

基于球 B 样条函数的烟草叶片虚拟实现

王芸芸^{1,2}, 温维亮¹, 郭新宇^{1*}, 赵国辉², 陆声链¹, 肖伯祥¹

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心/农业部农业信息技术重点开放实验室, 北京 100097;

2. 大连理工大学数学科学学院, 大连 116024)

摘要:植物三维形态的可视化模拟是数字植物研究的基础。该文综合应用球 B 样条曲线和插值 B 样条曲面实现了以脉序作为结构骨架的烟草叶片几何建模。首先利用三维数字化仪等数据获取装置获取烟草叶片脉序主要形态特征点的三维坐标和厚度, 然后利用球 B 样条曲线对脉序进行三维建模, 生成叶片的形态骨架, 与由插值样条生成的叶片曲面合成, 实现了烟草叶片的三维重建和真实感显示。结果表明, 该方法得到的烟草叶片几何模型与传统方法相比具有较高的真实感, 为植物叶片叶脉尺度的高真实感几何建模提供了新的手段。

关键词: 几何建模, 球 B 样条函数, 烟草, 叶片

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.01.037

中图分类号: TP391.72

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-01-0230-06

王芸芸, 温维亮, 郭新宇, 等. 基于球 B 样条函数的烟草叶片虚拟实现[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 230-235.

Wang Yunyun, Wen Weiliang, Guo Xinyu, et al. Virtual realization of tobacco leaves based on ball B-spline function[J].

Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 230-235. (in Chinese with English abstract)

0 引言

烟草是一种重要的经济作物, 有关烟草的可视化研究尚不多见。叶片作为烟草形态结构的重要组成部分, 对其进行叶脉尺度几何建模, 一方面, 可以通过细致的造型尺度提高烟草几何模型的真实感, 另一方面, 可以对植物体内物质传输的通道进行模拟, 为进一步的农学及生物学研究提供先进的技术手段。目前, 国内外有关植物叶片建模的方法有很多, 包括 L 系统^[1-2], 粒子系统, 基于图像的方法、基于骨架的方法、参数化建模等方法。Peyrat 等^[3]借助参数化的 2Gmap L 系统, 通过一种语法生成不同形状的叶片, 并添加颜色渲染与老化处理, 生成具有一定真实感的叶片。Rodkaew 等^[4-5]在给定的叶片形状和叶柄点的前提下用粒子系统生成叶脉; Runions 等^[6]在其基础上添加了一种生物学算法, 对叶片生长、生长激素分布和叶脉生成三者之间的相互作用进行了模拟, 生成多种逼真的叶脉纹理用于图像合成。Quan^[7]等提出了一种基于图像的植物几何建模方法, 借助不同角度拍摄的图片与三维点云, 通过分割修正数据, 重构出单个植物叶片几何模型。在骨架建模方法中, Hammel 等^[8]提出了复叶基于隐式等值面的建模方法, 用 L 系统建立骨架, 通过骨架形成隐式等值面来表示叶片轮廓; 国内一

些研究者^[9-10]用 Bezier 或样条曲线生成叶片轮廓与叶脉(骨架), 并在此基础上进行分片细分形成叶片曲面。此外, 借助叶片形态控制参数采用自由曲面造型的方法^[11-13]进行植物叶片的几何建模在农作物叶片几何建模领域中也很常见。

以上方法侧重点不同, 在植物几何建模与可视化方面各有优势。然而这些方法大多将叶片或叶脉简化成曲面或曲线, 适合用于复杂场景的渲染与绘制, 却在某种程度上与叶片实际形态结构特征存在一定差距, 不能较精细的表达植物叶片的几何模型。事实上, 植物叶片并非是一定意义上的曲面, 尤其是叶脉, 是具有粗细变化的线状柱体, 因此, 要进行叶片精细化几何建模必须进行叶脉的几何建模。

为实现烟草叶片叶脉尺度的几何建模, 本文借助球 B 样条曲线^[14-16]生成烟草叶脉, 并在此基础上进行叶片曲面的三维建模, 得到真实感较强的烟草叶片三维几何模型。

