

## 第九章 布尔物体

所谓“复合式物体”（Compound Object），是将已有的物体组合起来而制作成一个新的物体。（您已经在先前的两章中学习，您可以使用组合“造型”—Shape 的方式，制作 Loft 物体。）

在本章，您将学习“布尔物体”，而所谓的“布尔物体”是将两个或两个以上的物体，进行数学的交集、差集或并集等运算，从而产生一个新的物体。





## 布尔物体

布尔 (Boolean) 这套逻辑系统所处理的是，将两个值结合之后所可能会产生的结果。在 3D Studio MAX 中，您可以制作包含有两个“重叠” (Overlapping) 物体的布尔物体。这两个用来进行布尔运算的物体，我们称之为“运算对象” (Operand)，而布尔物体则是运算产生的结果。

当您结合两个运算对象时，共有三种可能的结果：

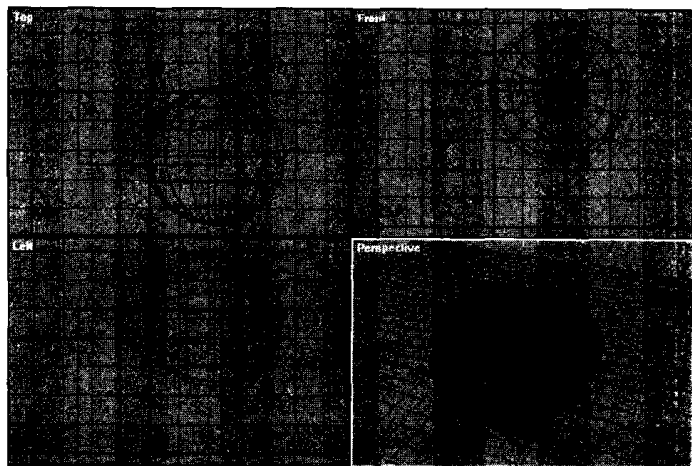
- **差集** (Subtraction)：当一个运算对象减去另一个运算对象时所剩余的部份。（根据两个运算对象是谁减去谁，事实上会产生两种可能的结果。）
- **并集** (Union)：两个运算对象结合的结果减掉两者重叠的部份。
- **交集** (Intersection)：两个运算对象重叠的部份。

在接下来的练习中，您将由两个运算对象——一个立方体及一个球体，制作一个布尔物体。然后，您将利用各种布尔物体制作的工具，观察这三种不同类型的结果。



### 载入范例文件

- 使用 File>Open，将 **tut9\_1.max** 文件载入。  
出现了一个重叠在一起的立方体及球体。





在本练习中，立方体是运算对象 A，而球体则是运算对象 B。至于布尔物体本身，则将显示运算对象 A 与运算对象 B 结合的结果。

 **注意：**当您制作了一个布尔物体时，两个物体将结合成一个物体，而原始的物体则不复存在。如果您想要在以后再使用原始物体，请先将您的原始物体进行复制。

## 差集

根据缺省，当您制作一个布尔物体时，首先会出现的结果便是：运算对象 A 与运算对象 B 的差集。

### 制作布尔物体

- 1 选取场景中的立方体物体。
- 2   打开 Create 命令面板，并单击 Geometry 按钮。
- 3 从下拉式列表中，选取 Compound Objects，然后单击 Boolean 按钮。

