

三维编织物的计算机仿真系统研制

王君泽 曹红蓓

(南通工学院,南通,226007)

摘要:介绍三维编织物计算机仿真系统的结构和主要功能。以四步法矩形三维编织物为例,研究实现三维编织物计算机动画仿真的方法。给出了各种编织结构和编织工艺的三维编织物计算机仿真实例。

关键词:三维编织物 计算机仿真 四步法编织 纺织复合材料 动画

中图分类号:TS 105.4 文献标识码:A 文章编号:0253-9721(2004)04-0106-02

三维整体编织技术已成为制造复合材料预制件的一种主要技术,广泛应用于航天、航空、化工、交通、医疗等领域。而作为三维整体编织首要任务的工艺设计则是一项较为复杂的工作,它涉及到成千上万根纤维束的运动和交织情况。利用计算机仿真技术模拟三维编织物的编织工艺过程,对优化工艺过程、缩短设计周期、提高设计质量有着十分重要的意义。国内外学者在三维编织物的计算机仿真方面已经做了许多工作,文献[1,2]介绍了矩形截面和矩形组合截面三维编织物的计算机模拟纱线运动的方法,但模拟仅局限于矩形截面编织物的二维平面运动;文献[3~5]介绍了构造矩形截面三维编织物立体模型的方法,较好地表达了三维编织物的空间交织情况,但显示的仅是三维的静态图像。针对三维编织物计算机仿真技术的发展现状,开发了三维编织物计算机仿真系统。该系统不仅可模拟矩形或矩形组合截面的三维编织物的编织工艺过程,而且可模拟管状三维编织物的编织工艺过程;不仅可模拟四步法编织工艺,而且可模拟二步法编织工艺。系统利用计算机三维动画技术,动态地模拟各种结构的编织物、不同编织工艺的编织过程,为三维编织物的设计、制造提供了一个有力的仿真平台。

1 系统结构

系统采用层次化、模块化、结构化的设计方法,各编织物设计模块和动画仿真模块之间依靠数据文件传递信息,系统结构见图 1。本文以四步法矩形截面三维编织物的计算机仿真为例。

2 实现方法及实例

2.1 三维编织物几何数据的确定

四步法就是纱线在一个运动循环中分为四步。首先,纱线按所要求的织物横截面形状排列成行与列,形成基本阵列。为简洁起见,图 2 以基本阵列为

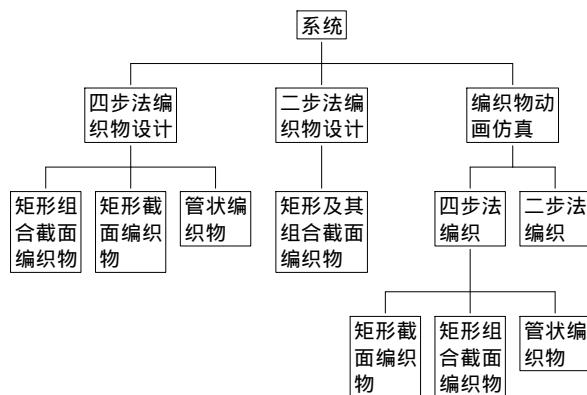
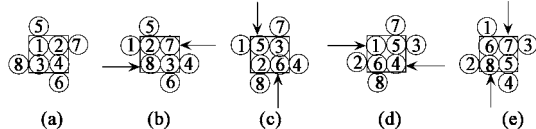


图 1 系统结构

2 行 2 列,纱线每一步只移动一个纱线位置的矩形截面编织物为例,说明四步法编织工艺的原理及计算机模拟方法。在基本阵列外再布置附加行、列,在附加行列中,纱线间隔一个位置排列,如图 2(a)所示附加行列中只有一根纱线。图 2(b~e)分别为四步法编织运动中纱线的位置,四步形成一个循环。一个循环后,所有的纱线都回到原来有一根纱线所占领的位置。这样不断循环,再加上打紧和织物输出运动,就可完成编织过程。



(a) 一原始排列;(b) 一第一步;(c) 一第二步
(d) 一第三步;(e) 一第四步

图 2 四步法编织过程的纱线运动示意图

取编织物基本阵列的行方向为 x 轴方向,列方向为 y 轴方向,取 z 坐标为编织运动循环数,也可理解为编织物高度方向坐标^[6]。对于 2×2 矩形编

织物,经过4个运动循环(16步)后,所有纱线都回到原来的位置。根据纱线在 xy 坐标面内的运动轨迹,再考虑每个运动循环后每根纱线沿三维编织的高度方向(z 方向)移动一个节距 h ,就可确定每根纱线在空间的形状和位置的有关数据。

