

虚拟现实技术在三维编织物设计及仿真中的应用

张小萍 王君泽

(南通大学,南通 226007)

文 摘 以四步法三维管状编织物为例,讨论了虚拟现实技术在三维编织物仿真设计中应用的关键技术问题;该方法的使用,使得用户在织造前就可在虚拟环境中自由缩放、移动、旋转织物模型,清楚地了解纱线的编织运动过程,并使编织工艺设计的网络化成为可能。

关键词 三维编织物,虚拟现实,仿真,虚拟现实构造语言

Application of Virtual Reality Technology to Design and Simulation of 3D Braided Fabrics

Zhang Xiaoping Wang Junze

(Nantong University, Nantong 226007)

Abstract With an example of 3D tubular braided fabrics, the key technical problems in application of virtual reality technology to the simulation design of 3D braided fabrics are discussed. Before braiding, the models of braided fabrics can be scaled, moved and rotated freely in virtual environment, the braiding movements of yarns can be observed clearly, and the braiding process design in network becomes possible.

Key words 3D braided fabrics, Virtual reality, Simulation, Virtual reality modeling language

1 引言

编织工艺设计是三维整体编织技术中最为首要、复杂的任务之一。由于复杂的纱线交织结构和预制件外形的变化,使得利用计算机仿真技术模拟三维编织过程及优化设计工作具有十分重要的现实意义。文献[1~3]介绍了矩形截面三维编织物立体模型的构造方法,较好地表达了三维编织物的空间交织情况,但仅能在单机上显示静态的织物三维图像。文献[4]对纱线模型、编织过程用三维动画制作软件 3DS Max 实现了三维动画仿真,但集成后的仿真系统所占空间庞大,难以在网上发布后远程访问。当前日臻成熟的虚拟现实技术为三维编织物的仿真设计提供了新的手段。本文利用虚拟现实构

造语言 (Virtual Reality Modeling Language, VRML) 结合 VB 程序构建简单、友好的三维编织物仿真设计系统。用 IE 浏览时,通过 VRML 相关的浏览器插件,可在虚拟环境中自由缩放、移动、旋转织物模型,清楚地了解纱线的编织运动过程,并使编织工艺设计的网络化成为可能。

2 三维编织物虚拟设计的实现方法

2.1 纱线 VRML 模型的构建

在编织过程中,纱线总是沿着一定的轨迹运动,且其运动轨迹为一周期性的空间曲线。VRML 语言^[5]是一种与互联网相结合用来描述三维交互世界的程序语言,它提供了 50 多种节点为三维物体的建立、三维虚拟场景的组合、动态场景的生成等提供

收稿日期:2005-04-14;修回日期:2005-06-13

基金项目:江苏省教育厅自然科学基金项目(01KJB130001)

作者简介:张小萍,1973年出生,硕士,主要从事计算机图形学及 CAD、虚拟现实技术及应用方面的研究工作

了强有力的手段。虚拟现实造型时,纱线可用圆形截面沿纱线运动路径进行拉伸处理,这可用 VRML 中的 Extrusion 节点实现,Extrusion 节点的基本格式如下:

```
Extrusion {
  crossSection [  $x_a z_a, x_b z_b \dots$  ]
  spine [  $x_1 y_1 z_1, x_2 y_2 z_2, \dots$  ]
  scale [  $s_{xa} s_{za} \dots$  ]
  solid [ TRUE ]
}
```

其中 crossSection 域指定了一系列二维坐标,它定义了垂直于放样路径的横截面轮廓,第一个值是横截面轮廓上某点的 x 坐标,第二个值是其 z 坐标; spine 域给出了一系列三维坐标,用以定义放样路径上与横截面位置对应的点的坐标,即纱线运动路径上各点的坐标; scale 域指定了一系列放样图形比例因数对,它们被用于定义路径上某点处的 x 方向和 z 方向的缩放比例,可根据纱线半径的真实大小来确定; solid 域的值为 TRUE 或 FALSE,用来定义放样结果是否为实体造型; Extrusion 节点的其它字段因与纱线的造型关系不大,在此不再赘述。

