

基于可视化编程的往复式切割器工作特性分析

向阳^{1,2}, 罗锡文^{1*}, 曾山¹, 臧英¹, 杨文武¹

(1. 华南农业大学工程学院, 广州 510642; 2. 湖南农业大学工学院, 长沙 410128)

摘要: 针对往复式切割器切割图分析过程中传统方法存在的操作不方便等问题, 该文基于 Visual Studio 可视化应用程序开发平台开发了往复式切割器工作特性分析系统。在对动刀片进行运动分析的基础上, 推导出了 3 个特征区域面积的计算方法, 对面积计算过程可能出现的特殊情况进行了分析。提出了一种基于步进运算的工作特性分析方法, 可进行连续计算分析。对标准普通 I 型切割器分析的结果表明, 当进距小于 44 mm 时无漏割区域, 大于 94 mm 时无重割区域, 等于 61 mm 时, 一次切割区所占的面积比例达到最高值为 88%。该研究为优化往复式切割器工作参数提供了一种高效的工具, 为往复式切割器结构的优化设计提供了参考。

关键词: 收获机; 机械化; 切割设备; 往复式切割器; 切割图; 可视化编程

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.003

中图分类号: S225

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-18-0011-06

向阳, 罗锡文, 曾山, 臧英, 杨文武. 基于可视化编程的往复式切割器工作特性分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 11-16. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.003 http://www.tcsae.org

Xiang Yang, Luo Xiwen, Zeng Shan, Zang Ying, Yang Wenwu. Operation performance analysis of reciprocating cutter based on visual programming[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(18): 11-16. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.18.003 http://www.tcsae.org

0 引言

切割图是分析往复式切割器工作特性的重要工具, 通过分析空白(漏割)区、重割区和一次切割区的面积, 可对切割器的工作特性进行分析^[1-6]。传统的手工描点法绘制切割图工作量大, 效率低, 计算结果不精确。

赵匀^[7-8]、张家年^[9]采用 FORTRAN 等高级语言编制了切割图曲线绘制程序, 殷晓飞^[10]基于 VB 开发了切割图绘制软件, 杨树川等^[11-14]提出利用 MATLAB 软件绘制切割图并对 3 个区域面积进行计算的方法。陈振玉等^[15]、徐秀英等^[16]通过绘制多张切割图, 对不同参数下割刀的工作特性进行了相关对比分析。夏萍等^[17-18]利用 MATLAB 对不同工作参数条件下各区域的面积进行了计算并对计算结果进行了回归分析, 得出了特定参数条件对切割效果的影响曲线。采用 MATLAB 绘制切割图需要通过修改 M 文件来改变参数, 存在平台依赖性强、操作不便、不能连续分析等问题。

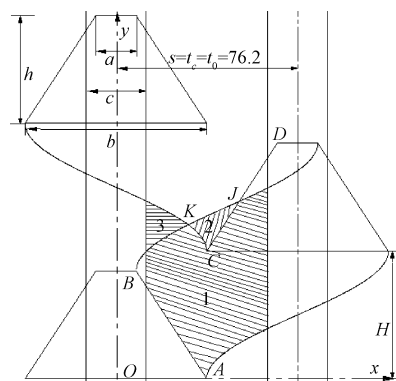
本文基于 Visual studio 可视化平台, 开发了一种往复式切割器切割图绘制与切割特性分析系统, 可完成切割图的绘制和 3 个区域的面积计算, 并可以在指定的参数范围内自动对特征区域面积进行连续计算分析, 输出相

应的特性曲线和数据报告, 以期对往复式切割器结构的优化设计提供参考。

1 往复式切割器运动分析

1.1 普通 I 型往复式切割器运动分析

标准普通 I 型往复式切割器^[19-20]典型切割图如图 1 所示。将 y 轴定位在左侧定刀的中心线上, x 轴定位在动刀底边上, 建立平面坐标系如图 1 所示。



1.一次切割区 2.重割区 3.空白(漏割)区
1.Once cutting area 2.Repeated cutting area 3.Failed to cut area

注: a 为动刀片顶宽, mm; b 为动刀片底宽, mm; h 为动刀片高, mm; c 为定刀片宽, mm; s 为割刀行程, mm; t_c 为动刀片间距, mm; t_0 为护刀齿间距, mm; H 为进距, mm。

Note: a is top width of moving knife, mm; b is bottom width of moving knife, mm; h is height of moving knife, mm; c is width of fixed knife, mm; s is knife stroke, mm; t_c is blade spacing, mm; t_0 is guard spacing, mm; H is rotator width, mm.

