

基于 Catia 的旋耕机弯刀实体模型参数化特征提取方法研究

叶红朝¹, 赵世民¹, 朱曙光² (1. 河南省烟草公司洛阳市公司, 河南洛阳 471003; 2. 洛阳中重发电设备有限责任公司, 河南洛阳 471000)

摘要 [目的]从旋耕机弯刀实体模型中提取参数化特征信息,为建立参数化模型奠定基础。[方法]运用 catia 软件知识工程和测试工具,对旋耕机弯刀机具进行逆向工程设计。[结果]结合弯刀设计理论,分别提取了刀柄、侧切刃、侧切面刀背线、正切刃、正切面刀背线、正切面端面线、厚度变化、截面等主要设计参数特征信息,获取了参数化方程和参数变化规律。[结论]该方法为逆向工程设计中参数化特征信息提取给出了有效路径。

关键词 catia; 旋耕机弯刀; 实体模型; 参数特征提取

中图分类号 S224; TH128 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)13-04116-02

在旋耕机弯刀的逆向工程设计中,通过点云数据建立了实体模型。实体模型仅仅复原了所选取样品本身的形状曲面,不能够适应参数的变化。数字化设计的最终目的之一是建立参数化模型,随着输入参数的改变,即可产生新的旋耕机弯刀实体模型。为了建立参数化模型,需要运用 catia 软件,结合旋耕机弯刀曲面设计理论,在原来实体模型的基础上提取特征参数信息,为参数化模型的建立提供基础。该文以 T 系列 I 型旋耕机弯刀的实体模型为例进行特征信息的提取方法研究。

1 建立坐标系

在实体模型上建立坐标系是特征参数信息提取的基准。设旋耕机弯刀的旋转轴心为圆心, x 轴垂直于侧切面与正切面的交线 L , y 轴平行于该交线 L , 建立坐标系。旋耕机弯刀的反求实体模型位于该坐标系的第 4 象限, 如图 1 所示。

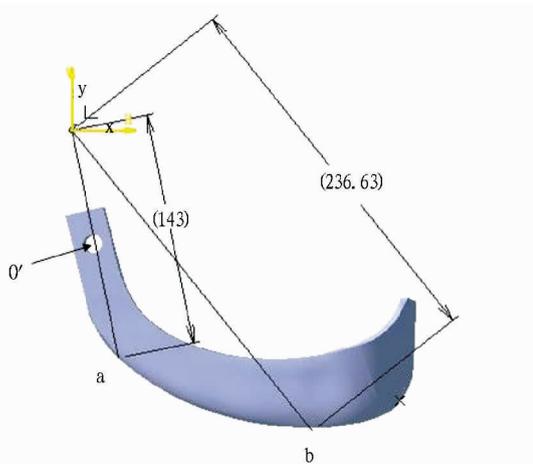


图 1 坐标系示意图

2 旋耕机弯刀特征信息提取

依据所建立的坐标系,对旋耕机弯刀的特征信息进行提取。为了方便特征信息的提取,把旋耕机弯刀分为刀柄、侧切面和正切面 3 个部分。

2.1 刀柄特征信息提取 旋耕机弯刀刀柄是用来安装弯刀的,由于常见属于刀座式旋耕机弯刀,因此,刀柄的厚度、宽度以及安装孔中心的位置关系都是关键尺寸^[1-2]。在 catia

软件上,用测量工具对反求实体模型进行测量^[6],即可得到刀柄的厚度为 10 mm、刀柄的宽度 24 mm、刀柄安装孔圆心 O' 到旋耕机弯刀旋转中心的距离为 66 mm。

2.2 侧切面特征信息提取

2.2.1 侧切刃参数特征。 国家标准推荐的侧切刃刃口曲线极坐标方程为:

$$r = R_0 + \theta \times k$$

为了在坐标系中定位侧切刃特征参数曲线,需要把极坐标方程转化为 X 和 Y 参数方程,然后利用知识工程编写关于 X 、 Y 的规则方程式。设实数变量 T ($0 \leq T \leq 1$), 则侧切刃刃口曲线规则参数方程为

$$X = (R_0 + K \times \theta_{\max} \times 1 \text{ mm}/1 \text{ deg} \times T) \times (\cos(\alpha - 0.5 \times \pi I - \theta_{\max} + T \times \theta_{\max}))$$

$$Y = (R_0 + K \times \theta_{\max} \times 1 \text{ mm}/1 \text{ deg} \times T) \times (\sin(\alpha - 0.5 \times \pi I - \theta_{\max} + T \times \theta_{\max}))$$

其中: α ——侧切刃终点转动半径与弯折线的夹角; R_0 ——侧切刃起始半径; θ_{\max} ——侧切刃包角; k ——旋耕机弯刀侧切刃的阿基米德螺旋线的常数。

