

青枣划痕器喂入性能及其结构参数的分析

薛文灿 杨公明

(西北农业大学农机系)

摘 要

本文对几种不同结构的划痕器刀架从自锁条件到最佳传动角方面作了一些分析, 得出了刀架结构参数的取值范围及理论计算公式。为通道式仿形划痕机喂入性能的设计提供了理论依据。

关键词: 枣划痕; 自锁条件; 传动角; 结构参数

金丝蜜枣是我国传统美味食品, 其加工方法, 特别是关键工序之一的划痕工艺一直沿用手工操作。近年来, 划痕机的研制各地先后都在进行, 目前还未见到有突破性成效的报道。笔者参与6GZH—S型青枣划痕去核机的研制, 亦通过省级鉴定, 本文试图结合科研实践, 仅就仿形划痕器喂入性能及其刀架结构参数进行一些分析和探讨。

划痕机的主要工作部件是划痕器, 其工作原理多为枣子经过通道时, 借助于通道中的刃器, 对枣子外形划痕。工作过程并不复杂, 但对工作质量的要求很严格, 致使研制工作复杂化。如划痕器的仿形性能, 喂入性能以及结构、加工工艺等构成了研究工作的技术关键, 忽视或不能很好地解决某一问题, 就难以取得较为满意的进展, 实践使我们认识到喂入性能是保证划痕器正常工作的先决条件。

喂入性能通常会出现两种不良状态: 一是“费力”, 二是“喂不动”。所喂“喂不动”即喂入效率为“0”, 反映这一状态指标的是自锁条件; “费力”, 即效率太低, 只是不为“0”罢了, 反映这一指标的是传动角大小。本文据此对仿形划痕刀架的结构设计作一点分析, 以图在刀架结构设计中力争具有宽裕的非自锁条件和较大的传动角, 实现青枣划痕喂入过程中既不自锁又不费力的良好性能。

从运动学角度讲, 刀架相对于套筒的运动有三种, 即平动、摆动和平面运动。如图1 a, b, c示。c可视为a, b的合成, 故仅对平动和摆动刀架作以下分析探讨。

1 平动刀架

刀架受力图及其力多边形如图2 a, b所示。

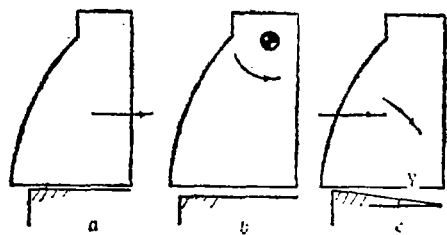


图1

本文于1986年10月15日收到。

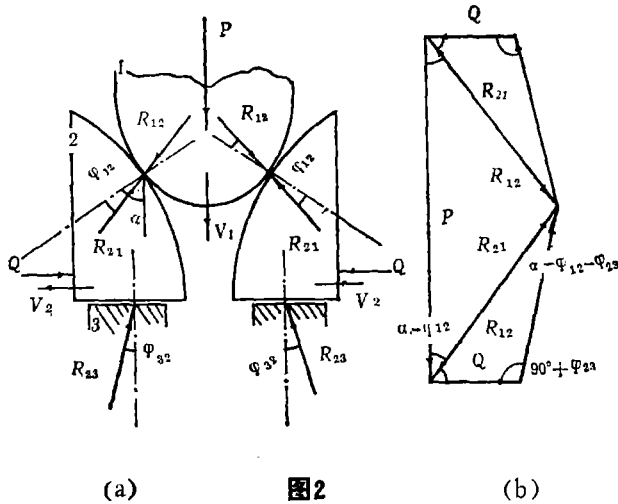


图2

1.被加工枣子; 2.平动刀架; 3.刀架套筒;

