

栅条滚筒式干果分级机设计

史增录, 唐学鹏, 赵守瑞, 白圣贺, 张学军

(新疆农业大学机电工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 结合现有分级机的工作原理, 综合分析各类分级机的优点和缺点, 根据实际工作情况, 完善设计了栅条滚筒式干果分级机, 完成了分级机的总体方案设计, 并介绍了其总体结构和工作原理。重点对分级机传动系统、栅条滚筒式筛分装置和叶片调节装置等关键部件进行设计, 完成了分级机的滚筒转速、栅条间隙和升运角等关键参数的计算。通过对栅条滚筒式分级机的设计和参数计算, 为干果分级机的进一步研究优化提供了参考依据。

关键词: 干果; 栅条滚筒式; 分级; 设计

中图分类号: S226.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-1795(2018)07-0105-05

Design of Grid Cylinder Type Dried Fruit Sorting Machine

SHI Zenglu, TANG Xuepeng, ZHAO Shourui, BAI Shenghe, ZHANG Xuejun

(Electromechanical Engineering College, Xinjiang Agricultural University, Urumqi Xinjiang 830052, China)

Abstract: Working principle of existing classifier was combined, a comprehensive analysis of advantages and disadvantages of various types of classifier was done. According to actual working situation, grid cylinder dried fruit sorting machine was designed, overall design of strip roller type classifier was completed, and structure and working principle were introduced. Key parts such as classifier drive system, grid roller screening device and blade adjusting device were designed. Key parameters such as drum speed, grid clearance, lifting angle were calculated. Through design of grate drum classifier and parameters calculation of key components, it could provide a reference for further study and optimization of dry fruit classifier.

Keywords: dried fruit, grid cylinder type, sorting, design

0 引言

随着新疆林果种植面积和产量的增加, 林果业已在新疆的农业产业结构中占有重要地位, 也是农民增收的重要经济来源之一。鲜果的干燥加工是提高果品附加值, 保证果农收益的重要手段。但目前对干果如红枣、核桃、杏干、巴旦杏和无花果等的产后处理不完善, 存在优次不分、大小混杂和包装水平差等问题, 导致了新疆地区干果增值低, 市场竞争处于劣势。因此, 果品产后加工的不完善是制约新疆林果业发展的重要因素^[1]。

新疆林果业沿着产业化发展的过程中, 进行储藏、保鲜、流通, 以及清洗、烘干、分级和包装等深加工, 是提高干果附加值和产品档次的关键技术。作为农户既要满足消费者需求又要使干果增值, 可通过干果的初步分级分选来实现^[2]。干果分级机是干果再加工必不可缺的分级设备。因此, 开展干果分级机的研制和推广, 对提高林果业的发展水平、增加农户

的收入和促进林果业的发展均具有十分重要的意义。

1 总体方案确定

目前使用的分级机按照工作原理分类, 主要有锥辊式分级机、滚杠分级机、平面筛式分级机、滚筒分级机和栅条滚筒式分级机。锥辊式分级机和滚杠分级机式是利用锥辊间隙和滚杠间隙的调节, 从而实现果品的大小分级。其特点是结构精巧、操作维护方便、破损率低和不易堵塞物料。但是分级精度低, 容易造成物料的堆叠而影响分级质量^[1-3]。

平面筛式分级机由3个筛子组成, 每筛的孔径不同, 当振动筛工作时, 物料与筛面产生相对滑动, 尺寸小于筛孔的物料有可能通过筛孔, 掉入下筛, 其余的留在筛面上, 并沿筛面流向一侧, 由集料口收集。对干果进行筛选分级时, 易造成干果堵塞筛孔, 筛面对干果的损伤较大, 不宜用于干果的分级。

滚筒式分级机的关键部件是用薄钢板冲孔卷制而成的滚筒。将滚筒分为若干级, 利用每级滚筒的不同

收稿日期: 2018-03-22 修回日期: 2018-05-09

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目 (项目编号: 2016D01B021)