图 1 普通 I 型往复式切割器典型切割图

Fig.1 Typical cutting diagram of type I reciprocating cutter

收稿日期: 2015-06-29 修订日期: 2015-08-12

基金项目: 农业部农垦农业技术试验示范专项

作者简介: 向阳, 男(汉), 湖南省长沙人, 副教授, 博士生, 主要从事农业机械自动化技术研究。广州 华南农业大学工程学院, 510642。

Email: xy1608@126.com

*通信作者: 罗锡文, 男(汉), 湖南株洲人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械化工程、精细农业方面研究。广州 华南农业大学工程学院,

510642。Email: xwluo@scau.edu.cn

前半周期内 AB 上任意点的轨迹参数方程为:

$$\begin{cases} x_i = -R \cdot \cos \omega \cdot t + 0.5s + x_n \\ y_i = v_m \cdot t + y_n \end{cases} \quad t \in (0, \pi/\omega) \quad (1)$$

式中: x_n 与 y_n 为刀刃 AB 上任意一点的起始坐标; v_m 为机具前进速度, mm/s; R 为曲柄半径, mm; ω 为曲柄转动角速度, rad/s; t 为时间, s; s 为割刀行程, mm。

已知 $s=2R$, A 点起始坐标为 $(b/2, 0)$, 得 A 点的轨迹方程如式 (2) 所示。将参数方程转换成普通方程, 并将进距 $H=\pi v_m/\omega$ 代入得 A 点的轨迹方程如式 (3)。坐标平移后得到 B 点与 C 点运动轨迹曲线如式 (4) 和式 (5)。

$$\begin{cases} x_A = -0.5s \cdot \cos \omega \cdot t + s \\ y_A = v_m \cdot t \end{cases} \quad t \in (0, \pi/\omega) \quad (2)$$

$$y_A = \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2s-2x_A}{s}\right) \quad x_A \in \left(\frac{b}{2}, \frac{b}{2}+s\right) \quad (3)$$

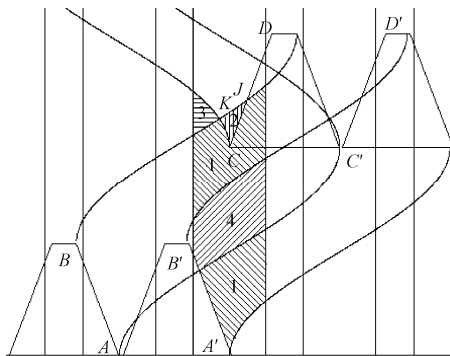
$$y_B = h + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x_B+a}{s}\right) \quad x_B \in \left(\frac{a}{2}, \frac{a}{2}+s\right) \quad (4)$$

$$y_C = H + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2x_C}{s}\right) \quad x_C \in \left(-\frac{b}{2}, \frac{b}{2}\right) \quad (5)$$

式中: H 为进距, mm; a 为动刀片顶宽, mm; b 为动刀片底宽, mm; h 为动刀片高, mm; x_A 为 A 点横坐标; x_B 为 B 点横坐标; x_C 为 C 点横坐标; y_A 为 A 点纵坐标; y_B 为 B 点纵坐标; y_C 为 C 点纵坐标。

1.2 普通 II 型往复式切割器运动分析

对于标准普通 II 型往复式切割器, 割刀行程 s 为动刀片间距及护刃齿间距的 2 倍。对应的切割图如图 2 所示。



1. 一次切割区 2. 反向重割区 3. 空白(漏割)区 4. 同向重割区
1. Once cutting area 2. Inverting repeated cutting area 3. Failed to cut area 4. Noninverting repeated cutting area

图 2 普通 II 型往复式切割器典型切割图

Fig.2 Typical cutting diagram of type II reciprocating cutter

根据 1.1 中的推导过程可以推导出标准普通 II 型往复式切割器 A , B 及 C 点的轨迹曲线如式 (6) 所示。相应的, 通过坐标平移可以方便地推导出第 2 块动刀片特征点 A' , B' 及 C' 点的轨迹曲线。

$$\begin{cases} y_A = \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{3s-4x_A}{2s}\right) \quad x_A \in \left(\frac{b}{2}, \frac{b}{2}+s\right) \\ y_B = h + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{s-2x_B+a}{s}\right) \quad x_B \in \left(\frac{a}{2}, \frac{a}{2}+s\right) \\ y_C = H + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{s-4x_C}{-2s}\right) \quad x_C \in \left(-\frac{b}{2}, \frac{b}{2}\right) \end{cases} \quad (6)$$

