

大豆与苍耳的分离特性及清选机械的研究

陈恒高 田金和 宋来田 刘天祥 丁元贺

(黑龙江八一农垦大学)

摘 要 为了提高大豆的商品质量及种子纯度, 该文对大豆与苍耳二者的表面物理特性进行了分析, 并对其在不同材质上的运动性能、粘结机理、分离时间等条件进行了台架试验。在此基础上研制了5QC-1.0型大豆苍耳分离机, 其性能可靠, 分离较彻底。

关键词 大豆 苍耳 分离 分离机

苍耳是大豆中的主要含杂物之一, 而且难以清除干净。它的存在, 不仅影响大豆商品粮食的质量, 更严重的是影响种子的纯度。大豆的外形为一近似的球体, 表面光滑易滚动。而苍耳的外形则近似于椭球体, 在其外壳的周围均匀分布着长约1.2 mm~2.5 mm的硬刺, 其尖端有一小钩, 极容易粘结。本文从大豆与苍耳的物理特性着手, 根据苍耳特有的外表面, 经过理论研究与试验, 研制出最适合该杂质分离的机械。

1 大豆与苍耳在不同材质表面上的初始滚动角的差异性

本实验是用正弦法则测定的。工作台的长度 $L = 1400$ mm、宽度800 mm, 一次性将被测物均匀放置, 高度 $H = L \sin \alpha$ 。测试中将大豆或苍耳先置于工作台上, 再将其中一端缓慢升高, 直至物体开始滚动为止并测出高度 H 值。记录台面的倾角 α ($\alpha = \arcsin(H/L)$)。试验采用玻璃、光滑钢板、小帆布和尼龙针织布等4种材质, 被测物按纵、横向2种情况分别测定。由测定数据可见, 在同一材质的台面上, 不论是纵向还是横向, 大豆与苍耳的初始滚动角均有较大差异。横向是按短轴滚动放置; 纵向是按长轴滚动放置。在光滑硬质材料上, 大豆与苍耳纵横向初始角度平均差值为 $\Delta \bar{\alpha} = 6.07^\circ \sim 20.3^\circ$ 左右。在小帆布或尼龙织布上, 大豆的纵横向初始角的平均值 $\bar{\alpha} = 10.03^\circ \sim 23.34^\circ$ 左右, 此时苍耳失去滚动性能而发生粘结。

2 大豆和苍耳在倾斜的尼龙织布工作表面上的运动性能

2.1 大豆的平均速度、加速度及滚动中的能量

如图1所示, 设大豆心部移动速度 v_c , 球半径为 R , 其滚动角速度 $\omega = v_c/R$, 角加速度 $\epsilon = d\omega/dt = 1/R \cdot dv_c/dt$ 。在 v_c 方向上的加速度 $a_c = dv_c/dt$, 则 $\epsilon = a_c/R$ 。P点加速度 $a_0 = a_c + a_{pc}^T + a_{pc}^n$, 其中 a_{pc}^T 为P点对C点的切向加速度; a_{pc}^n 为P点对C点的法向加速度^[1]; $a_{pc}^T = \epsilon R = a_c$, 其大小相等方向相反; $a_{pc}^n = R\omega^2 = v_c^2/R$ 。

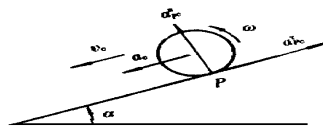


图1 大豆的加速度

Fig 1 Acceleration of soybean

为了获得大豆的实际运动规律, 我们对斜面倾角为 20° 和 30° 、宽度为800 mm连续3次进行每次流量均为0.5 kg/s, 通过行程为 $S = 1400$ mm。由测定可计算出平均速度 \bar{v}_c 和加速度 \bar{a}_c 。

收稿日期: 1998-08-26 1999年4月23日修订

陈恒高, 副教授, 黑龙江省密山市 黑龙江八一农垦大学工程学院, 158308

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

当 $\alpha = 20^\circ$ 时, $\bar{t} = 1.613 \text{ s}$, $S = 1400 \text{ mm}$, $v_c = S/\bar{t} = 0.866 \text{ m/s}$, $a_c = 2S/\bar{t}^2 = 0.538 \text{ m/s}^2$ 。当 $\alpha = 30^\circ$ 时, $\bar{t} = 0.966 \text{ s}$, $S = 1400 \text{ mm}$, $v_c = S/\bar{t} = 1.406 \text{ m/s}$, $a_c = 2S/\bar{t}^2 = 1.411 \text{ m/s}^2$ 。大豆在滚动中的能量^[2] $W = m(v + v_0)^2/2$, 当初速度 $v_0 = 0$ 时, $W = mv^2/2$ 。根据实验 α 在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间为理想值。

