

## 带绒棉种介电分选的试验研究

米双山 曹崇文

(中国农业大学机械工程学院)

**摘要** 研制了介电式带绒棉种分选机,对影响分选效果的各因素进行了分析,对不同含绒率的棉种进行了分选电压的单因素试验。结果表明:分选电压是影响分选效果的主要因素之一,随着分选电压的增大,种子的分选效果得到提高;棉种的含绒率是影响分选效果的另一主要因素,为了得到好的分选效果,分选前必须将棉种进行剥绒加工,使其含绒率为10%左右。

**关键词** 带绒棉种;介电分选;分选机

**分类号** S 226.5

## Experimental Study on the Dielectric Separation of Fluffy Cotton seed

M i Shuangshan Cao Chongwen

(College of Machinery Engineering, CAU)

**Abstract** A dielectric separator for fluffy cottonseed was developed. All of the factors affecting the separating quality were analyzed. Single-factor experiment of separating voltage on fluffy cottonseed with different lint content was made. The result shows that the separating voltage is one of the main factors affecting the separating quality, and the separating quality will be improved as the voltage increasing. Another factor is the cottonseed lint content. The cottonseed must be delinted before separating and its lint content must be reduced to 10% or so, in order to get better separating quality.

**Key words** fluffy cottonseed; dielectric separating; separator

棉花种子带有绒毛,流动性差,利用传统的机械式分选方法无法剔除不健康种子,国内外常采用将棉种化学脱绒后再精选的加工工艺。化学脱绒存在着很多缺点:其一是设备投资大,加工成本高;其二是操作难度大,不易掌握酸的配比浓度和碱的中和量,稍有差错即造成种子的损伤,甚至使整筒种子报废,并且棉种经泡沫酸脱绒后,表面会残留一定量的硫酸,会造成对种子的腐蚀,影响发芽率<sup>[1]</sup>;第三是脱绒后的种子对病虫害以及不利的自然环境尤其是低温、高温的抵抗力减弱。因而棉花专家更倾向于播种带绒的棉种<sup>[2]</sup>。

介电分选是根据种子的粒重及介电常数的差异进行分选的一种新方法。这种方法具有受环境因素影响小、分选确定性好等优点,可适用于不同形状、不同粒度种子的分选作业。介电分选要求种子必须单层并均匀地分布到分选滚筒上,因此,只要将带绒棉种按此要求喂入到分选

收稿日期: 2000-04-26

农业部重点课题

米双山,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)48信箱,100083

滚筒上,就可实现其分选作业。据此,笔者研制了介电式带绒棉种分选机,并对其分选规律进行了试验研究。

### 1 介电式带绒棉种分选机及分选机理

#### 1.1 分选机机构及工作原理

介电式带绒棉种分选机主要由喂入机构、分选滚筒、种刷、接料斗、动力传动部分和电器控制系统等组成,图1为分选机结构示意图。

喂入机构主要由喂料辊(上面均匀地布置12排拨齿)和梳种板组成,种箱里的带绒棉种在喂料辊拨齿的带动下,通过梳种板的齿孔落到下滑板上,而后滑落到分选滚筒上,从而实现带绒棉种的均匀单粒喂入。

分选滚筒是介电分选机的关键部件,它由胶木滚筒和缠绕在上面的分选电极组成。在滚筒的表面包有一层绝缘纸,2根特制的电极导线在滚筒上平行缠绕,一端与高压变压器相联,由电路控制系统供给交流电并通过调压器控制分选电压;另一端开路。为了满足用户对分选质量的要求,分别研制了双滚筒式和三滚筒式分选机,以避免单滚筒作业时,因种子在电极上所处位置的不同或个别种子叠加而造成漏选和误选现象的发生,达到提高分选质量的目的。