由反求实体模型可测得 $\alpha = 41^\circ$ 。

令 $T = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 0.1$

则可得到对应于 T 取不同值的 11 个点。平滑连接这 11 个点所得曲线即为通过刃口曲线方程所获取的旋耕机弯刀侧切刃曲线,运用 catia 软件测试工具测得该曲线与实体模型中侧切刃曲线的最大距离为 1.017 mm, 满足误差要求,所以可以将该参数规则方程作为旋耕机弯刀侧切刃参数特征曲线(图 2)。

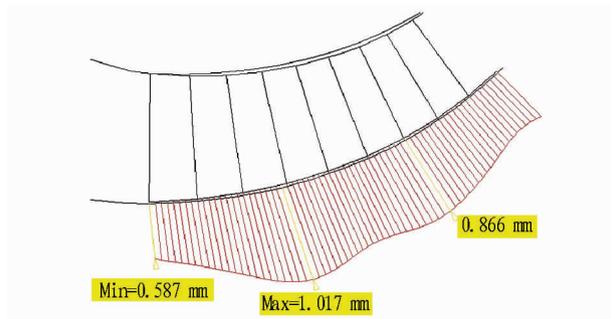


图 2 侧切刃参数曲线与实体模型侧切刃曲线距离示意图

2.2.2 侧切面刀背线参数特征信息提取。 侧切刃与侧切面刀背线决定了旋耕机弯刀侧切面的宽度及几何形状^[3]。上

基金项目 河南省烟草公司重点项目(HYKJ201310)。

作者简介 叶红朝(1966-),男,河南洛阳人,农艺师,从事农业工程学和烟草园艺研究。

收稿日期 2014-04-10

述提取了侧切刃刀口曲线的参数特征方程,而建立旋耕机弯刀参数模型,需要该刀背线的参数特征方程。由于刀背线的几何形状与侧切刃相似,可以设定旋耕机弯刀侧切面刀背线也可用阿基米德螺旋线来表示^[5-6],即为:

$$r = R_{05} + \theta \times K_5$$

在实体模型上,过侧切刃的起点和终点分别向刀背线作垂线,垂足为 A、B。R₀₅ 为 A 与旋转中心的连线 OA。 $\theta_{5\max}$ 为线段 OA 与 OB 之间的夹角。由实体模型直接测出 $\theta_{5\max} = 23.316^\circ$, $R_{05} = 126.745 \text{ mm}$, $r = OB = 200.673 \text{ mm}$,则可以得到

$$K_5 = (r - R_{05}) / \theta = 3.17$$

从而,可得侧切面刀背线的阿基米德螺旋线极坐标方程为:

$$r = 200.673 + \theta \times 3.17$$

为方便计算, $\theta_{5\max}$ 的值取 23.3° 。由实体模型直接测出 OA 与 X 轴的夹角为 -64.9° ,把 23.3 分成十等分,则相应点的极角为

$$\theta' = -64.9 + \theta$$

具体数值如 1 表所示。

表 1 刀背线极角十等分值

$\theta // \text{度}$	$R // \text{mm}$	$\theta' // \text{度}$
0	126.7	-64.90
2.33	134.1	-62.50
4.66	141.5	-60.20
6.99	148.9	-57.91
9.32	156.3	-55.58
11.65	163.6	-53.25
13.98	171.0	-50.92
16.31	178.4	-48.59
18.64	185.8	-46.26
20.97	193.2	-43.93
23.30	200.6	-41.60

据表 1 中极角数值,建立相应的点,然后平滑连接这些点即可得到刀背曲线,即为通过侧切面刀背线的阿基米德螺旋线极坐标方程所获取的刀背曲线。运用 catia 测试工具测得该曲线与实体模型中刀背曲线的最大距离为 1.414 mm ,小于《农业机械设计手册》旋耕机弯刀的设计允许误差 2 mm ,如图 3 所示。因此,旋耕机弯刀的刀背线可采用阿基米德螺旋线极坐标方程作为参数特征曲线方程^[3]。

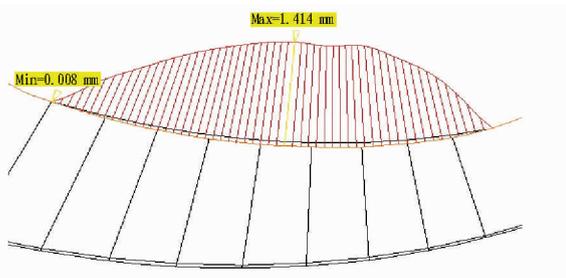


图 3 侧切面刀背线验证

2.3 正切面参数特征信息提取 旋耕机弯刀的正切面主要由正切刃、正切面刀背线和正切面端面线等组成。常见国产旋耕机弯刀正切刃由一斜置平面与圆柱面的相贯线来表示^[2-3]。正切面刀背线与正切面的位置关系,运用 catia 测量工具在实体模型上来判定^[6]。首先取正切刃中间比较平滑

