

基于 TRIZ 理论的红花丝盲采装置设计与试验

曹卫彬¹ 焦灏博¹ 刘姣娣² 杨双平¹ 陈棒棒¹ 孙胃岭¹

(1. 石河子大学机械电气工程学院, 石河子 832000; 2. 桂林理工大学机械与控制工程学院, 桂林 541006)

摘要: 针对红花花球分布层次不齐造成机械采收效率低等问题, 设计一种红花丝盲采装置。通过分析人工手采摘红花丝的过程, 利用 TRIZ 理论, 建立红花丝采摘的物质-场模型, 得出红花丝最佳采摘方案为利用采摘齿与红花丝碰撞的盲采。采用凸轮机构作为红花丝采摘的驱动机构, 利用 TRIZ 理论的冲突矩阵对应的发明原理, 对凸轮机构的结构进行改进, 使凸轮机构完成红花丝的夹紧与拉拔两个驱动。设计了一种新的弧形采摘齿, 解决了红花丝漏采难题。利用 Creo 软件建立红花丝盲采装置的三维模型, 并研制样机进行试验, 试验结果表明, 当该装置前进速度为 0.5 m/s, 采摘齿转速大于 6 r/s 时, 红花丝的采摘效果最佳, 采净率约为 90%。

关键词: 红花丝; 采摘装置; 弧形齿; TRIZ 理论

中图分类号: S225.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)08-0076-07

Design of Safflower Filament Picking Device Based on TRIZ Theory

CAO Weibin¹ JIAO Haobo¹ LIU Jiaodi² YANG Shuangping¹ CHEN Bangbang¹ SUN Weiling¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, China

2. College of Machine and Controlling Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541006, China)

Abstract: To improve picking efficiency of safflower filament harvesting device, a safflower filament harvesting device was developed based on TRIZ theory, which can pick safflower filament without the machine vision, called as safflower filament blind harvesting device. Through analyzing the whole process that people pick safflower filaments, the substance-field models of picking safflower filaments were built to guide how to design safflower filament picking device. The optimized picking method, as a result, was created according to that substance-field. This process existed that as they were moved without looking at safflower filament, two personal fingers were continuously opened and closed to pick safflower filament. Therefore, the probability that safflower filaments were picked without machine vision was very big. Through the above study, the safflower filament blind picking method was feasible. Force of personal fingers picking safflower filaments was flexible, so that the cam and spring mechanism were chosen as drive mechanism of the safflower filaments picking device to imitate soft drive system of personal finger picking safflower filaments. A general cam and spring mechanism only had an moving action along the one direction, however, there were necessary two actions to achieve the function of safflower filaments picking, which were clamping action and drawing action. Hence, a general cam and spring mechanism cannot satisfy the safflower filaments picking requirements. To solve that problem, the useful functions and harmful functions of a general cam mechanism were parameterized based on thirty-nine engineering parameters of TRIZ theory, and some principles to solve the problem were gained from the conflict matrix. The dynamic principle and reverse principle from the principles gained were applied to solve the above question. Finally, the existed cam structure can be changed, so that a new cam structure that the pushing bar rotates around the outline of the still cam can be created to simplify the structural complexity safflower filaments picking device. Through analyzing kinetic characteristics of safflower filaments picking device, it took some time that the pushing bar passes the return curve, resulting in that safflower filaments cannot be clamped quickly, making the picking ratio very low. To solve the difficulty of low picking efficiency, the arc shape picking finger shape was developed, filling in the gap of the time

收稿日期: 2018-03-07 修回日期: 2018-04-27

基金项目: 新疆生产建设兵团科技攻关项目(2015AB020)

作者简介: 曹卫彬(1958—), 男, 教授, 博士, 主要从事现代农业装备及技术研究, E-mail: wbc828@163.com

spending on clamping picking fingers and improving safflower filaments picking efficiency. Through the kinematical simulation of the safflower filament device, it was successive that the curves simulated the picking finger speed and acceleration, indicating that kinematical characteristics of the safflower filament device were suitable. The physical prototype of the safflower filament device was manufactured, and the picking performance of the safflower filament device was tested. The experiment results showed that picking ratio was about 90%, so that the device can meet picking requirements.

