

# 可移动式轻简化红枣除杂机的研制

杨丙辉<sup>1,2</sup>, 闫树军<sup>1,2</sup>, 赵劲飞<sup>1</sup>, 陈光<sup>1</sup>, 廖结安<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup>塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆阿拉尔 843300; <sup>2</sup>新疆维吾尔自治区普通高等学校  
现代农业工程重点实验室, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**【目的】探讨目前新疆红枣采收作业的现状,为解决矮化密植型枣园红枣收获时遇到的捡拾作业效率低、成本高、除杂设备落后等问题提供依据。【方法】应用机械设计的理论与方法,基于新疆目前的红枣种植模式和清扫式收获作业方式,以新疆红枣收获除杂为研究对象,采用风吹和筛分相结合的方案,研制了一种可移动的轻简化田间红枣除杂机。该设备的动力由小型汽油机提供,通过V带驱动鼓风机将含杂物料中混着的枣叶、灰尘及其他轻杂质吹到轻杂质沉降室中;同时物料中混着的小石子、土块等重杂质在滚动通过复合筛面时被分离,从而完成含杂物料的除杂工作。【结果】通过田间试验验证了机具的基本性能,试验表明:样机除杂率为87.6%,损失率为2.3%,生产率为396 kg·h<sup>-1</sup>,较人工捡拾除杂效率提高了约5倍,除杂率、损失率和作业效率基本达到了设计的要求。【结论】可移动式轻简化红枣除杂机的研制,为捡枣作业人员提供了一种可以提高效率、降低劳动强度的辅助作业机具;田间试验验证了机具的基本性能,也为机具的进一步优化改进提供了参考,有一定的市场应用前景。

**关键词:** 红枣; 可移动式除杂机; 辅助捡枣

中图分类号: S665.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2019)07-0875-09

## Development of a movable and simplified jujube separator

YANG Binghui<sup>1,2</sup>, YAN Shujun<sup>1,2</sup>, ZHAO Jinfei<sup>1</sup>, CHEN Guang<sup>1</sup>, LIAO Jian<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup>Tarim University Mechanical and Electrical Engineering College, Alar 843300, Xinjiang, China; <sup>2</sup>The Key Laboratory of Colleges & Universities under the Department of Education of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Alar 843300, Xinjiang, China)

**Abstract:** 【Objective】Xinjiang is one of the main producing areas of jujube in China, which is more distinctive in southern Xinjiang because of its special climate. However, at present most of the jujube harvest in southern Xinjiang is mainly completed by artificial picking, with low efficiency, high cost and time consuming. Although some research institutions and enterprises have developed many machines and tools to try mechanized harvesting, the practical application effect is still unsatisfactory; and therefore, artificial harvesting will continue to exist for a long time. There are two main ways for the artificial jujube harvesting: one is cherry-picking operation and the other is picking up operation by sweeping. The cherry-picking operation can get clean red dates easily but the operation efficiency is low; and the picking up operation by sweeping can get high efficiency and good effect, but with a higher rate of impurity. And now the artificial collecting by sweeping method has been improved with relatively high efficiency and good effect, so that it has been applied increasingly. Unfortunately, the picked-up jujube by sweeping contains much impurity, such as leaves, small branches, broken soil, sand and other debris that need to be removed. Now the simple screen mesh is used with low efficiency and undesirable effect. There are no specialized impurity removal tools available currently so that it is urgent to develop a suitable and portable impurity removal equipment to improve the situation. Therefore, the main purpose of this study is to solve the problem of removing the impurity in the process of picking up

收稿日期: 2019-02-13 接受日期: 2019-04-03

基金项目: 国家科技重大专项(2016YFD0701504); 塔里木大学现代农业工程重点实验室开放课题(TDNG20150201); 塔里木大学青年创新资金(TDZKQN201605)

作者简介: 杨丙辉, 男, 讲师, 硕士, 主要从事农业机械的研究与教学工作。Tel: 18130966863, E-mail: yang\_binghui@163.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel: 18096979790, E-mail: liaojiean@126.com

