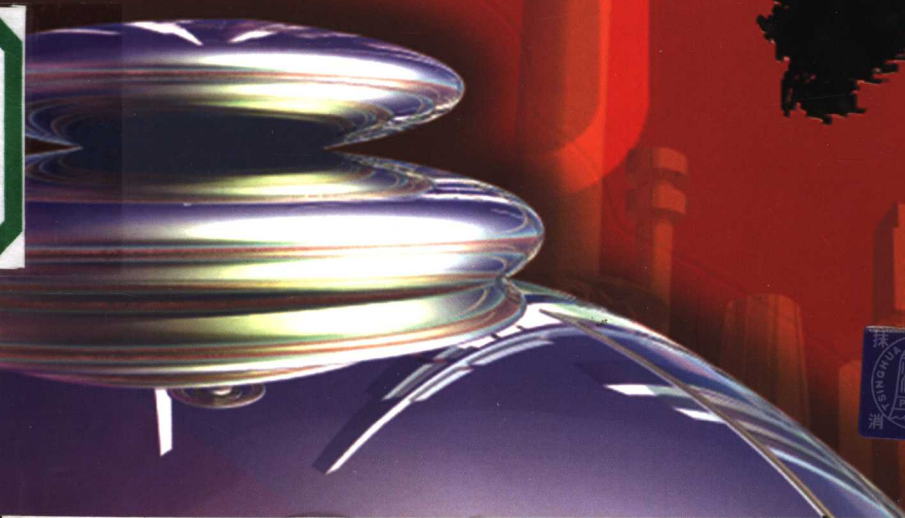




Rhino3D

工业级 造型与设计

黄少刚 编著



CD-ROM INCLUDED

清华大学出版社

Rhino3D 工业级造型与设计

黄少刚 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从专业的角度对 Rhino3D 这个著名的 NURBS 建模软件进行了细致的分析与讲解。主要包括：NURBS 曲面的概念和奥秘、曲面建模入门、曲线绘制的技巧、曲线绘制工具、曲面造型技巧、实体建模工具、与其他软件进行数据交换、模型渲染。本书还包含有两个综合性的实例，即手机和数码摄像机的制作。

本书面向广大的 Rhino3D 爱好者，尤其适合有一定软件使用基础的读者阅读。本书还可作为相关培训班的教材，也可供各大专院校或职业学校相关专业的师生选用。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

Rhino3D 工业级造型与设计/黄少刚 编著. —北京：清华大学出版社，2005.4

ISBN 7-302-09300-8

I. R… II. 黄… III. 工业设计、造型设计、计算机辅助设计—应用软件, Rhino 3D IV. TB 47-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 086090 号

出 版 者：清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机：010-62770175

地 址：北京清华大学学研大厦

邮 编：100084

客户服务：010-62776969

责任编辑：胡伟卷

封面设计：王 永

版式设计：黄少刚

印 刷 者：北京市联华印刷厂

装 订 者：三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：22 字数：549 千字

版 次：2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-09300-8/TP·6522

印 数：1~3000

定 价：88.00 元(含光盘)

前言

1. Rhino3D 和 NURBS 建模

Rhino3D 是由美国 Robert McNeel & Assoc 开发的专业 3D 建模软件,它广泛地应用于三维动画制作、工业制造、科学研究以及机械设计等领域。使用 Rhino3D 可以制作出精细、复杂的 3D 模型。

Rhino3D 使用现在流行的 NURBS 建模方式,主要侧重于对 3D 物体的建模。它可以输入/输出的格式非常多,所以受到许多人的钟爱。

NURBS 是一种非常优秀的建模方式,这种建模方法是在 3D 建模的内部空间用曲线和曲面来表现轮廓和外形。NURBS 能够比传统的网格建模方式更好地控制物体表面的曲线度,从而能够创建出更逼真、生动的造型。NURBS 是 Non-Uniform Rational B-Splines 的缩写,是“非均匀有理 B 样条”的意思。NURBS 建立的物体基于线数定义的方式,准确性很高,对于具有复杂曲面的物体,如人物、汽车等有很大的优势。它不但擅长于光滑表面,也适合于尖锐的边。它的最大优点是有多边形建模方法及编辑的灵活性,但是不依赖复杂网格细化表面。使用 NURBS 建模可以得到任何能想到的造型。许多动画设计者使用 NURBS 来建立人物角色,这主要是因为 NURBS 方法可以为它提供光滑的更接近轮廓的表面,并使网格保持相对较低的细节。由于人物角色一般比较复杂,所以与多边形方法相比使用 NURBS 可以提高性能。

2. Rhino3D 3.0 的主要新增功能

与 Rhino3D 之前的升级版本不同,Rhino3D 3.0 是完全重新编写的新版软件——软件核心完全重写。它提供了新的用户界面、新的曲面几何核心以及强大的新的扩展工具环境。

Rhino3D 3.0 在下面几个方面进行了加强和改进。

- 高级用户界面:嵌入式工具栏、自动响应式命令输入、命令精简化、可单击切换的命令参数、多屏幕支持。
- 硬件 OpenGL 加速以及支持反锯齿显示。Rhino3D 在 NVIDIA Quadro 4XGL 系列或其更新的产品,以及 3Dlabs Wildcat VP 显示卡下将能更好地支持 OpenGL 显示。Rhino3D 支持某些显示卡让对象的结构线能以反锯齿显示。
- 透视图窗口可显示尺寸。
- Raytrace 着色引擎可支持更多种灯光。Rhino3D 内定着色引擎使用 Flamingo 的光线跟踪技术,可以加强对阴影与透明对象的着色品质。内定着色引擎支持聚光灯、点光源、平行光、区域光以及日光灯。
- Blocks 零件管理。多个零件可以连接并组合至同一个单一对象。利用零件方式工作可以加快制作并有效降低单一文件的大小。

