

挤搓式玉米脱粒机的研制

何晓鹏¹, 刘春和¹, 师建芳¹, 王广万²

(1. 农业部规划设计研究院; 2. 甘肃省酒泉种子机械厂)

摘要: 为了解决我国长期以来存在的种子玉米脱粒损失量大的问题, 该文介绍了一种利用挤搓原理的, 宽板齿、低转速脱粒滚筒、栅格式凹板结构的玉米脱粒机的设计方法。该系列脱粒机的特点是脱净率高、破碎率低, 适应玉米籽粒含水率在 13% ~ 20% 范围内, 既适合普通玉米脱粒, 也适合种子玉米脱粒。该玉米脱粒机在设计上采用了挤搓脱粒技术。经过对该应用技术设备的设计、试制、试验、使用及测试, 其结果表明, 完全适合种子玉米脱粒。该文还介绍了在对该玉米脱粒机进行设计研究过程中初步总结的一些规律和认识。

关键词: 挤搓原理; 玉米脱粒机; 结构设计

中图分类号: S226.1; S513

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)02-0105-04

1 引言

由于目前我国没有生产专用玉米种子脱粒机, 种子玉米的脱粒只能采用打击原理设计的普通脱粒机, 各种传统普通机型的滚筒转速都在 700 r/min 以上, 滚筒外缘(板齿顶部)线速度均 > 8 m/s, 是靠钉齿或窄板齿高速打击玉米果穗实现脱粒的, 对玉米籽粒伤害较大。但由于普通脱粒机个别主要性能指标偏低: 由脱粒原理决定的破碎率偏高 (> 1%), 致使玉米制种企业多年来受脱粒环节损失量偏大的困扰。我国每年玉米制种量约 180 万 t, 损失增加值按 0.5% 计算, 将造成 0.9 万 t 的玉米种子损失。

目前发达国家如美国已将以打击原理为主的玉米脱粒机淘汰, 用一种挤搓脱粒技术原理脱粒机取代, 并已得到推广应用。这种技术符合脱净率高、破碎率低的要求, 全面克服了老式脱粒机存在的缺点。新机型脱粒损失至少比老机型减少 0.5%, 而且对种子玉米和普通玉米均适合。

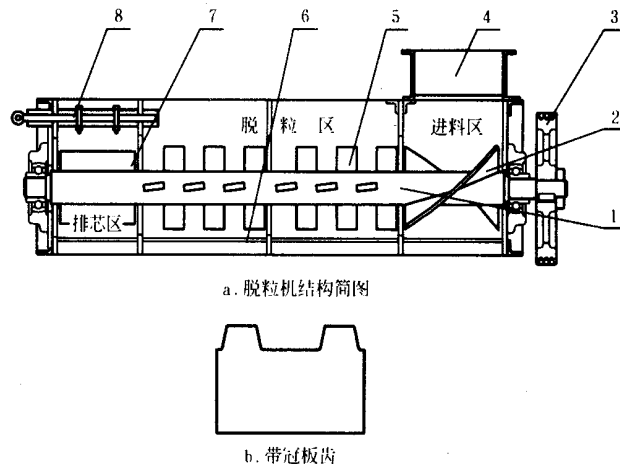
我国的挤搓玉米脱粒技术的研究工作于 2000 年开始起步, 并且取得了快速进展, 参考国外技术进行研究阶段已基本完成, 在设计和制造中对主要部件又进行了改进完善, 使其结构更加趋于合理, 性能又得到进一步提高。现已初步掌握了该项技术的系列设计及确定基本技术参数的方法, 目前正进行此项技术的完善、深入研究、系列化及推广工作。本文就近几年探索的一些经验做了初步总结, 并就此类机型的特点进行了初步分析。

2 工艺流程及工作原理

2.1 结构与工艺流程

脱粒机结构如图 1a 所示。玉米果穗进入进料箱, 皮带轮带动滚筒转动, 滚筒对应进料箱的一段为一对短螺旋片, 螺旋片转动将果穗送入脱粒区; 在脱粒区内, 果穗

沿凹板做螺旋滚动与滑动至排芯区, 在此过程中果穗之间、果穗与栅格凹板之间进行充分挤搓, 籽粒被挤搓下来; 脱掉的籽粒穿过栅格凹板排出主机, 送入预清机; 全部脱掉籽粒的玉米芯被推送到排芯区, 排芯区充满后在拨轮的作用下将排芯口压板顶开, 玉米芯排出机外, 即完成整个脱粒过程。



