

艺术设计专业系列丛书
“互联网+”新形态一体化教材

产品三维设计基础: **Rhino7.0** 案例教程

CHANPIN SANWEI
SHEJI JICHU:
RHINO7.0
ANLI JIAOCHENG

主编 刘元寅 许衍军 赵军静



扫一扫
学习资源库

微课视频
教学计划
教学课件

航空工业出版社

内 容 提 要

本教材知识点涵盖范围较为广泛,涉及 Rhino7.0 的绝大部分工具与命令的讲解,通过知识点学习并结合案例练习,让学生在快速吸收知识的同时具备融会贯通的能力,在后续的建模创作中做到举一反三。本教材收录的经典案例跨度较大,案例教学部分由易到难,从简单的水壶创建到复杂的汽车建模,为学生提供了从基础入门到高级进阶的学习选择,可适应不同阶段的学习提升,既可以作为高校工业设计、产品设计等专业三维设计核心课程教材,也可以作为社会设计专业培训机构的培训教材,同时还可以作为设计行业从业人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

产品三维设计基础: Rhino7.0 案例教程 / 刘元寅,
许衍军, 赵军静主编. —北京: 航空工业出版社,
2021.10 (2023.8 重印)

ISBN 978-7-5165-2439-8

I. ①产… II. ①刘… ②许… ③赵… III. ①产品设
计—计算机辅助设计—应用软件—教材 IV. ①TB472-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 188718 号

产品三维设计基础: Rhino7.0 案例教程 Chanpin SanweiSheji Jichu: Rhino7.0 Anli Jiaocheng

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区京顺路 5 号曙光大厦 C 座四层 100028)

发行部电话: 010-85672663 010-85672683

北京荣玉印刷有限公司印刷

2021 年 10 月第 1 版

开本: 889 毫米 × 1194 毫米 1/16

印张: 18

全国各地新华书店经售

2023 年 8 月第 2 次印刷

字数: 426 千字

定价: 86.00 元

PREFACE

前言

Rhino(犀牛)软件作为设计行业的高效建模软件,它简单易用、快速直接,一直受到行业设计师与在校师生的大力追捧。《产品三维设计基础:Rhino7.0案例教程》针对工业设计、产品设计等专业三维设计核心课程进行编著。结合Rhino7.0软件的新特征,第1章至第4章对Rhino7.0软件的相关基础内容进行详尽讲解,并结合简单案例操作进行软件的入门教授,避免了基础知识学习的枯燥感。第5章至第9章围绕经典案例进行软件的进阶教学,每个章节均辅以全程视频讲解,让学生可以有效地进行学习提升。

本教材配套丰富慕课内容:视频内容涉及案例分析视频、设计实操演示录制等,便于学生学习,也便于教师进行备课讲授,以尽可能地满足高校师生课堂教学和设计从业人员自学的需求。

本教材知识点涵盖范围较为广泛,涉及Rhino7.0的绝大部分工具与命令的讲解,通过知识点学习并结合案例练习,让学生在快速吸收知识的同时具备融会贯通的能力,在后续的建模创作中做到举一反三。本教材收录的经典案例跨度较大,案例教学部分由易到难,从简单的水壶创建到复杂的汽车建模,为学生提供了从基础入门到高级进阶的学习选择,可适应不同阶段的学习提升。

本教材既可以作为高校工业设计、产品设计等专业三维设计核心课程教材,也可以作为社会设计专业培训机构的培训教材,同时还可以作为设计行业从业人员的自学参考书。

此外,本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库,有需要者可致电13810412048或发邮件至2393867076@qq.com。