- Worksessions 分工作业。Worksession 命令允许多用户以分工方式将项目模型分成几部分分开协同工作,并通过附加文件的更新方式随时了解其他部分以及整体进度。用户编辑项目中的部分模型时可以观看其余部分的模型图形,执行更新命令后,每个使用者将能看到更新过的参考图。
- Point Clouds(云点)。Rhino3D 加强了从外部输入进来大量云点群数据的处理能力。PointCloud 可以定义一群点数据成为一个点群对象,如此可以缩小原来庞大的文件。点群对象也可以还原成原来的点数据。
- SelVisible 指令。SelVisible 是一个新的选择工具,以框选的方式只选取位于前方的对象(依 Shade 的 Z-Buffer 来判断),这在对非常复杂的模型进行处理时是相当方便的。
- 命令功能均已增强。Rhino3D 2.0 原本 700 多个命令中有 100 多个命令都在 3.0 版本中被强化与改善。
- 新的曲面核心。

3. 本书的特点和结构

本书的创作是基于 Rhino3D 3.0 来完成的,但由于 3.0 版在命令方面相比于 2.0 版没有根本性的变动,因而,本书的内容对于作用 2.0 版的读者来说也是适用的。为了方便读者对照两个版本的不同,也为了使一些 2.0 版的用户能够尽快升级到新版本来,书中在进行讲述的时候,对两个版本的不同之处进行了说明。

虽然 Rhino3D 3.0 功能上有不少加强的地方,但本书并不旨在介绍软件的新功能。新版本的新功能的介绍,也都是融合在对技巧的讲解中,而不是专门提出来进行讲解的。这主要是考虑到对命令功能的掌握,结合实际来进行介绍更有效果,这也是本书的一大特色。

创作本书时,作者假设读者已经具有了一定的 Rhino3D 使用水平,因而,书中的内容都是使用 Rhino3D 这个软件需要了解的技巧。其中,很多是作者长期使用这个软件总结出的经验,具有独创性,相信对读者深入掌握这个软件有很大帮助。尤其重要的是,本书的第 8、第 9 两章是两个有相当难度的综合性实例,这对于读者掌握从总体上把握一个复杂物体的建模是很有帮助的。第 9 章的例子数码摄像机的制作,还荣获了世界上有名的 CGTalk 选择奖。

本书由黄少刚独立编写完成。在长期的创作和出版过程中,得到了好友许振伍的大力支持与协助,他为本书的完成提供了很多专业的写作和出版上的建议。在创作的过程中,广大的 Rhino3D 爱好者的热心关切与支持,也提供了创作本书的动力,作者的家人更是全力支持。在此,对他们表示诚挚的感谢。

作者本人虽然长期使用 Rhino3D,对其有一定的了解,但也一直处于探索的过程中。现在本书呈现给广大读者的,只是作者已有经验的一个总结,相信随着时间的推移还会有更好的方法被发现。因此,作者非常欢迎大家对书中存在的问题进行批评指正。

作者

目 录

第 1 章 Rhino3D 里的 NURBS 曲面	1	第 5 章 曲线工具	78
1.1 NURBS 曲面	1	5.1 混接曲线	78
1.2 曲面的生成	4	5.2 平面曲线生成立本曲线	79
1.3 习题	6	5.3 相交线	80
第 2 章 NURBS 曲线的奥秘	8	5.4 投影线	81
2.1 NURBS 曲线	8	5.5 pull 曲线	81
2.2 曲线的阶数	10	5.6 等高线	82
2.3 G0、G1 和 G2 的概念	12	5.7 剖面线	82
2.4 手工调整控制点达到 G1 和 G2	16	5.8 提取曲面边界线	83
2.5 习题	23	5.9 提取裸露边界线	83
第 3 章 曲面建模入门	26	5.10 提取轮廓线	84
3.1 Rhino3D 的建模特点	26	5.11 提取 isoparm	84
3.2 曲面生成的技法	30	5.12 提取线框	84
3.3 曲面的连续性	36	5.13 展开和映射曲面的 UV 线	85
3.4 曲面匹配	40	5.14 csec 截面线	87
第 4 章 曲线绘制技巧	47	5.15 重建曲线	88
4.1 绘制矩形	47	5.16 fit 曲线	88
4.2 绘制圆	49	5.17 fair 曲线	89
4.3 绘制椭圆	54	5.18 改变曲线的阶数	90
4.4 绘制圆弧	56	5.19 调整闭合曲线的端点	91
4.5 绘制多边形	58	5.20 简化直线和圆弧	91
4.6 绘制星形	60	5.21 调整曲线末端形态	92
4.7 绘制直线	61	5.22 将闭合曲线循环化	93
4.8 绘制曲线	67	5.23 延伸曲线	93
4.9 等分线	72	5.24 match 曲线	95
4.10 绘制偏移线	73	第 6 章 曲面造型技巧	97
4.11 倒圆角	74	6.1 制作电话线	97
4.12 倒斜角	76	6.2 制作圆滑立方体	101
		6.3 绘制多向混接曲面	104
		6.4 制作融合造型	112

