

啤酒花筛选原理与实验研究

史建新 曾海峰 王晓喧 康秀生
(新疆农业大学)

摘要: 阐述了用振动筛分选啤酒花的基本原理, 对筛上物运动学特性进行了分析, 结合实验结果确定了提高啤酒花分选质量的相关参数, 研究结果为啤酒花摘花机的设计提供了参考, 在啤酒花的机械采收中有实用价值。

关键词: 啤酒花; 振动筛; 分选

啤酒花的机械采收由两部分组成, 第一部分是花、叶从枝上摘下, 第二部分是花从摘下的混合物中分出。目前, 国外广泛采用倾斜输送带式分选机构分选啤酒花。这种分选机构是利用花、叶在倾斜输送带上的下滑(下滚)角不同来分离啤酒花。其缺点是: 当喂入不均匀, 花、叶有堆积时会造成相互干扰, 花、叶难以分开, 或因花体在带上的姿态而不能下滚等, 都会带来啤酒花的损失(实验表明两级分选带损失有时可高达 30% 以上)。为了减少损失就要增加输送带的级数(国外啤酒花带式分选机构达 6~8 级输送带), 这是造成啤酒花摘花机分选机构结构庞大、造价高的重要原因。

振动筛分选最突出的特点是能有效地抖散堆积的花、叶, 减少夹带, 并可使花体在筛面上不断改变姿态, 这有利于花叶分离, 从而减少啤酒花的损失, 减少分选机构的级数, 降低啤酒花摘花机的造价。

1 啤酒花筛选原理

1.1 筛选机构及主要参数

啤酒花筛选的振动筛机构简图如图 1 所示。筛体为粗糙面木板, 它由两个相互平行长度相等的杆吊起, 并由曲柄摇杆机构驱动。

K 为曲柄半径, A 为筛面与水平面的夹角, B 为振动线与筛面夹角, X 为振动筛曲柄转速, H 为曲柄转角, H 为起跳相位角。

1.2 啤酒花、叶在筛面上的运动分析

如图 1 所示吊杆长度比曲柄半径 K 大的多, 吊

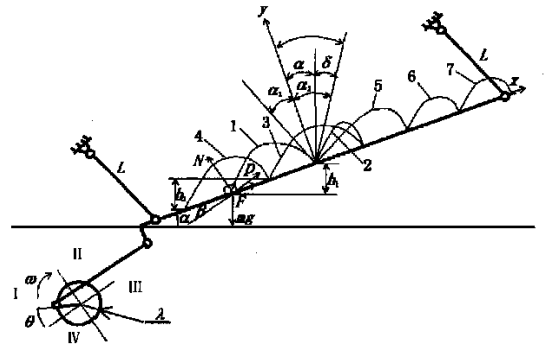


图 1 振动筛机构简图

Fig 1 Screening machine diagram

杆、连杆作微幅摆动, 角度可视为不变。因此筛面的运动方程为

$$s = K(1 - \cos H); \quad v = \frac{ds}{dt} = XK \sin H$$

$$a = \frac{dv}{dt} = X^2 K \cos H$$

当曲柄处于第一象限时, 筛面向右加速运动, 此时筛面上的物料受到 3 种力: 重力 mg ; 筛面法向反力 N ; 筛面摩擦力 F_d 。根据运动学原理在物料上加一假想惯性力 $p = ma$ 。

为使花叶混合物抖散, 当曲柄处于第二象限时, 振动筛要将筛上物料抛起, 其条件是物料与筛面间的法向力小于零, 惯性力垂直于筛面的法向分力足够大, 即

$$p \sin B > mg \cos A$$

由此得

$$K > \frac{g \cos A}{X^2 \cos H \sin B}; \quad X > \sqrt{\frac{g \cos A}{K \cos H \sin B}}$$

