

# 第9章

## 动力学动画系统



广义的动力学是理论力学的一个分支学科，它主要研究作用于物体的力与物体运动的关系。动力学的研究对象是运动速度远小于光速的宏观物体。在3ds Max中，为了能够真实模拟自然界中物体的真实运动，软件工程师们利用数学计算的方式开发了一个用于模拟动力学的系统。它运用了物理学的定律来模拟自然界的力的作用。用户可以指定希望物体所受的外力，然后软件就会自动计算出物体应该如何运动。本章将介绍动力学的相关知识。



## 9.1 认识reactor

reactor 是3ds Max中的动力学模块，动画师和艺术家们能够用它来控制并模拟 3ds Max 中复杂的物理场景。reactor 支持完全整合的刚体和软体动力学、布料模拟和流体模拟。它可以模拟枢连物体的约束和关节，它还可以模拟诸如风和马达之类的物理行为。本节将介绍各种 reactor 工具的基础知识。

### 9.1.1 reactor简介

本节主要介绍reactor的创建方法，以及其主要工具的特性。要创建reactor对象，则可以在创建好了模型后，单击【创建】面板中的【辅助】按钮，在其下拉列表中选择reactor选项，即可进入其创建面板，如图9-1所示。

在创建面板中，3ds Max提供了20种基本的动力学形式，通过利用它们可以创建出现实世界中的大部分运动效果，关于这20种动力学形式简介见表9-1。



图9-1 reactor创建面板

表 9-1 动力学工具简介

按钮名称	中文含义	功能简介
RBCollection	刚体集合	刚体是3ds Max把几何物体转换为坚硬的多边形表面来进行动力学计算的一种方法，刚体集合则是一种刚体的容器
CSolver	约束解算器	约束解算器充当特定刚体集合中合作式约束的容器，并执行使约束协同工作所需的所有计算
Point-Point	点到点约束	点到点约束可使用户将两个对象附着在一起，或将一个对象附着至世界空间中的某个点
Point-Path	点到路径约束	点到路径约束用于约束两个实体，以使子实体可以沿相对于父实体的指定路径自由移动
Hinge	铰链约束	铰链约束允许在两个实体之间模拟类似转枢的动作。使用reactor可以用位置和方向为每个实体在局部空间中指定轴。模拟时，两根轴会试图匹配位置和方向，从而创建一根两个实体均可围绕其旋转的轴
Ragdoll	碎布玩偶约束	碎布玩偶约束可用于模拟实际的实体关节行为，例如臀、肩和踝关节。一旦确定关节应具备的移动程度，就可通过指定碎布玩偶约束的限制值来进行建模
Carwheel	车轮约束	可以使用此约束将轮子附着至另一个对象，例如汽车底盘。也可将轮子约束至世界空间中的某个位置。模拟期间，轮子对象可围绕在每个对象空间中定义的自转轴自由旋转
Prismatic	棱柱约束	棱柱约束作为一种两个刚体之间、或刚体和世界之间的约束，它允许其实体相对于彼此仅沿一根轴移动。旋转与其余两根平移轴都被固定
L Dashpot	线性缓冲器	缓冲器通常用于缓解冲力。利用线性缓冲器约束，可以在模拟中将两个刚体约束在一起，或将一个物体约束于世界空间中的一点
A Dashpot	角度缓冲器	使用角度缓冲器约束来约束两个刚性体的相对方向，或约束刚体在世界空间中的绝对方向
CLCollection	布料集合	CLCollection是一个reactor辅助对象，用于充当布料对象的容器
DMCollection	变形网格集合	DMCollection是一个reactor辅助对象，可充当变形网格的容器
RPCollection	绳索集合	RPCollection是一个reactor辅助对象，用于充当绳索的容器

续表

按钮名称	中文含义	功能简介
SBCollection	软体集合	软体集合是一种软体辅助对象。创建软体集合之后,可以将场景中的所有软体都添加到该集合中
Fracture	破裂	破裂辅助对象可以模拟碰撞后刚体断裂为许多较小碎片的情形
Motor	马达	马达辅助对象允许将旋转力应用于场景中任何非固定刚体
Plane	平面	平面对象是一种刚体,在模拟操作中,它用作固定的无限平面
Spring	弹簧	弹簧辅助对象可用于在模拟中的两个刚体之间创建类似弹簧的效果,或在刚体和空间中的一点之间创建类似弹簧的效果
Toy Car	玩具车	玩具车是创建和模拟简单车型的快速方法,使用此方法不必分别设置每个约束
Wind	风	使用Wind辅助对象可以向reactor场景中添加风效果

单击需要使用的动力学工具,在视图中单击鼠标即可创建该动力学系统。一旦创建了reactor对象,则可以通过修改命令面板对其参数进行设置,如图9-2所示。

除了上述方法可以创建动力学对象外,还可以通过reactor工具栏来进行创建,如图9-3所示。

reactor 工具栏是访问 reactor 诸多功能的一种便捷方式。其上的按钮用于快速创建约束和其他辅助对象、显示物理属性、生成动画以及运行实时预览。

### 9.1.2 reactor新特性

许多reactor功能提高了速度和可用性。通过该软件可以创建新的、更出色的动画(几乎没有reactor不可能完成的),而且可以用有效、直观的方式设置这些动画。下面列出了reactor中的一些主要功能。



图9-3 reactor工具栏

#### 1. 两种模拟引擎

reactor提供了两种不同的引擎,用于模拟动力学特效。读者可以切换到【工具】面板中,通过About卷展栏进行设置,如图9-4所示。

#### 技巧

如果制作的动力学特效是与布料、绳索、软体相关的,则最好使用Havok 1模拟引擎,如果制作的是刚体动力学,则最好使用Havok 3,从而可以增加计算的精确度。



图9-2 修改参数设置



图9-4 两种模拟引擎

## 2. 顶点选择功能

用于可变形的reactor 修改器：布料、软体和绳索，允许选择顶点并向这些顶点应用约束（固定点、关键帧点、附加到刚体、附加到变形网格），而且执行这些操作时不需要离开修改器或应用额外的修改器。

## 3. 合作式约束

reactor包含大量合作式约束，它们有助于对枢连实体和机械装置的模拟。合作约束比简单约束更具稳定性，但其模拟工作却更加复杂。图9-5所示是利用合作式约束创建的小人动画。



图9-5 合作式约束效果

## 4. 破裂效果

reactor中的【破裂】对象提供出色的可用性和行为，效果如图9-6所示。破裂中的对象是标准的Rigid Bodies，因此可以将它们添加到约束和指定的初始速度等，也可以控制各部分在特定时间破裂。

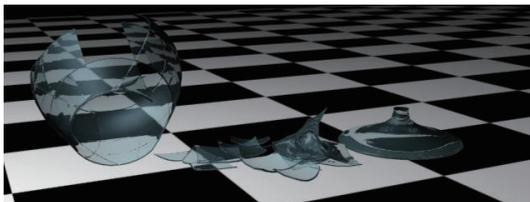


图9-6 破裂效果

## 5. 布料/软体/绳索的软选择

reactor中的可变形（布料/软体/绳索）修改器现在可以使用软选择，然后把当前顶点动画与reactor动画融合，从而有助于蒙皮驱动动画和reactor驱动动画之间的变换，如图9-7所示。

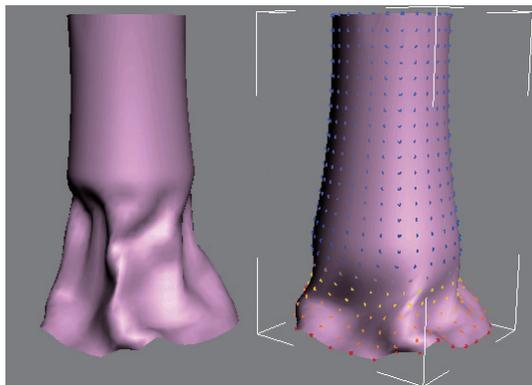


图9-7 软选择功能

## 6. 浮动的刚体属性编辑器

在reactor中，可以更改刚体属性，如质量、弹力或摩擦力，而不必使用reactor工具。可以随时从reactor菜单、四元菜单和工具栏打开浮动的MAXScript窗口来修改刚体属性，如图9-8所示。

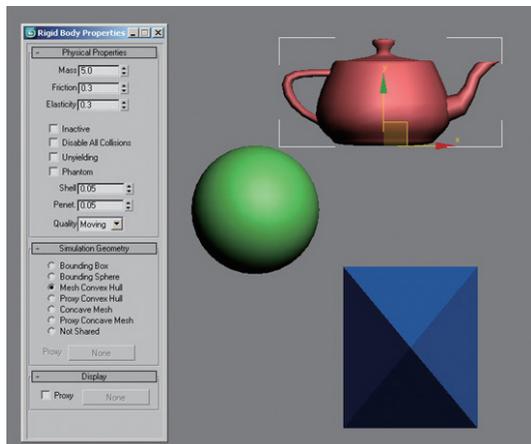


图9-8 属性编辑器



## 9.2 碰撞测试特效

本案例利用3ds Max中的刚体制作了一辆坦克撞击墙体瞬间所产生的崩塌效果，如图9-9所示。在制作的过程中，将详细介绍3ds Max中刚体的特性、使用方法，以及在实际操作过程中的一些技巧。首先介绍刚体的基础知识。

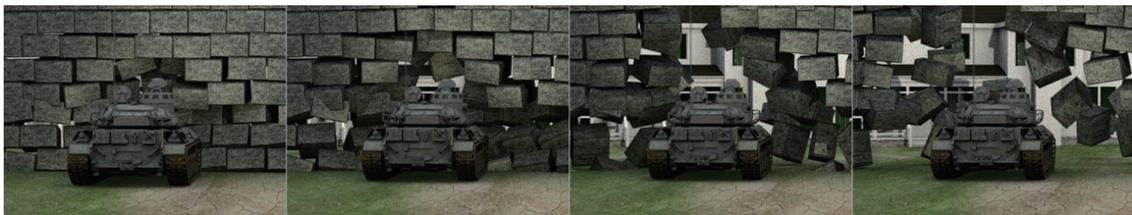


图9-9 碰撞效果

### 9.2.1 认识刚体

在任何力的作用下，体积和形状都不发生改变的物体叫做“刚体”。在3ds Max中，刚体是reactor模拟的基本构建块。可以使用reactor中的刚体，模拟其外形不会改变的任何真实对象。当创建了一个刚体后，在reactor工具栏上单击按钮，可打开其属性面板，如图9-10所示。

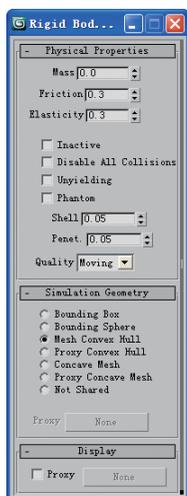


图9-10 刚体属性面板

刚体的属性由3个部分组成，分别是用于设置物理属性的Physical Properties卷展栏、用于设置模拟几何体的Simulation Geometry卷展栏以及用于设置显示属性的Display卷展栏。

#### 1. Physical Properties (物理属性)

##### »» Mass (质量)

刚体的质量控制该对象与其他对象的交互方式。当将其质量设置为0时，对象将在模拟过程中保持空间上的固定，尽管其他对象可以与它碰撞。

##### »» Friction (摩擦)

对象表面的摩擦系数。这会影响到刚体相对于与其接触表面的移动平滑程度。两个对象的摩擦值组合作用，产生交互作用的系数。为获得真实的结果，可使用0和1之间的值。不过，不大于5的数值都是可以接受的。

##### »» Elasticity (弹性)

该参数用于设置当刚体发生碰撞后，弹开被碰撞物体的能力。当两个对象碰撞时，它们的弹力值相结合，产生交互作用的系数。为获得真实的结果，可使用0和1之间的值。

##### »» Inactive (静止)

启用时，刚体会在一个非活动状态下开始进行模拟。这意味着它在模拟中变为活动状态之前，需要和另一个对象、系统或者鼠标进行交互。

##### »» Disable All Collisions (非碰撞)

启用时，对象不会和场景中的其他对象发生碰撞；而仅仅是穿过它们而已。

### 》》 Unyielding (坚硬)

启用时,刚体的运动基于我们为物体指定的动画,即物体最开始的运动轨迹是由动画指定的。而非物理模拟。模拟中的其他对象可以和它发生碰撞,并对其运动作出反应,但它的运动只受3ds Max中当前动画的控制,且reactor不会为它创建关键帧。