第7章 实体建模工具	127	9.6 建立 DV 底座的基本造型	233
7.1 布尔运算工具	127	9.7 建立录像带盖的基本造型	241
7.2 实体倒角工具	132	9.8 按钮的制作	267
7.3 实体加盖工具	134	第10章 数据交换	280
7.4 曲面分离工具	136	10.1 概述	280
7.5 曲面偏移复制工具	136	10.2 与 3ds max 进行文件交换 ...	281
第8章 手机的制作	138	10.3 与 Maya 进行文件交换	286
8.1 准备工作	139	10.4 与 Photoshop 进行文件 交换	288
8.2 分析模型	142	10.5 与其他软件进行文件交换 ...	288
8.3 制作主机上半部分	143	第11章 渲染模型	289
8.4 制作手机按键并完善主机上半 部分	158	11.1 准备工作	289
8.5 绘制手机翻盖	165	11.2 制作贴图	295
8.6 制作手机背面	176	11.3 调整材质	299
第9章 数码摄像机的制作	190	11.4 数码摄像机的材质制作	305
9.1 分析模型	190	11.5 文字贴图和材质的融合	311
9.2 准备工作	193	11.6 设置灯光	314
9.3 绘制基础曲面	194	11.7 渲染合成	318
9.4 建立液晶显示屏的基本造型 ...	214	附录 命令对照表	326
9.5 建立主体部分的基本造型	221		

第1章

Rhino3D 里的 NURBS 曲面

Rhino3D 采用的是 NURBS 曲面建模, NURBS 是“非均匀有理 B 样条”(Non-Uniform Rational B-Splines)的缩写。这种用数学方式来描述的曲面, 具有极高的精确度。相对于 NURBS 物体, 多边形物体, 比如 3ds max 里面的多边形建模工具产生的 mesh 物体, 是由许多三角面或四角面组成的物体。如图 1.1 所示, 左边是 NURBS 的球体, 右边是用 Rhino 的多边形工具产生的多边形网格球体。从显示看, 两者就存在很明显的区别, 多边形网格球体是由许多微小的三角面紧密组合而成的, 它的基本构成要素就是面和顶点。

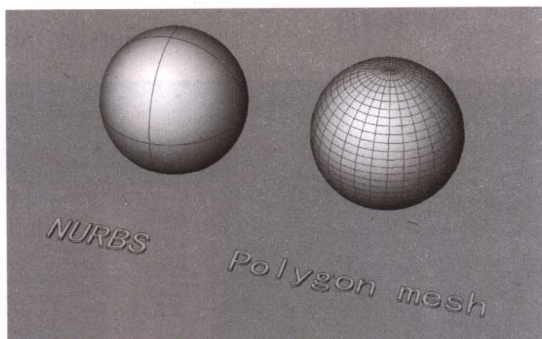


图 1.1 NURBS 球体和多边形网格球体

1.1 NURBS 曲面

再观察 NURBS 球体, 没有像多边形网格球体那样有密密麻麻的三角面。整个球体只有几条交错的曲线, 那是曲面的等参数线 (isoparm), 是构成曲面的要素之一, 每个曲面都有 U、V 两个不同走向的等参数线。通常要描述形状越复杂的曲面, 需要的等参数线就越多。NURBS 曲面就是由等参数线和曲面的边界 (surface edge) 来共同描述的。图 1.2 里左边是一个标准的 NURBS 曲面, 右边是一个将它用曲线修剪 (命令是 trim, 按钮是 ) 以后的曲面。经过修剪后, 曲面的形状变化很大, 这时候, 除了等参数线定义曲面的弯曲变化外, 曲面的边界线就成了定义曲面形状的一个很关键的因素。

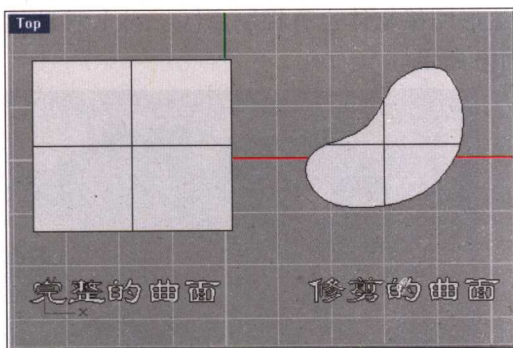


图 1.2 完整的曲面和经过修剪的曲面

NURBS 曲面是真正平滑的曲面。将曲面放大观察它的等参数线, 仍然是平滑的, 不会像多边形网格物体, 放大后就能看到物体的轮廓线是由一段段的直线构成的。但是, 在 Rhino3D 中, 除了等参数线和边界线外, 其他都是不可见的, 为了显示 NURBS 曲面为可见的曲

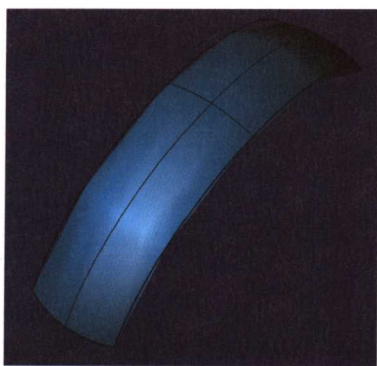


图 1.3 由于转换精度不够造成显示不够平滑

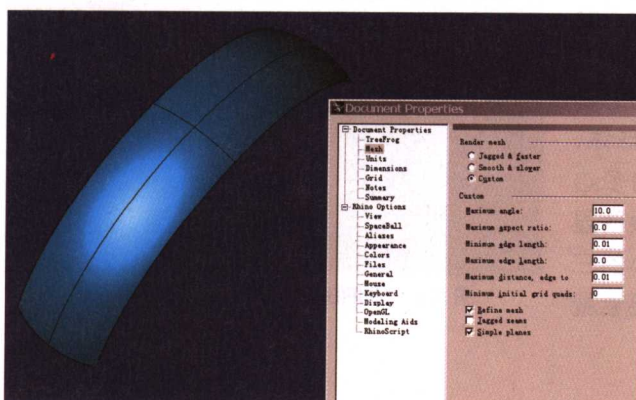


图 1.4 提高 Render mesh 精度后显示平滑

面,要把它转换为可渲染的多边形网格物体。这就存在一个转换精度问题,精度越高,所生成的多边形网格物体就越逼近原始 NURBS 曲面。如果转换精度不高,可能看到的 NURBS 曲面就不平滑,甚至会出现轮廓线锯齿的状况,如图 1.3 所示。遇到这种情况,并不是由于曲面不够平滑,而是 NURBS 曲面转换成为可渲染的多边形网格物体(Render mesh)的精度不够高。用鼠标右击 按钮打开渲染设置,在 Render mesh 选项卡里调高精度即可显示为平滑的曲面,如图 1.4 所示。Render mesh 精度不够造成显示不够平滑是初学者经常会遇到的典型问题之一。虽然提高 Render mesh 转换精度可以达到很高质量的显示和渲染