1. 滚筒 2. 进料区螺旋片 3. 皮带轮 4. 进料箱 5. 脱粒区板齿 6. 栅格凹板 7. 排芯区拨轮 8. 排芯口压板机构
图 1 脱粒机结构与板齿简图

Fig 1 Structure of corn sheller and its board-teeth

2.2 工作原理

该脱粒工艺是仿生技术的一种应用, 模仿人工用手搓玉米的动作。在脱粒区内, 滚筒板齿拨动果穗沿栅格凹板作圆周运动, 由于板齿与滚筒轴心成一定的夹角, 所以同时也将果穗向排芯口推动, 实际上玉米果穗的运动轨迹是螺旋线。其中一部分板齿如图 1b 所示, 设计成顶部带冠形状(二至三处凸起), 其作用如同人工用竹签子(过去北方农村用于人工脱玉米籽粒的工具)先将玉米果穗上的局部籽粒挤掉, 以便后面挤搓顺利。由于排芯口压板的作用, 正常工作时物料始终充满机器内部, 所以板齿拨动果穗时具有一定的推力, 即果穗是在受到推挤的情况下与栅格凹板接触, 与栅格凹板做相对运动, 并且既滚动又滑动, 以达到挤搓脱粒的效果。果穗相互之间也同样是在受到一定压力的作用下进行充分挤

收稿日期: 2002-10-15

作者简介: 何晓鹏, 男, 高级工程师, 主要从事农副产品加工工艺与设备方面的研究工作。北京麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院农副产品加工研究所, 100026

搓,并且机内所有果穗的任何部位都有充分的挤搓的机会,从而达到脱掉全部籽粒的目的。

3 主要部件设计

3.1 滚筒

3.1.1 滚筒转速

滚筒上安装有板齿,滚筒的作用是带动板齿转动,板齿推动玉米果穗作螺旋运动。滚筒转速由滚筒外缘(板齿顶部)线速度决定,滚筒外缘线速度是以保证不伤害玉米籽粒为前提条件,由试验数据获得的。用籽粒含水率为13%(因籽粒含水率较低,相对比较容易破碎)左右的玉米穗做试验,将其做自由落体试验,相当于玉米穗撞击坚硬的、质量很大的物体。经多次试验测得,超过0.8m高落下就有可能产生破碎籽粒,一般低于0.8m高落下则基本不会产生破碎籽粒。可根据此试验数据计算滚筒外缘线速度。

$$\text{根据公式: } t = \sqrt{\frac{2S}{g}} \quad (1)$$

$$\text{和 } v = gt \quad (2)$$

式中 S —— 试验物料距地面高度, m; g —— 重力加速度, 9.8 m/s^2 ; t —— 下落时间, s; v —— 下落至地面时的瞬时速度, m/s 。

当 $S = 0.8$ 时,由公式(1)、(2)得出: $v = 4 \text{ m/s}$ 。

则滚筒外缘(板齿顶部)线速度应 4 m/s 。但滚筒外缘线速度不能过低,否则会影响生产率。根据试验数据,确认线速度值在 $3.2 \sim 3.9 \text{ m/s}$ 之间最佳,考虑凹板曲率半径对脱粒效果的影响,大机型取偏高值,小机型取偏低值。该机型滚筒转速相对较低,比如 5 t/h 机型滚筒转速仅为 420 r/min 。

3.1.2 滚筒直径

滚筒直径由凹板直径决定,并且应比凹板直径小 $90 \sim 100 \text{ mm}$ 。

可根据实际功率负荷计算扭矩,确定轴径。

3.1.3 滚筒板齿

板齿有规律地安装在滚筒轴上,其作用是拨动玉米穗沿凹板作复杂运动(玉米穗本身既滚动又滑动,同时沿凹板作不规则螺旋运动),也推动玉米穗向排芯口方向移动。

板齿宽度:板齿应设计的比较宽,根据机器大小一般范围为 $60 \sim 120 \text{ mm}$,目的是工作时与玉米穗接触面较大,避免接触点太小,产生对玉米穗的局部压力集中,损伤玉米籽粒。

板齿高度:板齿高度 = (滚筒直径 - 滚筒轴径) / 2。

板齿安装:板齿按一定间距、规律排列,与轴线成一定角度。

3.1.4 滚筒脱粒段长度

滚筒脱粒段长度是决定脱粒质量的重要参数。滚筒过短,影响脱净率;滚筒过长,会增加功率消耗及制造成本。由试验数据总结,用籽粒含水率为20%左右(因籽粒含水率较高,相对较难脱粒)的玉米穗做试验,经试验数据确认,脱粒段长度一般应为凹板直径的3.5倍左