编者能力有限,难免有所疏漏,请广大读者批评指正,以便进一步修订完善。

课时安排

章名	章节内容	课时分配	
第 1 章 Rhino7.0 基础知识	1.1 初识 Rhino7.0 软件	1	4
	1.2 Rhino7.0 工作界面	1	
	1.3 Rhino7.0 工作环境	1	
	1.4 Rhino7.0 基础操作	1	
第 2 章 Rhino7.0 关键理论	2.1 NURBS 曲面建模及应用	1	6
	2.2 Rhino7.0 建模关键步骤	1	
	2.3 Rhino7.0 建模关键要素	1	
	2.4 Rhino7.0 建模关键理论	3	
第 3 章 Rhino7.0 曲面成型理论	3.1 旋转成型理论	1	10
	3.2 放样成型理论	2	
	3.3 单轨成型理论	1	
	3.4 双轨成型理论	1	
	3.5 网线成面理论	2	
	3.6 SubD 细分曲面	3	
第 4 章 Rhino7.0 建模关键技术	4.1 渐消面建模	5	16
	4.2 圆角处理技巧	2	
	4.3 参数化建模插件	8	
	4.4 Keyshot10.0 渲染插件	1	
第 5 章 电水壶制作实例教学	5.1 添加背景图片	1	8
	5.2 创建水壶主题轮廓	1	
	5.3 水壶造型细节制作	2	
	5.4 水壶其他部件制作	2	
	5.5 水壶底座制作	2	
第 6 章 儿童理发器制作实例教学	6.1 添加背景图片	1	8
	6.2 创建理发器主体曲面	2	
	6.3 完成前后盖抽壳	2	
	6.4 进行前后盖细节创建	3	

续表

章名	章节内容	课时分配	
第 7 章 游戏鼠标制作实例教学	7.1 背景图导入与线框绘制	1	8
	7.2 基本形体曲面制作	3	
	7.3 鼠标部件分件与细节制作	4	
第 8 章 游戏手柄制作实例教学	8.1 游戏手柄轮廓线搭建	1	8
	8.2 游戏手柄基本曲面制作	1	
	8.3 游戏手柄曲面倒角制作	2	
	8.4 游戏手柄上盖特征曲面制作	2	
	8.5 游戏手柄摇杆和按钮制作	2	
第 9 章 BMW—Z4 车体曲面建模实例教学	9.1 导入三视图与车体特征轮廓线绘制	2	24
	9.2 引擎盖曲面制作	1	
	9.3 前车肩曲面制作	1	
	9.4 轮眉与侧翼子板制作	2	
	9.5 车肩部分曲面制作	1	
	9.6 车裙与后翼子板制作	2	
	9.7 车门板造型曲面制作	1	
	9.8 车玻璃曲面制作	1	
	9.9 汽车 AC 柱曲面制作	2	
	9.10 汽车尾部曲面制作	2	
	9.11 汽车前脸曲面制作	1	
	9.12 汽车前保险杠曲面制作	2	
	9.13 汽车前大灯轮廓曲面制作	2	
	9.14 汽车前挡风玻璃与车顶曲面制作	4	
	总计	92	

CONTENTS

目录

CHAPTER 1

Rhino7.0	1.1 初识 Rhino7.0 软件	3
基础知识	1.2 Rhino7.0 工作界面	4
	1.3 Rhino7.0 工作环境	7
	1.4 Rhino7.0 基础操作	21

CHAPTER 2

Rhino7.0	2.1 NURBS 曲面建模及应用	31
关键理论	2.2 Rhino7.0 建模关键步骤	34
	2.3 Rhino7.0 建模关键要素	40
	2.4 Rhino7.0 建模关键理论	52

CHAPTER 3

Rhino7.0	3.1 旋转成型理论	63
曲面成型	3.2 放样成型理论	69
理论	3.3 单轨成型理论	76
	3.4 双轨成型理论	83
	3.5 网线成面理论	87
	3.6 SubD 细分曲面	93