效果,但是转换越多的 Render mesh 需要越长的计算时间,另外大量的 Render mesh 也要求显卡进行较久时间计算,容易造成显示慢的后果。在视觉质量允许的范围内,尽量减少 Render mesh 能够提高显示的速度,提高工作效率。这就要求对 Render mesh 的设置进行优化。有关 Render mesh 设置的优化,将会在以后的章节中进行详细的介绍。

在 Rhino3D 里,按下默认功能键 F10 或者单击 按钮,可以打开曲面的控制点。这些控制点和曲面的等参数线是对应的。调整控制点,曲面的等参数线发生相应的变化,曲面的形状也会随之改变,如图 1.5 所示。多边形网格物体也有控制点(vertex),移动控制点同样可以改变多边形网格物体的形状,如图 1.6 所示。

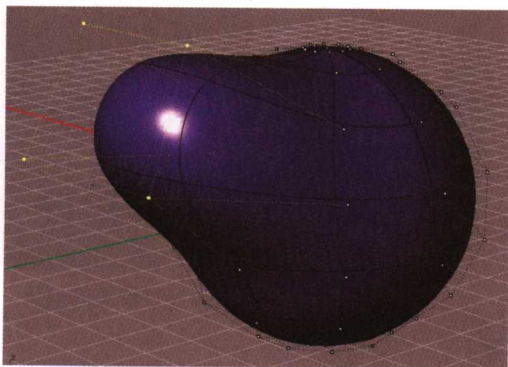


图 1.5 移动控制点改变 NURBS 曲面形状

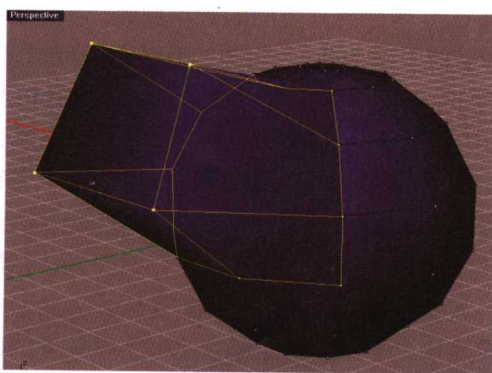


图 1.6 移动控制点改变多边形网格物体的形状

通过对图 1.5 和图 1.6 的比较可以发现,调整 NURBS 曲面的控制点,曲面仍然保持平滑的形态,这是 NURBS 曲面一个很重要的功能。此外,NURBS 曲面的每个控制点的引力也

是可以改变的,通过改变控制点的引力可以达到移动控制点所达不到的效果,如图 1.7 所示。

改变控制点的引力的方法是:执行 weight 命令或者单击  按钮打开 Point Editing 工具栏的  按钮,调出对话框,如图 1.8 所示。默认的控制点引力范围是 0.1~10,在文本框内输入数值可以改变这个引力范围,图 1.7 就是采用了引力为 100 的效果。

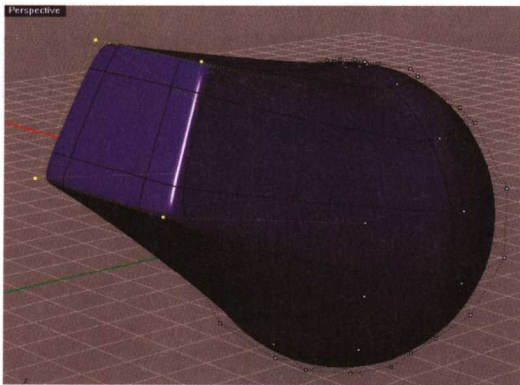


图 1.7 通过改变控制点的引力改变曲面的形状

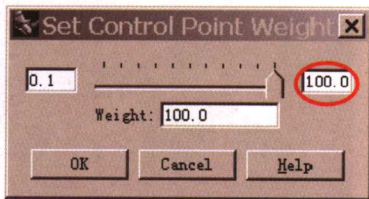


图 1.8 Set Control Point Weight 对话框

控制点引力数值越大,引力越强,控制点影响范围内的那部分曲面就越接近于控制点。如图 1.9 所示,通过 Weight 工具改变控制点的引力,在一个平滑的曲面上做出凹缝。

在 Rhino3D 里,并不是所有的物体都能用 F10 键或者  按钮打开控制点的,比如建立一个普通的 NURBS 立方体(Box 命令或者  按钮),就打不开它的控制点。这是因为 NURBS 立方体不是