thujube. Specifically, according to the operation characteristics of picking up jujube and the impurity situation, a special equipment for removing impurity from the jujube was developed. The machine can solve the problem, and obtain a higher pick-up efficiency, better effect and lower cost. For this purpose, this study will analyze the component composition of mixed jujube, the size of the date and the impurity situation. Also it includes the determination of the overall machine plan and the designing of key components. At the same time, the preliminary prototype processing and field experiment were carried out. **【Methods】**Based on the mechanical design theory and method, as well as the existing planting patterns and the status in relation to jujube harvest operation in southern Xinjiang, the present study was undertaken in Xinjiang as a research project. For picking up the dry jujube leaves, floating soil, dust and other light impurities, the wind blowing was used to remove light impurities. As for the heavy impurities such as the branches, clods and pebbles, the impurities were removed by using the screen sorting, which determined the overall scheme of the jujube separator machine. The machine was made up of rack, unloading mechanism, screening plant, power plant, centrifugal fan, collection basket, road wheel and some other parts. The specific working principle is as follows: when it starts working, the mixed dates fall and are spread to the smooth screen plate through the cone hopper under gravity, and continue to slide. When the mixed dates pass through the lower end of the composite screen, the blower driven by the gasoline engine directly blows the falling materials, and blows away the leaves, dust and other light impurities into the light impurity settling chamber. In the settling chamber, the light impurities slide down the side wall into the light impurity collection basket due to the sudden weakening of the wind and the effect of gravity. Simultaneously, when the dates with heavy impurities roll across the composite screen, the impurities like small stones and soil lumps fall into the heavy impurity collection basket, and finally the clean dates fall into the jujube collection basket, and the field impurity removal operation is finished. At the same time, according to the sample parameters of jujube with impurity, the hopper-screen and the impurity removal screen were designed. Based on the average mass and shape of the jujube, the centrifugal blower was designed and selected. The small gasoline engine was matched and selected according to the power of the centrifugal blower, and according to the general design plan and detailed design requirements, we finally contacted the related agricultural machinery department for manufacturing the sample machine. **【Results】**According to the overall design scheme, the sample jujube separator machine was trial-produced. The basic performance of the machine was confirmed by field test which showed that the overall impurity removal effect was good with higher efficiency and there were basically no dried leaves in the dates after the operation. Generally speaking, the performance of the machine has reached the expected design goal. The removal rate of the prototype was 87.6%, the loss rate was 2.3%, and the productivity was  $306 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Compared with manual picking, the removal efficiency was about 5 times higher. **【Conclusion】**The development of the jujube separator machine provided an auxiliary operating equipment, which can improve the efficiency and reduce the labor intensity. The basic performance of the machine was confirmed through field test, providing a reference for further optimization and improvement of the machine. The research and development of this machine was mainly to solve the problem that there was no special auxiliary machine in the process of the picking up operation by sweeping. It is a transitional auxiliary machine, but has not fundamentally solved the problem of artificial picking up jujube. However, it can relatively increase artificial pickup efficiency, improve operation effect and reduce pickup cost, thus having certain market application prospect. At the same time, for the current difficulties encountered in the jujube harvest, the development of this machine also provides a way for the development of the jujube combine harvester.

**Key words:** Jujube; Movable separator; Auxiliary date picking

新疆作为世界六大果品生产带之一,也是我国红枣的主要生产基地。在新疆,红枣规模化生产主要集中在南疆地区和吐哈盆地的东疆地区,并在各地区形成了红枣发展重点区域<sup>[1]</sup>。到2017年底,新疆红枣种植面积增加到接近500万hm<sup>2</sup>,主要分布在南疆的阿克苏、喀什、和田、巴州等地方<sup>[2-3]</sup>。尤其是近些年来,南疆各地区的红枣种植面积迅速增加,已经成为南疆地区又一支柱性产业,为农村经济增长和农民增收又增加了一个新亮点<sup>[4]</sup>。但是由于我国果园机械化总体上仍处于起步阶段,果树生产作业各个环节都存在着劳动效率低、生产成本高等问题<sup>[5]</sup>,故对于普遍采用矮化密植型种植模式的南疆红枣收获也不例外,红枣采收多数还是主要靠人工捡拾来完成,效率低下且采收成本高,采收的周期也比较长<sup>[6-7]</sup>。虽然一些研究机构和企业在不断的研究探索,尝试机械化采收,并且已经设计和试验了很多机具<sup>[8-10]</sup>,但目前实际应用效果仍然不理想,因此人工采收应该在一段时间内还将长期存在。对于人工捡拾作业方式主要有两种:如果是果实较大的骏枣则一般进行挑选式捡拾作业(即直接从地上捡拾出红枣,基本不含杂物),虽然干净但纯人工作业效率较低;如果是果实较小的灰枣则一般用清扫式捡拾作业(即先用扫把扫成堆后用簸箕铲收入周转筐中,再在田间除杂去除杂物),捡拾效率高,但含杂率较高。如图1所示为南疆枣园的人工捡拾红枣作业。



图1 南疆红枣田间人工捡拾作业

Fig. 1 Manual picking of jujube in southern Xinjiang

目前在红枣采收的过程中,为了提高捡拾作业效率,越来越多的红枣捡拾作业人员自愿结合成捡枣作业队(团队式分工、协同作业),采用高效率的清扫式捡拾作业方式工作,但是捡拾起来的红枣含杂

物较多,需要将其中的枣叶、小枣树枝、碎土、小沙子等杂物去除,但是现在借用的简易筛网除杂效率低且效果不好,无专用的田间红枣除杂机具可用,因此迫切需要开发一种合适的枣园可移动除杂设备来辅助进一步提高捡拾作业效率和质量。