一段曲线,过 2 个端点向正切刃刀背线作垂线,然后测量两垂足之间的线段与正切刃的垂直距离。如图 4 所示。

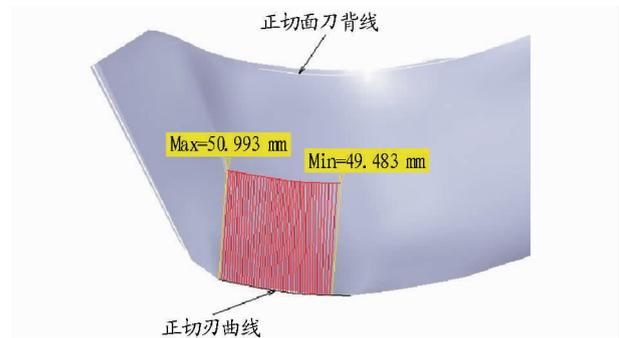


图 4 正切面刀背线特征信息的提取

由图 4 可知,最小距离 49.483 mm 、最大距离为 50.993 mm ,即可认为 2 条曲线之间的垂直距离是相等的。因此可设定旋耕机弯刀正切面的宽度参数为 $c = 50 \text{ mm}$ 。

正切面端面线 h 的特征主要包括长度及其与正切刃的角度。运用 catia 测量工具在实体模型上可直接测得端面线 h 的长度为 50.401 mm ,端面线 h 与正切刃的夹角为 124.272° 。

2.4 厚度变化参数特征信息提取 旋耕机弯刀在满足强度的条件下,为了减小功耗,通常使弯刀厚度由侧切面向正切面逐渐变薄。在 catia 软件上,通过利用测量工具对实体模型的测量,得出其变化规律是:从侧切刃的起始点厚度由 10 mm 开始逐渐变薄,到正切面端部厚度变为 4 mm ,如图 5 所示。

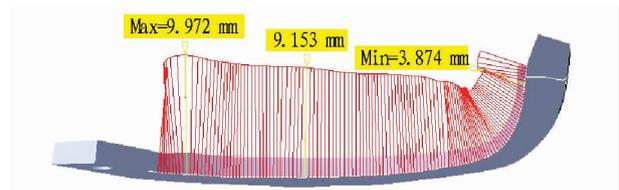


图 5 厚度变化特征信息

2.5 截面参数特征信息提取 用平行于 xz 平面的平面截旋耕机弯刀实体模型,除刀刃部分外同一截面厚度相等,如图 6 所示。

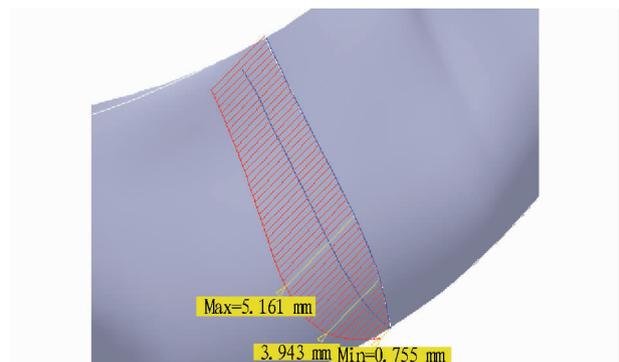


图 6 截面特征信息

3 结论

在旋耕机弯刀实体模型上建立坐标系,为参数特征信息的提取确定了基准。运用 catia 软件的知识工程和测量工具,结合旋耕机弯刀设计理论,分别从实体模型中提取了刀

(下转第 4120 页)

位分数都在 80 分以上,说明各个部位工作时的已姿态符合舒适性的要求。各关节角度数据选择如下:腕关节处 $S_1 = 175^\circ$,肘关节处 $S_2 = 160^\circ$,头颈关节处 $S_3 = 190^\circ$,肩关节处 $S_4 = 85^\circ$,腰关节处 $S_5 = 185^\circ$,髋关节处 $S_6 = 160^\circ$,膝关节处 $S_7 = 175^\circ$,脚关节处 $S_8 = 85^\circ$ 。

2.2 人体模型活动分析 人体模型活动分析模块中包括了 RULA 分析即快速上肢评价分析、举起-放下分析、推-拉分析、负载分析以及生物力学单一动作分析。首先进行快速上肢评价分析,在快速上肢评价分析中,结果根据活动数量、

静态工作、力、工作姿势以及工作频率等因素的不同在 1~7 分浮动,分数越高则姿势越需要改良。其中 1~2 分表示这种工作姿势是可以接受的姿势,不借助保护也可长时间反复地运动;3~4 分表示姿势需要更多地优化改良;5~6 分表示姿势必须尽快进行研究和改变;7 分表示姿势必须立即进行研究和改变。此次快速上肢评价结果如图 7 所示。从图 7 可以看出,头颈躯干系统处的得分为 1,手臂手腕系统得分为 2,总体得分为 2,表示在该姿势下上身各部位都处于比较舒适的状态,满足舒适度的要求。