### 》》 Phantom (幻影)

该参数在模拟中没有物理作用,它仅仅是穿过其他对象而已。不过,和禁用碰撞的对象不同,Phantom会保留模拟期间有关其穿过的任何对象的碰撞信息。

### 》》 Shell (壳)

设置围绕凸体图形的外壳的半径,reactor将其作为凸体图形的表面以用于碰撞检测。

#### 注意

Shell参数只适用于Havok 3模拟引擎,也就是说只有在选择了该引擎的情况下,Shell才会发挥它的作用。

### 》》 Penet (穿透)

用于设置允许穿透的数量。

### 》》 Quality (质量)

注意该参数与Mass的区别。该参数主要用于设置物理属性的品质以及视觉效果的品质。

## 2. Simulation Geometry (模拟几何体)

该卷展栏主要用于设置刚体代理方式。对于用一种对象代替另一种对象,reactor支持两种不同的方法:几何体代理和显示代理。下面介绍这些选项的具体含义。

### 》》 Bounding Box (边界框)

将对象模拟为长方体,其范围由对象的尺寸决定,如图9-11所示。

### 》》 Bounding Sphere (边界球体)

将对象作为隐含的球体进行模拟。该球体以对象的轴点为中心,然后用最小的体积围住对象的几何体,如图9-12所示。

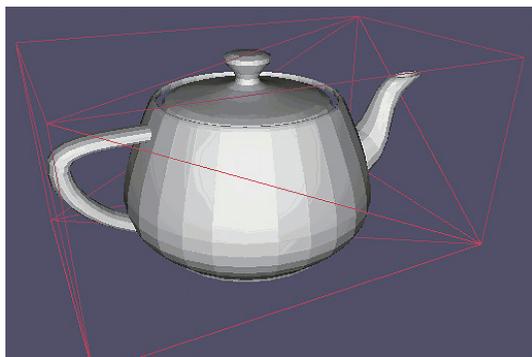


图9-11 边界框

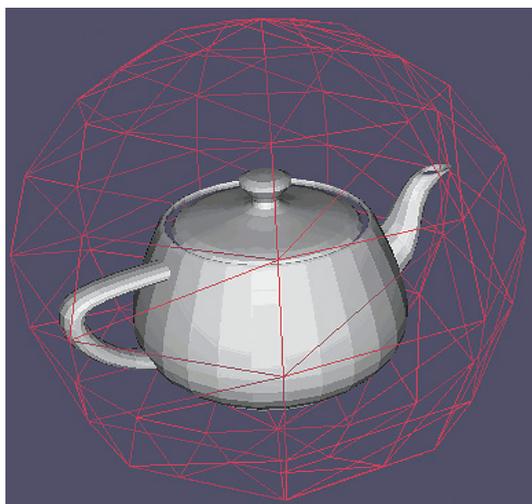


图9-12 边界球体

### 》》 Mesh Convex Hull (面顶点)

这是默认选项。对象的几何体会使用一种算法,该算法会使用几何体的顶点创建一个凸面几何体,并完全围住原几何体的顶点,如图9-13所示。

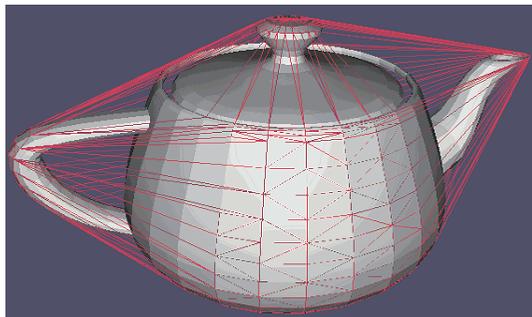


图9-13 面顶点代理方式



### Proxy Convex Hu (代理顶点)

使用另一个对象的凸面外壳作为对象在模拟中的物理表示。例如，可以使用低多边形茶壶的凸面外壳对高多边形茶壶进行模拟，如图9-14所示。

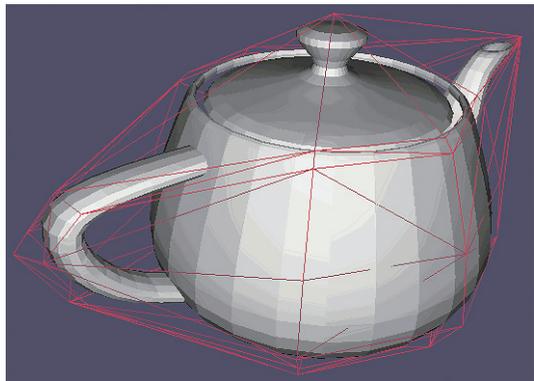


图9-14 代理顶点方式

### Concave Mesh (凹面网格)

使用对象的实际网格形状进行模拟，也就是利用对象自身的面进行代理，如图9-15所示。

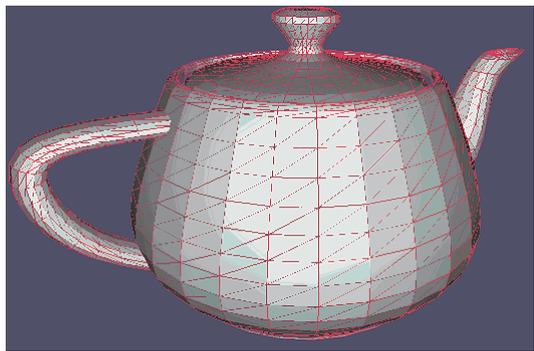


图9-15 凹面网格代理方式

### Proxy Concave Mesh (代理网格)

使用另一个对象的凹面网格作为对象的物理表示。例如，可以使用一个低多边形的茶壶模拟细分程度较高的茶壶的动画，如图9-16所示。

### Not Shared (禁止共享)

该选项仅在选择了具有不同模拟几何体设置的多个对象时才处于活动状态，且不能由用户选择。



图9-16 代理网格形式

### 3. Display (显示)

该卷展栏只有Use Display Proxy一个选项，主要用于在预览窗口中显示代理对象。

## 9.2.2 坦克撞击特效

在学习了刚体的相关知识后，本节将使用刚体制作一个碰撞测试，在这个测试中，将利用一辆坦克车碰撞一堵墙体，从而产生一系列的刚体动力学效果。详细的制作方法如下。

### 1. 添加刚体

**01** 打开随书光盘本章目录下的“刚体测试.max”文件，如图9-17所示。

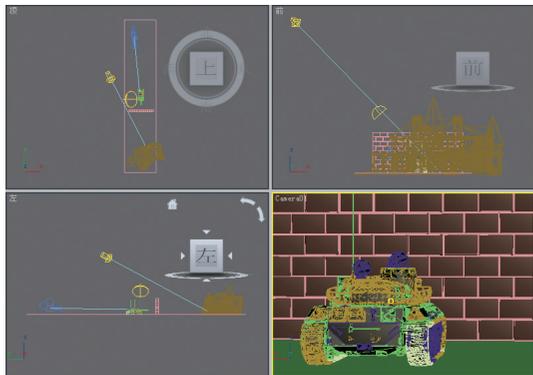


图9-17 打开场景文件

**02** 快速渲染一下摄像机视图，观察一下整个场景的大概效果，如图9-18所示。

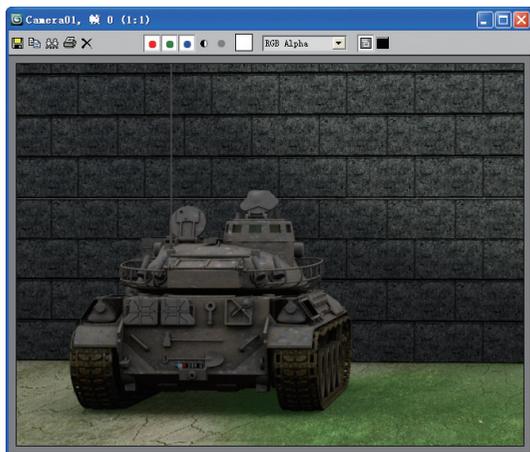


图9-18 渲染效果

03 框选场景中的所有物体，即坦克、墙体和地面，单击reactor工具栏上的  按钮，创建刚体，如图9-19所示。

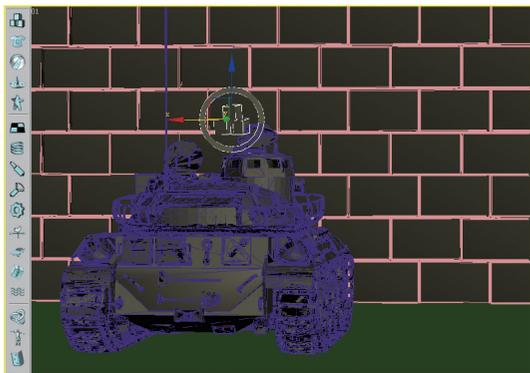


图9-19 添加刚体

#### 动画小提示

此时，虽然已经添加了一个刚体，但是并不能马上制作动画，这是因为每个刚体对象所拥有的物理特性是不同的，因此需要分开进行设置。

## 2. 测试碰撞

坦克是有质量的，并且质量一定要大，这样对墙体产生的冲击力才会大。

01 单击reactor工具栏上的  按钮，打开属性面板，如图9-20所示。

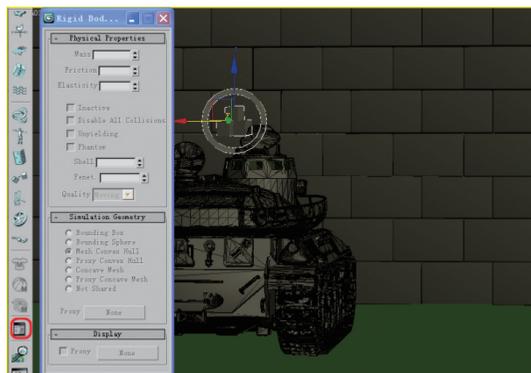


图9-20 打开属性面板

02 此时，所有的属性都不可用，这是因为没有选择物体的缘故。在视图中选择坦克模型，观察属性面板的变化，如图9-21所示。

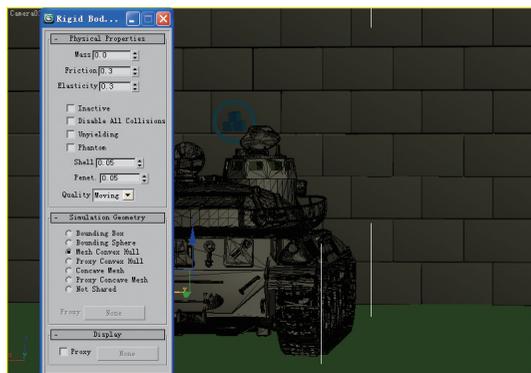


图9-21 显示参数

03 然后，将坦克的Mass设置为500，从而加大它的质量，如图9-22所示。

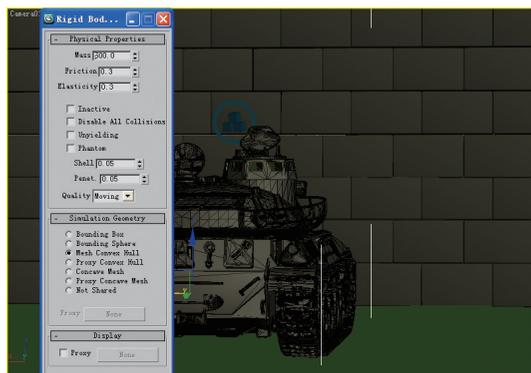


图9-22 设置质量



## 动画小技巧

在设置Mass值时，由于没有准确的参考依据，可以先临时设置一个数值进行测试，并通过预览效果随时修改该值。

**04** 然后，为坦克制作一个位移动画，使其与墙体接触，如图9-23所示。

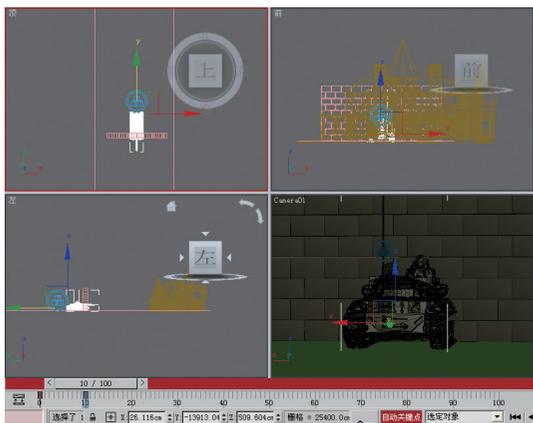


图9-23 制作坦克位移动画

**05** 确认坦克处于选中状态，打开动力学属性卷展栏，启用Unyielding复选框，如图9-24所示。

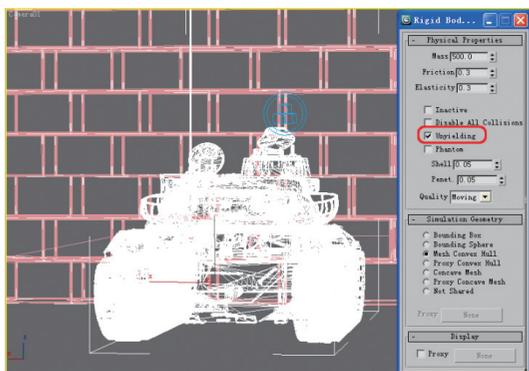


图9-24 修改参数设置

## 动画小提示

启用该复选框后，刚体的运动则可以由动画而产生。例如，本案例中坦克撞击墙面的初始条件就是坦克做位移动画。如果不启用该复选框，则坦克无法撞击墙面。

**06** 选中地面物体，在Simulation Geometry卷展栏中选中Concave Mesh单选按钮，从而将该几何体作为凹面进行处理，如图9-25所示。

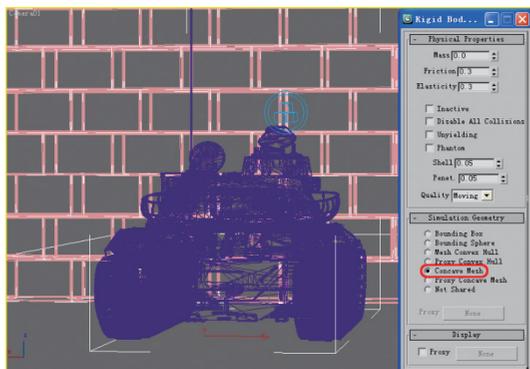


图9-25 设置地面属性

## 动画小提示

只有将地面作为凹面处理以后，坦克以及后期墙体崩塌效果才会在地面上执行。反之，则会出错。

**07** 框选视图中的所有墙砖物体，在Physical Properties卷展栏中，将Mass设置为550，其他参数设置如图9-26所示。

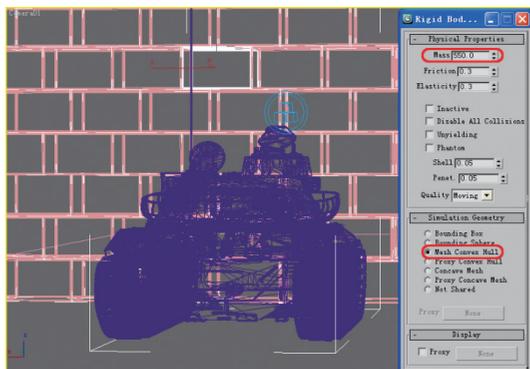


图9-26 设置墙体物理属性

**08** 设置完成后，单击reactor工具栏上的按钮，预览此时的效果，如图9-27所示。

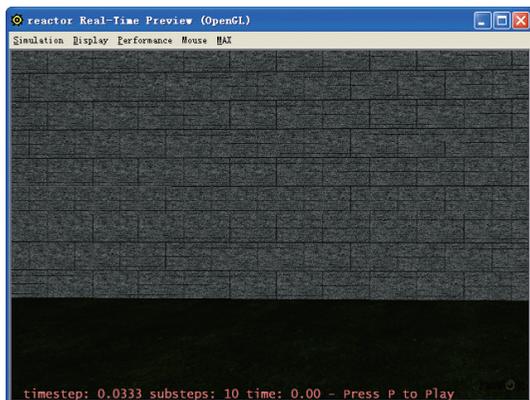


图9-27 预览窗口

**09** 此时按照屏幕的提示，按快捷键P就可以预览效果，如图9-28所示。



图9-28 预览效果

### 动画小提示

此时，墙体已经产生了被猛烈撞击后产生的崩塌效果，只是墙砖看起来有些漂浮不定，这可能由两个因素所导致的，第一是由于坦克刚体的弹力太大，第二则是墙砖刚体的重力太小。另外，在这里预览时不会显示坦克物体，这是因为使用了代理的缘故。