P , 喂入推力; Q , 刀架约束力; α , 枣子与刀架接触点公法线与铅垂线之夹角

φ_{12} 枣子与刀刃间摩擦角; φ_{23} 刀架与套筒间摩擦角

由正弦定理可得:

$$\begin{aligned} \frac{P}{\sin [180^\circ - 2(\alpha - \varphi_{12})]} &= \frac{R_{21}}{\sin(\alpha - \varphi_{12})} \\ \frac{R_{12}}{\sin(90^\circ + \varphi_{23})} &= \frac{Q}{\sin(\alpha - \varphi_{12} - \varphi_{23})} \\ \therefore R_{21} = R_{12} \quad &\text{联立上两式可得} \\ P &= \frac{2Q \cos \varphi_{23} \cdot \cos(\alpha - \varphi_{12})}{\sin(\alpha - \varphi_{12} - \varphi_{23})} \quad (1) \end{aligned}$$

此式即表明喂入力 P 与 α , φ_{12} , φ_{23} 及刀架约束力 Q 之间的关系。显然, 欲使 P 力减小, 必需减小 φ_{12} , φ_{23} 及 Q 力及增大 α 值。

喂入不自锁条件则可通过机械效率 $\eta \geq 0$ 得到: 理想状态的喂入力

$$P_0 = \frac{2Q \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (\varphi_{12} = \varphi_{23} = 0) \quad (2)$$

$$\text{则} \quad \eta = \frac{P_0}{P} = \frac{\sin(\alpha - \varphi_{12} - \varphi_{23}) \cdot \cos \alpha}{\cos(\alpha - \varphi_{12}) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi_{23}} \quad (3)$$

当 $\sin(\alpha - \varphi_{12} - \varphi_{23}) \geq 0$ 时, $\eta \geq 0$ 。

$$\text{故有} \quad \alpha \geq \varphi_{12} + \varphi_{23}, \quad (4)$$

(4) 式即平动刀架的不自锁条件。

若取刀架与套筒为钢材, 则 $f_{23} = 0.1 \sim 0.15$, $\varphi_{23} = \text{tg}^{-1}(0.1 \sim 0.15) = 5^\circ 43' \sim 8^\circ 32'$;

枣子与刀刃之间的摩擦系数此处取 $f_{12} = 0.2 \sim 0.25$ (此值为类比估取, 有待进一步实验得出)。由于刀刃与枣子是刃角为 2θ 的槽面摩擦, 所以

$$f_v = \frac{f}{\sin \theta} \quad (\text{此处取刃角 } 2\theta = 24^\circ)$$

则

$$f_{v12} = \frac{f_{12}}{\sin \theta} = \frac{0.2 \sim 0.25}{\sin 12^\circ} = 0.962 \sim 1.2,$$

$$\varphi_{v12} = \varphi_{12} = \operatorname{tg}^{-1} f_{v12} = 43^\circ 53' 2'' \sim 50^\circ 11' 40'' \approx 43^\circ 54' \sim 50^\circ 12'$$

所以

$$\alpha \geq \varphi_{12} + \varphi_{23} = 49^\circ 26' \sim 58^\circ 43'$$

此式说明为了保证枣子能喂入划痕器内, α 角必须大于 $49^\circ 26' \sim 58^\circ 43'$, 也说明, 在整个喂入过程中, 枣子与刀架接触点之 α 角最小值为 $49^\circ 26' \sim 58^\circ 43'$ 。小于此值则自锁, 喂不动。

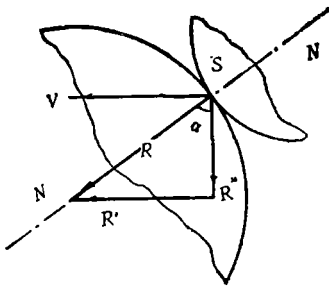


图3

另外, 从图3中可以看出, 瞬时 α 角愈大, 枣子推动平动刀架移动的有效分力 R' 就愈大。故 α 角又是刀架运动的传动角。 α 角的大小 (此处未计及摩擦), 不仅决定了刀架的非自锁条件, 还反映了该平动刀架运动喂入力的大小。一个参数反映了刀架的二重性。

