

## 在灰度图上叠加线框图的一种新方法\*

王文成 陈彦云 吴恩华

(中国科学院软件研究所计算机科学开放研究实验室 北京 100080)

**摘要** 在有色调明暗变化的灰度图上叠加线框图的显示,有利于人们进行更好的观察,但已有的各种叠加方法均是依赖深度值比较进行操作的,它们不仅没有完全解决线框图显示时的断续现象,而且还会导致被遮挡面的线框也被显示的错误,对此,提出一种不进行深度值比较的方法,利用线框与面片的相关性及面片间的遮挡关系进行比较的操作,使得线框图不仅能得到高质量的叠加绘制,而且不必进行深度值的计算。

**关键词** 线框图,灰度图,叠加绘制,计算机图形学。

**中图法分类号** TP391

随着计算机技术,特别是真实感图形技术的发展,图形显示逐步由线框图转变为有光照效果的灰度图象,但线框图表示的许多优越性是灰度图不能替代的,因此,两者常常结合起来,在一幅图象中同时显示,比如,在一个灰度面上显示其轮廓的线框,就能使观察者更容易了解其结构。

一般而言,在灰度面上叠加其轮廓的线框,是根据它们的深度值比较进行消隐判断来实现的,但结果常常不能令人满意,连续的轮廓线会断断续续地成虚线状,这是因为线框图是根据向量的特征进行线性插值计算的,而灰度面是根据面的曲率特征进行计算的,这使得它们在同一象素上的深度值不一定相等,从而导致轮廓线不一定能完全显示出来。

文献[1]对多种叠加方法进行了讨论,如 R. Swanson 和 L. Thayer<sup>[2]</sup>提出的,在对灰度面进行绘制时,将与其线框相应的象素的深度值也计算出来,就可以避免线框显示时的断续现象,但是这种方法限制了象素的变化,难以进行反走样、纹理映射等操作, A. Akeley<sup>[3]</sup>提出调整线框中各点的深度值,使其比灰度面上的相关点更靠近观察者,以便线框得到完全显示,但确定一个合适的调整量是很困难的,因为场景中面与面的间距、各个面的曲率变化无常,同时,深度调整会增加许多计算量,若如 Decal-edging 方法提出的,在显示灰度图后,再于其上显示线框图,可使线框图得到很好的反映,但是该方法在帧缓冲中保留的深度值是关于灰度图的,这使得后继的、为突出某些部分而叠加的线框图显示仍然会出现断续情况。

为此,文献[1]提出一种改进方法,它引入一个称为 Edging-plane 的面来记录灰度面所影响的象素情况,其算法分成3步:首先,运用一般的 Z-buffer 方法绘制灰度面,记录各个象素上的深度值,并且对于被灰度面所覆盖的象素,为其在 Edging-plane 面上的相应点置值为 1,然后,绘制线框图,若它影响的象素在 Edging-plane 上的相应值为 0,则进行一般的 Z-buffer 方法比较,且记录深度值并绘制,否则,强行绘制线框图并将深度值修改为线框图的深度值;最后,将 Edging-plane 面上的点均置值为 0,以便后继其他面的绘制。

对于单个面片上线框的叠加,Edging-plane 方法是很有效的,但场景中,一般有很多面片,当对这些面片进行线框图绘制时,Edging-plane 方法同样会出现问题,<sup>[1]</sup>问题主要有两种:(1) 当在一个面片上绘制线框而其相邻的面片不绘制时,线框的某些部分可能经过相邻面片所影响的象素而由此出现断续现象;(2) 有些面的线框被其他面遮挡,本不应该显示,但在实际绘制时可能会出现,所有这些都还是由深度值比较的误差引起的,为此,文献[1]提出了一些建议,比如使灰度图与线框图的相应象素有相同的深度值等,但这些建议实际上都较难实现。

针对以上问题,本文提出一种新的解决方法,使灰度面上的线框图能得到高质量的绘制,它不仅能保证反走样、纹

\* 本文研究得到国家自然科学基金资助。作者王文成,1967年生,博士,副研究员,主要研究领域为计算机图形学,科学计算可视化,陈彦云,1971年生,博士生,主要研究领域为真实感图形,吴恩华,1947年生,博士,研究员,博导,主要研究领域为计算机图形学,科学计算可视化,虚拟现实技术。

本文通讯联系人:王文成,北京 100080,中国科学院软件研究所计算机科学开放研究实验室

本文 1997-07-31 收到原稿,1997-09-26 收到修改稿

理映射等操作的进行,还能够有效地与各种绘制方法相结合.

