

# 基于 OpenGL 的纬编针织物三维仿真真实感的研究

王少俊, 包晓敏

(浙江理工大学信息学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 根据纱线结构形态特征,采用圆柱体结构来模拟纱线。借助 NURBS 曲线的可控性,建立纬编针织物三维线圈结构模型。利用 Visual C++ 和 OpenGL 开发工具模拟仿真纬编针织物线圈结构,同时对线圈模型进行光照、材质、纹理结构的处理,开发仿真程序,实现了纬编针织物的三维仿真。由得到的效果图可以看出,OpenGL 仿真结果与实际线圈结构十分相似,具有良好的真实感。

**关键词:** 纱线; 纬编针织物; OpenGL; NURBS; 光照; 纹理

**中图分类号:** TS186.1      **文献标识码:** A

## 0 引 言

针织是利用织针将纱线弯曲成圈,并使之相互串套而形成织物的一门工艺技术,按其编织方法的不同,可将这门工艺技术分为纬编和经编两大类<sup>[1]</sup>。目前我国的纬编针织产品与国外先进水平相比差距较大,其中相当重要的原因是由于我们没有真实模拟纬编针织物的软件,延长了织物的开发时间。因此国内很多专家学者,对其进行了研究,并取得了一定的成就。作为织物 CAD 的重要组成部分,织物外观仿真技术得到了足够的重视和研究,形成了一些相对比较成熟的模拟方法。其中,基于织物几何结构和光照模型的织物外观模拟法能准确地描述织物中纱线的空间结构,得到较逼真的三维立体的模拟效果,但是其建立数学模型难度较大,运算量大,模拟速度较慢<sup>[2]</sup>。在对纱线进行结构模拟中,纱线的直径成为控制纱线的一个重要条件,本文采用可调节宽度的样条曲线来模拟纱线,并在非均匀有理 B 样条(NURBS)曲线纬编针织物线圈结构模型的基础上,借助于 VC++ 和 OpenGL 开发工具,真实地反应出结构可控的线圈模型,并把光照、材质因素和纹理,引入到纬编织物的三维结构模型中,可以明

显地体现线圈结构之间的嵌套关系,达到了三维立体的效果。

## 1 纱线结构模拟

纱线在织物中,由于受到相互间的作用力,其截面发生了变化。研究针织物结构首先要分析纱线截面形态的变化,建立纱线截面模型。纱线截面模型的研究随着织物结构研究的深入而不断完善,已有的模型主要有:Peirce 及其衍生纱线模型和超椭圆形模型<sup>[3]</sup>。如图 1 所示为 Peirce 及其衍生纱线截面模型,图 2 为超椭圆形纱线截面模型。

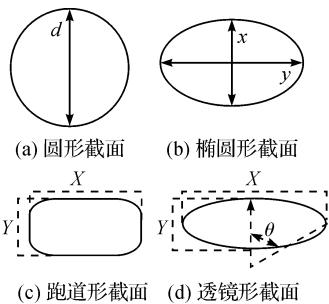


图 1 Peirce 模型及其衍生模型纱线截面模型形状

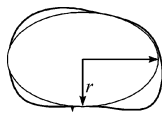


图 2 超椭圆形模型截面图

由于针织物线圈结构比较复杂,影响线圈结构的因

素很多,本文为了降低线圈结构建模的复杂程度,假定纱线是截面直径为  $d$  的圆柱体结构。NURBS 具有直观、局部修改、连续、光顺、保凸、磨光、结构可控等性质,有良好的逼近性,因此可利用 NURBS 曲线来建立针织物的线圈结构模型。

2 线圈结构的 NURBS 曲线模型

以往纬编针织物模型,是采用 Peirce 模型、Bezier 曲线或者是利用 B 样条曲线来构建的。Peirce 纬编线圈是非常经典的线圈模型,其假设纱线在织物中处于完全理想状态,既不拉伸也不受压,纱线截面呈均匀一致的圆形,但是形态单一;Bezier 曲线不能体现线圈的局部特性;B 样条曲线,不能体现出曲线的局部特性<sup>[4]</sup>。针对这些不足,蒙冉菊等<sup>[5]</sup>利用非均匀有理 B 样条(NURBS)曲线进行线圈单元模型的数学建模,达到了能够真实反应线圈的效果。