对于捡拾含杂红枣的清选除杂设备,主要采用风选和筛网相结合的方式。近年来,许多高校和科研单位为了更好的对清选装置进行深入的科学研究,部分单位专门研制了清选试验台,在清选设备的研究理论上取得了较大进展<sup>[11-13]</sup>。在风筛设备的结构研究中,国内的科研机构也取得了较大进展,如广东农机所设计的联合收割机清选装置采用了振动筛与风机的双重结构,并在此基础上增加了二次清选机构<sup>[14]</sup>来提高清选质量;新疆农业科学院农业机械化研究所的李忠新等<sup>[15]</sup>研制的红枣加工成套设备,包括除杂、清洗和烘干等工艺过程装置,重点是对深加工时的红枣进行前期处理,除杂对象为极少量的异物;青岛农业大学机电工程学院的吕尚武等<sup>[16]</sup>研制了花生除杂(清选)分级机,和含杂红枣的除杂过程类似,但不是专门针对田间红枣除杂的;塔里木大学的陈光<sup>[17]</sup>设计了一种风筛式红枣除杂机,可以对田间收获的红枣进行除杂,有一定的应用价值。同时企业也面向市场开发了使用风筛清选系统的设备,一些制造企业研制的纵轴流清选装置已在稻麦收割机上成功运用,如佳木斯联丰农业机械有限公司的5XF-15复式清选机、河北省种业集团种子机械有限公司的5XZ-3种子清选机等<sup>[18]</sup>都已经取得良好的应用效果。国外对红枣清选设备的研究比较少(由于红枣的规模化种植主要在中国),未查阅到相关文献。但是对风筛清选系统的研究起步较早,技术已较为成熟,在风筛清选设备的生产和使用方面均居领先地位。如由德国黑格公司所生产的黑格160型联合收获机,取得了较好的性能,含杂率降低,可靠度高,但价格较高<sup>[19]</sup>;另外Stephen等<sup>[20]</sup>也设计了一种新型清选装置,该装置可以通过控制器调节离心风机的转速,同时可以调节进风口大小,从而提高清选性能。近年来,由于机、电、液混合系统的迅速发展,国外很多企业的风筛清选设备都大量采用新技术,朝着高效率、低损失率、低含杂率和智能化的方向发展<sup>[21]</sup>。

因此,针对目前南疆的田间红枣清扫式捡拾作业过程中除杂设备落后以及无专门除杂设备的现



状,以新疆灰枣的收获除杂为研究对象,研制了一种可以对田间捡拾的含杂红枣进行快速清选除杂的可移动设备。研究基于南疆地区红枣产业发展过程中遇到的现实问题,结合当前红枣采收时人工捡拾作业方式的特点,重点开发一种针对田间清扫式红枣捡拾作业的辅助作业机具,该设备可以对捡拾起来的含杂红枣物料进行清选除杂,从而来提高田间红枣捡拾作业的效率和质量,降低红枣捡拾作业人员的劳动强度,降低红枣收获成本,提高红枣种植户的综合经济收益。

## 1 红枣物料组成及其基本外形参数

### 1.1 含杂物料组成

2018年10月20日在新疆阿拉尔十二团和十团的枣园随机收集了10份(每份大约500 g)红枣含杂混合物样本,根据对田间捡拾起来红枣、杂质混合物的物料特征分析,捡拾起来的含杂红枣中成分主要有四类,即红枣、枣叶、小枣枝、轻杂物;小枣枝一般长度在20 mm以上;轻杂物主要包含碎叶片、灰尘等轻质杂物。通过对随机抽取的样本进行分析和测量称重,计算出其平均质量与所占比例,具体情况为:红枣约占83.65%,枣叶约占12.75%,小枣枝约占2.25%,轻杂物约占1.40%,如图2所示为在附近的枣园采集到的含杂红枣物料。



图2 红枣含杂混合物料

Fig. 2 The jujube with impurities

### 1.2 红枣及枣叶基本外形参数

红枣的外形特征尺寸对筛网的参数设计起直接的决定作用,通常红枣的外形特征尺寸有两个重要

参数<sup>[22]</sup>:长径和腰径,通过对10份样本中随机抽取的50粒红枣的测量、统计分析,其长径尺寸范围为33~36 mm,腰径尺寸范围为18.5~22.5 mm,如图3所示。



图3 红枣模型

Fig. 3 The model of jujube

对于枣叶的外形尺寸,通过对采集样本中随机抽取的50枚枣叶片进行测量并分析统计,并计算平均值后发现,未卷曲枣叶的长度(含尾部短柄)最大为64.5 mm,枣叶宽度尺寸范围最大为23.5 mm。

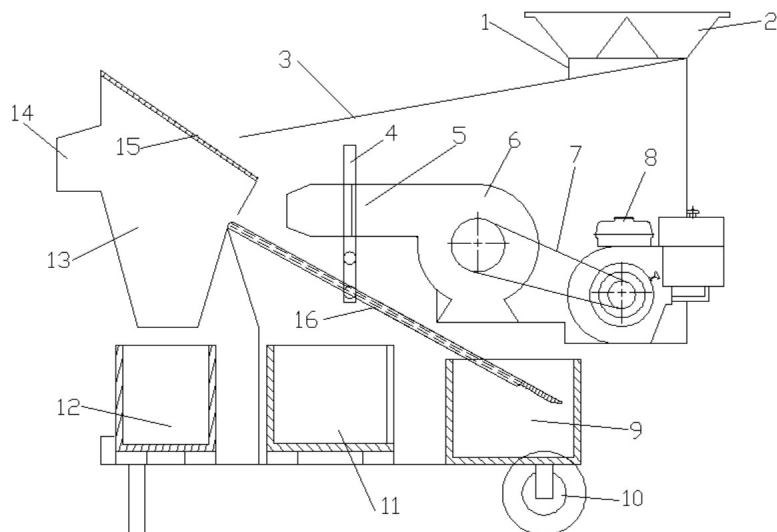
## 2 整体结构与工作原理

### 2.1 整体结构

可移动式的田间红枣除杂机由机架、下料机构、筛分装置、动力装置、离心式鼓风机、收集筐和行走轮等部分组成,具体结构示意图如图4所示。

### 2.2 工作原理

当设备开始工作时,先启动小型汽油机,同时将含杂质的红枣物料倒入机具下料口中,含杂的红枣在重力作用通过锥形下料斗均匀下落平铺到下料盘上,并且在重力作用下继续滑落光面筛板上,当含杂红枣通过下料复合筛面下端时,由小型汽油机带动的鼓风机输送过来的风通过导向风道直接对着下落的物料流进行吹风,将红枣中混着的枣叶、灰尘及其他轻杂质吹到轻杂质沉降室中,在沉降室中由于风力突然减弱同时再加上杂质自身重力的作用,轻杂质便沿着沉降室的侧壁滑落到轻杂质收集筐中;另一方面含重杂质物料的红枣在滚动通过除杂复合筛面时,红枣中混着的小石子、土块等杂质便落入到重杂质收集筐中,最后除杂后干净的红枣便落入到红