出现了拥有许多控制项目的命令面板。

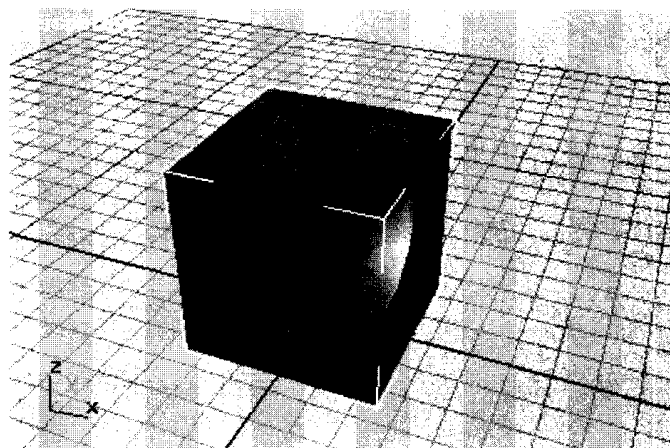
 **注意：**当您单击 Boolean 按钮的同时，即使您并未选取第二个运算对象，您所选取的物体都将变成布尔物体。如果您在不经意的情况下，将一个物体转换成了布尔物体，您可以单击  Undo 按钮，复原至先前的步骤，将您的物体复原成原来的物体。

- 4 单击 Pick Operand B 按钮。
- 5 在 Pick Operand B 按钮下方，确认选择了 Move 选项。



6 在场景中，选取球体。

球体消失了，而在立方体的角落则产生了像被汤匙挖掉一块的结果。



## 并集

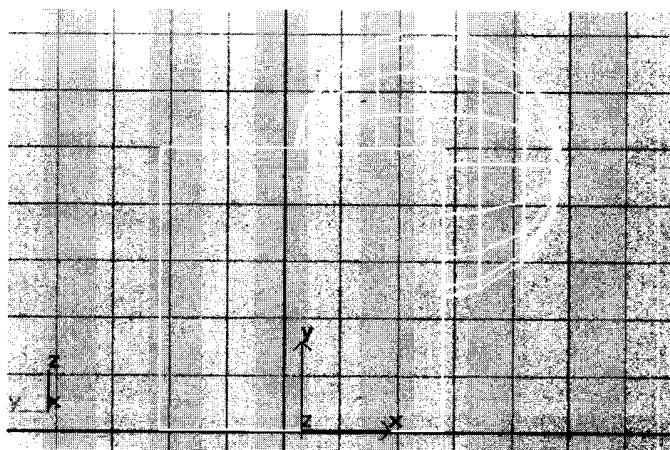
想要改变布尔运算的结果是非常简单的，您只要用选择选择不同的选项即可。



切换成 Union

- 在 Operation 的区域中，选择 Union 选项。

在两个几何形体上的重叠区域消失了。您可以在 Left 视图中清楚地观看其结果。





通常您会比较少用到 Union 选项，因为几何形体上的重叠区域，通常在渲染（Render）之后是看不见的。然而，也许您会碰到这样的情况：当您的几何形体是一个没有加盖的（Uncapped）、能够看到其内部的物体时，您就必须使用 Union 选项将重叠的几何形体移除，否则就穿帮了。

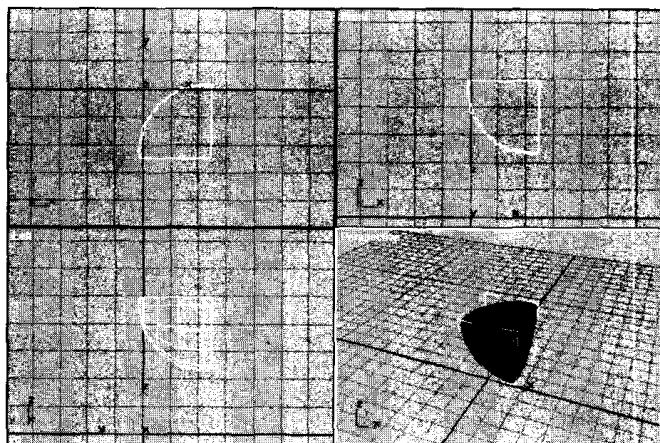
## 交集

有了前面的经验，您应该可以猜得出来，当选择 Intersection（交集）选项时，会产生什么结果了。



### 切换到 Intersection

- 选择 Intersection 选项。  
只有重叠的区域保留下来。



## 差集

根据两个运算对象是谁减谁的关系，当您在使用 Subtraction 选项时，您可以得到两种结果。



### 差集的试验

- 1 选择 Subtraction (A-B) 选项。

立方体被球体挖掉了一小角。

- 2 选择 Subtraction (B-A) 选项。

- 3  在 Perspective 视图中，使用 Arc Rotate Selected 工具由另一侧观看其结果。

现在，变成球体被立方体挖掉了一小角。



### 复原成原来的结果

- 1 选择 Subtraction (A-B) 选项。

- 2 选取 Views>Undo View Rotate，复原成先前 Perspective 视图中的场景，您可以看到立方体被球体挖掉，从而产生了圆球形的残缺。



