

往复振动平面筛分选大豆的试验研究*

郝心亮

(中国人民解放军农牧大学)

摘 要 为综合研究筛子工作参数对筛上谷物运动和筛下物获选率的影响,对筛面倾角、曲柄半径、曲柄转速和振动方向角进行了正交旋转设计。用 ^{60}Co γ 示踪技术测试了筛上谷物运动,分别建立了谷物运动速度、筛下物获选率与筛子工作参数之间的回归方程,分析了谷物运动速度对筛下物获选率的影响,提出了两组筛子最佳工作参数。

关键词 往复振动平面筛 示踪技术 回归方程

研究筛上谷物运动对筛下物获选率的影响和筛子工作参数对谷物运动、筛下物获选率的影响,对于合理地设计筛子工作参数、提高筛分性能具有重要意义。文献[1,2]用示踪技术测试了圆筒筛中谷粒的轴向运动速度和平面筛上小谷粒在谷层中的沉降速度。但这方面研究还较少,缺少对筛子工作参数、筛上谷物运动和筛下物获选率的综合性研究。本文用 ^{60}Co γ 示踪技术测试了筛上谷物运动,综合研究了筛子工作参数对谷物运动速度和筛下物获选率的影响,分析了谷物运动速度对筛下物获选率的影响和谷粒间的运动差异。

1 试验设备和方法

1.1 试验设备

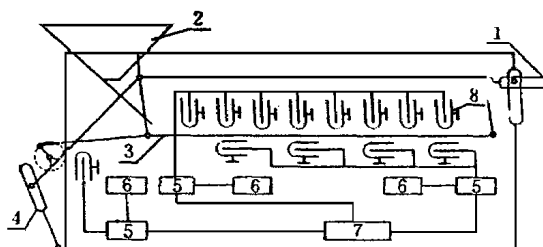
本研究所用设备如图1所示。喂入装置的喂入量以及分离装置的筛面倾角、曲柄半径、曲柄转速和振动方向角可调,以满足试验的需要。筛面的有效尺寸为 $100\text{ cm} \times 40\text{ cm}$,筛孔尺寸为 $\phi 0\text{ mm}$ 。

1.2 试验材料

将购入的商品粮大豆用 $\phi 5\text{ mm}$ 和 $\phi 0\text{ mm}$ 的圆孔筛分选出 $\phi 5\text{ mm}$ 圆孔筛的筛上物和 $\phi 0\text{ mm}$ 圆孔筛的筛下物,将二者按160:52的质量比混合为试验物料。选择 $7.6\text{ mm} \times 7.3\text{ mm} \times 7.0\text{ mm}$ 和 $6.0\text{ mm} \times 5.7\text{ mm} \times 5.5\text{ mm}$ 的两颗豆粒进行 ^{60}Co 标记,作为示踪谷粒。

1.3 试验方法

用四因素正交旋转设计方法^[3]对筛子工作参数进行试验设计,测试筛上谷物移送速度、小谷粒在谷层中沉降速度和筛下物获选率。试验因素及编码见表1。



1 筛面倾角调节机构 2 喂入装置 3 分离装置
4 振动方向调节机构 5 前置放大器 6 定标器
7 SC16型光线记录示波器 8 G-M γ 计数器

图1 试验设备配置图

Fig 1 Scheme of experimental equipment

收稿日期: 1998-05-28

郝心亮, 副教授, 长春市西安大路175号 中国人民解放军农牧大学农学农机系, 130062

在筛箱的一侧平行于筛面设置 4 个铅准直屏蔽 G-M γ 计数器, 准直缝的中心面调节在筛面的最低位置平面上。在筛长方向间隔 13 cm 设置 8 个垂直于筛面的铅准直屏蔽 G-M γ 计数器。在曲柄上一点标记⁶⁰Co 封闭源, 在曲柄外侧设置一个铅准直屏蔽