Key words: safflower filament; picking device; finger of arc shape; TRIZ theory

0 引言

红花是新疆主要的经济作物之一,目前红花采摘主要为人工。由于红花种植面积大,劳动力很难满足采摘要求,导致大面积红花丝因无人采摘而自然凋谢,造成红花丝减产^[1],实现红花丝的机械化采收成为红花收获的迫切需求。近年来,红花丝采收机械装备还处于试验阶段。2012 年 AZIMI 等^[2]设计一种红花丝采收机,试验表明,红花丝收获机的采收量与手工相比增加了 65%,但由于红花花期只有 3~6 d,其采摘效率不能满足新疆几万公顷的红花采收。2005 年,印度的 ANIL^[3]制成了两种类型的红花丝采收机,一种是背负式红花采收机,另一种是以汽油机为动力的手推式红花收获机,这两种装置均采用负压使花丝与果球分离,采摘效率较低,也不能满足红花丝的大面积采收。2012 年,国内红花丝气吸切割采摘方式的专利^[4-8],均是采用气力式或机械切割式实现红花丝的采集、收获,改善了采摘花农的劳动强度,但在实际应用过程中,依然存在采收效率低、掉落损失大等问题。因此,上述机械仍处在试验阶段,未得到推广应用。自 2015 年,作者所在研究团队申请了红花采摘专利^[9-14],主要采用机械齿实现红花丝的采收,可保证红花丝采摘的完整性。但还存在采净率低的问题。

为了解决红花丝机械收获效率低等问题,采用 TRIZ 理论对红花丝的采摘初始状态进行分析,建立红花丝采摘的物质-场模型,基于 TRIZ 矛盾分析法设计红花丝采摘机构,采用多个采摘齿同时采摘一朵红花丝,以期提高采摘效率。

1 红花丝最佳采摘方案分析

1.1 红花丝采摘系统的“物质-场”模型构建

人手指夹紧红花丝,通过拉拔实现红花丝的采摘,其本质为红花丝与花球的分离。在红花丝与花球之间存在一种物质-场模型,如图 1 所示: F_b 为红花丝与花球之间的抗拉力, S_1 为花球, S_2 为红花丝。

实现红花丝与花球分离的关键是破坏红花丝与花球之间抗拉力 F_b 。引入一种新的“物质-场”抵消

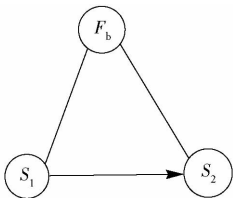


图 1 红花丝与花球的物质-场模型
Fig. 1 Substance and field model of filament and bud of safflower

花球与红花丝作用的抗拉力 F_b ,解决红花丝采摘难度大的问题。利用采摘齿模拟人手采摘红花丝,其采摘齿分为定齿、动齿两部分,动齿与定齿夹紧红花丝,与红花丝产生摩擦力,称为拉拔力 F_m ,作为采摘红花丝的机械场,抵消抗拉力 F_b ,实现红花丝的采摘功能。通过对红花丝施加采摘齿与拉拔力 F_m ,红花丝采摘过程的理想“物质-场”如图 2 所示, S_3 为采摘齿。

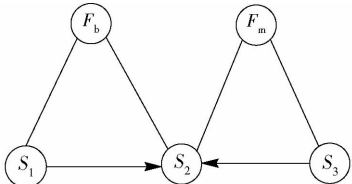


图 2 理想的红花丝采摘物质-场模型
Fig. 2 Ideal substance and field model of picking safflowers

分析红花丝采摘的理想模型,花球对红花丝的抗拉力 F_b 和采摘齿与红花丝作用的拉拔力 F_m 成相反作用。抗拉力 F_b 阻止红花丝脱离花球,为有害作用;拉拔力 F_m 促使红花丝脱离花球,为有利作用。因此,当 F_m 作用效果大于 F_b 作用效果时,实现红花丝采摘。通过增加有利作用的数量,使有利作用远大于有害作用,提高红花丝的采摘效率。为此假设有 n 个有利作用 F_{m1} 、 F_{m2} 、 $\dots$ 、 F_{mn} 同时作用于一个有害作用,则红花丝采摘的理想物质场模型转化为一般物质-场模型,如图 3 所示。即满足

