

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103366393 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201310275813. 7

(22) 申请日 2013. 06. 28

(71) 申请人 西北农林科技大学

地址 712100 陕西省杨凌示范区邠城路 3 号

(72) 发明人 王美丽 常建 张建军

(51) Int. Cl.

G06T 13/20(2011. 01)

G06T 19/00(2011. 01)

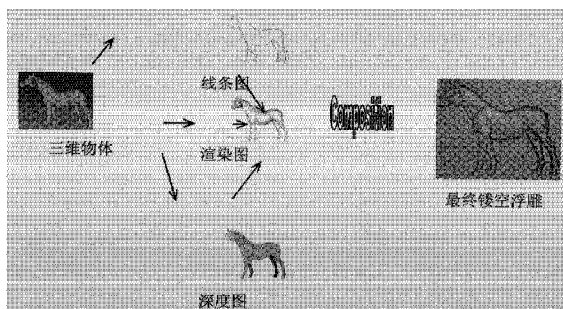
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

一种结合多输入方式镂空浮雕生成方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,由三维模型出发,依次获取三维模型的线条图、渲染图和深度图,然后通过优化方法合成并生成最后的镂空浮雕。该结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,较传统手工制作省时省力,而且易于保存、编辑,并且可以加工成浮雕物品。



1. 一种结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,其特征在于,由三维模型出发,依次获取三维模型的线条图、渲染图和深度图,然后通过优化方法合成并生成最后的镂空浮雕。

2. 如权利要求 1 所述的一种结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,其特征在于,在获取三维模型的线条图的步骤中,包括获取轮廓线和其他线条;

$$\text{轮廓线获取方法: } n(p) \cdot v = 0 \quad (1)$$

$p$  是表面上的点,  $n$  是法线,  $v$  是观察向量,通过投影曲面可见部分到图像平面上,就可以提取轮廓线以及骨架线;

其他线条是指脊线和谷线:

$$w = \frac{v - (n(p) \cdot v) \cdot n(p)}{\|v - (n(p) \cdot v) \cdot n(p)\|} \quad (2)$$

$$\nabla_w (n(p) \cdot v) = 0, \text{ and } \nabla_w \nabla_w (n(p) \cdot v) > 0 \quad (3)$$

$$K_r = 0, \text{ and } \nabla_w K_r > 0 \quad (4)$$

借助于公式 (2)、(3)、(4) 可以提取脊线和谷线,然而提取的线条过多,不适合最终的镂空浮雕生成,可以通过拉普拉斯算子对其进行光滑,

$$L(x_i) = \frac{1}{\sum w_{ij}} \sum_{j \in N(i)} w_{ij} (x_j - x_i) \quad (5)$$

3. 如权利要求 1 所述的一种结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,其特征在于,在获取三维模型的渲染图步骤中,采用兰伯特渲染图输入,兰伯特渲染图提供重要的视觉信息以生成产生镂空浮雕的高度,

$$I = \alpha (n(p) \cdot m(p)) \quad (6)$$

4. 如权利要求 1 所述的一种结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,其特征在于,在获取三维模型的深度图步骤中,三维模型可以提供高度信息。

5. 如权利要求 1 所述的一种结合多输入方式的镂空浮雕生成方法,其特征在于,权利要求 2-4 中所述的三种获取均由同一视点和同一投影平面获得,定义浮雕网格的像素值为其四个邻居像素的平均值,

$$I(x, y) = \frac{1}{4} \left( I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) \quad (7)$$

其梯度由公式 (8) 求得

$$\nabla I = \begin{pmatrix} \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \\ \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (8);$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) \\ \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) \end{pmatrix}$$

公式 (7)、(8) 结合后面的公式重建镂空浮雕的表面;

首先通过线条输入方程获取线条图，

$$E_w = \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} S(x, y) \left( \frac{1}{2} \left( I(x+\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) + I(x+\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) - I(x-\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) - I(x-\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) \right) - G\left(\frac{\partial I_w}{\partial x}\right) \right)^2 \\ + \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} S(x, y) \left( \frac{1}{2} \left( I(x+\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) + I(x-\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) - I(x+\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) - I(x-\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) \right) - G\left(\frac{\partial I_w}{\partial y}\right) \right)^2 \quad (9)$$