本文根据此线圈结构模型,利用 OpenGL 中 gl库<sup>[6]</sup>提供的 NURBS 曲线绘制程序,绘制出了 NURBS 样条曲线纬编针织物线圈结构模型。其单个纬编针织物线圈模型如下图 3 所示,(a)为正面的单个线圈模型,(b)为线圈旋转 45°, (c)为线圈旋转 90°。图 3 线圈中黑色的点为线圈单元模型所给出的数据点,从图 3 中可以看出,所绘制出的模型均经过数据点。

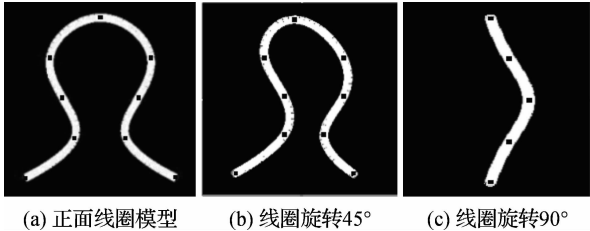


图 3 单个纬编针织物线圈模型

图 4 为用此方法绘制的平纹织物线圈模型。

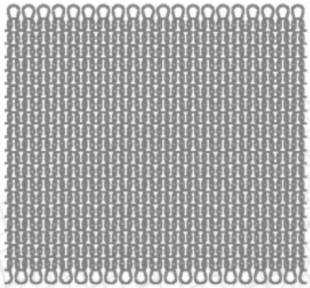


图 4 平纹组织

3 基于 OpenGL 的线圈结构仿真

3.1 OpenGL 简介

OpenGL(open graphics library)是定义了一个跨编程语言、跨平台的编程接口的规格,它用于三维

图象(二维的亦可)。OpenGL 是个专业的图形程序接口,是一个功能强大,调用方便的底层图形库。OpenGL 具有建模、变换、颜色模式设置、光照和材质设置、纹理映射、双缓存动画、位图显示和图像增强功能。运用这些功能,可以方便地绘制出所需的图形。在对纬编针织物三维仿真真实感的研究中,光照、材质因素和纹理对纱线的外观影响大。

3.2 光照、材质因素

使用计算机仿真模拟机织物的光照特性时,一般是从人的视觉角度入手,利用颜色空间 RGB 到 HLS 转换模型,纱线的亮度按照由纱线中间向两边余弦递减的规律来模拟其明暗特征,并结合扩散算法来模拟单纱和股纱的毛羽。但其光照模型过于简单,没有考虑纱线的镜面反射与环境光对纱线的影响<sup>[7]</sup>。笔者借用 OpenGL 中的库函数为织物模型加入光照和材质因素。

OpenGL 在处理光照时采用这样一种近似:把光照系统分为三部分,分别是光源、材质和光照环境。

OpenGL 中至少会支持 8 个光源,即 GL\_LIGHT0 到 GL\_LIGHT7。使用 glEnable()函数可以开启它们。例如,glEnable(GL\_LIGHT0),可以开启第 0 号光源;使用 glDisable()函数则可以关闭光源。

对每一个光源都可以设置其属性,这一动作是通过 glLight\*()函数完成的。glLight\*()函数具有三个参数,第一个参数指明是设置哪一个光源的属性,第二个参数指明是设置该光源的哪一个属性,第三个参数则是指明把该属性值设置成多少。其函数定义如下:

void glLight\* (GLenum light, GLenum pname, TYPE param);

材质与光源相似,也需要设置众多的属性。不同的是,光源是通过 glLight\*()函数来设置的,而材质则是通过 glMaterial\*()函数来设置的。其函数定义如下:

void glMaterial\* (GLenum face, GLenum pname, TYPE param);

这里所说的“光照模型”是 OpenGL 的术语。OpenGL 的光照模型概念包括下面四个部分:整个场景的环境光的 RGBA 强度、指定了物体的正面还是背面光照、如何计算镜面反射角度、是否从环境和散射光中分离出来来计算镜面颜色。