CHAPTER 4

Rhino7.0 建模关键 技术

4.1 渐消面建模	105
4.2 圆角处理技巧	121
4.3 参数化建模插件	125
4.4 Keyshot10.0 渲染插件	143

CHAPTER 5

电水壶制作 实例教学

5.1 添加背景图片	157
5.2 创建水壶主题轮廓	158
5.3 水壶造型细节制作	162
5.4 水壶其他部件制作	174
5.5 水壶底座制作	177

CHAPTER 6

儿童理发 器制作实 例教学

6.1 添加背景图片	181
6.2 创建理发器主体曲面	183
6.3 完成前后盖抽壳	190
6.4 进行前后盖细节创建	195

CHAPTER 7

游戏鼠标制 作实例教学

7.1 背景图导入与线框绘制	207
7.2 基本形体曲面制作	209
7.3 鼠标部件分件与细节制作	217

CHAPTER 8

游戏手柄制作实例教学

8.1 游戏手柄轮廓线搭建	225
8.2 游戏手柄基本曲面制作	226
8.3 游戏手柄曲面倒角制作	231
8.4 游戏手柄上盖特征曲面制作	238
8.5 游戏手柄摇杆和按钮制作	240

CHAPTER 9

BMW-Z4 车体曲面建模实例教学

9.1 导入三视图与车体特征轮廓线绘制	247
9.2 引擎盖曲面制作	249
9.3 前车肩曲面制作	250
9.4 轮眉与侧翼子板制作	251
9.5 车肩部分曲面制作	253
9.6 车裙与后翼子板制作	254
9.7 车门板造型曲面制作	258
9.8 车玻璃曲面制作	260
9.9 汽车 AC 柱曲面制作	262
9.10 汽车尾部曲面制作	264
9.11 汽车前脸曲面制作	267
9.12 汽车前保险杠曲面制作	268
9.13 汽车前大灯轮廓曲面制作	270
9.14 汽车前挡风玻璃与车顶曲面制作	272

参考文献	275
后记	276

CHAPTER

1

Rhino7.0 基础知识

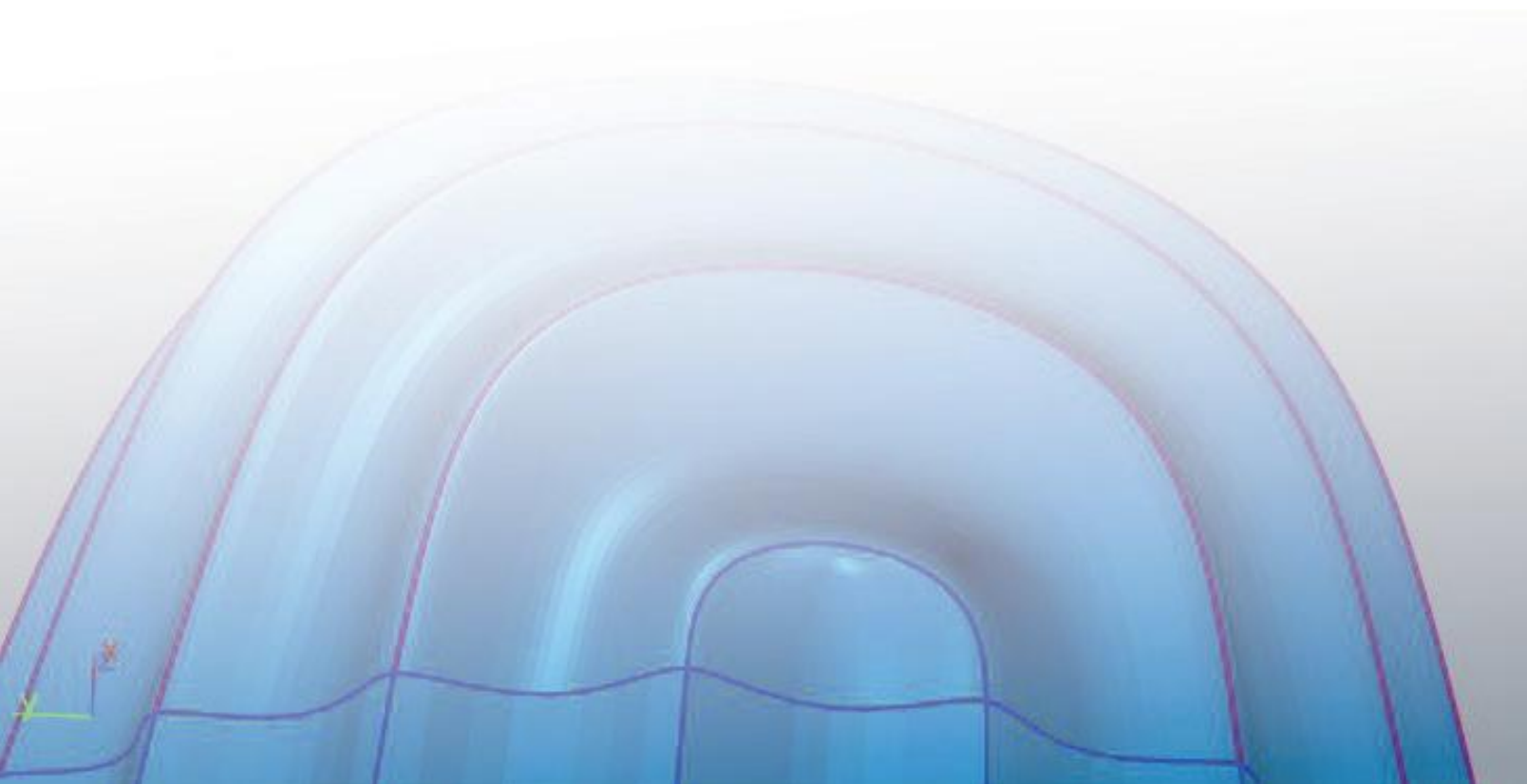
- 1.1 初识 Rhino7.0 软件
- 1.2 Rhino7.0 工作界面
- 1.3 Rhino7.0 工作环境
- 1.4 Rhino7.0 基础操作

