

# 模拟透视云成像的调色板映射方法研究

鲍海<sup>1)</sup> 何红红<sup>2)</sup> 张粒子<sup>1)</sup> 孙淑艳<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(华北电力大学电力工程系, 北京 102206)

<sup>2)</sup>(空军第七研究所第四研究室, 北京 100085)

<sup>3)</sup>(华北电力大学信息工程系, 北京 102206)

**摘要** 利用基于HVS成像方法的含水汽大气自然景观的亮度模型,建立透视云的离散模型,确定RGB显示方式中R、G、B三参量与亮度间的转换关系,并提出基于RGB显示方式的高速云中透视成像方法。该方法具有速度快、透视效果良好的特点。

**关键词** 透视云 调色板 映射法 亮度模型

## 0 引言

实际景观中,云是重要的组成部分。如何使制作出的云具有真实效果,是云中景观制作中的重要环节。由于大气中悬浮水蒸汽颗粒对自然物体表面光学特性的影响,云中物景视觉图象略显模糊而泛白,导致云中自然景观的视觉图象与其实际的表面纹理不一致。

为了增添云中实景显示的视觉真实效果,云的透视处理方法成为有待解决的关键问题。在云的制作方法中,曾采用过硬件辅助投影,软件粘贴等方法,但效果一般。本文提出利用调色板映射技术,利用个人计算机解决云的透视成像问题。该方法具有在线计算量小,透视效果良好的特点。

## 1 光线强度在云中的衰减模型

由于云的物理特性符合大气中水汽的物理特性,则含水汽的大气自然景观亮度模型适合云中物体亮度的变化规律。依文献[1]可得含水汽大气景物亮度模型如下:

$$I(P) = \frac{c_1 + c_2 I_2 \cos(\mathbf{n}, l)}{\int_s v_1 \rho ds + 1} + \int_s v_2 \rho ds \quad (1)$$

式中:

- $\rho$ ——水汽密度;
- $v_1$ ——光能量吸收比;

$v_2$ ——水汽微粒的白光反射比;

$I(P)$ ——水汽中景物中P点处的亮度;

$c_1$ ——天空环境光照射在景物上的漫反射光强度;

$c_2 I_2 \cos(\mathbf{n}, l)$ ——太阳光照射下物体表面的反射光强度;

$\int_s v_1 \rho ds + 1$ ——P点的反射光到达人眼的衰减程度;

$\int_s v_2 \rho ds$ ——水汽微粒对光的散射光强度。

从(1)式可以看出大气中水汽对光线有两种影响,一是光线穿过水汽时,光强受到一定程度的衰减;二是在阳光照射下,水汽本身对光线具有一定的反射。这种光线的特点是白色和散射。光线穿过含水大气时,会产生一些白色光的成份<sup>[1]</sup>。

## 2 云的单纯透视模型

由于光的散射主要针对物体色彩的变化,在单纯研究云的透视性能中,可先将其忽略,散射的光具体影响可在调色板色彩选取中得到补偿。

### 2.1 云的单纯透视模型

若忽略  $\int_s v_2 \rho ds$  项, (1)式变为

$$I(P) = \frac{c_1 + c_2 I_2 \cos(\mathbf{n}, l)}{\int_s v_1 \rho ds + 1} \quad (2)$$

由于(2)式中,分子项对于物体表面固定点  $P$  来说为定值。假定云中水汽颗粒为均匀分布,可得到

$$I(P) = \frac{c}{v_1 \rho \int_s ds + 1} \quad (3)$$

式中  $c$  为物体在天空光线照射下的亮度。

从(3)式可得出下列结论:

(1) 观察者所看到的云中物体表面上  $P$  点亮度与光线衰减程度有关;