选定的振动筛曲柄转速与筛体振幅只要满足以上条件, 筛面上的物料就会被抛起。抛起的物料中有

收稿日期: 1999211201

史建新, 副教授, 乌鲁木齐市 新疆农业大学机械交通学院, 830052

已散开的花和叶,也有夹带成团的花、叶混合体,后者会在下落与筛面的碰撞中抖开。在花、叶与筛面不断接触的过程中,花和叶会因不同的物料特性分别沿 1、2、3、4 和 1、5、6、7 路线运动,从而实现花叶分离。花、叶在振动平面筛上分离的基本原理是:首先,花体与叶片的弹性有很大差别,叶片与筛面相碰几乎没有反弹,加之叶片的迎风面远大于花体,风阻大,抛起下落时的运动速度均小于花体,故在振动筛面上叶片是抛离筛面而花体是弹离筛面;其次,经历几次弹跳,花体的入射角会因筛面倾角的增加等因素而逐渐减小最终形成回弹,而叶片回弹的可能不大,只是向前抛。

根据物体碰撞运动原理,当筛体质量 m_2 与花体质量 m_1 相比有 $m_2 \gg m_1$, 则两者碰撞前后的入射角和反射角分别为

$$A = \arctan \frac{v_{1x}}{v_{1y}}; \quad A' = \arctan \frac{v_{1x}'}{k v_{1y}'}$$

式中 A 、 A' ——花体入射角和反弹角; k ——弹性恢复系数; v_{1x} 、 v_{1y} ——花体沿筛面和垂直于筛面的相对入射分速度。

当花体与筛面相碰时有

$$v_{1x}' = v_{0x} + KX \cos H \cos B; \quad v_{1y}' = v_{0y} + KX \cos H \sin B$$

其中 v_{0x} 、 v_{0y} 分别为花体入射前平行于筛面和垂直于筛面的分速度。如图 1 所示, $D = A' - A$ 当 $D > 0$ 时花体向前跳,当 $D < 0$ 时花体向后跳。增大 B 有利于减小 A' ,但因振动筛筛面分速度下降,减小了叶片在筛面上的移动速度干扰后续花的分离,使叶片难以分出。增大 A 有利于花体后抛,但过大的 A 会使叶片下落在花中,造成花中含杂过多。防止叶片下落的条件为

$$F_d - mg \sin A - p \cos B \leq 0 \quad A \leq \arcsin \left(\frac{F_d - p \cos B}{mg} \right)$$

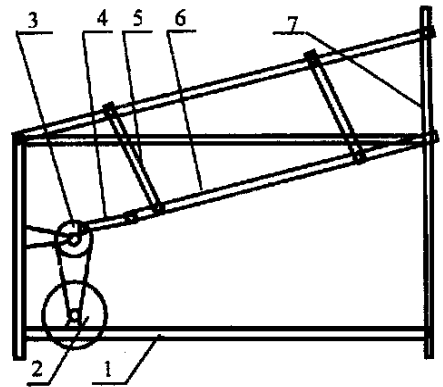
其中 $F_d = L_d N$, $p = m X^2 K \sin H$ L_d 为叶片与筛面的当量摩擦系数由实验测得,对实验所用啤酒花品种其值介于 112~ 0165 之间。

2 啤酒花分选实验

振动筛的参数是影响啤酒花分选的主要因素,但物料喂入量以及物料本身的特性(如花叶比,花体形状等)也会对啤酒花分选效果产生影响,从而影响振动筛参数的选择,通过实验可以找出它们之间的相互关系,从而确定较合适的振动筛的参数。

2.1 实验设备

本实验所用的实验设备简图如图 2 所示:筛板是长 2 m,宽 0.15 m 的粗糙木板,曲柄半径为 20 mm,吊杆长度为 280 mm,各实验参数都可以按照需要方便的调节。通过调节倾角调节杆可方便地改变筛面倾角 A 通过调节摆杆与筛子的铰接位置可调节振动方向角 B ,通过调节调速电机的转速可改变曲柄转速 X ,啤酒花花叶混合物由输送带喂入,输送带用另一台电机驱动(图中未标出)以利于控制喂入量 q 的恒定性、均匀性,花叶混合物由输送带输到振动筛中部,一次连续喂入花叶混合物 10 kg 左右。酒花叶从筛子右上端抛出,落入容器收集待测,花体从筛子左下端滚落并收入容器待测。