2.2 苍耳的自由分离行程的确定

当苍耳从一定高度落到倾斜工作面上时, 由于弹跳和滚动, 不可能全部都在落点处粘结于毛毡上, 要通过一段行程后才能粘住, 这段行程称为“自由分离行程”。此行程为确定工作面的长度提供了依据。该测定条件是大豆落差为 30 mm , 工作面的倾角分别为 $\alpha = 20^\circ$ 和 $\alpha = 30^\circ$; 材料为毛毡布, 宽度为 800 mm 、长度为 1400 mm 、含苍耳率为 0.5% , 流量为 0.5 kg/s , 分 3 次进行测定, 每次持续时间为 3 min 。由测定结果可得, 当 $\alpha = 20^\circ$ 时, 最大行程 $S_{\max} = 80 \text{ mm}$, 最小行程 $S_{\min} = 10 \text{ mm}$, 平均行程 $S = 40.1 \text{ mm}$ 。当 $\alpha = 30^\circ$ 时, 最大行程 $S_{\max} = 163 \text{ mm}$, 最小行程 $S_{\min} = 10 \text{ mm}$, 平均行程 $S = 61.3 \text{ mm}$ 。

2.3 苍耳被大豆夹带行程及工作带长度的确定

大豆在清选分离过程中, 因苍耳是混在大豆中的, 在流量一定时, 先落在带面上的大豆将苍耳与毡带隔开, 使之不能很快与带面接触, 并随大豆下滑一段距离。当大豆散开后, 苍耳才得以与带面接触并被粘住。苍耳被大豆冲击下滑一段距离为 l , 该距离称为夹带行程。实验中落差为 30 mm , 材料为毛毡布宽度为 800 mm 、长度为 1400 mm , 含杂率为 2% , 其中含苍耳率为 0.5% , 连续 3 次进行, 每次工作流量为 0.5 kg/s , 持续时间为 3 min 。

由所测数据可知, 随工作面倾角 α 不同其夹带行程也不同。在当 $\alpha = 20^\circ$ 时, 最大行程 $S_{\max} = 290 \text{ mm}$, 最小行程 $S_{\min} = 20 \text{ mm}$, 平均值 $S = 96 \text{ mm}$ 。当 $\alpha = 30^\circ$ 时, 最大行程 $S_{\max} = 410 \text{ mm}$, 最小行程 $S_{\min} = 23 \text{ mm}$, 平均值 $S = 93.1 \text{ mm}$ 。由实验可得, 当工作带幅宽 $B = 800 \text{ mm}$, 流量 $Q = 0.5 \text{ kg/s}$, 只要带面长 $L > 410 \text{ mm}$ 就可将苍耳彻底粘净。

3 苍耳粘结机理及其剔除能量

3.1 苍耳的粘结机理^[3]

由于苍耳的外形奇异, 其粘结有下列 3 种情况: 挂钩粘结。如图 2a 所示为苍耳放大图, 其刺尖端小钩挂在直径小于钩尖开度的小细纤维上。试验中可见, 单个钩所能挂起的重量远大于苍耳自身的重量。

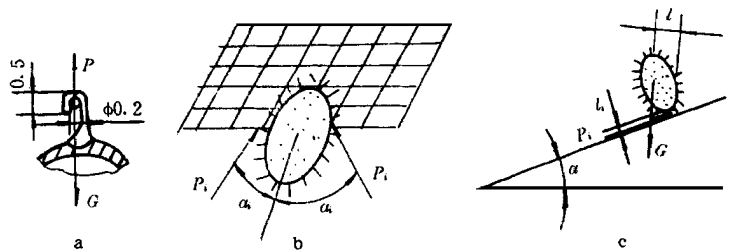


图 2 苍耳的粘结机理

Fig 2 The adhesive mechanism of cocklebur

纤维间的夹持。当无挂钩的

放射形刺插入纤维体后, 由于纤维纵横交错, 且有弹性将 V 形的两刺夹持住, 如图 2b 所示。其

中倒置夹持的条件是: $\sum_{i=1}^n P_i \cos \alpha - G = 0$; 沿斜面滚动粘结的条件是: $\sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i \cdot \cos \alpha -$

