

3 维复杂树木场景建模及动画制作

刘晓茜 曹卫群 张璐

(北京林业大学信息学院, 北京广播电视大学文法教学部, 北京 100083)

摘要 为了对 3 维复杂树木场景进行真实感强的建模和动画制作, 在“桃林”和“毛白杨”两项场景建模及动画制作研究工作的基础上, 探讨了一种适合 3 维复杂树木场景建模及动画制作的优化方法。该方法首先把复杂树木场景, 根据对视觉影响大小的不同分解为近景和远景; 然后在建模和动画制作过程中, 采用不同的技术进行处理, 其中, 对近景树木可基于粒子系统进行建模和动画制作, 而对远景则根据需要分别采用树木层叠环形柱状背景, 以及约束平面贴图的方法进行建模和动画制作。由此建立的复杂树木场景, 不仅近景生动逼真, 而且远景也能获得理想的视觉效果, 从而实现了简化模型与视觉效果之间的平衡。

关键词 近景 远景 粒子系统 层叠环形柱状背景 约束

中图法分类号: TP391.41 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)01-0136-06

The Modeling and Animation of Complex 3D Forestry Scenarios

LIU Xiao-qian, CAO Wei-qun, ZHANG Lu

(School of Information Science and Technology, Beijing Forestry University,

Department of Literature and Law, Beijing Radio and Television University, Beijing 100083)

Abstract This paper analyzes the application of an optimized method in the modeling and animation of 3D complex forestry scenarios of peach and Chinese white poplar. The paper divides the forestry scenarios into close views and distant views respectively according to different visual impacts, and applies different modeling and animation procedures. The particle system is employed in the close views while the methods of multi-layer circle cylinder background and the plane-mapping constrains model are adopted for the distant views. The complex 3D forestry scenarios created have vivid close views and excellent visual effects in distant views. The method well accomplishes the simplification of models and the optimization of visual effects.

Keywords close view, distant view, particle system, multi-layer circle cylinder background, constraint

0 引言

在 3 维场景建立过程中, 根据不同的要求, 需建立各种建筑、角色以及植物等模型。某些场景还需要大量的树木模型, 它们甚至是整个场景的主体部

分。由于树木本身具有枝叶细节繁多、结构复杂的特点, 致使大规模树木场景模型数据量巨大, 而且即使进行单株树木建模, 也会受到场景复杂度的限制, 很难逐一表现其众多的枝叶细节特征, 而进行大规模树木场景建模, 更难以对其中逐棵树木建立包含丰富细节的几何模型。因此, 探索优化的建模方式

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60703006); 国家高技术发展研究计划“863”项目 (2006AA10Z232); 国家科技支撑计划项目 (2006BAD10A03)

收稿日期: 2008-05-18 改回日期: 2008-10-22

第一作者简介: 刘晓茜 (1983—), 女。2008 年获北京林业大学设计艺术学硕士学位。主要研究方向为景观动画技术。Email: liuxiaoqian_615@163.com

对进行大规模复杂树木场景的建模和动画制作非常重要。本文把复杂树木场景, 根据对视觉影响大小的不同分解为近景和远景, 并在建模和动画制作过程中, 采用不同的技术进行处理。

目前 3 维树木建模主要采用以下几种方法^[1]: L 系统 (string rewriting system)、分形 (fractals) 技术、粒子系统 (particle system) 等。L 系统是由美国植物学家 Lindenmayer 于 1968 年提出的字符串重写系统或正规文法系统^[2], 该系统适用于描述植物的形态结构^[1]; 分形建模是根据对象整体与局部的自相似性来描述自然界中的不规则物体^[3]; 粒子系统是 Reeves 于 1983 年提出的采用许多简单的微小粒子 (例如点、小立方体、小球等) 作为基本元素来模拟不规则模糊物体的方法。到目前为止, 这些方法已经被广泛应用于树木等自然景物的模拟中^[4-6]。目前, 一些商用软件, 如 3ds max、Maya 等软件就集成了粒子系统等比较成熟的建模方法。在 3 维软件 3ds max^[7]中, 粒子系统有事件驱动和非事件驱动两种不同类型。其中事件驱动粒子系统, 又称为粒子流 (PF Source, 即 particle flow source), 它通过测试粒子属性, 并根据测试结果将其发送给不同的事件。粒子位于事件中时, 每个事件均指定了粒子的不同属性及行为。在非事件驱动粒子系统中, 粒子通常在动画过程中显示类似的属性。通常情况下, 对于简单动画, 如下雪或喷泉, 使用非事件驱动粒子系统进行设置要更为快捷和简便; 而对于较复杂的动画, 如随时间生成不同类型粒子的爆炸, 使用“粒子流”则可以获得最大的灵活性和可控性^[7]。