右。

3.2 凹板

3.2.1 凹板直径

凹板直径(工作截面积参数)是决定生产率的主要参数(在限制滚筒转速的情况下,凹板直径是决定生产率的唯一参数),凹板直径(或工作截面积)与生产率成正比,但不是一次线性关系,经参考国外机型及自行设计样机的试验数据确定,该系列四种机型的凹板直径与生产率的关系如下:

凹板直径为 $250, 300, 350, 400 \text{ mm}$,所对应的生产率为 $5, 10, 18, 28 \text{ t/h}$ 。其中直径为 $250, 300, 400 \text{ mm}$ 的三种机型已由本文作者设计完成,制造出了样机并做了性能试验。这四种凹板直径数值已经列入第二批农业行业标准《玉米种子脱粒机技术条件》(送审稿)。也可以参考图2给出的曲线确定生产率与凹板直径的关系。

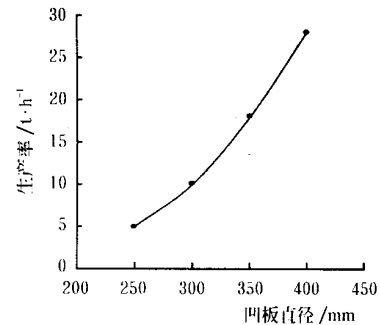


图2 凹板直径与生产率关系

Fig. 2 Effect of concave board diameter and sheller productivity

3.2.2 凹板结构

见图3a,由一组圆钢2均布围成的,通过隔板1连接成一体半圆型栅格式凹板,既起搓板作用,又起筛板作用,挤搓脱粒技术主要靠该结构实现搓粒。

3.2.3 栅格间隙

栅格圆钢之间的缝隙大小直接影响脱粒效果。缝隙较大,籽粒通过性好,夹带损失小,但碎玉米芯漏过的也多,影响籽粒净度;缝隙较小,则夹带损失大。应在两者之间选择最佳值,经试验确定,选取范围为 $12 \sim 14 \text{ mm}$ 。玉米含水率偏高时(视其使用地区,我国东北地区相对含水率偏高,西北地区相对含水率偏低),取较大值,反之取较小值。

3.3 排芯口压板

3.3.1 压板的作用

见图3b,在排芯区安装一套压板机构,压板的作用在于控制脱净率。机器工作时内部是充满物料的,玉米芯充满排芯区后,在拨轮的推动下压板被顶开,绕轴向上转动一个角度,玉米芯即可通过排芯口排出。玉米芯越多,压板张开的角度就越大。压板的压力可以通过重锤(见图3c)调节,若物料含水率较高,较难脱粒时,可移动重锤在压杆(见图3c)上的位置或增加重锤重量以使玉米果穗之间的挤压力和果穗与栅格式凹板之间的挤搓力增加,从而提高脱净率。挤搓脱粒技术主要靠该结构实现玉米果穗相互之间挤粒。压板的配重大小对生