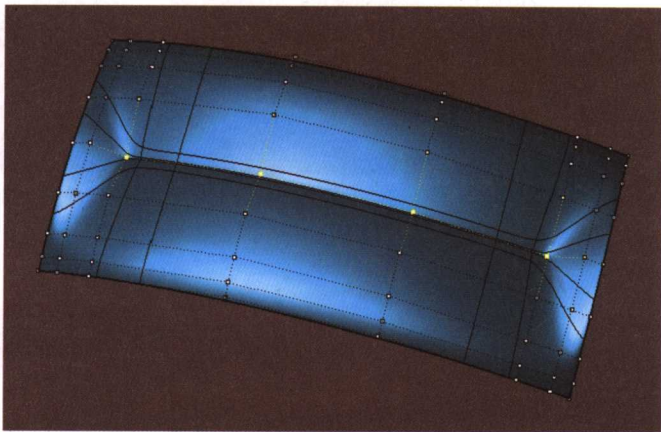


图 1.9 通过改变控制点引力在平滑曲面上做出凹缝

单一的曲面(Rhino3D 里统称为 Surface),而是由 6 个 NURBS 平面连接而成的复合多面(Rhino3D 里统称为 Polysurface),Rhino3D 不允许对复合多面进行控制点操作。这样有利于保护模型的边界数据的完整性以及曲面之间的连续性(curvature continuity)。因为移动控制点有可能改变曲面原有的边界形态,使得本来边界结合在一起的两个面出现撕裂,并且有可能破坏原本保持相切(G1 连续性)或者曲率连续性(G2 连续性)的曲面的平滑关系。对于复合多面物体,可以通过炸开(explode 命令或者  按钮)成为一个个单独的曲面或者分离出单个曲面(extractsrf 命令或者  按钮),然后就可以打开这些单独的曲面的控制点进行编辑,编辑后,仍然可以用 join 命令或者  按钮把曲面连接回去成为复合多面。

在 Rhino3D 里,Polysurface 具有很重要的作用,单个 NURBS 曲面本身由于受到两个走向(U、V 方向)的限制,所以用单个曲面不可能构建完整的精确的模型,必须通过多个曲面拼合起来才能准确地描述精确的形状,这时候,就要求有一个类似群组功能的工具把分散的曲面连接成为单一的完整物体,这种物体的存在方式就是 Polysurface,而连接曲面成为

Polysurface 的工具就是 join 命令。因此,在 Rhino3D 里建模,几乎所有模型的最终形态都是 Polysurface。Polysurface 并不是简单的群组,它是将所有边界相接的曲面组合成为无缝的模型,可以把 Polysurface 的产生比喻为裁缝做衣服。裁缝做衣服,肯定不能仅仅用一块布就做出衣服来,它必须根据穿着者身体的尺寸和比例,裁剪出前片和后片,然后缝合成为完整的衣服。做好的衣服具备两个特点:所有的布片都相连;无缝。这也正是 Polysurface 的特点:相连和无缝。用 Rhino3D 建模,要有裁缝量体裁衣的智慧,且精通裁剪和缝合的艺术。对应 NURBS 建模上,裁剪就是对曲面的切割——trim 命令,缝合就是对曲面之间进行匹配——matchsrfs 命令和 blendsrf 命令的灵活运用,如图 1.10 所示。

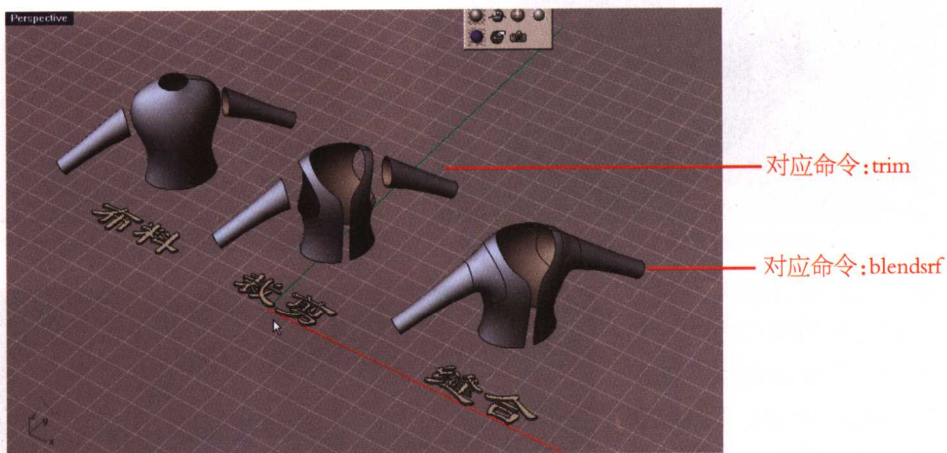


图 1.10 NURBS 曲面建模好比裁缝做衣服

1.2 曲面的生成

Rhino3D 里生成的曲面的方法有很多:可以通过曲线产生,如 loft 命令、sweep1 命令、sweep2 命令、revolve 命令、extrude 命令、extrudealongcrv 命令、extrudetopt、ribbon 命令、planarsrf 命令、edgesrf 命令、networksrf 命令、pipe 命令、patch 命令;可以通过点产生曲面,如 srfpt 命令、srfptgrid 命令、patch 命令;可以通过物体的着色深度缓存器(Z-Buffer)产生曲面,如 drape 命令,如图 1.11 所示;可以通过图片产生曲面,如 heightfield 命令;还可以直接产生曲面,如 plane 命令(按钮是 ) ,用几何体工具产生球体、椭圆体、圆环等。

介绍了这么多曲面生成方式,在实际运用中,最常用到的还是通过曲线产生曲面,其次球体也经常用到。如果把曲面看做布料,那么生成曲面的曲线就是布料上的线。织成一块布用到的线密密麻麻,不计其数,但是仔细观察,所有的布料,上面的线都只有两种走向——交织在一起的水平走向的线和垂直走向的线,因此织布所需要的,最基本的也就是两个线团。NURBS 曲面也一样,它也是由无数多的线构成的,这些线也只有两种走向,U 方向的线和 V 方向的线。通过曲线建立曲面,需要的也就是这两个走向的曲线,把这些曲线按照 U、V 方向进行排列,然后使用曲面生成工具就可以产生曲面,这种生成曲面的方法是最常用的,属于