作者简介: 史增录, 实验师, 研究方向: 农业工程技术与装备。E-mail: shizld@qq.com

张学军, 通信作者, 博士, 教授, 研究方向: 农业工程技术与装备。E-mail: zhxjau@sina.com

在线投稿
www.d1ae.com

孔径,实现对直径大小不同的物料进行尺寸分级。但进行干果分级时,易造成干果堵塞筛孔,无法进行分级作业,降低了分级机的作业可靠性。

栅条滚筒式分级机由各段栅条间隙不同的滚筒组成,后级栅条的间隙相比于前级间隙逐渐增大。当物料进入筛筒时,小的干果在离心力的作用下从第1级被分离出来,尺寸较大的干果在运动到后1级滚筒继续筛选。栅条滚筒式分级机通过设置滚筒和水平面的倾斜角,以保证干果在滚筒内从前向后运动。但调节栅条滚筒的倾角时,各级滚筒的倾角是整体同步调节的,对外形差异较大的干果向前推送的能力影响较大。

综合考虑上述分级机的优缺点,重点解决适用于中小农户使用的且要求结构简单、效率高、价格低廉、功耗小和伤果率低的分级机^[4-5]。因此,设计了通过叶片调节装置独立对各级栅条滚筒的向前推送倾角进行调节,以适应新疆种植面积较大的红枣、核桃和杏干等果品的机械化分级需要。

2 主要结构和工作原理

2.1 整体结构设计

栅条滚筒式干果分级机的整机结构如图1所示。主要由传动系统、筛分装置、叶片调节装置、进料装置、机架、集料斗和出料装置等部件组成。

2.2 工作原理

栅条滚筒式分级机主要用于对干燥后的红枣、核

桃和杏等果品的分级作业,以提高其附加值。工作时,通过电动机带动传动系统,以驱动滚筒轴的转动,滚筒轴带动栅条滚筒和叶片一起转动,干果从进料装置进入栅条滚筒内,在叶片的推送不断向前输送。在输送的过程中,干果在离心力和叶片的共同作用下,尺寸较小的干果从间隙栅条的间隙中漏下,落到料斗从料口分选出来;尺寸较大的干果通过滚筒和叶片的共同作用,输送进入下一段栅条滚筒进行分选。最后1级从栅条滚筒的另一端的出料口分选出来。在分选时,可根据干果外形尺寸大小,更换栅条滚筒,使栅条间隙与干果尺寸相对应,提高分级机的使用率。