### 3. 修改并生成动画

**01** 在视图中选中坦克，修改Friction值为0.2，如图9-29所示。

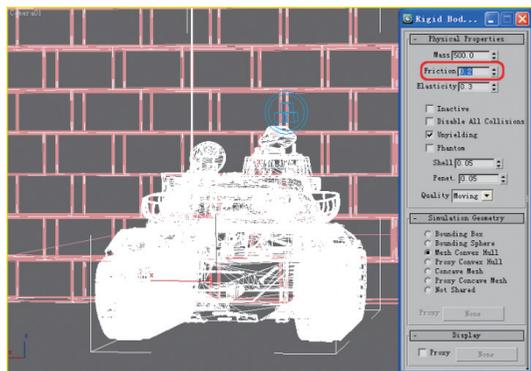


图9-29 修改弹力

**02** 框选所有的墙砖，将其Mass值设置为600，如图9-30所示。

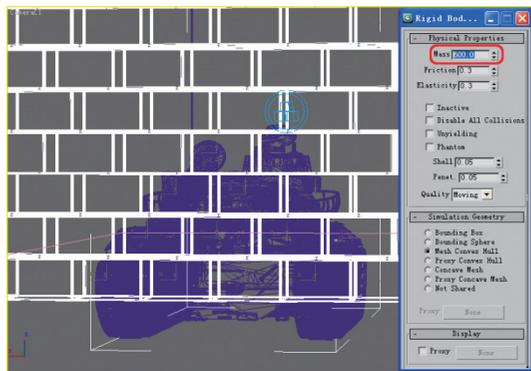


图9-30 设置Mass值

**03** 设置完毕后，重新执行预览操作，观察此时的效果，如图9-31所示。

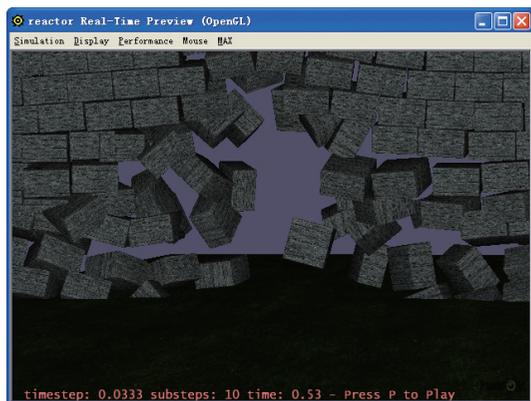


图9-31 预览效果



04 感觉效果达到要求后，单击  按钮即可将动画生成，如图9-32所示。

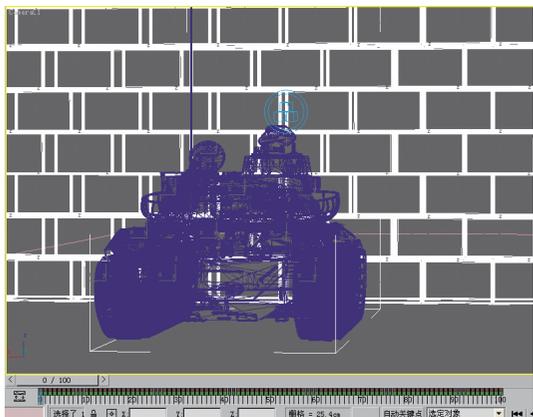


图9-32 生成动画

#### 动画小提示

动画生成过程比较慢，读者需要有点耐心。当动画生成完毕后，3ds Max会自动在每一帧上设置关键帧，如图9-32所示。

05 生成动画后，即可按照传统方法将动画输出出来，图9-33所示是本案例的渲染效果。

### 9.2.3 触类旁通

刚体碰撞，是自然界最基本的运动之一。很多物体接触都有类似的事件发生。本节将介绍一个多米诺骨牌的效果，如图9-34所示。

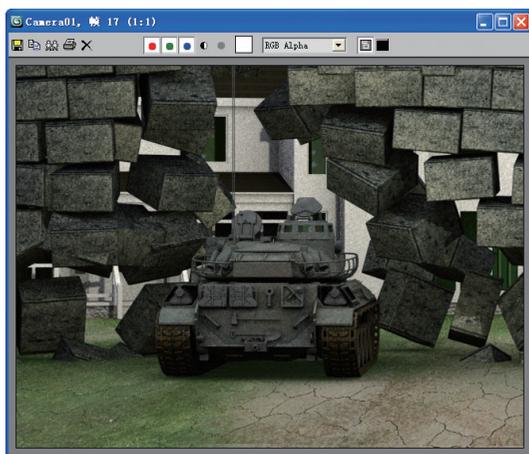


图9-33 渲染效果

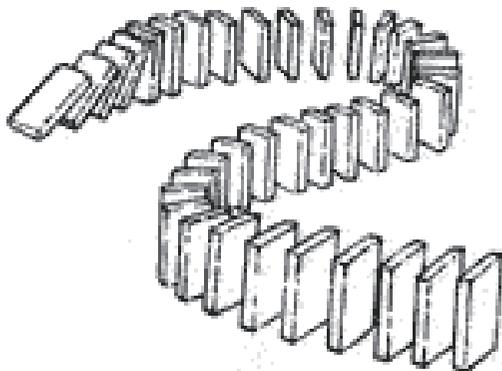


图9-34 多米诺骨牌效果

大家可以琢磨一下它的实现方法，简单提示一下，利用刚体就可以实现。



## 9.3 布料遮盖动画

布料是一种质地比较柔软的东西，在3ds Max中，如果要表现它的质感和外观，利用常规手段是很难实现的，所幸3ds Max提供了动力学中的布料模拟。本节将使用布料模拟创建一块画布飘落的效果，如图9-35所示。

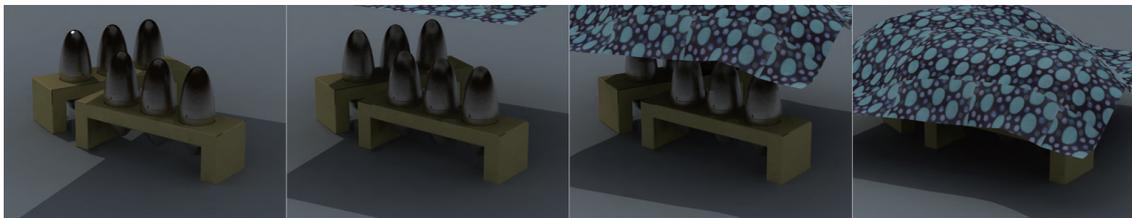


图9-35 布料飘落

### 9.3.1 认识布料

Cloth修改器可用于将任何几何体变为变形网格，从而可以模拟类似窗帘、衣物、金属片和旗帜等对象的行为。可以为布料对象指定很多特殊属性，包括刚度以及对象折叠的方式。若要将布料对象添加到模拟中，需要将其添加到布料集合中。

#### 1. Properties卷展栏

要创建布料动力学，首先先创建一个用于制作布料的模型。然后，选择该模型，选择【修改器列表】中的reactor Cloth选项，从而添加布料动力学物体。添加完成后，即可通过其参数面板对其进行修改，如图9-36所示。

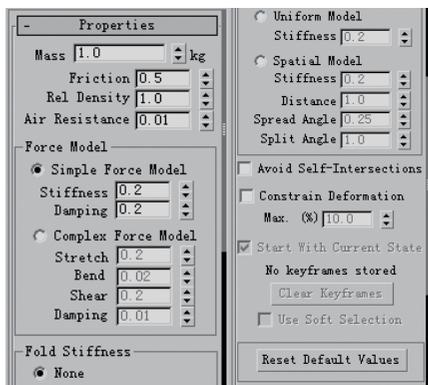


图9-36 参数面板

#### 》》 Mass (质量)

布料对象的质量，单位为千克。它会影响到与其他对象碰撞期间的行为，以及由附着的刚体产生的拉伸程度。

#### 》》 Friction (摩擦)

布料表面的摩擦系数。和刚体一样，此值将影响布料相对于所接触的表面移动的平滑程度。

#### 》》 Rel Density (相对密度)

因为布料没有体积，所以reactor无法计算布料的密度。相反，reactor为布料对象提供浮力属性，它可以反映其相对密度。默认值为1，等于水的密度。当要使布料在水中飘浮或浸入时，此数值才是重要的。

#### 》》 Air Resistance (空气阻力)

受空气阻挡的程度，数值越大，则布料的运动也就越缓慢。

#### 》》 Force Model (作用方式)

选择模拟中影响布料对象的力的方式。其中，Simple Force Model模式适用于大多数情况，可以设置布料的刚度、能量消耗情况；Complex Force Model是更为精确的布料动力学模式。

#### 》》 Fold Stiffness (折叠刚度)

折叠刚度用于控制布料折叠的阻力。其中，Uniform Model可以将折叠刚度均匀地添加在布料的整个表面；Spatial Model是一种更加复杂的刚度模式，通常用于制作比较复杂的模型；

#### 注意

在Spatial Model模式下，Stiffness表示折叠刚度值；Distance表示每单位面积折叠刚度的程度；Spread Angle控制布料为非平面形状时fold stiffness添加到布料上的角度；Split Angle表示添加折叠刚度的角度，特别是折叠刚度沿着布料原始网格的栅格线集中的程度。

#### 》》 Avoid Self-Intersections (防止自相交)

启用时，在模拟期间布料将不会自相交。这样可以使模拟效果更加逼真，但可能会增加模拟时间。

#### 》》 Constrain Deformation (强制变形)

启用时，限制布料可以拉伸的程度。其中，Max用于设置布料拉伸的程度，使用百分数表示，数值越低，reactor允许的拉伸程度越小。

#### 》》 Start With Current State (以当前状态模拟)

启用时，布料对象将使用修改器中存储的当前状态开始模拟。

#### 》》 Keyframes Stored (存储关键帧数)

只显示布料对象中存储的关键帧数。如果创建reactor动画或者在“预览窗口”中使用Update MAX，则reactor会存储对象的关键帧。



### 》》 Clear Keyframes (清除关键帧)

删除为该Cloth对象存储的任何关键帧。

### 》》 Reset Default Values (恢复默认值)

单击该按钮，可以将该布料对象的所有参数设置都重置为其默认值。

## 2. Constraints卷展栏

图9-37所示是布料的Constraints卷展栏，下面介绍它的主要参数的功能。

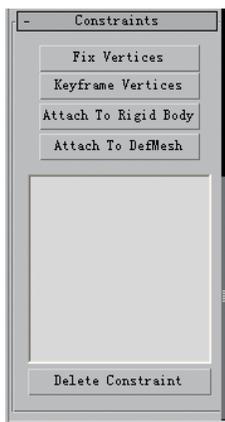


图9-37 Constraints卷展栏

### 》》 Fix Vertices (固定点)

创建将顶点固定在世界约束，用于将所选顶点固定在世界空间中的当前位置。

### 》》 Keyframe Vertices (关键帧约束)

创建关键帧约束，用于使所选顶点跟随3ds Max 中的当前动画。

### 》》 Attach to Rigid Body (附加到刚体)

在所选顶点和刚体之间创建附加到刚体约束。顶点将跟随刚体的动画。

### 》》 Attach to DefMesh (附加到变形网格)

在所选顶点和变形网格之间创建附加到变形网格约束。顶点将跟随变形网格的动画。

### 》》 constraints 列表

显示可变形体的可变形约束列表。要高亮显示更改其参数或将其删除的约束，可以在列表中单击相应的名称。

### 》》 Delete Constraints (删除约束)

删除列表中高亮显示的约束。

关于布料的参数，在这里就介绍这么多。在实际应用过程中遇到一些常用的参数，还将做详细的介绍。

## 9.3.2 布料遮盖动画

布料，其质地通常比较柔软，并且质量也比较轻。在一些影视节目中，常常制作一些布料随风飘荡的动画效果。这类效果如果利用传统的动画制作方法会十分麻烦，因为布料在随风飘荡的时候是没有固定的形态的。为此，可以选择使用布料动力学来实现它。