通常推荐最小传动角 $\alpha_{\min} \geq [\alpha] = 40^\circ \sim 50^\circ$ 。可见, 在此处, 只要满足不自锁条件, $\alpha \geq \varphi_{12} + \varphi_{23} = 49^\circ 26' \sim 58^\circ 43'$, 同时即取得了较好的传动角。

从下面工作图 (图4) 中, 我们还可以得到一些有益的

启示。

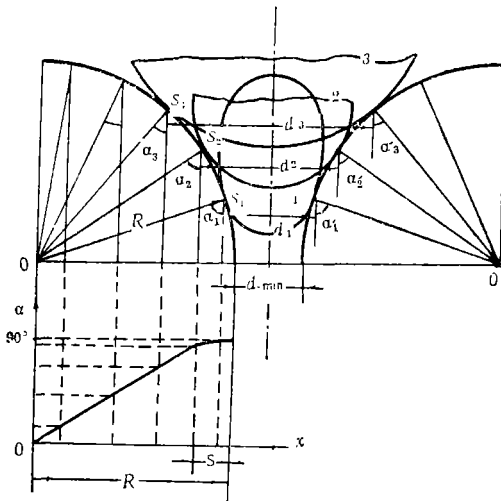


图4

如果考虑到刀架刃器的加工工艺等因素, 选用其外形为半径为 R 的圆弧, 那么

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{X}{R}, \text{ 当 } x = 0 \text{ 时, } \alpha = 0; X =$$

R 时, $\alpha = 90^\circ$, 变化曲线见图4左下角曲线。易知: 枣子喂入过程中, 传动角 α 值并不等于常数, 它随接触点 S_i 的不同而异。枣子喂入后, 起始接触点的 α 角最小, 继续喂入, 则 α 角逐渐增大; 另外, 不同直径的枣子, 起始 α 角也不同, 大腰径的枣子起始 α 角远小于小腰径的枣子, 故大腰径的枣子易发生自锁或喂时费力, 这与实际试验一致。还有, 从传动角变化曲线可知, 如选用刀架工作宽度 S 不大时, 整个喂入过程中 α 角大小变化很小, 基本接近 90° , 可以说是最佳传动角值。

2 具有倾斜角 β 的平动刀架

图5所示,作用在刀架上的外力有 P, N, F, Q 。

知:沿斜面摩擦力为 $F_{32} = N_{32} \cdot$

f_{23} ,沿斜面下滑力为 $G_2 + P_2 - Q_2$

所以沿套筒斜面静力平衡有:

$$G_2 + P_2 - Q_2 = (G_1 + P_1 + Q_1) \cdot f_{23}$$

$$\text{即 } G \sin \beta + P \sin(\alpha' + \beta - \varphi_{12}) - Q \cos \beta = [G \cos \beta + P \cos(\alpha' + \beta - \varphi_{12}) + Q \sin \beta] \cdot f_{23}$$

以 $f_{23} = \tan \varphi_{23}$ 代入求得 P, P_0 ,并根据 $\eta \geq 0$,略去 G ($G \ll P, Q$),即可求得不自锁条件,

$$\text{即 } \alpha' \geq \varphi_{12} + \varphi_{23} - \beta \quad (5)$$

由(5)式可知:①与平动刀架的不自锁条件 $\alpha \geq \varphi_{12} + \varphi_{23}$ 相比较,显然 $\alpha' < \alpha$,故刀架采用斜面下滑结构其不自锁

条件可以宽限到 $\alpha' \geq \alpha - \beta$,其宽限值正好是 β 角。这是斜面下滑结构的优越性之一。②斜面结构的传动角为 $\mu = \alpha' + \beta$,与平动刀架的传动角相比增大了 β ,说明提高了传力效果,即较为省力。可称优越性之二。