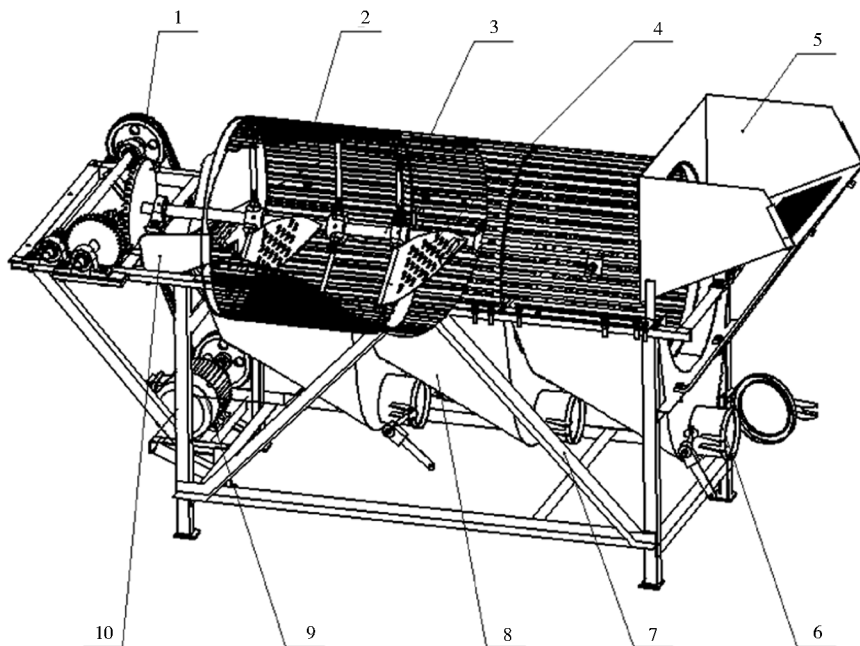
3 关键部件设计

3.1 传统系统

栅条滚筒式干果分级机的动力传动系统如图2所示。分级机的动力由电动机驱动,通过胶带传动带动中间轴Ⅰ转动,中间轴Ⅰ驱动齿轮组进行转动,驱动中间轴Ⅱ转动,中间轴Ⅱ驱动锥齿轮组的运动,锥齿轮组驱动输出轴转动,以带动滚筒的转动。

3.2 栅条滚筒式筛分装置

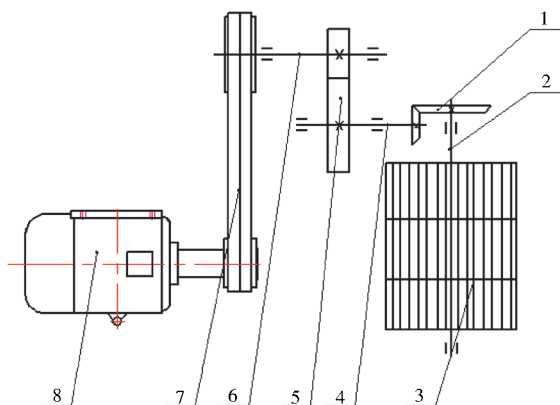
通过对各类干果品种尺寸的研究和分级效果的界定,筛分部分的分级情况分为3级,以满足不同的分级需求。设计的筛分装置采用3段滚筒,每段滚筒的栅条间隙不同,靠近进料口处间隙小,依次间隙增大。干果在筛筒内径向随着滚筒一起做圆周运动,直



1. 传动系统 2. 筛分装置 3. 滚筒轴 4. 叶片调节装置 5. 进料装置 6. 出料口 7. 机架 8. 集料斗
9. 电机 10. 排渣装置

图1 栅条滚筒式干果分级机整机结构

Fig. 1 Structure grid cylinder of dried fruit sorting machine



1. 锥齿轮组 2. 输出轴 3. 滚筒 4. 中间轴Ⅱ 5. 齿轮组
6. 中间轴Ⅰ 7. 胶带传动 8. 电动机

图2 分级机的动力传动系统

Fig. 2 Power drive system diagram of sorting machine

径尺寸小的干果在离心力的作用下从前段滚筒分离出来，直径尺寸较大的干果在滚筒的带动下运动到后段滚筒继续筛选。在滚筒的前面端设置有向前推送干果的叶片，每段滚筒内叶片倾角可独立调节，用来调节干果的推送速度。前叶片倾角设计的较小，干果前进速度较低增加干果与滚筒的接触概率，增加干果与滚筒的接触面积，有效地提高分级效果。后端叶片的倾角较大，可提高干果的输送速度，提高机械的工作效率，其具体结构如图3所示。

3.3 叶片调节装置

滚筒内干果的前行速度是由叶片来实现推送，叶

片的倾角不同时，干果的前行速度也不同。为了便于调节叶片的倾角以达到控制干果前进速度的目的，设计了调节滑块在一定的范围内调节叶片的倾角，实现最优的输送速度，提高筛分效果和生产效率。工作时，调节滑块可以在栅条滚筒间隙的外壁滑动，滑块上开孔用挂钩螺栓和六角螺母定位叶片。通过在滚筒上移动滑块调整叶片的倾角。叶片倾角的设计基本解决了传统栅条式滚筒分级机分级不精确性、窜级严重和生产效率低等问题，其具体结构如图4所示。