UV 方式。loft 命令、sweep1 命令、sweep2 命令、revolve 命令、extrude 命令、extrudealongcrv 命令、edgesrf 命令、networksrf 命令等都属于 UV 方式，其中 loft 命令、revolve 命令、extrude 命令只需要提供一个走向的曲线就可以了。

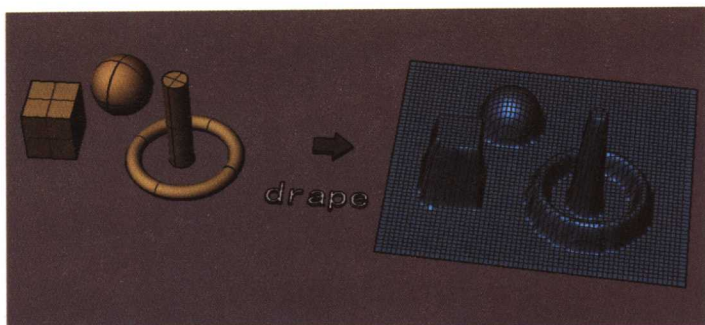


图 1.11 drape 命令产生曲面

Rhino3D 的曲面建模工具里面有一个命令是很特别的，它不是以 UV 方式产生曲面，这个命令就是 patch 命令(按钮是 )。patch 曲面属于吻合曲面(fit surface)，它是从曲线或者点(point)物体上面提取采样点(sample point)，然后产生一个曲面，使它最接近地通过所有的采样点。相对于 UV 方式建模受到两个走向的限制，patch 可以由任意方向排列的曲线和点来产生曲面，因此用它产生曲面具有很大的随意性和灵活度，弥补了 UV 建模方式的不足，如图 1.13 所示。

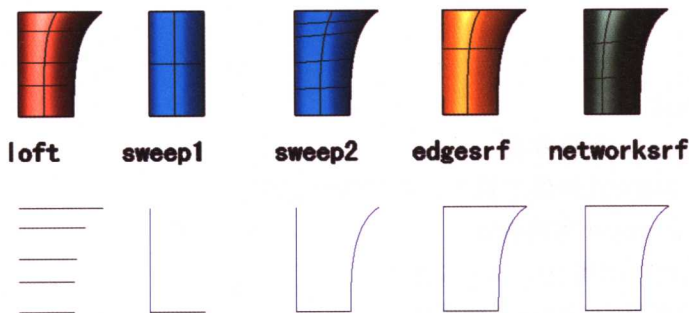


图 1.12 UV 方式建模要求曲线符合 UV 排列

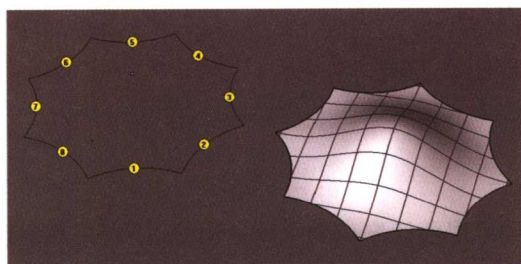


图 1.13 由 8 条曲线和一个点产生的 patch 曲面

注意：使用 patch 建模时不需要曲线按照 UV 方向排列，但是它所产生的曲面仍然是具有 UV 走向的 NURBS 曲面，所以在 patch 对话框里有控制 UV 线数的选项 Surface U span 和 Surface V span，以及控制 UV 走向的 Starting surface。

通过了解了 NURBS 曲面的产生，可以认识到曲线是曲面产生的基础，曲线的形状决定了曲面的形态，因此是最关键的因素。做出平滑漂亮的曲线是做出漂亮模型的基础，系统地了解 NURBS 曲线的基本知识对于 Rhino3D 建模是有帮助的。在下一章里，将探索 NURBS 曲线所蕴藏的奥秘。

1.3 习 题

1. 选择题

- (1) Rhino3D 采用的建模方式是：
- A. Subdivision 细分表面建模
 - B. 实体建模
 - C. NURBS 曲面建模
- (2) 可以打开控制点的物体有：
- A. 多边形网格物体
 - B. 单一的经过修剪的 NURBS 曲面
 - C. 单一的完整的 NURBS 曲面
 - D. NURBS 曲线
 - E. 摄像机
 - F. 灯光
 - G. 尺寸标注
 - H. Polysurface 复合多面
- (3) 直接用 NURBS 几何体工具产生的圆锥体属于：
- A. Polygon mesh 网格物体
 - B. 单一的经过修剪的 NURBS 曲面
 - C. 单一的完整的 NURBS 曲面
 - D. Polysurface(复合多面)
- (4) Polysurface 的特点有：
- A. 包含了多个 NURBS 曲面
 - B. 无缝(seamless)
 - C. 不可修剪
 - D. 不能打开控制点
- (5) 如图 1.14 所示,用平滑曲线产生的平滑曲面,渲染起来却出现了棱角,这是因为:

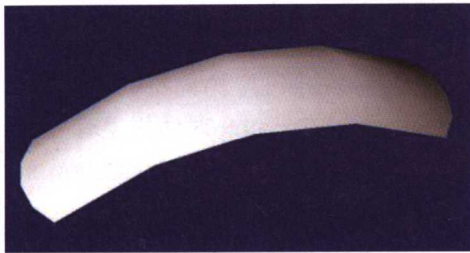


图 1.14

- A. 曲面太简单,没有足够的结构线,可以用 insertknot 命令增加曲面的 isoparm 来达到平滑。

- B. 用 rebuildsurf 命令(按钮是)重建曲面。
- C. 软件的问题,重新启动 Rhino3D 即可解决。
- D. 显示精度的问题,用鼠标右击按钮调出 Render 属性面板,在 Render Mesh 选项卡中选择 Custom,然后把前 3 个数值调小。