此外, 3ds max、Maya 等商用软件还提供了若干类成型的单株树木模型, 是进行树木场景建模的有效工具。用 3ds max 软件建立树木模型, 最直接的方法是基于 3ds max 软件提供的树木模型来进行建模。虽然此方法可以方便快捷地建立孟加拉菩提树、棕榈、苏格兰松树、针松、美洲榆、垂柳等树木模型, 但由于 3ds max 软件自带的植物模型仅有 12 个树种, 仅使用 3ds max 软件自带的树木模型进行建模有很大的局限性, 因此, 结合树木模型插件使用 3 维软件进行树木建模的方法应用较为普遍^[8-9]。常用的树木插件有 RPC、SpeedTree、ForestPro 等。其中 RPC^[10]是一款包含了家具、人物、植物等模型的全息 3 维模型插件, 虽然该插件具有操作过程简单快捷的优势, 但其所建立的树木模型种类却受限于其自带的模型库。另外, 由于该插件采用全息贴图

的建模方式, 因此其表现效果缺乏真实感, 仅适用于快速制作少量树木的远景效果。SpeedTree 插件^[10]树木制作系统内含多个树种模型库和一个独立的编辑程序。在其所提供的编辑程序中, 使用者可对树木的主干、支干、树叶、灯光及风力等参数进行调节。在场景中添加风力后可生成树随风动的动画, 其整体效果逼真, 但文件数据量较大, 且存在树木模型受场景灯光制约的问题。ForestPro^[10]插件是采用单片或交叉面片赋贴图的方式来建立树木模型, 其建成模型整体数据量小, 且操作过程方便快捷, 适用于建立大面积的树木场景。

本文以“桃林”和“毛白杨”两个实际的虚拟场景仿真为例, 探索了一种适合 3 维复杂树木场景建模及动画制作的优化方法, 并把复杂树木场景根据对视觉影响大小的不同分解为近景和远景, 在建模和动画制作过程中, 采用不同的技术进行处理。

1 近景中的树木模型及动画建立

1.1 预期实现的效果及选择实现方法分析

“桃林”仿真项目表现的场景为群山环绕中一片盛开的桃林, 由 3ds max 软件构建。由于场景涉及树木繁多, 若全部进行几何建模, 将导致整体场景数据量庞大, 因此仅在需细腻表现的近景镜头中创建表现细节特征的树木几何模型, 而在远景镜头中, 则通过 ForestPro 插件生成大面积树木。在近景镜头中, 展现了一株桃树在一片桃林的背景下花朵盛放婀娜多姿的景致, 粉色的桃花在微风吹拂之下轻轻摇曳于枝头之上, 部分花瓣在风力的作用下渐渐飘落于地面。桃树主干的模型是用 3ds max 软件中几何建模的方法在其自带的树木模型的基础上修改创建的; 而桃树枝干上大量花朵的建模和花瓣动画的制作则是基于 3ds max 软件中的粒子系统 PF Source 来实现。单株桃树的具体创建方法将在后面详细介绍。

1.2 树木枝干结构的创建

为了提高工作效率, 本文通过选用并编辑修改 3ds max 中自带的树木模型来创建树木的枝干主体结构, 具体实现方法如下:

- 1) 在 3ds max 软件自带的树木模型中, 选择与桃树枝干大体结构相似的美洲榆模型作为桃树枝干建模的原始结构, 删除其树叶, 仅保留其枝干部分;

- 2) 将仅留有枝干部分的树木对象转化为可编

辑网格,并将需绽放桃花的枝干从原树木对象中分离成单独对象;

3)将场景中的两个对象塌陷为可编辑多边形,并在其顶点层级上,对主干及各级支干进行相应编辑修改,使其外观特征符合桃树枝干的主体结构。

1.3 细部结构的创建

桃树枝干主体结构构建完毕后,再通过粒子系统的 PF Source来实现支干上生成大量花朵的工作。具体实现方法如下:

