

用计算机图像分析方法研究甘蔗剥叶机理

商杭秋, 区颖刚

(华南农业大学工程技术学院, 广东 广州 510642)

摘要: 应用计算机图像分析技术, 拍摄和分析了甘蔗剥叶刷式剥叶机构剥叶的全过程. 提取和分析了钢丝图像上下端点的坐标值、端点之间的直线距离、钢丝的总长度和钢丝图像的转角位置等特征参数. 绘制了钢丝上端点坐标 X 值、 Y 值以及钢丝弯曲程度与钢丝的转角位置之间的关系曲线. 发现甘蔗的剥叶过程由 3 个阶段组成: 接触压紧阶段、弯曲变形阶段和滑出剥叶阶段.

关键词: 计算机; 图像分析; 甘蔗剥叶

中图分类号: S233.5; TP 751

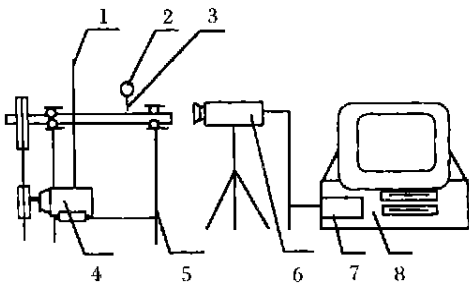
文献标识码: A

甘蔗是一种重要的经济作物. 甘蔗剥叶处理是甘蔗收获中重要的一环. 然而, 国内外对甘蔗剥叶的机理还没有深入的研究. 本研究应用计算机图像处理技术, 通过拍摄和记录甘蔗剥叶机剥叶元件在剥叶过程中形状及空间位置的变化, 分析剥叶过程, 为设计性能良好的甘蔗剥叶机具提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 试验装置

研制的甘蔗剥叶试验装置由剥叶试验台和图像分析系统组成, 如图 1 所示.



1. 背景 background; 2. 甘蔗 sugarcane; 3. 剥叶钢丝 steel wire;
4. 传动系统 transmission system; 5. 机架 frame; 6. CCD 摄像机
CCD video camera; 7. 图像采集卡 image card; 8. 计算机系统 com-
puter system

图 1 甘蔗剥叶试验装置

Fig. 1 Sugarcane detaching experimental device

1.2 试验材料和方法

试验材料为取自华南农业大学实验农场的桂糖 1 号甘蔗.

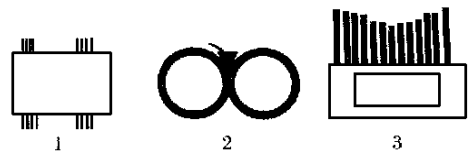
试验分 2 个阶段进行. 首先进行观察试验, 初步确定最佳剥叶机构; 然后用图像分析方法对选出机构的剥叶机理及参数进行分析.

2 观察试验

初步试验在剥叶试验台上采用直接观察的方法进行, 没有使用图像分析系统.

2.1 最佳剥叶机构的确定

根据文献^[1,2]和剥叶机使用情况, 试验了 3 种具有代表性的剥叶机构(图 2): 钢丝滚筒式, 依靠钢丝打击和剥除蔗叶; 对转滚筒式, 依靠滚筒之间的摩擦力将被卷入的蔗叶从蔗茎上摘下来; 剥叶刷式, 利用 $d=4\text{ mm}$ 的钢丝刷将蔗叶刷下.



1. 钢丝滚筒式剥叶机构 roller and steel wire detaching device; 2. 对
转滚筒式剥叶机构 roller detaching device; 3. 剥叶刷式剥叶机构
brush detaching device

图 2 3 种具有代表性的剥叶试验机构

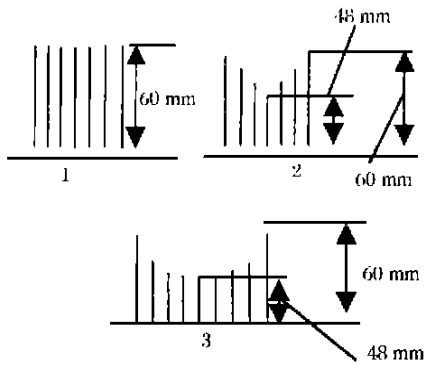
Fig. 2 Three typical detaching experimental device

试验结果表明剥叶刷式剥叶机构的剥叶效果较好, 既能剥除蔗叶, 又不会将甘蔗表皮刮破.

2.2 钢丝排列形式的确定

钢丝排列形式对剥叶效果有重要影响. 选择了并排式、锯齿波式和圆弧式 3 种形式进行试验(图 3).