种刷采用由数排鬃毛组成的圆辊种刷,其转动方向与滚筒相同,其作用是除掉吸附在分选滚筒上的次种子和杂质。

#### 1.2 介电分选的机理

##### 1.2.1 介电分选模型<sup>[3]</sup>

种子在双绕线圈滚筒上的受力情况如图2所示。当其处于平衡时,存在下列关系:

$$\left. \begin{aligned} F_c + G \cos \psi &= F_c + P \\ F_f - G \sin \psi &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中:  $F_c$  为极化力, N;  $F_c = kU^2$ ,  $k$  为极化力系数,  $N \cdot V^{-2}$ ,  $U$  为分选电压, V。

$G$  为重力, N;  $G = mg$ ,  $m$  为种子质量,  $g$  为重力加速度,  $m \cdot s^{-2}$ 。  
 $F_c$  为离心力, N;  $F_c = m\omega^2 R$ ,  $\omega$  为滚筒角速度,  $rad \cdot s^{-1}$ ,  $R$  为滚筒半径, m。

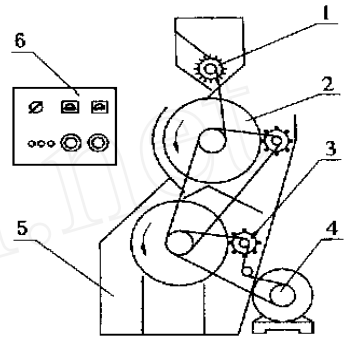
$P$  为滚筒对种子的支反力, N。

$F_f$  为摩擦力, N;  $F_f = P \tan \varphi$ ,  $\varphi$  为种子与滚筒之间的静摩擦角, (°)。

$\psi$  为种子的脱落角, (°)。

解式(1)可得

$$\psi = \varphi \arcsin \left[ \left[ \frac{kU^2}{mg} - \frac{\omega^2 R}{g} \right] \sin \varphi \right]$$



1. 喂入机构; 2. 分选滚筒; 3. 种刷  
4. 传动机构; 5. 接料斗; 6. 电控箱

图1 介电式带绒棉种分选机结构示意图

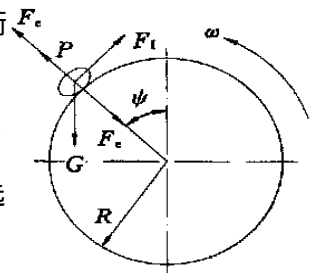


图2 种子受力分析

当  $\psi = \varphi - \arcsin \left[ \left( \frac{kU^2}{mg} - \frac{\omega^2 R}{g} \right) \sin \varphi \right]$  时, 种子开始脱落。对同一物料, 种子越重或极化力越小,  $\psi$  值越小, 即脱落越早。也就是说, 上式为种子脱落的临界条件。

### 1.2.2 影响分选效果的因素

影响分选效果的因素有: 物料因素、系统结构因素、分选工况因素和系统环境因素等。对于某一特定的种子物料, 影响分选效果的主要因素为系统结构因素和分选工况因素, 包括分选滚筒的直径、电极的结构尺寸与排列形式、喂入量、滚筒转速和分选电压等。

电极的结构尺寸与排列形式决定了分选滚筒电磁场的大小, 它直接影响到分选效果的优劣。通过研究, 确定了合适的电极尺寸和排列形式, 即采用芯材为铝且具有双绝缘层的电极, 并利用它绕制成双绕线圈滚筒。

介电分选要求种子必须呈单层且均匀地喂入。如果喂入量过大, 在分选滚筒上出现双层罗列现象, 在上层的种子将得不到分选的机会, 而落入好种子出口中, 影响分选效果。如果喂入量过小, 势必会降低生产率。

由种子的脱落角公式可得出如下关系<sup>[4]</sup>:

$$\frac{kU^2}{mg} - \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{\sin(\psi - \varphi)}{\sin \varphi}$$

对于同一种物料,  $\varphi$  值已确定, 理想状态下,  $\psi$  也是确定的, 因此  $\sin(\psi - \varphi) / \sin \varphi$  为常量, 即

$$\frac{kU^2}{mg} - \frac{\omega^2 R}{g} = C$$

由此可见, 分选电压  $U$ , 滚筒转速  $\omega$  及滚筒半径  $R$  之间存在着互补关系, 即当其中某一因素发生变化后, 可以通过调节其他 2 个因素或 2 个因素之一来保持以上关系, 从而保证种子落入限定的脱离角范围内。