1 烟草叶片结构与数据获取

1.1 烟草叶片结构

烟草叶片是烟草形态的重要组成部分, 为无托叶的不完全叶。叶片外形各部分^[17]如图 1 所示。顶端称为叶尖, 呈钝形或渐尖形。叶缘, 呈平滑或波状。叶片宽大部分的基部称为叶基。叶基以下急速变窄部分为侧翼, 侧翼下延着生在主茎的部分为翼延, 俗称叶耳。不同叶位的叶片, 叶长、叶宽、侧翼宽各不相同。

烟草叶脉为羽状脉, 与叶片相比, 厚度明显, 切面近似圆柱体。主脉位于叶片中间, 侧脉分布两侧, 约有 9~14 对。侧脉与主脉的夹角一般在 30°~50°之间, 与叶片形状直接相关, 夹角大的叶片宽, 夹角小的叶片窄。各

收稿日期: 2010-05-13

修订日期: 2010-10-29

基金项目: 北京市自然科学基金项目(4081001); 国家“863”计划课题(2007AA10Z224); 农业科技成果转化资金项目(2009GB2A000001)

作者简介: 王芸芸(1986-), 女, 山东人, 主要研究方向为计算数学图形图像处理。大连 大连理工大学数学科学学院, 116024。

Email: wyy.9.27@163.com

*通信作者: 郭新宇(1973-), 男, 内蒙古人, 研究员, 主要研究方向: 数字植物理论技术研究。北京 国家农业信息化工程技术研究中心, 100097。

Email: guoxy@nercita.org.cn

叶脉的三维信息与叶片的空间形态密切相关，如：主脉决定叶片的弯曲度，侧脉则与叶片上的褶皱相关等。基于该思想，本文通过获取主脉与侧脉的数据来进行烟草叶片的几何建模。

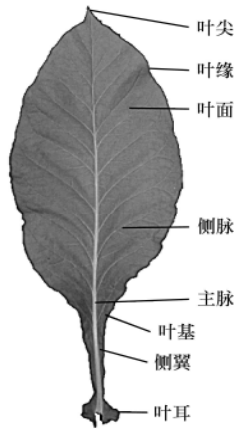


图 1 烟草叶片结构
Fig.1 Structure of the leaf

1.2 模型数据的采集

基于烟草叶脉与叶片的形态关系，对烟草叶脉数据进行获取。通过对不同植株不同叶位叶片的长、宽、侧翼宽数据的测量与分析，将侧翼宽与叶长的比值作为划分标准，按比值大小选取 3 种叶片进行数据采集。其中第一种叶片位于植株中下部，叶片宽大，侧翼窄，翼延明显；第二种叶片位于植株上部，叶片较小，侧翼较宽；第三种叶片同样位于植株上部，无明显侧翼，且叶片弯曲较大。以第一种叶片为例（图 2），获取的数据包括：标记点处的三维坐标 $P_{ij}(x, y, z)$ ，标记点处的厚度 r_{ij} ，及完整叶片的图像信息。其中，三维坐标 $P_{ij}(x, y, z)$ 采用手持式三维扫描仪 Fast-scan 获取，厚度 r_{ij} 采用游标卡尺获取。



图 2 叶片上的标记点
Fig.2 Marks on tobacco leaf

标记点按以下规则标定：

- 1) 以叶尖为基点，从上向下选取主要叶脉。
- 2) 沿侧脉从右向左依次等间距获取 7 个点，其中第 4 个点落在主叶脉上。并在叶片背面对应取点，以测量叶

脉厚度。

3) 叶尖处为一个标记点（重复点）。

若标记点排数为 N ，则 $i=1,2,\dots,N, j=1,2,\dots,7$ 。

实际上，主叶脉上的标记点位置同时也是相应侧脉的着生位置，因此主叶脉的标记点处有两个厚度值：位于主叶脉上的厚度值为 r_{i4}^1 ，侧脉着生处的厚度值为 r_{i4}^2 。另一方面由于游标卡尺不易获取细叶脉处的厚度，对于小叶片，只对主叶脉的标记点处与叶边缘处进行测量。

