

China-pub.com

下载

## 第10章 正向运动和反向运动

前面已经做了很多动画，但大部分只是孤立物体的运动，在自然界中，孤立的物体是很少的，更多的是复杂的组合物体。所谓的组合物体是指用层次树把几个物体联系起来，使这几个物体相互影响。

把物体的层次树结构比作“树”是很恰当的。它由“树干”、“树枝”和“树叶”组成，把对象按层次一级一级排列起来。在一个“树干”下，可以有一个或多个“树枝”，在一“树枝”下有若干“树枝”或“树叶”。但任何“树枝”、“树叶”向上只能从属于一个枝干。因此，层次树和Windows的文件目录结构很相似，只不过Windows结构允许同名对象的存在，而层次树不允许罢了。

一旦两个物体连接起来，上一级的叫作父物体，下一级的叫作子物体。一个父物体可以有多个子物体。物体的连接方式有两种：一种是正向运动，即父物体的运动影响子物体；一种是反向运动，即子物体的运动影响父物体。

### 10.1 日月地系统

在正向运动中，如果父物体运动，子物体也跟着运动；如果父物体变形，子物体也跟着变形。比如说，月亮是地球的卫星，当地球运动时，月亮也跟着运动；当人挥上臂时，带动手一起运动，因此，手是手臂的子物体。

日月地系统是一个比较简单的父子运动系统，通过这个动画，可以了解父子物体的运动继承问题。一般来讲，月亮应该是地球的子物体，但我们知道，地球除了公转之外，还有自转。因此，如果直接把月亮设为地球的子物体，由于运动继承的关系，月亮绕地球公转的速度将大大超出实际。我们用一个变通的方法，给地球的公转设一个轨道，把轨道设为地球的子物体，从而圆满地解决了问题。

#### 10.1.1 创建场景

本动画的场景非常简单，只是大小不等的几个球体和两条圆路径。

- 1) 打开Create命令面板，单击Geometry按钮。
- 2) 单击Sphere按钮，在Front视图中创建三个球。
- 3) 将Sphere01的半径设为80，Sphere02的半径设为30，Sphere03的半径设为15。
- 4) 打开Create命令面板，单击Shapes按钮。
- 5) 单击Circle按钮，在Front视图里创建两个圆。
- 6) 将Circle01的半径设为220，Circle02的半径设为110。
- 7) 选中Circle01和Sphere01，单击Align按钮。
- 8) 在视图中单击鼠标，弹出对话框。
- 9) 选中X、Y、Z单选框，单击OK，对齐Circle01和Sphere01，对Circle02和Sphere02也做同样处理。

### 10.1.2 连接物体和路径

- 1) 单击Select and Link按钮，选中Circle01。
  - 2) 在视图中将Circle 01设为Sphere01的子物体，同理，将Circle02设为Sphere02的子物体。
  - 3) 在视图选中Sphere02，打开Motion命令面板。
  - 4) 单击Assign Controller长按钮，打开卷展栏，单击选中Position。
  - 5) 单击Assign Controller按钮，弹出Assign Position Controller对话框。
  - 6) 单击选中Path作为控制器，单击OK。
  - 7) 单击Motion命令面板中Current Path Object栏下None按钮。
  - 8) 用鼠标单击Select by Name按钮，选中Circle01，Sphere02把圆作为路径，跳到圆的一个端点上。
  - 9) 用同样的方法使Sphere03沿着Circle 02路径运动。
- 最后场景如图10-1所示。

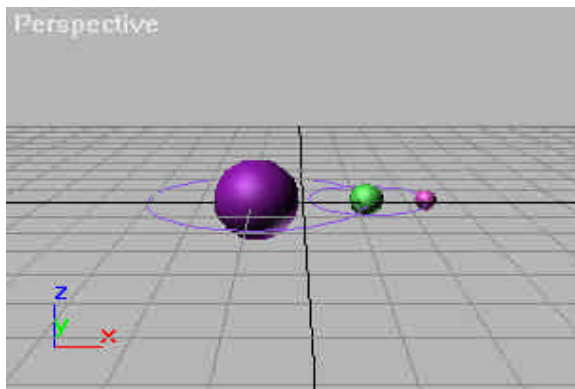


图10-1 日月地系统

### 10.1.3 动画控制

由于界面的关系，三个球体的大小未能按照实际大小设置，但它们的相对运动关系完全可以做到与实际相符。

- 1) 单击Time Configuration按钮。
- 2) 在对话框里设定Length的值为360，单击OK，把动画的长度设为360帧。
- 3) 打开Track View轨迹窗，选中Sphere02的Rotate项。
- 4) 单击Assign Controller按钮，从弹出的对话框中选择Ruler XYZ控制器，单击OK。
- 5) 展开Rotate项，下面分为X、Y、Z三个旋转分枝，默认控制器为Bezier Float。
- 6) 选中Z Rotate项，单击Function Curves按钮。
- 7) 单击Add Keys按钮，分别在第0帧和第360帧加入两个关键点。
- 8) 在第360帧关键点上单击右键，弹出对话框。
- 9) 将Value值设为=131400(即 $365 \times 360$ )。
- 10) 选中Sphere03的Percent项，单击Function Curves按钮。
- 11) 在第360帧关键点上单击右键，弹出对话框。

12) 将Value值设为1200。

根据上面设定的数值，Sphere02(地球)沿Circle01(公转轨道)旋转一周，自转 365周，Sphere03(月球)沿Circle02(月球公转轨道)绕Sphere02旋转12周。

单击Play按钮，播放动画，我们发现事实并非如上所述。Sphere03(月球)沿Circle02(月球公转轨道)绕Sphere02(地球)旋转得飞快，远远超过了12周。原因在哪里呢？原来我们把Circle02设为Sphere02的子物体，Circle02本身随着Sphere02的自转而旋转，我们看到的Sphere03的公转速度是Sphere02的自旋速度和设定的速度的叠加。