**01** 打开随书光盘本章目录下的“布料测试.max”文件，这是一个已经创建好基本场景的练习文件，如图9-38所示。

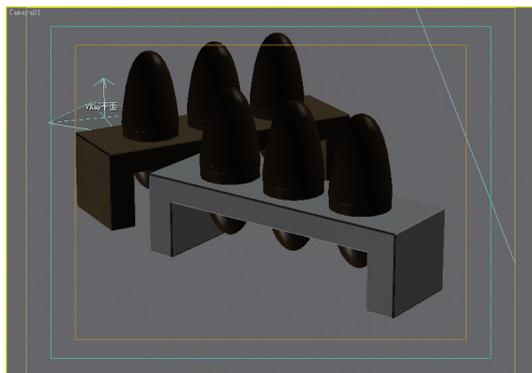


图9-38 打开场景文件

#### 动画小提示

该场景文件利用了VRay渲染器进行渲染，如果读者没有安装VRay渲染器，则需要事先安装一下。

**02** 图9-39所示是本案例的渲染效果。

**03** 在场景中创建一个平面物体，并适当调整一下它的参数设置，如图9-40所示。

**04** 确认平面处于选中状态，切换到修改面板，选中【修改器列表】中的reactor Cloth选项，如图9-41所示。

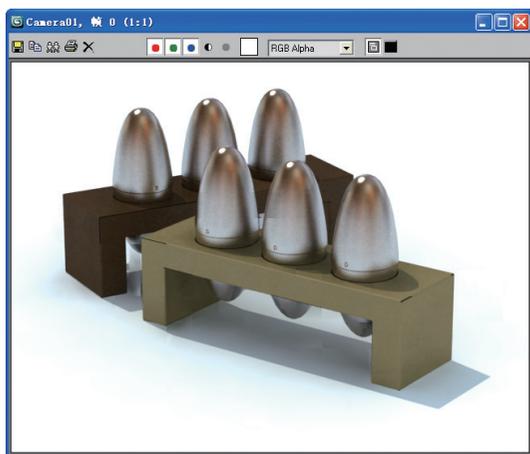


图9-39 渲染效果

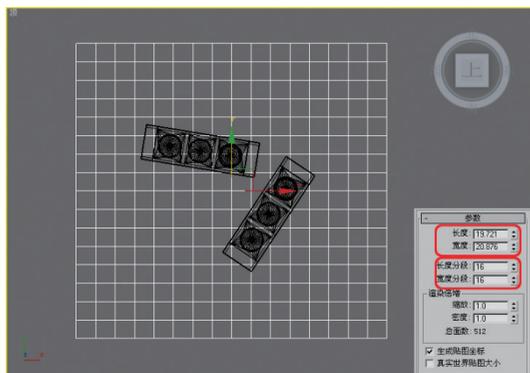


图9-40 创建平面

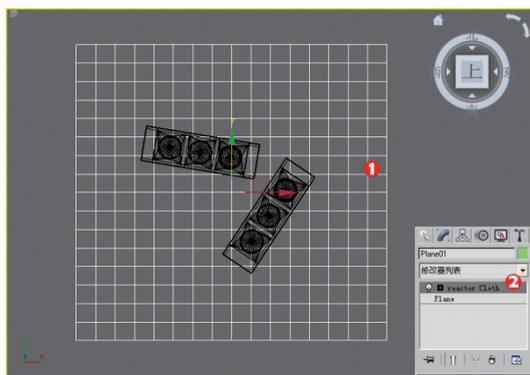


图9-41 添加reactor Cloth

**05** 在reactor Cloth参数面板中, 启用Avoid Self-Intersections复选框, 从而避免布料产生自相交而影响效果, 如图9-42所示。

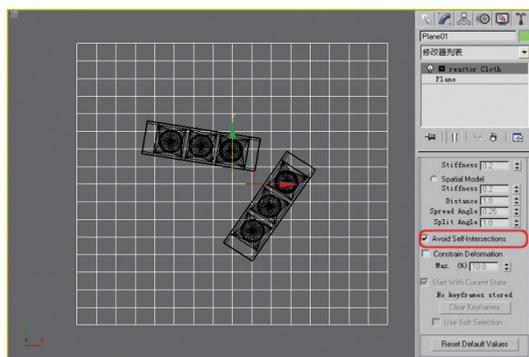


图9-42 避免自相交

**06** 单击工具栏上的  按钮, 在视图中单击鼠标左键创建一个刚体收集器, 如图9-43所示。

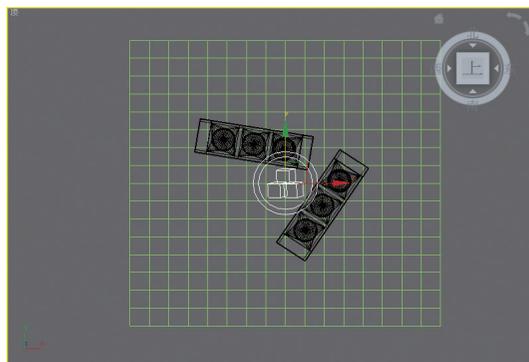


图9-43 创建刚体收集器

**07** 选中刚体收集器, 在视图中选中图9-44所示的几个物体, 将它们作为刚体处理。

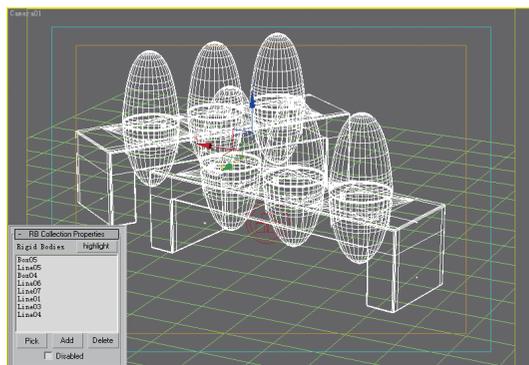


图9-44 添加刚体

**08** 再单击reactor工具栏上的  按钮, 在视图中单击鼠标创建一个布料收集器, 如图9-45所示。

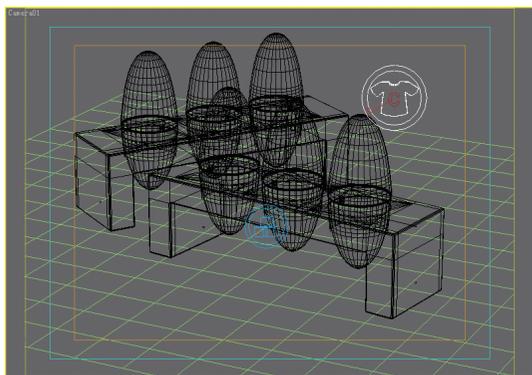


图9-45 创建布料收集器

**09** 确认布料收集器处于选中状态，在修改面板中单击Pick按钮，在视图中选中平面物体，从而将其添加到布料收集器中，如图9-46所示。

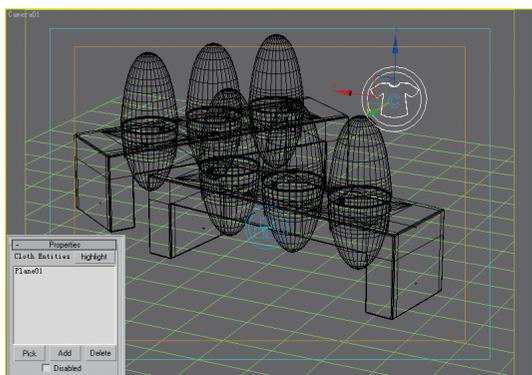


图9-46 拾取布料

#### 动画小提示

在本案例中，布料只有一个物体，即平面体。如果读者错选了其他物体，则可以在上图所示的列表中选中该物体，单击Delete按钮将其删除。

**10** 此时布料位于整个场景的底部，为了使它能够覆盖整个场景的物体，需要调整一下它的位置，如图9-47所示。

**11** 单击reactor工具栏上的按钮，预览一下此时的布料效果，如图9-48所示。

**12** 选择Plane物体，将其长度分段和宽度分段增加为32，如图9-49所示。

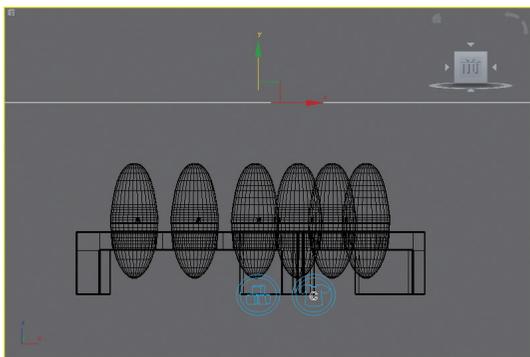


图9-47 调整物体位置

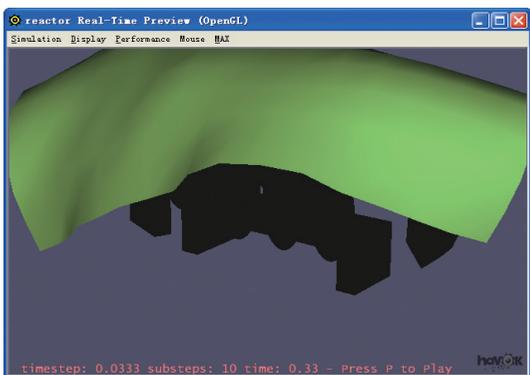


图9-48 预览布料效果

#### 动画小提示

此时，布料看起来有点僵硬，导致这种问题的原因一般有两个，一是布料的空气阻力比较大，另外一个原因则是布料的细分不够。

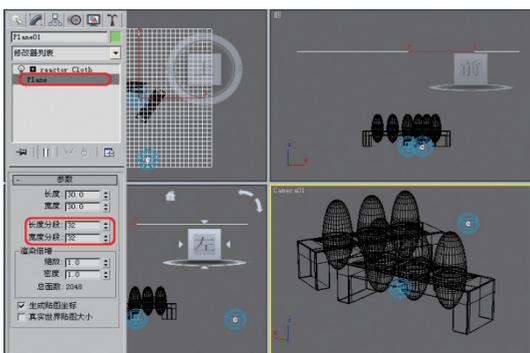


图9-49 增加长度和宽度分段

**13** 确认布料处于选中状态，在其修改面板中，将Air Resistance参数设置为0.001，如图9-50所示。

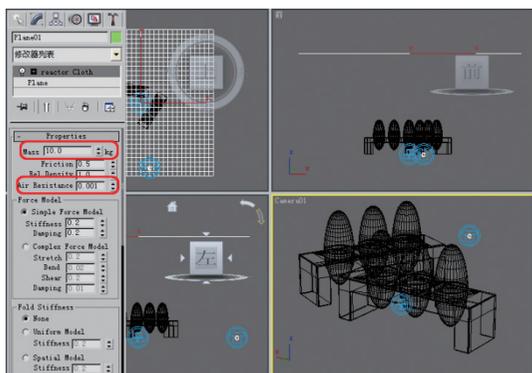


图9-50 设置柔体参数

14 设置完毕后，重新预览动画效果，如图9-51所示。

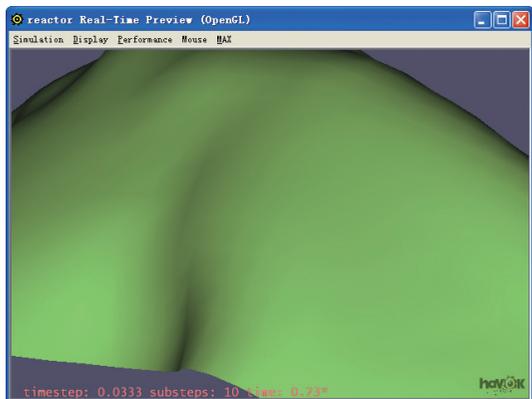


图9-51 查看效果

### 动画小提示

此时，布料已经包裹住了整个场景。在这里提醒读者，如果在布料上添加一个重力扭曲物体，不知会产生什么样的效果呢，不妨尝试一下。

15 关闭预览窗口，单击reactor工具栏上的  按钮，创建动画，如图9-52所示。

16 最后，为面片制作一个布料材质，即可将其渲染输出出来，如图9-53所示。

至此，关于布料的动画就完全实现了。如果在测试的过程中出现问题，则可以在测试初期利用几个简单的几何体代替，这样可以简化测试过程的复杂性。

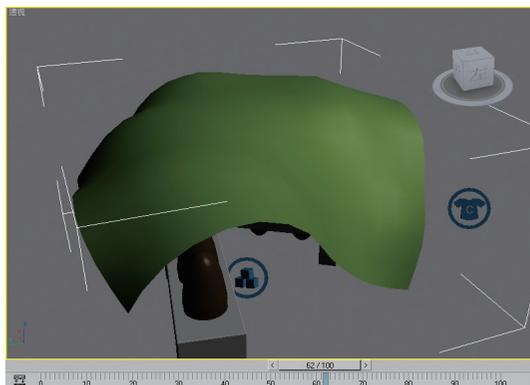


图9-52 生成动画

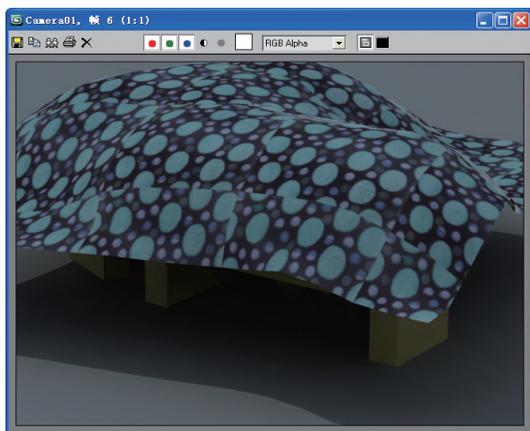


图9-53 布料盖住物体的效果

### 9.3.3 触类旁通

布料效果，在现实生活中随处可见，不管是晾衣架上晾晒的衣服，还是随风飘荡的旗帜，都需要利用本节所介绍的知识进行创建。本节要求读者按照图9-54所示的效果创建一个旗帜随风飘荡的动画。



