

高等院校动画专业规划教材

ANIMATION
TECHNIQUES

三维 动画技法

(第三版)

刘配团 李铁 王帆 李文杰 编著

ANIMATION



清华大学出版社



专业规划教材

3D
ANIMATION
TECHNIQUES

三维 动画技法

(第三版)

刘配团 李铁 王帆 李文杰 编著

ANIMATION



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

3ds Max 2016 是 Autodesk 公司推出的面向个人计算机的中型三维动画制作软件。本书通过一系列精心设计的实例,详细介绍了 3ds Max 2016 中的三维动画技法,全书共分 7 章,内容包括:三维动画概论、动画控制、骨骼与蒙皮、角色表情动画、角色肢体动画、反应器动力学动画和运动捕捉。编写时注重理论联系实际,把三维动画编辑过程中最常用的技法重点讲清楚,力争使读者在学完本书后能举一反三,独立完成专业的动画编辑任务。

本书适用于动画及数字媒体专业的研究生、本科生以及三维动画制作爱好者阅读和自学,也可以作为动画及数字媒体专业人士的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

三维动画技法/刘配团等编著.—3版.—北京:清华大学出版社,2018

(高等院校动画专业规划教材)

ISBN 978-7-302-51091-8

I. ①三… II. ①刘… III. ①三维动画软件—高等学校—教材 IV. ①TP391.414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 195632 号

责任编辑:刘向威

封面设计:文 静

责任校对:徐俊伟

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京博海升彩色印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.5

字 数:464 千字

版 次:2007 年 6 月第 3 版

2018 年 10 月第 3 版

印 次:2018 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:79.00 元

前言

ANIMATION

动画是一项具有光明前景的产业,存在着巨大的发展潜力和广阔的市场空间,当前国家也在大力发展动画产业,在政策、投资、技术、教育等多个方面都提供了有力的支持。

动画产业的发展离不开人才的培养,在动画产业飞速发展的今天,国内的动画教育也在走向一个大发展的新时期。然而,在新的历史时期,中国的动画艺术要再现《大闹天宫》《哪吒闹海》《三个和尚》的辉煌,却并非易事。单就动画人才培养而言,新技术、新意识形态、新艺术表现形式、新商业动画制片模式等都给动画教育提出了新的课题。

为此,由天津市品牌专业、天津市优势特色专业——天津工业大学动画专业牵头,在多所高校和专家组的参与下,对动画教育的办学理念、人才培养目标、教学模式、学科建设、课程体系、教学内容等方面不断进行改革和创新的研究,并在多年教学积累与实践经验基础上,吸收国内外动画创作和教育成果,组织编写了本套教材。在教材的编写过程中,作者注重理论与实践相结合、动画艺术与技术相结合,并结合动画创作的具体实例进行深入分析,强调可操作性和理论的系统性,在突出实用性的同时,力求文字浅显易懂、活泼生动。

动画编辑是三维动画制作流程中的重要环节,在该制作环节中,三维动画设计师的身份如同传统动画中的画师,负责创建每个动画序列起点和终点的关键帧,而三维动画软件就如同传统动画中的动画师,负责创建两个关键帧之间的插补帧。3ds Max 2016 是 Autodesk 公司推出的著名三维动画制作软件,在用户界面、建模特性、材质特性、动画特性、高级灯光、渲染特性等方面性能卓越。3ds Max 2016 是三维动画编辑首选的利器,利用动画控制器、骨骼、动力学等工具,提高了三维动画编辑的效率和质量。

本书通过一系列精心设计的实例,详细讲述了 3ds Max 2016 中的三维动画技法,主要内容包括动画控制、骨骼与蒙皮、角色表情动画、角色肢体动画、反应器动力学动画和运动捕捉;详尽介绍了运动捕捉的完整过程及如何利用捕捉到的数据控制角色的动画过程,运动捕捉的内容是本书的特色,也是其他同类教材所不具备的。

衷心希望本套教材能够为我国培养优秀动画人才,实现动画王国中“中国学派”的复兴尽一点绵薄之力。

编者

2018 年 5 月

第1章 三维动画概论	1
1.1 三维动画原理	1
1.2 动画参数	5
1.3 动画控制工具	8
1.4 动力学模拟	11
习题	13
第2章 动画控制	14
2.1 运动命令面板	14
2.1.1 参数编辑模式	14
2.1.2 轨迹编辑模式	17
2.2 动画控制器	19
2.3 轨迹视图	26
2.3.1 轨迹视图功能	26
2.3.2 轨迹视图结构	26
2.3.3 状态栏与视图控制工具	28
2.3.4 动画曲线编辑工具	28
2.3.5 关键帧列表编辑工具	30
2.4 动画控制应用范例	31
2.4.1 创建坦克履带动画	31
2.4.2 音频动画控制器应用范例	37
习题	41
第3章 骨骼与蒙皮	42
3.1 骨骼创建与编辑	42
3.1.1 骨骼创建工具	42
3.1.2 骨骼编辑工具	44
3.2 反向动力学	46
3.3 蒙皮技术	48
3.4 骨骼与蒙皮应用范例	50
3.4.1 创建角色的骨骼	50
3.4.2 编辑角色的蒙皮	152
习题	161

