

163-167

第28卷 第6期
2000年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 28 No. 6
Dec. 2000

[文章编号] 1000-2782(2000)06-0163-05

曲齿型弹齿滚筒式残膜捡拾机构特性分析

34

冯远静, 卢博友, 杨青, 王国美

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨陵 西农校区 712100)

[摘要] 根据直齿型弹齿滚筒式残膜捡拾机构所存在的问题, 提出了曲齿型弹齿的改进思路, 并建立了膜相对弹齿的运动微分方程, 分析了该机构的捡膜特性。

[关键词] 残膜回收; 弹齿滚筒; 残膜回收机; 捡膜特性

改进 农膜

[中图分类号] S223.5

[文献标识码] A

地膜覆盖技术的推广对提高作物产量、促进作物早熟具有明显的效果, 但其造成土壤和环境的污染也不可忽视。根据我国的实际情况, 研制性能、经济效益俱佳的残膜回收机已刻不容缓。目前, 我国已研制出多种类型的残膜回收机。考察现有的机型, 其捡拾机构大都采用直齿型弹齿, 捡膜特性较差^[1]。为了改善残膜回收机的捡膜特性, 本文提出了曲齿型弹齿捡膜机构的改进思路, 并对其捡膜特性进行了分析。

1 直齿型弹齿捡膜机构存在的问题

(1) 直齿型弹齿捡膜机构作业时残膜不会沿弹齿向上运动。因此, 捡膜能力较差。经实践证明, 该捡膜机构适应于较完好残膜的回收, 但不适应于较残碎残膜的回收。(2) 直齿型弹齿捡膜机构由于弹齿与滚筒存在相对滑动, 在其滑动面极易产生夹膜现象, 影响脱膜性能。存在以上问题的主要原因在于弹齿形状及弹齿运动。宜改直齿为曲齿, 并改变弹齿运动的运动驱动方式。

2 曲齿型弹齿捡膜机构捡拾特性分析

2.1 曲齿型弹齿捡膜机构的结构

该机构主要由滚筒、弹齿、凸轮等组成(图1)。作业时, 机具以速度 v 作匀速直线运动, 滚筒在驱动轮的作用下, 以转速 ω 绕 O 轴转动。弹齿的 A 端铰链于滚筒, B 端沿凸轮运动。在偏心 OO_1 的作用下, 弹齿的曲齿段可相对滚筒伸缩。弹齿伸出, 用于捡膜; 弹齿缩回, 便于脱膜。

2.2 曲齿型弹齿的运动分析

2.2.1 运动轨迹 曲齿型弹齿滚筒捡膜机构的运动分析简图见图2。设滚筒(曲柄)半径为 R , 匀速转动的角速度为 ω , 曲齿半径为 L , 固定圆筒半径为 r , 偏心距 OO_1 为 e 。建立如图2的坐标系。