图9-54 旗帜效果



## 9.4 晾晒衣物

动力学是一个广义的概念，在3ds Max中，动力学动画除了使用reactor来实现外，还可以通过一些修改器来进行实现。本节所介绍的案例将使用Cloth等修改器，结合风力、重力等扭曲物体模拟晾晒衣物的动画效果，如图9-55所示。



图9-55 动画序列

### 9.4.1 Cloth修改器

Cloth是一种高级的布料模拟引擎，可用于为角色和其他生物创建真实的衣服，如图9-56所示。Cloth设计用于和3ds Max中的建模工具协同使用，并可任意3D对象转化为衣着，也可从零开始创建服装。Cloth模拟是重复织物片段或衣服的运动和变形，以模仿衣服在现实世界中的反应过程。要进行布料模拟，首先需要布料对象，例如一块桌布或一双袜子。其次，需要一些与织物进行交互的对象。这既可以是冲突对象，例如桌面或角色的腿，也可以是风或重力等外力对象。

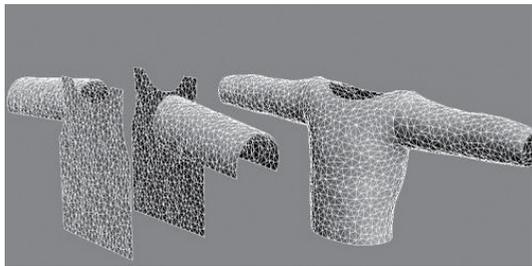


图9-56 Cloth修改效果

#### 1. 服装和图案设计概览

通常，缝合的图案是通过剪切布片然后再缝合在一起的。布片缝合的地方称为接合口。图案通常是对称的，即衣服的左侧和右侧相匹配。

#### » 裙子

最简单的裙子图案采用两个布片，前片和后片的形状类似。考虑到髋部和臀部的存在，后片形状比前片稍大，如图9-57所示。

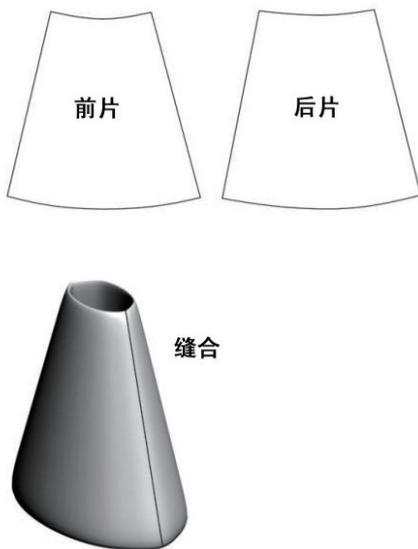


图9-57 裙子效果

服装的底边称为摺边。在裙子图案中，腰围和摺边都稍带弯曲。当人穿上裙子时，该曲边平置于腰围之上，同时裙子也在摺边处打摺。由于腰围和摺边一同弯曲，因此裙子周边的悬垂长度都将相同。

### ▶▶ 衬衫

衬衫的图案略微复杂。简单的T恤衫由前、后两个布片构成。后片上的领口要比前片上的领口略高。在侧边和肩部缝合之后，手臂处留开孔，如图9-58所示。



图9-58 衬衫效果

### ▶▶ 裤子

裤子图案的顶部为曲线，便于和髋部匹配。较长的直边是外侧接合口，较短的边是内侧接合口。靠近顶部的曲线和腹部或臀部相匹配，位于胯部之下，如图9-59所示。



图9-59 裤子效果

### ▶▶ 缝合摺

缝合摺是面板内菱形孔洞或衣服面板边上的V形剪切块（如图9-60所示），闭合时将令

衣服呈现弯曲的形状。



图9-60 缝合摺效果

### 2. Cloth修改器参数简介

Cloth修改器的参数包含3个卷展栏，分别是对象、选定对象和模拟参数，如图9-61所示。在这些卷展栏中，对象卷展栏中包括了创建 Cloth 模拟和调整织物属性的参数设置。

【选定对象】卷展栏用于控制模拟缓存、使用纹理贴图或插补来控制并模拟布料属性，以及指定弯曲贴图。该卷展栏只在模拟过程中选中单个对象时显示。

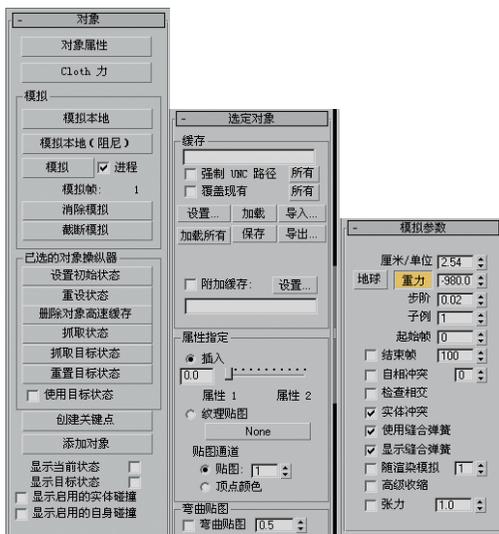


图9-61 参数卷展栏

【模拟参数】卷展栏设置用于指定重力、起始帧和缝合弹簧选项等常规模拟属性。这些设置在全局范围内应用于模拟，即应用于模拟中的所有对象。



### 9.4.2 Garment Maker修改器

Garment Maker也是一种修改器，该修改器专门用于将2D图案放在一起，随后可以与Cloth一起使用。通过Garment Maker，可以设计简单的、平面的、基于样条线的图案，并将其转换为网格，排列面板，然后创建接合口以将面板缝合在一起，还可以为褶皱和剪切指定内部接合线。

在图9-62所示的图中，左边的两个图形是利用样条线绘制出来的效果，右边的图形则是添加了Garment Maker修改器后的效果。

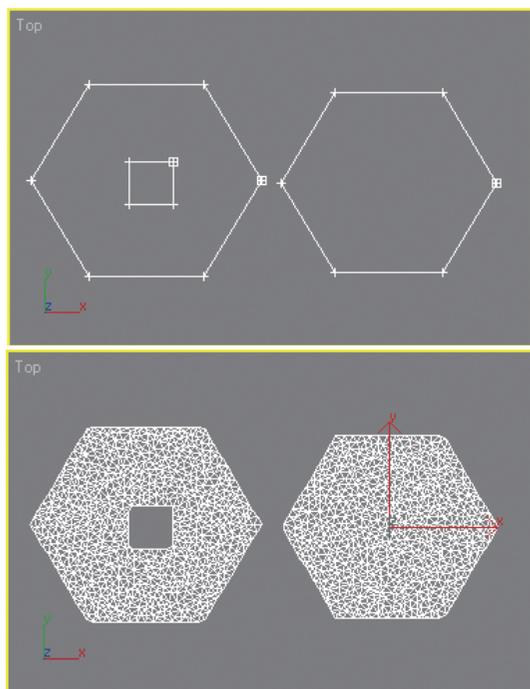


图9-62 Garment Maker修改器的功能

关于该修改器的参数就不再详细介绍，在下面的操作中，使用到相关的参数时再介绍其功能。

### 9.4.3 晾晒衣物动画

本案例将使用修改器和扭曲物体相结合的方法创建一种常见的动画，即衣物在晾衣绳上的摇摆动画，制作的大致思路是利用修改器模拟出布料效果，并加于动力学属性，使其能够按照设计目的进行摇摆。由于这个动画的创建是否成功，与模型有着直接的关系，因此这里决定将建模过程简单叙述一下。