第4章 角色表情动画	162
4.1 角色表情动画概述	162
4.2 变形修改编辑器	164
4.3 表情动画分析	167
4.4 角色表情动画应用范例	168
习题	180
第5章 角色肢体动画	181
5.1 Character Studio 概述	181
5.2 二足角色对象	183
5.3 二足角色应用范例	185
习题	207
第6章 反应器动力学动画	208
6.1 反应器概述	208
6.2 刚体对象	209
6.2.1 刚体对象概述	209
6.2.2 刚体对象集成	210
6.2.3 约束	210
6.2.4 动力学刚体动画范例 1-多米诺骨牌	211
6.2.5 动力学刚体动画范例 2-保龄球	219
6.2.6 动力学刚体动画范例 3-子弹击碎 玻璃动画	225
6.3 动力学软体动画范例-国旗飘扬	232
习题	239
第7章 运动捕捉	240
7.1 运动捕捉技术概述	240
7.2 运动捕捉空间	243
7.3 运动捕捉过程	248
7.4 捕捉结果编辑	251
7.5 运动捕捉数据驱动	252
习题	256

ANIMATION

第1章 三维动画概论

本章 1.1 节概述了三维动画的原理,并通过一个实例介绍了如何设置动画关键帧,计算机如何对动画过程进行自动插补计算;1.2 节详细讲述了在 3ds Max 2016 中可以进行动画指定的参数项目;1.3 节介绍了 3ds Max 2016 中动画控制工具的种类和功能;1.4 节讲述了动力学模拟的原理。

1.1 三维动画原理

动画基于人类视觉阈限的原理,即在观看一系列快速连续放映的静态图像时,前一张画面的视觉残像会叠加到下一张画面上,人们就会感觉到这是一个连续的运动,如图 1-1 所示,每一个单独图像称之为帧(frame)。

三维动画同样依据上面所述的动画形成原理。下面就通过一个具体的实例,讲述三维动画制作软件(3ds Max 2016)的动画制作原理。

首先在标准几何体创建命令面板中单击 Sphere(球体)按钮,在场景中单击并拖动鼠标创建一个球体,如图 1-2 所示。

在界面底部确定当前处于第 0 帧的时间位置,单击 Auto Key(自动设定关键帧)按钮,进入动画关键帧的编辑模式,单击  设置关键点按钮在当前创建位置设定一个动画关键帧,如图 1-3 所示。