[收稿日期] 1999-12-22

[作者简介] 冯远静(1976-), 男, 在读硕士。

注: 捡膜机构已获国家专利, 专利号 ZL 99255385.7

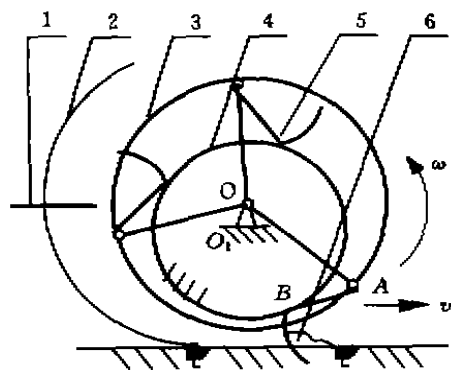


图1 捡膜机构简图

1. 机架; 2. 驱动轮; 3. 滚筒;
4. 凸轮; 5. 曲齿弹齿; 6. 残膜

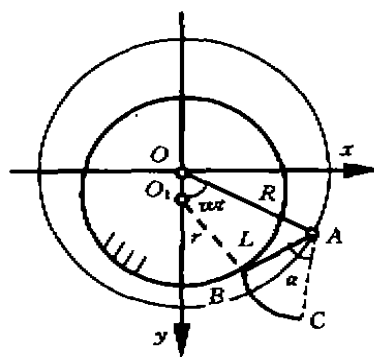


图2 捡膜机构运动分析简图

①A点的相对运动轨迹

$$X_1 = R \sin \omega t, \quad (1)$$

$$Y_1 = R \cos \omega t. \quad (2)$$

②C点的相对运动轨迹

$$X_3 = R \sin \omega t + L \sin \alpha, \quad (3)$$

$$Y_3 = R \cos \omega t + L \cos \alpha. \quad (4)$$

式中, α 为杆 AC 与 y 轴的夹角。

③C点的绝对运动轨迹

$$X_c = R \sin \omega t + L \sin \alpha + vt, \quad (5)$$

$$Y_c = R \cos \omega t + L \cos \alpha. \quad (6)$$

轨迹方程经计算机画图得轨迹图(图3)。

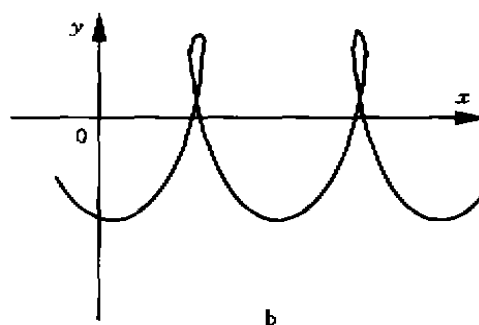
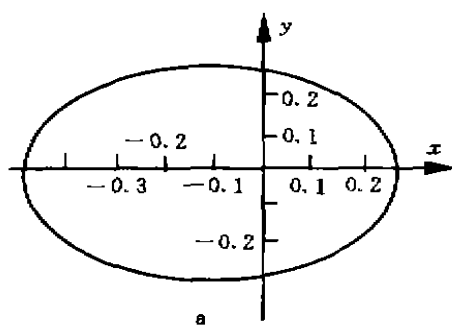


图3 C点的相对、绝对运动轨迹

a. 相对运动轨迹; b. 绝对运动轨迹

2.2.2 挑膜弹齿的运动速度分析 ①滚筒转速的确定。根据卷膜的连续性条件(滚筒转

1周所卷膜的长度应等于机具前进的距离),即 $V=R\omega$,此时,挑膜线速度 $V_{挑}$ 与机具前进速度 $V_{机}$ 的比值 $V_{挑}/V_{机}=1$ 。取

$$\omega = V/R, \quad (7)$$

在实际作业时,考虑残膜有一定的拉伸率,驱动轮具有一定的滑移率,则两者的比值 $V_{挑}/V_{机}>1$,挑膜弹齿在挑膜区域内相对垄面有相对运动。在相对运动作用下,残膜与垄面形成楔形空间,有利于土壤与膜的分离^[2]。

②滚筒1周上的排齿量的确定。设弹齿入土深度为 h (常取3~5 cm),根据轨迹曲线得弹齿划土长度 L_m 。为了确保捡膜的连续性,相邻弹齿的绝对轨迹曲线应有一定的重叠量(Δ)。因此,弹齿的有效划土长度 $L_{mp}=L_m-\Delta$ 。设机具前进距离为 L_0 ,则 $L_0=2\pi R$ 。故滚筒1周上应布置的弹齿数 n 为:

$$n = L_0/L_{mp} = 2\pi R/(L_m - \Delta). \quad (8)$$

2.3 曲齿型弹齿捡膜的动力学分析

2.3.1 运动模型的建立 取弹齿为动坐标系,残膜质点为 M 动点。设某瞬时,位于弹齿上 D 点质量为 m 的残膜质点 M ,受诸力的作用由端点 C 向 B 点以相对速度 V_r ,相对加速度 a_r 运动(图4)。现建立其运动模型。