再通过兰伯特渲染图方程获取渲染图，

$$E_L = \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} \left( I(x+\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) + I(x+\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) - I(x-\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) - I(x-\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) \right) - G\left(\frac{\partial I_L}{\partial x}\right) \right)^2 \\ + \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} \left( I(x+\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) + I(x-\frac{1}{2}, y+\frac{1}{2}) - I(x+\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) - I(x-\frac{1}{2}, y-\frac{1}{2}) \right) - G\left(\frac{\partial I_L}{\partial y}\right) \right)^2 \quad (10)$$

然后通过深度方程获取深度图，

$$E_d = \sum_{x=2}^{m-1} \sum_{y=2}^{n-1} \left( \begin{aligned} &h(x+1, y) + h(x-1, y) + h(x, y+1) \\ &+ h(x, y-1) - 4h(x, y) - g(x, y) \end{aligned} \right)^2 \quad \text{最} \quad (11)$$

后通过能量减小优化法合成镂空浮雕，

$$E = w_d E_d + w_L E_L + w_w E_w \quad (12)$$

$$\text{约束条件: } \min_h E(h)$$

$$\text{s. t. } h < 0, -h < h_{\max} \quad (13)$$

求解：

$$E_h = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (h(x, y) - h^*)^2 \quad (14)$$

其中  $h^* = -\theta \log(1 - \theta h(x, y))$ ， $\theta$  控制压缩程度。

## 一种结合多输入方式镂空浮雕生成方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及计算机图形学技术领域,尤其是涉及一种结合多输入方式镂空浮雕生成方法。

### 背景技术

[0002] 数字浮雕产生技术目前可以分为基于图像的浮雕生成技术、基于直接 3D 建模的浮雕生成技术以及基于模型操作的浮雕生成技术。基于图像的浮雕生成技术生成的浮雕不能正确的产生浮雕高度,且不具备实际意义;基于直接 3D 建模的浮雕生成技术比较繁琐,一切都需要从头做起,制作大量的数字浮雕不切实际。目前还没有针对镂空浮雕的生成技术。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种结合多输入方式镂空浮雕生成方法,较传统手工制作省时省力,而且易于保存、编辑,并且可以加工成浮雕物品。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案是:一种结合多输入方式镂空浮雕生成方法,由三维模型出发,依次获取三维模型的线条图、渲染图和深度图,然后通过优化方法合成并生成最后的镂空浮雕。

[0005] 进一步的,在获取三维模型的线条图的步骤中,包括获取轮廓线和其他线条;

[0006] 轮廓线获取方法: $n(p) \cdot v = 0$  (1)

[0007]  $p$  是表面上的点,  $n$  是法线,  $v$  是观察向量,通过投影曲面可见部分到图像平面上,就可以提取轮廓线以及骨架线;

[0008] 其他线条是指脊线和谷线:

[0009] 
$$w = \frac{v - (n(p) \cdot v) \cdot n(p)}{\|v - (n(p) \cdot v) \cdot n(p)\|} \quad (2)$$

[0010] 
$$\nabla_w(n(p) \cdot v) = 0, \text{ and } \nabla_w \nabla_w(n(p) \cdot v) > 0 \quad (3)$$

[0011] 
$$K_r = 0, \text{ and } \nabla_w K_r > 0 \quad (4)$$

[0012] 借助于公式 (2)、(3)、(4) 可以提取脊线和谷线,然而提取的线条过多,不适合最终的镂空浮雕生成,可以通过拉普拉斯算子对其进行光滑,

[0013] 
$$L(x_i) = \frac{1}{\sum w_{ij}} \sum_{j \in N(i)} w_{ij}(x_j - x_i) \quad (5)$$

[0014] 进一步的,在获取三维模型的渲染图步骤中,采用兰伯特渲染图输入,兰伯特渲染图提供重要的视觉信息以生成产生镂空浮雕的高度,

[0015] 
$$I = \alpha (n(p) \cdot m(p)) \quad (6)$$

[0016] 进一步的,在获取三维模型的深度图步骤中,三维模型可以提供高度信息。

[0017] 进一步的,权利要求 2-4 中所述的三种获取均由同一视点和同一投影平面获得,

定义浮雕网格的像素值为其四个邻居像素的平均值，

[0018]

$$I(x, y) = \frac{1}{4} \left( I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) \quad (7)$$