1.3 模型数据的处理

标记点处的三维坐标是生成体状叶脉叶片曲面的重要数据。为了检验数据的有效性，将获取的三维点按其拓扑关系进行可视化表达，对不合理的数据点进行细微调整。

对于同一侧脉上标记点处厚度的计算，将侧脉着生处厚度 r_{i4}^2 与叶边缘厚度 d 作为 2 个极值，根据等距性质，进行线性插值，得到其余标记点处的数据。即

$$\begin{aligned} r_{i1} &= d \\ r_{i2} &= (2d + r_{i4}^2) / 3 \\ r_{i3} &= (d + 2r_{i4}^2) / 3 \\ r_{i4} &= r_{i4}^2 \end{aligned}$$

根据对称性，左右侧脉对应标记点处的厚度设为相同。

2 烟草叶片的几何建模

所构造的叶片模型由 2 部分拼接而成：体状叶脉与叶片曲面。其中，体状叶脉由球 B 样条曲线生成。球 B 样条曲线是一种表示三维管状实体的方法，它可以交互式实现对植物枝干、根系，叶片，花，果实等部分体状结构的几何建模，模型表面光滑，具有真实感。相对于叶脉，实验数据显示，烟草叶面只有其平均厚度的 2.6% 左右，因此以曲面形式对烟草叶面进行几何建模。

根据叶片模型的几何构成，烟草叶片的建模分以下 3 步进行：叶脉建模，叶片曲面建模，叶片合成。

2.1 烟草叶脉的建模

烟草叶脉近似圆柱体，在几何建模时应用球 B 样条曲线表示。球 B 样条曲线以 B 样条曲线形式定义，与 B 样条曲线不同的是，球 B 样条曲线为三维管状实体，而后者为一条曲线。

2.1.1 球 B 样条曲线 (Ball B-Spline Curve, BBSC) 的性质

设 $N_{i,p}(t)$ 是 P 次以 $[u_0, u_1, \dots, u_m] = \{a, \dots, a, u_{p+1}, \dots, u_{m-p-1}, b, \dots, b\}$ 为节点矢量的 B 样条基函数， $\langle P_i; r_i \rangle$ 是以 P_i 为中心以 r_i 半径的控制球。则球 B 样条曲线定义如下

$$\begin{aligned} \langle B \rangle (t) &= \sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) \langle P_i; r_i \rangle \\ &= \left\langle \sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) P_i; \sum_{i=0}^n N_{i,p}(t) r_i \right\rangle \\ & \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad t \in [0, 1] \end{aligned}$$

由定义可以看出球 B 样条曲线由两部分组成：一部分是实体模型的骨架（3 维 B 样条曲线）

$$c(t) = \sum_{i=1}^n N_{i,p}(t) P_i$$

另一部分是实体模型的半径函数 (B 样条标量函数)

$$r(t) = \sum_{i=1}^n N_{i,p}(t) r_i$$

式中, $c(t)$ 作为实体区域的中心线, 其上的每一个点 $c(t_0)$ 都对应半径函数 $r(t)$ 上的一个值 $r(t_0)$, 以 $c(t_0)$ 为中心、以 $r(t_0)$ 为半径的球 $\langle c(t_0); r(t_0) \rangle$ 构成了实体区域的一部分, 其球面也成为实体区域表面的一部分, 如图 3 所示。