| 本章引言 |

本章是针对 Rhino7.0 软件基础知识的学习，对 Rhino7.0 软件进行基本介绍，包括软件起源及发展应用、工作界面的介绍、工作环境及设置、基础操作等内容的讲解。

| 学习目标 |

通过本章的学习，让学生了解 Rhino 软件的应用、发展和常用插件等信息有所了解，对 Rhino 建模软件的基本设置和操作进行学习，为后面掌握 Rhino 建模等知识打下扎实的知识基础。





1.1 初识 Rhino7.0 软件

Rhino7.0 是美国 Robert McNeel 公司推出的一款基于 NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline, 非均匀有理 B 样条曲线) 为主的三维建模软件, 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, 是工业设计、产品设计专业的学生制作产出模型的主要软件。它能输出 obj、DXF、IGES、STL、3dm 等不同格式, 并适用于几乎所有 3D 软件 (3ds MAX、AutoCAD、Maya、Proe、UG、Catia 等软件), 尤其对增加整个 3D 工作团队的模型生产力有明显效果。它包含了所有的 NURBS 建模功能, 用它建模感觉非常流畅, 可导出高精度模型供其他三维软件使用。

Rhino7.0 有着丰富的插件, 在建模、渲染等专业领域都有着相关的的插件拓展, 主要有以下几种:

1.1.1 Grasshopper

Grasshopper 是一款在 Rhino 环境下运行的采用程序算法生成模型的插件。当方案逻辑与建模过程联系起来时, Grasshopper 可以通过参数的调整直接改变模型形态, 是一款极具参数化设计的软件, 在 Rhino6.0 时已集成在软件当中, 不需要单独安装。软件主要用于表面纹理效果制作和构建复杂曲面造型, 在建筑设计领域应用较广。