### 1 叠加线框图的新方法

迄今为止,在灰度面上叠加线框图的方法都是基于深度值比较进行操作的.但由于灰度面和线框图上深度值计算的差异,这些方法很难全面解决上节所讨论的问题.分析整个绘制过程,我们注意到:在灰度面上叠加线框图,线框总是与它相关的面同时出现.基于此,我们提出一种新的方法.其步骤如下:

第1步,运用一般的方法绘制有色调明暗变化的灰度图象,并且为每个被灰度面覆盖的象素记录影响它的灰度面的面号.

第2步,对于要绘制的线框图,找到它所相关的面面号,不失一般性,设为  $Ncode$ . 然后,对于线框图所影响的象素,设其上的面号为  $Pcode$ ,则

(1) 若  $Pcode$  等于  $Ncode$ ,就绘制线框图;

(2) 若  $Pcode$  为空,即该象素没有被任何灰度面覆盖,也在此绘制线框图;

(3) 若  $Pcode$  不等于  $Ncode$ ,则根据灰度面绘制时面片的遮挡关系,如果  $Pcode$  所相关的面片遮挡了  $Ncode$  所相关的面片,就不绘制线框图;否则,就绘制.

显然,新方法在绘制被遮挡部分面片的线框时,由于相关象素上记录的面片遮挡了该线框所相应的面片,这部分线框图就不会显示.而当在一个灰度面上叠加线框,但其相邻面片不叠加时,由于这两个面片之间没有遮挡关系,新方法就会绘制该线框,不会出现线段的断续现象.另外,线框图在相关面片所影响的象素上绘制时,不受深度值比较的影响,会得到完全的显示.因此,新方法比较完整地解决了线框图在灰度图上叠加时可能出现的问题.

由于不进行深度值比较,新方法不仅避免了深度值比较所带来的困难,而且不必对线框图进行深度值计算.另外,与 Edging-plane 等方法的 3 趟操作相比,新方法只需两趟操作.这些都有利于成象速度的提高.同时,新方法不必同步绘制线框图和灰度图,使用户可以进行随意的线框图叠加.

对自我遮挡的曲面进行线框图叠加,是已有的方法所没有讨论的.但稍加分析,可知它们对此未能很好地处理.而新方法只需为象素再记录灰度面上相关点的法向,并进行法向的趋向性比较即可.

### 2 实验结果

由于文献[1]对常见的几种方法进行了分析比较,我们在此只将新方法 with 文献[1]提出的 Edging-plane 方法进行比较.

我们绘制了一个花瓶,并将其外部面的一部分进行线框图的叠加.图1是由 Edging-plane 方法绘制的,而图2是由新方法绘制的.在图1中,花瓶后面的线框图本不应该显示,但它们却显示出来了;另外,线框图的两侧边界出现了断断续续的情况.这是因为对旁边的一些面片没有进行线框图的绘制.而图2则正确地处理了这些问题.



图 1

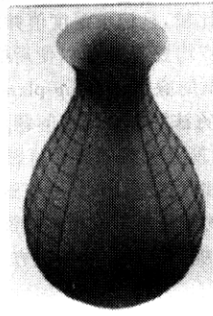


图 2

### 3 结 论

在灰度图上叠加线框图有着很重要的实际意义. 已有的方法均是基于深度值比较来操作的, 这不可避免地带来了许多困难. 对此, 本文提出一种不进行深度值比较的新方法. 它基于线框与面片的相关性以及面片间的遮挡关系, 就可以全面地解决其他方法难以解决的问题, 并且还省去了关于线框图的深度值计算. 同时, 它不要求线框图与灰度图同步绘制, 方便了用户的操作.

#### 参考文献

- 1 Herrell R, Baldwin J, Wilcox C. High-quality polygon edging. *IEEE Computer Graphics and Applications*, July 1995, 15(4): 68~74
- 2 Swanson R, Thayer L. A fast shaded-polygon renderer. *Computer Graphics*, 1986, 20(4): 95~101
- 3 Akeley A. The hidden charms of Z-buffer. *Iris Universe*, Spring 1990, 11: 31~37

### A New Method for Overlay Rendering of Wireframes on Shaded Surfaces

WANG Wen-cheng CHEN Yan-yun WU En-hua

*(Laboratory of Computer Science Institute of Software The Chinese Academy of Sciences Beijing 100080)*

**Abstract** To take the merits of both wireframe and shaded surfaces, sometimes it is advantageous to combine them together in a single image. However, the combination would often lead to edge stitching and might draw edges that are hidden and the current methods have not so far completely solved the problems since they are mostly based on the Z buffer comparison. A new method without Z-buffer comparison is presented in this paper. By this method, overlay of edges on shaded surfaces is realized by employment of the correspondence between edges and polygons as well as the hidden relation between polygons. Thus, the existing problems for wireframe overlaying shaded surfaces could be removed, and the calculation for depth values of edges may be saved.

**Key words** Wireframe, shaded image, overlay, computer graphics.