2 特征区域面积的计算

2.1 普通 I 型往复式切割器漏割区面积的计算

图 1 中区域 3 为漏割区域(空白区域), 为计算该区域的面积首先应找出特征点 K 的坐标, 再利用 B 点和 C 点的轨迹曲线方程进行积分计算。由于 K 点为 B 点轨迹曲线与 C 点轨迹曲线的交点, 解式 (7) 可得 K 点横坐标 x_K , 得到 x_K 后可采用式 (8) 计算漏割区域面积。

$$H + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2x}{s}\right) - h - \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) = 0 \quad (7)$$

$$x \in \left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2}\right)$$

$$S_L = \int_{c/2}^{x_K} \left[H + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2x}{s}\right) - h - \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) \right] dx \quad (8)$$

式中: S_L 为漏割区面积, mm²; x_K 为 K 点横坐标; c 为定刀片宽, mm。

在计算过程中可能出现图 3 的 3 种特殊情况, 需要进行相关判断并区别对待。如图 3a 所示, 此时 K 点位于左定刀右侧边线内 ($x_K < c/2$), K 点虽有解但实际上没有漏割区域。如图 3b 所示, B 点轨迹线在所要求的定义域 ($a/2, b/2$) 内与 C 点轨迹线没有交点, 但这并不表示没有漏割区域。由图 3b 可知, 此时漏割区域由两部分组成: 第 1 部分是由 B 点与 C 点轨迹线包围形成的区域 1, 第 2 部分是 B 点轨迹线与动刀底边包围形成的区域 2。两部分的交界线是 $x=s/2$ 。在计算第 2 部分面积时, 需要求出特征点 L 的横坐标值。

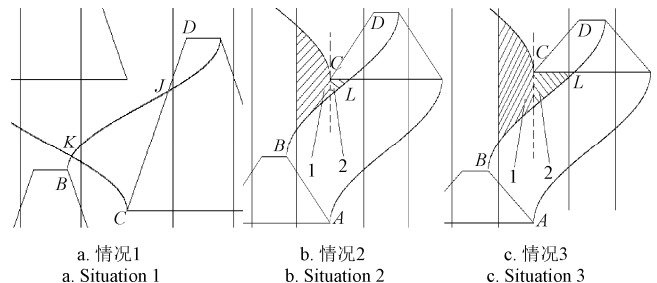


图 3 普通 I 型往复式切割器面积计算特殊情况

Fig.3 Special situation of areas calculation of type I reciprocating cutter

已知 L 点为动刀底边 ($y=H$) 与 B 点轨迹曲线的交点, 解算以下方程可得 L 点横坐标值。得到 L 点横坐标后, 通过式 (10) 计算漏割区域面积:

$$H - h - \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) = 0 \quad x \in \left(\frac{s}{2}, s + \frac{a}{2}\right) \quad (9)$$

$$S_L = \int_{c/2}^{s/2} \left[H + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2x}{s}\right) - h - \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) \right] dx + \int_{s/2}^{x_L} \left[H - h - \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) \right] dx \quad (10)$$

式中: x_L 为 L 点横坐标。

如图 3c 所示, 此时 L 点位于右定刀左侧边线内, 计算漏割区面积时, 第 2 部分面积只能计算到右定刀左侧边线, 式 (10) 中第 2 部分的积分上限应由 x_L 改为 $s/2 - c/2$ 。

2.2 普通 I 型往复式切割器重割区域面积的计算

图 1 中所示区域 2 为重割区域, 计算该区域的面积首先应找出特征点 J 的坐标, 然后再利用 B 点和 C 点的轨迹曲线方程以及 CD 边的曲线方程进行积分计算。已知 C 点坐标为 $(s/2, H)$, D 点坐标为 $(s-a/2, H+h)$, 得 CD 直线的函数如式 (11)。由于 J 点为 B 点轨迹曲线与 CD 边线的交点, 解式 (12) 得 J 点坐标值。由图 1 可知, 得到 K 点及 J 点的横坐标后可用式 (13) 计算重割区面积。

$$y = \frac{(2x-s)h}{s-a} + H \quad (11)$$

$$h + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) - \frac{(2x-s)h}{s-a} - H = 0 \quad (12)$$

$$x \in (s - \frac{b}{2}, s - \frac{a}{2})$$

$$S_C = \int_{x_K}^{s/2} [h + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) - H - \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2x}{s}\right)] \\ + \int_{s/2}^{x_J} [h + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-2x+a}{s}\right) - \frac{(2x-s)h}{s-a} - H] \quad (13)$$

式中: S_C 为重割区面积, mm^2 ; x_J 为 J 点横坐标。

在使用式(13)计算重割区域面积时, 同样需要根据情况进行相关判断与处理。如图 3a 所示, 此时 K 点位于左定刀右侧边线内 ($x_K < c/2$), 计算重割区域面积时, 第 1 部分的面积只能从左定刀右侧边线开始计算 ($x=c/2$), 即上式中第 1 部分积分下限应由 x_K 改为 $c/2$ 。如 J 点位于右定刀左侧边线内 ($x_J > s-c/2$), 在计算重割区域面积时, 第 2 部分的面积只能计算到右定刀左侧边线 ($x=s-c/2$), 即上式中第 2 部分积分上限由 x_J 改为 $s-c/2$ 。如图 3b 及图 3c 所示的情况中, B 点轨迹线与 CD 边线在规定的定义域上没有交点, 此时 J 点不存在, 相应的重割区域面积为 0。