1.1.2 Keyshot

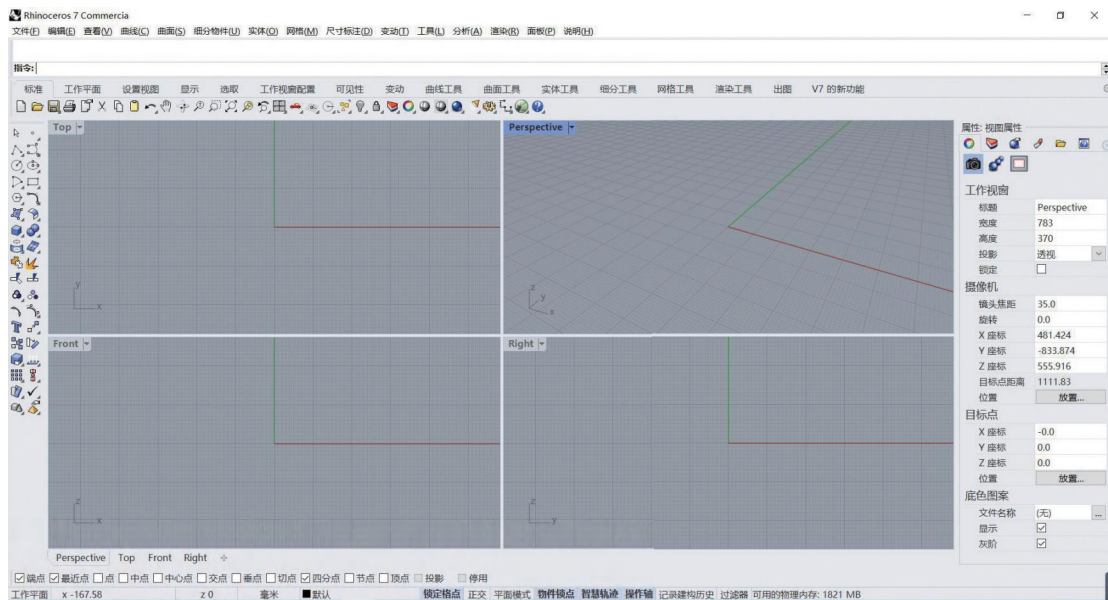
KeyShot 意为 “The Key to Amazing Shots”, 是一个互动性的光线追踪与全域光渲染程序, 是一款采用 CIE (国际照明协会) 认证渲染引擎的渲染器, 通过科学而准确的算法, 可以在很短的时间内, 无需复杂的设定即可产生如照片般真实的 3D 渲染影像。在渲染静帧图片的同时, 具有动画制作功能, 可满足工业产品展示中位置、旋转、缩放等动画制作的需求。Keyshot 提供了多种三维软件的插件接口, Keyshot for Rhino 是 Keyshot 官方提供的 Rhino 接口插件, 后续工作中, 可以通过插件实现模型修改后的实时查看, 显著提升工作效率。

1.1.3 SubD

Rhino7.0 内置的 SubD 细分曲面建模功能, 具有强大的建模功能。通过 SubD 可以实现快速探索模型的有机形状, 创建可编辑的、高度精确的产品模型, 通过推拉来实时探索复杂的自由形状。

1.2 Rhino7.0 工作界面

Rhino7.0 的工作界面主要由标题栏、菜单栏、命令栏、工具栏、视窗栏、状态栏和图形面板区域组成，如图 1-2-1 所示。



▲ 图 1-2-1 Rhino7.0 的工作界面

1.2.1 标题栏

标题栏位于整个界面的顶部，如图 1-2-2 所示，主要功能是用来显示当前文件的文件名及文件大小。

1.2.2 菜单栏

菜单栏包含大量文本命令与帮助信息（包括编辑模型、材质、渲染等），如图 1-2-3 所示，用户在操作中可以通过直接选择相应命令的菜单项来执行相应操作。



▲ 图 1-2-2 标题栏

▲ 图 1-2-3 菜单栏

1.2.3 命令栏

命令栏分为上下两部分，如图 1-2-4 所示，上部分显示历史命令，下部分显示当前命令

的执行状态，并以文本形式显示出来，通过鼠标单击命令选项来进行命令修改。



▲ 图 1-2-4 命令栏

1.2.4 工具栏

工具栏分为标准工具列和主要工具列，如图 1-2-5、图 1-2-6 所示。顶部为标准工具列，汇聚了一些常用命令，以卡片式界面存在，通过单击来切换不同命令；左侧为主要工具列，通过单击工具图标右下角的小三角，打开子命令栏，包含了各种三维建模的命令与工具。