可见,这一结构上的改进,大大改善了平动刀架的喂入性能。

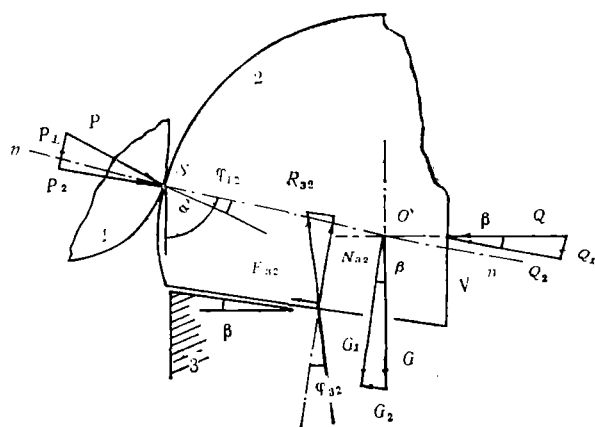


图5

3 摆动刀架

3.1 不自锁的临界角 α

图6所示,刀架摆动中心为O,偏心距 $oo' = c$.摆动铰链轴半径为 γ , ρ 为摩擦圆半径, f 为轴颈诱导摩擦系数(其余符号同前)。

可知,接触点S的法线与连心线 oo' 之夹角为 α ,且 α 为接触点S的位置函数。

由机械自锁原理知,当刀架相对于枣子逆时针接触旋转时,其不自锁条件为:枣子推力 p 不得与刀架旋转中心的摩擦圆(半径 $\rho = \gamma \cdot f$.)相切或相割。

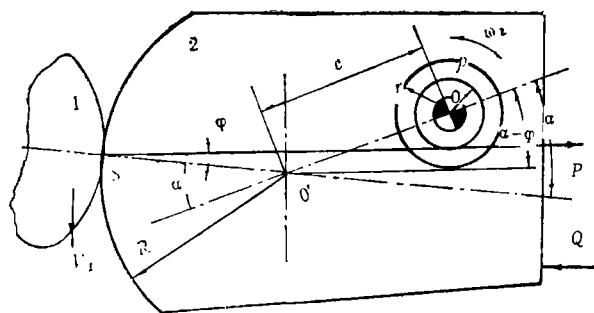


图6

据此可得,

$$\alpha \geq \sin^{-1} \left(\frac{R \sin \varphi + \rho}{e} \right) + \varphi_{12} \quad (6)$$

$$\mu = \cos^{-1} \frac{R - e \cos \theta}{\sqrt{R^2 + e^2 - 2 R e \cos \theta}} \quad (10)$$

此式即为传动角计算公式，知 $\mu = f(R, e, \theta)$

各参数与传动角 μ 的关系如图9中a, b, c示。从图中可直观看到： e 愈大， μ 值愈大； R 愈大， μ 值愈小。此外， μ 值不仅与 θ 有关，即 θ 愈小， μ 值愈大，而且当 $e = 40 \text{ mm}$ ， $R = 40 \text{ mm}$ 时， μ 与 θ 的关系曲线几乎是直线。

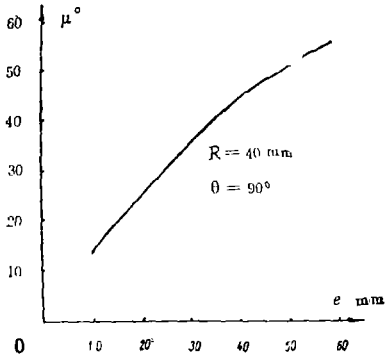


图9(a)

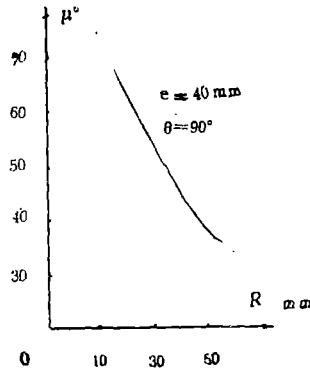


图9(b)