2.3 普通 I 型往复式切割器一次切割区域面积的计算

图 1 中所示区域 1 为一次切割区域。由图 1 可知, 计算该区域面积应首先计算由 B 点轨迹线与 A 点轨迹线及边线 AB 包围的区域面积, 再减去重割区域面积。已知 A 点坐标为 $(b/2, 0)$, B 点坐标为 $(a/2, h)$, 得 AB 直线的函数如式 (14), 一次切割区域面积计算式如式 (15)。

$$y = \frac{h(2x-b)}{a-b} \quad x \in (\frac{a}{2}, \frac{b}{2}) \quad (14)$$

$$S_Y = \int_{c/2}^{s-c/2} [h + \frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{b-x+a}{s}\right)] - \int_{c/2}^{s/2} [\frac{(2x-s)h}{a-s}] \\ - \int_{s/2}^{s-c/2} [\frac{H}{\pi} \cdot \arccos\left(\frac{2s-2x}{s}\right)] - S_C \quad (15)$$

式中: S_Y 为一次切割区面积, mm^2 。

2.4 普通 II 型往复式切割器特征区域面积的讨论

如图 2 中所示, 区域 1 为一次切割区域, 区域 3 为空白区域 (漏割区), 区域 2 为反向重割区 (作物茎秆被同一动刀片反向切割两次), 区域 4 为同向重割区 (作物茎秆被两片动刀片在同一方向上切割两次)。由图 2 可知, 在一定的进距范围内, 漏割区产生的原因与普通 I 型切割器基本相同, 其面积可以采用同一方法计算。考

虑到对于标准普通 II 型往复式切割器的重割区目前还没有明确的定义和分析依据, 同时各特征区域的形成受两块动刀片的影响, 成因较复杂。因此本研究中暂不对普通 II 型往复式切割器的特征区域面积进行计算, 仅通过系统绘制切割图进行定性分析。

3 基于可视化编程的切割图分析系统

3.1 应用程序界面及功能

基于 Visual Studio 2008 可视化应用程序开发平台^[21]开发了往复式切割器工作特性分析系统, 主界面如图 4 所示。左侧上方是切割图分析区, 在相应的切割器参数设置框内输入数据, 点击“绘制切割图”按钮, 系统即根据设置的参数自动在右侧的图片区域绘制切割图, 点击“计算面积”按钮, 系统根据设置的参数自动计算漏割区域面积、重割区域面积和一次切割区域面积并显示在右侧图形下方的数据框中。在输入工作参数时, 可选择输入进距、前进速度或曲柄转速, 系统会对参数进行自动换算。设置动刀片顶宽 $a=17 \text{ mm}$, 动刀片底宽 $b=76.2 \text{ mm}$, 动刀片高 $h=55 \text{ mm}$, 定刀片宽 $c=23 \text{ mm}$, 割刀行程 s =动刀片间距=护刀齿间距=76.2 mm, 进距 $H=65 \text{ mm}$, 切割图如图 4 右侧所示, 分别得到 3 个特征区域面积。

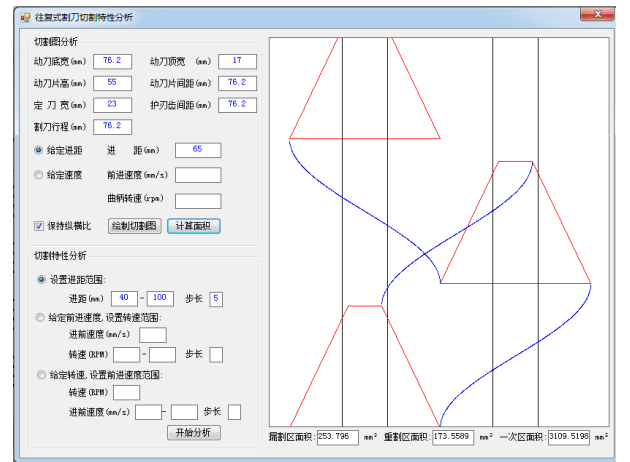


图 4 切割图分析系统界面

Fig.4 Interface of cutting diagram analysis application

3.2 切割图的绘制

本文中使用的 PictureBox 控件作绘制切割图。PictureBox 控件的坐标原点位于控件的左上角, 由原点出发, 向右为 X 轴正方向, 向下为 Y 轴正方向。PictureBox 控件的坐标范围是它的尺寸参数, 单位为像素。由于坐标轴方向和数据均与切割图所要求的不同, 因此, 绘制切割图时需要进行相应的坐标变换。建立实际坐标对应的 PictureBox 显示坐标变换公式如下:

$$\begin{cases} X = (x - x_{\min}) \cdot [Width / (x_{\max} - x_{\min})] \\ Y = Height - (y - y_{\min}) \cdot [Height / (y_{\max} - y_{\min})] \end{cases} \quad (16)$$