用于指定光照模型的所有属性的函数是 gl-LightModel\*()。glLightModel\*()具有两个参数:光照模型属性以及这个属性需要设置的值。其函数

定义如下:

Void glLightModel\* (GLenum pname, TYPE param);

图 5 为加入弱光照后的纬编织线圈模型,图 6 为加入强光照后的纬编织线圈模型。

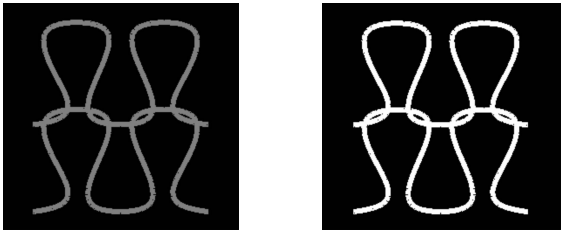


图 5 加入弱光后的模型      图 6 加入强光后的模型

根据一定的光照变化,可以看到线圈不同点的明暗情况,如图 7 所示。



图 7 加入光照后形成的线圈

显然,由图 5、图 6 和图 7 可以看出,加入光照后,线圈具有了明显的明暗变化,更具有真实感。

3.3 纹理

为了体现线圈之间的嵌套,之前的工作都是采用颜色不同的纱线来显示上下层纱线之间的关系,如图 8 所示。



图 8 不同颜色的纱线表示嵌套关系

利用此方法,虽然可以看出线圈之间的串套关系,但是线圈比较单调,并不能很好地体现出线圈的真实感。针对此问题,本文采用纹理映射的方法来表现线圈结构间的嵌套关系。

在三维图形中,纹理映射(texture mapping)的方法运用得很广,尤其描述具有真实感的物体。

根据表现形式,纹理可以分为颜色纹理、几何纹理和过程纹理。颜色纹理是通过颜色色彩或明暗度的变化体现出来的表面细节,它在光滑表面上描绘附加定义的花纹或图案。在物体表面绘制图案,就

是改变物体表面相关部分的反射和透射系数。颜色纹理的实质是将一个二维纹理模式映射到物体表面上,二维纹理模式定义在一个平面区域上,平面区域的每一个点定义一个灰度或颜色值,该平面区域称为纹理空间,该方法称为纹理映射。几何纹理是指基于景物表面微观几何形状的表面纹理,它是根据粗糙表面的光反射原理,通过一个扰动函数扰动物体表面参数,使表面呈现出凹凸不平的形状,也称为凹凸映射。用一些简单的可解析的数学模型来描述复杂的自然纹理细节,即用过程方式将纹理空间的值映射到景物的表面,生成的三维纹理称为过程纹理<sup>[8]</sup>。

使用纹理,可以把一幅图像映射到所画纬编织物曲线上去,这样使得所绘制的曲线具有更真实的效果。为了使用纹理贴图,需要执行下面这些步骤:

- a)创建纹理对象,并为它指定一个纹理;
- b)确定这个纹理如何应用到每个像素上;
- c)启用纹理贴图功能;
- d)绘制场景,提供纹理坐标和几何图形坐标<sup>[9]</sup>。

在 OpenGL 中可以载入一幅图片,也可以由程序自行产生纹理来创建纹理对象。用下面函数可以定义一个纹理:

void glTexImage\* (GLenum target, GLint level, GLenum internalFormat, GLsizei width, GLsizei height, GLint border, GLenum format, GLenum type, const GLvoid\* texels);

接着是设置纹理参数,其函数为:

void glTexParameter\* (GLenum target, GLenum pname, GL\* param);

然后是设置纹理环境参数:

void glTexEnv\* (GLenum target, GLenum pname, TYPE param);

OpenGL 中,用 glEnable()和 glDisable()来启用和禁用纹理。

可以使用 glTexCoord 函数指定一个纹理坐标,但是对一些复杂图形,由于不易确定其坐标点,可由 OpenGL 自动为每个顶点分配坐标,其函数如下:

void glTexGen\* (GLenum coord, GLenum pname, TYPE param);