对于成型机具, 滚筒半径  $R$  不能随意调节, 只能固定为一常量。研究表明<sup>[2]</sup>: 滚筒转速对分选效果无显著影响, 但它却影响着生产率的高低; 研究还表明分选机滚筒的线速度在  $0.6 \sim 0.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时较为合适。因此, 按照在保证分选质量的前提下使调节参数降至最少的原则, 将滚筒直径固定为  $400 \text{ mm}$ , 滚筒转速固定为  $30 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $\omega$  和  $R$  的确定使得对于一定的种子混合物, 离心力为一确定范围, 这时只需调节滚筒电压, 改变极化力即可实现脱离角的控制。这样不仅使机具操作简便, 而且省去了滚筒的调速机构, 降低了制造成本。

## 2 试验材料及方法

### 2.1 材料及设备

种子: 采用轻剥一道短绒, 含绒率为  $11.6\%$  和轻剥二道短绒, 含绒率为  $7.2\%$  的带绒棉种, 其他参数见表 1。

表 1 选前种子的基本参数

品 种	含绒率 /%	含水率 /%	百粒质量 /g	健籽率 /%
164	11.6	11.2	9.2	67.2
164	7.2	11.2	9.1	65.7

含绒率是指棉种上所带短绒的质量占带绒棉种质量的百分率; 百粒质量是指百粒棉种的质量; 健籽率<sup>[5]</sup>是指经净度测定后的好种子样品中除去嫩籽、小籽、瘦籽等成熟度差的棉籽, 留下的健壮种子粒数占样品总粒数的百分率。

分选机: 利用自行研制的 5JD-1.0 型介电式种子分选机进行分选试验。该分选机采用 3 个分选滚筒。电极采用双层包皮铝线, 铝线芯径为 1.7 mm, 电极外径为 3.2 mm。

## 2.2 试验方法

在生产率为  $400 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$  的条件下, 选取变压器输入电压分别为 80, 90, 100, 110 和 120 V (对应电极的实际分选电压为 2 182, 2 455, 2 727, 3 000 和 3 273 V) 对 2 种不同含绒率的棉种进行分选电压单因素试验, 研究分选电压和含绒率对带绒棉种分选效果的影响。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 分选电压对百粒质量的影响

百粒质量从种子的饱满程度出发反映了种子品质的好坏。一般情况下, 百粒质量越大, 种子越饱满, 其生命力越强。种子的重力分选就是依据这一原理来进行的。图 3 示出百粒质量随分选电压变化而变化的情况。可以看出, 随分选电压的升高, 选后种子(好种子)的百粒质量增大, 与此同时, 淘汰种子的百粒质量也随之增大。这是由于随着分选电压的增大, 双绕线圈表面的电场增强, 种子受到的极化力增大, 从而使质量稍大的种子也吸附在分选滚筒上而被种刷刷落到淘汰种子出口中。选后种子的百粒质量随分选电压的升高而增大的现象又说明介电分选不仅按种子的介电特性而且按种子的粒重进行分选, 也就是说, 介电分选具有重力分选的效果。

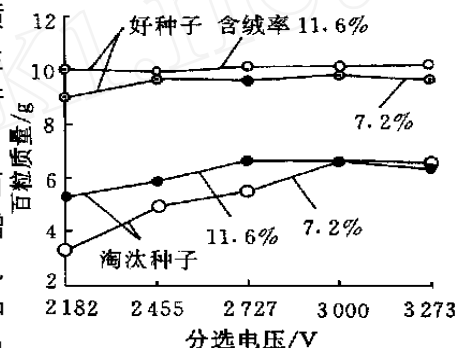


图 3 百粒质量随分选电压的变化

Tupper 等人的研究表明<sup>[6]</sup>: 棉花种子的质量对种子的发芽率和苗期生长具有显著影响, 质量越大, 生长情况越好。因此, 种植经介电分选后的好种子是得到较高棉花产量的必要条件。

