℃、湿度为 60%,摩擦件材料分别按照羊毛毡、丝绸、棉布依次进行试验,通过图 1 所示系统采集到电位数据值并计算得到静电电位均值依次为: -14.329, -14.565, -13.637 kV, 电位均值的极差为 0.928, 选取电位均值的绝对值绘制关系图见图 4。从极差来看,摩擦件材料对电位值的影响较大,故选用电位均值最大的丝绸为最优摩擦件材料。

(4) 进行滚筒材料单因素试验,以确定各不同滚筒材料条件下静电电位的变化关系。滚筒转速选取 38 r/min、配重块选取 10.5 kg、摩擦件材料选用丝绸、测试温度为 25 ℃、湿度为 60%,滚筒材料分别按照 PE 管、高压聚乙烯、橡胶依次进行试验,通过图 1 所示系统采集到电位数据值并计算得到静电电位均值依次为: -12.972, -12.173, -14.567 kV, 电位均值的极差为 2.394, 选取电位均值的绝对值绘制关系图见图 5。

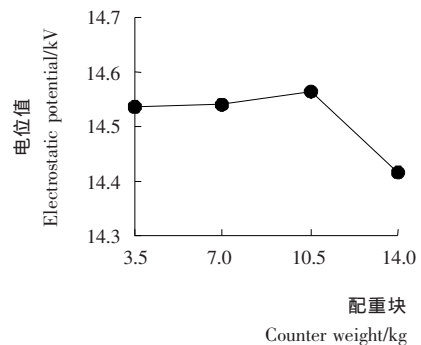


图 3 压紧力对静电电位的影响

Figure 3 Test of pressing force

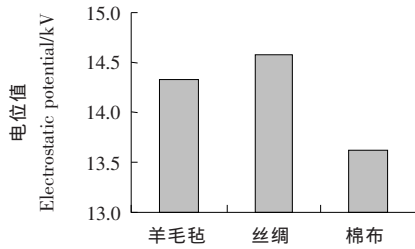


图 4 摩擦件材料对静电电位的影响
Figure 4 Test of friction material

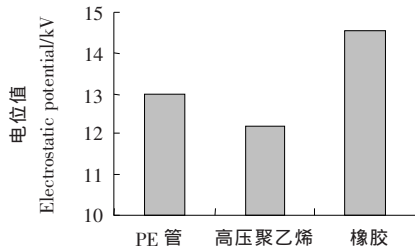


图 5 滚筒材料对静电电位的影响
Figure 5 Test of drum material

从极差来看,不同的滚筒材料对电位值的影响较大,故选用电位均值最大的橡胶为最优滚筒材料。

(5) 进行湿度单因素试验,以确定各湿度条件对静电电位的影响关系。滚筒转速选用 38 r/min、配重块选用 10.5 kg、摩擦件材料选用丝绸、滚筒材料选用橡胶、测试温度为 25 ℃,湿度分别按照 30%,40%,50%,60%,70%,80% 依次进行试验,通过图 1 所示系统采集到电位数据值并计算得到静电电位均值依次为: -14.654, -14.631, -14.611, -14.567, -6.955, -6.378 kV, 电位均值极差为 8.276, 选取电位均值的绝对值绘制关系图见图 6。从极差来看,湿度对电位均值的影响较大,从电位均值来看,只要湿度不高于 60%, 电位值都能维持在较高的水平,故选用低于 60% 的湿度为最优湿度。

2.3 多因素试验

多因素试验选用三水平四因素的 $L_9(3^4)$ 正交试验表进行正交试验,用以确定各影响因素之间的交互作用和主次顺序,选出静电拣梗机产生最大电位值的最优因素组合。

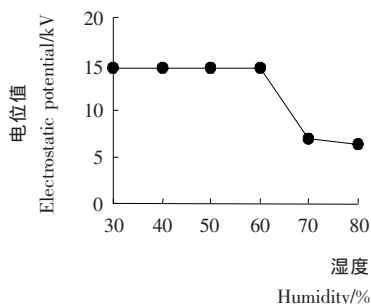


图 6 湿度对静电电位的影响
Figure 6 Test of humidity

首先从机器自身的因素出发,找出影响电位水平的因素主要为滚筒材料、摩擦件材料、滚筒转速、压紧力 4 个因素,利用图 1 所示系统对这 4 个因素进行正交试验一,按照表 1 所示选取因素水平。

表 1 $L_9(3^4)$ 正交试验一因素水平表
Table 1 Factor levels of $L_9(3^4)$ -1

水平	A 滚筒材料	B 摩擦件材料	C 滚筒转速/ (r · min ⁻¹)	D 配重块/kg
1	PE 管	羊毛毡	18	3.5
2	高压聚乙烯	棉布	28	7.0
3	合成橡胶	丝绸	38	10.5

经过对采集到的数据进行分析计算,得出 4 个因素的电位均值极差值依次为 1.312,4.823,4.461,3.211,如表 2 所示。经过对该正交试验的分析,可见机器自身的 4 个因素中,摩擦件材料对电位值的影响最为明显,滚筒转速影响次之,滚筒材料的影响最小,且滚筒材料的影响较其他 3 个因素影响小得多,故忽略滚筒材料的影响,选定合成橡胶为滚筒材料最优水平进行后续正交试验。