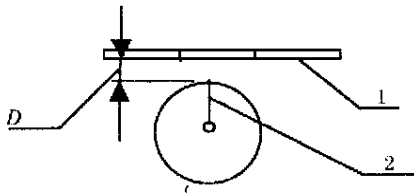
结果表明: 圆弧式剥叶刷由于钢丝端部形成的圆弧刚好与甘蔗外表面相匹配, 剥叶效果最好; 采用锯齿波式安装时, 钢丝端部形成 V 字形, 与甘蔗外表面匹配较前者差, 剥叶效果次之; 而并排式由于钢丝端部形成的是一条直线, 与甘蔗外表面严重不匹配, 剥叶效果最差.



1. 并排式 rectangle type; 2. 锯齿波式 V-shaped; 3. 圆弧形 arc
图 3 钢丝排列形式
Fig. 3 Steel wire rank

2.3 最佳 D 值的确定

观察表明, 甘蔗茎秆与剥叶钢丝端点的距离 D (图 4)对钢丝贴紧甘蔗, 产生弯曲变形有重要影响, 是影响剥叶效果的重要因素. 以钢丝端点刚好接触甘蔗茎秆时取 D 为零, 甘蔗茎秆向下移动取正值. 分别取 D 为 5、10 以及 15 mm 的位置进行研究.



1. 甘蔗 sugarcane; 2. 转动的钢丝 revolving steel wire
图 4 D 值定位基准点
Fig. 4 Basic point for D value positioning

钢丝采用圆弧排列形式. 试验结果见表 1. 好坏顺序为: 10、15、5 mm.

表 1 D 值试验结果¹⁾

Tab. 1 experimental results for D value			
试验次序	位置 position/mm		
trial	5	10	15
1	差	好	较好
2	差	好	较好
3	差	好	较好

1) 好: 表示只剥 1~2 次就能将蔗叶全部剥除, 较好: 表示需 3~6 次, 差: 表示 7 次以上

3 用图像分析方法研究甘蔗剥叶机理

在剥叶过程中, 钢丝贴紧甘蔗, 产生弯曲变形, 随着转动的继续, 弯曲变形逐渐增加, 最后从蔗茎上滑出. 为了分析剥叶过程的发生和进行, 首先拍摄钢丝的剥叶过程, 并且记录保存序列图像. 然后对序列图像中每幅图像进行处理和提取特征参数, 特征参数包括钢丝图像中上下端点的坐标值、钢丝图像的转角位置和钢丝弯曲程度.

钢丝端点的确定: 研究钢丝的剥叶过程, 首先要确定钢丝端点在不同时刻的位置. 可以通过自下而上扫描的方法先求出下端点, 然后通过边缘追踪的方法, 求出上端点.

钢丝长度的计算: 可以用累加计算得到. 在钢丝图像中, 钢丝已经被细化成单像素的连续曲线, 相邻 2 个像素之间距离可按照下法计算: 当像素之间的链码关系是偶数时, 像素之间的距离定为 1; 当像素之间的链码关系是奇数时, 像素之间的距离定为 $\sqrt{2}$. 通过像素点跟踪, 计算每相邻的 2 个像素点之间的距离, 进行累加, 即可得到钢丝图像的总长度.

钢丝图像转角位置的确定和计算: 为了确定钢丝的转角位置, 首先要确定基准位置. 在本研究中, 以钢丝垂直向上时为基准位置, 如图 5 所示. 并且规定顺时针转为正, 逆时针转为负.

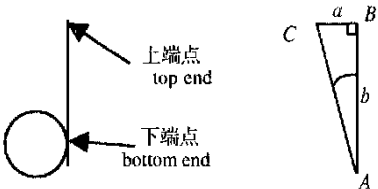


图 5 钢丝图像转角位置的确定和计算
Fig. 5 Detemination and calculation of the turning angle position of the steel wire image

先通过扫描找到图像中钢丝的下端点坐标点 A (图 5), 通过下端点向上作垂直线 AB , 表示钢丝转角的基准位置; 然后找出钢丝序列图像中, 没有发生弯曲变形的图像, 作为起始图像. 将起始图像调入内存进行处理, 然后在处理后的起始钢丝图像的细直线上任选一个像素点 C , 作水平线, 求得与垂直线的交点 B . 由下面的公式可求得起始图像的转角 α :

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(a/b) \quad (1)$$

假定点 A 的坐标为 (A_x, A_y) , B 的坐标为 (B_x, B_y) , C 的坐标为 (C_x, C_y) , 则

$$a = C_x - B_x \quad (2)$$

$$b = A_y - B_y \quad (3)$$

当起始钢丝图像在基准位置左边时, 上述算式中 a 值为负, 相应的转角也为负; 当钢丝图像在基准位置右边时, 上述算式中 a 值为正, 相应的转角为正.