2.2 三维编织物动画仿真的实现

根据上述编织物纱线空间形状和位置数据的确定方法,用 VB 6.0 开发了三维编织物空间形状和位置数据的设计计算程序,通过 VB 设计的系统界面,交互地输入三维编织物动画仿真的有关已知参数,程序根据已知参数计算出纱线的空间形状和位置数据,并将这些数据写入数据文件。再以 3DS MAX 为三维动画仿真平台,用 3DS MAX Script 语言作为动画仿真的编程工具,实现了三维编织物的计算机动画仿真。

3DS MAX 是功能强大的三维动画设计软件,它除了一般的交互操作方式外,还提供了编程开发工具,3DS MAX Script 语言就是其中之一。为了实现纱线的三维动态仿真,首先根据输入的纱线直径以圆形截面的三维实体模型模拟纱线,再借助 3DS MAX Script 语言的文件操作语句,读取上述数据文件中纱线的空间形状和位置的有关数据,调用 3DS MAX 的“skew”等命令实现纱线实体模型的变形动画,从而实现三维编织物的计算机动画仿真。图 3 为用 VB 编写的三维编织物设计和动画仿真界面,

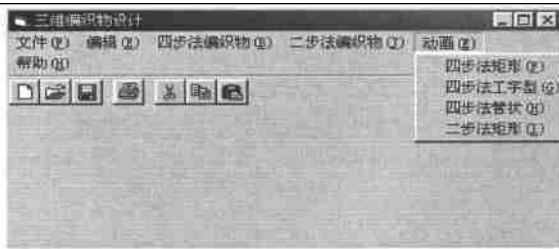


图 3 三维编织物设计和仿真界面

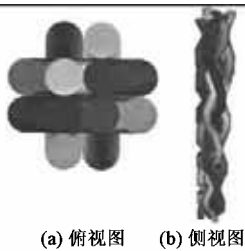


图 4 2×2 矩形编织物

在界面中选择编织工艺,输入已知参数,即可生成三维编织物动画仿真所需的各纱线的形状和位置数据,并调用 3DS MAX Script 程序实现编织物的动画仿真。图 4 为 2×2 矩形编织物动画仿真中的一帧,图 4 (a) 为俯视图,图 4 (b) 为侧视图。由图 4 可见,仿真的编织物整体是紧密的,各纱线间既无互相侵入,也

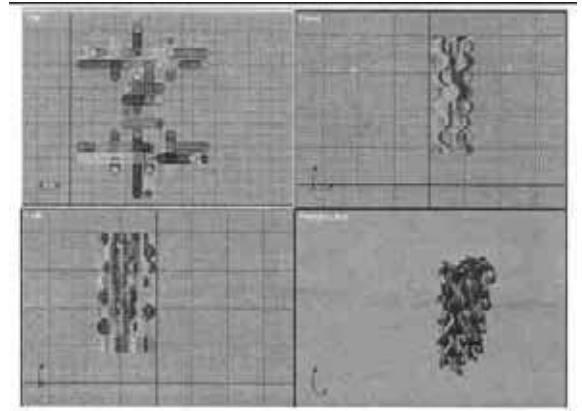


图 5 工字型编织物的 4 个视图

无较大间隙。这说明所建立的仿真模型与三维编织物的实际几何结构相一致。

按照与 2×2 矩形编织物计算机动画仿真相似的方法,还实现了其它织物结构和编织方法的三维编织物的计算机动画仿真。图 5 是工字形截面三维编织物的动画仿真。图 6 是 3×18 管状编织物的动画仿真。



图 6 3×18 管状编织物

3 结束语

三维编织物的计算机动画仿真真实地再现了复杂的编织过程和纱线空间的交织情况与规律,使得在编织物织造前就可动态地观察到编织物的形成过程和空间结构,对提高编织物的设计与制造效率和质量具有较好的现实意义。系统提供了参数化的设计方法,涵盖了流行的典型编织工艺和编织物结构,为三维编织物的设计与制造提供了一个有力的动态仿真平台。

参 考 文 献

- 1 李泽宏等. 矩形及其组合横截面立体编织物四步法编织纱线运动模拟. 东华大学学报(自然科学版), 2002(2): 71 ~ 76.
- 2 鄢素敏等. 任意矩形组合截面二步法三维编织的纱线布置规律及其计算机辅助设计. 玻璃钢/复合材料, 2003(1): 27 ~ 29.
- 3 Taiyi Liao et al. 3D Structural Simulation of Tubular Braided Fabrics for Net-shape Composites. Textile Research Journal, 2000(2): 297 ~ 303.
- 4 成玲. 三维编织物的计算机模拟技术. 天津工业大学学报, 2002(2): 26 ~ 29.
- 5 吴辉辉等. EUCLID3 软件在三维编织物 CAD 上的二次开发. 天津纺织工学院学报, 1998(2): 27 ~ 31.
- 6 道德银等. 立体编织物与复合材料. 上海: 中国纺织大学出版社, 1998: 62 ~ 79.