(6) 在 Rhino3D 2.0 或者更高的版本里,join 命令(按钮是)可以连接的情况有:

- A. 多边形网格物体之间
- B. NURBS 曲面之间
- C. NURBS 曲面和 Polysurface 之间
- D. 曲线之间
- E. 封闭的实体(Solid)之间
- F. 曲线和曲面的边界线之间

2. 填空题

- (1) NURBS 是“非均匀有理 B 样条”的缩写,它是以 _____ 方式来描述曲线和曲面。
- (2) 所有的 NURBS 曲面都具有 _____ 个走向。

第1章习题答案

- 1. (1)C (2)ABCDEFG (3)D (4)ABD (5)D (6)ABCDF
- 2. (1)数学(2)两

第 2 章

NURBS 曲线的奥秘

没有计算机的时候,用手工的方式绘制曲线一直是件很困难的事情。好的画家可以绘制出很流畅漂亮的曲线,但是没有绘画基础的人,想要画出那样平滑流畅的线条却是很困难而且很慢的。自然界里的物体充满了各种曲线的形态,比如人体、动物的轮廓都是优美的曲线形态。画家画的曲线,表现的是自然界里曲线的动态美。曲线上面的每个点都具有不同的参数,当一个点沿着曲线的路径进行运动时,它的运动方向每时每刻都在变化,如果点运动的方向保持不变,就成了直线了。曲线有一个很重要的要素——曲率,这是数学上用来描述曲线弯曲程度的概念。肉眼看到一条曲线的弯曲程度大小,反映在数学上面就是曲率的大小。圆是特殊形态的曲线,因为圆上每个位置的曲率都是相同的,变化的只是切线的方向。因此用一个圆规就可以画出圆来。但是除了圆以外的大部分曲线都是形态各异的自由曲线,这些曲线的曲率在各个位置也是不同的,那使是非常流畅的曲线,它的曲率也是连续变化的,这样的曲线要用手工精确地画出来就更难了。而使用计算机,则可以使这个问题得到很好的解决,尤其是使用 Rhino3D 这种精确的 NURBS 建模软件,就更加方便了。

2.1 NURBS 曲线



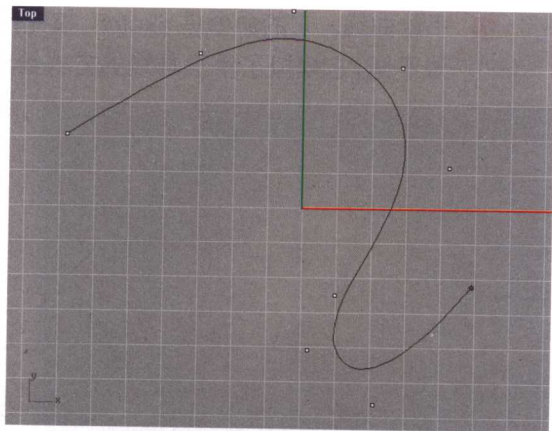
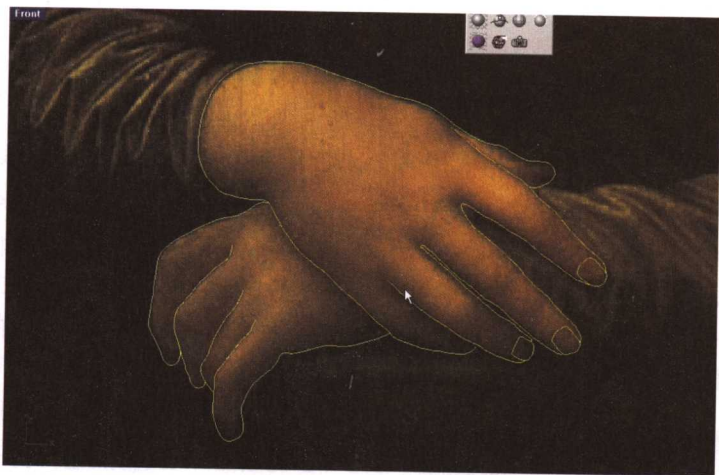
图 2.1 手工绘制曲线时常用的工具

图 2.1 是手工作图用到的曲线工具。用 Rhino3D 绘制曲线,曲线不但可以随心所欲地做出来,还可以做任意修改。即使没有任何绘画基础的人,用 Rhino3D 都可以非常快地做出最为平滑的优美线条。使用导入背景图片功能(菜单命令是 View | Background Bitmap | Place 或  按钮),在 Rhino3D 的三视图里放置图片为作图蓝本,可以像描图一样绘制曲线,从而更为精确快速。

在 Rhino3D 里绘制自由曲线(Freeform curve)主要有 3 种方法:

- 控制点曲线。它的命令是 curve,按钮是 。用这个命令绘制曲线,除了起点和终点,生成的线条不会穿过鼠标单击过的位置,因此做出来的曲线还要经过调整控制点,才能达到预期的效果,如图 2.2 所示。在绘制曲线的过程中,随时可以按下 U 键来取消最近一次确定的曲线的位置,以便于及时纠正。按下多次 U 键可以不停地返回,直到完全恢复到还没有绘制曲线前的状态。

■ 内插点曲线。它的命令是 `interpcrv`, 按钮是 。用这个命令绘制曲线, 生成的线条将会平滑地穿过每一个鼠标单击过的位置, 因此用它来绘制曲线比较好控制形状。内插点曲线最适合描图, 用  按钮导入一张背景图片, 按下功能键 F7 关闭网格显示以便于更清楚观看背景图片, 然后单击  按钮, 用内插点曲线来描图, 这样的描图方式速度最快, 效果最好。如图 2.3 所示是用内插点曲线精细地描出“蒙娜丽莎的微笑”中手部优美的曲线。在绘制曲线的过程中, 随时可以按下 U 键来取消最近一次确定的曲线的位置, 以便于及时纠正。按下多次 U 键可以不停地返回, 直到完全恢复到还没有绘制曲线前的状态。