下面改进动画：

1) 打开Hierarchy命令面板，单击Link Information按钮，打开卷展栏，如图10-2所示。

2) 去掉Inherit(继承)栏下Rotate框中的X、Y、Z复选框选中符号。

单击Play按钮，播放动画，动画按照设定的数值运动，如图10-3所示。

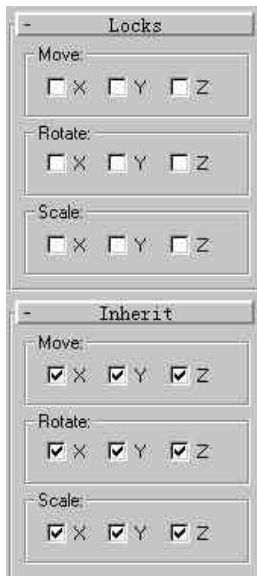


图10-2 Link Information卷展栏



图10-3 渲染图

注意 在Inherit栏下，还有Move和Scale两项。顾名思义，若去掉这两项选中符号，子物体将不再继承随父物体移动和变形的功能。读者可自行检验。

## 10.2 人体连接

上面的动画，对父子物体的运动继承问题做了初步说明。下面通过制作人体动画，继续深入学习正向运动的知识。

### 10.2.1 创建场景

人体的动画相当复杂，对那些细节也就不深入了，只用一个用球体和圆柱连接起来的人体模型来模拟。

- 1) 打开Create命令面板，单击Geometry按钮。
- 2) 单击Sphere按钮，在Front视图里创建一个球。
- 3) 单击Cylinder按钮，在Front视图里创建一段圆柱。
- 4) 单击Select and Move按钮，按住Shift键，拖动球体。
- 5) 从弹出的对话框里复制11个球体。
- 6) 用同样方法复制10段圆柱。
- 7) 球体和圆柱形成的场景如图10-4所示。

头部球体的半径为30，肩部和腰部球体的半径为20，其余球体的半径为15，腿部圆柱的长度为70，其余部分的圆柱长度为50。

注意 因为此动画物体较多，若是分辨率高的话，则对动画的速度有很大影响。因此，建议将各个球体的Segment设为16。

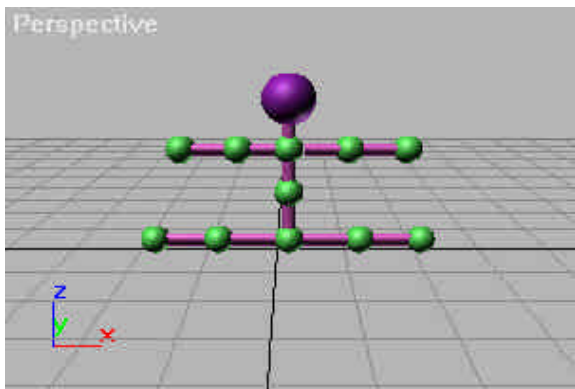


图10-4 人体

### 10.2.2 连接

骨架已经造好了，但还不是一个有机的整体。下面从上到下把各部分连接起来。

- 1) 单击Select and Link按钮，将头部球体连接到颈部圆柱。
- 2) 将颈部圆柱连接到肩部球体。
- 3) 将上臂圆柱连接到肩部球体，将肘部球体连接到上臂圆柱，将小臂圆柱连接到肘部球体，将手部球体连接到小臂圆柱。
- 4) 按照把上部连接到下部的原则，把构成脊梁的肩部、胸部、腰部三个球体和两段圆柱连接起来。
- 5) 将大腿圆柱连接到腰部球体，将膝部球体连接到大腿圆柱，将小腿圆柱连接到膝部球体，将足部球体连接到小腿圆柱。

### 10.2.3 锁定

在连接好全身各部分之后，还要注意一个重要的问题。现在用球体代替全身各个关节，但是，人体的关节并不是360度全空间可以旋转的，因此必须对球体的旋转加以限制。

- 1) 单击Select Object按钮，选中肘部球体。

- 2) 选择Local坐标系。
- 3) 打开Hierarchy命令面板。
- 4) 单击Link Information按钮，打开卷展栏。
- 5) 在Lock(锁定)栏下Rotate框里选中X、Z复选框。
- 6) 单击Select Object按钮，选中膝部球体。
- 7) 在Lock(锁定)栏下Rotate框里选中X、Z复选框。

#### 10.2.4 移动轴心点

现在单击Select and Rotate按钮，在视图中旋转上臂，却发现旋转一段时间后，上臂和肩关节脱离开了。这又暴露了一个问题，即调整轴心点问题。

- 1) 单击Select Object按钮，选中小臂圆柱。
- 2) 打开Hierarchy命令面板。
- 3) 单击Pivot按钮，打开卷展栏。
- 4) 单击Affect Pivot Only按钮。
- 5) 在视图图中将小臂圆柱的轴心点移到肘关节。
- 6) 选中上臂圆柱，在视图图中将上臂圆柱的轴心点移到肩关节。
- 7) 选中小腿圆柱，在视图图中将小腿圆柱的轴心点移到膝关节。
- 8) 选中大腿圆柱，在视图图中将大腿圆柱的轴心点移到腰关节。
- 9) 将构成脊柱的三圆柱的轴心分别移到各自的最下方。

单击Select and Rotate按钮，在视图图中旋转各关节，最后场景如图 10-5所示。

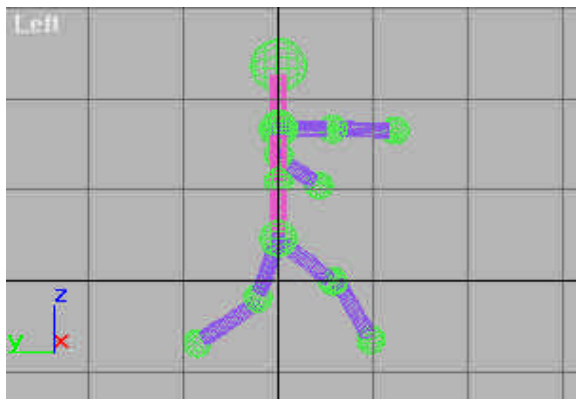


图10-5 连接后的人体

#### 10.2.5 动画制作

前面已经锁住了肘关节的X方向和Z方向的旋转，现在制作一个挥手的动画。

- 1) 打开Animate按钮，拖动时间条到25帧。
  - 2) 单击Select and Rotate按钮，选择Y轴约束，在视图图中逆时针旋转肘关节。
- 现在若选择X轴约束，在视图图中无论怎样旋转肘关节球体，关节不动。
- 3) 拖动时间条到50帧。

