

仿真模型表面明暗效应特性研究

张伟 张春华 任佳阅

(空军航空大学, 长春 130022)

摘要 结合基本明暗效应模型的有关知识,分析了 Creator 建模软件中材质属性的含义,研究了使用 Creator 软件进行明暗处理的原理和方法。这些技术在飞行仿真建模中得到了应用,保证了场景中几何物体的真实,获得了满意效果。

关键词 计算机图形学 明暗效应 材质 着色

中图法分类号 TP391.41; **文献标志码** A

在自然界中,当从光源发出的光照射到物体表面时,光可能被反射、透射和吸收。被物体吸收的部分转化为热,只有反射和透射的光才可能被人的视觉系统感知,产生视觉效果,使我们能看见物体。物体表面的颜色取决于物体表面的反射光和透射光的光谱分布以及物体表面对入射光中不同波长的光的吸收程度;而表面的明暗程度取决于反射光和透射光的强弱。根据 RGB 颜色模型,人的眼睛通过三种可见光对视网膜的锥状细胞的刺激来感受颜色。这些光在波长为 630 nm(红色)、530 nm(绿色)和 450 nm(蓝色)时的刺激得到最高峰。为模拟这一现象,需要建立一些数学模型来替代复杂的物理模型。这些模型就称为明暗效应模型^[1]。

在视景仿真中,要使模型具有真实感,一要能反映模型表面颜色和亮度的细微变化,能表现物体表面的质感;二要能模拟出透明物体的透明效果和镜面物体的镜面效果。要想真实反映所建立的模型在外形、明暗、质感等各方面都与真实对象基本相似,除了有必须的光源外,还要通过模型的明暗效应体现质感,这样才能正确描绘一个物体的色彩以及色彩在光照环境下的明暗变化效果,如图 1 所示。本文综合计算机图形学的光照技术,结合在飞行仿真

建模的实践,对在 Creator 软件中对模型进行明暗处理的原理和方法进行了研究。

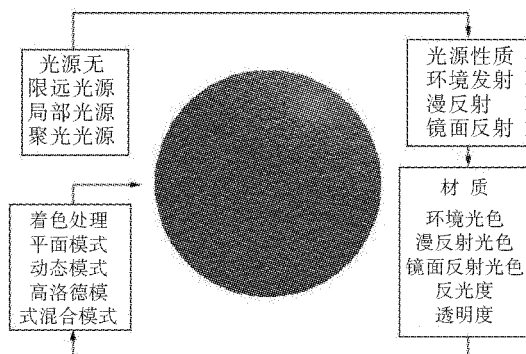


图1 真实感模型绘制

1 明暗效应模型

当光线照射到一个不透明物体表面时,物体表面的反射光决定了物体呈现的颜色,它的强弱差别表现了物体的明暗效果。为了综合反映光照效果,需要建立明暗效应模型。

通过光源中红(R)、绿(G)、蓝(B)的强度的比较,来感受到光的颜色的变化。红、绿、蓝是这种视觉理论使用的三种颜色基色,不同强度的几种基色加在一起可以生成另一种颜色。因此,可以假定入射光、反射光和透射光都仅仅由红、绿、蓝三种基色组成。

2009年10月27日收到

第一作者简介:张伟(1965—),空军航空大学高级工程师。研究方向:视景仿真。

1.1 反射光的三种形式

在明暗效应模型中,将物体反射的光分为环境光、漫反射光和镜面反射光三种形式^[2]。环境光为模型的所有表面提供恒定照明的背景光,它既没有特定的光源也没有方向,环境光对模型的每个表面都提供相同的照明。环境光的作用的是,使没有直接受到照射的物体表面也有一定的亮度,从而使物体与背景区分开来。只有环境光照射时,物体表面上某点处的光的强度 I_e 为:

$$I_e = k_a I_a \quad (1)$$

式(1)中, I_a 为环境光的强度, k_a 表示环境光的反射系数。不同的物体表面具有不同的反射系数,在同样环境光强度下表现为不同的亮度,但同一物体表面的亮度是一个恒定值,没有明暗的自然过渡。由于环境光只能为每个面产生一个平淡的明暗效果,因而在绘制场景时很少单独考虑环境光作用。