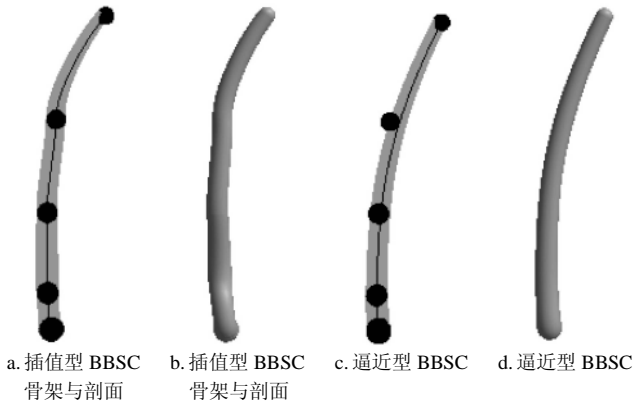


图 3 同组控制球 (黑色) 生成的插值型 BBSC 与逼近型 BBSC
Fig.3 Interpolation and Approximation of BBSC generated by the same control balls

由此可见, 球 B 样条是一种基于骨架的三维管状实体表示方法。它用 B 样条定义实体区域的骨架 (中心线) 及厚度 (半径), 表示形式精确。这为交互式建模提供了方便。一方面, 用球 B 样条进行管状物体建模时, 只需输入相应控制点的三维坐标和控制半径, 按照给定公式计算出实体表面上的点, 依次连接成网格, 便能实现模型的建立; 另一方面, 对模型进行控制, 变形等操作时, 可以直接通过改变控制点位置与半径来实现, 图 4 为应用球 B 样条进行植物变形的实例。

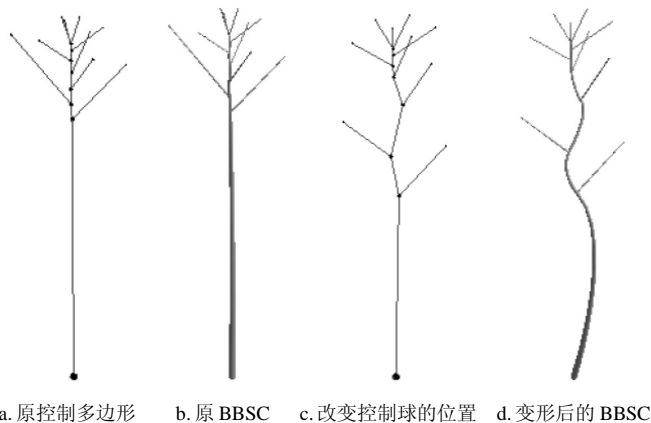


图 4 BBSC 的变形
Fig.4 Deformation of BBSC

2.1.2 基于球 B 样条曲线的叶脉建模

第 1 节中, 已获得主脉与各侧脉标记点的 3 维坐标与厚度 (控制球的信息), 接下来就将这些数据输入, 对

烟草叶脉进行体建模。

由于获取的数据是烟草叶脉上标记点的精确数据, 因此采用插值型 BBSC (自然边界条件下以弦长为参数的 3 次样条插值) 生成体状叶脉。其中, 弦长参数通过同组标记点的 3 维坐标计算得到。

建模过程中, 叶脉模型由 3 部分拼接而成: 主脉、侧脉、轮廓。在编程实现中建立一个 BBSC 的类, 包含中心线, 半径标量, 表面上的点及法向的计算等成员函数。并声明 3 个 BBSC 指针, 分别指向主脉、侧脉、轮廓。

大体流程如下:

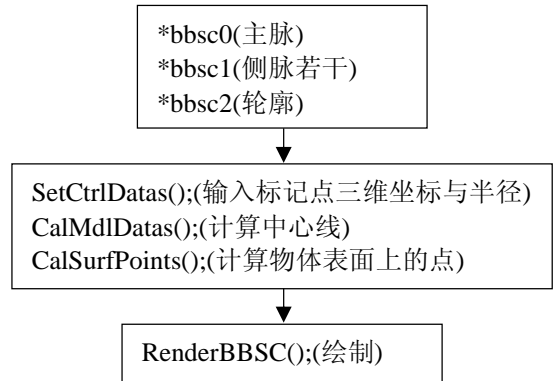


图 5 展示了一种叶脉的绘制结果。可以看出用插值型 BBSC 可以很好的表现出叶脉弯曲的空间形态。

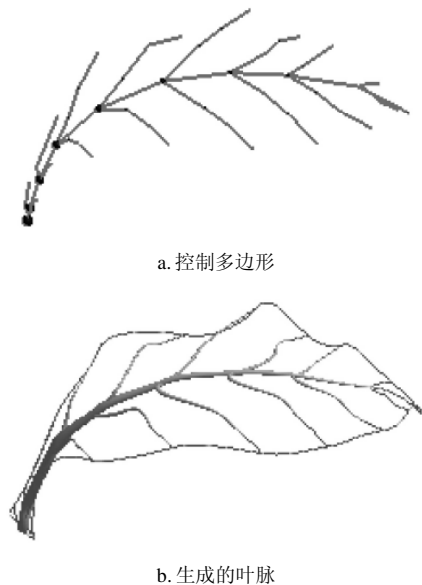


图 5 插值型 BBSC 生成的烟草叶脉
Fig.5 Veins generated by interpolating BBSC

2.2 叶片曲面的生成

烟草叶片曲面同样借助叶脉数据生成。由 1.2 节叶脉数据获取的过程可知, 叶脉上的标记点 $P_{ij}(i=1,2,\dots,N, j=1,2,\dots,7)$ 同是叶片曲面的采样点, 可作为解析曲面的特征点进行输入, 因此, 分别用 Bezier、逼近型 B 样条, 插值型 B 样条、NURBS 4 种张量积曲面生成。

Bezier 曲面表达式

$$P(u, w) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n B_{mi}(u) B_{nj}(w) P_{ij}$$

B 样条曲面表达式

$$P(u, w) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n N_{i,k}(u) N_{j,l}(w) P_{ij}$$

NURBS 曲面表达式

$$P(u, w) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n N_{i,k}(u) N_{j,l}(w) W_{ij} P_{ij}}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n N_{i,k}(u) N_{j,l}(w) W_{ij}}$$

式中, $B_{mi}(u), B_{nj}(w)$ 是 u, w 方向的 Bernstein 基函数; $N_{i,k}(u), N_{j,l}(w)$ 分别为沿 u 方向的 k 次和沿 w 方向的 l 次 B 样条基函数; P_{ij} 为控制点^[18]即叶脉标记点, $m=N, n=7$ 。

试验结果表明, 逼近型 B 样条曲面能较好的表现叶片形状与平滑效果, 这是 Bezier 曲面所无法达到的。NURBS 生成的曲面与其形态相差不大。插值型样条曲面能表现出烟草叶片的褶皱。

为了进行最终结果的比较, 在生成曲面的同时, 进行了纹理贴图。

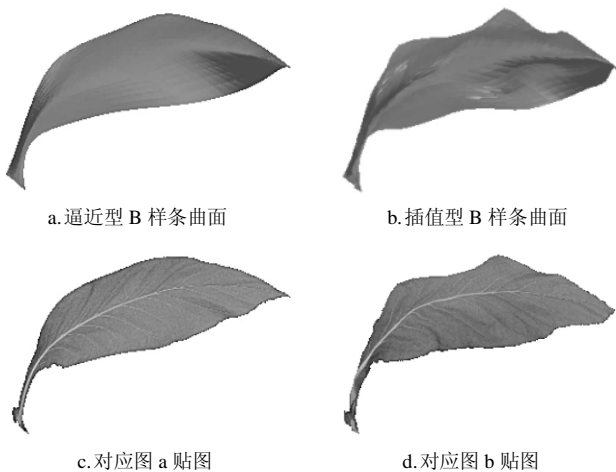


图 6 叶片曲面及贴图

Fig 6 Leaf surfaces and related texture mapping

2.3 叶片的合成

将插值型 BBSC 构造的叶脉与插值 B 样条构造的曲面进行简单拼接, 生成完整叶片模型。由于叶片曲面与叶脉是由同组控制点插值生成, 即过相同的控制点, 因此只需分别绘制两种图形就能完成合成效果, 不必进行变换操作。