$G \cdot \sin \alpha = 0$ 。如图 2c。沿斜面滚动粘结。对于经过脱谷、扬场、初清选等多道工序后的苍耳, 其外表受到严重损伤, 只有少数刺上保留小钩, 粘结形式多为此种。

3.2 苍耳剔除形式的确定

研究发现, 苍耳自由下落到绒带面上, 同时参与粘结的刺数为 3~5 个。由于苍耳粘结形式

及参与粘结刺数量的差异, 所需剔除的能量及工作带面的损伤程度均不相同。为延长毡绒带的使用寿命, 通过各种试验比较, 采用冲击剔除法其效果较好, 消耗功率小, 总剔除功率为 0.66 kW。

4 大豆苍耳分离机的设计

通过对大豆与苍耳的表面物理特性研究及各种参数的试验, 我们于 1993 年研制出 5QC-1.0 型大豆苍耳分离机, 该机以分离大豆中的苍耳为主, 然后根据大豆的粒径大小进行分级, 主要用于大豆种子的清洁和精选工序。通过几年的连续使用, 该机分离效果良好。

4.1 总体方案的确定

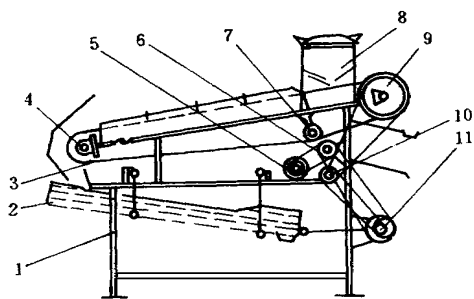
该机通过对苍耳的粘结机理和大豆的滚动特性分析, 采用毛毡作为分离大豆与苍耳的工作带面。为了能连续工作, 设计出封闭式移动毛毡布输送带。为了将分离出的大豆进一步分级和彻底清杂, 以及满足提高大豆质量的要求, 设计出多层复合振动筛, 可将直径大小不同的大豆和杂质彻底分离。其总体布局见图 3 所示。

4.2 工艺流程

该机具有苍耳清除和大豆清选分级两个流程。含有杂质和苍耳的大豆由粮箱 8 按定量均匀下落到倾斜工作带面 3 上, 然后沿带面下滑下滚, 由于各自表面物理特性的差异, 大豆在 1 s 内就离开带面(带面按顺时针方向上移), 杂质及半豆滚、滑的性能差, 易滞留在带面上。而苍耳粘结在绒面上, 随带移动。杂质与半豆移至最高点后被抛到集料板上, 苍耳随带面移动到张紧轴 7 处, 由苍耳剔除器 6 的叶片打落到地面上。第二流程是大小豆粒和细杂质, 从带面滚落到组合筛 2 上后, 被三层筛分级选为大、中、小三级及细杂, 分别流入不同的容器。组合筛的振动频率和振幅, 由偏心轴 1 的转速和偏心量所决定。该机的偏心量 6 mm, 转速 480 r/min, 带面上移速度 0.18 m/s。

4.3 性能指标测定结果

大豆苍耳分离机的主要技术参数如表 1 所示。该机在 1994 年通过省级鉴定部门进行的技术测定, 测定条件为: 被测原粮(大豆)重量为 1000 kg, 大豆的特征见表 2 所列, 机械工作时间为 1 h, 每隔 10 min 取样一次, 每次按分离后粮食的 3% 测定, 最后计算测定结果见表 3 所列(鉴定结果)。



1. 机架 2 组合筛 3 工作带 4 工作带调整机构
5 电机皮带轮 6 苍耳剔除器 7 张紧轴 8 粮箱
9 工作带轮 10 中间皮带轮 11 偏心轮
图 3 总体方案布局