1)为了能够更为细致真实地表现桃树的细节,可先以多边形建模的方式创建出桃花的单体模型,同时创建出桃花的材质;

2)在场景中创建一粒子系统 PF Source。此时在修改面板的 PF Source粒子视图的事件显示区域即可见一个带有默认初始属性的全局事件及一个出生事件;

3)为了将需生成花朵的支干设定为粒子发射对象,可选取视图下方仓库中的“位置对象 (position object)”操作符来替代出生事件中的“位置图标 (position icon)”操作符,并选定发射器对象为需生成花朵的桃树枝干对象,使其从此特定对象上发射粒子;

4)在真实世界中,由于一株开满桃花的桃树上所有花朵姿态的朝向各有不同,因此在出生事件的“旋转 (rotation)”操作符中,需通过设置合适的方向矩阵,使粒子的方向角度产生随机变化,以便使将来生成的花朵在支干上的姿态更加真实自然;

5)选择仓库中的“图形实例 (shape instance)”操作符替代初始的“图形 (shape)”操作符,并将拾取的单体花朵模型作为粒子几何体对象,用来替代支干上的所有粒子,同时通过实例化该粒子系统,即可在支干上生成大量桃花模型;

6)对粒子的材质进行设置,使其表现为桃花的颜色质地,在全局事件中,添加“材质静态 (material static)”操作符,并将材质指定为所创建的桃花材质,作为粒子在整个事件期间的恒定材质;

7)最后,删除不需要的“速度 (speed)”操作符,以便使粒子静止于发射对象之上。至此就完成了桃树细部结构的创建。

1.4 树木动画的制作

由于桃树动画可主要分为花朵摇曳于枝头、花瓣随风飘舞以及落地后的细微动作 3部分,因此动画的创建也分为以下 3部分进行。

1) 花朵在枝头随风摆动动画

真实世界中,由于盛开的花朵在风力作用下会产生细微摆动,所以可在粒子系统的出生事件中添加一“自旋 (spin)”操作符,并通过设置适当的自旋速率及变化参数来模拟桃花随风摆动这一细节动作。

2) 花瓣随风飘舞落向地面的动画

为了生动逼真地模拟花瓣飘落的过程,本文在 3维场景中添加了风力及重力,并对飘落的花瓣设置碰撞条件,使其在风力及重力的作用下飘落至地面后,停留于地表而不会进入地面继续运动。具体实现方法如下:

(1)在粒子视图中新建一“碰撞 (collision)”测试事件,准备用于设置飘落花瓣的动作;

(2)为了分离出用于飘落的花瓣,在出生事件末端添加“分割量 (split amount)”测试,通过设置“分割量”测试中的粒子比例,将粒子总数的 3% 发送至新建的碰撞测试事件,即对整株桃树花朵的 3% 设置飘落的动画;

(3)在场景中创建风力及重力,并根据飘落状态所需效果,适当调节其参数;

(4)在碰撞测试事件中,添加“力 (force)”操作符,并在力空间扭曲中添加场景中的风力及重力,与此同时,再在该碰撞测试事件中,通过添加“速度”操作符,并结合重力、风力、速度及方向等因素相互协调设置参数来以此模拟花瓣在风力及重力影响下的自然飘落状态;

(5)最后,在场景中建立一符合地面角度的导向板,并将其添加在“碰撞”测试设置中,以便用于测试粒子与导向板间的碰撞,同时使飘落花瓣的粒子停于地表,避免花瓣进入地面。

3) 花瓣落地后的动画

真实世界中的花瓣在飘落至地面之后,仍受到风力作用,因而还会产生细微的动作。为了模拟这一微小的细节动作,需对已飘落到地面的花瓣进行以下处理:添加一“速度”操作符事件与碰撞测试事件相关联,并在该事件中添加“自旋”操作符,使其与“速度”操作符中的参数协调,用于控制已落地粒子的旋转及运动速度,以此实现花瓣落地后细微旋转的细节运动。