## 调整并制作运算对象变换的动画

让我们到 Modify 命令面板中，观察布尔物体的制作参数。

### 改变其显示方式

**1**  打开 Modify 命令面板。

**2** 在 Display/Update 卷展栏的 Display 区域中，选择 Operands 选项。

球体出现了。

您可以用布尔完成的结果，或其产生此结果的运算对象的方式，显示您的布尔物体。

**3** 选择 Result+Hidden Ops 选项。

被球体挖掉了一小角的立方体再次地出现，而在 Perspectiv 视图中，球体以线框的方式出现。

只有在渲染的视图中，才能使得选择了 Result+Hidden Ops 选项时，隐藏的运算对象以线框的方式显示出来。如果您想要选取并调整运算对象时，可以使用这个显示方式观看隐藏的运算对象。

现在，您可以进行布尔物体的任何一个运算对象的“物体变换”（Transform）或编辑。这两个运算对象是布尔物体的“子物体组件”（Sub-Object Component），因此您必须进入 Sub-Object 的模式，才能选取它们。

 **注意：**因为只有在 Modifier Stack 中，您才可以进入 Sub-Object 模式，因此您必须进入 Modify 命令面板中，以编辑在一个布尔物体中的运算对象。您无法在 Create 命令面板中进行运算对象编辑。



### 选取并移动球形运算对象

- 1 单击 Sub-Object 按钮，进入子物体编辑模式。
- 2 在视图中选取以线框显示的球体（变成红色的线框）。
- 3  单击状态行中的 Lock Selection Set 按钮（或按下空格键）。
- 4  单击 Select and Move 按钮，将物体变换坐标系设定成 View，并单击 XY 轴向限制按钮。
- 5 在任何视图中以拖曳的方式移动球体，然后单击右键以结束命令。  
当您移动球体时，立方体中的缺角也同时变动。

您并非一定要将隐藏的运算对象显示出来才能够选到它们。



### 使用 Operands 列表选取

- 1 选择 Result 选项。  
以线框显示的球体消失不见了。
- 2  确认 Lock Selection Set 按钮仍处于激活的状态。
- 3 在 Operands 视窗中，选取 A: Box01。
- 4 在任何视图中拖曳被选物体，然后单击右键以取消。  
立方体移动了，而缺角的部分却固定不动。

事实上，您可以轻松地制作这些布尔物体参数变化的动画。



## 制作运算对象的动画

- 1  打开 Animate 按钮。
- 2 移动至第 50 帧。
- 3 在 Operands 视窗中, 选取 B: Sphere01。
- 4 稍微移动球形运算对象。
- 5 移动至第 100 帧。
- 6 再度稍微移动球形运算对象。
- 7  关闭 Animate 按钮。
- 8  关闭 Lock Selection Set 按钮。
- 9  在 Perspective 视图中播放动画。  
立方体缺角的部分在移动了。
- 10  停止动画的播放。

## 控制布尔

您也可以调整或制作运算对象本身的物体制作参数变化的动画, 技巧在于如何找到运算对象的物体制作参数。

很显然地, 一个物体的制作参数一定是存在于物体的“编辑器堆栈”(Modify Stack)