式中: X 与 Y 为 PictureBox 中的显示坐标, pix ; x_{\min} 与 x_{\max} 为实际横坐标范围, mm ; y_{\min} 与 y_{\max} 为实际纵坐标范围, mm ; $Width$ 为 PictureBox 控件宽度, pix ; $Height$ 为 PictureBox 控件高度, pix 。

为保证切割图的显示效果, 设定切割图显示所需要的宽度范围为动刀片底宽加护刀齿间距, 相应的实际横坐标范围为 $[-b/2, s+b/2]$ 。实际纵坐标范围根据是否保持纵横比而不同, 如选择保持纵横比, 则高度范围根据宽度范围按比例计算, 当进距较大时可能由于图像控件高度范围不足造成部分内容无法显示。如不选择保持纵横比, 则系统设定高度范围为 3 倍的割刀进距, 当控件高度不足时通过自动压缩高度尺寸保证完全显示, 相应的实际纵坐标范围为 $[0, 3H]$ 。

图形的绘制采用 GDI+ 技术^[22-24]实现, 先创建 Graphics 对象, 然后使用 GDI+ 绘制线条和形状。本文中用 Drawline 方法绘制定刀轮廓等直线图形, 用 Drawlines 方法绘制特征点轨迹曲线。特征点 A , B 及 C 点的轨迹曲线分别按对应的曲线函数绘制。