[0019] 其梯度由公式 (8) 求得

[0020]

$$\nabla I = \begin{pmatrix} \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \\ \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (8);$$

$$[0021] = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) \\ \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) \end{pmatrix}$$

[0022] 公式 (7)、(8) 结合后面的公式重建镂空浮雕的表面；

[0023] 首先通过线条输入方程获取线条图，

$$[0024] E_w = \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} S(x, y) \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_w}{\partial x}\right) \right)^2$$

$$[0025] + \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} S(x, y) \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_w}{\partial y}\right) \right)^2 \quad (9)$$

[0026] 再通过兰伯特渲染图方程获取渲染图，

$$[0027] E_L = \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_L}{\partial x}\right) \right)^2$$

$$[0028] + \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_L}{\partial y}\right) \right)^2 \quad (10)$$

[0029] 然后通过深度方程获取深度图，

[0030]

$$E_d = \sum_{x=2}^{m-1} \sum_{y=2}^{n-1} \left( \begin{aligned} &h(x+1, y) + h(x-1, y) + h(x, y+1) \\ &+ h(x, y-1) - 4h(x, y) - g(x, y) \end{aligned} \right)^2 \quad (11)$$

[0031] 最后通过能量减小优化法合成镂空浮雕，

$$[0032] W = w_d E_d + w_L E_L + w_w E_w \quad (12)$$

[0033] 约束条件： $\min_h E(h)$

$$[0034] \text{s. t. } h < 0, -h < h_{\max} \quad (13)$$

[0035] 求解：

$$[0036] E_h = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (h(x, y) - h^*)^2 \quad (14)$$

[0037] 其中  $h^* = -\theta \log(1 - \theta h(x, y))$ ,  $\theta$  控制压缩程度

[0038] 采用了上述技术方案,本发明的有益效果为:

[0039] 本发明的创新性在于首次提出提取三维模型的线条图作为生成镂空浮雕的首要任务,提取的线条图可以生成镂空浮雕的轮廓,然而为了实现浮雕之间的平滑过渡,同时提取三维模型的渲染图和高度图。结合基于能量最小的优化算法生成最终的三维镂空浮雕。基于三维模型的镂空浮雕生成方法较传统手工制作省时省力,而且易于保存、编辑,并且可以加工成浮雕物品。

### 附图说明

[0040] 图 1 是本发明实施例的镂空浮雕生成原理图;

[0041] 图 2 是本发明实施例的镂空浮雕曲面的像素示意图;

[0042] 图 3(a)、(b)、(c)、(d) 分别是本发明实施例的镂空浮雕效果图,其中左侧为输入三维模型,右侧为生成的镂空浮雕模型;

### 具体实施方式

[0043] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0044] 如图 1、图 2 和图 3 共同所示,一种结合多输入方式镂空浮雕生成方法,由三维模型出发,依次获取三维模型的线条图、渲染图和深度图,然后通过优化方法合成并生成最后的镂空浮雕。本发明的创新性在于首次提出提取三维模型的线条图作为生成镂空浮雕的首要任务,提取的线条图可以生成镂空浮雕的轮廓,然而为了实现浮雕之间的平滑过渡,同时提取三维模型的渲染图和高度图。结合基于能量最小的优化算法生成最终的三维镂空浮雕。

[0045] 在获取三维模型的线条图的步骤中,包括获取轮廓线和其他线条;

[0046] 轮廓线获取方法:  $n(p) \cdot v = 0$  (1)

[0047]  $p$  是曲面上的点,  $n$  是法线,  $v$  是观察向量,通过投影曲面可见部分到图像平面上,就可以提取轮廓线以及骨架线;

[0048] 其他线条是指脊线和谷线:

$$[0049] \quad \mathbf{w} = \frac{\mathbf{v} - (\mathbf{n}(\mathbf{p}) \cdot \mathbf{v}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{p})}{\|\mathbf{v} - (\mathbf{n}(\mathbf{p}) \cdot \mathbf{v}) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{p})\|} \quad (2)$$

$$[0050] \quad \nabla_{\mathbf{w}} (\mathbf{n}(\mathbf{p}) \cdot \mathbf{v}) = 0, \text{ and } \nabla_{\mathbf{w}} \nabla_{\mathbf{w}} (\mathbf{n}(\mathbf{p}) \cdot \mathbf{v}) > 0 \quad (3)$$

$$[0051] \quad K_r = 0, \text{ and } \nabla_{\mathbf{w}} \kappa_r > 0 \quad (4)$$

