

# 非矩形纹理映射的研究与应用<sup>\*</sup>)

王可 余隋怀 乐万德 陆长德  
(西北工业大学机电学院 西安710072)

**摘要** 位图文件格式决定了位图只能存储矩形区域的像素信息,而在实际应用中存在着大量的非矩形区域的纹理映射问题。不同于通常的蒙板贴图,本文讨论了一种基于 OpenGL 的非矩形纹理映射算法,及其相应的原始矩形图像的前处理方法。通过实验对比,该算法能达到与蒙板贴图同样的效果,但操作更为简便,并用该方法实现了自行开发的工业设计软件系统中的非矩形纹理映射功能。

**关键词** 位图,OpenGL,非矩形纹理映射

## Research and Application of Non-rectangle Texture Mapping

WANG Ke YU Sui-Huai YUE Wan-De LU Chang-De

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

**Abstract** The file format of Bitmap is rectangular, while there are lots of applications of non-rectangle texture mapping. Different from the usual mask map, an algorithm for the non-rectangle texture mapping is studied; and the pre-disposal of the original rectangle bitmap is discussed. Through experimentation and compare, it was proved this algorithm attained the same effect as mask map, while it is more convenient. And the function of the CAID system developed by ourselves is realized with this algorithm.

**Keywords** Bitmap, OpenGL, Non-rectangle texture mapping

装饰、标志等设计是计算机辅助工业设计(Computer Aided Industrial Design, 简称 CAID)中的重要内容。在各种 CAID 软件系统中,通过纹理映射的方法,将装饰、标志图像映射到产品模型上,是现有标志、装饰设计的主要实现手段之一。

但是,不管是用 Photoshop 处理的图像,还是用 Corel-Draw 绘制的图形,即使图像内容不是矩形的,系统也会给我们的图像添加一个能包围该图形的矩形背景,也就是说,计算机位图文件格式是矩形的。然而,我们需要贴到产品上的图像往往不是矩形。如果把非矩形的图像直接贴到产品上,图像背景颜色不能与产品颜色融合在一起,势必影响贴图的效果。

遇到非矩形贴图时,通常的处理办法是先制作一张与目标图像相对应的蒙板图像,然后运用掩膜贴图的原理,将目标图像中不需要的背景去除。这种方法可行,但是比较繁琐。例如在流行的 3DMAX 软件中,就是采用这种方法来完成非矩形贴图<sup>[1]</sup>。由于该方法步骤复杂,一般的用户常常难以按照预想的效果完成非矩形图像在产品模型上的显示。

在我们自主开发的 CAID 软件系统中,装饰设计模块涉及到装饰带和标志设计的内容,需要用到大量形状复杂的纹理映射,因此,迫切需要寻求一种复杂纹理映射的简便方法。

## 1 基本思路

OpenGL 中,有两种色彩模式,即颜色表模式和 RGBA 模式,但在 OpenGL 中纹理映射只能在 RGBA 方式下执行,

不能运用于颜色表方式,因而本文只讨论 RGBA 模式。 $R$ 、 $G$ 、 $B$ 、 $A$  分别代表红、绿、蓝和不透明度。如果采用 RGBA 模式,在显示图片时,只要适当设置图片不同部分的  $A$  值就能够以特定的透明度显示图片。特别地,当  $A$  为 0 时,图片完全透明;当  $A$  为 1 时,图片完全不透明。在贴图中,同样可以利用色彩中的  $A$  分量,适当设置纹理映射参数,控制纹理不同部分在产品模型上的可见与否。

但是,分析图像文件所包含的信息,其中不含  $A$  分量的值。这就需要设计算法,根据贴图要求设置适当的  $A$  分量及正确的贴图方式,完成任意形状的纹理映射。

虽然位图文件中不含  $A$  分量信息,但包含每一个像素的 RGB 信息。我们可以保留目标图像部分,而对矩形纹理中非目标图像部分设置特殊的 RGB 值,根据读入内存后的像素 RGB 信息,设置该像素的  $A$  值。算法流程图如图 1 所示。

(1)“前处理”——设置图像中非目标图像部分的 RGB 值。图 2 所示为使用 Photoshop 中的选区工具,选择 Lena 原始图像中需要的人像部分,再将不需要的背景部分设置为黑色( $R=0, B=0, G=0$ )。