将时间滑块拖动到第 19 帧的位置,在主工具栏中单击  移动工具按钮,将球体移动到如图 1-4 所示的位置,3ds Max 将自动设定一个位置动画关键帧。

将时间滑块拖动到第 38 帧的位置,在主工具栏中单击  移动工具按钮,将球体移动到如图 1-5 所示的位置,3ds Max 将再次自动设定一个位置动画关键帧。

单击界面右下角的  播放按钮,可以观察到球体在 0~38 帧的时间段内生成了位置移动的动画效果。

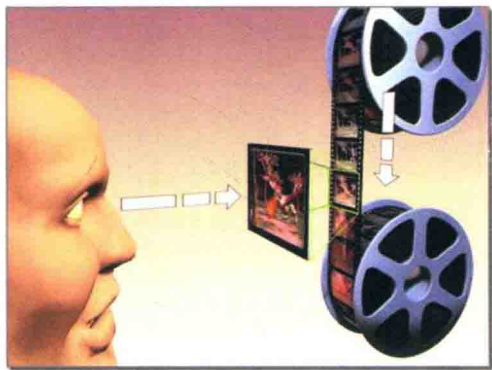


图 1-1 动画形成原理

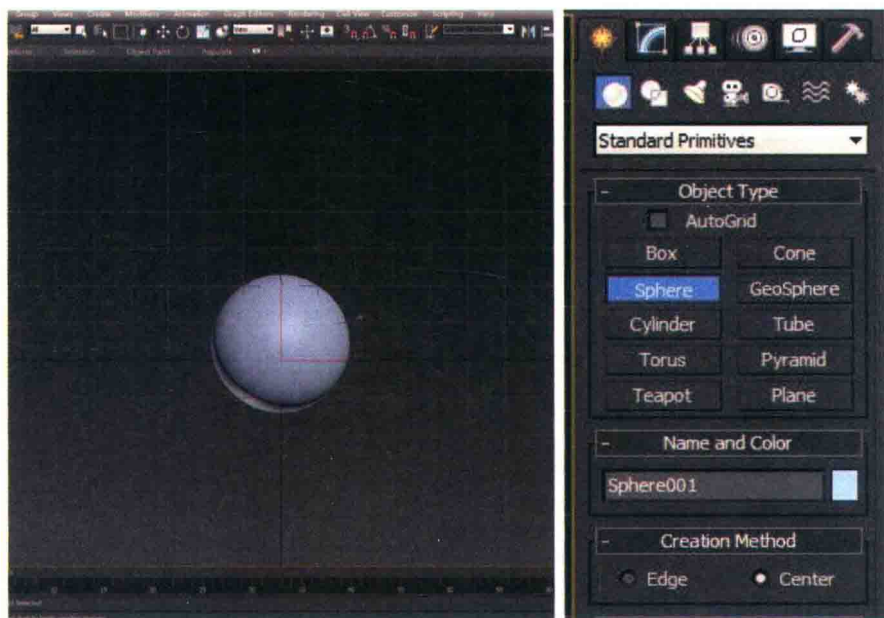


图 1-2 创建球体



图 1-3 设定位置动画关键帧

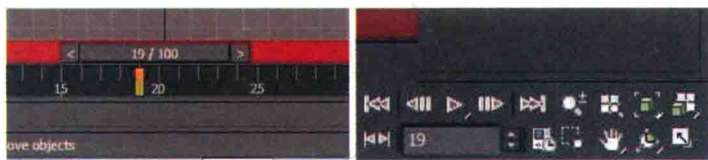


图 1-4 创建位置动画关键帧

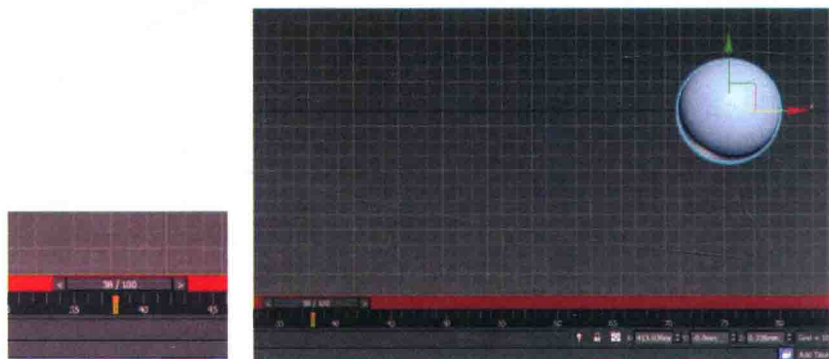


图 1-5 创建位置动画关键帧

单击界面左下角的  动画曲线编辑器按钮打开动画曲线编辑器,在其中可以观察到球体包含了3条动画曲线,绿色的是Y轴坐标的位置动画曲线,红色的是X轴坐标的位置动画曲线,蓝色的是Z轴坐标的位置动画曲线,如图1-6所示,每条动画曲线上都包含3个动画关键帧。

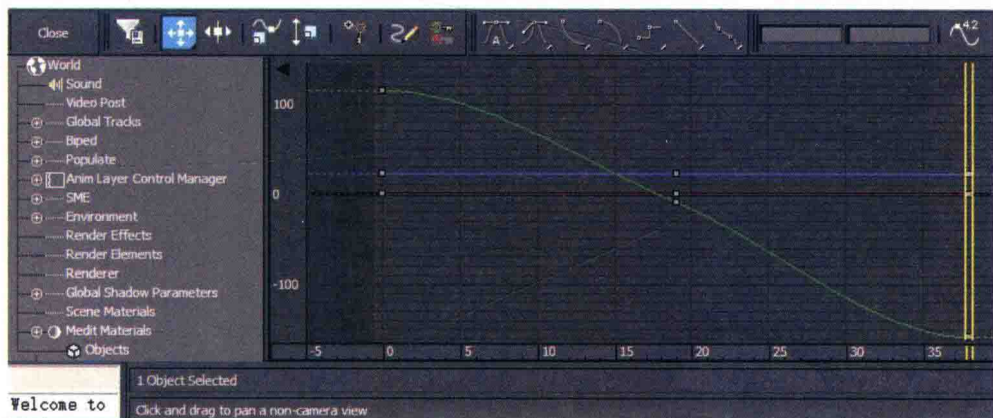


图 1-6 打开动画曲线编辑器

在X轴动画曲线的第二个关键帧上右击,弹出关键帧信息窗口,在其中可以观察到在18时间点,X轴的坐标参数值为220.895,如图1-7所示。

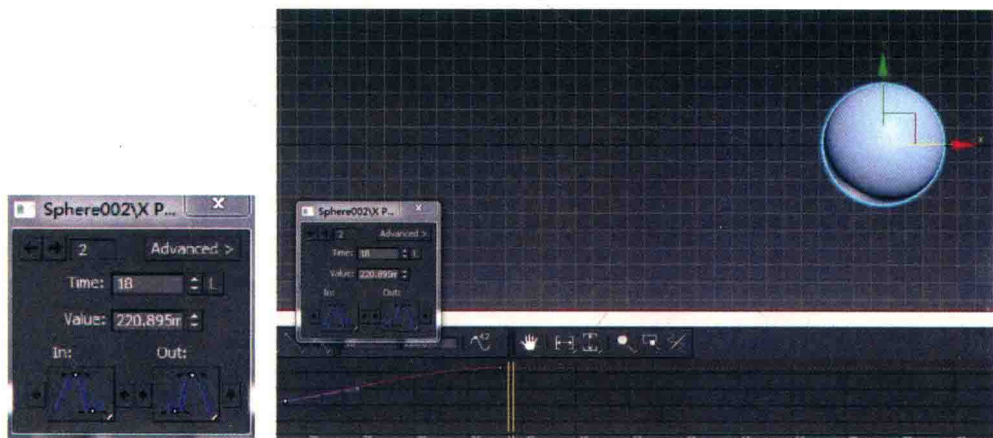


图 1-7 18时间点的关键帧信息

在X轴动画曲线的第三个关键帧上右击,在关键帧信息窗口中可以观察到在38时间点,X轴的坐标参数值为426.955,如图1-8所示。

在这两个时间点之间,坐标参数是线性变化的,如果在0~19帧之间需要插入18个动画帧,用0~19帧之间坐标参数的变化量220.895,除以18个等分时间点,就可以推算出在第1,2,3,...,18这些时间点中X轴的实际坐标值,中间的这些时间点坐标参数值是由3ds Max自动计算出来的。