1. 机架;2. 下料斗;3. 下料盘;4. 下吊杆;5. 导向风道;6. 鼓风机;7.V带;8. 汽油机;9. 红枣收集筐;10. 行走轮;11. 重杂质收集筐;12. 轻杂质收集筐;13. 沉降室;14. 出风口;15. 下料复合筛;16. 除杂复合筛。

1. Frame;2. Hoppe;3. Feed plate;4. Underside boom;5. Wind tunnel;6. Air blower;7. V-belt;8. Gasoline engine;9. Date basket;10. Walking wheel;11. Heavy impurity basket;12. Light impurity basket;13. Settling chamber;14. Outlet;15. Hopper-screen;16. Impurity removal screen.

图4 红枣除杂机结构

Fig. 4 The structure of the jujube separator

枣收集筐中,完成田间含杂红枣的除杂工作。

### 2.3 基本参数

根据南疆地区红枣捡拾作业要求,设计的红枣除杂机主要技术参数具体如表1所示。

表1 红枣除杂机基本参数

Table 1 Major parameters of the jujube separator

主要技术参数 Major parameters	参数值 Parameter
外形尺寸(长×宽×高) Dimensions (length× width × height)/mm	1 150×480×1 330
整机质量 Machine quality/kg	62
喂入量 Feed quantity/(kg·h <sup>-1</sup> )	260~460
匹配动力 Power/kW	1.8

## 3 关键部件设计与选型

### 3.1 复合筛的设计

根据对田间红枣含杂物料成分及其密度的分析,借鉴其他农产品分选除杂的经验,在对红枣含杂物料进行除杂的过程中,对轻杂质的处理采用风选方式分离;而对于体积较小的重杂质(数量比较少)分离时通过斜置筛网直接滚动下落分离,所以对于复合筛的设计包括两部分,一是下料分选轻杂质的复合筛;另一个是分离重杂质的复合筛。

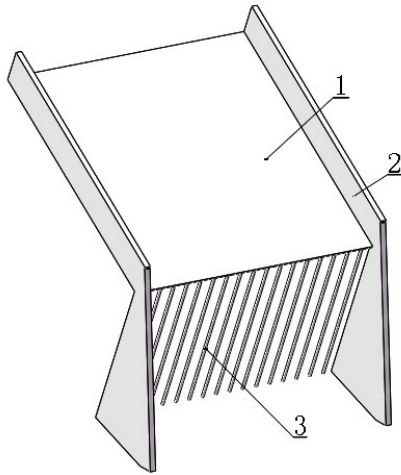
在对含杂红枣物料进行风选除杂时,下料盘和下料复合筛相互配合,从而来控制物料流速和层

厚。工作时当物料从下料盘进入下料复合筛的光板面后,物料的流量变得适宜风选,之后含杂物料在风场中被分离,即干枣叶等轻杂质透过下料复合筛的栅条筛面后进入轻杂质收集箱,而红枣和重杂质在重力作用下滚落到除杂复合筛栅条筛面上,且在滚落的过程中小重杂质与红枣被分离。

3.1.1 下料复合筛设计 根据对含杂红枣物料的组成分析可知,主要轻杂质是枣叶和灰尘,且轻杂质和红枣的密度差异较大,故为了便于分选和提高分选效率,采用吹风的方式来进行分选。

对于下料复合筛的结构,考虑到含杂红枣物料的流动性较差,为了便于含杂物料的下料并同时控制下料的速度,故将复合筛前段设计为有一定角度的光板结构,根据实际试验验证角度设计为40°~60°较为合适;后段设计为竖直型的棒条型筛网,且比较陡峭,与光板面呈90°的夹角,目的在于可以让物料按照一定的速度呈瀑布式落下被风吹走时对红枣起到一定的阻挡作用,同时可以顺利把轻杂质吹走,棒条间距根据枣叶外形尺寸设计为28.5 mm,具体结构如图5所示。

3.1.2 除杂复合筛设计 除杂筛网的设计应满足如下基本要求:适当的开孔率和筛孔不易堵塞。在工农业生产中,筛网的实际形式多种多样,由于棒条式筛网对于小枝和浮土的清选效果较好,制造简单,考



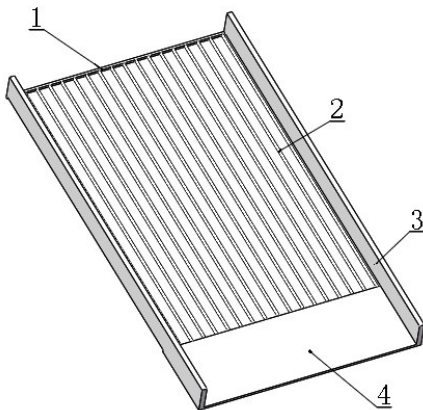
1. 光板筛面; 2. 侧挡; 3. 栅条筛面。  
1. Flat screen; 2. Fence; 3. Grid screen.