- 4) 选择Y轴约束，在视图中顺时针旋转肘关节。
- 5) 打开Track View轨迹窗，选择肘关节球体。
- 6) 单击Parameter Curve Out-Of-Range Type按钮。

现在已经创建了两个关键帧，单击 Play按钮，播放动画，发现人来回挥手，但动作很不真实。用以下方法改进：

- 1) 打开Track View轨迹窗，选择肘关节球体。
  - 2) 展开Transform项，选择Rotate。
  - 3) 单击Assign Controller按钮，弹出Assign Position Controller对话框。
  - 4) 单击选中Euler XYZ作为控制器，单击OK。
  - 5) 展开Rotate项，选择Z Rotate。
  - 6) 单击Function Curves按钮，显示Z Rotate曲线。
  - 7) 单击Add Keys按钮，在Z Rotate曲线的第0帧、第25帧、第50帧处增加三个关键点；各关键点位置分别是80、60、80，切线方式分别是慢切线、光滑切线、慢切线。
- 单击Play按钮，播放动画，此时动作改善了很多，如图 10-6所示。

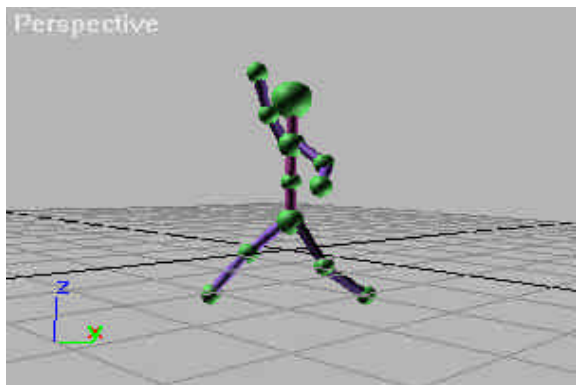



图10-6 挥手的人

## 10.3 同步和不同步

动画制作中经常会遇到一些物体要有相同的动作，如果分别设置的话，则很不容易控制。可以采用复制动画控制的方法把一个物体的动作设置复制到其他物体上面。

### 10.3.1 同步

- 1) 关闭Animate按钮。
- 2) 用  Zoom工具缩小视图中的物体，留出多余的空间。
- 3) 单击Select and Move按钮，选中整个人体。
- 4) 按下Shift键向上拖动复制出另一个人。
- 5) 在出现的Clone对话框中，选择Instance，并确认Controller下选择的是Copy，单击OK，如图10-7所示。这样复制时动画的运动关系也会被同时复制下来。

激活Perspective视图，单击Play按钮，播放动画，现在两个人做步调一致的运动，如图 10-8所示。

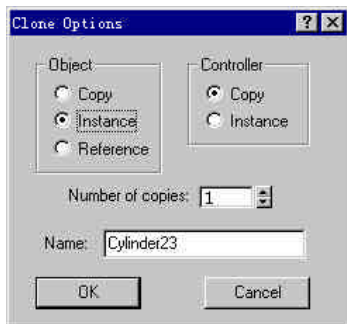


图10-7 Clone对话框

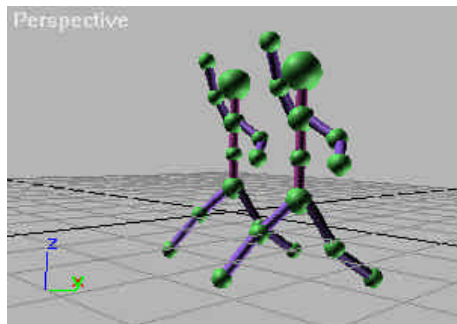


图10-8 同步的场景

### 10.3.2 不同步

- 1) 单击Track View轨迹窗工具栏中的 Filters按钮。
  - 2) 在弹出的对话框中，选中Show Only栏中Animated Track复选框。
  - 3) 用右键单击腰部球体，选择Expand Objects，可以看到两个人体的层次树。
  - 4) 单击 Edit Ranges按钮，把编辑窗口切换到编辑范围显示方式。
  - 5) 单击 Modify Subtree按钮，出现了覆盖其所有子物体的范围条。
  - 6) 在对话框的底部按钮中，单击\*Zoom Horizontal Extents按钮。
  - 7) 把光标放在腰部球体范围条的中部，拖动范围条到30帧左右。
- 单击Play按钮，播放动画，两个人动作的步调不一致，如图10-9所示。

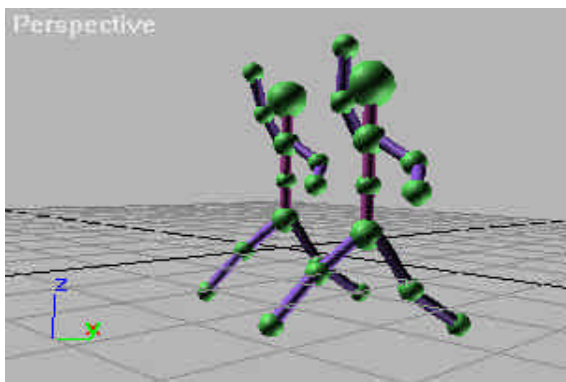


图10-9 不同步的场景

## 10.4 运动继承

现在做一个人弯腰拍球的动画。通过移动和旋转，将人体设置成弯腰的姿势。

### 10.4.1 创建场景

- 1) 打开File菜单，选中Open选项。
- 2) 调入man3.max文件。
- 3) 打开File菜单，选中Merge选项。
- 4) 从对话框中选中gravity.max文件，单击打开。