#### 1. 构建模型

**01** 打开随书光盘本章目录下的“场景.max”文件，如图9-63所示。

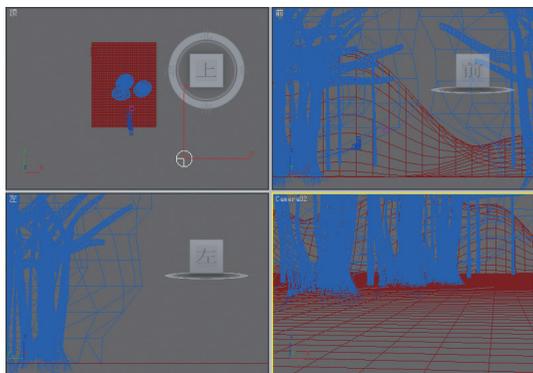


图9-63 打开场景文件

#### 动画小提示

之所以要这个场景文件，主要是为了产生一个整体效果，实际上就是为了配景使用的。

**02** 在前视图中，利用线工具绘制一条如图9-64所示的曲线。

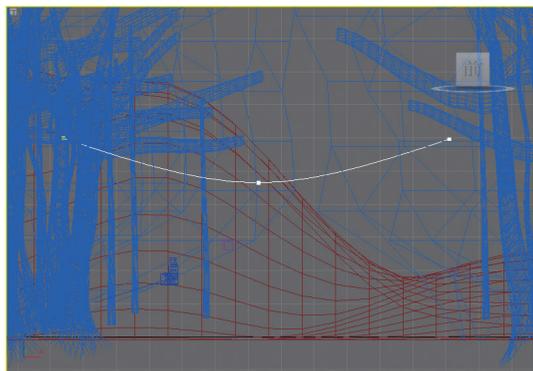


图9-64 绘制曲线

**03** 为了便于操作，将场景中的所有物体隐藏，只留下样条线，如图9-65所示。

**04** 在修改面板中展开【渲染】卷展栏，按照图9-66所示的参数设置，并将其转换为可编辑多边形。

**05** 然后，再创建两个长方体，作为晾衣绳两端的撑杆，如图9-67所示。

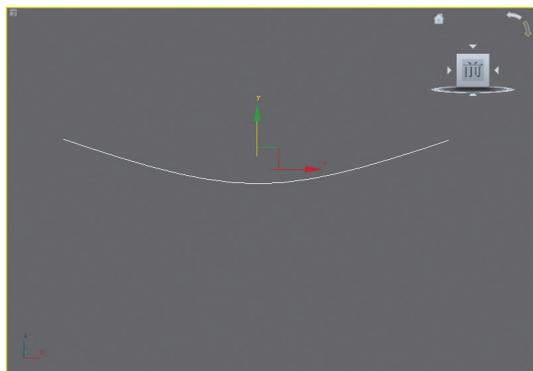


图9-65 创建样条线

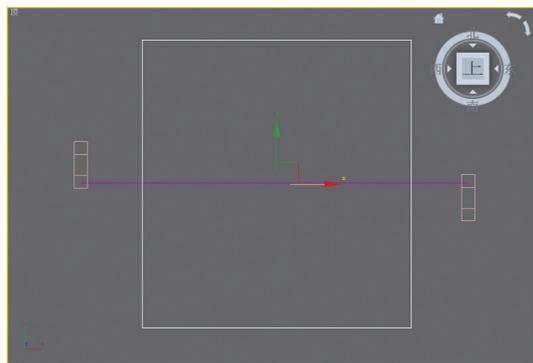


图9-68 创建矩形框

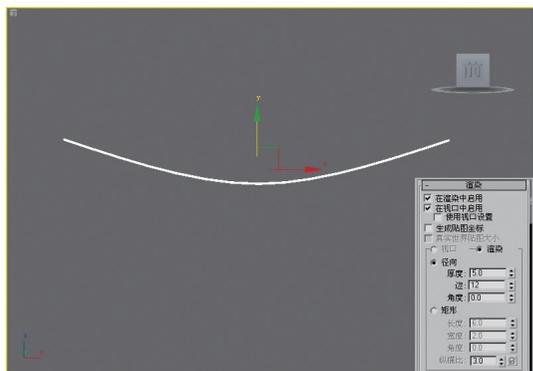


图9-66 转换为可编辑多边形

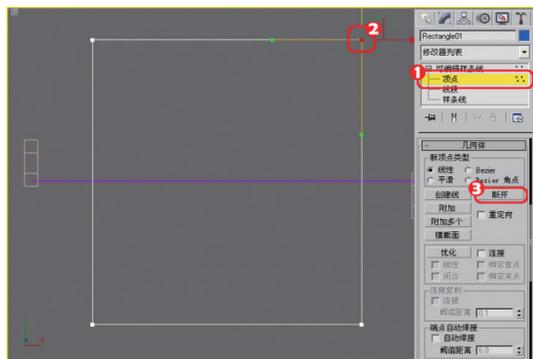


图9-69 断开顶点

动画小提示

在执行断开操作时，一定要将4个顶点全部断开，否则后期容易产生错误。

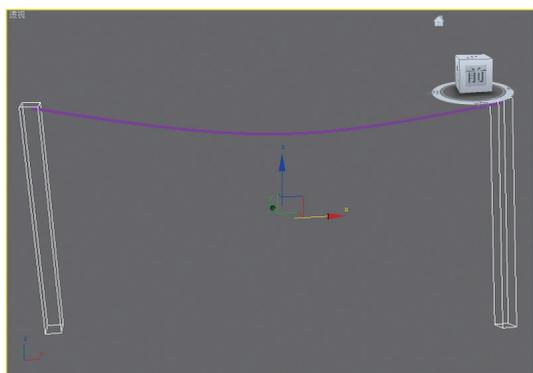


图9-67 创建撑杆

06 然后，利用矩形工具在顶视图中创建一个如图9-68所示大小的矩形框。

07 将矩形框转换为可编辑样条线，切换到顶点状态，选择4个顶点，展开【几何体】卷展栏，单击其中的【断开】按钮，如图9-69所示。

2. 生成效果

01 选择矩形框，选择【修改器列表】中的Garment Maker修改器，并修改其【密度】为0.1，如图9-70所示。

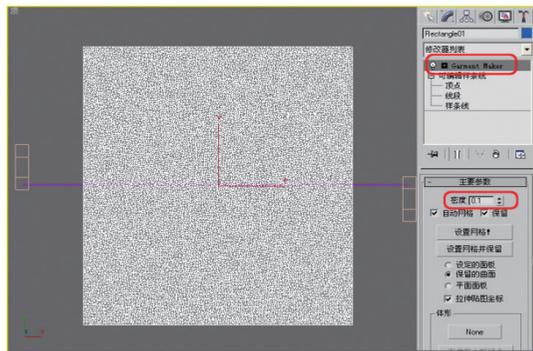


图9-70 设置参数



**02** 然后，再在修改器列表选中Cloth选项，如图9-71所示。

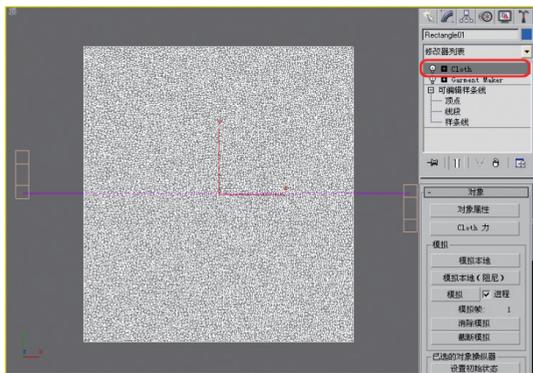


图9-71 添加Cloth修改器

**03** 展开对象卷展栏，单击【对象属性】按钮，打开如图9-72所示的对话框。

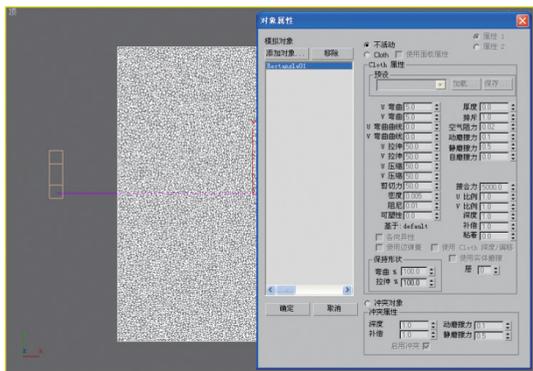


图9-72 【对象属性】对话框

**04** 然后，选择矩形，按照图9-73所示的参数进行设置。

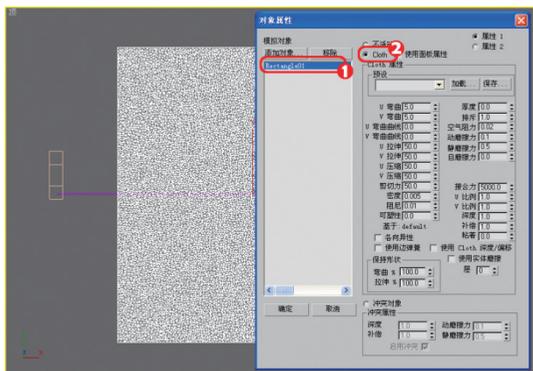


图9-73 设置布料属性

**05** 然后，单击【添加对象】按钮，在打开的对话框中选择line01，即那条绳子，如图9-74所示。

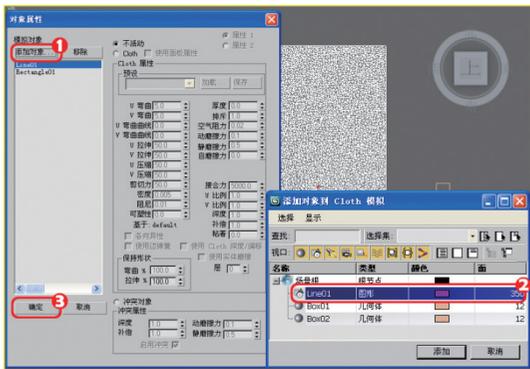


图9-74 添加对象

**06** 然后，选中【冲突对象】单选按钮，并将【深度】设置为3，如图9-75所示。

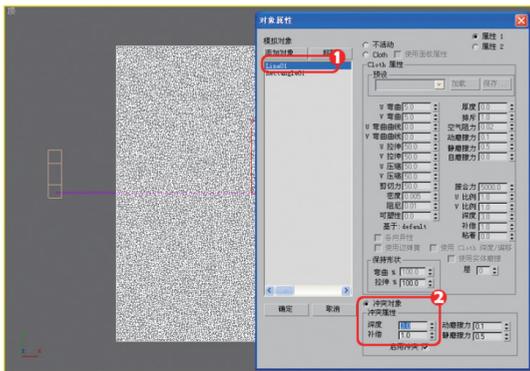


图9-75 设置冲突对象

### 动画小提示

选中【冲突对象】单选按钮后，系统将左侧列中高亮显示的一个或多个对象设置为冲突对象。布料对象沿着冲突对象反弹或包裹。【深度】用于设置冲突对象的冲突深度。如果部分布料在冲突对象中达到此深度，模拟将不再尝试将布料推出网格。