在点光源照射下,粗糙的物体表面将反射光向各个方向散射的现象称为漫反射。漫反射的特点是,当光线以一定角度入射到物体表面后,被物体表面漫反射而向各个方向以同等强度发散,而与观察方向无关,因而无论从哪个角度看,该点的亮度都是相同的,如图2所示。物体表面 p 点漫反射光的强度 I_d 可描述为:

$$I_d = I_p K_d \cos \theta; \theta \in [0, \pi/2] \quad (2)$$

式(2)中, I_p 为点光源的光强度, K_d 为物体的漫反射系数, θ 为 P 点的法向矢量 N 与入射光 L 之间的夹角。由图2可以看出,对于这个物体来讲,当点光源光的强度一定时, I_d 只与 θ 有关。改变光线入射角度,漫反射光的强度 I_d 发生变化,当光线以垂直于物体表面的方向入射时,物体表面漫反射光的强度 I_d 最大,物体看上去最亮。

光滑物体表面对光的反射表现为镜面反射,物体表面在点光源照射下,会形成一个特别明亮的区域,即所谓的“高光”,它是物体表面对入射光进行镜面反射产生的。镜面反射遵循反射定律,入射光和反射光位于表面法线两侧。对于理想镜面,入射角等于反射角,观察者只能在反射光线方向上看到反射光。对于非镜面的非理想反射,观察者偏离反

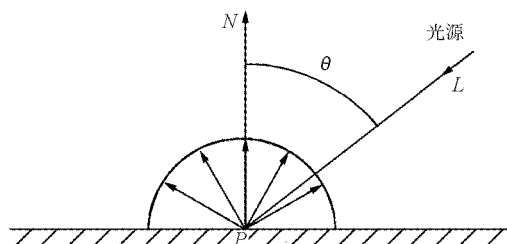


图2 漫反射光的强度只与光线入射方向有关

射光线 R 一定角度 ϕ ,也能看到反射光,这是观察者看到的是一块高光区,如图3所示。高光区可见范围的大小与物体表面光滑程度有关,表面越光滑可见范围越小。

镜面反射光的强度 I_s 可表示为:

$$I_s = I_p K_s \cos^n \phi \quad (3)$$

式(3)中, I_p 为入射光的强度; K_s 为物体的镜面反射系数; n 为物体表面镜面反射指数,它反映反射光的亮度随着 ϕ 变化而变化的剧烈程度,随着 ϕ 的增大(观察方向 V 偏离反射光方向 R),高光区逐渐增大,其亮度逐渐衰减。

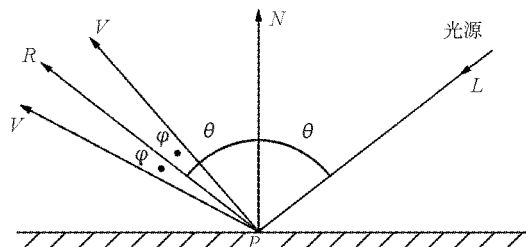


图3 镜面反射

综合考虑环境光、漫反射光和镜面反射光重叠照射的区域,总的反射光的强度为:

$$I = I_e + I_d + I_s \quad (4)$$

1.2 透明与折射

自然界的大多数物体通常会遮挡光线的,如果光线可以自由地穿过物体时,这个物体就是透明的;如果光线不是全部穿过物体,就表现为半透明。这里所指的“穿过”,不单指光源的光线穿过透明物体,还指透明物体背后的物体反射出来的光线也要再次穿过透明物体,这样就可以看见透明物体背后的其它物体。由于透明物体的密度不同,光线入射后会发生折射。不同的透明物质其折射率是不一样

的,即使同一种透明的物质,温度的不同也会影响其折射率,比如,当穿过火焰上方的热空气观察对面的景象时,会发现有明显的扭曲现象,这是因为温度改变了空气的密度。正确的应用折射率,是真实再现透明物体的重要手段。

2 明暗效应在 Creator 中的实现

2.1 模型的材料

材质可以看成是材料和质感的结合。在视景观察中,它是物体表面的色彩、光滑度、透明度、反射率、折射率、发光度等各可视属性的结合。

要正确模拟光的明暗效应,首先应赋予模型材质。打开材质选项板(如图4所示),从材质库选择一种材质,编辑材质。设置模型材质的受光属性,将编辑好的材质应用到模型上,使它具有质感。受光属性包括:

Ambient(环境光色)用于指定光源照射模型的环境光颜色,实际上决定了光源的光照强度,通常设定为暗黑色或黑色;Diffuse(漫射光色)用于指定光源照射模型的漫反射光的颜色;Specular(镜面反射光色)用于指定光源照射到模型上时反射光颜色。通常把反射光颜色设为白色;Emission(放射光色)用于使物体自发光,但不会影响到场景内的其它物体;Shininess(反光度)用于可以改变高光区的范围大小;Alpha(透明度)用于可以改变物体的透明程度。