11 机架 21 调速电机 31 曲柄 41 摇杆
51 摆杆 61 筛面 71 调节杆

图 2 试验台架简图

Fig 2 Testing frame diagram

2.2 实验及实验结果分析

2.2.1 选因子实验

影响啤酒花分选质量的因素比较多,通过此实验选出对实验指标影响较大的因素,剔除干扰因素。

实验因素为:振动方向角 B 筛面倾角 A 曲柄转速 X 喂入速度 v_0 。

实验指标为:酒花损失率 $y_1 = (\text{漏选的酒花质量} / \text{酒花总质量}) \%$, 叶片夹带率 $y_2 = (\text{漏选的叶片质量} / \text{叶片总质量}) \%$

经检验,各实验因素中对酒花损失率及叶片夹带率影响最大的因素均为筛面倾角,其次为振动方向角和曲柄转速,喂入速度对酒花损失率,叶片夹带率影响都不显著,因此在进一步实验中不再包括此因素。

2.2.2 多元回归实验

实验采用通用旋转设计,最终得到的二次回归方程在预测因子空间中的最佳点时具有直接可比

性,也就是说可把二次方程的最优解直接作为最佳实验点。各实验参数的设定和编码情况如表 1 所示。实际值与编码值的关系为

- B 为振动方向角实际值, $X_1 = (B - 20) \div 412$
- A 为筛面倾角实际值, $X_2 = (A - 26) \div 1178$
- X 为曲柄转速实际值, $X_3 = (X - 225) \div 1315$

表 1 实验因子编码表

Fig 1 The code table of experimental factor

名称	实验因子		
	振动方向角 B/°	筛面倾角 A/°	曲柄转速 X/r·min ⁻¹
零水平	20	26	225
变化区间	412	1178	1315
+ r(11682)	27	29	24715
1	2412	27178	23815
编码 X _j	0	20	225
- 1	1518	24132	21115
- r(- 11682)	13	23	20215

限于篇幅未列出实验的具体结果表,经显著性检验发现各回归系数都显著,最终所得的酒花损失率 y₁ 与叶片夹带率 y₂ 的回归方程如下

$$y_1 = 1.856124 - 38127B - 128115A - 917X + 014BA + 010476BX + 0187AX + 0198B^2 + 1106A^2 + 0100104X^2 \quad (1)$$

$$y_2 = 2.69313 - 70175B - 172128A - 112X + 0172BA + 01073BX + 01148AX + 0123B^2 + 1142A^2 + 0100763X^2 \quad (2)$$

失拟平方和检验表明,方程(1)失拟平方和小于 F₀₁₀₅,方程(2)失拟平方和小于 F₀₁₀₁大于 F₀₁₀₅,这说明方程(1)的失拟平方和是由实验误差等偶然误差因素所引起的,方程(2)存在一定程度的失拟。

回归平方和检验表明两方程都高度显著,显著水平都为 A=01001。

根据以上回归方程,可以模拟出实验指标随各参数变化的情况,利用最优化方法,还可求得 3 个因素的最佳组合方案。对酒花损失率与叶片夹带率之和 $y = ay_1 + by_2$ 求最小值(a, b 为权值),取 a=1, b=1(认为酒花损失率与叶片夹带率同等重要)得到理论最佳点为:振动方向角 2117°;筛面倾角 2514°;曲柄转速 210 r/min,此时酒花损失率为 318%,叶片

夹带率为 319%。

21213 验证实验

分别改变各因素得到一系列实验点。

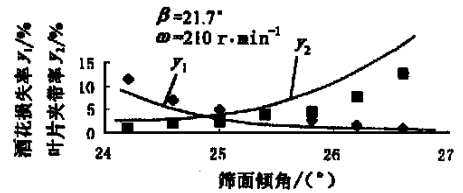


图 3 筛面倾角与 y₁, y₂ 的关系

Fig 3 The relationship between the angle of the screen and the percentage of y₁ & entrapped leaves y₂

在图 3 中筛面倾角 2514 为最佳预测点,在此点附近的较佳实验点为:筛面倾角为 2514 时,酒花损失率为 413%,叶片夹带率为 4%;筛面倾角为 2518°时,酒花损失率为 219%,叶片夹带率为 419%。

3 结 论

- 1) 理论分析的结果与实验结果基本符合。
- 2) 理论分析和实验结果表明用单级(或两级)振动筛式啤酒花分选机构代替多级倾斜输送带式啤酒花分选机构是可行的。
- 3) 用振动筛分选啤酒花的分选效果主要与振动筛结构参数有关,所建立的回归模型可用于振动分选效果的模拟。