3.3 特征区域面积的计算

根据之前得到的特征区域面积计算方法与公式, 并充分考虑到计算过程中的各种特殊情况, 制定特征区域面积计算流程如图 5 所示。

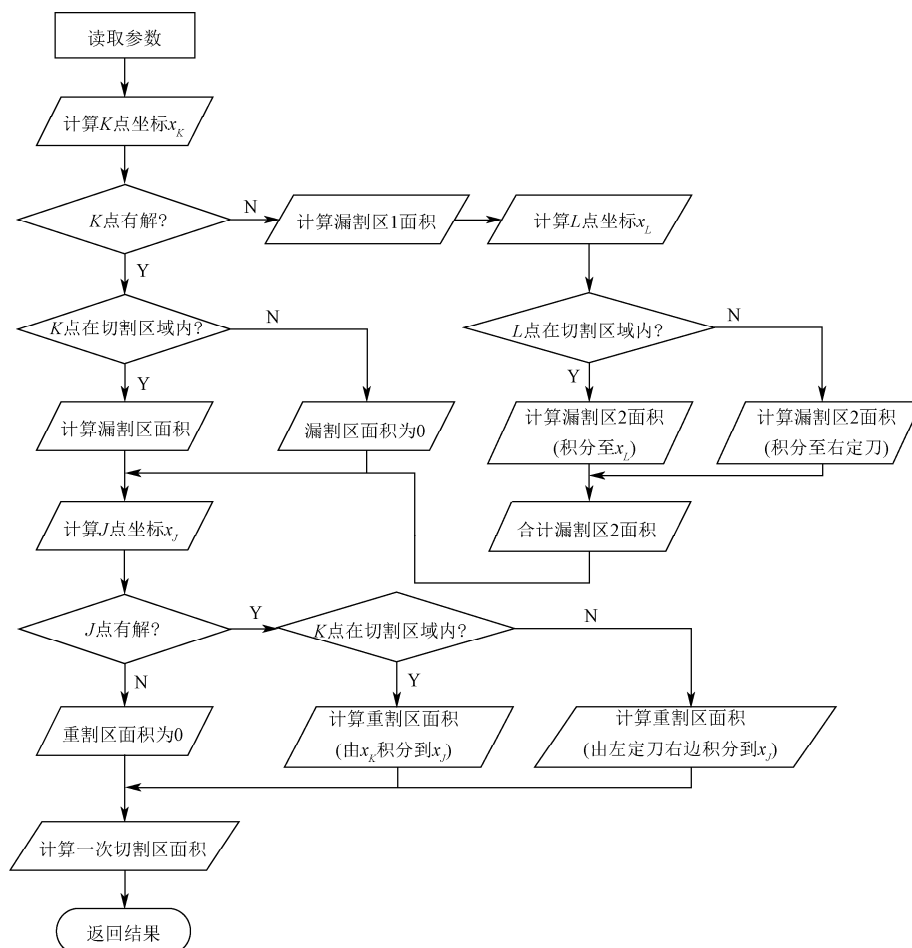


图 5 面积计算程序流程图

Fig.5 Flow chart of area calculation

采用解析法求解方程获得关键点 K 、 J 、 L 坐标的难度极大, 本文中采用数值分析方法^[25]求解近似根。二分法是逐步将含根区间分半, 主要用来求实根。考虑到二分法相对简单, 更容易通过程序实现, 本研究选择二分法求解方程根。在得到关键点坐标的基础上, 可通过面积计算公式计算特征区域面积。而面积计算公式中被积函数的原函数很难用初等函数表达, 因此借助微积分学的牛顿-莱布尼兹公式计算上述定积分几乎是无法实现的。本研究采用数值积分的方法计算其近似值。梯形法是一种用直线线段拟合函数曲线的方法。梯形法的优点是程序实现简单, 运算精度可通过增加子区间的方法提高, 缺点运算速度较慢。考虑到本研究计算量不大, 同时现在计算机的速度已足够满足计算的需要, 采用梯形

法进行特征区域面积的计算。

3.4 切割特性自动分析

切割特性分析的主要内容是计算在不同工作参数条件下 3 个特征区域面积的比例关系, 从而找出最佳的工作参数范围。传统的方法^[26]是通过绘制多张切割图进行对比分析, 或在若干组面积计算数据的基础上进行回归分析得到拟合的工作特性曲线作为工作特性分析的依据, 存在计算工作量大、计算结果不精确的问题。

本文提出了一种基于步进运算的工作特性分析方法, 其工作原理是根据用户指定的切割器外形尺寸参数, 在设置的工作参数范围内, 以步进的方式对 3 个特征区域的面积进行连续自动的计算分析, 并生成相应的曲线图和数据报告, 为用户分析切割器工作特性、确定最佳

工作参数提供依据。图 4 左侧下方是切割特性分析区, 使用时需要输入工作参数的范围和步进的步长, 其中步长表示每次计算时工作参数的增量。步长越小, 意味着数据量越丰富, 曲线越平滑, 计数结果越精确。工作参数可以选择进距、前进速度或曲柄转速。针对 3.1 中设置的切割器尺寸参数, 设置进距范围为 40~100 mm, 步进计算的步长为 1 mm, 得切割特性分析结果如图 6 所示。

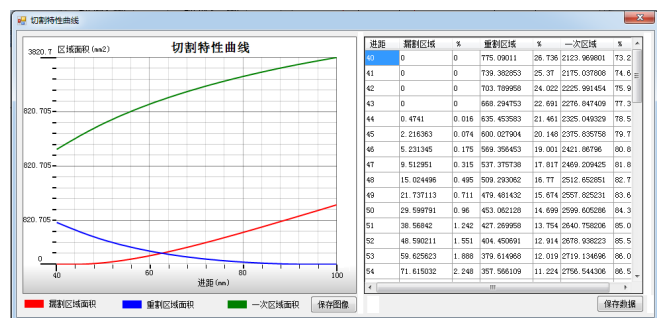


图 6 切割特性分析界面

Fig.6 Interface of cutting feature analysis application

图 6 中左侧为切割特性曲线区域, 曲线横轴为进距, 纵轴为特征区域面积。从下至上的 3 条曲线分别表示漏割区域面积、重割区域面积和一次切割区域面积随进距变化的情况。由图可知, 随着进距的增加, 漏割区和一次切割区的面积增加, 而重割区的面积减小。图中右侧为数据报告区, 详细记录了每个进距参数下对应的 3 个特征区域面积及其所占的比例。报告中数据表明, 当进距 $H < 44$ mm 时无漏割区域, 当进距 $H > 94$ mm 时无重割区域, 当进距 $H = 61$ mm, 一次切割区所占的面积比例达到最高值, 为 88%。以上数据为特定外形尺寸条件下选择最佳的切割器工作参数提供了有力的依据。采用更小的步长可以获得更精确的数据。

4 结 论

本文通过对往复式切割器中的动刀片进行运动分析, 推导出了漏割区域、重割区域及一次切割区域面积的计算公式。对特征区域面积计算过程中可能出现的特殊情况进行了分析, 并给出了相应的解决方案。提出了一种基于步进计算的工作特性分析方法, 相对于传统的切割图对比和曲线拟合方法, 计算结果更精确。在此基础上, 基于 Visual Studio 可视化应用程序开发平台开发了往复式切割器工作特性分析系统。应用该系统对标准普通 I 型往复式切割器进行了分析, 发现无漏割区、无重割区及一次切割区面积最大的条件分别为: 进距 $H < 44$ mm、 $H > 94$ mm 和 $H = 61$ mm。应用效果表明, 该系统具有使用方便、不依赖第 3 方软件平台、计算结果精确等优点。

【参 考 文 献】

- [1] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 张兰星, 何月娥. 谷物收割机械理论与计算[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1980.
- [3] Guarnieri A, Maglioni C, Molari G. Dynamic analysis of reciprocating single-blade cutter bars[J]. Transactions of the

ASABE, 2007, 50(3): 755—764.