至此,桃树模型及动画的创建已全部完成,再对整体场景设定的动画进行渲染,即可得到完全满足预先设定效果的输出。由输出结果可见,前景桃树

造型逼真、动画自然流畅、细节丰富,与整个桃林背景浑然一体,真实地模拟了真实世界中的迷人景色。全部粒子流事件流程如图 1 所示,桃林整体渲染效果如图 2 所示。

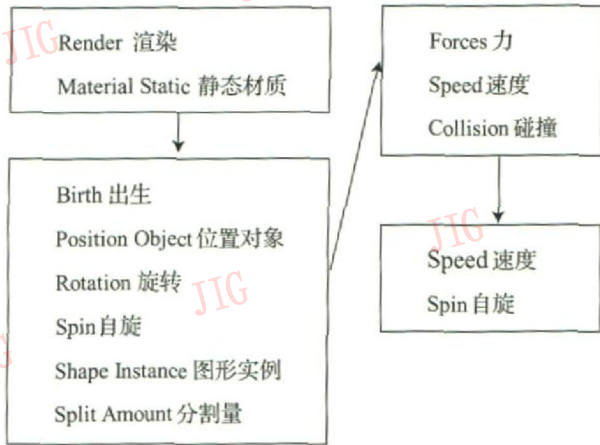


图 1 粒子流事件流程图

Fig. 1 PF Source events flow chart



图 2 桃林场景渲染效果

Fig. 2 The forestry of peach rendering effect

2 远景树木的场景表现及动画

在“桃林”场景仿真项目中,作为背景的远景桃树需产生一片树林的效果,而对于如此大规模的场景中的每一株桃树,若都采用 3 维建模的方法进行制作,则将导致整个场景数据量过大,进而严重影响渲染速度;另一方面,由于大部分树木处于远景中,视觉重要度较低,通常无需过多表现树木的结构细节,因此,本文利用 ForestPro 插件,并用单面材质贴图的方法来表现每株桃树,以形成“桃林”的大面积桃树远景。使用此插件操作不仅方便快捷,而且以材质纹理贴图代替繁多的几何细节,可在满足整体视觉效果的同时,大大减少场景的总数据量。

但是,在近景数据量较多的情况下,会对远景表现方法提出更高的要求,上述远景建模的方法所产生的数据量与近景数据一起仍然会形成巨大的数据总量。在“毛白杨”仿真项目中,笔者探索了一种在保持视觉效果的同时,使数据量更为精简的远景建模方法。

“毛白杨”仿真项目中,整体场景需要展现一片排列整齐的毛白杨树林:近景镜头中要求能真实而细腻地表现一定直径距离范围内的若干株毛白杨;远景镜头中的毛白杨则需有足够的数量,且具有层次感及正确的透视关系。针对该预期效果,笔者将毛白杨树木场景划分为近景树木、中景树木以及背景树木模型 3 部分,其中中景树木及背景树木构成了毛白杨林的远景。近景树木模型的创建方式与“桃林”近景的创建方式类似,采用 3 维建模的方法,利用商用软件来完成,在此不再赘述,而重点说明其远景的相关工作。

2.1 远景树木的场景表现

由前述可见,毛白杨林的远景包括中景树木和背景树木。中景树木位于近景树木之后及背景树木之前,与二者相比,视觉重要度居中,本文先采用与 ForestPro 类似的平面贴图的方式来表现每株树木,然后对树木进行行列方向上的排列。这种方法早已为众多业界人士所熟知,此处不再叙述。由于背景树木与视点距离最大,视觉重要度最低,因此可采用在层叠环形柱状背景上重复贴图的方法^[11]进行创建,如此一方面可以表现一定的景深效果,以保证视觉的真实感;另一方面可以大幅度地减少场景的数据量。其具体实现方法如下:

1) 在近景树木及中景树木模型的外围,创建定义柱状背景位置的圆形曲线;

2) 将选取的“挤出”修改器应用于所创建的圆形曲线,以产生对应的圆柱曲面模型,并根据场景树木的高度及透视关系确定修改器的挤出量,同时定义圆柱曲面,即背景树木的高度;

3) 若该圆柱曲面模型的正法线指向圆柱外侧,则对于圆柱曲面模型,可应用“法线”修改器使圆柱曲面的正法线方向指向圆柱内侧;

4) 对圆柱曲面模型赋予预先处理完毕的带有 alpha 通道的单株毛白杨材质贴图,并在材质编辑器中,通过适当调整贴图的重复次数来表现分布于圆柱曲面上的多株树木;