中。当您选取布尔物体中的任何一运算对象时，就如同选取了物体本身一般，而在 Stack 下拉式的内容，也就根据您所选取的物体而有所改变了。



### 取得球体运算对象的物体制作参数

- 1 确认球形运算对象仍处于选取状态。
- 2 打开 Stack 下拉式列表，然后选取 Sphere 选项。

在 Modify 命令面板中，现在显示了球体的制作参数。

- 3  打开 Animate 按钮。

- 4 移动至第 30 帧，然后调整球体的半径。

- 5 移动至第 60 帧，再次调整球体的半径。

- 6 移动至第 100 帧，再次调整球体的半径。

- 7  关闭 Animate 按钮。

- 8  播放动画，然后停止动画的播放。

当缺角在立方体上移动的同时，其半径也同时在改变。

如果您想要在立方体中加入一个如 Bend 之类的编辑器，请看接下来的练习。



### 使方形运算对象弯曲

- 1 在 Stack 下拉式列表中，选取 Boolean 选项。
- 2 由 Operands 视窗中选取 A: Box01。



- 3 在 Stack 下拉式列表中，选取 Box 选项。

现在，您位于立方体的物体制作参数层了。

- 4 将 Height Segs 参数值设定成 20。

布尔运算对于物体形态的改变，将自动做相对应的调整。

- 5 应用一个 Bend 编辑器。

- 6  打开 Animate 按钮。

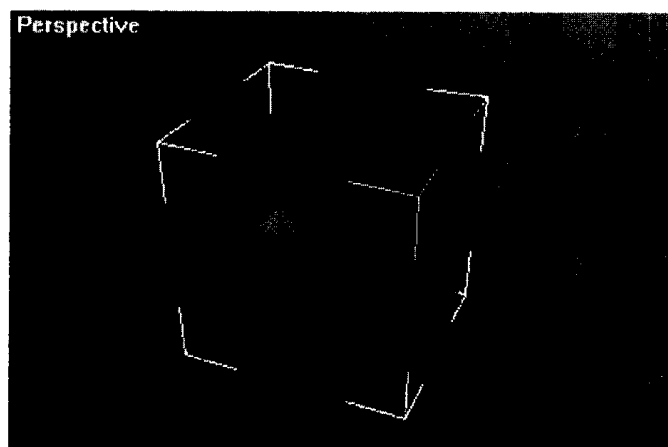
- 7 移动至第 100 帧。

- 8 将 Bend 编辑器的 Angle 参数值设定成 90。

- 9  关闭 Animate 按钮。

- 10  播放动画，然后停止动画的播放。

球形的缺角在立方体中移动的同时，立方体也弯曲了。





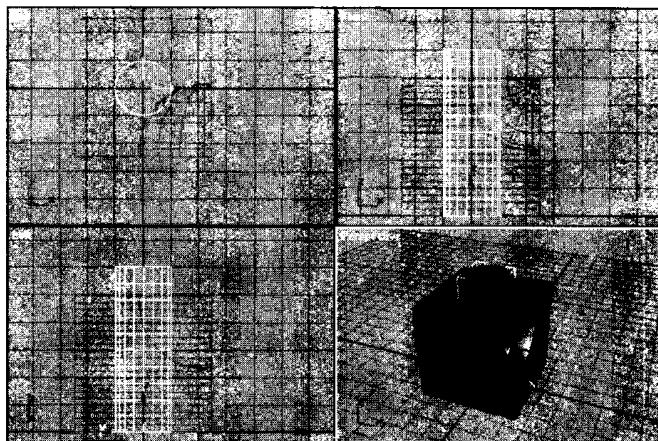
## 巢状的布尔

您可以在另一个布尔运算中，将一个已经做过布尔运算的物体当做运算对象。其结果将产生一个更为有趣的“巢状布尔物体”（Nested Boolean）。



### 对一个布尔物体应用布尔运算

- 1  制作一个 Radius=10、Height=60 及 Height Segments=10 的圆柱体。
- 2 移动至第 0 帧。
- 3  移动圆柱体的位置，使圆柱体穿越由立方体及球体所产生的布尔物体。