产率和功率消耗有一定影响, 所以操作者应根据物料情况适当调整压板的配重。

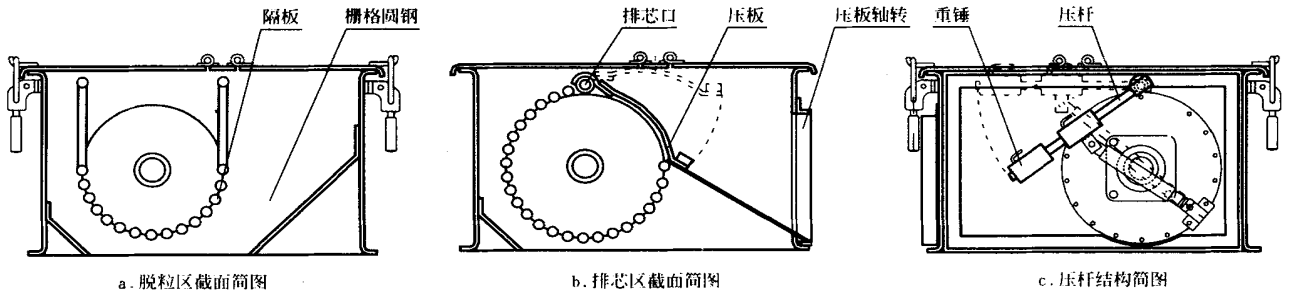


图 3 脱粒区、排芯区截面及压杆结构简图

Fig 3 Cross-section of threshing kernels and discarding cobs & press-staff

4 配套系统

4.1 动力配套

经试验, 测试确定, 生产率与配套动力的关系见表 1。

表 1 生产率与配套电机功率关系

Table 1 Relationship of sheller productivity and power of motor

生产率/ $t \cdot h^{-1}$	5	10	18	28
配套电机功率/kW	5.5	11.0	18.5	22

用生产率为 10 t/h 机型进行在线测试, 脱粒机在正常工作状态下, 用在线功率测量仪测量, 电机功率实际值为 7~9 kW, 选择配套电机为 11 kW。

4.2 配备预清机

凹板必须满足整机的工作性能, 所以设计栅格凹板的缝隙不宜太小(12 mm), 其结果出现玉米籽粒与部分碎芯一起穿过凹板排出现象, 致使脱出的物料净度偏低(一般达到 90% 左右), 达不到有关要求(94%), 不能直接进入种子加工生产线, 尽管栅格合适籽粒通过, 但夹带一定的碎芯还是难以避免的, 因此需配置预清机。预清机产量应配置的大一些, 至少要比主机产量大 10%。最好配置复式预清机, 可清除大杂、小杂和轻杂, 使清选出的物料净度达到 94% 以上。

5 设计实例

根据上述分析, 以 5 t/h 机型为例, 确定主要设计参数。

凹板直径: 250 mm (图 2); 栅格缝隙: 12.5 mm; 滚筒直径: 150 mm; 滚筒转速: 420 r/min; 验算滚筒外缘线速度: $\frac{420}{60} \times 0.15 \times \pi = 3.3 \text{ m/s}$; 滚筒脱粒区长度: 850 mm; 脱粒区板齿宽度: 60 mm; 排芯区长度: 200 mm; 进料区长度: 290 mm; 主机总长度: 850+290+200=1340 mm; 主电机功率: 根据本文表 1, 选用 5.5 kW, 960 r/min 电机。

为便于清机, 机盖应安装合页, 以便机盖打开。其余常规结构参数、校核及验算从略。

6 结论

1) 主要技术性能实测数据

这种新型挤搓式玉米脱粒机已由北京西达科技发展有限公司生产, 其中生产率为 10 t/h 的机型脱粒“农大 108”玉米, 玉米含水率 16.1% 的试验测定。其主要技术性能指标检测结果详见表 2。

表 2 10 t/h 机型主要技术性能指标

Table 2 Primary properties of sheller with productivity of 10 t/h

指 标	检测结果
实际生产率/ $t \cdot h^{-1}$	11.3
单位功率生产率/ $kg \cdot (kW \cdot h)^{-1}$	1560
未脱净率/%	0.01
总损失率/%	0.03

2) 与普通及进口玉米脱粒机对比

总结挤搓式机型与普通机型的特点, 部分情况对比见表 3。

表 3 5TY-17 挤搓式与国产 5T-10 普通及进口 HS-48 脱粒机部分特性对比

Table 3 Contrast on partial properties among sheller 5TY-17, 5T-10 and HS-48

项 目	5TY-17 挤搓式机型	5T-10 普通机型	进口 HS-48 机型
脱粒方法	压力挤搓	钉齿打击	压力挤搓
工作状态	机内充满	机内不满	机内充满
破碎率	0.8%	1.5%	0.8%
脱净率	99.9%	99.5%	99.9%
单位功率生产率/ $kg \cdot (kW \cdot h)^{-1}$	1.5	1.2	1.5
凹板形式	栅格	孔板	栅格
工作可靠性	不易堵塞	易堵塞	不易堵塞
滚筒转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	340	1000	300
全套销售价格 RMB	4.8 万元	3.5 万元	12 万元

3) 机型

此类机型一般不宜过小。分析其主要原因是, 凹板的曲率半径越小, 越容易将玉米果穗磕断, 并容易将籽粒磕碎, 凹板直径 250 mm 已接近极限值(一般玉米穗长大于 200 mm)。倘若能解决喂料问题, 则机器还能够

设计的更小。此问题将在本文 5) 中分析。

4) 含杂

由于该脱粒机采用栅格式凹板结构的原因, 缝隙不宜过小(过小则出现夹带增多问题), 脱粒过程中一小部分玉米芯被挤碎, 致使脱出的玉米籽粒中含碎芯较多, 净度偏低, 因此需配置预清机。从现场观察, 被挤碎的玉米芯截面呈 1/2 或 1/4 圆形状, 长短不一。