图 5 下料复合筛结构

Fig. 5 The structure of feeding compound screen

虑各种因素和实际情况,本设计就选用棒条式筛面。

根据在前文中对红枣外形特性的分析,确定筛网基本尺寸为:棒条筛网长 65 cm,宽 43 cm,厚度 1 cm,筛网两根棒条间距 1.2 cm,后部导向筛面长 15 cm;两侧分别有 10 cm 挡板来防止红枣跳出筛网,除杂复合筛网基本结构如图 6 所示。



1. 栅条筛面; 2. 栅条; 3. 侧挡; 4. 光板筛面。  
1. Grid screen; 2. Grid; 3. Fence; 4. Flat screen.

图 6 除杂复合筛结构

Fig. 6 The structure of separating compound screen

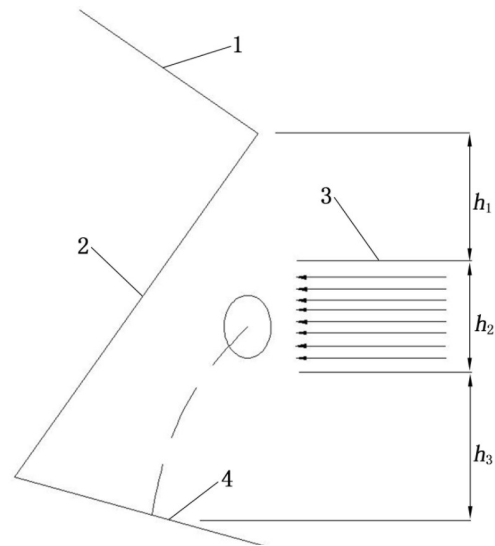
### 3.2 风机设计选型

对于风机的设计选型问题,由于离心式鼓风机市场应用较广,有着易于匹配选型、购买和维修保养等优点,故本设计就采用离心式鼓风机。

红枣含杂物料在呈瀑布式下料时会经过鼓风机的出风口,整个物料都会受到风场中风力的作用,枣叶及轻杂质会被吹走,而此时红枣在风场中由于受

到水平风力和自身重力作用呈水平抛物线运动,最后落到下方的除杂复合筛上后自由滚落到收集筐中(图 7)。

对于风机参数的选择,根据实际生产需求,理论设计时以红枣的平均参数(随机抽取的 50 颗红枣统计分析后,其平均质量为 4.58 g,平均长径为 32.83 mm,平均腰径为 20.84 mm)作为参考,红枣水平抛落时的水平偏移距离为限制在 5 cm,风道出风口截面设计为矩形,其尺寸为 43 cm×20 cm;同时忽略空气阻力和红枣经下料筛滑落时获得的微小的初速度,根据风机设计的相关知识和经验<sup>[23]</sup>,计算过程如下:



1. 下料筛光面; 2. 下料筛筛面; 3. 风道; 4. 除杂筛面。

1. Smooth hopper-screen; 2. Hopper-screen; 3. Outlet; 4. Impurity removal screen.

图 7 红枣下落运动

Fig. 7 The diagram of jujube falling motion

(1) 红枣在各阶段的下落时间

由如下公式计算:

$$h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2; \quad (1)$$

$$h_1 + h_2 = \frac{1}{2} g t_2^2; \quad (2)$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2. \quad (3)$$

式中,  $h_1$ : 红枣落到出风口上侧的高度,设计 20 cm;  $h_2$ : 离心式鼓风机风口的高度,设计为 20 cm;  $h$ : 红枣在竖直方向下落到筛面的距离;  $h = h_1 + h_2 + h_3$ , 根据相关角度设计为 68.2 cm;  $g$ : 重力加速度,取 9.8 m·s<sup>-2</sup>;  $t_1$ : 红枣下落到风机风口上侧时间, s;  $t_2$ : 红枣下落到风口下侧的时间, s;  $t$ : 红枣下落到除杂复合筛



面的时间,  $s$ ;

经计算得出:  $t_1 = 0.2 s$ ;  $t_2 = 0.29 s$ ;  $t = 0.37 s$ ; 由此推出红枣在风机口下落的时间:  $T_1 = t_2 - t_1 = 0.09 s$ 。由此推出红枣通过风机口水平运动的时间:  $T_2 = t - t_2 = 0.08 s$ ;

(2) 红枣在水平方向运动的加速度

由如下公式计算:

$$S = \frac{1}{2} a T_1^2 + a T_1 T_2 \quad (4)$$

式中,  $S$ : 红枣在水平方向上位移, 设计为  $5 \text{ cm}$ ;  $a$ : 红枣在风场中获得的加速度,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ;  $T_1$ : 红枣在风机口下落的时间,  $s$ ;  $T_2$ : 红枣过风机口后水平方向上运动时间,  $s$ ; 经计算得出:  $a = 4.44 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ;

(3) 红枣在风场中的受力

由如下公式计算:

$$F = ma; \quad (5)$$

$$F = \rho s V^2. \quad (6)$$

式中,  $F$ : 红枣在风场中受的水平推力,  $\text{N}$ ;  $m$ : 红枣的平均质量, 根据统计取  $4.58 \text{ g}$ ;  $a$ : 红枣在风场中获得的加速度,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ;  $\rho$ : 空气的密度, 取  $1.29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $s$ : 红枣在风场中的横截面积,  $\text{m}^2$ ;  $V$ : 鼓风机风口的风速,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 经计算可得:  $V = 4.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;