(2) 光线的衰减程度与光线穿透均匀分布水汽颗粒的距离有关。

从而得到下面的推论:在忽略水汽微粒对光的散射作用和假定云中水蒸汽微粒为均匀分布的前提下,观察看到的云中物体  $P$  点的亮度与光线穿透云的厚度有关。

### 2.2 色板映射技术

物体的色彩可通过 RGB 方法和亮度、饱和度、色调(即 HVS)方法来描述。两者是统一的,只是前者的显示效果略有不足,但要求硬件资源少。现将亮度模型与 RGB 方法结合制作透视云的方法——调色板映射技术分析如下:

假定物体反射光路为直线,若将光线穿透云的厚度均匀分成  $n$  等份,对(3)式的离散表达为:

$$I(P) = \frac{c}{Mv_1 \rho n + 1} \quad (4)$$

式中:

$n$ ——光线穿透云层厚度等份数( $0 \leq n \leq N$ );

$M$ ——云层  $n$  等分后的单位长度;

$N$ ——光线穿透云层厚度等份数。

对(4)式具体理解为:

当  $n=0$  时,  $I(P, 0) = c$ , 为物体  $P$  点在光照下的实际亮度;

当  $n=1$  时,  $I(P, 1) = \frac{c}{v_1 \rho M + 1}$ , 为物体  $P$  点在最薄云中的亮度;

当  $n=N$  时,  $I(P, N) = \frac{c}{v_1 \rho MN + 1}$ , 为物体  $P$  点在最厚云中的亮度。

即当光线穿透云层厚度增加时,物体上的亮度随之下降,云的白色加重。

在利用调色板描述上述结果时,需要预先制作  $N$  个调色板( $N$  与上述具有相同的函义)。这些调色板不能任意构成,必须与物景的真实颜色相对应。调色板色彩值求解公式为:

$$\begin{cases} R_{kj} = \frac{R_{0j}}{Mv_1 \rho k + 1}, & 0 \leq k \leq N \\ G_{kj} = \frac{G_{0j}}{Mv_1 \rho k + 1}, & 0 \leq j \leq Q \\ B_{kj} = \frac{B_{0j}}{Mv_1 \rho k + 1}, & Q = 2^D \end{cases} \quad (5)$$

式中:

$D$ ——提取索引色的位数;

$R_{0j}, G_{0j}, B_{0j}$ ——构成索引色显示的物体光照下颜色,与  $I(P, j)$  点亮度、饱和度和色调相对应。

由于物景的颜色采用索引色显示<sup>[2]</sup>,我们可取认为满意的索引色位数  $D$ ,则每块调色板含有  $2^D$  个  $R, G, B$  颜色值,如图 1 所示。

$$\begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ N \end{matrix} \begin{bmatrix} R_{00}G_{00}B_{00} & R_{01}G_{01}B_{01} & \cdots & R_{0Q}G_{0Q}B_{0Q} \\ R_{10}G_{10}B_{10} & R_{11}G_{11}B_{11} & \cdots & R_{1Q}G_{1Q}B_{1Q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{N0}G_{N0}B_{N0} & R_{N1}G_{N1}B_{N1} & \cdots & R_{NQ}G_{NQ}B_{NQ} \end{bmatrix}$$

图 1 映射调色板排列顺序

图 1 中,  $R_{00}G_{00}B_{00}, \dots, R_{0Q}G_{0Q}B_{0Q}$  表示物体真实色彩索引色的调色板值;  $R_{11}G_{11}B_{11}, \dots, R_{1Q}G_{1Q}B_{1Q}$  表示透过最薄云层观测的物体色彩索引色的调色板值;  $R_{N0}G_{N0}B_{N0}, \dots, R_{NQ}G_{NQ}B_{NQ}$  表示透过最厚云层观测的物体色彩索引色的调色板值。若物体  $P$  点处真实色彩调色板值为  $R_{0i}G_{0i}B_{0i}$  ( $0 \leq i \leq Q$ ), 令  $P$  点处云层厚度为  $k$  ( $0 \leq k \leq N$ ), 则  $P$  点的视觉色彩的调色板为  $R_{ki}G_{ki}B_{ki}$ , 其值由(5)式可得。显示时提取调色板  $k$ , 选  $P$  点的对应色彩 RGB 值, 即可达到透视云的逼真效果。