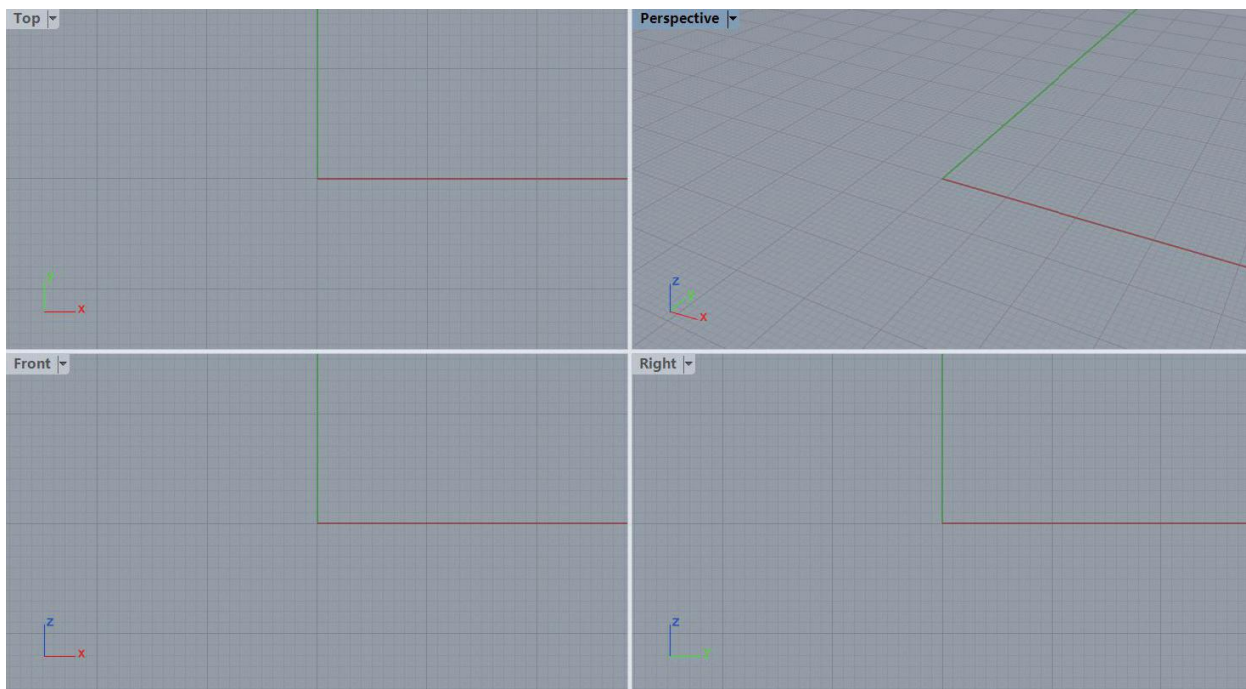
▲ 图 1-2-5 标准工具列



▲ 图 1-2-6 主要工具列

1.2.5 视窗栏

视窗栏即屏幕中间的 4 个矩形窗口，如图 1-2-7 所示。4 个工作视窗（Top、Perspective、Front、Right）是预设的工作视窗配置。



▲ 图 1-2-7 默认工作视窗

1.2.6 状态栏

状态栏位于工作视窗下栏，如图 1-2-8 所示，主要显示和控制当前已经开启的各项功能（物件锁点、平面模式、鼠标指针的坐标位置、模型单位以及内存使用量等）。



▲ 图 1-2-8 状态栏

1.2.7 图形面板

图形面板默认显示为“属性”面板，如图 1-2-9 所示。通过单击不同卡片，来切换不同面板，常用的有：属性、图层、渲染、材质、显示等面板。



▲ 图 1-2-9 图形面板

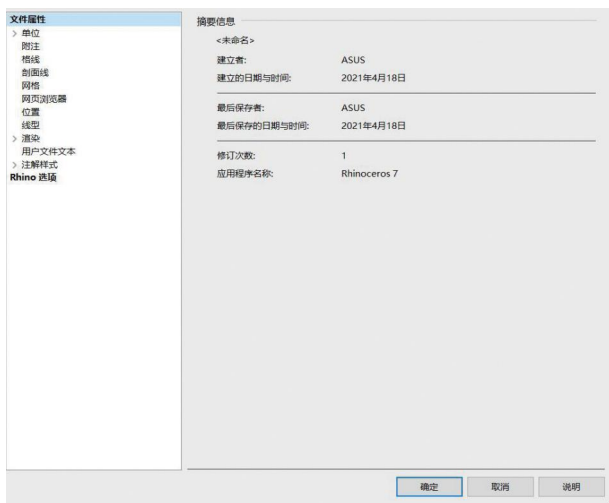
1.3 Rhino7.0 工作环境

在开始建模前，需要针对建模的内容来设定工作环境。默认的工作环境并不一定是最合适的，这就需要用户根据个人习惯和建模的需要来对软件的工作环境进行再设定。