### 3.2 分选电压对健籽率的影响

健籽率是直接反映种子健康程度的重要指标之一, 图 4 示出分选电压对该指标的影响情况。可以看出, 与百粒质量相似, 随着分选电压的升高, 选后种子(好种子)的健籽率增大, 与此同时, 淘汰种子的健籽率也随之增大。这是由于随着分选电压的增大, 双绕线圈表面的电场增强, 种子受到的极化力增大, 从而使一些质量稍好的种子也吸附在分选滚筒上而被种刷刷落到淘汰种子出口中。因此, 实际应用中, 应根据分选精度的要求来调节分选电压, 使选后种子的健籽率指标符合实际要求。

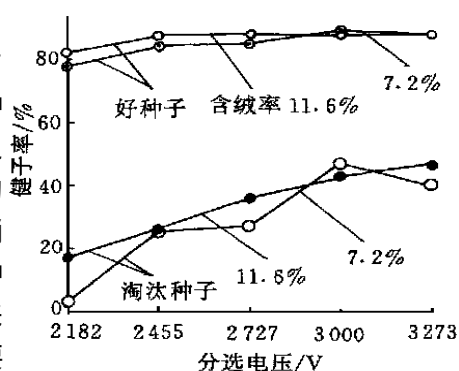


图 4 健籽率随分选电压的变化

### 3.3 分选电压对获选率的影响

获选率是指分选出的好种子质量占应选出的好种子质量的百分率。图 5 示出获选率随分选电压的变化情况。

可以看出, 随着分选电压的升高, 种子的获选率下降, 即落入好种子出口的种子减少, 落入

淘汰种子出口的种子增加。这与种子的百粒质量和健籽率随电压变化而变化的原因是一致的, 因为分选精度的提高, 必然要淘汰更多质量稍次的种子。

由以上分析知, 种子的健籽率和百粒质量都随分选电压的增大而提高, 同时好种子出口中的种子减少。这表明分选效果随分选电压的增大而提高, 但种子获选率下降, 即损失增加。因此, 应在保证分选效果并使损失最小的前提下, 选择一合适的分选电压值。综合各项指标, 含绒率 11.6% 的棉种的优化分选电压值为 2 727 V, 含绒率 7.2% 的棉种的优化分选电压值为 3 000 V, 其分选结果见表 2。

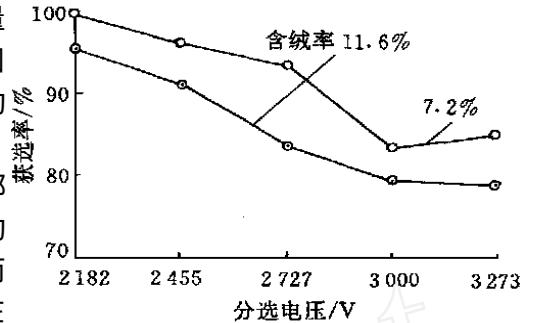


图 5 获选率随分选电压的变化

表 2 带绒棉种分选结果

含绒率/%	分选电压/V	百粒质量/g		健籽率/%			获选率/%
		选前	选后	选前	选后	提高	
11.6	2 727	9.2	10.3	67.2	88.3	31.40	83.7
7.2	3 000	9.1	10.0	65.7	90.0	36.99	83.6