同样在19~38帧之间需要插入19个动画帧,用19~38帧之间坐标参数的变化量206.06,除以19个等分时间点,就可以推算出在第20,21,22,...,38这些时间点中X轴的实际坐标值。

由此可见,三维动画设计师充当了传统动画中原画师的身份,负责创建每个动画序列起点

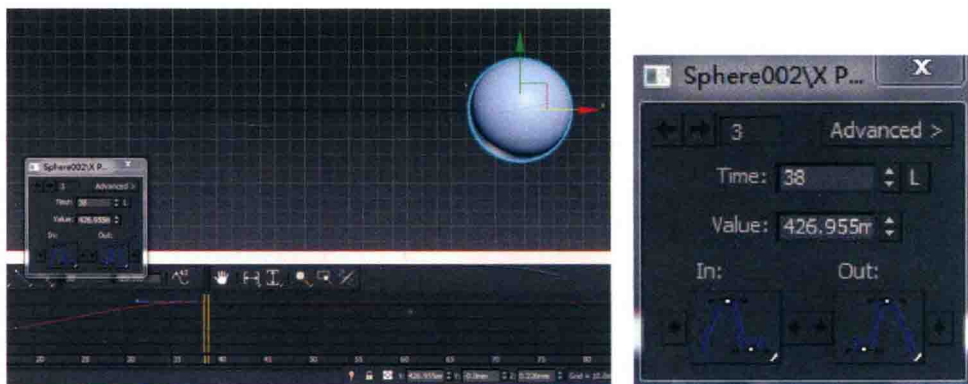


图 1-8 38 时间点的关键帧信息

和终点的关键帧(key frame),而三维动画软件 3ds Max 充当了传统动画中动画师的身份,创建两个关键帧之间的插补帧(in between)。图 1-9 中,1 和 2 就是动画角色的两个关键帧状态,中间状态是计算机自动插补的。

在上面所举的例子中,从动画曲线可以观察到,两个关键帧之间是依据线性变化进行插值计算的,在关键帧信息窗口中可以指定多种插值计算的方式,如图 1-10 所示,在弹出的插值方式中,第二种就是线性插值方式。其他插值方式可以创建诸如加速、减速、保持等动画效果,如图 1-11 所示。

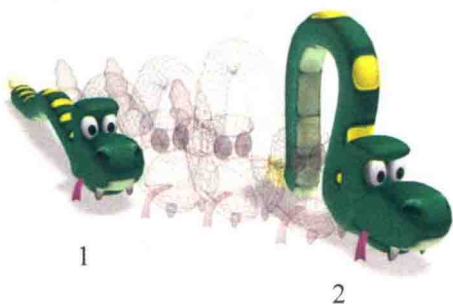


图 1-9 关键状态与插补状态

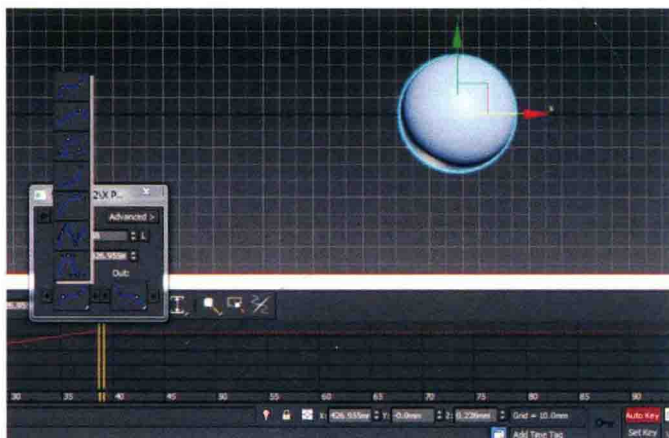


图 1-10 指定动画插值方式

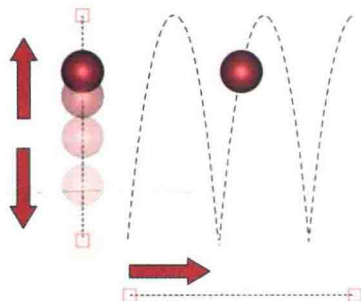


图 1-11 减速插值方式

3ds Max 几乎可以为场景中的任意参数创建动画,如设置修改编辑器参数的动画、材质参数的动画等。如图 1-12 所示,为球体指定色彩变换的动画效果,实际是 R、G、B 三个色彩参数在不同的时间点发生变化,用两个色彩参数关键帧之间参数变化量除以时间间隔,同样可以推算出中间插补帧的色彩参数值。