**07** 单击对象卷展栏中的【模拟本地】按钮，开始执行模拟操作，如图9-76所示。

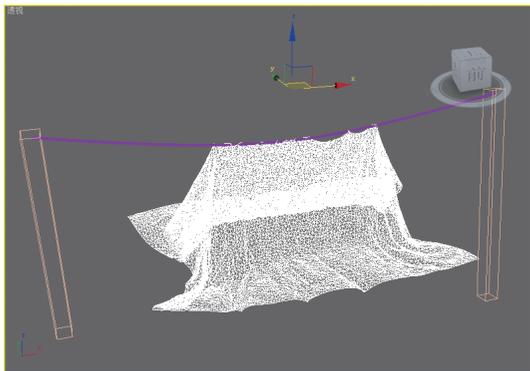


图9-76 模拟开始

### 动画小提示

此时，布料开始下滑，并经过了绳子物体。所不同的是，布料将穿越绳子，而直接落下，产生了错误，因此需要修正一下。

**08** 单击【消除模拟】按钮，还原物体形状。在修改器堆栈中展开Cloth选项，选择其中的【组】选项。单击【组】按钮创建一个新组，如图9-77所示。



图9-77 创建组

**09** 单击【模拟节点】按钮，再在视图中选中如图9-78所示的节点。

### 动画小提示

通过上述的操作后，当布料在下落的过程中，选择的顶点将与绳子接触，并附着在绳子的上表面，从而使布料落在绳子上，而不是掉下去。

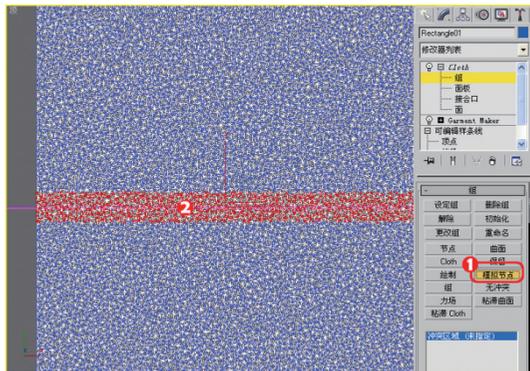


图9-78 选择节点

**10** 操作完毕后，退出组层级。再次单击【模拟本地】按钮观看模拟效果，如图9-79所示。

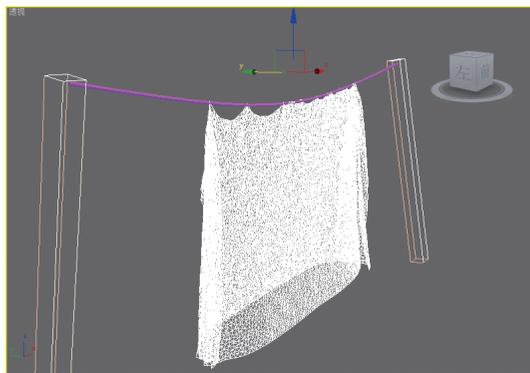


图9-79 模拟本地效果

**11** 打开【对象属性】对话框。选择布料，按照图9-80所示的参数进行设置。

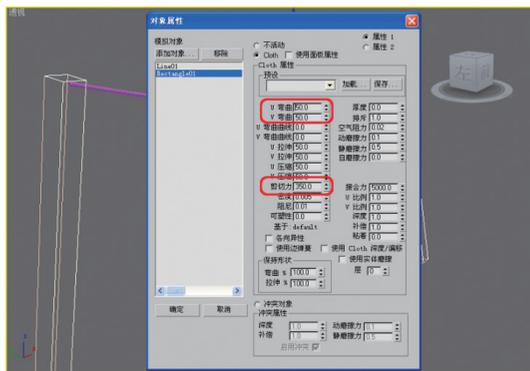


图9-80 修改布料模拟参数



**12** 再次执行模拟操作，观察布料的效果，如图9-81所示。

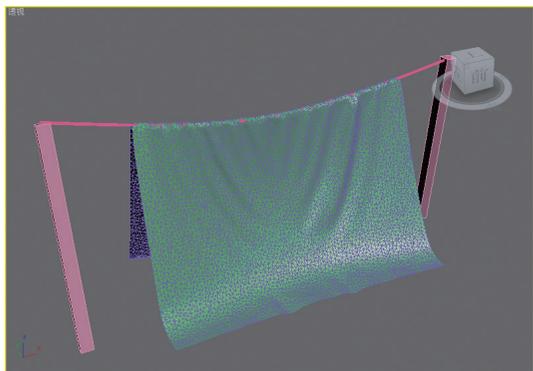


图9-81 布料测试效果

### 3. 添加力的作用

默认情况下，物体是受重力的影响才会下落的，但是为了在下落的过程中产生一些风吹的效果，则需要重新添加风力扭曲物体。

**01** 在场景中利用【风】工具创建一个风力扭曲物体，如图9-82所示。

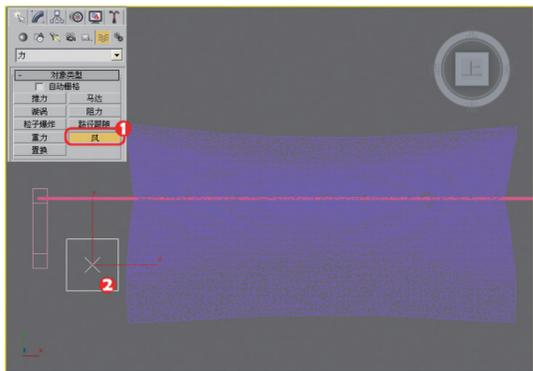


图9-82 创建风力扭曲物体

**02** 然后，在四视图中调整一下风力物体的方向和位置，如图9-83所示。

**03** 切换到修改面板，按照图9-84所示的参数修改一下其设置。

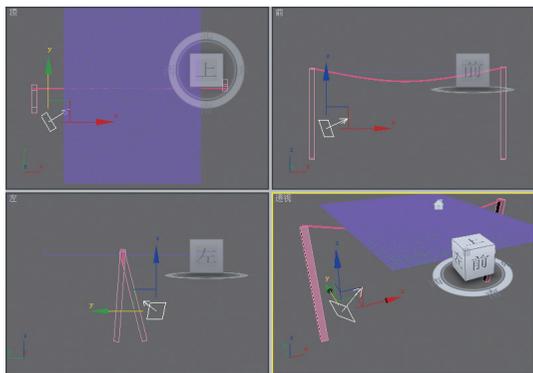


图9-83 调整风力物体的方向

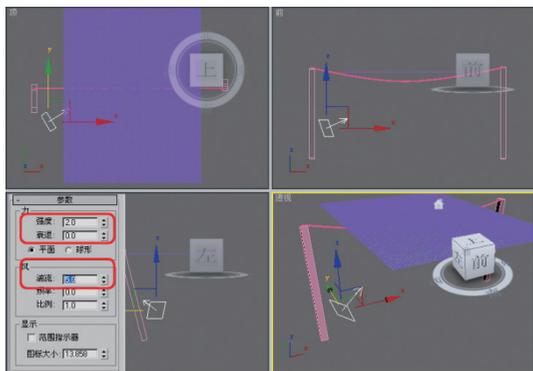


图9-84 修改参数设置

**04** 选择布料物体，在其参数卷展栏中单击【Cloth力】按钮，在打开的对话框中按照图9-85所示的参数进行设置。

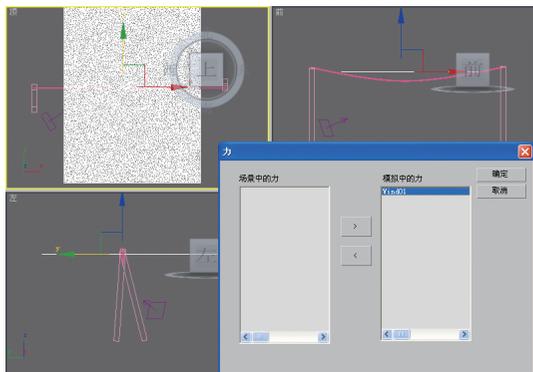


图9-85 添加力

**05** 设置完毕后，重新模拟一下，观察此时的效果，如图9-86所示。

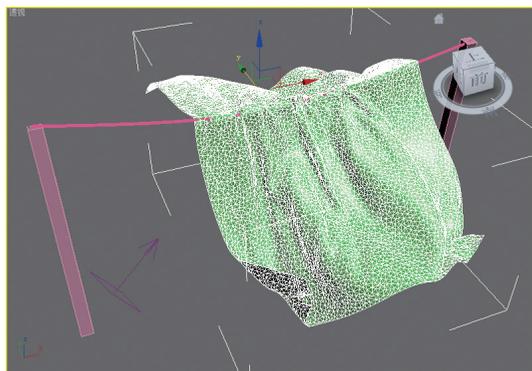


图9-86 风吹效果

**06** 此时，风力有点大，把布料吹跑了，可以考虑将风力强度降低一些，效果如图9-87所示。

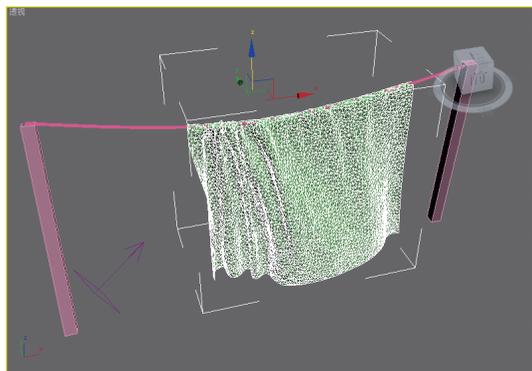


图9-87 降低风力强度

**07** 设置完成后，单击【模拟】按钮，即可生成动画，如图9-88所示。

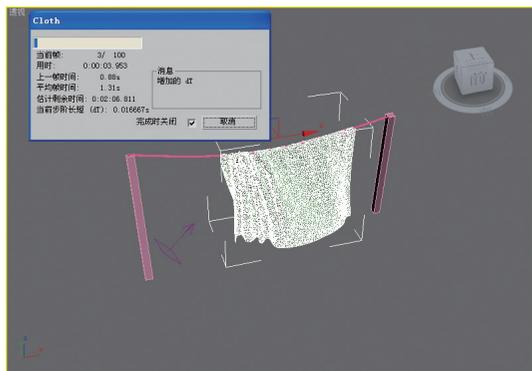


图9-88 生成动画

**08** 最后，显示场景中的所有物体，为床单制作一个材质，即可完成制作，效果如图9-89所示。

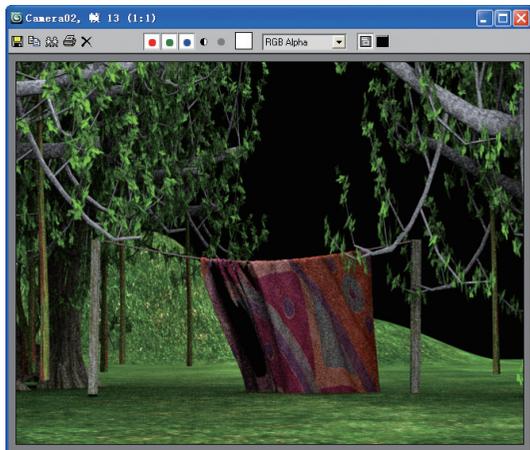


图9-89 动力学效果

#### 9.4.4 触类旁通

类似的布料效果有很多种类型，其基于的制作原理都是相似的，所不同的是产生的形式不同。本节要求读者按照上述的制作原理，制作图9-90所示的旗帜飘扬动画。



图9-90 旗帜飘扬动画



## 9.5 绳索卷动动画

这是一个经典的动画案例，通常用来描述一个打水或者吊东西的过程，通过绳索的卷动能够将下面钩住的物体卷上来，效果如图9-91所示。关于该动画的实现，需要使用到刚体和绳索柔体的结合。在介绍案例的具体实现之前，首先介绍“绳索”柔体的一些基础知识。

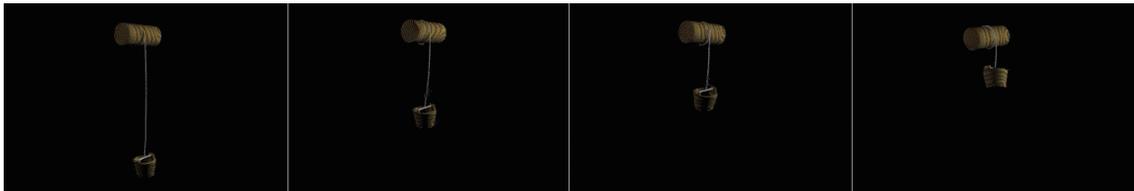


图9-91 绳索卷动动画

### 9.5.1 绳索简介

顾名思义，绳索是一种用来模拟现实生活中类似于绳子、钢丝、头发、锁链等特性的一种动力学物体。创建绳索时，其载体不是传统的几何物体，而是图形，通过将一条样条线进行合理的编辑后，即可用作绳索的载体。

当在样条线上添加了绳索以后，就可以通过其参数面板修改其属性，使其能够按照的设计意图进行运动。下面主要介绍绳索的主要参数功能，图9-92所示是绳索的参数面板。

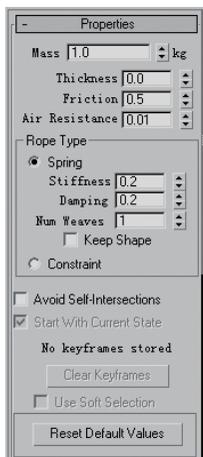


图9-92 绳索参数面板

#### »» Mass (质量)

绳索的质量，单位为千克。该参数将影响绳索在与其他对象碰撞时的激烈程度。另外，

在与水交互作用时，质量越大，则浮力越小。

#### »» Thickness (厚度)

该参数用于指定模拟的绳索的粗细，因为用于创建绳索的形状没有固有的粗细。在模拟中将看不到粗细为0的绳索。

#### »» Friction (摩擦)

绳子曲面的摩擦系数。与刚体一样，此参数影响绳索在与其接触的表面作相对移动时的平滑程度。两个对象的摩擦值组合作用，产生交互作用的系数。

#### »» Air Resistance (空气摩擦)

绳索移动时损失能量的程度，也就是通常所说的空气摩擦力。该数值越大，则绳子受重力的影响就越小。

#### »» Rope Type (绳子类型)

用于设置绳索的类型。其中，Spring为默认绳索类型，Constraint则是一种刚性较强的绳索类型。在该选项区域中，Stiffness用于设置绳索可以拉伸的程度；Damping用于控制在压缩或拉伸绳索时，振动停止的速度；Num Weaves用于设置绳索的不弯曲性跨顶点伸展的程度；启用Keep Shape复选框时，绳索将尝试保持其原始形状，而不是恢复为直线。

#### »» Avoid Self-Intersections (自相交)

启用时，在模拟期间绳索将不会自相交。

这样可以使模拟效果更加逼真，但可能会增加模拟时间。

### Start With Current State (使用当前状态开始)

绳索将使用修改器中存储的当前状态开始模拟。

### Stored Keyframes (存储关键帧)

关键帧数存储在绳索中。如果创建动画或者在【预览窗口】中使用Update MAX，则reactor会存储绳索的关键帧。

### Clear Keyframes (清除关键帧)

清除为此绳索存储的所有关键帧。

### Use Soft Selection (使用软选择)

允许使用软选择来平滑此可变形对象的关键帧顶点和模拟顶点之间的过渡。

### Reset Default Values (恢复默认值)

将此绳索的值重置为其默认值。

## 9.5.2 绳索卷动动画

绳索卷动的动画采用了两种动力学物体相结合的方法制作而成，首先是利用刚体产生了一个卷动的装置，然后再利用绳索动力学绑定到绳子上，产生被卷动的效果。本节介绍这个过程的实现方法。