$$\sum_{i=1}^n F_{mi} > F_b$$

确保有足够的采摘力采摘红花丝。

1.2 基于 TRIZ 理想解的红花丝理想采摘状态分析

人手采摘红花丝如图 4 所示,分为 4 个基本步骤:①通过眼睛观察,定位红花丝的位置。②张开手

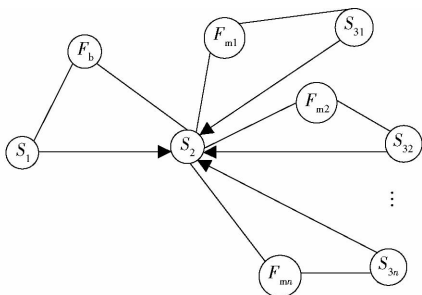


图 3 红花丝采摘的物质-场模型

Fig. 3 Multi-substance and field model of picking safflowers



图 4 采摘红花丝的基本动作

Fig. 4 Basic picking action of safflowers

指,将两手指分别移动到红花丝的两侧。③手指闭合,夹紧红花丝。④手指保持夹紧状态,并向着远离花球的方向移动,完成红花丝的采摘。

为实现红花丝的机械化收获,必须简化人手采摘过程,降低机械机构的复杂性。通过 TRIZ 理论中的理想化模型的定义方法,将人手采摘红花丝的过程抽象为理想过程^[15-19]。全局理想化:红花丝与花球已经断开,且红花丝已经在人手里。局部理想化①为红花丝与手指之间存在很大的力,用力一拉,红花丝脱离花球;局部理想化②为红花丝在手指的中间,只要夹紧,通过拉拔动作就可以将红花丝与花球脱离;局部理想化③为只要手指移动到花丝两边,夹紧红花丝,拉拔之后,红花丝与花球脱离。局部理想化④为通过定位红花丝的位置,手指移动到红花丝的两侧,夹紧红花丝,拉拔之后,红花丝与花球脱离。其中全局理想化与局部理想化①在现实中较难实现。局部理想化③、④与局部理想化②相比较,采摘动作较为复杂。假设红花丝采摘系统在红花地运行,运行高度低于红花生长的最大高度,则红花丝采摘系统接触红花花球的几率是存在的。因此,局部理想化②作为红花丝采摘系统设计的理想化模型,这种采摘方案称为红花丝盲采。红花丝盲采包括两个基本动作:红花丝的夹紧与拉拔。

2 红花丝盲采方案设计

红花丝盲采方案中,夹紧动作为往复移动,且人手采摘红花时,手指为柔性体,手指夹紧红花丝的力为柔性力。因此,采用凸轮机构与弹簧作为红花采

摘的驱动机构,利用弹簧的弹性变形模拟手指夹紧红花丝的柔性力。在凸轮机构与弹簧的基础上增加新的辅助部件,可以实现对红花丝的拉拔,但在增强凸轮机构的适应性与多用性的同时,也会增加采摘机构装置的复杂性,可制造性、可操作性变差。为解决这一问题,采用 TRIZ 理论的矛盾冲突矩阵,凸轮机构的适应性与多用性作为改善因素,可制造性、可操作性、复杂性作为恶化因素,查找出解决这一问题的所对应发明原理,改进现有的凸轮机构的结构,如表 1 所示。对表 1 中的发明原理进行分析筛选,有价值的发明原则有:1(分割原则)、13(反向原则)、15(动态化原则)、28(机械系统的替代原则),其他发明原则文中不予赘述。1(分割原则)是指将一个物体分成相互独立的部分或者易组装的部分;13(反向原则)主要有:将规定的操作改为反向操作,运动的部分静止,静止部分运动,使一个物体的位置颠倒;15(动态化原则):物体或其操作环境在每一个阶段都能自动调整;28(机械系统的替代原则):将静止场变为运动场。

表 1 凸轮机构矛盾矩阵

Tab. 1 Contradiction matrix of cam

改善因素	恶化因素		
	(32)可制造性	(33)可操作性	(36)装置复杂性
	1 分割	1 分割	15 动态化
(35)适应性	13 反向	15 动态化	28 机械系统的替代
与多用性	31 多孔材料	16 未达到或者 超过的作用	37 热膨胀 39 惰性环境 34 抛弃与修复

通过反向原则与动态化原则,将凸轮旋转推动推杆的移动,转化为推杆旋转推动自身的移动,将推杆的不旋转转化为旋转,禁止凸轮的自身旋转。因此采摘红花的凸轮驱动机构原理如图 5 所示,主轴旋转带动推杆轴向转动,动齿固定在推杆上,定齿固定在主轴上,因此动齿与定齿绕主轴的旋转实现红

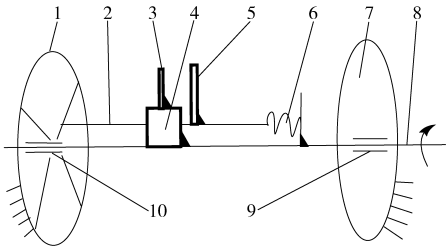


图 5 基于 TRIZ 理论的红花采摘装置原理图

Fig. 5 Principle diagram of safflowers picking device based on TRIZ theory

1. 凸轮 2. 推杆 3. 定齿 4. 主轴与推杆构成的移动副 5. 定齿 6. 弹簧 7. 支座 8. 主轴 9. 主轴与凸轮构成的转动副 10. 主轴与支座构成的转动副