综合调节上述参数,可设置材质本身所具有的明暗特性。

2.2 光源类型

离开光的照射,材质是无法体现的,只有当模型具有了材质属性后,光的作用效果才能体现出来。在仿真建模中,材质和光必须同时存在,才能使仿真模型具有逼真的效果。

Creator 支持如下三种类型的光源^[3]:

无限远光源(Infinite):无限远光源,用于模拟太阳光;局部光源(Local):模拟空间一点向四周散射光线的光源,可产生类似一个灯泡的照明效果;聚光光源(Spot):从空间一点发出有向光的光源,可产生

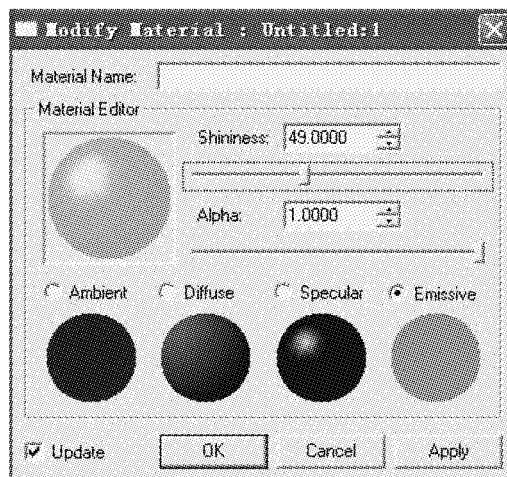


图4 设置物体材质的受光属性

类似手电筒的照明效果。

具体建模时,可根据需要设置几个不同类型的光源同时作用在一个模型上。在用 Opengvs 视景管理软件驱动模型时,这样定义的光源是有效的。

2.3 着色模式

具有材质的模型在模拟光源照射下,通过着色处理来确定模型表面的实际颜色。Creator 中定义了四种着色处理模式:平面模式(Flat)、动态模式(Lit)、高洛德模式 Gouraud 以及混合模式 Lit Gouraud^[4]。平面模式忽略了材质和光源的影响,一般只在建模过程中使用。最真实的着色模式是动态模式,它在实时计算模型表面颜色时,同时考虑了材质和光源照射的影响,而高洛德模式和混合模式,则不考虑材质影响。

在实际应用中,往往针对几何模型离视点的远近不同而采用不同的着色方式。在每一种着色模式下,调整取样阈值(Sampling Tolerance)和夹角阈值(Angular Tolerance)会影响着色效果。取样阈值 Sampling Tolerance 决定两个顶点是否是同一个坐标点,如果两个点之间距离小于 Sampling Tolerance 的设定值,则这两个顶点的坐标被认为是相同的,当对较小的几何面进行处理时,夹角阈值 Sampling Tolerance 的值应当设得较小。Angular Tolerance 决定相邻两个几何面之间的平滑方式,当两个几何面的法线夹角小于 Angular Tolerance 的设定值时,相邻两个面进行平

滑着色,反之,则进行非光滑着色。图 5(a)为取样阈值为 0.001 个单位距离、夹角阈值 89;图 5(b)为取样阈值为 1 个单位距离、夹角阈值 30。

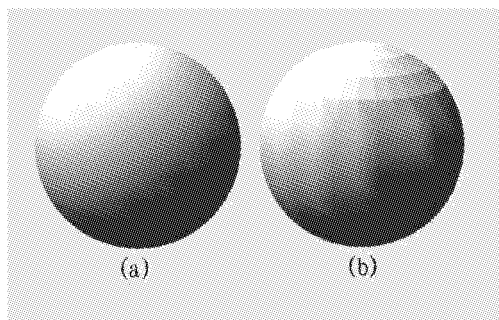
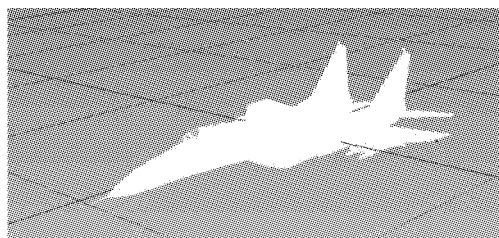
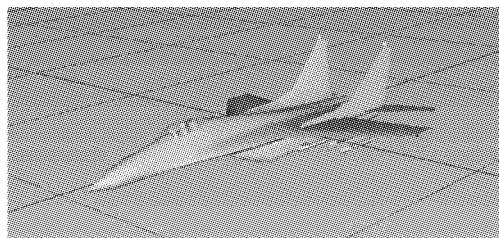