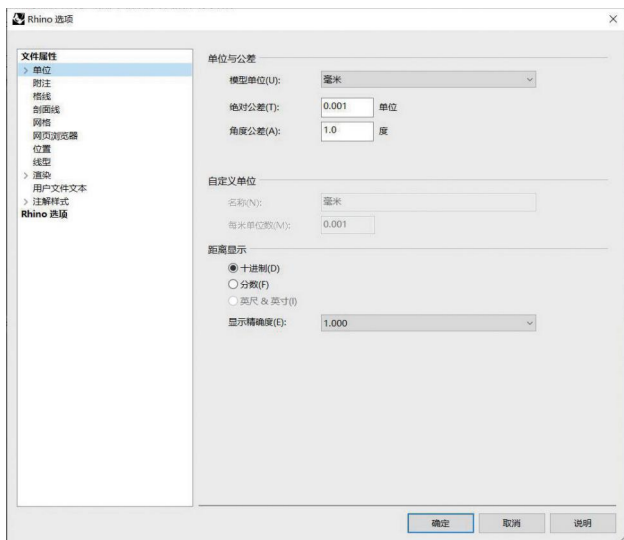
执行“菜单栏”→“工具”→“选项”命令，弹出 Rhino 选项对话框，Rhino7.0 工作环境的设定主要在该对话框中完成，如图 1-3-1 所示。

1.3.1 属性设置

在文件属性对话框中管理当前模型的设置，主要有单位、附注、格线、剖面线、网格、网页浏览器、位置、线型、渲染、用户文件文本、注解样式等，较为常用的设置单位、附注、格线、网格的属性设置。



▲ 图 1-3-1 Rhino 选项对话框



▲ 图 1-3-2 Rhino 选项对话框单位设置

1. 单位

度量单位决定模型的尺寸，绝对公差影响建模的准确程度。建模之前，需要根据建模的内容，来设定度量单位以及绝对公差，如图 1-3-2 所示。

单位中各选项的作用如下：

(1) 模型单位

用来设置模型单位，当建模对象尺寸较小时，可以使用“毫米”为单位进行建模；当建模对象尺寸较大时，可以使用“厘米”或“米”为单位进行建模。

(2) 绝对公差

绝对公差也称单位公差，是在建模中建立无法绝对精确的几何图形时所容许的误差，公差是影响建模精度的一个重要因素。绝对公差值越大，误差越大，出错的概率也就越大。根据实际情境、模型