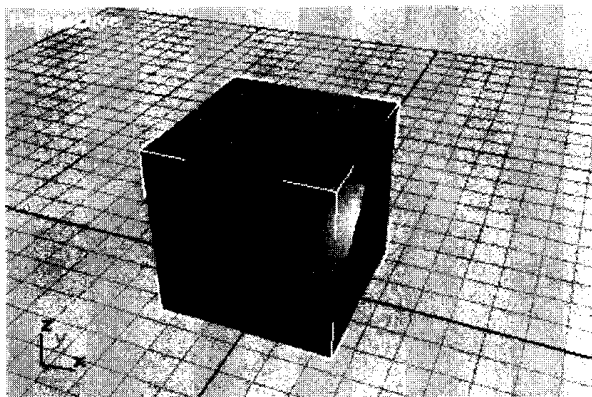


- 4 选取立方体物体（即布尔物体）。
- 5  在 Create 命令面板的下拉式列表中，选取 Compound Objects 选项。
- 6 单击 Boolean 按钮。
- 7 单击 Pick Operand B 按钮。



## 8 选取场景中的圆柱体。

现在，您制作了一个包含有球体缺角及圆柱孔的立方体。



观察 Operands 列表，您可以看到在新的布尔物体中，包含有一个 Box 运算对象 A，及一个 Cylinder 运算对象 B，而在运算对象 A 中则包含了原来的立方体及球体。

如果您想要对圆柱体应用一个 Taper 编辑器，您可以在 Modify 命令面板中存取其堆栈。



### 对圆柱形运算对象应用一个 Taper 编辑器

- 1  打开 Modify 命令面板。
- 2 选取位于 Operands 视窗中的 B: Cylinder01。
- 3 在 Stack 下拉式列表中，选取 Cylinder 选项。
- 4 应用一个 Taper 编辑器
- 5  打开 Animate 按钮。
- 6 移动至第 100 帧。



7 将 Amount 参数值设定成 1.5，而 Curve 参数值设定成 1.25。

8  关闭 Animate 按钮。

9  播放动画，然后停止动画的播放。

除了您先前所制作的布尔变化的动画之外，圆柱形的孔同时也在改变其外形。

 **注意：**动画的播放现在也许会变得有些迟缓（迟缓的严重程度，将根据您电脑的配备而定），这是因为动态布尔运算更加复杂而导致。

您如何能够找到球形运算对象的原始物体制作参数呢？因为球体现在已经是属于立方体的一部分，因此您首先必须先从目前的布尔物体中，选取立方体运算对象，然后打开 Stack 列表以取得原始的 Boolean。一旦取得了原始的 Boolean，您便可以再次打开 Stack 列表，取得球体的物体制作参数了。