在三维编织物中,纱线根据其运动轨迹可分成若干组,每一组纱线的运动轨迹相同,只是依次相差一个相位。在构建三维编织物静态模型时,只需用 Extrusion 节点描述每组纱线中的一根,而该组中其余纱线则可通过 Transform 节点重复调用 Extrusion 节点定义的纱线模型来构建,其相位之差可通过 Translation 字段来控制。这样,编织物的 VRML 模型文件将缩小,更加有利于网络传输和实时浏览。

2.2 编织过程的动画仿真

VRML 的动画效果实质是依靠一个给定的时间传感器和一系列各种各样的插补器节点(如 CoordinateInterpolator)实现的关键帧动画。其基本原理是时间传感器给出一个控制动画的时钟,这个时钟包含了关键帧动画的开始时间、停止时间、时间间隔和是否循环等动画控制参数,然后通过这个时钟的输出,在虚拟场景中驱动各种插补器节点。

在编织过程中纱线是沿着一定的空间曲线不断运动的,因此可用坐标变换的动态节点 CoordinateInterpolator 来描述纱线的动态过程。CoordinateInterpolator 节点中 Key 字段定义了一连串的时

间值,每一个值都代表全部动态时间中的一个片段时间,其值皆在 0~1 之间。KeyValue 字段则定义了一连串的数组三维位置坐标值。可以通过改变节点中此类型字段的字段值,如 Extrusion 节点的 Spine 字段的值,配合 TimeSensor 节点即可将纱线的静态虚拟对象变成动态虚拟对象,更形象地对编织过程进行仿真。TimeSensor 节点和 CoordinateInterpolator 节点的基本格式如下:

```
TimeSensor {
  CycleInterval T
  Loop TRUE
}
```

其中 T 为动画的周期时间长度,单位为秒。

```
CoordinateInterpolator {
  Key [ 0.0, 0.2, ..., 1.0 ]
  KeyValue [  $x_1 y_1 z_1, x_2 y_2 z_2, \dots, x_n y_n z_n$  ]
}
```

其中 Key 字段有几个片段时间,KeyValue 字段中就有几组坐标值与之对应。

要实现编织过程的动态仿真,具体设计步骤如下:(1)定义纱线的造型节点;(2)利用时间传感器节点设计动画的触发事件;(3)设计插补器节点的关键帧值;(4)创建路由。通过此种方式进行仿真编程简单、直观,能够真实再现纱线的运动过程。由于 VRML 模型可方便地通过网络传递,因此可将编织物设计方案和编织工艺三维动画仿真通过 Internet 在设计单位、用户单位和制作单位三者之间进行交流,及时提出修改意见,缩短产品的开发周期。

3 设计实例

在三维编织方法中,四步法和二步法代表了该领域的主流。编织物按其横截面形状则可分为矩形及矩形组合形状与圆形两大类。本文以四步法圆形管状编织物为例,讨论虚拟现实技术在三维编织物设计及仿真中的应用。

3.1 三维管状编织物的四步编织法

在三维圆形编织中,纱线首先按照立体织物的横截面尺寸沿周向和径向排成主体纱阵, m 为层数, n 为列数,附加纱线则间隔排列在主体纱阵的外围,如图 1(a)所示。纱线在载纱器的带动下完成编织运动。第一步,相邻列的纱线以相反的方向在径向

移动一个纱线的位置,见图 1(b);第二步,在主体纱阵内相邻层的纱线以相反的方向在周向移动一个纱线的位置,见图 1(c);第三步与第一步的运动方向相反;第四步与第二步的运动方向相反,分别见图 1