### 3 真实云的透视模型

依(1)式可得物体上  $P$  点亮度的离散表达形式为:

$$I(P, n) = \frac{c}{v_1 \rho Mn + 1} + v_2 \rho Mn \quad (6)$$

其亮度变化结果比(4)式多  $v_2 \rho Mn$  项, 该项代表散射对亮度、饱和度和色调的影响。只需在上述调色板制作过程中对映项色彩值进行调整即可构成图 2 所示调色板排列顺序。

$$\begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ N \end{matrix} \begin{bmatrix} R_{00}G_{00}B_{00} & R_{01}G_{01}B_{01} & \cdots & R_{0Q}G_{0Q}B_{0Q} \\ R'_{10}G'_{10}B'_{10} & R'_{11}G'_{11}B'_{11} & \cdots & R'_{1Q}G'_{1Q}B'_{1Q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R'_{N0}G'_{N0}B'_{N0} & R'_{N1}G'_{N1}B'_{N1} & \cdots & R'_{NQ}G'_{NQ}B'_{NQ} \end{bmatrix}$$

图 2 真实云映射调色板排列顺序

图2中,各元素均可利用所在列的第一行元素值生成,按下述公式计算

$$\begin{cases} R'_{kj} = \frac{R_{0j}}{v_1 \rho M k + 1} + v_2 \rho M k \\ G'_{kj} = \frac{G_{0j}}{v_1 \rho M k + 1} + v_2 \rho M k \\ B'_{kj} = \frac{B_{0j}}{v_1 \rho M k + 1} + v_2 \rho M k \end{cases} \quad (7)$$

## 4 结 论

透视云制作的调色板映射技术,已成功应用于《全天候战术领航模拟器》,效果很好,受到有关专家的好评,并荣获1997年军队科学技术进步奖励。



**鲍海** 博士,1997年毕业于华北电力大学(北京),现任教于华北电力大学(北京)。主要研究方向为电气技术及其自动化,计算机控制,图象处理与识别等。



**张粒子** 博士,教授,1991年毕业于华北电力学院,现任教于华北电力大学(北京)。主要研究方向为电气技术及其自动化,计算机控制和优化处理等。

(1) 由含水汽大气的自然景观亮度模型,得到云中物体亮度变化模型;

(2) 利用调色板映射方法成功地制作云中物景色彩,即透视云制作;

(3) 调色板映射关系及数据均离线操作,节省了大量的在线计算时间,提高了显示速度;

(4) 调色板映射方法为云中物体显示提供了可行的途径,效果逼真。

## 参 考 文 献

- 1 骆建宁,朱森良.自然山区大气景观模拟显示方法初探.中国图象图形学报,1998,3(4),309~311.
- 2 张益明.微机图象文件格式大全.学苑出版社,1994.



**何红红** 1986年毕业于北京理工大学应用数学系,现工作于空军第七研究所。主要研究方向为图象处理和图形变换以及算法等。



**孙淑艳** 1996年毕业于北京科技大学计算机应用专业,现任教于华北电力大学(北京)。从事计算机硬件设计和软件编程方面的工作。

## Research on Perspective Cloud Simulation Display by the Method of Palette Reflection

Bao Hai<sup>1)</sup>, He Honghong<sup>2)</sup>, Zhang Lizhi<sup>1)</sup> and Sun Shuyan<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(Electrical Engineering Department, North China Electric Power University, Beijing 102206)

<sup>2)</sup>(The 4th Researching Group of the 7th Researching Institute of Air Force, Beijing 100085)

<sup>3)</sup>(Information Engineering Department, North China Electric Power University, Beijing 102206)

**Abstract** Based on the intensity model of natural landscapes with steam environment in the HVS display method, the perspective cloud discrete model is formed to determine the transformation relations between the parameters of R、G、B (red, green, blue) and the intensity in the RGB display method. The highly speed model of perspective cloud is presented. This method has such characteristics as high speed, good effect for display.

**Keywords** Perspective cloud, Palette, Reflection method, Intensity model