- [4] Kroes S, Harris H D. Effects of basecutter and crop parameters on permissible cane harvester speeds[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1995, 24(1): 43—48.
- [5] 崔萌, 张道林, 令昕, 等. 玉米茎秆切断装置对比[J]. 农业工程, 2015, 5(3): 9—12
- Cui Meng, Zhang Daolin, Bu Lingxin, et al. Comparison of corn stalk cutting device[J]. Agricultural Engineering, 2015, 5(3): 9—12.(in Chinese with English abstract)
- [6] 柴红伟. 联合收割机往复式切割器性能研究[J]. 农业机械, 2013(7): 131—136.
- [7] 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.
- [8] 赵匀. 标准型切割器特性曲线和切割图的计算机计算和绘制[J]. 东北农学院学报, 1998, 19(2): 190—197.
- Zhao Yun. Computer programs of the cutting pattern and characteristic curve of standard reciprocating cutter[J]. Journal of Northeast Agricultural College, 1998, 19(2): 190—197. (in Chinese with English abstract)
- [9] 张家年. 标准型切割器切割图的计算分析[J]. 华中农学院学报, 1982, 1(4): 1—16.
- Zhang Jianian. Numerical analysis of cutting graph of standard cutter bar[J]. Journal of Huazhong Agricultural College, 1982, 1(4): 1—16. (in Chinese with English abstract)
- [10] 殷晓飞. 往式切割器切割图的计算机辅助分析[J]. 机械研究与应用, 2011(1): 92—93, 96.
- Yin Xiaofei. Computer aided analysis of cutting pattern of a reciprocating cutter[J]. Mechanical Research & Application, 2011(1): 92—93, 96. (in Chinese with English abstract)
- [11] 杨树川. 标准往复式切割器的工作性能研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- Yang Shuchuan. Research on the Working Performance of the Standard Reciprocating Cutterbar[D]. Yangling: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2005. (in Chinese with English abstract)
- [12] 杨树川, 杨树明, 樊静波. 基于 M 文件的切割图绘制方法研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(28): 13848—13849.
- Yang Shuchuan, Yang Shuming, Fan Jingbo. A M-file based method to plotting cutting diagram[J]. Journal of Anhui Agri. Sci., 2009, 37(28): 13848—13849. (in Chinese with English abstract)
- [13] 杨树川, 余永卫, 杨术明. 利用 MATLAB 计算切割图中三区域的面积值[J]. 农机化研究, 2005(5): 66—67.
- Yang Shuchuan, She Yongwei, Yang Shuming. Computation numerical value about three regions' area in cutting graph by using MATLAB[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(5): 66—67. (in Chinese with English abstract)
- [14] 杨树川, 余永卫, 杨术明. 联合收割机速度对切割图中区域面积的影响[J]. 农机化研究, 2005(3): 114—116.
- Yang Shuchuan, She Yongwei, Yang Shuming. The influence from the speed of harvester to triangle area on incise diagram[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(3): 114—116. (in Chinese with English abstract)
- [15] 陈振玉, 周小青. 谷物联合收获机往复式切割器切割过程的研究——基于切割图分析[J]. 农机化研究, 2012(7): 73—77.
- Chen Zhenyu, Zhou Xiaoqing. Study on the cutting process of reciprocating cutter in combine harvester based on cutting-chart analysis[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2012(7): 73—77. (in Chinese with English abstract)
- [16] 徐秀英, 张维强, 杨和梅, 等. 小型牧草收获机双动切割装置设计与运动分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 156—161.
- Xu Xiuying, Zhang Weiqiang, Yang Hemei, et al. Design and kinematic analysis of double-acting cutting device of