5) 单击All按钮，单击OK。

6) 将合并进来的受重力控制的小球命名为 ball，调整它的位置，使之与人体伸出的右手在水平方向上对齐，运用Align功能，具体方法不再详述。

7) 调整ball垂直方向的运动曲线，使它运动的最高点与手平齐，最低点与脚平齐，最后场景如图10-10所示。

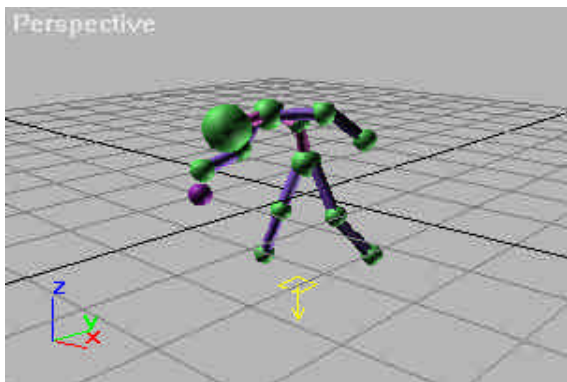


图10-10 弯腰

#### 10.4.2. 动画制作

1) 打开Track View轨迹窗，选中ball项。

2) 展开ball的Position项，选中Dynamic Position Controller项。

3) 单击Function Curves按钮，观察ball的运动曲线，发现其运动周期为20，在第0帧为最高点，第10帧时为最低点，如图10-11所示。

4) 打开Animate按钮，记录动画。

5) 拖动时间条到10帧，在视图中选中肘关节，选中Select and Rotate按钮。

6) 旋转肘关节一个合适的角度，使其看起来像是在拍球。

7) 在Track View轨迹窗的层次树中选中肘关节，单击Edit Keys按钮。

运用以前讲过的复制关键点方法将第0帧关键点复制 to 第20帧、第40帧、第60帧、第80帧、第100帧，将第10帧关键点复制到第30帧、第50帧、第70帧、第90帧。

单击Play按钮，播放动画，现在手的动作合上 ball运动的节拍了。现在 ball的运动是完全垂直的，如果ball的运动在水平方向稍有移动，人体也应该能够跟上。现在为 ball在水平方向加一个不规则的运动。

8) 在Track View轨迹窗中，选中ball的Position项。

9) 单击Assign Controller按钮。

10) 选择Position List控制器，单击OK。

11) 展开ball的Position项，选中Available项。

12) 单击Assign Controller按钮，选择Noise Position 控制器，单击OK。

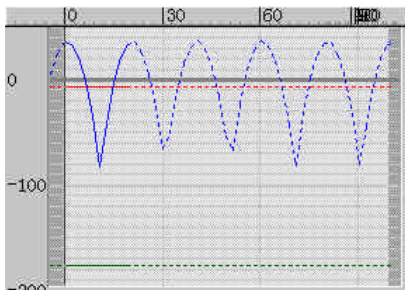


图10-11 手和球的位置曲线

注意 千万不能直接给ball的Position项赋予Noise Position 控制器，否则将取代Dynamic Position 控制器，失去所有的关键点。

13) 选中 Noise Position 项，单击右键，在菜单中选中 Properties。

设置Noise Position参数Frequency为0.01，X Strength为50，Y Strength为0，Z Strength为0。

14) 单击Select and Link按钮，将腰部关节连接到ball上。

15) 打开Hierarchy命令面板，单击Link Information按钮。

16) 在Inherit(继承)栏里除了选中X轴向的移动外，其余都不选，如图10-12所示。

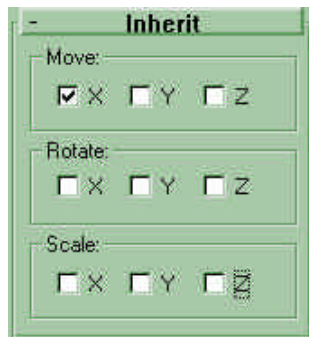


图10-12 Inherit 栏

此时，单击Play按钮，播放动画，虽然ball在水平方向稍有移动，但人体能及时跟上，使手始终在ball的正上方。最后场景如图10-13所示。

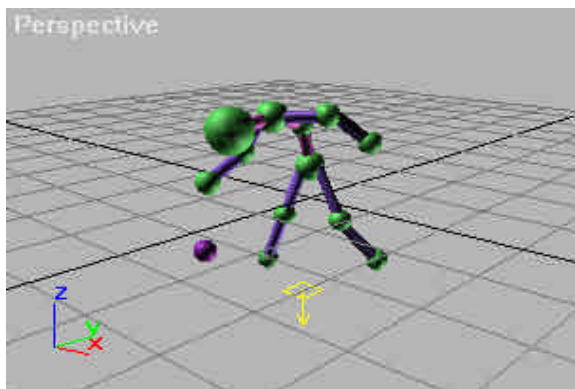


图10-13 拍球

## 10.5 反向运动

正向运动连接只起单向作用。对象从父级链接到子级，应用给父对象的运动效果传递给了子对象，但应用给子对象的运动效果却不传递给父对象。这种运动方式在处理主动和从动关系很灵活，但是在处理另外一些运动时却存在很大的不足。拿人手来说，它的位置是经常随意变化的。比如去拿桌上的一个物体，最终的目的是让手能够到物体，但是如果从正向运动开始推导的话，可就不那么容易了。要从躯干开始运动，然后才是上臂，最后把手定位在物体上。这实在是一个复杂而繁琐的过程。如果我们能够做到只要把手放在物体上，身体的其他部分会相应地跟随动作就好了。这种子物体带动父物体的运动叫做反向 Inverse Kinematics运动，简称IK。在3D Studio MAX中，提供了一整套完备的三维反向运动系统。借助这一系统，只要移动物体层次树中的一个物体，就可以使整个层次树运动起来。

当IK模式被激活后，移动或者旋转层次中的某个对象有如下效果：

- 1) 选择的对象被称为IK的End Effector(终结子)。
- 2) 连接到End Effector上的子物体以一般的方式继承应用到 End Effector。
- 3) End Effector的父物体定义一个动力学链，该链回到层次树的根或者回到特别的中断对象。