图 2.2 用 `curve` 命令绘制曲线图 2.3 用 `interpcrv` 描图快速精确再现古典韵味

注意: 用鼠标右击  按钮将是另外一个功能(等于执行 `interpcrvonsrf` 命令), 它可以在曲面的表面绘制曲线。绘制好的线条将会附着在曲面上, 如图 2.4 所示。

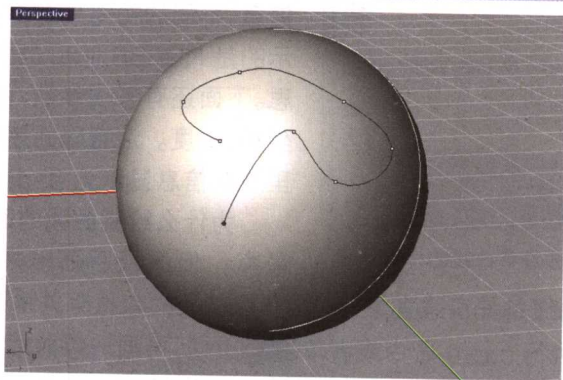


图 2.4 在曲面上直接绘制曲线

■ 手绘曲线。它的命令是 sketch, 按钮是 。同前面两种以鼠标确定点的绘制曲线方法不同, 它模拟了手工画线的方式绘制曲线, 鼠标指针经过的地方, 将会留下轨迹,

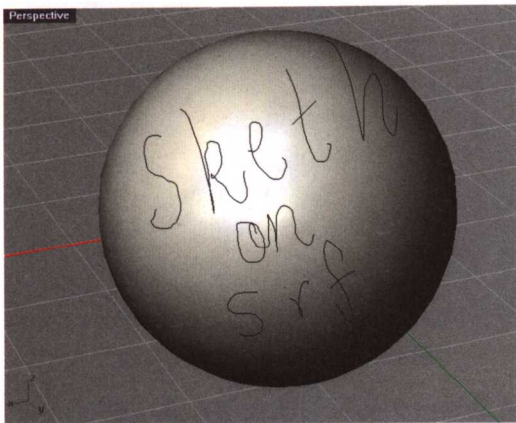


图 2.5 在曲面上手绘曲线

绘制完毕, 自动将这个不规则的轨迹转换为平滑的曲线, 并且可以打开控制点进行编辑。但是它不能像前面两种方式一样可以通过按 U 键来撤销上次的操作, 要修改就必须等画完后, 再打开控制点来编辑形状。手绘曲线时最好能有一个手写板, 才能更好地发挥这个功能的灵活性。

注意: 用鼠标右击  按钮将是另外一个功能 (等于执行 sketchonsrf 命令), 它可以在曲面的表面手绘曲线。绘制好的线条将会附着在曲面上, 如图 2.5 所示。

2.2 曲线的阶数

平滑是曲线的基本特征, 是不是所有用 Rhino3D 绘制出来的曲线都是一样平滑的呢? 下面通过做一个实验就可以很快得出结论。执行 curve 命令或者单击  按钮, 命令行出现提示 Start of curve (Degree=3):。注意看括号里面的提示 Degree=3, 这个 Degree 是曲线的阶数。Rhino3D 里的曲线和曲面都具有阶数, 阶数是可变的。Rhino3D 支持最高到二十一阶的曲线。输入 D (或者 degree 都可以), 命令行出现提示, 这时输入 11, 把当前绘制的曲线的阶数调到最大, 然后在任意一个视图中用鼠标确定两点, 右击鼠标结束曲线的绘制, 可以看到画出来的不是曲线, 而是一段直线。选择这条直线,

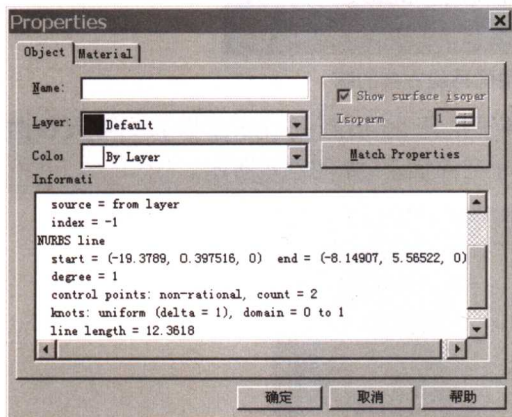


图 2.6 用物体的属性面板查看曲线的详细信息

按下 F3 键或者单击  按钮, 打开物体的属性面板, 在下面的物体信息框 (Information) 里可以看到这条直线的各项参数, 包括物体 ID 号、图层 (Layer)、材料 (Material) 以及物体的属性信息。不同的物体具有不同的属性信息, 这里显示的是 NURBS line, 也就是 NURBS 直线的意思。下面还有各项参数, 包括直线的起点和终点坐标、长度。注意里面还有曲线的阶数信息, 这里阶数信息显示为 degree=1, 如图 2.6 所示。

为什么绘制曲线的时候, 阶数已经设置为最高, 但是最后画出来的线段的阶数只有 1 呢? 这是否与画出来的线条是直线有关? 还是与控制点的数目有关系呢? 把这个实验继续进行下去就可以知道。执行 curve 命令或者单击  按钮, 再画一条曲线, 这次用鼠标在视图里面任意确定 3 个点, 然后右击鼠标结束绘制 (注意实验里面画的所有曲线都不要闭合它, 闭