表 2 $L_9(3^4)$ 正交试验一结果及分析
Table 2 Test of $L_9(3^4)$ -1

试验号	A	B	C	D	电位均值/kV
1	1	1	1	1	-3.749
2	1	2	2	2	-4.161
3	1	3	3	3	-14.470
4	2	1	2	3	-8.209
5	2	2	3	1	-6.523
6	2	3	1	2	-6.373
7	3	1	3	2	-8.584
8	3	2	1	3	-6.073
9	3	3	2	1	-10.384

k_1	-7.460	-6.847	-5.398	-6.885	
k_2	-7.035	-5.586	-7.585	-6.373	
k_3	-8.347	-10.409	-9.859	-9.584	
R	1.312	4.823	4.461	3.211	

从机器自身因素的正交试验一中得出滚筒材料的影响最小,且由单因素试验中可知湿度因素对静电电位影响明显,故利用湿度因素替换滚筒材料因素,选择摩擦件材料、湿度、滚筒转速和压紧力 4 个因素进行正交试验二,按照表 3 所示选取因素水平。

经过对采集到的数据进行分析计算,得出 4 个因素的电

位均值极差依次为:1.614,7.180,0.454,0.093,如表 4 所示。可见湿度对静电电位的影响相当明显,而滚筒转速、压紧力的影响相对很小。根据极差来看,4 个因素的交互作用不是很明显。然后根据电位均值的大小,选取各因素中产生最大电位均值的条件为最优条件即:滚筒材料为合成橡胶,滚筒转速为 38 r/min,配重块选用 10.5 kg,摩擦件材料为丝绸,湿度控制在 60%及以下。

表 3 $L_9(3^4)$ 正交试验二因素水平表
Table 3 Factor levels of $L_9(3^4)-2$

水平	A 滚筒转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	B 配 重块/kg	C 摩擦件 材料	D 湿度/%
1	18	3.5	羊毛毡	40
2	28	7.0	棉布	70
3	38	10.5	丝绸	60

表 4 $L_9(3^4)$ 正交试验二方案、结果及分析
Table 4 Test of $L_9(3^4)-2$

试验号	A	B	C	D	电位 均值/kV
1	1	1	1	1	-14.102
2	1	2	2	2	-6.940
3	1	3	3	3	-12.522
4	2	1	2	3	-14.322
5	2	2	3	1	-12.705
6	2	3	1	2	-7.134
7	3	1	3	2	-5.860
8	3	2	1	3	-14.400
9	3	3	2	1	-14.667
k_1	-11.188	-11.428	-11.879	-13.825	
k_2	-11.387	-11.349	-11.976	-6.645	
k_3	-11.642	-11.441	-10.362	-13.748	
R	0.454	0.093	1.614	7.180	

2.4 拣梗率测试

将待拣茶叶 19.8 kg 放置在静电拣梗机上进行不同最大电位值条件下的多次拣梗试验,拣梗率测试条件和结果见表 5。由表 5 可知,随着最大静电电位的增大,拣梗率呈上升趋势,故欲提高拣梗率,首先应该从提高静电电位出发,对影响静电电位的因素进行优化。从上文静电电位的单因素和多因素试验来看,两试验的结果基本吻合,均从影响静电电位的各因素着手,试验确定了产生最大电位值的最优结果,即当选择滚筒材料为合成橡胶,滚筒转速为 38 r/min,配重块选用 10.5 kg,摩擦件材料为丝绸,湿度控制在 60%及以下

表 5 拣梗率测试

Table 5 Stalk rate test

最大静电电位/kV	待拣茶/kg	拣出杂物重量/kg	拣梗率/%
-18.5	19.8	0.145	0.732
-24.0	19.8	0.335	1.692
-28.0	19.8	0.375	1.894
-33.0	19.8	0.397	2.005

时可使静电拣梗机摩擦滚筒产生的整体电位值最大,拣梗率最高。

3 结论

利用 LabVIEW 软件平台设计了用于测试静电拣梗机静电电位的测试系统,从影响静电拣梗机摩擦滚筒静电电位的 5 个因素(滚筒材料、摩擦件材料、滚筒转速、压紧力、湿度)着手,通过该系统对摩擦滚筒表面静电电位进行了单因素和多因素共 7 组试验,得出了提高整体静电电位的最优方案,并通过实际拣梗试验验证了提高最大静电电位对提高拣梗率的作用。

参考文献

- 刘家坤. 茶叶译丛(一)——世界农业丛刊[M]. 北京:农业出版社,1981.
- 陈帅,杨永发,孙有祥. 滚筒摩擦式静电拣梗机机理研究[J]. 林业机械与木工设备,2013,41(1):24~26.
- 赵和涛. 静电拣梗机工作原理及影响性能主要因素[J]. 茶机设计与研究,1990(1):15~17.
- 张珍,陈凡. 静电测量的应用[J]. 中原工学院学报,2003(8):109~110,119.
- 毛六平,唐艳,谭政华. 静电测量及其程序设计[J]. 仪表技术与传感器,2001(1):21~22,41.
- 常天海,成静静. 基于虚拟仪器的静电电位的测试系统[J]. 科学技术与工程,2009,9(24):7 310~7 314.
- 常天海,尹俊勋. 动态作业过程中静电电位的模拟测试技术[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2008,36(8):132~135.
- 杨乐平,李海涛,肖相生. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
- 刘君华,申忠如,郭福田. 现代测试技术与系统继承[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- 陶薇薇. 基于 LabVIEW 数据采集系统的设计[D]. 天津:南开大学,2009.