与纹理贴图相比, 该方法生成的叶脉, 有明显的体状特征。合成的叶片模型真实感强, 能够模拟叶片的褶皱、凸起等形态, 而且所需数据不多, 便于获取、修改。

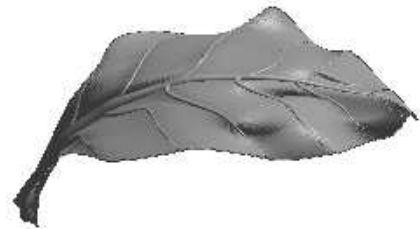


图 7 合成模型

Fig.7 Synthetical model

3 其他叶型、整株的可视化

采用同样方法, 对另外两种叶片进行几何建模。结果如图 8 所示。为进行比较, 对叶片进行了纹理贴图。

对单个叶片来说, 效果不甚明显。因此根据烟草叶片在整个株上的空间信息 (方位角, 倾斜角, 着生位置), 生成了烟草整株模型 (图 9)。其中, 相邻叶片方位角间隔在 137° 附近取随机值。可以看出, 与纹理贴图的植株模型相比, 该方法生成的各叶片模型与前者叶面积相比误差较小外, 真实感更强。

上述试验在 Windows XP 操作平台下, 采用 Visual Studio 2005 结合 OpenGL 进行代码编写, 机器配置为 CPU 2.6 Hz, 内存 2G, 显卡 NVIDIA Geforce 9500GT。输入的数据及生成的叶片模型复杂度见表 1。试验中, 叶脉与叶片曲面模型可通过调节纵横分段数实现多分辨率设置。

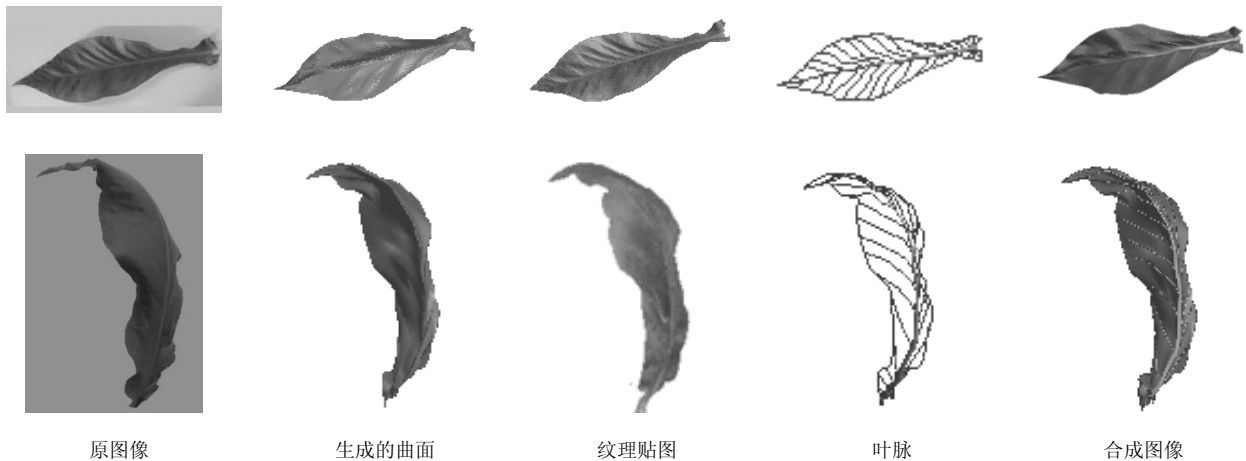


图 8 其他 2 种叶片的建模结果

Fig.8 Modeling results of other two leaves



a. 真实烟草植株



b. 纹理贴图后的植株模型



c. BBSC 生成的植株模型

图9 结果比较

Fig.9 Comparison

表1 三种叶片的模型的复杂度

Table 1 Complexity of three leaves models

叶片类型	输入数据点	叶脉点面	叶片曲面点面
叶片1	71	3 610/3 500	1 581/1 500
叶片2	120	6 130/5 950	2 666/2 550
叶片3	99	5 050/4 900	2 201/2 100