下面为自动生成纹理的代码:

```
void makeStripeImage(void)
{
    int j;
    for (j = 0; j<stripeImageWidth; j++)
```

```

{
stripeImage[3*j] = 255;
stripeImage[3*j+1] = 255-2*j;
stripeImage[3*j+2] = 255;
}
}

```

图9所示为加入由上述程序自动生成纹理后显示的两行三列线圈结构模型。图10所示为载入一幅图像映射成纹理后所显示的两行两列线圈结构模型(经过一定角度的旋转)。

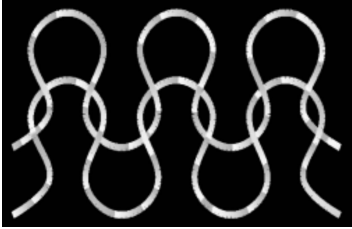


图9 加入自动生成纹理后的模型

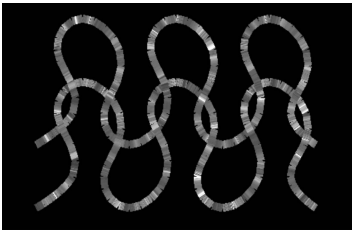


图10 加入一幅图像映射生成纹理后的模型

由图9和图10可以看出,加入纹理后的线圈模型,具有了更好的真实性,而且可以看出织物之间线圈的相互嵌套关系,呈现出了真实的立体感。

## 4 结 语

基于NURBS样条曲线纬编针织物线圈结

构模型,根据OpenGL3D计算机图形学中NURBS曲线的生成技术,准确地设计并绘制出所需要的纬编针织物线圈结构。这些模型可以通过改变特定的参数进行结构控制,具有相当大的灵活性。本文引入光照、材质和纹理因素,一定程度上体现了纬编针织物线圈的真实感。但是本文中所加入光照后,只是使线圈的整体发生明暗变化,并不能完全反映纬编针织物的每一个细节的亮度情况,还需要进一步的改进。

## 参考文献:

- [1] 赵展谊,赵 宏. 针织工艺概论[M]. 北京:中国纺织出版社,2008:3-4.
- [2] 童小素,张瑞林,李文书. 织物外观仿真模拟方法的比较[J]. 纺织学报,2006,27(8):104-108.
- [3] 张克和. 纬编针织物线圈结构研究与计算机仿真[D]. 杭州:浙江理工大学,2006.
- [4] 施法中. 计算机辅助几何设计与非均匀有理B样条[M]. 北京:航天航空大学出版社,1994:306-311.
- [5] 蒙冉菊,方 园. NURBS样条曲线纬编针织物线圈结构的建模分析[J]. 浙江理工大学学报,2007,24(3):219-224.
- [6] 胡 伟,王 弘. 如何在VC++中用OpenGL绘制NURBS曲线曲面[J]. 电脑编程技巧与维护,2001(11):73-75.
- [7] 王志东,颜钢锋,张瑞林. 一种新的纱线模拟算法[J]. 浙江工程学院学报,2004,21(2):124-126.
- [8] 朱毅彬,陈 阳. 浅谈基于OpenGL的纹理映射技术[J]. 焦作大学学报,2009(3):70-71.
- [9] Dave Shreiner, Mason Woo, Jackieneider, et al. OpenGL编程指南[M]. 徐 波,译. 北京:机械工业出版社,2006:23.

# The Research on the Sense of Reality in the 3D Simulation of Weft-Knitted Fabric Based on OpenGL

WANG Shao-jun, BAO Xiao-min

(School of Informatics, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Yarns can be simulated as cylinder structure according to its morphological characteristics. And 3D loop structure model can be built by the controllability of NURBS curve. It simulates weft knitted fabric coil structure using visual c++ and OpenGL development tools. The loop model is processed by lighting, material factors and texture, it develops simulation program and makes the 3D simulation of weft knitted fabric come true. The result shows that the OpenGL simulation is very similar with the actual coil structure and has a good sense of reality.

**Key words:** yarn; weft-knitted fabric; OpenGL; NURBS; lighting; texture

(责任编辑:陈和榜)