(4) 离心式鼓风机风量的确定

根据计算的风机风口风速, 同时结合设计的风机风口尺寸 ( $43 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ ), 根据如下公式计算:

$$Q = VA. \quad (7)$$

式中,  $Q$ : 鼓风机风量,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $V$ : 风口的风速,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $A$ : 风机风口横截面积,  $\text{m}^2$ ; 经计算可得:  $Q = 0.41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;

结合实际, 考虑风量损失, 取安全系数  $k = 1.2$ ; 离心式鼓风机风量最终取  $0.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(5) 离心式鼓风机选择与改进

根据计算的风机风量参数, 同时结合实际应用, 选择九洲普惠牌的 2.8 A 型低噪音离心式鼓风机, 功率为  $1.5 \text{ kw}$ , 转速为  $2800 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 风量  $1131 \sim 2356 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 。由于实际工作时该离心式鼓风机不是由电动机带动, 故需要将原电动机拆下, 对传动轴接口结构进行改进匹配设计, 并加装带轮, 由汽油机通过 V 带传动带动离心式鼓风机工作。

### 3.3 动力匹配选型

对于除杂机而言, 动力设备的主要任务就是为鼓风机提供动力, 让鼓风机能够以一定的转速向外

输送风力来进行除杂, 且该转速在一定的范围内可调。在进行动力匹配时, 由于机具通常情况下在田间工作, 并且会随时移动到新的地点工作, 配电问题不方便解决; 而柴油机又比较笨重, 所以也不适合选用。据上分析, 本机器选用小型汽油机比较合适, 依据配套的风机功率, 并结合实际情况, 选用的动力设备为重庆力帆集团生产的 154F 通用型农用汽油发动机, 最大功率为  $1.8 \text{ kW} / 3600 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

## 4 样机试制及田间试验

根据田间红枣除杂机的总体方案设计要求, 结合关键零部件的设计选型, 对田间红枣除杂机样机进行了试制, 试制后的样机结构如图 8 所示。



图 8 红枣除杂机样机

Fig. 8 The prototype of the jujube separator

为了验证机器的性能, 2018 年 11 月在新疆生产建设兵团第一师阿拉尔附近十团的枣园开展了初步的田间试验 (表 2)。试验基本条件如下: (1) 在田间随机收取了 10 筐 (每筐质量为  $15 \text{ kg}$ ) 红枣及枣叶混

表 2 田间红枣除杂机试验结果

Table 2 The experimental result of jujube separator

主要指标参数 Major parameters	平均参数值 Average parameter
除杂率 Impurity removal rate/%	87.6
生产率 Productivity/( $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ )	396.0
损失率 Loss rate/%	2.3

注: 1. 除杂率  $\% = (1 - \text{杂质总质量} / \text{试验样本总质量}) \times 100$ ; 2. 生产率: 单位时间内处理含杂红枣物料的质量; 3. 损失率  $\% = \text{杂质筐中落入的小轻红枣质量} / (\text{干净红枣质量} + \text{杂质筐中小轻红枣质量}) \times 100$ 。

Note: 1. Impurity removal rate  $\% = (1 - \text{Total impurity mass} / \text{Sample mass}) \times 100$ ; 2. Productivity: Mass of handling sundries per unit time; 3. Loss rate  $\% = \text{The mass of small light red dates} / (\text{The final mass of the clean red dates} + \text{The mass of small light red dates}) \times 100$ 。

合物;(2)含杂混合物成分:红枣、干枣叶、极少的小枣树枝;(3)试验时以每筐红枣为单位研究对象进行试验,相关试验数值是10筐的总体试验平均值,试验结果表明,该机器的整体除杂效果良好,除杂后的红枣基本没有干枣叶的存在,从总体上来讲机器的性能基本达到了预期的设计目标,较人工捡拾除杂效率提高了约5倍。

## 5 讨 论

基于南疆红枣现有的种植模式和收获作业现状,研制了一种可以对田间捡拾的含杂红枣进行快速清选除杂的设备,为捡枣作业人员提供了一种可以提高效率、降低劳动强度的辅助作业机具。胡灿等<sup>[24]</sup>设计的一种小型红枣风选去杂机,工作时依靠风机风力带走其中的枣叶、枣树枝等杂物,对于土块等较重杂物通过振动筛网进行过滤,样机最优试验参数组合为:振动筛网倾角为 $11^{\circ}$ ,喂料速度为 $450 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,除杂过程中红枣有一定的损伤。鲁兵等<sup>[25]</sup>设计的振动筛式红枣多层除杂分级机,试验表明最佳作业效率为 $142 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,振动除杂分级装置的倾角为 $11^{\circ}$ ,除杂分级作业后的红枣含杂率为1.53%,分级合格率为94.8%,损伤率为3.1%。笔者设计的田间红枣除杂机,采用的是小型汽油机作为动力装置进行风力除杂,对于重杂物的过滤则是通过含杂物料滚动下落过程中进行筛分除杂(因为重杂质很少),筛面倾角为 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,试验表明除杂率为87.6%,生产率为 $396 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,损失率为2.3%。虽然这三种除杂机的具体结构设计稍有不同,但是总体原理基本都是一样的,与胡灿等<sup>[24]</sup>设计的机具相比,笔者设计的机具筛面倾角较大,效率稍低,原因在于笔者的机具没有振动装置,所以设计较大的筛面倾角便于物料流动,没有振动装置则会导致效率相对偏低;与鲁兵等<sup>[25]</sup>设计的机具相比,笔者设计的机具相对除杂率偏低,但是生产率和损失率要占优势,原因也是显而易见的,因为笔者的机具只有2级筛面除杂,而鲁兵等<sup>[25]</sup>设计的机具则由4级振动分级筛组成,工作时红枣在筛面上运动的路径和时间都相对较长,所以除杂效果好,但是生产率就会相对较低,红枣损伤也会相对较大。