5) 为了表现景深效果,根据场景的需要,本文以半径依次递减的方式复制上述圆柱曲面模型,先

形成 9 层半径依次递减的同心圆柱面 (如图 3 所示), 然后对每个圆柱面的树木贴图进行略微调整, 使各柱面贴图互不相同, 以避免场景产生重复、呆板的效果。至此, 背景树木模型的建立工作完成。

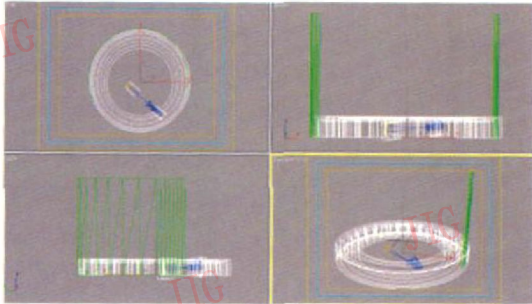


图 3 用层叠环形柱状贴图方法进行背景树木建模
Fig 3 Background trees modeling by using multi-layer circle cylinders

毛白杨林场景的整体渲染效果如图 4 所示。



(a) 整体渲染效果



(b) 林中渲染效果1



(c) 林中渲染效果2

图 4 毛白杨林场景渲染效果

Fig 4 The forestry of Chinese white poplar rendering effect

2.2 为制作远景镜头动画建立约束

由于中景树木建模是采用平面贴图的方式创建, 即将各中景树木表示为一个带有贴图的平面, 因此当摄像机在场景中移动时, 需要对各中景树木平面约束进行定义, 使其始终面向摄像机, 以避免观察到树木平面侧边的情况。具体方法如下:

1) 为所有平面贴图树木对象添加相关于摄像机 A 的注视约束, 以便当摄像机运动时, 使所有平面贴图树木始终面向摄像机。

这里各平面贴图树木是通过以该平面的轴心点为中心的旋转变换来始终保持与旋转中心和摄像机之间的连线垂直。由此可见, 当该摄像机在 Z 轴方向产生位移时, 由于注视约束关系的存在, 致使所有平面贴图树木对象会发生倾倒。显然可以通过限定各平面贴图树木只以 Z 轴为中心进行旋转来解决这个问题。但是, 由于所用的 3ds max 软件尚无此功能, 因此本文设定了约束摄像机 A。

2) 将摄像机 A 专用于约束平面贴图的树木对象, 并将其运动轨迹约束在平面贴图树木中心的水平平面上。

3) 最后, 新建一摄像机 B 用于创建摄像机镜头动画 (如图 5 所示)。该摄像机在水平平面上的移动路径需与摄像机 A 的移动路径保持一致, 而 Z 轴方向位移则无需受限。此时, 摄像机 B 在运动过程中, 所有平面贴图树木均始终面向镜头, 且垂直于地面。



图 5 摄像机约束设置

Fig 5 Camera constraint setting

至此就完成了中景镜头动画建立中的约束工作。

另一方面, 由于背景树木离视点较远, 且采用圆柱曲面贴图的方法创建, 因此制作动画过程中, 摄像机在圆柱内部的移动对背景树木的视觉表现影响很小, 不需要做约束处理。

渲染输出后的毛白杨树林场景动画 (图 4), 由图 4 可见, 近景树木模型细致, 远景树木层次感透视感极佳, 在视觉效果上达到了预期的树林茂密、排列整齐的要求, 不但整体效果真实, 且整个场景的数据量得到了较好的控制 (如图 4 所示)。

3 结 论

本文以“桃林”和“毛白杨”两个实际项目的工作为背景,探讨了适合 3 维复杂树木场景建模及动画制作的优化方法。“桃林”虚拟场景项目中创建近景单株桃树模型的面片数为 3 365,其表现了丰富的植株细节,具有高度的真实感,而远景模型中的单棵桃树的面片数为 1,可采用纹理贴图的方法进行建模,这就在很大程度上降低了场景模型的数据量。“毛白杨”虚拟场景项目中,单株中景树面片数为 1,而远景中,540 棵杨树共用 252 个面片进行建模,从而进一步提高了场景模型的简化程度。所完成的“桃林”虚拟场景动画不仅近景生动真实,而且远景效果也比较理想。而“毛白杨”虚拟场景项目则根据其场景结构和预期效果采用了更为灵活的建模方法,既保证了整体渲染效果,又有效地降低了场景模型的数据量。