### 10.5.1 反向运动与Local坐标系

反向运动方式时，对象的关节参数被它的父对象的 Local坐标系驱动。因此，当建立初级层次的时候，最好将对象的 Local坐标系与它对齐，并将所有对象与 World坐标系对齐，这样，设置IK层次时要方便些。

由于对象的 Local坐标系和它的 Local坐标系的关系非常重要，因此，需要注意改变 Local坐标系的各个命令，下面的操作可以改变对象的 Local坐标系：

- 1) 旋转一个对象同时旋转它的 Local坐标系。
- 2) Attachment(附着)对象时总是牺牲附着对象的 Local坐标系，附着后的新对象使用选择对象的局部坐标系。
- 3) 各种形式的 Reset Transform总是将对象的 Local坐标系与 World坐标系对齐。
- 4) Hierarchy命令面板的 Adjust Pivot操作都会改变对象的 Local坐标系的位置和方向。

### 10.5.2 反向运动与控制器

当反向运动与一些非标准控制器一起使用的时候，可能会出现反向运动 IK不能工作的情况，或者为IK层次中的对象施加了非均匀比例缩放时，也可能出现这种情况。

下面是使用反向运动时应当注意的细节：

- 1) Euler XYZ控制器在反向运动方式时工作得很好，TCB控制器和Smooth旋转控制器也能在反向运动中工作，但是不如 Euler XYZ控制器精确，而且当使用关键极限时可能不起作用。
- 2) 反向运动是根据层次中传递的 Move和Rotate变换进行计算的。因此，不要取消反向运动中任何对象的 Move和Rotate的继承关系。
- 3) 不要令反向运动层次中对象的任何 Path控制器使用 Follow选项，反向运动不能计算由 Follow选项导致的旋转。
- 4) 在反向运动中，Look At、Noise、Audio、Expression等参数控制器不能工作，这并不是说3D Studio MAX阻止你使用这些控制器，而是不能得到正确的结果。

### 10.5.3 人体的反向运动

前面做了人体正向运动的动画，下面做反向运动的动画，比较二者的区别。

#### 1. 测试反向运动

- 1) 打开File菜单，选择Open选项，打开man.max文件。
- 2) 单击Select and Move按钮，选中腰部关节球体。
- 3) 单击Inverse Kinetics On/Off Toggle(反向运动切换)按钮。
- 4) 单击Select and Move按钮，选中手部球体。
- 5) 在视图中拖动手部球体，整个人体都随着手部球体的移动而运动，但是是无序的旋转和移动，有时甚至人体整个发生了翻转，如图 10-14所示。
- 6) 单击Undo按钮，取消刚才的操作。

上面的操作是从最后一级物体开始的。反向运动的作用在层次树中一直向上延伸到层次树的顶部，从而影响了整个层次树。

末端物体反向运动影响物体链中的父物体，但如果是中间物体的运动，会对整个物体有

什么影响呢？

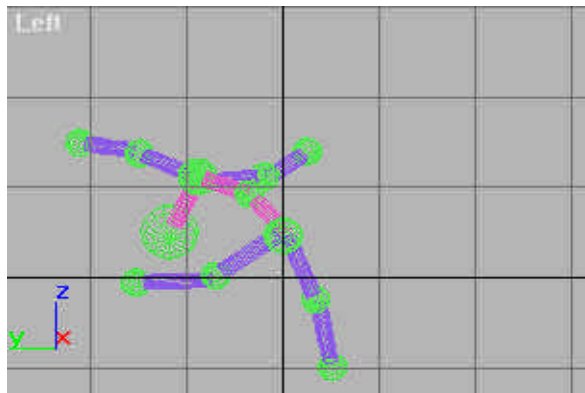



图10-14 翻转的人体

- 1) 确认  Inverse Kinetics On/Off Toggle(反向运动切换)按钮仍然按下。
- 2) 单击Select and Move按钮，选中人体的上臂。
- 3) 单击Select and Link按钮，旋转上臂。

旋转上臂的时候，它的子物体仍然以正向运动的方式运动，而它的父物体，则以反向运动的方式进行，如图10-15所示。

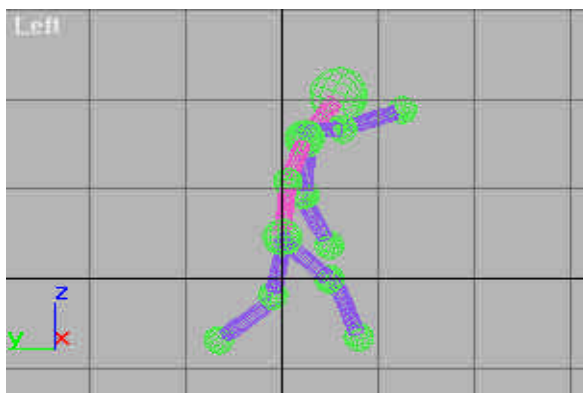


图10-15 旋转手臂后的人体

## 2. 设置关节参数

当第一次建立层次树时，所有关节在所有方向上都可以自由旋转，但不能滑动。如果要一个真实可控制的效果，必须指定关节运动的约束。在反向运动中有两种类型的关节，一种是旋转关节，另一种是位置关节。任何关节都可以旋转或移动，通过设定 Hierarchy命令面板中反向运动的参数，来控制关节在 Local坐标系的三个轴上的旋转角度和移动距离。

在3D Studio MAX中把关节分为三种基本关节：

- Rotational Joints (旋转关节)：对任何类型的关节都可用。总共有三个关节参数集，分别对应X、Y、Z三个旋转轴中的一个。
- Sliding Joints(滑动关节)：对大多数 Position控制器来说，Sliding Joints是默认的类型。总共有三个关节参数集，分别对应 X、Y、Z三个轴位置移动中的一个。