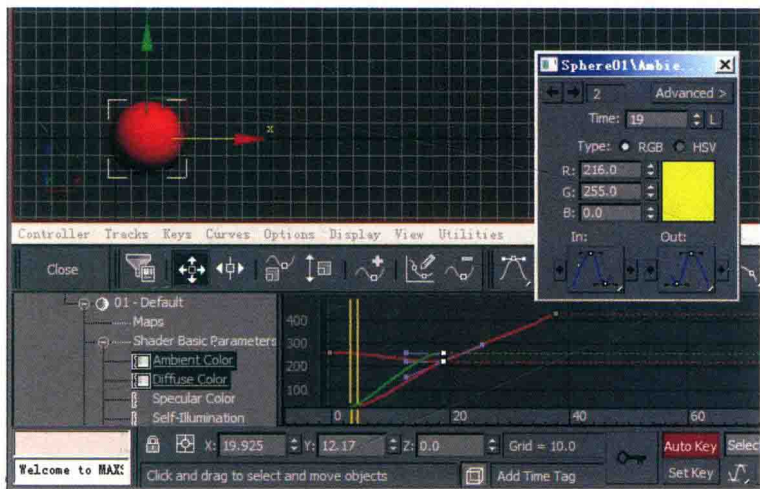


图 1-12 色彩变换动画原理

3ds Max 是一个基于时间的动画程序，它测量时间，并存储动画参数值，内部计算精度为 1/4800s。

1.2 动画参数

选择 Graph Editors→Track View-Dope Sheet(图形编辑器→轨迹视图-关键帧列表)命令，打开如图 1-13 所示的 Track View-Dope Sheet 窗口。

Track View(轨迹视图)是 3ds Max 的总体控制窗口和动画编辑的中心，在其动画项目列表中结构清晰地列出了场景中全部对象的层级结构，如图 1-14 所示，以及场景中所有可以进行动画设置的参数项目。

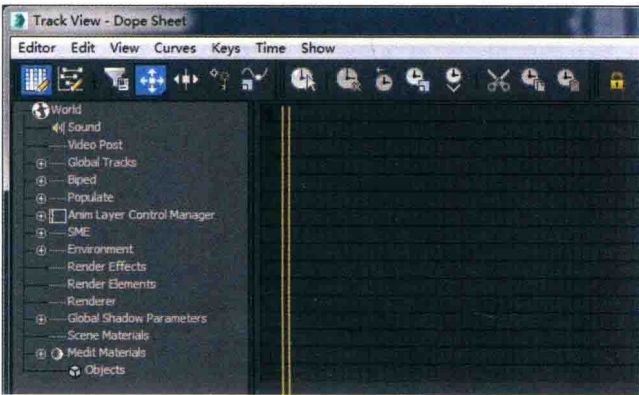


图 1-13 Track View 窗口

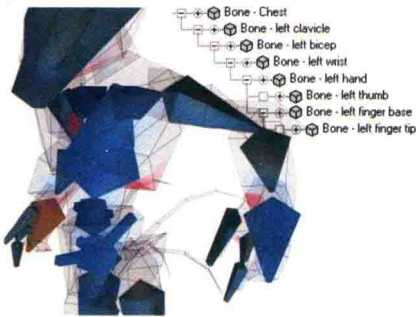


图 1-14 对象的层级结构

在项目层级中 World(世界)是层级的最高部分，用于控制整个场景的动画，在它下面的次级层级用于分别控制场景中不同的可动画项目，每个项目之下还有次一级的动画项目，由此可见 3ds Max 中“无处不动”的特点。

注意：选择对象项目名称左侧的图形标记后，可以在场景中快速选择该对象。

在轨迹视图的动画项目列表中，World 是层级结构的最高根级项目，用于控制整个场景的动

画轨迹,默认在编辑窗口中的世界轨迹隐藏在时间标尺的下面,将时间标尺拖动到编辑窗口的下方,可以显示 World 轨迹滑杆,在 World 项目之下包含以下子项目。

Sound(声音): 在该项目下,可以使用一个声音文件或音频节拍器为场景动画同步配音,如果选择了一个声音文件,在编辑窗口中显示声音文件的波形图,如图 1-15 所示。在声音轨迹上右击,从弹出的快捷菜单中选择 Properties(属性)命令,可以打开 ProSound(声音选项)窗口,在该窗口中可以导入声音文件,控制声音文件的播放。

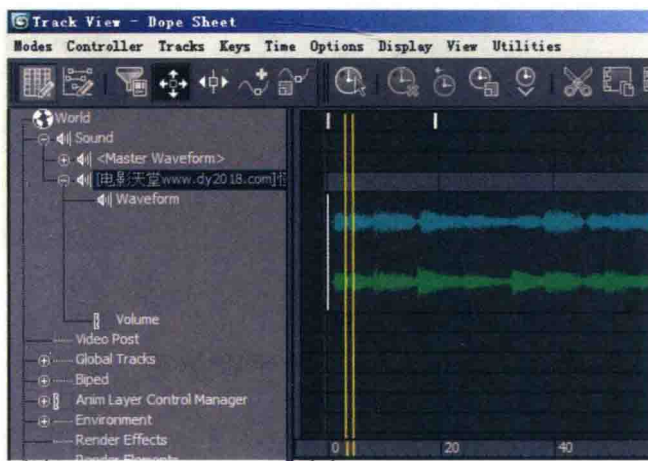


图 1-15 声音文件的波形图

Global Tracks(通用轨迹): 用于存储通用的动画控制器,例如使用表达式动画控制器,可以指向其他轨迹的动画控制器,改变通用轨迹中的表达式,其他轨迹中的动画控制器会随之改变。默认在通用轨迹项目中包含不同动画控制器类型的列表轨迹,可以为其中包含的每个轨迹指定动画控制器,如图 1-16 所示。