Fig 3 Overall arrangement of the separator

表 1 大豆苍耳分离机的主要技术参数

Tab. 1 Main technical parameters of soybean and cocklebur separator

| | | | |
|----------------------------|----------------|------------------------------|---------|
| 外形尺寸 长×宽×高/mm ³ | 1400×1250×1550 | 组合筛结构尺寸 长×宽/mm ² | 860×860 |
| 整机重量/kg | 150 | 第一层筛网孔尺寸 长×宽/mm ² | 6×6 |
| 配套动力/kW | 1 (220V) | 第二层筛网孔尺寸 长×宽/mm ² | 5×5 |
| 主电机转速/r·min ⁻¹ | 2900 | 第三层筛网孔尺寸 长×宽/mm ² | 2.4×2.4 |
| 输送带线速度/m·s ⁻¹ | 0.18 | 偏心轴转速/r·min ⁻¹ | 480 |
| 输送带倾角/(°) | 24~25 | 组合筛每分钟往复次数 | 480 |
| 组合筛运动行程/mm | 12 | 生产率/t·h ⁻¹ | 1.07 |

表 2 原粮特征测定表

Tab 2 Measured values of the characteristics of raw soybean

| 测定项目 | 测定值 |
|---------|----------|
| 粮食名称 | 大豆 |
| 粮食含水率/% | 14.7 |
| 千粒重/g | 197 |
| 含杂率/% | 2.55 |
| 含苍耳率/% | 0.85 |
| 不完善粒率/% | 6.26 |
| 纯粮率/% | 94.32 |
| 备注 | 含杂率中包含苍耳 |

5 结 论

该项研究是基于黑龙江省尤其是黑龙江省国营农场, 每年种植大面积的大豆, 由于苍耳这种极难清选的杂质, 采用传统的“振动”分离机械, 不能达到彻底分离的目的。本研究和其机械是利用苍耳表面的特有形状, 以及它的粘结特性, 使苍耳的去除率进一步提高。由于该机分离的大豆是经过多次扬场或其它分离工序, 苍耳的含量比刚收获的大豆低, 且外表刺数减少, 苍耳容易被大豆夹带, 故在带面宽度一定时流量的大小影响其分离精度。若要提高生产率, 必须加宽工作带面, 试验表明在工作带面宽度为 800 mm, 带的倾角为 24°~25°时, 流量为 1000 kg/h 为宜。

表 3 性能指标测定结果

Tab 3 Performance index and measured results

| 测定项目 | 标准要求 | 测定结果 | 判别 |
|---------------------------------------|---------|-------|----|
| 粮食名称 | | 大豆 | |
| 处理能力/ $t \cdot h^{-1}$ | 1.0 | 1.07 | 合格 |
| 含第一出粮口 | | 0.09 | |
| 杂第二出粮口 | | 0.33 | |
| 率/%第三出粮口 | | 32.10 | |
| 总含杂率/% | 0.8 | 0.68 | 合格 |
| 粮食含苍耳率/% | 0.1~0.3 | 0 | 合格 |
| 纯第一出粮口 | | 97.49 | |
| 粮第二出粮口 | | 94.91 | |
| 率/%第三出粮口 | | 39.78 | |
| 总纯粮率/% | 93.0 | 96.28 | 合格 |
| 粮食损失率/% | 0.8 | 0 | 合格 |
| 噪声 dB(A) | 87 | 84 | 合格 |
| 千瓦小时电生产率/ $t \cdot (kW \cdot h)^{-1}$ | | 1.23 | |
| 负荷功率/kW | | 0.87 | |

参 考 文 献

1 哈尔滨工业大学理论力学教研室 理论力学(上). 北京, 高等教育出版社, 1992 324~ 350
2 哈尔滨工业大学理论力学教研室 理论力学(下). 北京: 高等教育出版社, 1992 124~ 131
3 丁元贺等 大豆与苍耳的物理特性的研究 黑龙江八一农垦大学学报, 1988(2): 57~ 64

Study on the Separating Properties of Cocklebur
From Soybean and the Separator

Chen Henggao Tian Jinhe Song Laitian Liu Tianxiang Ding Yuanhe
(Heilongjiang August First Land Reclamation University, Mishan, 158308)

Abstract In order to improve the soybean quality and the seed purity, the surface physical properties of both soybean and cocklebur were analyzed, and the experiments of the removing pattern, adhesion mechanism and separating time were made on different materials in laboratory. Based on the experiments and analysis, 5QC-1.0 soybean and cocklebur separator has been designed and manufactured. The machine is reliable and cocklebur can be separated from soybean completely.

Key words soybean, cocklebur, separation, soybean and cocklebur separator