4 结论与讨论

本文综合应用球 B 样条曲线和插值样条曲面, 实现了以脉序作为结构骨架的烟草叶片几何建模。实现过程基于叶序与叶片形态的关系, 利用叶脉数据生成了整个叶片模型。根据烟草叶脉的体状特征, 通过输入叶脉控制球信息, 用插值型 BBSC 方法, 生成管状叶脉模型, 实现了对烟草主脉与侧脉的几何建模; 通过输入叶脉控制球中心的三维坐标, 应用插值型 B 样条曲面, 实现了叶片曲面的几何建模; 最后将二者整合, 得到完整模型。试验结果表明, 该方法生成的烟草叶片三维模型有较高的真实感, 具有褶皱、凸起等形态, 能充分地体现叶片细节特征, 且所需数据只要叶脉控制点三维坐标与相应厚度即可。由于多数植物叶片的三维形态与脉序息息相关, 这种综合方法的探讨与应用为其他植物叶片的虚拟实现提供良好借鉴。通过改变模型的控制球数据, 该方法可以应用于植物交互式几何建模, 实现变形等方面的操作。进一步, 在得到了叶脉的体几何模型后, 可以在此基础上实现尺度更细的叶片部分的三维展示, 如维管束等通道的建模, 植物体内物质传输过程的模拟等。

本方法在如下两方面仍有待改进: 一方面, 只实现了烟草叶片的静态几何模型, 尚无法与描述整个叶片生长与形态的生长模型相关联, 在与农业知识结合方面仍有待加强。由于在不同条件下不同叶位处的叶片数据(叶脉采样点的三维坐标和相应厚度)差异较大, 因此, 在建立叶片动态生长模型时需要分析大量相关数据, 例如, 单个和整株叶片主要叶脉曲率、厚度变化等, 通过线性

拟合, 建立以时间为变化量的对应数学模型, 最终转化为模型数据。另一方面, 该方法对于脉序特征不明显及叶脉厚度较小的植物叶片几何建模有一定的局限性, 方法只对烟草叶片进行了试验, 对于叶形非常不同的叶片如梧桐叶、棉花叶等, 虽然方法理论上可行, 但是否适用、如何改进是需要进一步试验的。因此, 下一步工作一方面是将该方法与参数化建模或 L 系统相结合, 实现烟草叶片的交互设计及烟草植株的动态生长模拟; 另一方面需要开展对其他叶片的几何建模试验并对方法进行完善。

[参 考 文 献]

- [1] Prusinkiewicz P, Lindenmayer A. The algorithmic beauty of plants[M]. New York, Berlin: Springer Verlag, 1991.
- [2] Terraz O, Guimberteau G, Méryllou S, et al. 3Gmap L-systems: an application to the modeling of wood[J]. The Visual Computer, 2009, 25(2): 165—180.
- [3] Peyrat A, Terraz O, Merillou S, et al. Generating vast varieties of realistic leaves with parametric 2Gmap L-systems [J]. The Visual Computer, 2008, 24(7/8/9): 807—816.
- [4] Rodkaew Y, Chongstitvatana P, Siripant S, et al. Modeling plant leaves in marble-patterned colours with particle transportation system[C]//Proceedings of the 4th International Workshop on Functional-Structural Plant Models. Montpellier, France, 2004: 391—397.
- [5] Rodkaew Y, Siripant S, Lursinsap C, et al. An algorithm for generating vein images for realistic modeling of a leaf[C] // Proceedings of Computational Mathematics and Modeling. Bangkok, Thailand, 2002.
- [6] Runions A, Fuhrer M, Lane B, et al. Modeling and visualization of leaf venation patterns[J]. ACM Transactions on Graphics, 2005, 24(3): 702—711.
- [7] Quan L, Tan P, Zeng G, et al. Image-based plant modeling[J]. ACM Transactions on Graphics, 2006, 25(3): 599—604.
- [8] Hammel M S, Prusinkiewicz P, Wyvill B, et al. Modeling compound leaves using implicit contours[C]//Proceedings of