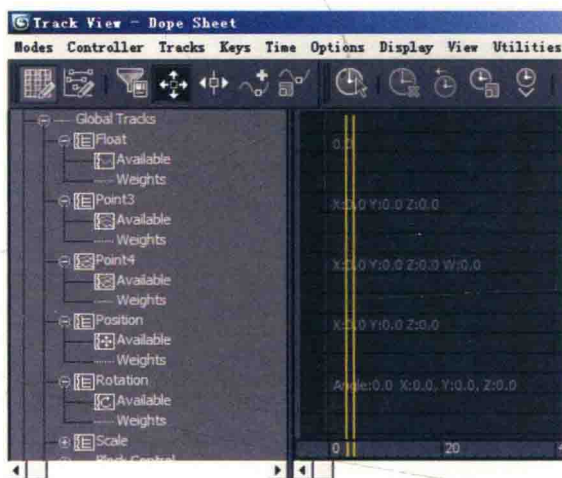


图 1-16 Global 动画轨迹

Video Post(视频合成): 用于管理视频合成编辑器中的可动画参数项目。

Anim layer control manager(动画层控制管理器): 这是骨骼系统的动画层管理项目。

Environment(环境): 用于管理环境编辑器中的可动画参数项目, 包含背景动画参数, 环境灯光动画参数, 环境效果动画参数。

Render Effects(渲染效果): 用于管理效果编辑器中的可动画参数项目。

Render Elements(渲染元素): 用于管理在 Render Scene(渲染场景)窗口的 Render Elements(渲染元素)项目中指定的场景分离渲染元素。

Renderer(渲染器): 用于管理渲染器中的可动画参数项目, 在渲染窗口中选择一种类型的抗锯齿处理后, 在该轨迹项目中可以为抗锯齿参数指定动画。

Global Shadow Parameters(通用阴影参数): 在灯光对象修改编辑命令面板的 Shadow Parameters(阴影参数)项目中选择 Use Global Settings Parameter(使用通用设置参数)选项后, 可以在该轨迹中为场景所有灯光的通用阴影参数指定动画, 如图 1-17 所示, 该项目包含 Map Size(贴图尺寸)、Map Range(贴图范围)、Map Bias(贴图偏斜)、Absolute Bias(绝对偏斜)。

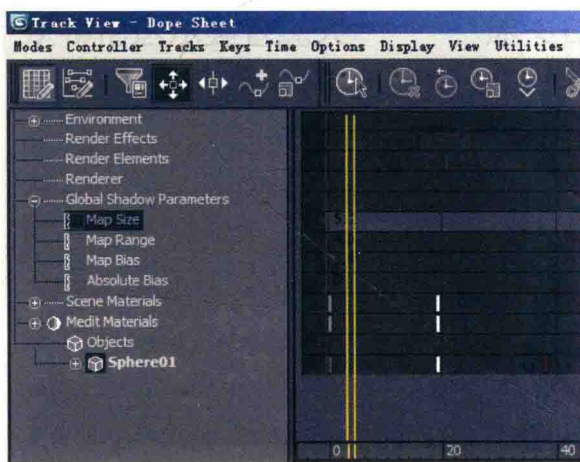


图 1-17 Global Shadow Parameters 动画轨迹

Scene Materials(场景材质): 包含所有已经指定到场景中的材质, 可以管理这些材质的可动画参数项目, 如图 1-18 所示。

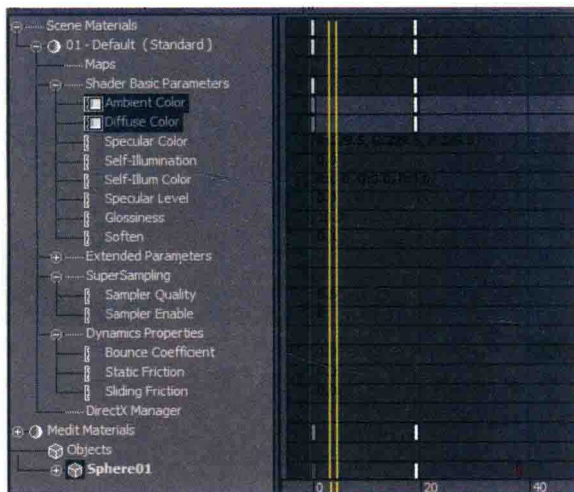


图 1-18 Scene Materials 动画轨迹

Medit Materials(编辑器材质): 包含在材质编辑器 24 个示例窗口中的所有材质,这些材质不一定被指定到场景中的对象之上,可以管理这些材质的可动画参数项目。

Objects(对象): 包含场景中的所有对象,用于管理场景对象的所有可动画参数项目。包含对象创建参数、动画控制器参数、贴图参数、材质参数、集成参数、修改编辑参数,对于不同的参数类型,在左侧显示不同的图标,如图 1-19 所示。