弹齿上的残膜质点 M 所受的力有重力 mg ,正切面上的支持力 N ,哥氏惯性力 F_{gk} ,牵连惯性力 F_{ge} 和 F_{ge}' ,以及膜与弹齿的摩擦力 F 。因为机具作匀速直线运动,故质点 M 相对弹齿的运动微分方程为:

$$m\vec{a}_r = m\vec{g} + \vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{ge}' + \vec{F}_{ge} + \vec{F}_{gk}, \quad (9)$$

式中, $F_{ge}' = ma_r'$, $F_{ge} = ma_r''$, $F_{gk} = ma_k$, $F = fN$,其中, a_r' 为弹齿上 D 点的加速度在法线上的投影; a_r'' 为弹齿上 D 点的加速度在切线上的投影; a_k 为哥氏加速度; f 为残膜在弹齿上的摩擦系数。

各加速度大小由复合运动法求得

$$a_k = 2\omega_r v_r, \quad a_r' = R\omega^2 \cos \theta - a_{DA}', \quad a_r'' = R\omega^2 \sin \theta - a_{DA}'', \quad (10)$$

式中, $a_{DA}' = a_{BA}' = \frac{V_{BA}^2}{L}$; a_{BA}' 为弹齿上 B 点相对 A 点的加速度; $V_{BA} = R\omega \frac{\sin(\omega t - \theta_2)}{\cos(\theta_2 + \theta - \omega t)}$ 为 B 点相对 A 点的速度,其中 θ_2 由式 $\cos \theta_2 = \frac{1}{r}[L \sin(\theta - \omega t) + R \cos \omega t - e]$ 求; $a_{DA}'' = a_{BA}'' = (R\omega^2 \cos \omega t - V_B^2/r - a_{BA}' \sin \theta)/\cos \theta$,式中 $V_B = R\omega \frac{\cos \omega t}{\cos(\theta_2 + \theta - \omega t)}$ 为弹齿 B 点的相对速度。

将(9)式向 D 点切线 τ 轴、法线 n 轴投影得:

$$N = F_{gk} + F_{ge}' + mg \sin \beta, \quad (11)$$

$$ma_r' = F + F_{ge} + mg \cos \beta. \quad (12)$$

利用(9)~(12)式及关系式:

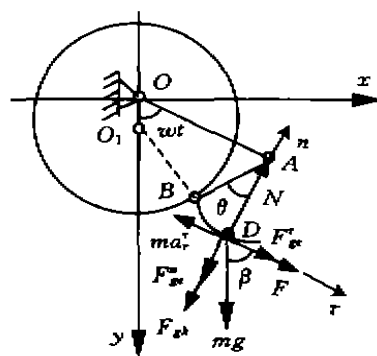


图4 残膜受力分析图

$$a_r^* = L \frac{d^2\theta}{dt^2}, V_r = L \frac{d\theta}{dt}, F_{gr}^* = L \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2.$$

将(12)式变为

$$L \frac{d^2\theta}{dt^2} = 2f\omega_r L \frac{d\theta}{dt} + fL \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + fa_r^* - fg \sin \beta + a_r^* + g \cos \beta. \quad (13)$$

(13)式即为残膜沿曲齿运动的微分方程。给定初始条件,可求得残膜相对于弹齿的运动轨迹。

2.3.2 初始条件的确定和微分方程的求解 取 $\omega=6.75 \text{ r/min}$, $h=3.8 \text{ cm}$ ($t=0$ 时 C 点与地面接触), $R=0.2 \text{ m}$, $L=0.158 \text{ m}$, $r=0.12 \text{ m}$, $f=0.4$, $\theta_0=0.779$ 。

初始时,残膜相对于地面是静止的。因此,残膜在初始时沿弹齿运动的速度就是 C 点绝对运动速度在弹齿切线上的分量(图 5)。由此得初始速度:

$$V_{r0} = R\omega \sin \varphi_1 - V \cos \varphi_2 + V_{CA}, \quad (14)$$

式中, $\varphi_1 = \gamma + \theta_0$; $\varphi_2 = \pi - \omega t - \gamma - \theta_0$; V_{CA} 为 C 点相对于 A 点的速度。