4 关键工作部件计算与分析

4.1 栅条滚筒转速

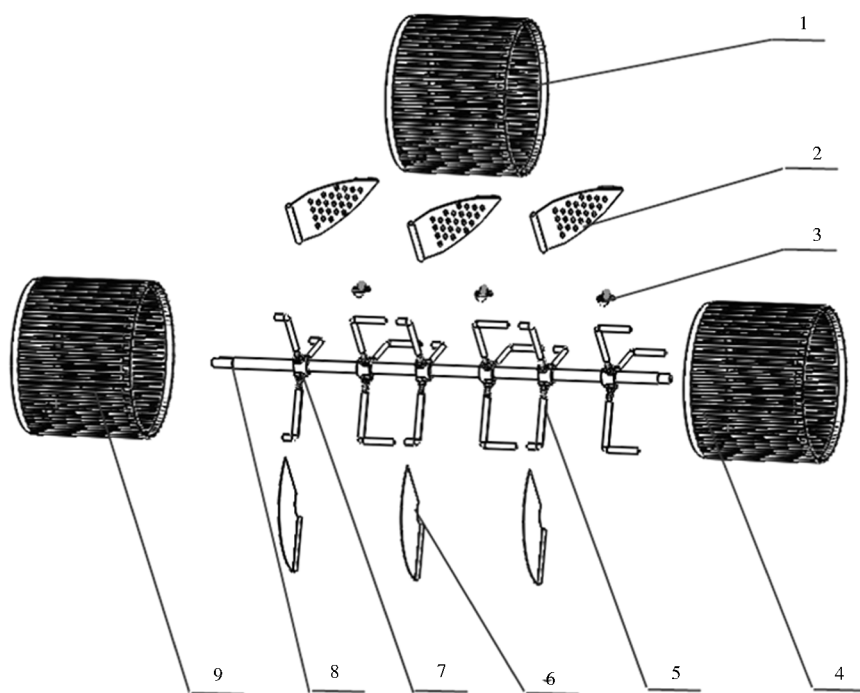
栅条滚筒的转速是栅条滚筒分级机的主要运动参数。滚筒以一定转速运转时，干果在滚筒内壁处的离心力大于物干果料的重力，这样才能保证干果靠自身的重力自由落下，否则干果会贴紧在滚筒内壁造成无法分离状况，其他干果也无法进入栅条间隙，从而减少筛分的面积，转速过高会造成栅条间隙的堵塞导致栅条滚筒无法正常工作，降低筛分的生产率影响分级的效果^[6]。栅条滚筒达到最高转速时应满足^[7]