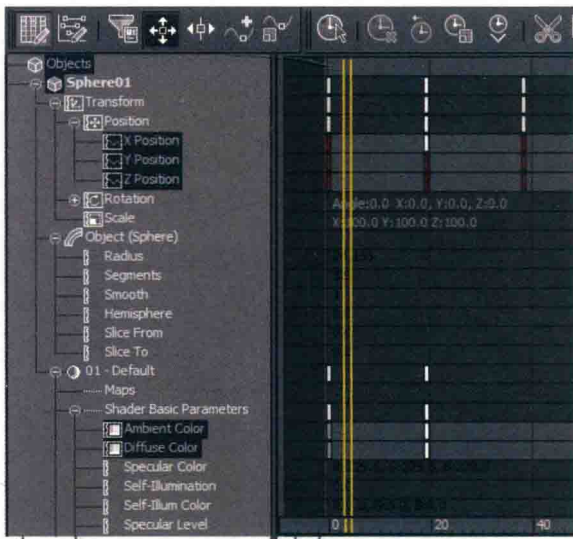


图 1-19 对象参数动画轨迹

Biped(两足生物): 是 Character Studio(CS)中用于控制两足角色动画的参数设置项目,是一种用足迹结合关键帧来控制角色动画的系统。在 CS 中有三部分用于控制 Biped 参数,即创建命令面板、运动命令面板和轨迹视图。

依据在场景中创建对象使用的动画控制插件的不同,轨迹视图的动画项目列表会有所不同。从上面参数动画轨迹的讲述中可以看出,在 3ds Max 中存在“无所不动”的灵活动画编辑特性。

1.3 动画控制工具

除了可以手工指定动画关键帧,3ds Max 还提供了许多功能强大的动画控制工具,可以依据动画设计师对动画属性的设定,自动设置动画关键帧和插补帧,这时三维动画设计师更像是一位执行导演。

1. 动画控制器

动画控制器可用于约束或控制对象在场景中的动画过程,其主要作用为:存储动画关键帧的数值;存储动画设置;指定动画关键帧之间的插值计算方式。

动画控制器为设置场景中所有对象和材质的动画提供强有力的工具。例如,不但可以设置场景中对象位置的关键帧,还可以使对象沿着“路径”约束的样条曲线运动,如图 1-20 所示,或者移动到使用“音频”控制器的音乐节拍上。还可以通过“列表控制器”合并多个动画控制器。

2. 轨迹视图

在轨迹视图的动画项目列表中,结构清晰地列出了场景中全部对象的层级结构,以及场景

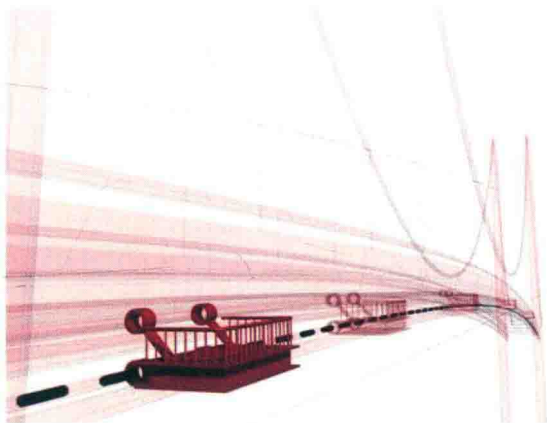


图 1-20 路径约束动画控制器

中所有可以进行动画设置的参数项目；在轨迹视图中可以像在运动命令面板中一样，为每个可动画项目指定动画控制器；还可以精确编辑动画的时间范围、关键点与动画曲线；为动画增加配音，并使声音节拍与动作同步对齐。

3. 骨骼

骨骼系统是骨骼对象的一个有关节的层级链接，如图 1-21 所示，常用于设置具有连续皮肤网格角色模型的动画。可以采用正向运动学或反向运动学为骨骼设置动画，对于反向运动学，骨骼可以使用任何可用的 IK(Inverse Kinematics, 反向运动)解算器。

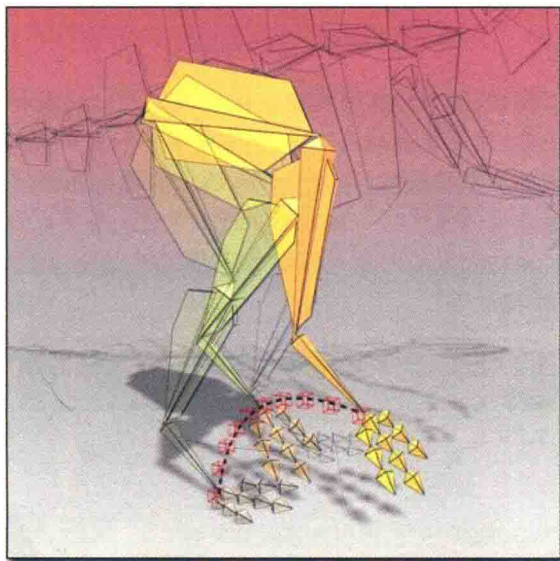


图 1-21 骨骼系统

4. 动力学

在 Reactor 中集成了 Havok 公司先进的 physical simulation(物理模拟)技术，该技术可以依据指定的物理属性，自动为场景中的对象提供动态环境下的动画效果。物理模拟技术完全依据

真实世界中的物理法则,如牛顿运动定理,在时间进展的过程中自动计算对象的运动状态。利用 Wind 反应器动力学计算可以在场景中创建风的效果,自动模拟出微风吹动窗帘的动画,如图 1-22 所示。