## 6 结 论

(1)针对目前南疆田间红枣除杂设备落后的现

状,以新疆红枣收获除杂为研究对象,确定了机器的总体方案,并对关键零部件进行设计选型,确定了下料复合筛的安装角度设计为 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 较为合适;选用的离心式鼓风机功率为1.5 kW,转速为 $2\ 800 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,风量 $1\ 131 \sim 2\ 356 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ;匹配选用通用型农用汽油发动机的最大功率为1.8 kW/ $3\ 600 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 较为合适。

(2)根据设计选型试制了田间红枣除杂机,并通过田间试验表明该机器的的工作参数和性能满足红枣收获除杂的农艺要求,样机除杂率为87.6%,损失率为2.3%,生产率为 $396 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ,较人工捡拾除杂效率提高了约5倍,为捡枣作业人员提供了一种高效率、低劳动强度的辅助作业机具。

## 参考文献 References:

- [1] 周丽,杨伟志,王长柱,李新岗.新疆红枣优生区研究[J].果树学报,2015,32(3):453-459.  
ZHOU Li, YANG Weizhi, WANG Changzhu, LI Xingang. Superior production region of Chinese jujube in Xinjiang [J]. Journal of Fruit Science, 2015, 32(3):453-459.
- [2] 魏朝晖,陈继红,张丽.新疆红枣种植规模对产量的滞后影响分析[J].现代园艺,2018(10):18.  
WEI Chaohui, CHEN Jihong, ZHANG Li. Analysis on lag effect of planting scale of Xinjiang red date [J]. Xiandai Horticulture, 2018 (10):18.
- [3] 王雨,李占林,刘晓红,斯琴,古力仙.新疆枣业发展现状及品种选择[J].农村科技,2017(9):71-73.  
WANG Yu, LI Zhanlin, LIU Xiaohong, SI Qin, GU Lixian. Development status and variety selection of jujube industry in Xinjiang [J]. Rural Science and Technology, 2017 (9):71-73.
- [4] 金新文,姚雪东,刘成江,林海,姜正,高振江.新疆南疆地区红枣产业发展现状及对策[J].江苏农业科学,2014,42(10):434-437.  
JIN Xinwen, YAO Xuedong, LIU Chengjiang, LIN Hai, LOU Zheng, GAO Zhenjiang. Development status and countermeasures of jujube industry in southern Xinjiang region [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2014, 42 (10): 434-437.
- [5] 王海波,刘凤之,王孝娣,翟衡,杜远鹏,张敬国,徐翠云,史祥宾,郝志强.我国果园机械研发与应用概述[J].果树学报,2013,30(1):165-170.  
WANG Haibo, LIU Fengzhi, WANG Xiaodi, ZHAI Heng, DU Yuanpeng, ZHANG Jingguo, XU Cuiyun, SHI Xiangbin, HAO Zhiqiang. Review on research, development and application of orchard machinery in China [J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30(1):165-170.
- [6] 梁鸿.中国红枣及红枣产业的发展现状、存在问题和对策的研究[D].西安:陕西师范大学,2006.  
LIANG Hong. Development status, existing problems and countermeasures of Chinese jujube and jujube industry [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2006.