临界自锁时的最小传动角的计算：

$$\begin{aligned} \because \quad & \theta = 180^\circ - \alpha \\ \text{如} \quad & \alpha = \alpha_{\max}, \\ \text{则} \quad & \theta = \theta_{\max} \\ \therefore \quad & \theta_{\max} = 180^\circ - \alpha_{\min} \end{aligned} \quad (11)$$

当 R, e 确定后，在此条件下的临界自锁时的传动角 $\mu'_{\min}$ 为：

$$\mu'_{\min} = \cos^{-1} \frac{R - e \cos \theta_{\max}}{\sqrt{R^2 + e^2 - 2 R e \cos \theta_{\max}}} \quad (\text{见图10})$$

从以上分析显知： $\theta \leq \theta_{\max}$ 为摆动刀架的不自锁条件。

3.3 工作刃器上最小传动角 $\mu_{\min}$ 的校核

由前述知，当 $\theta = \theta_{\max}$ 时，传动角 $\mu = \mu_{\min}$ ；当 $\theta < \theta_{\max}$ 时，传动角 $\mu > \mu'_{\min}$ 。

若我们选用的刃器线圆弧 $R = R_s$ ， $e = \overline{oo'}$ ，且 $\widehat{ab}$ 为工作刃器的弧长， a 点即到划痕接触的起始点(如图10示)。可知此位置的传动角必然是工作刃器的最小传动角 $\mu_{\min}$ ，即指定 θ 值下的传动角。

$$\text{此时} \quad \mu_{\min} = \cos^{-1} \frac{R - e \cos \theta}{\sqrt{R^2 + e^2 - 2 R e \cos \theta}} \quad (12)$$

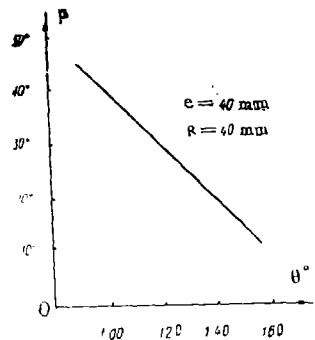


图9(c)

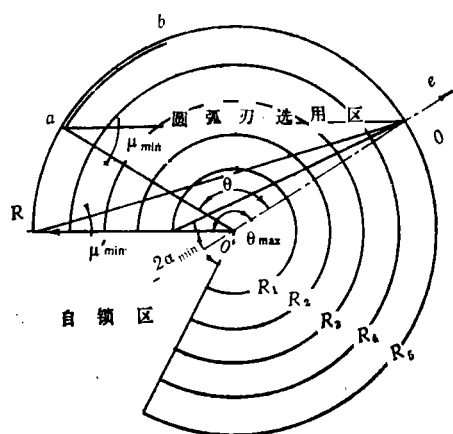


图10

综前所述,在同时保证(1) $\theta \leq \theta_{max}$; (2) $\mu \geq [\mu]$ 的前提下,通过此式便可设计计算出摆动刀架的主要结构参数。因而具有既不“自锁”又不“费力”的理想喂入性能。

参 考 文 献

- 1 黄锡恺编。机械原理。人民教育出版社,1983:332
- 2 王秀伦等编。机床夹具设计。中国铁道出版社,1984:149-158
- 3 西北工业大学机械原理及机械零件教研室编。机械设计(上册)。人民教育出版社,1978:23-37

AN ANALYSIS OF FEEDING PERFORMANCES AND STRUCTURAL PARAMETERS FOR GREEN JUJUBE NOTCHING DEVICE

Xue Wencan

Yang Gongming

(Department of, Farm Machinery Northwestern Agricultural University)

Abstract

This paper analyses the different frames of the notching devices from self-locking conditions to optimum transmission angle. The range of the parameters for value-taking and theoretical formula for calculation of the blade frames of the devices are derived. Thus far, the theoretical bases are provided for the designing performances of the channel-type profile notching devices

Key Words: notched jujube; self-locking condition; transmission angle; structural parameters