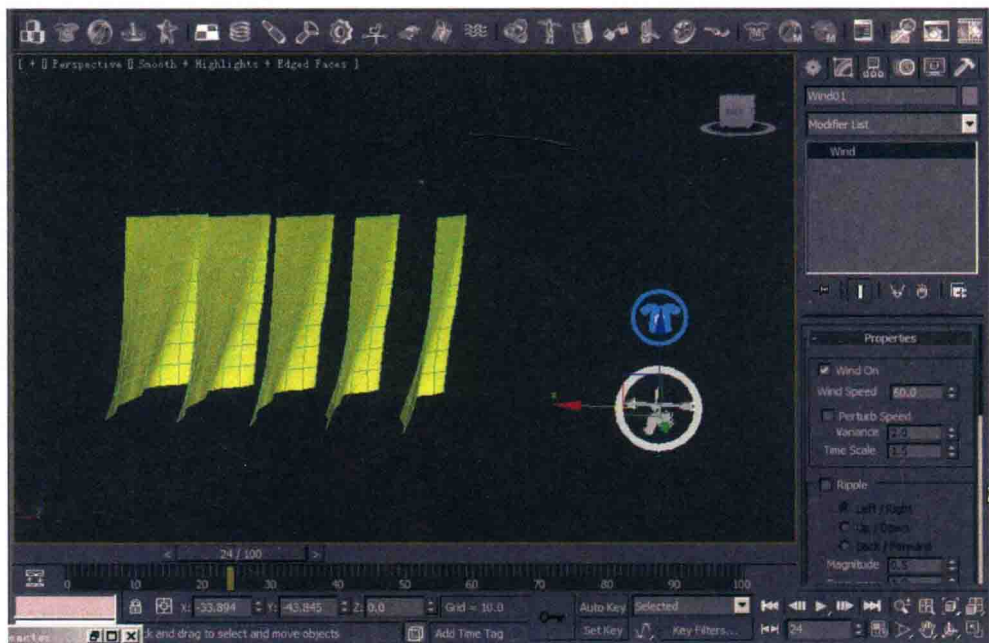


图 1-22 自动模拟出微风吹动窗帘的动画

5. 运动捕捉

利用运动捕捉系统,表演者负责根据剧情做出各种动作和表情,运动捕捉系统将这些动作和表情捕捉并记录下来,然后通过动画软件,用这些动作和表情驱动三维角色模型,角色模型就能做出与表演者一样的动作和表情,并生成最终所见的动画序列,如图 1-23 所示。动作捕捉的任务是检测和记录表演者的肢体在三维空间的运动轨迹,捕捉表演者的动作,并将其转化为数字化的“抽象运动”。运动捕捉的对象不仅仅是表演者的动作,还可以包括物体的运动、表演者的表情、相机及灯光的运动等。



图 1-23 运动捕捉

1.4 动力学模拟

就像电影中的连续运动画面是由一系列的静止画面构成一样,每一静止画面都记录了对象在一个瞬间的运动状态。物理模拟技术将时间分离成一个个运动瞬间,然后对每一个瞬间的运动状态进行自动计算,所有这些运动瞬间的累积效应产生了顺序、连续和可信的运动。

与传统的关键帧动画不同,在传统动画编辑过程中,动画设计师需要指定一系列关键帧,而动力学模拟则依据对象的物理属性设定整个动画过程,极大地减轻了动画设计师的工作量。例如,现在不需要在创建碰撞碎裂动画的过程中,手动设置每一单块碎片的动画属性,如图 1-24 所示;也不需要再在创建角色动画过程中手动设定每一块骨头的动画属性;同样不需要在创建面料动画过程中手动设定网格面上每一个节点的动画属性。



图 1-24 运动瞬间

在一个物理模拟中,物理的属性(质量和弹性)被分配到一个场景中的所有对象上。然后外力(如重力或风力)就会作用于这些对象,导致加速运动或限制运动。

从所有上面的讲述可以看出,物理动力可以计算一系列连续状态,这些运动状态在以后的动画过程中都可以显现出来(如果进行实时动画编辑,计算的速度应当足够快),还可以将这些运动状态转换为动画关键帧。

3ds Max 中的动力学模拟主要可以执行三项基本任务:

(1) Collision Detection(碰撞侦测):追踪场景中所有对象的运动,并侦测哪些对象之间发生了碰撞。

(2) Update System(更新系统):当侦测到场景中的对象发生碰撞之后,依据对象的物理属性和场景中的所有其他对象,以及施加在对象上的外部动力,决定碰撞的响应结果。

(3) Interface with Application(程序界面):一旦决定了一个对象的新位置或运动状态,通常要将物理模拟的结果显示在一个三维窗口中,或者将这些运动状态以动画关键帧的形式存储在场景文件中。

注意:物理动力不能处理被模拟对象的显示状态,它只是依据对象的物理属性对其运动状态和交互作用进行模拟,然后根据以上模拟的信息创建对象的显示结果。

以上介绍了物理模拟是如何为创建对象一系列连续演进的状态(例如运动中的对象在碰撞发生后的一系列反应)。下面接着讨论如何将这些状态映射为一系列的捕捉点,然后再利用这