(2)“读取数据”——将位图的高、宽及像素的 RGB 信息读入内存。

(3)“添加  $A$  分量”——根据 OpenGL 的 RGBA 颜色模式信息添加  $A$  分量。

(4)“纹理映射”——设置正确的纹理映射参数进行非矩形的纹理映射。图 3 所示为经前处理后的 Lena 图像映射到立

<sup>\*</sup>)基金项目:国家 863 高技术研究发展计划资助项目(编号:2002AA411110、2002AA411120)。王可 博士研究生,主要研究方向为产品 CAD 和计算机辅助工业设计。余隋怀 副教授,主要研究方向为数字化设计和工业设计。乐万德 博士研究生,主要研究方向为计算机辅助工业设计。陆长德 教授,主要研究方向为工业设计、技术美学。

方体模型上的效果。

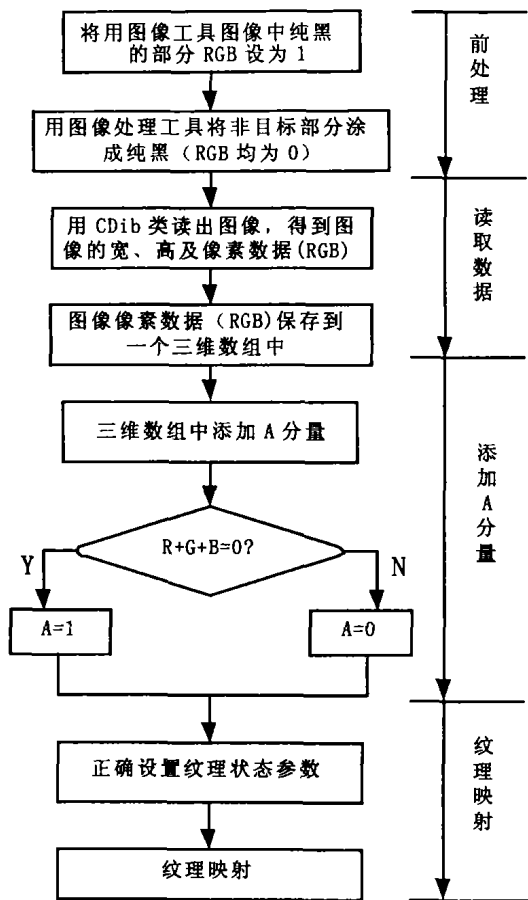


图1 非矩形纹理映射流程



图2 对图像的前处理

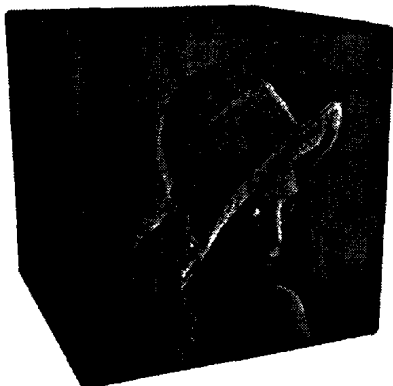


图3 非矩形图像映射效果

## 2 位图读取

图像是由排成矩形点阵的像素组成的。因此,记录图像的数据文件需要同时记下像素在点阵中的位置和相应的 RGB 值(如果是黑白图像,记下的则是相应的灰度值)。在实际中,可以利用像素信息在文件中的位置推断出像素在点阵中的位置。数组在内存中的存放是一维的,因而在图像文件的信息中,除了要包含像素的 RGB 信息外,至少还要包含图像的高度和宽度信息才能正确地读取图像文件。用三维数组  $Image[HeightSize][WideSize][3]$  来表示一幅图像,其中,Height-Size 表示图像的高度的像素数目,WideSize 表示图像宽度的像素数目,3 则表示色彩的三个分量。

设备无关位图(DIB)是标准的 Windows 位图格式,DIB 包含一个二维数组。该二维数组的元素为像素,一个像素可以由 1、4、8、16、24 或 32 个连续位组成,这取决于 DIB 的颜色分辨率。分析 BMP 文件,文件包含一个文件头 BITMAPFILE-HEADER、一个位图信息数据块 BITMAPINFOHEADER 和 DIB 位图数据。我们最关心的位图的三个信息是位图的高度、位图的宽度和位图像素信息。其中,图像的高度和宽度信息保存在 BITMAPINFOHEADER 之中,位图像素信息保存在 DIB 图像数据部分。分析清楚位图文件的数据结构之后,即可编程读取位图文件。