近景树木模型的建立方法可应用于其他树木模型的建立工作,例如可通过将细节部分的桃花单体模型替换为其他花朵模型、树叶模型或树叶贴图平面模型来创建更多的场景。在进行远景树木模型建模时,可采用平面贴图与层叠环形柱状背景相结合的方法,在满足大面积复杂树木场景真实感和层次感的同时,有效地降低整体场景模型的数据量,以便在视觉效果与渲染速度两方面找到一个平衡点。对于平面贴图树木模型建模,还可使用虚拟对象替代上文中摄像机设定的注视约束。

以上 3 维场景树木建模及动画制作的系列方法,由于不受插件及 3ds max 软件本身的限制,因此适用范围较广。

参考文献 (References)

[1] Ni Cheng-qun, Song Tie-ying. Onyx 3-D simulation technology for trees [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology

2005, 32(2): 46-49. [倪成群, 宋铁英. Onyx 树木三维造型技术 [J]. 福建林业科技, 2005, 32(2): 46-49.]

- [2] Zhang Ming-shu, Zhang Yan, Wang Weir-min, et al. Computer simulation algorithm research of three-dimensional plant [J]. Computer Technology and Development, 2006, 10(16): 108-117. [张明书, 张燕, 王维民等. 三维植物的计算机模拟算法研究 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 10(16): 108-117.]
- [3] Mao Wei-qiang, Pan Yun-he. An introduction to plant's 3D modeling methods [J]. Computer Science, 2000, 27(6): 35-37. [毛卫强, 潘云鹤. 植物三维建模方法综述 [J]. 计算机科学, 2000, 27(6): 35-37.]
- [4] Li Xiao-qing, Huang Xin-yuan. Realization of tree creating software based on 3DS MAX [J]. Agriculture Network Information, 2005, (7): 14-17. [李小青, 黄心渊. 基于 3DS MAX 脚本的树木生成软件的实现 [J]. 农业网络信息, 2005, (7): 14-17.]
- [5] Qi Yan, Wang Yan, Shen Tie-cheng. Application of fractal geometry in 3D-tree modeling [J]. Transactions of Shenyang Ligong University, 2005, 24(2): 33-36. [祁燕, 王琰, 申铁成. 分形几何在三维树木建模中的应用 [J]. 沈阳理工大学学报, 2005, 24(2): 33-36.]
- [6] Long Jie, Su Xi-you. Research and Progress of arboreous plant 3D visualization in China [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2007, 35(6): 4-7. [龙洁, 苏喜友. 国内树木三维可视化技术研究进展 [J]. 林业机械与木工设备, 2007, 35(6): 4-7.]
- [7] Autodesk Inc. 3ds Max 9 User Reference [CP/DK]. 3ds Max 9 Software, 1990-2006 [Autodesk Inc. 3ds Max 9 用户参考 [CP/DK]. 3ds Max 9 软件, 1990-2006.]
- [8] Jiang Bo. Glorify the 3D video advertisement by RPC [J]. Television Caption Effects Animation, 2007, (7): 41-43. [姜波. 用 RPC 为三维视频广告增光添彩 [J]. 电视字幕 (特技与动画), 2007, (7): 41-43.]
- [9] Cheng Peng, Chen Bei-qing. The application of 3ds max in Jingjiang flood diversion area flood diversion demo [J]. Yangtze River, 2005, 36(1): 38-39. [成鹏, 陈蓓青. 3ds max 在荆江分洪区分洪演示系统中的运用 [J]. 人民长江, 2005, 36(1): 38-39.]
- [10] Yao Yong, Yan Jun. 3ds max Architectue Representation Examples Tutorials [M]. Beijing: China Youth Electron Press, 2005. [姚勇, 鄢竣. 3ds max 建筑表现实例教程 [M]. 北京: 中国青年电子出版社, 2005.]
- [11] Li Zheng-xu. 3ds max 8 Architectue Animation Representation Skill and Techniques [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006. [刘正旭. 3ds max 8 建筑动画表现技法 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.]