- the 10th International Conference of the Computer Graphics Society on Visual computing: integrating computer graphics with computer vision. 1992: 199—212.
- [9] 马珍杰, 姜昱明. 法国梧桐树叶片仿真[J]. 计算机仿真, 2009, 26(2): 221—224.
Ma Zhenjie, Jiang Yuming. Chinar leaf simulation[J]. Computer Simulation, 2009, 26(2): 221—224.
- [10] 陆声链, 郭新宇, 李长峰. 3维植物叶片精确建模和绘制技术研究[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(4): 731—737.
Lu Shenglian, Guo Xinyu, Li Changfeng. Research on techniques for accurate modeling and rendering 3D plant leaf[J]. Journal of Image and Graphic, 2009, 14(4): 731—737.
- [11] 刘晓东, 罗轶先, 郭新宇, 等. 基于NURB曲面的玉米叶生长过程中的形态建模[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(14): 201—204.
Liu Xiaodong, Luo Yixian, Guo Xinyu, et al. The modeling of maize leaf during the growing process based on NURBS[J]. Computer Engineering and Application, 2004, 40(14): 201—204.
- [12] 刘晓东, 曹云飞, 刘国荣, 等. 基于NURBS 曲面的水稻叶形态建模[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(9): 117—124.
Liu Xiaodong, Cao Yunfei, Liu Guorong, et al. The modeling of rice leaf based on NURBS[J]. Microelectronics and Computer, 2004, 21(9): 117—124.
- [13] 伍艳莲, 曹卫星, 汤亮, 等. 基于OpenGL 的小麦形态可视化技术[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 121—126.
Wu Yanlian, Cao Weixing, Tang Liang, et al. OpenGL-based visual technology for wheat morphology[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(1): 121—126.
- [14] Wu Z, Zhou M, Wang X. Interactive modeling of 3D tree with ball B-spline curves[J]. The International Journal of Virtual Reality, 2009, 8(2): 101—107.
- [15] Wu Z, Seah H S, Zhou M. Skeleton based parametric solid models: ball B-spline curves[C]//Proceedings of 10th IEEE International Conference on Computer-Aided Design and Computer Graphics. Beijing, 2007: 421—424.
- [16] Wu Z, Zhou M, Wang X, et al. An interactive system of modeling trees with ball B-spline Curves[C]//The Second International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications (PMA06). Beijing, 2006.
- [17] 郭月清. 烤烟栽培技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1992.
- [18] 朱心雄. 自由曲线曲面造型技术[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

Virtual realization of tobacco leaves based on ball B-spline function

Wang Yunyun^{1,2}, Wen Weiliang¹, Guo Xinyu^{1*}, Zhao Guohui², Lu Shenglian¹, Xiao Boxiang¹

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture/Key Laboratory for Information Technology in Agriculture, Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China;

2. Dalian University of Technology School of Mathematical Sciences, Dalian 116024, China)

Abstract: Reconstruction of three-dimensional plant morphological structure is the basis for digital plant research. In this paper, ball B-spline curve and interpolation of B-spline surface were combined to realize geometric modeling of tobacco leaves with venation skeleton structure. In modeling process, 3D scanner and other measurement tools were firstly used to get 3D coordinates and thickness of veins according to principal morphological structure of tobacco leaves. And then veins models were generated with ball B-spline curve to get the morphological skeleton, through synthesis with leaves surface which was described with interpolation of B-spline surface. The final models were completed to realize 3D reconstruction and reality exhibition of tobacco leaves. The results show that the leaves models generated by this method are more realistic, and the method can provide a new technique for explicit modeling of plant leaves.

Key words: geometric modeling, ball B-spline function, tobacco, leaves