表 1 试验因素及编码

Tab 1 Experimental factors and coding

试验因素	编码记号	编 码				
		- 2	- 1	0	1	2
筛面倾角/(°)	X_1	4	5	5	7	8
曲柄半径/mm	X_2	5	6	7	1	10
曲柄转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	X_3	340	400	460	520	580
振动方向角/(°)	X_4	6	8	10	12	14

G-M γ 计数器, 用来记录曲柄的转角。试验时, 将示踪谷粒从筛子前端第一个垂直于筛面的计数器处投于谷层表面, 示踪谷粒随谷物一起运动, 从计数器准直缝前面通过时, 示踪谷粒所放出的 γ 射线被计数器接收并转变成电信号, 通过前置放大器、定标器和光线记录示波器记录在纸带上。第一个垂直于筛面方向的计数器输出信号到平行于筛面的计数器输出信号所经历的时间就是小尺寸示踪谷粒从谷层表面沉降到筛面所用的时间, 由此时间和谷层厚度可计算小谷粒在谷层中的沉降速度。由两垂直于筛面方向的计数器输出信号之间的时间间隔和两计数器之间的距离可计算谷物在该区间的移送速度。

按下式计算筛下物获选率: $\text{筛下物获选率} = \frac{\text{筛下谷物的质量}}{\text{被筛物中所含可筛下谷物的质量}} \times 100\%$

2 试验结果及其分析

2.1 筛子工作参数对筛上谷物运动和筛下物获选率的影响

对各测试指标和筛子工作参数的试验结果进行回归分析, 可分别建立各测试指标与筛子工作参数之间的回归方程。表 2 给出了各回归方程及其 F 检验结果。表中 v_1 、 v_{H1} 和 Y_1 分别为 1.0 kg/s 喂入量下的谷物移送速度、小谷粒在谷层中的沉降速度和筛下物获选率, v_2 和 Y_2 分别为 0.3 kg/s 喂入量下的谷物移送速度和筛下物获选率。

表 2 回归分析结果

Tab 2 Results of regressive analysis

回 归 方 程	F 检 验
$v_1 = 21.06 + 2.89X_1 + 5.16X_2 + 5.54X_3 + 0.94X_4 + 0.63X_1X_2 + 0.64X_1X_3 + 1.82X_2X_3 + 0.49X_2X_4 + 0.52X_3X_4 + 0.33X_3^2$	$F_1 = 1.68 < F_{0.1}(10, 11)$ $F_2 = 52.23 > F_{0.01}(14, 21)$
$v_2 = 17.17 + 2.16X_1 + 5.44X_2 + 6.03X_3 + 0.83X_4 + 0.91X_1X_2 + 1.67X_2X_3 + 0.73X_1^2 + 0.64X_2^2 + 1.23X_3^2$	$F_1 = 2.22 < F_{0.1}(10, 11)$ $F_2 = 56.33 > F_{0.01}(14, 21)$
$Y_1 = 64.07 + 3.31X_1 + 5.79X_2 + 4.47X_3 + 1.1X_4 - 2.39X_1X_2 - 3.48X_1X_3 - 8.64X_2X_3 - 1.27X_3X_4 - 5.92X_2^2 - 6.01X_3^2$	$F_1 = 1.29 < F_{0.1}(10, 11)$ $F_2 = 59.3 > F_{0.01}(14, 21)$
$Y_2 = 72.42 - 4.85X_1 - 14.87X_2 - 18.03X_3 - 1.11X_4 - 1.97X_1X_2 - 1.23X_1X_3 - 6.24X_2X_3 - 1.52X_3X_4 - 1.96X_2^2 - 3.95X_3^2$	$F_1 = 0.55 < F_{0.25}(10, 11)$ $F_2 = 126.8 > F_{0.01}(14, 21)$
$v_{H1} = 9.61 + 1.18X_1 + 1.2X_2 + 0.3X_4 - 0.59X_1X_3 - 1.38X_2X_3 - 1.03X_2^2 - 1.09X_3^2$	$F_1 = 0.92 < F_{0.25}(10, 11)$ $F_2 = 6.19 > F_{0.01}(14, 21)$