图 5 取不同阈值时的着色效果

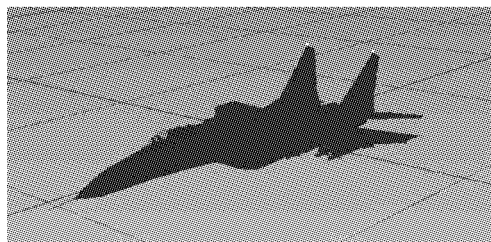
综上所述,材质和光源二者是密切相关的,如果在编辑材质时忽略了光的作用,是很难调制出有真实感的材质的,模型应用到实际仿真环境中就会造成失真。图 6 给出了一组模型显示效果实例。模型均具有相同材质、相同光照角度和相同的动态着色模式,选用的 Ambient 和 Diffuse R、G、B 不同。显然,(a)偏亮,(c)偏暗,(b)模型显示效果最好。



Ambient R、G、B 值均为 255
Diffuse R、G、B 值均为 192
(a)



Ambient R、G、B 值均为 0
Diffuse R、G、B 值均为 192
(b)



Ambient R、G、B 值均为 0
Diffuse R、G、B 值均为 0
(c)

图 6 模型显示效果对比

因此,在材质编辑器中调节各种属性时,必须考虑到场景中的光源,最终以达到良好的视觉效果为目的。当然,也不能一味的照搬物理现象,毕竟仿真和现实之间还是存在差距的。

3 结束语

自然环境中,物体光照效果和照明环境之间的关系是比较复杂的。Creator 虽然提供了足够多的光源类型来模拟现实光源,但就其本质而言,仅解决了光源的直接照射问题,而对自发光模型有效影响周围其它模型以及现实中的光线再次反射现象还不能进行有效模拟。另外,关于光照下模型阴影效果模拟,需要另行处理,本文未做讨论。

参 考 文 献

- 1 坎宁安 (Cunningham S),石教英,潘志庚. 计算机图形学. 北京:机械工业出版社,2008
- 2 李松维,励映群,陈 蕾. 计算机成像技术与应用. 长春:吉林人民出版社,2002
- 3 王 乘,周均清,李利军. Creator 可视化仿真建模技术. 武汉:华中科技大学出版社,2005
- 4 孟晓梅,刘文庆. Mutigen Creator 教程. 北京:国防工业出版社,2005

(下转第 1275 页)

Design and Implement of ATCA Management Module Simulator

LI Wei, SHANG Xue-qun, CHEN Jian-quan

(Department of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xian 710072, P. R. China)

[Abstract] As the next-generation computing platform standards, ATCA received widespread attention and favor. It becomes the darling of the next generation communication technology thanks to its reliability and stability. Its management module is the control center of the whole ATCA responsible for the management, monitoring the status of all the equipment rack and provides a variety of external management interface to interact with third-party software. There is currently no management module simulator, its features and functionality are summarized, is designed and implemented, which provides a convenient for software developing and testing on the ATCA. Finally, an entire virtual ATCA Environment was established using it. An internationally renowned company's middleware run well on the virtual Environment. the simulator

[Key words] simulator ATCA Xml RPC data synchronization IPMI

(上接第 1251 页)

Research for Transformer Fault Daignosis and MATLAB Simulation Based on RBF Neural Networks

WU Hong-Qi, ZHOU Ni-na, WANG Chun-ying

(Dept. Electronics & Elect. Eng., Baoji Coll. Arts & Sci., Baoji 721007, P. R. China)

[Abstract] A diagnosis technology adopting radial-basis function neural networks is introduced to improve the diagnosis efficiency. The structure and fundamental of RBF neural network are analyzed, a three-layer RBF neural network is designed. It is proved by MATLAB experiment that RBF neural network is a strong classifier which is used to diagnose transformer fault effectively.

[Key words] transformer radial-basis function neural network fault diagnosis

(上接第 1270 页)

Research on the Light and Shade Effects Characteristics of the Surface of Simulation Model

ZHANG Wei, ZHAGN Chun-hua, REN Jia-yue

(Air Force Aviation University, Changchun 130022, P. R. China)

[Abstract] The meaning of material properites of the modeling software creator was analysed combining the the associated knowledge of basic light and shade model. The principles and methods of light and shade processing in Creator software are researched. These technologies is applied in flight simulation modeling to ensure the reality of the geometric objects in the scene and obtained satisfactory results.

[Key words] computer graphics shading effects material coloration China library