图 5 未经优化的姿态评估结果

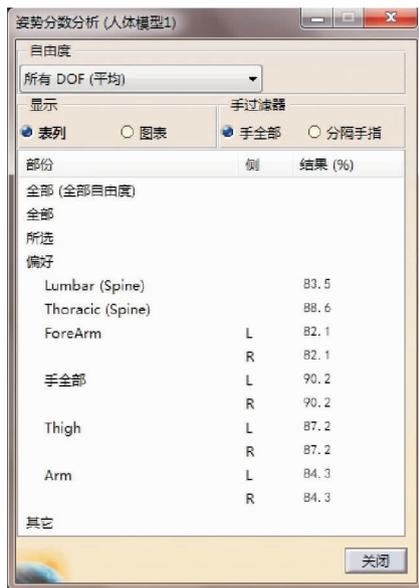


图 6 优化后的姿态评估结果

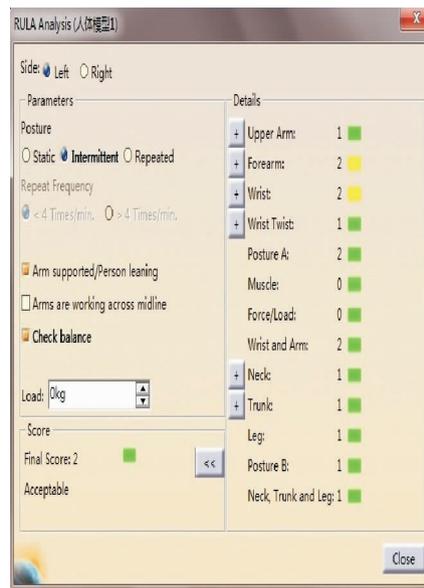


图 7 RULA 分析结果

3 结语

以园林工人进行割灌作业时的工作状态为例,通过使用 Catia V5 对其进行虚拟人体模型的建立,再利用软件中的人体姿势分析模块以及人体模型活动分析模块对园林工人进行割灌作业时的姿势进行仿真、分析、优化、再分析等操作,最终得出了园林工人在进行割灌作业时满足其舒适性的工作姿势。借助 Catia 的人机分析模块可以帮助园林工人模拟工作状态,分析工作中发生病痛以及影响工作效率的原因,这对优化园林工人工作时的姿势、提高工作效率以及对所用的工作器具的改良设计都有很大的帮助。随着工业化进程

的发展,相信人机工程学在园林工作中会起到更大更好的作用。

参考文献

- [1] 肖国兵,梁友信. 手工搬举任务的工效学评价方法[J]. 工业卫生与职业病,2003,29(2):115-118.
- [2] 张云杰,胡海龙,乔建军. CATIA V5 R20 高级应用[M]. 北京:清华大学出版社,2011:291.
- [3] 束奇,王丙刚,崔运静. 基于 CATIA 的修井机作业人机分析与优化[J]. 石油机械,2011(5):79-82.
- [4] 周美玉. 人机工程学应用[M]. 上海:上海交通大学出版社,2012:53.
- [5] 张峻霞,梅飞雪,赵俊芬. CATIA V5 人机工程学功能及应用[J]. 包装工程,2005,26(3):194-195.
- [6] 李健. 基于 CATIA 的三维参数化零件特征库的创建与使用[J]. 成都大学学报:自然科学版,2011(1):58-61.
- [7] 中国农业机械化学术研究院. 农业机械设计手册(上)[K]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [8] SALOKHE V M, RAMALINGAN N. Effects of direction of a rotary tiller on properties of Bangkok clay soil[J]. Soil&Tillage Research,2001,63:65-74.
- [9] SAIMBHII V S, WADHWA D S, GREWAL P S. Development of a rotary tiller blade using three-dimensional computer graphics available[J]. Biosyst Eng,2004,89(1):47-58.
- [10] 丁为民,王耀华,彭嵩植. 旋耕弯刀正切刀展开线的计算与模拟[J]. 农业工程学报,2003(6):104-106.

(上接第 4117 页)

柄、侧切刃、侧切面刀背线、正切刃、正切面刀背线、正切面端面线、厚度变化、截面等主要设计参数特征信息,获取了参数化方程和参数变化规律,为旋耕机弯刀参数模型的建立奠定了基础。

参考文献

- [1] 高丽红. 旋耕刀的设计及排列浅析[J]. 机械管理开发,2007(4):16-18.
- [2] 丁为民,王耀华,彭嵩植. 旋耕弯刀正切刀展开线的计算与模拟[J]. 农