由表中的 F 检验结果可知, 各回归方程与实际情况拟合较好, 近似反映了测试指标与筛子工作参数之间的数量关系, 可用来分析各参数对指标的影响, 或根据要求的指标设计筛子的工作参数。各回归方程中, 不仅含有各参数的一次项和二次项, 还含有参数之间的交互项。这表明, 筛子各工作参数对指标的综合影响不是单个参数影响的简单叠加, 某一参数对指标的影



响随其它参数的变化而变化, 为提高筛子的分离性能, 应使筛子的各工作参数处于最佳组合状态。由回归方程中各项的系数可知, 曲柄半径和曲柄转速对筛上谷物移送速度、小谷粒在谷层中的沉降速度和筛下物获选率的影响较大, 筛面倾角的影响次之, 振动方向角的影响最小。

2 2 谷物运动速度对筛下物获选率的影响

对试验测得的 Y_1 和 v_1 、 Y_2 和 v_2 、 Y_1 和 v_H 进行回归分析, 可分别建立两种喂入量下的筛下物获选率与谷物移送速度及与小谷粒在谷层中沉降速度之间的回归方程:

$$Y_1 = -27.61 + 6.79v_1 - 0.13v_1^2 \quad Y_2 = 111.5 - 1.84v_2 - 0.02v_2^2$$
$$Y_1 = -22.61 + 16.02v_H - 0.72v_H^2$$

图 2 给出了筛下物获选率与谷物运动速度之间的回归曲线和试验结果的散点图。由图 2a 可知, 在 0.3 kg/s 喂入量下, 较高的筛下物获选率所对应的谷物移送速度为 10 cm/s 左右; 在 1.0 kg/s 喂入量下, 较高的筛下物获选率所对应的谷物移送速度为 25 cm/s 左右; 谷物移送速度过大或过小都会使筛下物获选率降低。这表明, 较高的筛下物获选率对应着一定的谷物移送速度, 当喂入量增大时, 较高的筛下物获选率所对应的谷物移送速度向增大方向偏移。由图 2b 可知, 较高的筛下物获选率出现在较大的小谷粒沉降速度处; 随着小谷粒沉降速度的减小, 小谷粒沉降速度对筛下物获选率的影响增大。

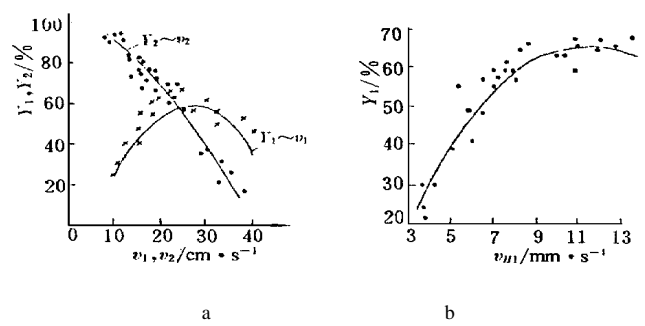


图 2 谷物运动速度对筛下物获选率的影响
Fig 2 The effect of grain moving velocity on the percentage of siftings

2 3 筛子工作参数的优化

为寻求筛子的最佳参数组合, 以筛下物获选率与筛子工作参数之间的回归方程为目标函数, 以筛下物获选率最大为目标, 以试验区间为约束, 对筛子工作参数进行优化设计, 结果见表 3。

表 3 筛子工作参数的优化结果
Tab 3 Optimized results of the screen working parameters

喂入量 /kg · s ⁻¹	优 化 结 果				试验台验证结果		
	X ₁ /(°)	X ₂ /mm	X ₃ /r · min ⁻¹	X ₄ /(°)	筛下物获选率 /%	Y [*] /%	v [*] /cm · s ⁻¹
1.0	2 (10)	1 (10.10)	-1 (400)	2 (14)	75.64	75.37	25.70
0.3	-2 (4)	0.5 (9.35)	-2 (340)	2 (14)	101.96	99.61	9.12