求出起始钢丝图像的转角位置后, 为了求出序列图像中任意一幅图像的钢丝转角位置, 可以计算这 2 幅图像的序号之差, 然后再计算这 2 幅图像之间的转角差. 在本研究中, 钢丝是以 4 r/min 转动, 那么每转就需要 15 s 时间, 在拍摄图像的过程中, 每隔 0.1 s 拍摄 1 次, 因此相邻的 2 幅图像之间的转角差为:

$$\theta = 360 \div (15 \times 10) = 2.4^\circ$$

假定序列图像中第 n 幅图像的钢丝没发生弯曲, 则可用上述方法求出钢丝的转角 α , 那么序列图像中任一图像(第 k 幅)的钢丝转角为:

$$\beta = \alpha + (k - n) \times 2.4 \quad (4)$$

钢丝弯曲程度的计算: 为了从整体上简单描述钢丝的弯曲程度, 对钢丝图像作了 2 个假设: 1) 钢丝的弯曲是呈一致凸形的; 2) 钢丝在弯曲过程中, 其长度不发生改变. 因此对钢丝弯曲的简化描述作如下表述: 设钢丝的长度为 l , 当弯曲后, 其 2 个端点之间的直线距离为 d , 则可用 l 与 d 的差值大小 s 来表示弯曲程度的大小. s 值越大, 则表示钢丝弯曲程度越大, 反之亦然.

测试结果与钢丝参数的修正: 实际测试的结果见图 6. 序列图像是在 D 值为 10 mm 条件下拍摄得到的. 图 6a) 表示钢丝图像的转角位置与钢丝上端点坐标 X 值之间的关系, 图 6b) 表示钢丝图像的转角位置与钢丝上端点坐标 Y 值之间的关系, 图 6c) 表示钢丝图像的转角位置与钢丝弯曲程度 s 之间的关系. 由于钢丝图像的转角位置需要从序列图像的序列号中计算得到, 对于特定的某次试验, 钢丝图像的序列号与钢丝图像的转角位置是一一对应, 所以在图 6 中, 横坐标用图像序列号表示转角位置. 其中 α 是第 k 幅图像的转角位置. 例如, 在一次试验中, 第 60 幅图像中的钢丝是处于自然状态, 通过计算第 60 幅图像的钢丝的转角位置是 48.7° . 代入(4)式, 可得到这次试验的图像转角位置与图像的序列号之间的关系是:

$$\beta = 48.7 + (60 - n) \times 2.4$$

检查实际的测定结果, 发现前后 2 幅图像之间的转角差仅为 1.2° , 分析原因, 是小电机在有负载的工况下, 转速变慢. 因此上式需修正如下:

$$\beta = 48.7 + (60 - n) \times 1.2$$

从图 6 中看出, 可以将整个剥叶过程分成 3 个阶段. 第 7 幅图像之前为第 1 阶段, 即在剥叶刷转角为 -3° 之前, 在此过程中钢丝接触甘蔗茎并压紧蔗叶. 图 6c 中反映出钢丝没有发生弯曲变形, 图 6a 和 6b 中反映出上端点坐标值变化缓慢. 从第 8 幅图像到第 48 幅图像为第 2 个阶段, 即在剥叶刷转角为 -3° 到 43° 范围内, 在此过程中钢丝将继续压紧蔗叶, 并且自身发生弯曲变形. 图 6c 中反映出代表钢丝弯曲程度的 s 值逐渐增加到最大值, 图 6b 中反映出钢丝上端点坐标的 Y 值比较平稳, 图 6a 中反映出钢丝上端点坐标的 X 值缓慢增加, 这正说明钢丝上端点沿甘蔗的表面做滑移运动. 第 48 幅图像到第 52 幅图像为第 3 个阶段, 即剥叶刷的转角位置为 $45^\circ \sim 50^\circ$. 此过程在图 6a、6b 和 6c 中都处于拐点位置处, 即弯

曲变形突然下降, 上端点坐标的 X 值和 Y 值突然增加. 这说明钢丝从弯曲并压紧在蔗叶上的状态中, 突然滑出了甘蔗茎秆, 并且在钢丝自身的弹性力作用之下, 其形状从原来的弯曲状态迅速恢复了自然直状态. 蔗叶就是在此过程中被抓起, 在这过程中, 钢丝依靠自身的弹性力克服蔗叶与蔗茎的连接力, 从弯曲状态恢复到自然直状态, 钢丝的上端点做了较大行程的运动, 蔗叶也随钢丝的上端点一起运动.