### 找到球体

1 在 Stack 下拉式列表中，选取 Boolean 选项，回到最近一次的 Boolean 层中（立方体及圆柱体）。

2 在 Operands 视窗中，选取 A: Box01 选项。

现在，您可以取得立方体的堆栈，其中包含了两个 Boolean。

3 打开 Stack 下拉式列表，并选取位置比较下面的（第一个）Boolean。

在 Operands 视窗中，显示了 Box 及 Sphere，因此您可以确定您的方向是正确的。

4 在 Operands 视窗中，选取 B: Sphere01 选项。

5 打开 Stack 下拉式列表，并选取 Sphere 选项。



## 6 调整 Radius 参数值设定。

在您调整 Radius 设定值的同时，立方体上缺角的尺寸也改变了，这证明了您所在的层次是对的。

## 7 选取 File>Save As，并将目前的场景储存成 **mytut9a.max** 文件。

 **注意：**因为在稍后您将再使用这个场景文件，因此请认真储存此文件。

# 赋予材质

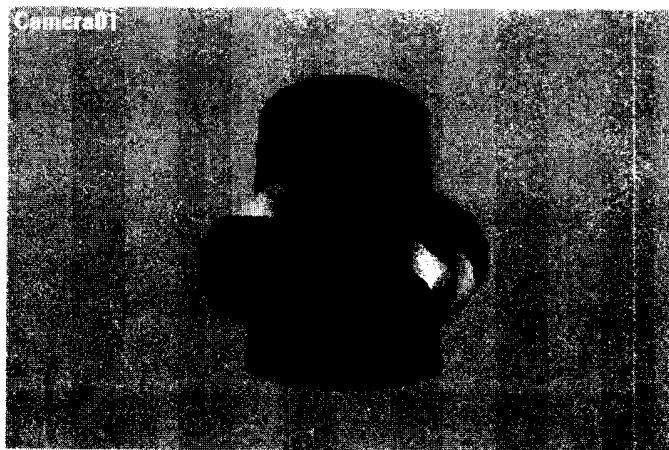
您如果事先做好一些小小的规划，您可以将物体设置妥当，使得来自于两个运算对象的材质，在布尔物体中融合在一起。

## 载入新的场景

### 1 选取功能表中的 File>Open，并将 **tut9\_2.max** 文件载入。

### 2 播放动画。

一个扭曲的、螺旋状的圆形环状体，沿着圆柱体向上移动。





## 理论基础

当您在 3DS MAX 中制作了一个物体时，材质的 ID 号码便指定在它的面（Face）上。对于大部分的物体而言，所有的面皆被指定为 **ID#1**。在这个规则中有两个物体是例外的：一个是“多面体”（Polyhedron），另一个则是“立方体”（Box）。Polyhedron 被指定了三个不同的 ID 号码，因此，您可以很容易地对其复杂的几何形体指定三种不同的材质。同样的，Box 则被指定了六个不同的 ID 号码，每一个面一个 ID 号码。

使用 Edit Mesh 编辑器或 Material 编辑器，您可以对几何物体的面，指定不同的 ID 号码，而使用 Multi/Sub-Object 材质，您便可以根据 ID 号码指定不同的材质。

如果您希望将每一个运算对象，设定成不同的材质，您可以使用 Material 编辑器，对这两个物体指定不同的 ID 号码，然后对布尔物体指定一个 Multi/Sub-Object 材质。

在接下来的练习中，您将指定圆柱体为 ID 2，指定圆形环状体为 ID 3，然后制作布尔物体，并指定材质。



### 指定材质的 ID 号码

- 1 选取场景中的圆柱体。
- 2  打开 Modify 命令面板。
- 3 单击 More 按钮，从 Modifiers 的列表中，选取 Material，然后单击 OK 按钮。
- 4 将 Material ID 参数值，设定成 2。
- 5 选取场景中的圆形环状体。
- 6 应用一个 Material 编辑器。



7 将 Material ID 参数值，设定成 3。



### 制作布尔物体

1 选取场景中的圆柱体。

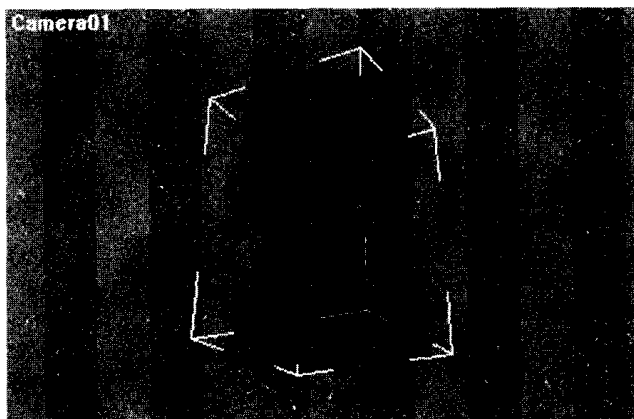
2  在 Create 命令面板中，单击 Boolean 按钮。

3 确认您位于第 0 帧的位置。

4 单击 Pick Operand B 按钮。

5 选取圆柱体。

在圆柱体中，出现了螺旋状的“啃食”凹痕。



现在，您可以为这个布尔物体，设定 Multi/Sub-Object 材质。



### 指定材质

1  在 Main Toolbar 标签面板中，单击 Material Editor 按钮（或按下 M 键）。