(d)、(e)。经过四步运动后纱线又回到了原来的分布状态,此为一个编织循环。不断重复上述运动,纱线将相互交织而形成一定长度的预制件。

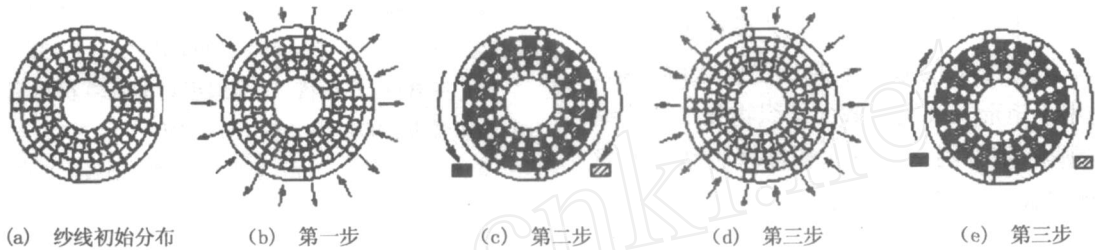


图 1 三维管状编织物的四步编织法

Fig 1 Four-step braiding of 3D tubular fabrics

3.2 纱线的运动规律分析

图 2所示为 3 × 18管状编织物纱线在横截面内的运动轨迹。纱线总数为 72根,被分成了 6组,图中每一条路线代表了一组纱线以及它们的位置。任何一根纱线从某位置出发到第一次回到其原来位置,称为纱线运动的一个大周期。

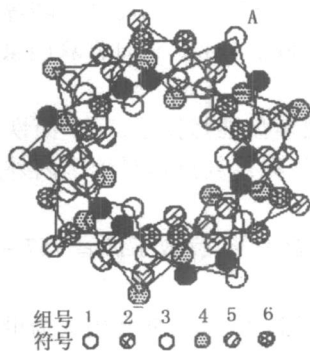
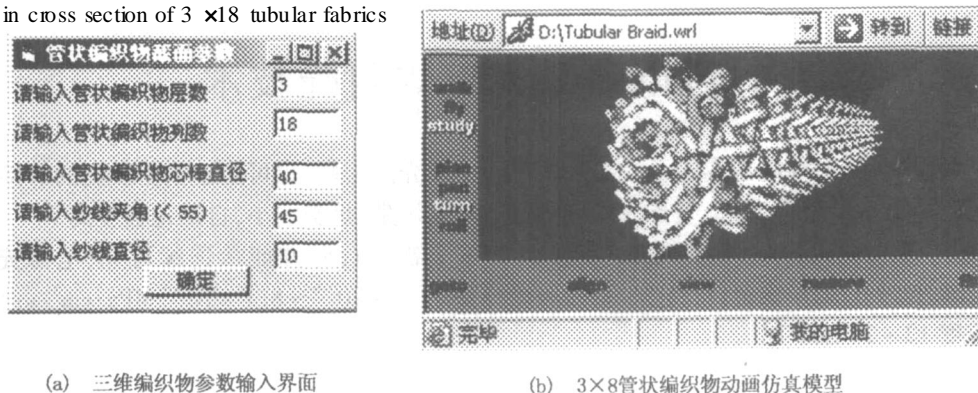


图 2 3 × 18管状编织物纱线在横截面内的运动轨迹

Fig 2 Braiding movement track of the yams in cross section of 3 × 18 tubular fabrics

如图 2所示,某纱线从 A 点出发,经过了 $2m$ 和 n 的最小公倍数即 18 个周向纱线位置又回到了 A 点,其间有 12 个纱线编织循环,记为 M_0 。