由表 2 可见, 经介电分选后, 种子的健籽率均有较大的提高, 且都远远超过了棉花种子的健籽率标准(75%)。

### 3.4 含绒率对分选效果的影响

由图 3~ 5 可以看出, 棉种的含绒率对分选效果具有显著影响, 表现在: 1) 不同含绒率的棉种所适用的分选电压不同。2) 低含绒率棉种要求的分选电压高于高含绒率棉种所需的分选电压。3) 低含绒率棉种的分选指标(健籽率和获选率)随分选电压变化的波动性较大, 换句话说, 分选效果不稳定。其原因是轻剥一道短绒的棉种含绒率在 10% 左右, 这样的棉种表面均匀地布满一层短绒, 在介电分选过程中, 由于种子带绒均匀, 与滚筒表面的摩擦系数一致, 受其他因素的干扰较小, 因而分选效果稳定。而轻剥二道短绒, 含绒率为 7.2% 的棉种表面带绒不很均匀, 有的表面布满短绒, 有的部分地带有短绒, 而有的几乎不带短绒。棉种不同的表面与分选滚筒相接触不仅使摩擦系数发生较大的变化, 而且由于吸附面积的不同会造成吸附力的差异, 从而造成分选效果的不稳定。另一方面, 棉种的含绒率较高时, 与分选滚筒的接触面较大, 此时, 所受到的吸附力较大, 因而分选所需的电压较小。

由于棉种本身表面带有较多的棉短绒, 有的还带有毛头, 这样的棉种不易实现均匀且单粒地喂入; 另外, 棉短绒还具有较高的经济价值, 应该充分利用。所以, 带绒棉种在分选前必须进行剥绒加工, 剥绒的程度以使棉种表面均匀地布满一层短绒为宜, 这样的棉种一般由剥绒机轻剥一道绒(其含绒率, 视不同的品种而定, 一般在 10% 左右)来得到。

## 4 其他分选试验

利用带绒棉种分选机对抗虫棉 3 号、故城 1 号、故城 4 号 3 个品种的棉种进行了分选试

验, 试验结果见表 3。可以看出, 3 种不同品种的棉种经介电分选后, 其百粒质量分别提高了 7.1%, 10.2% 和 11.6%, 健籽率分别提高了 15.1%, 9.6% 和 11.1%, 并且健籽率都远远超过了标准要求。

表 3 带绒棉种分选结果

品 种	含水率/ %	含绒率/ %	分选电压/ V	百粒质量/g		健籽率/%			获选率/ %
				选前	选后	选前	选后	提高	
抗虫棉 3 号	10.5	11.8	2 455	9.8	10.5	81.7	94.0	15.1	87.4
故城 1 号	10.4	13.1	2 591	10.8	11.9	86.7	95.0	9.6	91.5
故城 4 号	10.6	9.7	2 455	9.5	10.6	84.0	93.3	11.1	95.2

## 5 结 论

1) 分选电压是影响分选效果的主要因素之一。随着分选电压的增大, 种子的分选效果得到提高, 但同时获选率下降, 即损失增加, 因此, 对于不同的种子, 应根据分选要求确定合适的分选电压。

2) 棉种的含绒率也是影响分选效果的主要因素之一。为了得到好的分选效果, 在分选前, 必须将棉种进行剥绒加工, 剥绒程度以使棉种表面均匀布满棉绒为宜, 一般情况下, 含绒率为 10% 左右。棉绒过多, 既影响分选效果, 又造成棉绒的浪费, 影响经济效益; 棉绒过少, 不仅影响分选效果, 而且会对种子带来损伤。

3) 棉种经介电式带绒棉种分选机分选后其健籽率得到很大的提高, 选后种子的各项指标均达到国家标准要求, 因此, 介电式带绒棉种分选机既可用作带绒棉种丸粒化成套设备中的分选机具, 又可作为泡沫酸脱绒前的分选设备。

## 参 考 文 献

- 1 朱 明, 吴培龙, 曲永祯, 等 中国棉花种子加工技术的现状与发展 农业工程学报, 1990, 6(3): 51~ 56
- 2 齐 新 带绒棉种丸粒化机理及工艺设备的研究: [学位论文] 中国农业大学, 1999
- 3 米双山 介电式种子分选机理及其设备的研究: [学位论文] 中国农业大学, 2000
- 4 米双山, 齐 新, 潘存治 介电式种子分选机理的研究 河北省科学院学报, 1994(3): 400~ 406
- 5 米双山 介电式带绒棉种分选机 农机与食品机构, 1999(6): 16~ 17
- 6 Tupper G R, Kunze O R, Wilkes L H. Physical characteristic of cottonseed related to seedling vigor and design parameters for seed selection. Trans of the A S A E. 1971, 14(5): 890~ 893