[0052] 借助于公式 (2)、(3)、(4) 可以提取脊线和谷线,然而提取的线条过多,不适合最终的镂空浮雕生成,可以通过拉普拉斯算子对其进行光滑,

$$[0053] \quad L(x_i) = \frac{1}{\sum w_{ij}} \sum_{j \in N(i)} w_{ij} (x_j - x_i) \quad (5)。$$

[0054] 在获取三维模型的渲染图步骤中,采用兰伯特渲染图输入,兰伯特渲染图提供重要的视觉信息以生成产生镂空浮雕的高度,

$$[0055] \quad I = \alpha (n(p) \cdot m(p)) \quad (6)。$$

[0056] 在获取三维模型的深度图步骤中,三维模型可以提供高度信息。

[0057] 上述的三种获取均由同一视点和同一投影平面获得,定义浮雕网格的像素值为其四个邻居像素的平均值,

[0058]

$$I(x, y) = \frac{1}{4} \left( I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) \quad (7)$$

[0059] 公式 (7)、(8) 结合后面的公式重建镂空浮雕的表面;

[0060] 其梯度由公式 (8) 求得

[0061]

$$\nabla I = \begin{pmatrix} \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} \\ \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (8);$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) \\ \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) \end{pmatrix}$$

[0062] 首先通过线条输入方程获取线条图,

$$E_w = \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} S(x, y) \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_w}{\partial x}\right) \right)^2$$

$$+ \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} S(x, y) \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_w}{\partial y}\right) \right)^2 \quad (9)$$

[0063] 再通过兰伯特渲染图方程获取渲染图,

$$E_L = \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) + I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_L}{\partial x}\right) \right)^2$$

$$+ \sum_{x=1}^{m-1} \sum_{y=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} \left( I\left(x + \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) + I\left(x - \frac{1}{2}, y + \frac{1}{2}\right) - I\left(x + \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) - I\left(x - \frac{1}{2}, y - \frac{1}{2}\right) \right) - G\left(\frac{\partial I_L}{\partial y}\right) \right)^2 \quad (10)$$

[0064] 然后通过深度方程获取深度图,

[0070]

$$E_d = \sum_{x=2}^{m-1} \sum_{y=2}^{n-1} \left( h(x+1, y) + h(x-1, y) + h(x, y+1) \right. \\ \left. + h(x, y-1) - 4h(x, y) - g(x, y) \right)^2 \quad (11)$$

[0071] 最后通过能量减小优化法合成镂空浮雕,

$$W = w_d E_d + w_L E_L + w_w E_w \quad (12)$$

[0072] 约束条件:  $\min_h E(h)$

$$s. f. h < 0, -h < h_{\max} \quad (13)$$

[0073] 求解:

$$[0076] \quad E_n = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (h(x, y) - h^*)^2 \quad (14)$$