为便于分析和编程,我们可将纱线在编织运动中各点的位置用极坐标 $(i, t), (i, t), z(i, t)$ 表示,其中 i 为纱线序号, t 为时间参数,也可理解为运动序号。纱线每运动一步,其 (i, t) 、 (i, t) 坐标值就会发生如图 1 的变化,其 $z(i, t)$ 坐标值就会增加 $1/4$ 个编织节长。当纱线经过 M_0 个编织循环 (即 $4 \times M_0$ 步运动) 又回到原来的位置。 t 依次取 $0, 1, 2, \dots, 4M_0$ 值,即可获得纱线在一个大周期运动过程中各空间位置点的坐标。再用三次均匀 B 样条曲线对纱线的各空间位置点进行拟合,即可得到纱线的空间形态。程序中采用参数化设计的方法,用户只需在 VB 程序设计的界面中输入相应的参数,如纱线层数、列数、纱线直径、纱线倾角等,即可获得编织物的三维静态和动态仿真模型 (图 3)。



(a) 三维编织物参数输入界面

(b) 3 × 8管状编织物动画仿真模型

图 3 管状编织物仿真设计

Fig 3 Simulation design of tubular braided fabrics

4 结论

基于 VRML 的三维编织物三维模型的建立及其动画仿真的实现,通过计算机网络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,对将虚拟现实技术应用于三维编织工艺设计进行了有益的尝试。该方法不仅适用于四步法管状编织物,同样也适用于矩形及其组合截面编织物和二步法编织。可以预见,随着网络的发达和计算机硬件的发展,虚拟现实技术在该领域内的应用将会更深、更广。

参考文献

1 Tian Yi Liao et al 3D Structural simulation of tubular

braided fabrics for net - shape composites Textile Research Journal, 2000; 70 (2): 297 ~ 303.

2 成玲. 三维编织物的计算机模拟技术. 天津工业大学学报, 2002; 21 (2): 26 ~ 29

3 吴辉辉等. EUCL D3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; 17 (2): 27 ~ 31

4 王君泽, 曹红蓓. 三维编织物的计算机仿真系统研制. 纺织学报, 2004; 25 (4): 106 ~ 107

5 严子翔等. VRML虚拟现实网页语言. 北京:清华大学出版社, 2001

(编辑 任涛)

自主知识产权的刹车盘及其维修技术

本成果具有自主知识产权的波音 757 - 200型飞机碳刹车盘,近期圆满完成了功能性着陆等多项飞行试验。结果表明,本刹车盘与原装机碳刹车盘性能相同,飞行员在刹车中感觉正常。近日喜获国家民航总局的认证,该成果获得大型民用客机碳刹车盘生产许可证。

本成果在国际上首次提出和应用的“粘接”、“整体粘接”飞机碳刹车盘维修技术,对全面恢复和提高旧碳刹车盘的各项指标、提高安全系数和可修复率具有十分重要价值。该项修复技术受到国内外用户的广泛好评,成为“国家火炬项目”。

本成果经过 1 012次飞机起落,经历了雨、雾等不同气候条件的综合考核,完成了波音 757 - 200型飞机的装机使用。

本成果研制成功,结束了碳制刹车盘由英、美、法等发达国家拥有的技术垄断,使我国成为世界上第四个能生产大型民用客机碳刹车盘的国家,实现了飞机刹车盘国产化的跨越式发展。

(陕西非金属材料工艺研究所,西安 172信箱 710000)

密封继电器激光熔焊封壳技术

本成果主要应用于密封继电器或电子元器件制造业中罩壳的密封,也可用于精密装配的焊接。

该工艺的基本特点是:熔焊密封,气密性高,不需焊料,无污染,热影响小,自动化程度高。

本成果研制的激光焊机:单次脉冲输出能量 12 J (1.2次/s),脉冲能量连续可调;电源充电精度 < 0.5%;连续工作时间 4 h,工作稳定。工艺性能:焊缝泄漏率 $1.5 \times 10^{-8} \sim 8 \times 10^{-9}$ MPa·cm³/s;封壳合格率 90%;封焊速度 12 ~ 24 mm/min。

本成果曾获部科技进步三等奖。

(国营朝晖电器厂,贵州省遵义市 563123)

·李连清·