- [7] 胡灿,鲁兵,侯书林,弋晓康,王旭峰. 新疆红枣收获机械的研究现状与发展对策[J]. 中国农机化学报,2016,37(7):222-225.  
HU Can, LU Bing, HOU Shulin, YI Xiaokang, WANG Xufeng. Research status and development strategies of Xinjiang jujube harvesting machinery [J]. Chinese Journal of Agricultural Mechanization, 2016, 37 (7): 222-225.
- [8] 付威,何荣,曲金丽,孙雨,王丽红,坎杂. 自走式矮化密植红枣收获机的设计[J]. 农机化研究,2014,36(4):106-109.  
FU Wei, HE Rong, QU Jinli, SUN Yu, WANG Lihong, KAN Za. Design of self-propelled short-planting and dense planting of jujube harvester [J]. Agricultural Mechanization Research, 2014, 36(4):106-109.
- [9] 鲁兵,王旭峰,张攀峰,胡灿. 新型落地红枣收获机的设计[J]. 农机化研究,2017,39(12):68-72.  
LU Bing, WANG Xufeng, ZHANG Panfeng, HU Can. Design of a new harvest machine for Chinese dates [J]. Agricultural Mechanization Research, 2017, 39 (12): 68-72.
- [10] 党凯锋,张鹏霞,杨震,曹希凡. 一种气吸式红枣捡拾收获机的研制[J]. 农产品加工,2017(8):31-34.  
DANG Kaifeng, ZHANG Pengxia, YANG Zhen, CAO Xifan. Development of an air-suction-type harvester for picking and harvesting red dates [J]. Agricultural Product Processing, 2017 (8):31-34.
- [11] 李耀明,赵湛,陈进,徐立章. 风筛式清选装置上物料的非线性运动规律[J]. 农业工程学报,2007,23(11):142-147.  
LI Yaoming, ZHAO Zhan, CHEN Jin, XU Lizhang. Nonlinear motion law of material on air-and-screen cleaning mechanism [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23 (11):142-147.
- [12] 李骅. 风筛式清选装置设计理论与方法研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.  
LI Hua. Research of modern design method for air-and-screen cleaning device [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [13] 李洪昌,李耀明,唐忠. 风筛式清选装置清选性能试验研究[J]. 中国农机化,2010(6):54-57.  
LI Hongchang, LI Yaoming, TANG Zhong. Test study on cleaning performance of air-and-screen cleaning mechanism [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2010 (6):54-57.
- [14] 周汉林,李君略,刘华,何林. GL2045 纵向轴流式全喂入联合收割机的研制[J]. 现代农业装备,2006(2):47-50.  
ZHOU Hanlin, LI Junlüe, LIU Hua, HE Lin. Development of combined harvester GL2045 with longitudinal axial feed [J]. Modern Agricultural Equipments, 2006(2):47-50.
- [15] 李忠新,杨莉玲,崔宽波,杨志强,朱占江,刘奎,刘佳,沈晓贺,买合木江. 红枣加工工艺及成套设备研制[J]. 新疆农机化,2011(3):39-40.  
LI Zhongxin, YANG Liling, CUI Kuanbo, YANG Zhongqiang, ZHU Zhanjiang, LIU Kui, LIU Jia, SHEN Xiaohe, MAI Hemujiang. Research and development of processing technology and equipment for jujube [J]. Xinjiang Agricultural Mechanization, 2011 (3):39-40.
- [16] 吕尚武,尚书旗,王东伟,何晓宁,赵泽龙,张亚栋. 花生除杂(清选)分级机的设计与研究[J]. 农机化研究,2019,41(9):71-75.  
LÜ Shangwu, SHANG Shuqi, WANG Dongwei, HE Xiaoning, ZHAO Zelong, ZHANG Yadong. Design and research of peanut cleaning and sorting machine [J]. Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(9):71-75.
- [17] 陈光. 风筛式红枣清选机的设计与试验研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2016.  
CHEN Guang. Design and experimental study of red dates Air-and-screen cleaning device [D]. Alar: Tarim University, 2016.
- [18] 邓春香,陶栋材,高英武. 谷物清选机的研究现状和发展趋势[J]. 农机化研究,2005(2):5-7.  
DENG Chunxiang, TAO Dongcai, GAO Yingwu. Research situation and development trend on grain sorting machinery [J]. Agricultural Mechanization Research, 2005(2):5-7.
- [19] 吴福良. 多功能油菜联合收获机的研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.  
WU Fuliang. Research on the multi-function rape combine [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2007.
- [20] STEPHEN L, KLAUS H, OLE P. Cleaning device for combine harvester for harvesting stem-like plants from field and for separating seed heads from crop residues, has blower, which is driven by external power operated motor for impacting sieve with air current: German, DE102011017620A [P]. 2012-10-31.
- [21] 宁新杰,金诚谦,印祥,刘鹏,李庆伦. 谷物联合收割机风筛式清选装置研究现状与发展趋势[J]. 中国农机化学报,2018,39(9):5-10.  
NING Xinjie, JIN Chengqian, YIN Xiang, LIU Peng, LI Qinglun. Research status and development trend of air-and-screen cleaning device for cereal combine harvesters [J]. Chinese Journal of Agricultural Mechanization, 2018, 39 (9): 5-10.
- [22] 史高昆. 气吸式红枣收获机设计与试验研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2014.  
SHI Gaokun. Design and experimental study of air-sucking jujube harvester[D]. Alar: Tarim University, 2014.
- [23] 王志强,郝志强,刘凤之,王孝娣,张敬国,王海波. 气力雾化风送式果园静电弥雾机的研制与试验[J]. 果树学报,2017,34(9):1161-1169.  
WANG Zhiqiang, HAO Zhiqiang, LIU Fengzhi, WANG Xiaodi, ZHANG Jingguo, WANG Haibo. Design and experiment of an air-atomized, air-assisted and electrostatic orchard sprayer [J]. Journal of Fruit Science, 2017, 34(9):1161-1169.
- [24] 胡灿,鲁兵,张攀峰,牛瑞坤,王旭峰. 小型红枣风选去杂机的设计[J]. 塔里木大学学报,2017,29(3):96-102.  
HU Can, LU Bing, ZHANG Panfeng, NIU Ruikun, WANG Xufeng. Design on small type Jujube hybrid winnowing machine [J]. Journal of Tarim University, 2017, 29(3):96-102.
- [25] 鲁兵,胡灿,王旭峰,牛瑞坤,张攀峰. 振动筛式红枣多层除杂分级机的设计与试验[J]. 农机化研究,2017,39(1):152-157.  
LU Bing, HU Can, WANG Xufeng, NIU Ruikun, ZHANG Panfeng. Design and experiment on vibrating sieve type Jujube multilayer purification and grader machine[J]. Agricultural Mechanization Research, 2017, 39 (1):152-157.