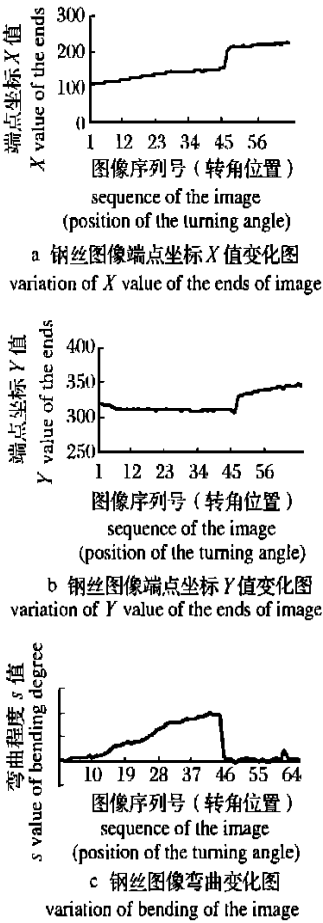


图 6 钢丝图像的转角位置与钢丝端点坐标及弯曲程度之间的关系

Fig. 6 The relationship between turning angle position of the steel wire image and the steel wire end point coordinate and curving degree

蔗叶是在剥叶的第 3 个阶段中被剥除, 蔗叶被剥除应该满足 2 个条件: 1) 钢丝处于滑移状态时, 钢丝弯曲产生的弹性力大于蔗叶与蔗茎的连接力; 2) 钢丝在第 3 个过程中, 钢丝上端点的运动行程足够大. 同时满足上述 2 个条件, 才能将蔗叶从茎秆上剥下来.

计算机图象分析方法能较清晰地记录刷式甘蔗剥叶机构的工作过程, 对了解其机理, 改进设计性能良好的甘蔗剥叶机器提供依据.

4 结论和讨论

1)在钢丝滚筒式、对转滚筒式及剥叶刷式3种典型剥叶机构中,剥叶刷式的剥叶效果最好。

2)钢丝的安装形式和剥叶钢丝端点与甘蔗茎秆之间的距离,是影响剥叶刷剥叶效果的主要因素。采用圆弧形安装的剥叶刷与甘蔗的表面配合最好,剥叶效果也最好。

3)分析了钢丝图像的内容和提取特征参数,建立了钢丝上端点坐标位置及钢丝弯曲程度与钢丝转角位置之间的关系曲线。分析表明,剥叶过程可以由3个小阶段组成:接触压紧阶段、弯曲变形阶段和滑出剥叶阶段。

4)应用计算机图像分析技术分析高速情况下剥叶过程的发生和进行,还需进一步研究。第一要解决

序列图像采集的问题。在本研究中,剥叶刷转轴的转速为4 r/min,在拍摄图像时每隔0.1 s拍摄一幅图像是合适的,但是当剥叶刷转轴的转速达到高速时(大约800 r/min以上),以本研究中采用的拍摄速度则太慢了。因此要解决序列图像的拍摄速度问题。第二要解决运动图像模糊的问题。由于在本研究中,转轴的转速低,在解决运动图像模糊时可以采用较为简单的方法实现,在高速条件下的情况则还需要进一步探讨。

参考文献:

- [1] 田场佑英,川村登.ワイヤ方式さとうきび脱葉の研究[J].农业机械学会志(日),1975,37(3):321—325.
- [2] SRIVASTAVA A C, KISHAN S. Development of a power-driven sugarcane detasher[J]. AMA, 1990, 21(2):49—52.

Application of Computer Image Technology on Principle of Sugarcane Detrashing

SHANG Hang-qiu, OU Ying-gang

(College of Polytechnic South China Agric. Univ., Guangzhou 510642 China)

Abstract: On the basis of pilot experiments, computer image technology was applied to investigate the whole process of sugarcane detrashing. The parameters of the image of a steel wire, including coordinate values of the top and bottom ends of the wire, the straight distance between two ends, the total length and turning angle of the wire were studied. The relationship curves between turning angles and the X value, Y value of the up end of the wire, and degree of bending of the wire were drawn. It was found that the process of the sugarcane detrashing could be divided into three phases: touching and compressing, bending and deforming, sliding and detrashing.

Key words: computer; image analysis; sugarcane detrashing

【责任编辑 柴 焰】