$$n \leq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{R}} \quad (1)$$

式中 R —— 栅条滚筒半径，m

g —— 重力加速度，9.8 m/s²

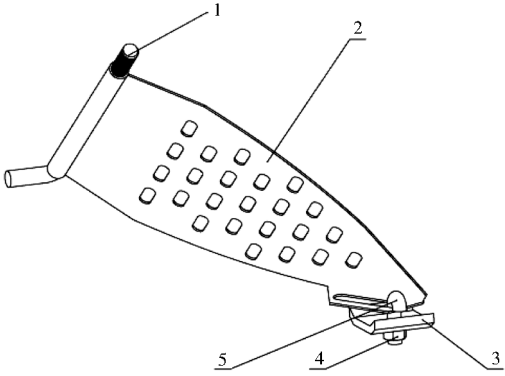
n —— 圆筒筛的转速，r/min



1. 二级滚筒 2. 叶片 3. 调节滑块 4. 一级滚筒 5. 连接杆 6. 挡板 7. 轴套 8. 滚筒轴 9. 三级滚筒

图3 筛分装置分解

Fig. 3 Decomposition of sieving device



1. 连接栓 2. 叶片 3. 定位滑块 4. 六角螺母 5. 挂钩螺栓

图4 叶片调节装置结构
Fig. 4 Structure of blade regulator

通过式 (1) 可简化得到

$$n \leq 30 / \sqrt{R}$$

栅条滚筒达到最低转速时应满足

$$n \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{gf}{R}} \tag{2}$$

式中 f ——干果与栅条端面之间摩擦系数

通过式 (2) 可以得到

$$n \leq 30 / \sqrt{fR}$$

由式 (1) 和式 (2) 可以看出, 栅条滚筒转速应满足

$$30 \sqrt{fR} \leq n \leq 30 \sqrt{R} \tag{3}$$

4.2 栅条间隙

栅条间隙是干果筛选工作效率的主要影响因素, 由于目前国内对红枣、杏干和核桃等干果的等级没有制定统一的国家标准, 通过查阅相关资料, 得到3种干果的各级间的栅条间隙, 如表1所示^[8]。设计的栅条滚筒式分级机的栅条间隙采用表1所示的数据进行设计。

表1 栅条间隙

Tab. 1 Grille gap

品种	栅条间隙/mm		
	第1级	第2级	第3级
红枣	25.1	30.1	33.0
杏干	24.5	29.0	33.0
核桃	24.5	29.0	

4.3 分级过程受力分析

当滚筒转动时, 干果受到自重力、离心力和叶片的支撑力, 以及叶片对其的摩擦力的共同作用力。以干果的质心 P 为原点, 栅条滚筒的切向为 x 轴方向, 栅条滚筒的法向为 y 轴方向, 干果在栅条滚筒内的受力情况如图5所示。

将干果的自重 mg 分别在 x 轴和 y 轴方向进行分解, 得到

$$F_N = -mg \sin \alpha \tag{4}$$

$$F_f = \mu F_N = -\mu mg \cos \alpha \tag{5}$$

$$F_c = m\omega^2 R \tag{6}$$

式中 μ ——干果与滚筒表面的摩擦系数

α ——干果的升角

m ——物料的质量, kg

g ——重力加速度, m/s^2

R ——滚筒的半径, m

ω ——物料运动的角速度, rad/s

当栅条滚筒带动干果在滚筒内做圆周运动时, 在升角为某一值时, 干果 P 开始沿叶片向下滚动的临界条件是

$$F_c + mg \sin \alpha = F_f \tag{7}$$

将式 (4)、式 (5) 和式 (6) 代入到式 (7)

得

$$m\omega^2 R + mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha \tag{8}$$