[参 考 文 献]

- [1] 李建平,沈永仁,赵 匀 物料在抖动输送板上运动的计算机模拟与实验研究 农业机械学报,1998,29(3): 95~ 98
- [2] 史建新,王晓暄 啤酒花花叶分离特性研究 新疆农机学会 97 年年会论文集,新疆石河子市,1998
- [3] 波兰卡那沃依期基著 收获机械 曹崇文等译 北京:农业机械出版社,1983
- [4] 史建新等 4PB 250 型啤酒花摘花机 农机与食品机械,1998(1): 25
- [5] 史建新等 啤酒花摘花机构的试验研究 新疆农业大学学报,1997(3): 68~ 71
- [6] 李自华,柯保康等 农业机械学(下册).北京:农业出版社,1980

Mechanism and Experimental Research on Hops Separation With Vibrating Screen

Shi Jianxin Zeng Haifeng Wang Xiaoxuan Kang Xiusheng

(Xingjiang Agricultural University, Urumqi 830052)

Abstract Separating hops with vibrating screen can greatly downsize the separation part of hops picking machine and reduce the manufacturing cost of the hops picking machine. The basic principles of hops separation with vibrating screen was discussed and the kinematical property of material on the screen was analyzed in this paper. Experiments showed that the separation quality was mainly influenced by the angle of vibrating direction, the angle of inclination of the vibrating screen and the revolution speed of the crank. Based on the experiments a mathematical model was established. It can be used to simulate the separation quality and optimize the parameters to improve separation process.

Key words: hops; vibrating screen; separation

《第二代节能日光温室建造及蔬菜栽培技术》光盘教学片正式出版发行

电视教学片《第二代节能日光温室建设及蔬菜栽培技术》由甘肃省科委政策法规与体制改革处、甘肃农业科学院蔬菜研究所、农业部规划设计研究院设施农业研究所联合摄制,全国农业技术推广服务中心监制,甘肃省声像教材出版社出版发行。

全片共分 4 集,分别讲述日光温室建设和配套设施、嫁接技术和蔬菜优质高产栽培技术。其中第 1 集将第二代节能日光温室分为优化通用型、茄果类专用型、食用菌专用型、种养结合型以及轻质装配移动式 5 种结构开花,针对其特点分别提出了各自不同的光、温、强度指标和基本设计参数,并详细介绍了它们对建筑材料的要求、土建施工方法和扣膜技术以及机械卷膜机构和自动通风控温系统的安装方法。第 2 集主要介绍嫁接技术。分别介绍了靠接、插接、劈接、斜切接等基本嫁接方法和嫁接原理,在此基础上详细介绍了黄瓜、西葫芦、茄子、西葫芦等主要栽培品种从砧木选育、种子处理、播种方法、嫁接技术以及接后管理等主要技术环节,还提出了壮苗标准。最后讲解了 CO₂ 施肥技术的内容。第 3 集和第 4 集分别介绍黄瓜、番茄、西葫芦、甜瓜、茄子、辣椒等果菜类蔬菜的优质高产栽培技术,包括栽培品

种的生物学特性、品种选择、茬口安排以及育苗、定值、栽培和病虫害防治等关键技术和最新方法。

该片配套有 1 本 11 万多字的书,书中除介绍教学片的内容外,还对苦瓜、绿菜花、西芹、豇豆、菜豆等特菜品种和食用菌日光温室高效栽培技术作了详细的介绍。该片系根据近年来一些权威科研单位和部门对节能日光温室的科研成果和应用实践编制而成,技术可靠,实用性强。教学片采用 VCD 制作方式,可以在计算机光驱或 VCD 机上播放,可视性强,能直接指导农民进行日光温室的建造和生产,是一部非常实用的农村科普片,适合于我国北方地区广大农村推广应用,亦可为大专院校师生和科技推广人员作教学使用。

本片一套 4 盘,配书 1 本,全套定价 200 元。有需要者请与农业部规划设计研究院设施农业研究所联系。如需邮购,另加 10% 邮费。

联系地址:北京市朝阳区东三环北路 16 号
农业部规划设计研究院设施农业研究所

联系人:周长吉 邮政编码:100026

联系电话:(010)64192990 64192918(兼传真)
(本刊辑)