花丝的拉拔;在凸轮与弹簧作用下,在主轴上往复移动,实现动齿与定齿的张合,实现红花丝的夹紧。

3 采摘装置设计

3.1 采摘齿的齿形设计

采摘齿摘红花丝时,绕着凸轮曲面做圆周运动,具有旋转角速度 ω ,同时与机架一起水平移动,具有水平运动速度 v 。在此过程中,采摘齿与红花丝具有相对运动,造成采摘齿闭合不及时而出现漏夹。为克服这一问题,将采摘齿的齿型设计为弧形,延长采摘齿与红花丝的接触时间,确保红花丝能够正常夹紧。弧形齿的型线如图 6 所示, s 为弧形齿对应的型线, θ 为弧形齿型线对应的圆心角, θ_1 为红花丝簇直径 d 对应的圆心角, θ_2 为凸轮型线圆心角, R 为弧形齿对应的半径, d 为红花丝分布的最大直径, l 为齿柄长度。通过采摘齿水平速度与旋转线速度的相互叠加,使得采摘齿的合速度相对红花丝向左运动,保证采摘齿能够插入花丝。

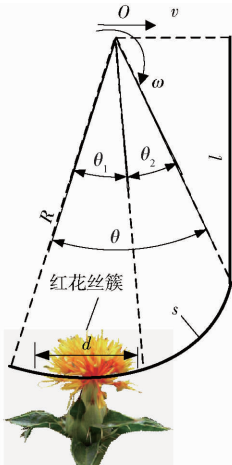


图 6 弧形齿采摘型线
Fig. 6 Curve of picking finger

将前进速度 v 与采摘角速度 ω 的关系转换为前进位移 x 与旋转的角位移 θ 关系,需满足如下条件:采摘齿位移 x 、红花丝束直径与凸轮回程角 θ_2 对应的弦长之和应小于采摘齿弧型线 s 对应的弦长,才能消除红花丝的漏夹现象。其数学表达形式为

$$x + d + R\theta_2 < 2R\sin(0.5\theta) \quad (1)$$

采摘装置主轴安装 3 套采摘齿,采摘装置旋转一周可完成 3 朵花丝的采摘,如图 7 所示,则采摘齿工作区域对应的圆心角为 120° ,为保证相邻采摘齿的采摘花丝不受干扰,采摘齿采摘区域对应圆心角设为 $\pi/3$,保证采摘齿的工作区域至少有 2 朵红花丝在其采摘区域。由于红花茎秆自然伸缩量为 $50 \sim 100 \text{ mm}$ ^[20],为确保采摘齿运动行程大于红花茎秆的自然伸缩量,红花丝能被成功采摘,图 6 中的采摘齿弧形半径设计为 $R = 70 \text{ mm}$ 。

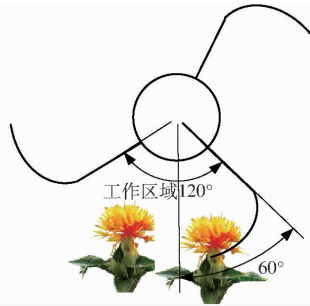


图 7 采摘齿的分布
Fig. 7 Distribution of picking fingers

根据葛云等^[3]对红花丝生长特性进行的测试,红花丝分布的最大直径平均值为 $d = 25 \text{ mm}$,其对应的圆心角 $\theta_1 = \arcsin(d/r)$,红花丝簇对应的圆心角 θ_1 取整为 $\pi/9$ 。采摘一朵花丝采摘齿前进位移为 d ,需要采摘齿的弧长抵消采摘齿相对红花丝的移动,避免红花丝脱离采摘齿而漏采。因此由式(1)得出,红花丝簇直径对应的圆心角 θ_1 与凸轮回程对应的圆心角 θ_2 满足

$$2\theta_1 + \theta_2 \leq \theta \leq \pi/3 \quad (2)$$

由此凸轮回程的圆心角 $\theta_2 \leq \pi/9$ 。

由孙胃岭等^[20]对红花的物理特性研究表明,随着采摘齿夹持红花的根数增加,红花丝的拉拔力加大。因此通过图 3 所示的红花丝采摘物质-场模型,利用 Creo 软件对采摘齿的齿型进行建模,如图 8 所示,设计每 4 个齿采摘一簇红花丝,有效增加了采摘齿对花丝的拉拔力 F_m ,定齿与动齿齿间隙为 $d/4$,取整为 6 mm ,为保证采摘齿在夹紧花丝的过程中不会出现较大的形变,利用工具钢 T8 作为加工材料,采摘齿简化为悬臂梁结构,强度校验,齿厚为 1.5 mm ,动齿与定齿的有效间隙为 4.5 mm 。