表中括号内的数字为筛子工作参数值, 括号上面的数字为对应参数编码后的值, Y^* 和 v^* 分别为筛下物获选率和谷物移送速度的试验台测试结果。试验台验证结果表明, 优化结果正确, 可供设计分离装置时参考。对比两种喂入量的优化结果可知, 喂入量变化时, 筛子的最佳参数组合及其所对应的最大筛下物获选率都随之变化, 喂入量增大时, 最大筛下物获选率减小, 对应的筛子工作参数和谷物移送速度向增大方向偏移。

2 4 不同大小谷粒的移送速度测试结果及分析

为研究不同谷粒之间和谷层中不同位置之间的移送速度差异, 在 1.0 kg/s 喂入量及其最

佳参数组合下,测试了不同大小两颗示踪谷粒的移送速度 v 沿筛长 L 方向的变化,结果见图 3。由图可见,大尺寸示踪谷粒的移送速度沿筛长方向的变化不明显,而小尺寸示踪谷粒的移送速度沿筛长方向减小。大尺寸示踪谷粒因其几何尺寸较多数谷粒大,在运动过程中处于谷层的表面或上层;小尺寸示踪谷粒因其几何尺寸较多数谷粒小,在运动过程中边沿筛长方向运动边由谷层表面向筛面方向沉降。因此,图 3 结果表明,小谷粒的移送速度小于大谷粒的移送速度,谷层中下层的移送速度小于上层的移送速度。

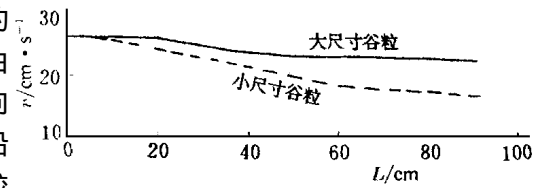


图 3 不同谷粒移送速度沿筛长方向的变化

Fig 3 Change of the grain velocity along the longitudinal direction of screen for different types of grain

3 结 论

1) 分别建立了谷物移送速度、小谷粒沉降速度、筛下物获选率与筛子工作参数之间的回归方程。曲柄半径和曲柄转速对谷物移送速度、小谷粒沉降速度的筛下物获选率的影响较大,筛面倾角的影响次之,振动方向角的影响最小。2) 较高的筛下物获选率对应着较大的谷粒沉降速度和一定的谷物移送速度,当喂入量增加时,较高的筛下物获选率所对应的谷物移送速度向增大方向偏移。3) 筛子的最佳参数组合随喂入量的改变而变化。喂入量增加时,对应的最佳参数向增大方向偏移。本文给出了两种喂入量下的最佳参数组合,供设计时参考。4) 在筛子最佳参数组合下,谷层中小谷粒的移送速度小于大谷粒的移送速度,下层谷物的移送速度小于上层谷物的移送速度。5) 受试验区间的限制,本文所建立的回归方程在试验区间内适用,所提出的最佳参数组合是试验区间内的最佳参数。

参 考 文 献

- 1 于凤义,周洪杰等 用示踪方法测试谷物清选机械中质点的移动速度 核农学通报,1992,13(6): 277~279
- 2 程万里,程 革等 筛分机理的研究 农业机械学报,1989,20(2): 9~15
- 3 徐仲儒编 农业试验最优回归设计 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1988 62~203

Experimental Study on Soybean Cleaning Using Reciprocating Vibration Screen

Hao Xinliang

(University of Agricultural and Animal Science of PLA, Changchun, 130062)

Abstract To study the effect of screen working parameters on the motion of the oversize and on the sifting percentage of the siftage, the orthogonal design was made in terms of sifter angle, crank radius, crank speed and vibrating angle. The motion of the oversize was tested by means of ^{60}Co γ tracer technique and the regression equation was made about the screen working parameters. The effect of the grain motion on the sifting percentage of the siftage was analysed and two sets of optimum screen working parameters were obtained.

Key words reciprocating vibration plane screen, tracer technique, regression equation