- walk-type pasture reaper[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(7): 156–161. (in Chinese with English abstract)
- [17] 夏萍, 印崧, 陈黎卿, 等. 收获机械往复式切割器切割图的数值模拟与仿真[J]. 农业机械学报, 2007, 38(3): 65–68. Xia Ping, Yin Song, Chen Liqing, et al. Numerical simulation of cutting pattern of a reciprocating cutter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2007, 38(3): 65–68. (in Chinese with English abstract)
- [18] 印崧, 王晓枫, 夏萍. 联合收割机往复式切割器运动特性研究[J]. 农业装备技术, 2006, 32(5): 31–34. Yin Song, Wang Xiaofeng, Xia Ping. Study on kinetic characteristic the reciprocating cutter of a combine harvester[J]. The Equipment and Technology of Agriculture, 2006, 32(5): 31–34. (in Chinese with English abstract)
- [19] 北京农业工程大学. 农业机械学(下)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [20] GB/T1209-2002, 农业机械切割器[S].
- [21] 兰多夫(美). Visual Studio 2008 高级编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [22] 黄淼云. Visual Basic.NET GDI+技术教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [23] 周晓青. Windows GDI 的图形图像处理技术应用[J]. 网络安全技术与应用, 2013(10): 17–18. Zhou Xiaoqing. Windows GDI graphics image processing technology[J]. Net Security Technologies and Application, 2013(10): 17–18. (in Chinese with English abstract)
- [24] 姜晓剑, 刘小军, 田永超, 等. 基于遥感影像的作物生长监测系统的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 156–162. Jiang Xiaojian, Liu Xiaojun, Tian Yongchao, et al. Design and implementation of remote sensing image-based crop growth monitoring system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(3): 156–162. (in Chinese with English abstract)
- [25] 黄云清, 舒适, 陈艳, 等. 数值计算方法[M]. 北京: 科技出版社, 2009.
- [26] 李耀明, 秦同娣, 陈进, 等. 玉米茎秆往复切割力学特性试验与分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 160–164. Li Yaoming, Qin Tongdi, Chen Jin, et al. Experiments and analysis on mechanical property of corn stalk reciprocating cutting[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(1): 160–164. (in Chinese with English abstract)

Operation performance analysis of reciprocating cutter based on visual programming

Xiang Yang^{1,2}, Luo Xiwen^{1*}, Zeng Shan¹, Zang Ying¹, Yang Wenwu¹

(1. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Cutting diagram is an important means of performance analysis of reciprocating cutter. The evaluation of working performance of reciprocating cutter principally depends on the size of 3 featured areas (repeated cutting area, area failing to cut and once cutting area), which can be observed from the cutting diagram. Drawing cutting diagram by the traditional manual tracing method has the disadvantages of low efficiency and imprecise result. Meanwhile the system of cutting diagram drawing and analyzing which is based on the MATLAB and other homemade programs cannot carry on the continuous analysis of parameter. Aiming at the inconvenience of the traditional methods, a cutting diagram analytic system was developed based on visualization platform. This paper took the standard ordinary I type reciprocating cutter as main research object, performed the kinematic analysis to cutting blade and obtained the moving-track curve of featured points. Method to calculate the 3 featured areas was deduced based on the kinematic analysis of the cutting blade. Moreover, 3 special situations which may happen during the calculation process were analyzed, and the respective solution for each situation was proposed. The software was developed based on VISUAL STUDIO 2008. The main interface of this system mainly consists of cutter parameter configuration zone, working property feature analyzing zone and cutting diagram drawing zone. After inputting the cutting parameter by user, system can draw corresponding cutting diagram and calculate the area of featured areas. The drawing of cutting diagram uses PictureBox control and GDI+ (graphics device interface plus) technology, and it can carry on the coordinate conversion to the actual dimension of cutting blade depending on the dimension of drawing zone. In order to adapt the calculation characteristics of computer, it uses the numerical analysis method in calculation process, including obtaining the coordinates of key points through the dichotomy solution to single-variable equation and calculating the area of featured areas by using the trapezoidal method to do definite integral calculation. The main content of working performance analysis is calculating the proportional relationship among the 3 featured areas under different working parameters, thus to find the best working parameters. Traditional method is to carry on comparative analysis by drawing many cutting diagrams, however, it has the shortages of hefty workload and imprecise result. This paper proposed a working performance analytical method depending on stepping calculation, which used the stepping method to automatically calculate and analyze the areas of 3 feature regions according to the cutter dimension parameters specified by users, and generated the corresponding curve graphs in set working parameter range. This provided the basis for users to analyze working properties of cutters and determine the best working parameters. The analysis of the standard ordinary I type reciprocating cutter showed that there was no area failing to cut when the rotator width was less than 44 mm, and no repeated cutting area when the rotator width was greater than 94 mm, moreover, when the rotator width equaled 61 mm, the area proportion of once cutting area reached the highest value which was 88%. Application result showed that the software had the advantages of convenient use, independence of the third platform and precise calculation result, which provided an efficient mean to optimize the operation of the reciprocating cutter.

Key words: harvesters; mechanization; cutting equipment; reciprocating cutter; cutting diagram; visual programming