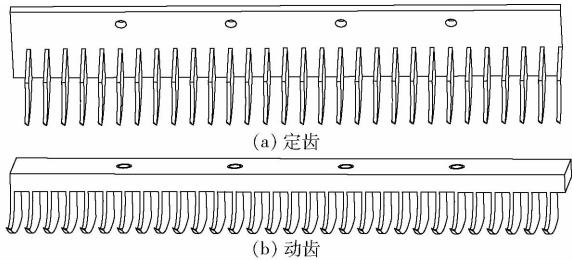


图 8 弧形采摘齿结构图
Fig. 8 Structure diagrams of curve picking finger

3.2 凸轮型线设计

红花丝采摘机构的凸轮为端面凸轮,假设 P 为凸轮型线上任意一点,则 P 点运动一周的轨迹为凸轮的型线。由于采摘齿相对旋转中心 z 轴的距离为定值, P 点运动轨迹在 Oxy 面的投影是半径为 r 的圆形,因此 P 点坐标表示为投影圆所在的弧长 x ($x = \alpha r, \alpha$ 为凸轮的圆心角, $\alpha \in [0, 2\pi]$) 与 z 轴构成的平面坐标,表示为 $P(x, z)$ 。如图 9 所示,近休

止段实现红花丝拉拔动作,为保证拉拔动作的空间距离足够大,取凸轮的一半作为拉拔区域,其对应的圆心角为 $[0,\pi]$,因此近休止的凸轮型线函数为 $f_1(x_1)=0$,定义域为 $[0,\pi r]$;升程段为保证凸轮打开采摘动作平缓,其对应圆心角区间为 $(\pi,4\pi/3]$,凸轮型线函数为 $f_2(x_2)$,定义域为 $[\pi r,4\pi r/3]$;回程段为保证采摘齿快速闭合,且满足设计值 $\theta_2<\pi/9$,其对应圆心角取为 $[19\pi/10,2\pi]$,凸轮型线函数为 $f_4(x_4)$,定义域为 $[19\pi r/10,2\pi r]$;远休止段实现红花丝的喂入,采摘齿处于张开状态,采摘齿张开距离为4.5 mm,因此凸轮型线函数为 $f_3(x_3)=4.5$,定义域为 $[4\pi r/3,19\pi r/10]$ 。

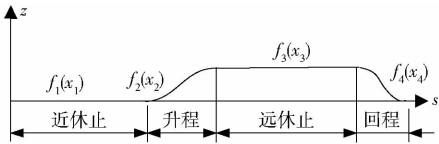


图9 凸轮型线函数
Fig.9 Cam curve functions

凸轮型线在近休止与远休止衔接处应光滑过渡,避免机械运动冲击,要求凸轮的升程与回程对应的型线两端点都连续可导,其满足各自的端点处速度与加速度均为零。因此,凸轮升程段型线满足的条件为

$$\left\{\begin{aligned} f_2(\pi r) &= 0 \\ f_2(4\pi r/3) &= 4.5\text{ mm} \\ f_2^{(1)}(\pi r) &= 0 \\ f_2^{(1)}(4\pi r/3) &= 0 \\ f_2^{(2)}(\pi r) &= 0 \\ f_2^{(2)}(4\pi r/3) &= 0 \end{aligned}\right. \quad (3)$$

式中 $f_2^{(1)}(\pi)$ —— $x=\pi r$ 点的速度
 $f_2^{(1)}(4\pi r/3)$ —— $x=4\pi r/3$ 点的速度
 $f_2^{(2)}(\pi r)$ —— $x=\pi r$ 点的加速度
 $f_2^{(2)}(4\pi r/3)$ —— $x=4\pi r/3$ 点的加速度

凸轮回程段型线满足的条件

$$\left\{\begin{aligned} f_4(1.9\pi r) &= 4.5\text{ mm} \\ f_4(2\pi r) &= 0 \\ f_4^{(1)}(1.9\pi r) &= 0 \\ f_4^{(1)}(2\pi r) &= 0 \\ f_4^{(2)}(1.9\pi r) &= 0 \\ f_4^{(2)}(2\pi r) &= 0 \end{aligned}\right. \quad (4)$$