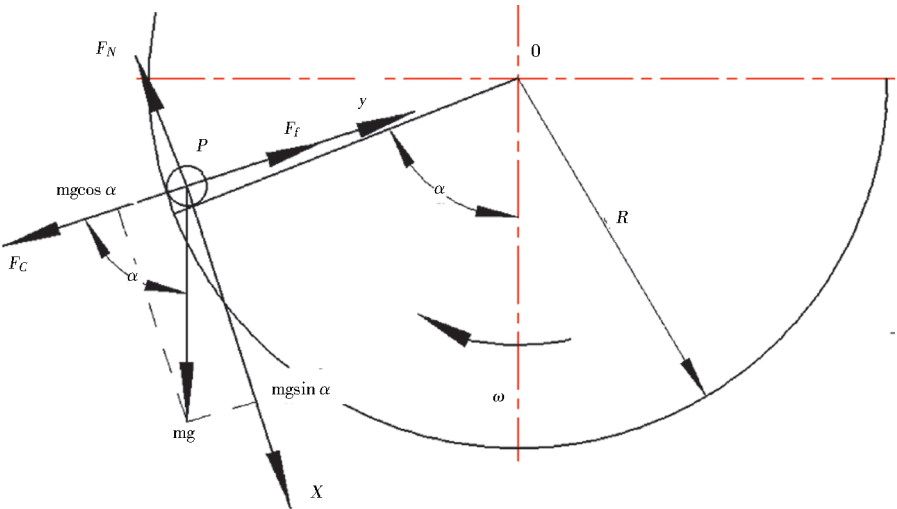


图5 干果在栅条滚筒内的受力分析

Fig. 5 Force analysis of dried fruit in drum of grid strip

经简化后可得

$$\tan\alpha = \mu - \frac{\omega^2 R}{g \cos\alpha} \quad (9)$$

$$\alpha \geq \arctan\left(\mu - \frac{\omega^2 R}{g}\right) \quad (10)$$

根据式(10), 干果在栅条滚筒内的升角为 α , 据此设计叶片的倾角不得小于 α , 以保证前1级滚筒的叶片可将直径尺寸较大的干果顺利地推送到后1级滚筒。

5 结论

栅条滚筒式分级机采用3级滚筒并排安装, 且各级滚筒的栅条间隙根据分级干果的标准尺寸, 由前向后依次增大的方式排布。干果通过进料口进入一级栅条滚筒时, 在离心力的作用下从尺寸较小的干果在一级滚筒内被分离出来, 尺寸较大的干果在叶片和栅条滚筒的共同作用下, 推送到后2级滚筒继续筛选, 依次进入三级滚筒, 进行分级分选。干果从前1级滚筒向后1级滚筒推送的过程中, 通过叶片调节装置独立对各级栅条滚筒的向前推送倾角进行调节, 以保证干果在滚筒内从前向后的顺畅运动。

设计的栅条滚筒式干果分级机的滚筒可根据干果的种类进行栅条间隙的更换, 以适用于其他干果类的高效分级, 实现一机多用, 使用范围较广。同时, 独立设置的叶片调节装置可实现对干果输送的速度控制, 提高干果的分级效率, 降低分级过程中的机械损伤。栅条滚筒式分级机的研究, 对提高新疆地区干果业的发展水平, 促进干果业的可持续发展, 具有重大的意义。

参考文献

[1] 袁丽. 栅条滚筒式干果分级机的试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2006.

新疆农业大学, 2006.

YUAN Li. Experimental research of the dried fruit sorting machine of a grid cylinder[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2006.

[2] 周健华. 红枣分级机的设计及试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012.

ZHOU Jianhua. Design and experiment of machine for red dates classifier[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2012.

[3] 买合木江, 刘奎, 朱占江, 等. 6FG-3000型滚杠式青核桃分级机的设计[J]. 新疆农机化, 2013(4): 20-22.

[4] 马少辉. 栅条滚筒式红枣分级机改进与试验研究[J]. 中国农机化, 2012(3): 96-98.

MA Shaohui. Improvement and experimental research to jujube sorting machine of grid cylinder[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2012(3): 96-98.

[5] 刘敏基, 谢焕雄, 王建楠, 等. 栅条滚筒式花生分级机的优化设计与试验[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(2): 210-212.

LIU Minji, XIE Huanxiong, WANG Jiannan, et al. Optimal design and experimental study on peanut sorting machine of grid cylinder[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(2): 210-212.

[6] 胡永光, 李建钢, 陆海燕, 等. 等直径滚筒式茶鲜叶分级机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2015, 46(S1): 116-121.

HU Yongguang, LI Jiangang, LU Haiyan, et al. Design and experiment of equant-diameter roller screening machine for fresh tea leaves[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(S1): 116-121.

[7] 王亚妮, 田智辉, 王佩, 等. 核桃壳仁混合物滚筒分级机的设计与试验[J]. 包装与食品机械, 2015, 33(3): 33-35, 40.

WANG Ya-ni, TIAN Zhihui, WANG Pei, et al. Design and test of walnut kernel and shell mixture roller-type classifier[J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 33(3): 33-35, 40.

[8] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(下册)[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.