5) 破碎

在规定滚筒转速范围内运行, 有效地避免了打击破碎的可能性, 但磕碎的现象依然存在, 机型越小(凹板直径越小), 磕碎的机会越多。经试验观察分析, 磕碎情况分两种, 一种情况是玉米果穗进入机内时是呈纵横无规律状况, 其中果穗轴与脱粒滚筒轴空间垂直或近似垂直(俗称横着进入), 若玉米穗较长, 则易被板齿磕断, 同时断开处附近的籽粒容易被磕碎; 第二种情况是果穗在脱粒运动过程中被隔板(用作支撑栅格圆钢的钢板)所磕, 将籽粒磕碎(这也是国外样机存在的弊端, 在第二轮样机的设计和制造中对栅格凹板结构进行了改进, 达到了较好的效果)。第一种情况最好的解决办法是选用一种送料装置, 这种送料装置能使玉米穗有规律的、顺着脱粒滚筒轴送进脱粒机, 但目前还没有这种装置。针对第二种情况, 可以相应采取一些措施以减轻破碎程度, 对于栅格凹板, 圆钢与隔板的联接设计成圆钢嵌入隔板半圆(见图 3a), 使机器工作时玉米穗接触不到隔板下半部分棱角; 另外将玉米穗可能接触到的隔板上半部分, 以及其他零件有棱角的部位打磨成 $> R3$ 的圆角。

6) 生产率

对于挤搓式脱粒机来说没有明显的产量界限。该系列脱粒机标定的生产率是在保证各项技术性能指标的条件下给定的。若超过标定产量喂入, 则导致技术性能指标下降(脱净率下降, 破碎率上升); 若喂入量过小, 则脱净率也下降。经试验发现该系列脱粒机有一个显著特点, 即不会出现堵塞现象(按本文所给方法选定参数), 甚至喂入量达到额定的 150% 也不会堵塞, 只是喂入量过大会影响脱净率、破碎率提高和增加电机负荷。

7) 玉米含水率对脱粒的影响

玉米含水率对生产率和脱粒质量有一定影响, 玉米含水率在 13% ~ 20% 范围内, 技术性能指标比较稳定; 玉米含水率超过 20%, 则脱净率和破碎率指标下降, 夹带量上升, 净度指标下降, 更主要的是影响预清机正常工作, 其主要表现为大杂粘筛, 风选效果和清选质量下降。

[参 考 文 献]

- [1] 杨喜贵. 5TY-10 玉米脱粒机[Z]. CSTAD. 1989
- [2] 何晓鹏. 一种玉米脱粒机[P]. ZL 00 2 50725 0 北京: 国家知识产权局, 2001
- [3] 5TYZ-17 型玉米脱粒机技术研究报告[R]. 北京: 农业部规划设计研究院, 2002
- [4] 何晓鹏, 陈海军, 刘春和等. 玉米种子脱粒机械设备技术条件 送审稿[S]. 北京: 农业部规划设计研究院, 2002
- [5] 王长春, 王怀宝. 种子加工原理与技术[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [6] The direction of new western cylinder type seed corn shellers[Z]. New york: Custom seed equipment 1998

Research and design on corn sheller by extruding and rubbing method

He Xiaopeng¹, Liu Chunhe¹, Shi Jianfang¹, Wang Guangwan²

(1. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100026, China;

2. Jiuguan Seed Manufactory of Gansu Province, Gansu 735000, China)

Abstract: In order to minimize the kernel damage, a design method of seed corn sheller with broad board-teeth, a shelling cylinder with lower rotary speed and grid concave boards was proposed in this paper. The sheller threshing kernels by extruding & rubbing, which is capable of processing both common corn and seed corn. The advantages of the apparatus are a higher threshing performance and a lower percentage of kernel damage. The equipment was adapted to shell corn ears with different moisture content from 13% to 20%. A new gentle shelling technique was adopted in this sheller, which is different from the traditional shelling principle. The shelling of the corn accomplished by the action of corn on corn and corn on cobs in a round bar cage. Some equipment was manufactured according to this technique, and the results of testing of sample sheller showed that the sheller was completely suitable for the threshing of seed corns. Some rules obtained from the design of the corn sheller were also introduced.

Key words: extruding and rubbing; corn sheller; structure design