式中 $f_4^{(1)}(1.9\pi r)$ —— $x=1.9\pi r$ 点的速度
 $f_4^{(1)}(2\pi r)$ —— $x=2\pi r$ 点的速度
 $f_4^{(2)}(1.9\pi r)$ —— $x=1.9\pi r$ 点的加速度
 $f_4^{(2)}(2\pi r)$ —— $x=2\pi r$ 点的加速度

为满足上述条件,采用五次多项式拟合凸轮型线,凸轮型线在近休止区间 $x\in[0,\pi r]$ 时,凸轮近休止函数为

$$f_1(x) = 10$$

在升程区间 $x\in[\pi r,4\pi r/3]$ 时,凸轮升程函数为

$$f_2(x) = 4.5\left[10\left(\frac{x-\pi r}{\frac{\pi}{3}r}\right)^3 - 15\left(\frac{x-\pi r}{\frac{\pi}{3}r}\right)^4 + 6\left(\frac{x-\pi r}{\frac{\pi}{3}r}\right)^5\right] + 10$$

在远休止区间 $x\in[4\pi r/3,1.9\pi r]$ 时,凸轮远休止函数为

$$f_3(x) = 14.5$$

在回程区间 $x\in[1.9\pi r,2\pi r]$ 时,凸轮回程函数为

$$f_4(x) = 4.5\left[10\left(\frac{2\pi-x}{\frac{\pi}{10}r}\right)^3 - 15\left(\frac{2\pi-x}{\frac{\pi}{10}r}\right)^4 + 6\left(\frac{2\pi-x}{\frac{\pi}{10}r}\right)^5\right] + 10$$

通过 Matlab 软件进行编程,绘制凸轮型线,如图 10 所示。

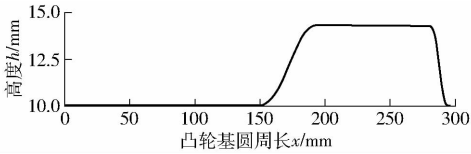


图10 凸轮型线
Fig.10 Curve of cam

根据凸轮设计型线,利用 Creo 软件进行凸轮三维建模,其建模过程按照凸轮型线设计的逆过程进行,建立凸轮型线展开的三维图模型。通过环形弯曲旋转 2π 转化为回转体结构,生成凸轮三维模型,如图 11 所示。

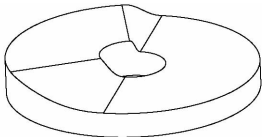


图11 凸轮三维建模
Fig.11 3D model of cam

通过 Creo 软件对红花丝采摘机构进行三维建模,如图 12 所示,动齿固定于推杆,推杆与主轴采用

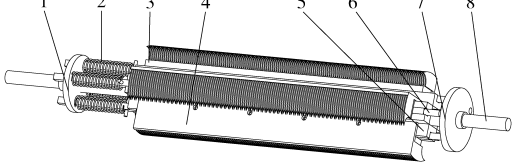


图12 红花丝采摘机构
Fig.12 Pick safflower mechanism

1. 弹簧挡盘 2. 弹簧 3. 动齿 4. 定齿 5. 滑道 6. 推杆
7. 凸轮 8. 主轴

移动副连接,定齿固定于主轴;主轴旋转,带动动齿与定齿转动,动齿在弹簧与凸轮的作用下,在旋转的过程中产生轴向移动,与定齿配合实现红花丝的夹紧,定齿与动齿的旋转实现红花丝的拉拔。因此凸轮机构在只有一个驱动的条件下,实现对红花丝的夹紧与拉拔两个动作。

4 仿真分析

通过 Creo 对采摘装置装配,进行位置仿真,得到采摘齿的运动轨迹如图 13 所示,凸轮驱动推杆,带动动齿的水平位移范围为 460 ~ 464.5 mm,区间距为 4.5 mm,与采摘齿的齿间距设计值一致,实现了红花丝的夹紧。