文[2]中编写了一个专门的设备无关位图类 CDib,本文引用了该类来读取位图文件。该类中与位图读取相关的重要的函数有  $CDib::Read(Cfile * pFile)$  和  $CDib::GetDimension()$ ,还有一个 LPBYTE 类型的公有成员变量  $m_lpImage$ 。首先构造一个 CDib 类的对象,然后用 Read 函数读出文件,调用 GetDimension 函数得到图像的高度和宽度,最后应用  $m_lpImage$  得到存放位图数据的起始地址。

## 3 A 分量的添加

前面指出,从位图文件里读进内存的是矩形位图的信息,要得到任意形状的图像信息就必须对其进行特殊的处理。

假设 CDib 类读取的图像首地址存放在指向 LPBYTE 的指针 pTextureBits 里,可以将其转化为三维数组存放的形式,设该三维数组为  $ImageRGB[height][width][3]$ ,用数组  $ImageRGBA[height][width][4]$  存放添加了分量 A 的图像。对原始图片进行处理时,对于不需要的部分,将其用图像处理工具如 Photoshop 等涂成黑色或白色。在我们算法中,设用户将其涂成黑色,即 R、G、B 三个分量的值均为 0。对某点添加 A 分量时,对该点的 GRB 值之和进行判断,如果和为 0,则设该点的 A 值为 0,即该部分完全透明;如果和为非 0,则设该点的 A 值为 1,即该部分完全不透明。背景涂成白与涂成黑色的方法类似。

值得注意的是,如果原始图片中需要的部分含有黑色像素点,用前面的方法就会使这些像素点也映射不到物体上。然而,可以用图像处理工具对图像的像素点的 RGB 值进行控制。我们推荐的做法是对原本黑色 ( $RGB=(0,0,0)$ ) 的像素 RGB 值进行微调,使其任一分量为 1,在后续处理中就不会被作为背景消除。这样的色彩处理对于 24 位位图的误差为  $1/4194304$ ,人的肉眼看不出丝毫差别。这一色彩处理在 Photoshop 这类软件里,使用 color select 工具并调整其模糊值,也非常容易。下面是读取并转换数据的伪码表示。

.....//Photoshop 前处理

```

Cfile file;
File.open(filename,readmode); // filename 为图像文件的名字
CDib mydib;
Mydib.read(&file); //读取位图文件
GLubyte * pTextureBits = (GLubyte *)m-pDib.m-lpImage;
//获得位图数据首地址
//得到位图尺寸
CSize size=m-pDib.GetDimensions();
GLint width=size.cx;
GLint height=size.cy;
//将位图数据存入 RGB 三维数组中
for( i=0;i<height;i++)
for(int j=0;j<width;j++)
for(int k=0;k<3;k++)
{
ImageRGB[i][j][k] = * (pTextureBits + width * 3 * i + 3 * j +
k);
}
//根据图像的像素信息添加图像的 A 分量
for( i=0;i<height;i++)
for(int j=0;j<width;j++)
{
int temp=0;
for(int k=0;k<3;k++)
{
ImageRGBA [i][j][k]=ImageRGB [i][j][k];
temp += (int)ImageRGBA[i][j][k];
}
if(temp==0)
ImageRGBA [i][j][3]=0;
else
ImageRGBA [i][j][3]=255;
}

```

#### 4 贴图实现及应用

图像像素中添加了 A 分量之后,只要正确设置贴图方式,即可实现非矩形贴图。

纹理映射是一个相当复杂的过程,执行纹理映射所需的最基本步骤如下<sup>[3]</sup>:

- (1)定义纹理;
- (2)控制滤波;
- (3)说明映射方式;
- (4)绘制场景,给出顶点的纹理坐标和几何坐标。

定义纹理最关键的语句如下:

```
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D,0,4,width,height,0,GL_BGRA_EXT,
GL_UNSIGNED_BYTE,myImagePicture2);
```