### 1. 布置场景

**01** 新建一个场景，利用【切角圆柱体】工具在视图中创建一个圆柱体，将其命名为“转轮”，如图9-93所示。

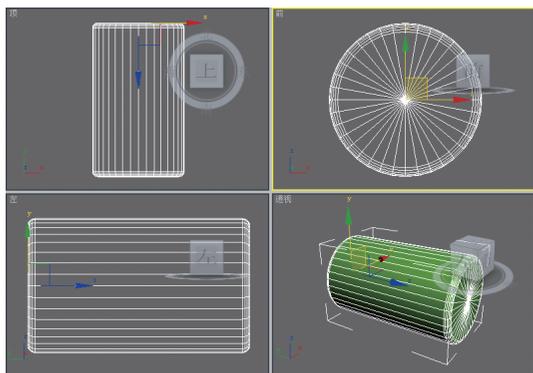


图9-93 创建切角圆柱体

**02** 然后，再在场景中绘制一条直线，将其命名为“绳子”，如图9-94所示。

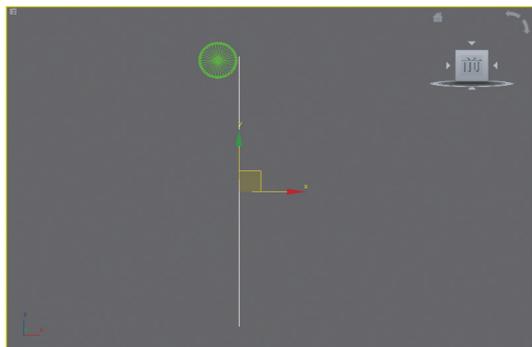


图9-94 绘制直线

**03** 切换到线条的【线段】编辑模式，选择线条，将【拆分】设置为60，从而细化线段，如图9-95所示。

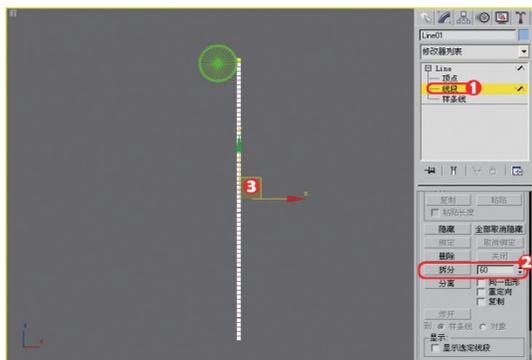


图9-95 细分线段

**04** 再在场景中建立一个小球，将其命名为“固定点”以备用，如图9-96所示。

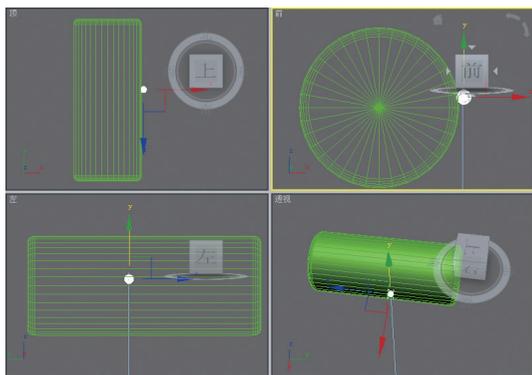


图9-96 创建顶点



## 2. 添加动力学

**01** 分别单击reactor工具栏上的和按钮，在场景中创建一个刚体和一个绳索，如图9-97所示。

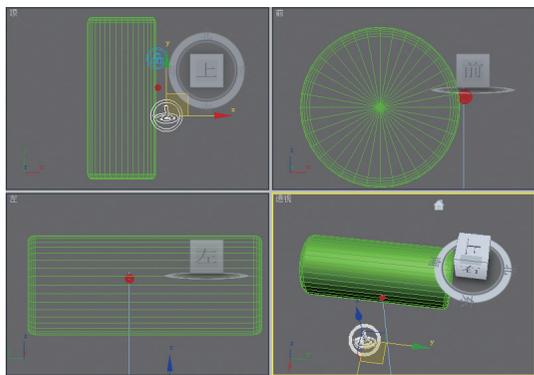


图9-97 创建动力学物体

**02** 在视图中选择刚体收集器，单击修改面板中的Pick按钮，在视图中拾取“转轮”和“固定点”物体，从而将它们设置为刚体，如图9-98所示。

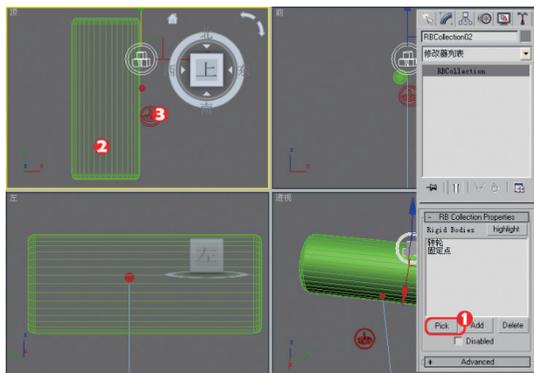


图9-98 设置刚体

**03** 选择“绳子”，展开【修改器列表】下拉菜单，选择其中的reactor Rope修改器，如图9-99所示。

**04** 展开reactor Rope选项，选择其中的Vertex选项，并选择如图9-100所示的顶点。

### 动画小提示

此时看到的线条之所以有体积感，是因为启用了线条的可渲染功能，读者可以在Line样条线的【渲染】卷展栏中进行操作。

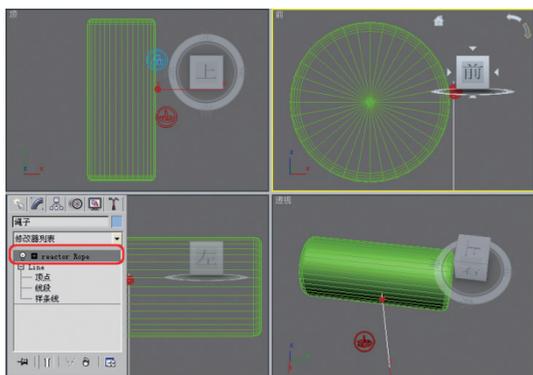


图9-99 添加reactor Rope修改器

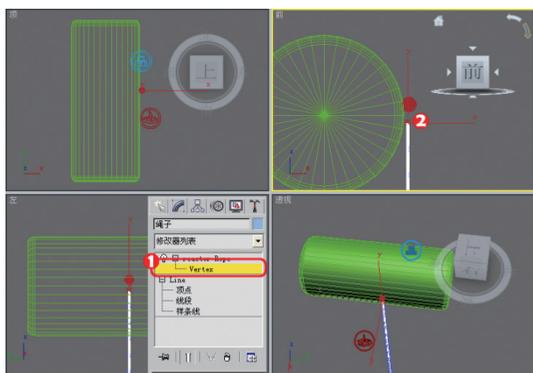


图9-100 选择顶点

**05** 展开Constraints卷展栏，单击其中的Attach to Rigid Body按钮，添加一个刚体约束，如图9-101所示。

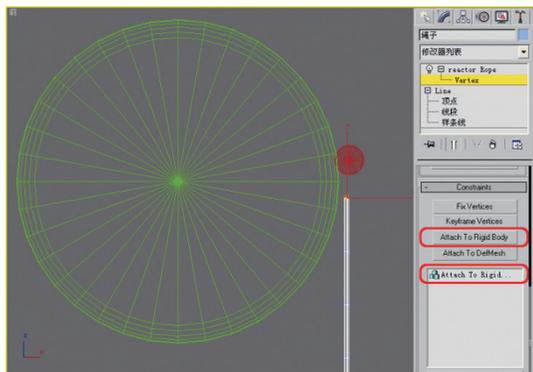


图9-101 添加刚体约束

**06** 然后，选择列表框中的Attach to Rigid选项，在展开的卷展栏中单击None按钮，并在视图中拾取“固定点”物体，如图9-102所示。

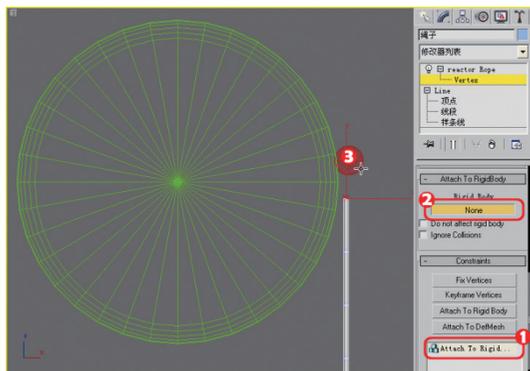


图9-102 拾取捆绑

**07** 再选择“固定点”物体，单击工具栏上的按钮，按住鼠标左键不放，将其拖动到“转轮”物体上，从而实现它们的链接，如图9-103所示。

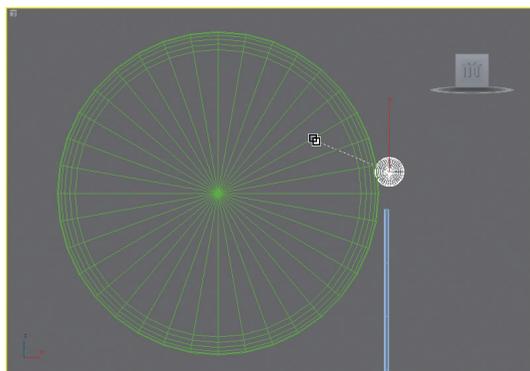


图9-103 链接刚体

**08** 选择“转轮”，单击reactor工具栏上的按钮，打开刚体属性面板，按照图9-104所示的参数修改刚体属性。

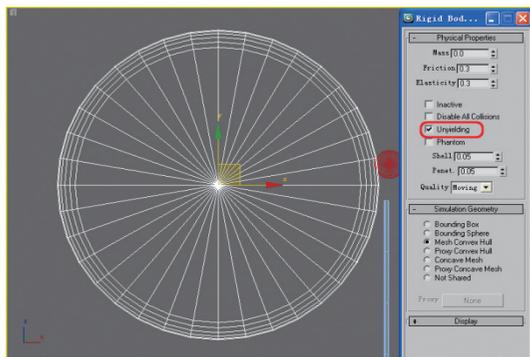


图9-104 设置动力学参数

### 3. 捆绑水桶

**01** 然后，再创建一个水桶的模型，如图9-105所示，这里不再介绍其具体的制作过程。

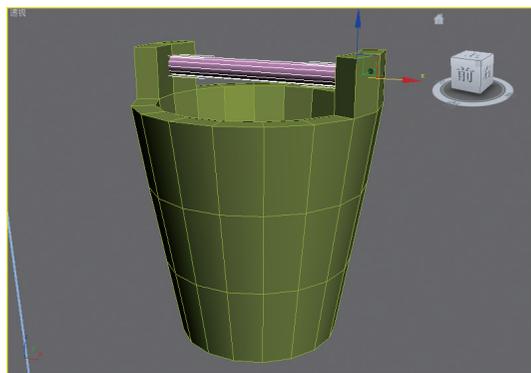


图9-105 创建水桶

**02** 将水桶成组，这是必须要做的，否则将会产生问题，如图9-106所示。

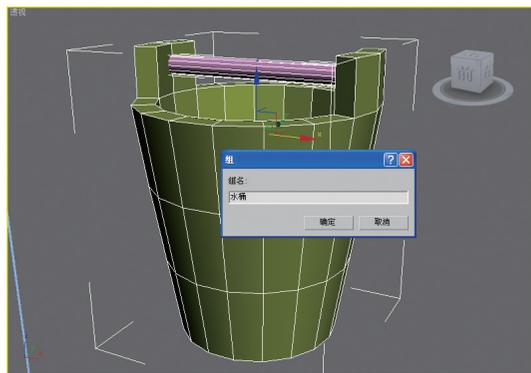


图9-106 成组物体

**03** 在视图中选中刚体收集器，在修改面板中单击Pick按钮，并在视图中选择水桶物体，将其添加到刚体收集器中，如图9-107所示。

#### 动画小提示

读者还可以单击Add按钮，在打开的列表中选择水桶物体。

**04** 选中绳索，切换到Vertex级别，选择如图9-108所示的顶点。

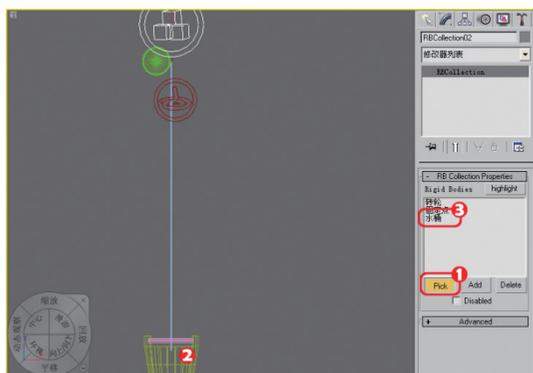


图9-107 添加刚体目标

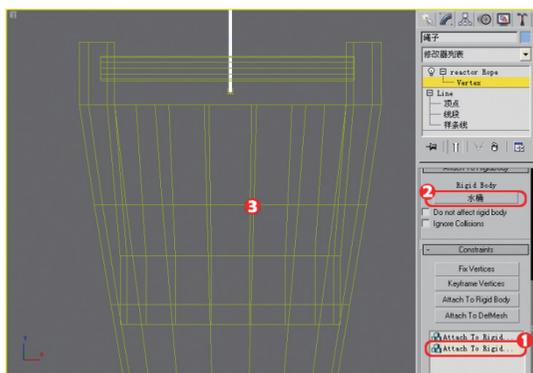


图9-110 绑定水桶

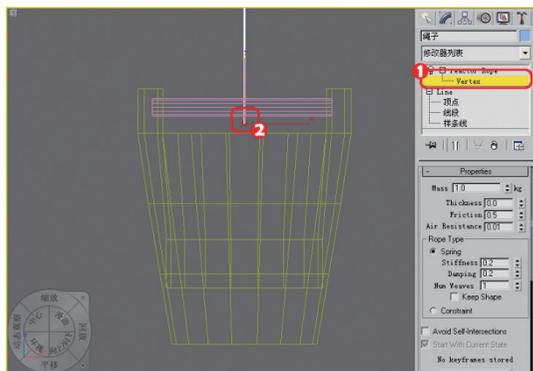


图9-108 选择顶点

**05** 在Constraints卷展栏中单击Attach To Rigid Body按钮，添加一个刚体捆绑事件，如图9-109所示。

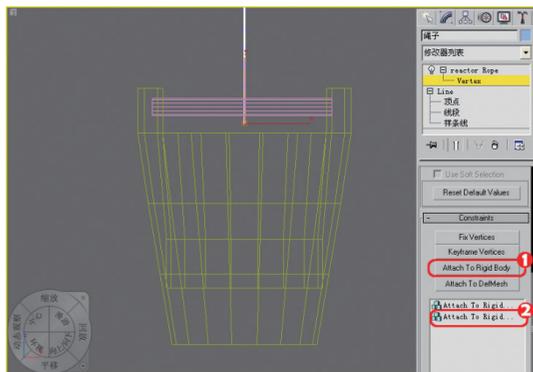


图9-109 添加刚体捆绑事件

**06** 在列表框中选择该事件，在展开的卷展栏中单击None按钮，并在视图中选择水桶物体，如图9-110所示。

**07** 选择水桶，在属性面板中设置其重量，如图9-111所示。

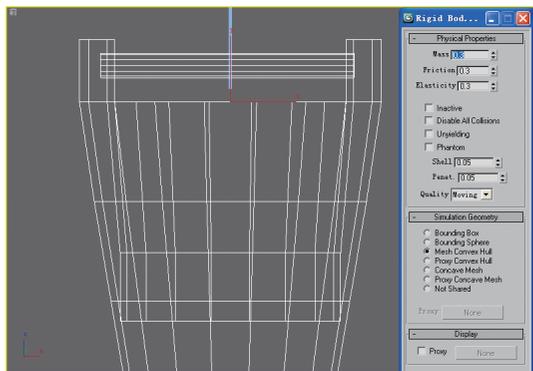


图9-111 设置重量

**08** 最后，创建一个轮轴旋转的动画，即可完成设置操作，如图9-112所示。

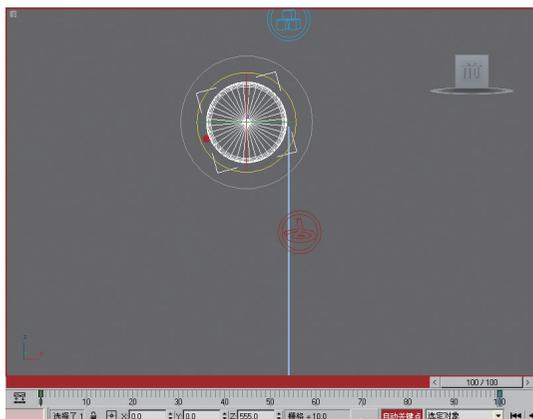


图9-112 设置动画

**09** 动画设置完成后，即可预览此时的效果，如图9-113所示。

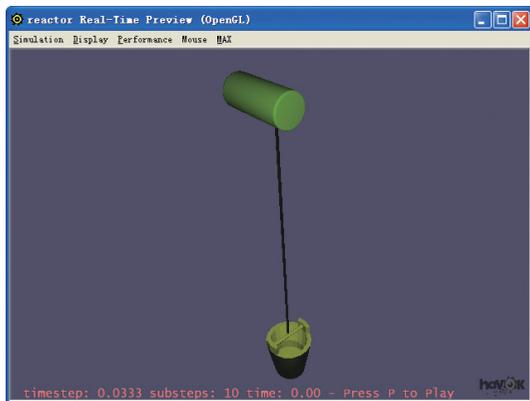


图9-113 预览效果

**10** 如果效果已经完成，则可以将动画生成即可。

### 9.5.3 触类旁通

通过本节的学习，知道了如何将绳索和刚体物体搭配使用。那么，如果分别在绳索的两端添加两个刚体，会产生什么样的效果呢？本节需要读者模拟出图9-114所示的效果。

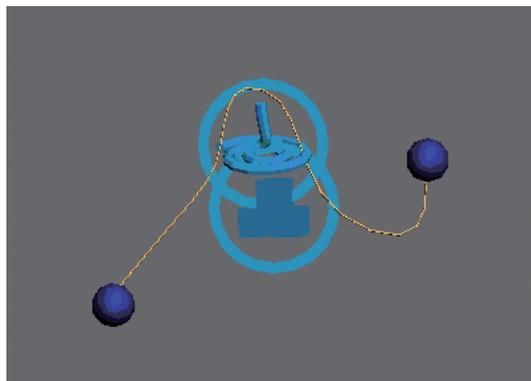


图9-114 绳索效果