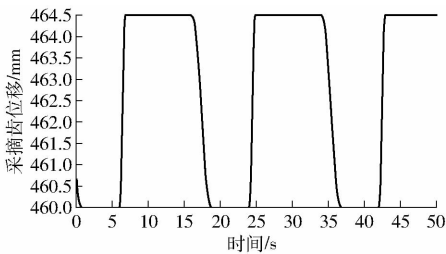


图 13 采摘齿的位移分析

Fig. 13 Analysis of picking finger displacement

利用 Creo 的测量模块对采摘齿动齿进行轴向运动学分析,测试采摘齿动齿的轴向速度图像,如图 14 所示,速度未发生跳跃现象。

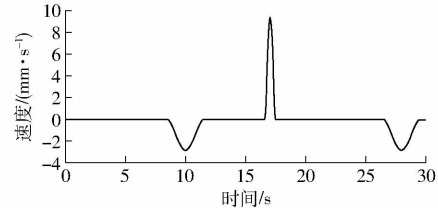


图 14 采摘速度分析

Fig. 14 Analysis of picking speed

采摘齿动齿的加速度如图 15 所示,加速度曲线连续,避免了采摘齿出现冲击力。

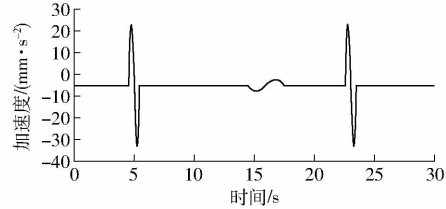


图 15 采摘加速度分析

Fig. 15 Analysis of picking acceleration

5 试验

5.1 红花丝采摘装置夹花过程分析

由于红花生长高度不同,需在不同高度布置多个采摘装置,实现整株不同高度的红花丝采摘。

由于红花大多数分布在植株的顶层,因此为了验证采摘装置设计的正确性,选择顶层红花作为采摘对象,采摘齿的安装高度等于红花植株的平均高度。红花丝的生长方向大多数接近竖直方向,因此采摘齿水平布置。当采摘齿旋转到最低端时,采摘齿相对地面的线速度最大,有利于快速插入花丝,因此夹花位置设计在采摘齿运动位置的最低端。红花丝采摘装置前进过程中,采摘齿在最低端与顶层的红花丝发生相切碰撞,采摘齿的定齿与动齿插入花丝,并通过弹簧与凸轮回程型线配合夹紧花丝,在采摘齿运动到最高点的过程中拔掉花丝。

5.2 试验测试

对红花丝采摘装置进行试制(图 16),以“裕民无刺”红花作为试验对象,株高为 700 ~ 1 000 mm^[3],采摘齿安装高度距离地面 900 mm。采用可控 ZLG 型直流串励电动机驱动采摘齿转动,电动机通过蓄电池供电,手动调速手柄通过 ZK 系列电动机控制器控制该电动机的转速,实现对采摘装置采摘速度的控制。通过手动调速手柄调节采摘装置的转速,进行试验。以 0.5 mm/s 作为采摘红花前进速度。测试结果如图 17 所示,前进的速度越快,单位时间内需要采摘的红花量越大。当采摘齿的转速为 4 r/s 时,采摘转速不能够满足采摘工作要求,出现红花丝由于采摘齿闭合不及时,导致漏采。

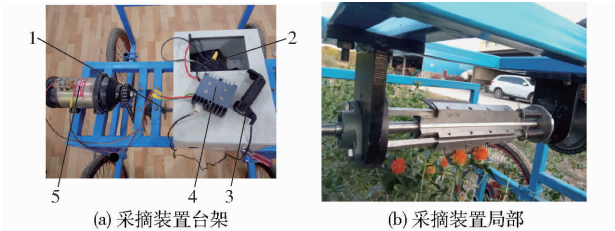


图 16 采摘装置

Fig. 16 Picking device

1. 红花丝采摘装置 2. 蓄电池箱 3. 手动调速手柄 4. ZK 系列电动机控制器 5. ZLG 型直流串励电动机

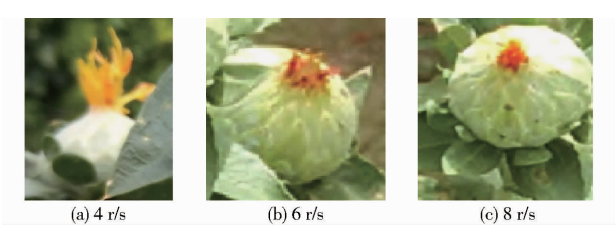


图 17 红花采摘试验结果

Fig. 17 Safflower experiment of picking performance

当采摘齿转速大于 6 r/s 时,单位时间内采摘齿接触到红花丝的次数增加,且采摘齿闭合的时间缩短,采摘齿闭合及时,减少了漏采率,采摘效果理想,其采净率约为 90%。