- Path Joints(路径关节)：选择的对象被赋予 Path 路径控制器后使用关节。只有一个参数约束集，控制沿路径的运动。

#### (1) 限制关节

反向运动比较难控制。动作稍大一些，人体的运动就会混乱。组成人体的各部分形态各异，运动的要求也各不相同。因此，在反向运动中，很多子物体是要进行运动限制的。

若希望一个选择的对象在一个关节轴上旋转或者移动，必须复选该关节的 Active 复选框。如果关节被激活，也要加以限制；如果 Rotational Joints 不加限制，那么对象的旋转将是自由的。比如，车轮和齿轮用的是旋转关节，但大部分其他关节，如门轴、肩、膝等，都有一定的限制。

下面来设置人体各关节的参数：

- 1) 打开 Hierarchy 命令面板，单击 IK 按钮，打开反向运动卷展栏。
- 2) 单击 Select and Move 按钮，选中肘关节球体。
- 3) 单击 Rotational Joints，打开卷展栏，如图 10-16 所示。
- 4) 打开工具栏中的下拉式坐标系，从列表中选择 Parent。
- 5) 在 X Axis 栏中选中 Limited 复选框。
- 6) 把 From 项中的值设为 0，To 的值设为 180。

- 7) 选中 Y Axis 栏和 Z Axis 栏中的 Limited 复选框，关闭 Y Axis 栏和 Z Axis 栏中的 Active 复选框。

以上设置的作用是使轴关节只能绕它的父物体的 X 轴在 0 ~ 180 ° 范围内旋转，而不能做任何的滑动。在默认的状态下，滑动连接是关闭的，而所有的旋转连接都是打开的，也就是说，只能转动却不能滑动。

**注意** 当选中 Limited 复选框，设定 From 和 To 中微调器的值时，在 From 或者 To 这几个字母所在的地方单击并按住鼠标，视图中就会显示 From 或者 To 所设定的极限位置。

#### (2) 复制和粘贴关节

在动画中经常有功能相同的关节，假如一一设定的话，相当麻烦。反向运动卷展栏提供了复制和粘贴关节两种功能，有了这两种功能，就能直接把设定的一个关节的参数复制到另外一个关节上去。

- 1) 单击 Select and Move 按钮，选中刚才已设定参数的右手肘关节球体。

- 2) 打开反向运动卷展栏，单击 Object Parameters 长按钮。单击 Rotational Joints 框中的 Copy 按钮，如图 10-17 所示。

- 3) 单击 Select and Move 按钮，选中左手肘关节球体。

- 4) 单击 Rotational Joints 框中的 Paste 按钮。

打开 Hierarchy 命令面板，单击 IK 按钮，打开反向运动卷展栏查看左手肘关节的 Rotational

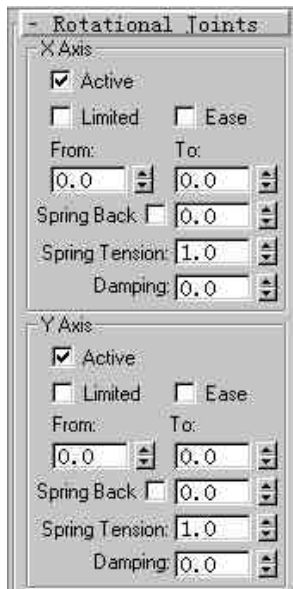


图10-16 Rotational Joints卷展栏

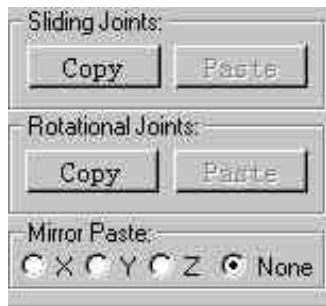


图10-17 复制和粘贴关节



Joints设置，发现它与右手肘关节的设置完全一样。

用同样的方法设置其他关节的参数，下面是一些关节的基本特性：

- 1) 肩关节有三个旋转轴，在两个轴方向上有角度限制，没有滑动轴。
  - 2) 膝关节只有一个旋转轴，而且有角度限制，没有滑动轴。
  - 3) 脊柱上的关节有三个旋转轴，在三个轴方向上都有角度限制，没有滑动轴。
- (3) 设置根对象的关节参数

在默认的情况下，根对象没有与父对象相连，因此它没有关节，可能有人认为不需要设置层次树中根对象的关节参数。但是，根对象总认为是上场景的子对象。根对象的关节参数的定义为：当反向运动模式激活时，根对象与场景的相对运动。

根对象的关节参数没有激活时，不能旋转或移动。它像一个钉子，把物体钉在场景上。它不受反向运动解的影响，而且，不能直接旋转或移动根对象。当根对象的关节参数被激活后，它只根据激活轴的关节参数来移动或旋转，场景起根对象的作用。

- 1) 打开Customize菜单，选择Preference选项。
- 2) 打开Inverse Kinematics面板，如图10-18所示。

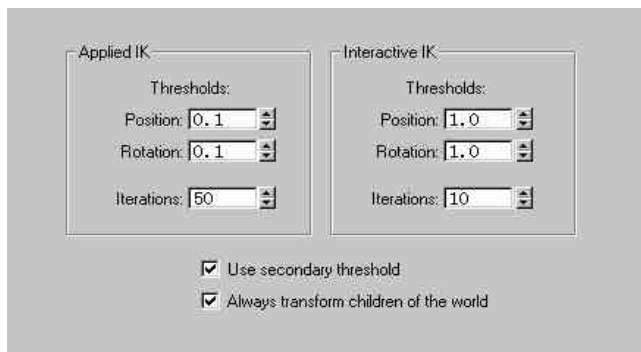


图10-18 Inverse Kinematics面板

- 3) 关闭Always transform children of the world复选框。

此时，单击Select and Move按钮或Select and Rotate按钮，不管怎样在视图中移动或者旋转根对象，根对象都不运动。

- 1) 打开Hierarchy命令面板，单击IK按钮，打开反向运动卷展栏。
- 2) 单击Sliding Joints，打开卷展栏。
- 3) 选中Z Axis栏中的Active复选框。