将 $t=0$ 及已知参数代入(14)式计算得:

$$\theta[0] = V_{r0} = 9.9761, \quad (15)$$

$$\theta[0] = \theta_0 = 0.779. \quad (16)$$

联立(13),(15)和(16),用 mathematics 软件编程计算得运动轨迹(图 6)。由图 6 可知 θ 值随着 t 的增大而减少。说明残膜沿弹齿由 C 点向 B 点运动。由此可见,曲齿型弹齿在接触残膜时就具有良好的捡膜能力。

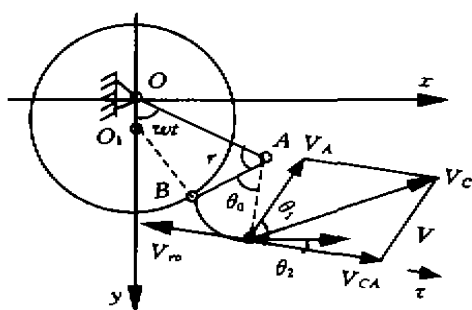


图 5 初速度分析

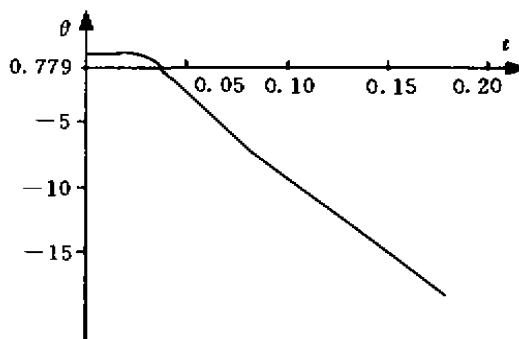


图 6 残膜相对弹齿的运动方程曲线

3 结 论

1) 试验证明,曲齿型弹齿捡膜机构的设计原理是正确的,能满足连续捡膜的要求。

2) 曲齿型弹齿捡膜机构克服了直齿型弹齿捡膜机构的缺点,捡膜性能良好,既适用于较完好残膜的回收,又适用于较残碎残膜的捡拾。

3) 曲齿型弹齿捡膜机构的结构利用凸轮的轮廓曲线的不同形状,可使弹齿在一定区域内不伸出滚筒,不易夹膜,脱膜性能强。

[参考文献]

- [1] 卢博友,刘洪萍,薛惠岚.弹齿滚筒式捡膜机构捡膜特性初探[J].西北农业大学学报,2000,28(5):100-104.
- [2] 那明君,董欣,侯书林,等.残膜回收机主要工作部件研究[J].农业工程学报,1999,15(2):112-115.
- [3] 哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学(上、下)[M].北京:高等教育出版社,1997.
- [4] 杨树森,沈美容,林素元.弹齿式收膜机工作部件的研究[J].农业工程学报,1988,4(2):17-25.
- [5] 安世才.1FMJ-850型废膜捡拾机[J].农机与食品机械,1999,(5):20-21.
- [6] 赵匀.农业机械计算机辅助分析与设计[M].北京:清华大学出版社,1998.
- [7] 徐良庆,阿木提.杆齿机筒式捡拾装置[J].新疆农业大学学报,1998,21(2):163-167.
- [8] 徐良庆,曹鲁波.齿链式苗期地膜捡拾机捡拾齿运动分析[J].新疆农机化,1997,(6):25-26.
- [9] 秦朝民,王序俭.三种典型收膜机具简介[J].新疆农垦科技,1998,(4):24-25.

Research on the collecting character of the bent spring tooth bowl mulching film collector

FENG Yuan-jing, LU Bo-you, YANG Qing, WANG Guo-mei

(College of Mechanical and Electronics Engineering, Northwest Science and Technology University of
Agriculture and Forestry, Yangling, Shuanxi 712100, China)

Abstract: According to the problem existing in the straight spring tooth type mulching plastic film collector, the bent spring tooth type one is presented in this paper. The differential equation of movement of plastic film versus spring tooth is derived. The collecting character of this mechanism is analyzed.

Key words: retrieving the used plastic film retrieval; spring tooth bowl; film retrieving machine; collecting character