6 结 论

(1)通过分析红花丝采摘过程的理想化模型,提出一种基于采摘齿与红花丝碰撞的盲采方案,避免了对红花花球的准确定位,简化了采摘装置的机械结构。

(2)采摘齿具有相对地面的水平运动,采摘红

花丝时,采摘齿与红花丝接触位置相对移动,造成采摘齿闭合不及时而出现漏夹。为克服这一问题,将采摘齿的齿型设计为弧形,延长了采摘齿与红花丝的接触时间,确保了红花丝能够正常夹紧。

(3)通过试验分析,当采摘装置的前进速度为 0.5 m/s,转速大于 6 r/s 时,其采摘采净率约为 90%。

参 考 文 献

1 葛云,张立新,谷家伟,等. 对辊式红花采收装置参数优化及试验[J]. 农业工程学报,2015,31(21):35-42.
GE Yun, ZHANG Lixin, GU Jiawei, et al. Parameter optimization and experiment of dual roller harvesting device for safflower [J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(21): 35-42. (in Chinese)

2 AZIMI S, CHEGINI G, KIANMEHR M H, et al. Design and construction of a harvesting safflower petals machine[C]//CIGR - AgEng 2012, 2012:1-6.

3 ANIL K R. Development of safflower petal collector[D]. Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), 2005:1-6.

4 葛云,王磊,李远,等. 红花采收器:ZL201210353721.1[P]. 2012-09-30.

5 葛云,王磊,刘巧,等. 红花采收机:ZL201210219394.0[P]. 2012-06-30.

6 李景彬,坎杂,李成松,等. 一种便携式单人红花采收机:ZL201210351297.7[P]. 2012-09-30.

7 王建生. 药红花采摘器:ZL201220375644.5[P]. 2012-08-31.

8 李树峰,李景彬,葛云,等. 便携式红花采收机:ZL201210277585.2[P]. 2012-08-31.

9 曹卫彬,崔财豪,杨萌,等. 一种红花采摘控制系统:CN106970587A[P]. 2017-07-21.

10 曹卫彬,崔财豪,孙胃玲,等. 一种聚拢式红花采摘机构:CN106922297A [P]. 2017-07-07.

11 曹卫彬,崔财豪,马锐,等. 一种红花采摘机构:CN106900278A[P]. 2017-06-30.

12 王崧浩,曹卫彬,赵宏政,等. 一种喂入式对滚梳齿红花采摘机:CN205510918U[P]. 2016-08-31.

13 曹卫彬,王崧浩,赵宏政,等. 一种喂入式对滚梳齿红花采摘机:CN105875044A [P]. 2016-08-24.

14 曹卫彬,孙胃岭,王崧浩,等. 一种滚筒式红花采摘机:CN105766211A[P]. 2016-07-20.

15 曹国忠,郭海霞,檀润华,等. 面向功能创新的功能进化、组合与失效研究[J]. 机械工程学报,2012,48(11):29-38.
CAO Guozhong, GUO Haixia, TAN Runhua, et al. Research on function evolution, combination and failure mode for product function innovation [J]. Journal of Mechanical Engineering,2012,48(11):29-38. (in Chinese)

16 郭海霞,陈立文,曹国忠. 面向可持续性产品的功能创新过程研究[J]. 机械设计,2012(10):29-32,5.
GUO Haixia, CHEN Liwen, CAO Guozhong. Study on sustainable product oriented function innovation process[J]. Journal of Machine Design,2012(10):29-32,5. (in Chinese)

17 曹国忠,檀润华,孙建广. 基于扩展效应模型的功能设计过程及实现[J]. 机械工程学报,2009,45(7):157-167.
CAO Guozhong, TAN Runhua, SUN Jianguang. Process and realization of functional design based on extended-effect model[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering,2009,45(7):157-167. (in Chinese)

18 檀润华,刘芳. 需求进化与功能进化集成的创新设想产生研究[J]. 计算机集成制造系统, 2011,17(10):2094-2100.
TAN Runhua, LIU Fang. Ideas generation by integrating needs evolution with functions evolution [J]. Computer Integrated Manufacturing System,2011,17(10):2094-2100. (in Chinese)

19 金辉. 机械产品功能创新设计过程关键技术研究及应用[D]. 天津:河北工业大学,2010.
JIN Hui. Research on key technology of function innovation design process for mechanical product [D]. Tianjin:Hebei University of Technology,2010. (in Chinese)

20 孙胃岭,曹卫彬,古乐乐,等. 基于红花力学特性的梳夹式采摘机构的设计与试验[J]. 农机化研究,2018,40(5):46-51.
SUN Weiling, CAO Weibin, GU Lele, et al. Design and validation of gripping picking mechanism based on safflower mechanical properties [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2018,40(5):46-51. (in Chinese)