[0077] 其中  $h^* = -\theta \log(1 - \theta h(x, y))$ ,  $\theta$  控制压缩程度

[0078] 综上所述,基于三维模型的镂空浮雕生成方法较传统手工制作省时省力,而且易于保存、编辑,并且可以加工成浮雕物品。

[0079] 本发明不局限于上述具体的实施方式,本领域的普通技术人员从上述构思出发,不经过创造性的劳动,所作出的种种变换,均落在本发明的保护范围之内。



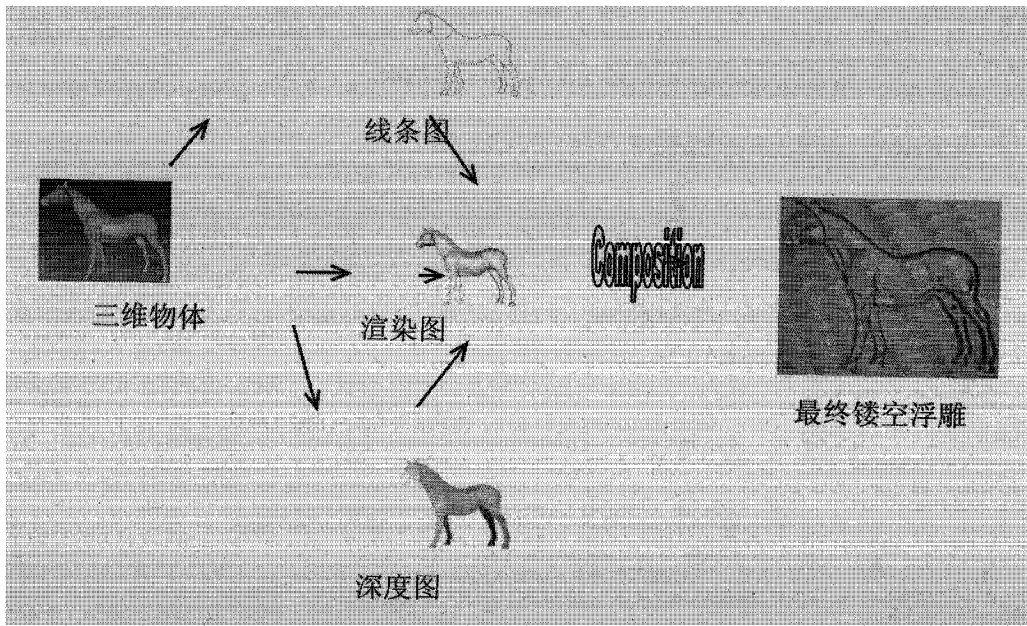


图 1

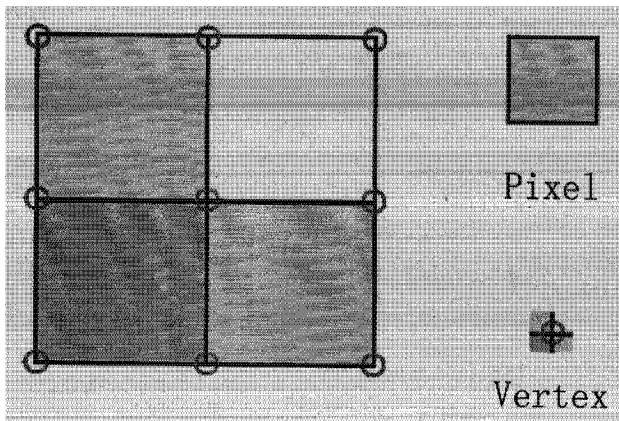


图 2

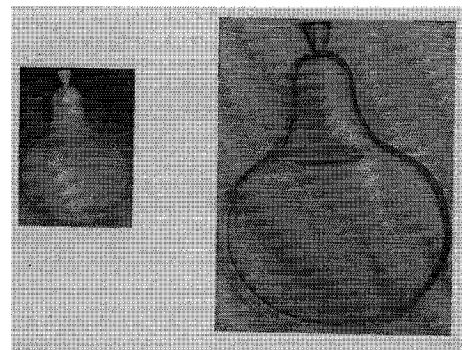


图 3(a)

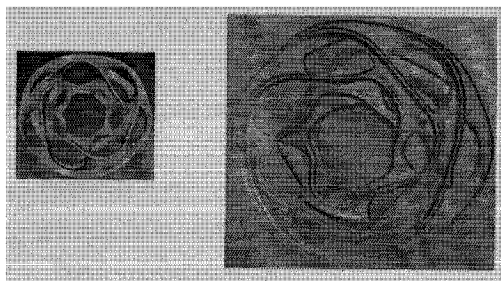


图 3(b)

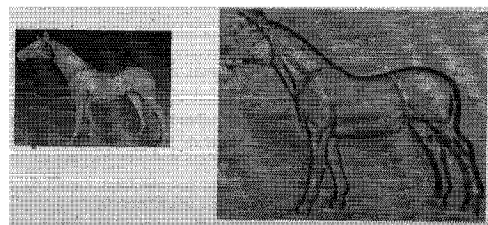


图 3(c)

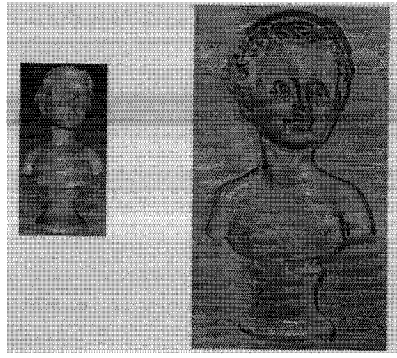


图 3(d)