其中第三个参数值为4,第七个参数值为 GL\_BGRA\_EXT,表示贴图中颜色分量 RGBA 均有效。

控制滤波连续调用函数 *glTexParameter\** ()说明纹理怎样缠绕物体以及当像素与纹理数组中的单个元素不能精确匹配时如何过滤颜色。

接着用函数 *glTexEnv\** ()设置画图方式;最后,调用函数 *glEnable* ()启动纹理映射。

非矩形贴图在产品装饰设计、标志设计等方面具有广泛的用途。简单的矩形装饰带设计可以采用镶嵌薄立方块的形式实现,也可以采用简单贴图来实现。但对于稍微复杂一点的装饰带,如非矩形的,则需采用蒙板贴图的方式才能与贴图背景自然地融合在一起。采用本文的方法,在用 CorelDraw 等图形工具设计装饰方案的时候,只需将背景层设为纯黑色,不用做任何其它多余的工作。原本需要蒙板贴图等繁琐的任意形状的装饰带设计就同粘贴矩形的装饰带一样简单。同样,产品标志设计时采用的贴图方法与装饰带设计时采用的贴图方法没有本质的区别。对于彩色图片,经 PhotoShop 这类图像处理

工具简单处理,就可以方便地将图片中需要的部分贴在物体上。

如图4所示,应用本文所阐述的算法开发计算机辅助工业设计系统中的非矩形纹理映射工具,在机床模型外表面添加标志。通过非矩形贴图算法去掉了标志的背景,目标图像与产品模型精确融和。本方法与蒙板贴图具有同样的效果,但更加灵活、方便。

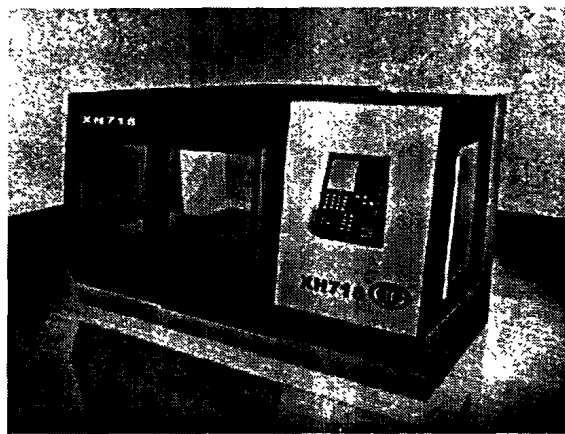


图4 机床设计效果图

**结论** 非矩形的贴图在产品装饰、标志设计等方面具有重要用途,而位图文件格式决定了位图只能存储矩形区域的像素信息。本文基于 OpenGL 的 RGBA 颜色模式给出了一种新的非矩形纹理映射的算法,对图片进行简单的前处理即可将任意形状的纹理映射到产品之上。经过实验验证和系统应用,效果良好。进一步的研究包括:

(1)目标图像的自动识别。目前系统中目标图像的识别通过第三方软件(如 Photoshop)实现,对于复杂图形,工作量大,效果不理想。采用新算法提取目标图形边界是今后的一个研究方向。

(2)纹理控制方面的研究。纹理控制是纹理映射过程中一项非常重要的工作。对纹理的尺寸、角度、区域、色彩等方面进行控制,是提高贴图精度、丰富贴图效果必不可少的手段。

#### 参考文献

- 1 张治. 3ds max 5工业造型及实体效果表现专家之路,清华大学出版社,2003. 6
- 2 潘爱民,王国印,译. Visual C++技术内幕(第四版)[M]. 清华大学出版社,1999. 4
- 3 向世明. OpenGL 编程与实例[M]. 电子工业出版社,1999
- 4 王可. 计算机辅助材质、装饰及灯光设计的理论方法研究和应用[D]:[硕士论文]. 西安:西北工业大学,2002
- 5 Guo Ning,Cai Bo,Lu Changde. STUDY ON THE METHOD OF COMPUTER AIDED DECORATIVE BAND DESIGN[J]. In: Proc. of 3rd Intl. Conf. on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, 2000. 11
- 6 陆长德,余隋怀. 计算机辅助工业设计在数控机床工业设计中的应用[J]. 机械工程学报,1995,31(5): 86~90