此时，单击Select and Move按钮，选中左手球体往下移动，根对象也向下移动。

### 3. 运动阻尼

理想情况下，运动是没有阻力的。然而，在现实的世界中，关节是有摩擦的。在反向运动中，3D Studio MAX使用Ease(减缓)和Damping(阻尼)这两个设置来模拟阻力。

可以把Ease(减缓)想象为把手或脚移动到它的极限位置。在大部分范围内，这个移动是非常容易的，但是当大到极限时，会感到阻力很大，运动非常困难，就和做劈叉的感觉差不多。当选中一个轴的Ease复选框时，将增加关节达到极限时的运动阻力。一个关节的阻力越大，反向运动层次中其他关节对运动的贡献越大。

同样，把阻尼想象为生锈的关节，有阻尼的关节阻碍所有运动，从而使其他关节做更多的

运动。在Damping数据框中设置一个数值就给整个运动范围施加了阻尼，当 Damping=0.0时，没有阻尼；当Damping=1.0时，阻尼太大，取消了该轴所有的运动。

下面设置人体各关节的阻力和阻尼。

- 1) 打开Hierarchy命令面板，单击IK按钮，打开反向运动卷展栏。
- 2) 单击Select and Move按钮，选中右手轴关节球体。
- 3) 单击Rotational Joints，打开卷展栏。
- 4) 打开工具栏中的下拉式坐标系统，从列表中选择Parent。
- 5) 在X Axis栏选中Ease复选框。
- 6) 把Damping的值设置为 0.1。
- 7) 在Y Axis栏中把Damping的值设置为0.4，在Z Axis栏中把Damping的值设为0.4，如图10-19所示。

将上述设置复制到左手轴关节。用同样方法对其他关节进行设置，膝关节旋转轴 Damping的值为0.1，不转轴Damping的值为1，脊柱上的轴Damping的值为0.2至0.4左右。

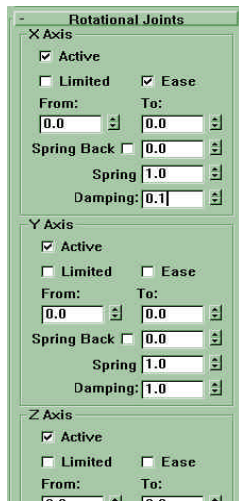


图10-19 阻尼

#### 4. 动画制作

完成层次连接，设置完关节参数后，就可以制作反向运动动画了。反向运动有两种基本形式：

- 交互式反向运动：在指定的关键帧上手工选择并变换一个末端对象。
- 应用式反向运动：将一个末端对象结合到一个引导对象上，让 3D Studio MAX为每一帧计算反向运动的解。

##### (1) 交互式反向运动

如果要对反向运动进行更自由的控制，而且让 3D Studio MAX在关键帧之间进行插值时使用交互式反向运动方式，单击工具栏的 IK按钮，激活反向运动模式。然后手动定位末端对象，同时实时观察改变的结果。

- 1) 单击Animate按钮，记录动画。
- 2) 拖动时间条到第25帧。
- 3) 单击Select and Move按钮，拖动手部球体到另一位置。
- 4) 拖动时间条到第50帧，拖动手部球体到另一位置。
- 5) 在第75帧和100帧重复上面的操作。

单击Play按钮，播放动画，人体按刚才的设置进行运动，如图 10-20所示。

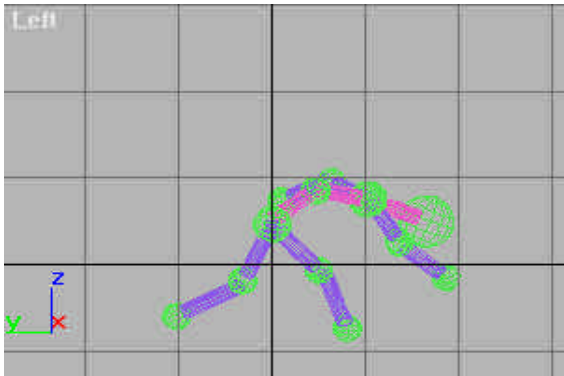


图10-20 交互式反向运动

## (2) 应用式反向运动

如果要模拟场景中其他对象的运动应使用应用式反向运动方式, 3D Studio MAX对动画的每一帧计算反向运动的解, 精确度比交互式高。

现在假设有一个茶壶放在地面上, 然后让人去拿起茶壶, 在拿起的同时不丢掉茶壶。要实现这个功能, 首先要创建一个引导对象, 然后使选择的末端对象与引导对象结合。

- 1) 打开Create命令面板, 单击Geometry按钮。
- 2) 单击Teapot按钮, 在视图中创建一个茶壶。
- 3) 单击Select and Move按钮, 调整茶壶的位置, 把它放在人体前方的地面上。
- 4) 单击Select and Move按钮, 从视图中选中右手球体。
- 5) 打开Hierarchy命令面板, 单击IK按钮, 打开反向运动卷展栏。
- 6) 选中Object Parameters栏中的Bind to Position复选框。
- 7) 在Bind to Follow Object栏中单击Bind按钮, 如图10-21所示。
- 8) 从右手球体拖动鼠标到场景中的茶壶。

当光标到有效的导引对象时, 将改变成 Bind光标(类似图钉)。

注意 3D Studio MAX将末端对象的轴心点与导引对象的轴心点匹配。因此, 实际上不可能从末端对象到达导引对象, 所以, 应将末端对象与导引对象放得尽可能地近。如果单击Bind Position复选框右边的R按钮, 可以使末端对象在不指向或达到导引对象的情况下导引对象的运动。若选中了Bind Position复选框, 但没有将末端对象与导引对象结合, 3D Studio MAX默认末端对象与外界环境结合, 对象将停在原位, 而且不能移动。

若再选中Bind Orientation复选框, 3D Studio MAX将旋转末端对象的轴心点以匹配导引对象轴心点的方位。如果单击Bind Position复选框右边的R按钮, 可以使末端对象在不匹配导引对象的情况下导引对象的旋转运动。这个功能与Bind Position功能十分相似, 这里不再详述。

下面进行动画控制:

- 1) 单击Animate按钮, 记录动画。
- 2) 将时间条拖到50帧处。
- 3) 单击Select and Move按钮, 向上拖动Teapot01。
- 4) 将时间条拖到100帧处, 向前拖动Teapot01。
- 5) 将Start微调器的值设为50, End 微调器的值设为100。
- 6) 选中手部球体, 单击Apply IK按钮。

单击Play按钮, 播放动画。此时动画有很多问题, 首先在人体还没碰到茶壶之前, 茶壶自己已经开始运动, 而且, 整个人体都运动起来。我们知道, 在这样的俯身动作中, 下身应该不动, 场景如图10-22所示。

- 7) 单击Undo按钮, 取消刚才的操作。
- 8) 打开Track View轨迹窗, 选中Teapot01的Position项。
- 9) 单击Function Curves按钮, 显示位置曲线。

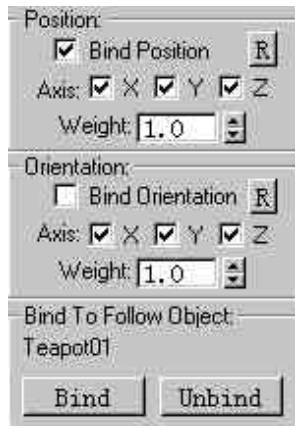


图10-21 Bind按钮



10) 用以前讲述的方法, 调整关键点的位置、切线类型, 使 Teapot01在前50帧不动, 后50帧向前上方运动。

11) 单击Select and Move按钮, 选中根物体腰部球体。

12) 选中Object Parameters栏下Terminator(终结器)复选框。

这是一个新的功能, 通过指定一个终结器, 可在达到根之前将反向动力学链终止。

13) 选中手部球体, 单击 Apply IK按钮, 3D Studio MAX对动画的每一帧计算反向运动的解。

单击Play按钮, 播放动画, 可以看到人体慢慢俯身而下, 向前上方拿起茶壶, 如图 10-23 所示。

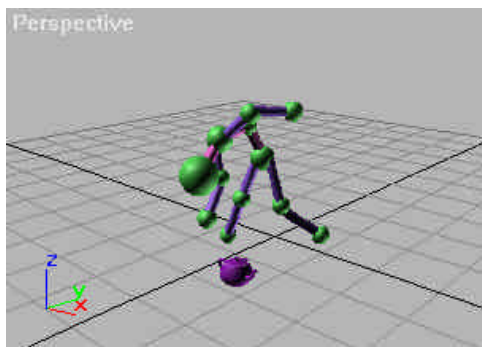


图10-22 应用式反向运动

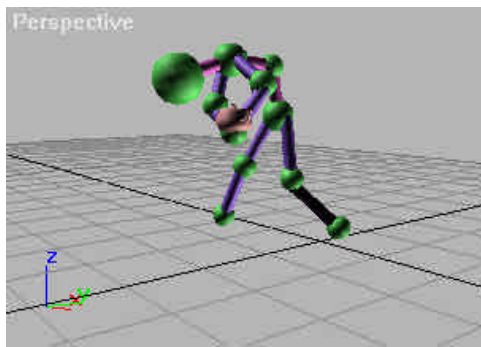


图10-23 人体拿起茶壶

注意 在Apply IK按钮下面有一个Clear Keys复选框, 选中它时, 反向运动层次中所有的位置和旋转关键点都将被删除。如果对反向运动方案只是稍稍做了修改, 不选该项能大大加快反向运动计算速度; 若是做了很大改变, 复选该项, 能保证得到最精确的解。

### 5. 关节优先级

关节优先级设置控制关节之间的运动分布。高优先级的关节比低优先级的关节做更多的共享运动。关节优先值的绝对值没什么意义, 真正有意义的是它的相对大小。

在Object Parameters栏中可设置关节的优先级。3D Studio MAX默认的优先级值为0, 也就是说, 关节具有相同的优先级。

可以通过选择对象, 在Precedence(优先级)项中直接输入数值来设置关节的优先级。这种方法虽然精确, 但相当麻烦, 一般通过 Child->Parent(子对象->父对象)和Parent->Child(父对象->子对象)这两个预设置来设置关节优先级。

- Child->Parent(子对象->父对象): 选择一个子对象和它的父物体, 单击 Child->Parent按钮, 分配从子对象到父对象逐渐减小的优先级, 使靠近变换的子对象比远离变换的父对象移动得多些。
- Parent->Child(父对象->子对象): 选择一个子对象和它的父物体, 单击(Parent->Child)按钮, 分配从父对象到子对象逐渐减小的优先级, 使靠近变换的子对象比远离变换的父对象移动得少些。

比较一下优先级不同的动画有何差别。

1) 选中所有物体, 单击Child->Parent按钮。

单击Play按钮，播放动画。此时，子物体比父物体先移动到位，选中任何一个物体，Precedence项中显示了它的优先值。

2) 单击Undo按钮，取消刚才的操作。

3) 选中所有物体，单击 Parent->Child按钮，如图10-24所示。

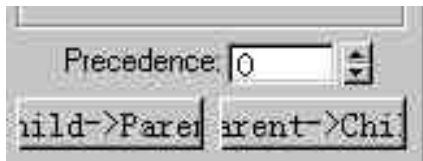


图10-24 优先级

单击Play按钮，播放动画。父物体比子物体先移动到位。

其实上面的人体动画本可不必如此复杂，这样做的目的只是为了介绍反向运动的各种功能，若用Create /System /Bones来创建人体，就简单多了。3D Studio MAX 3.0对Bones(骨骼)设置了专门的反向运动系统，来模拟动物的运动。因为动物的运动非常复杂，这里不再详述。

## 10.6 小结

本章主要介绍正向运动和反向运动。正向运动的特点是父物体带动子物体，主要应用在父子系统中；反向运动的特点是子物体带动父物体，主要应用在各种动物的运动中。

思考题：

- 1) 正向运动和反向运动有何区别？
- 2) 如何改变子物体从父物体的运动继承？
- 3) 交互式反向运动和应用式反向运动有何区别？
- 4) 如何改变父子系统优先级？