的不同，设定不同的公差值。一般将公差设定为 0.001~0.01。

(3) 角度公差

单位为“度”，系统默认值为“1”，一般情况下不需要改动。

(4) 距离显示

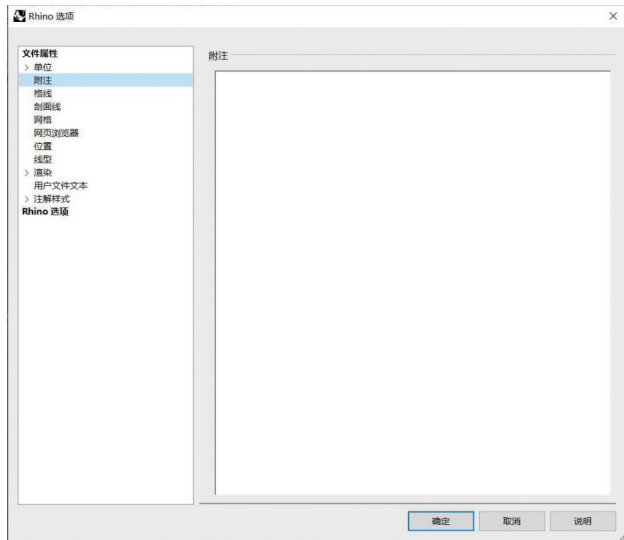
不同显示方式，系统默认值为“十进制”，一般情况下不需要改动。Rhino 提供了多个模板文件，通常情况下可以用不同尺寸的模板文件来达到用户的使用目的。

2. 附注

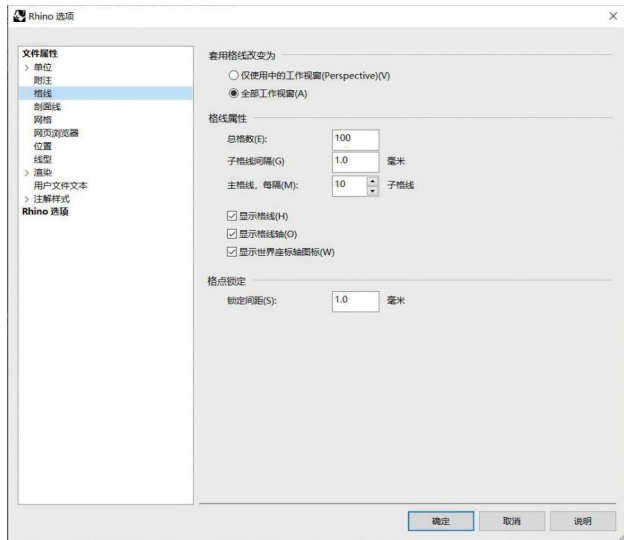
附注就是给模型文件添加说明文字，解释说明模型，如图 1-3-3 所示。

3. 格线

工作视窗中，纵横交错的灰色网格线被称为“格线”。用户可以通过观察格线来观察物体之间的关系。单击“格线”选项，即可在对话框右侧设置格线的范围与间隔，如图 1-3-4 所示。



▲ 图 1-3-3 Rhino 选项对话框附注设置



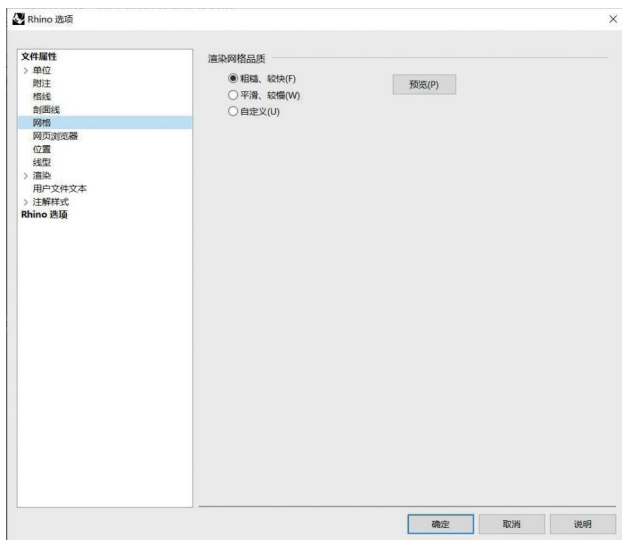
▲ 图 1-3-4 Rhino 选项对话框格线设置

格线中各选项的作用如下：

①格线属性：控制格线的分布范围。

子格线，间隔：较细、较浅的灰色格线为子格线，可用来设置每小格的大小。

主格线，每隔：较粗、较深的灰色格线为主格线，可用来设置每隔多少子格线显示一条主格线。

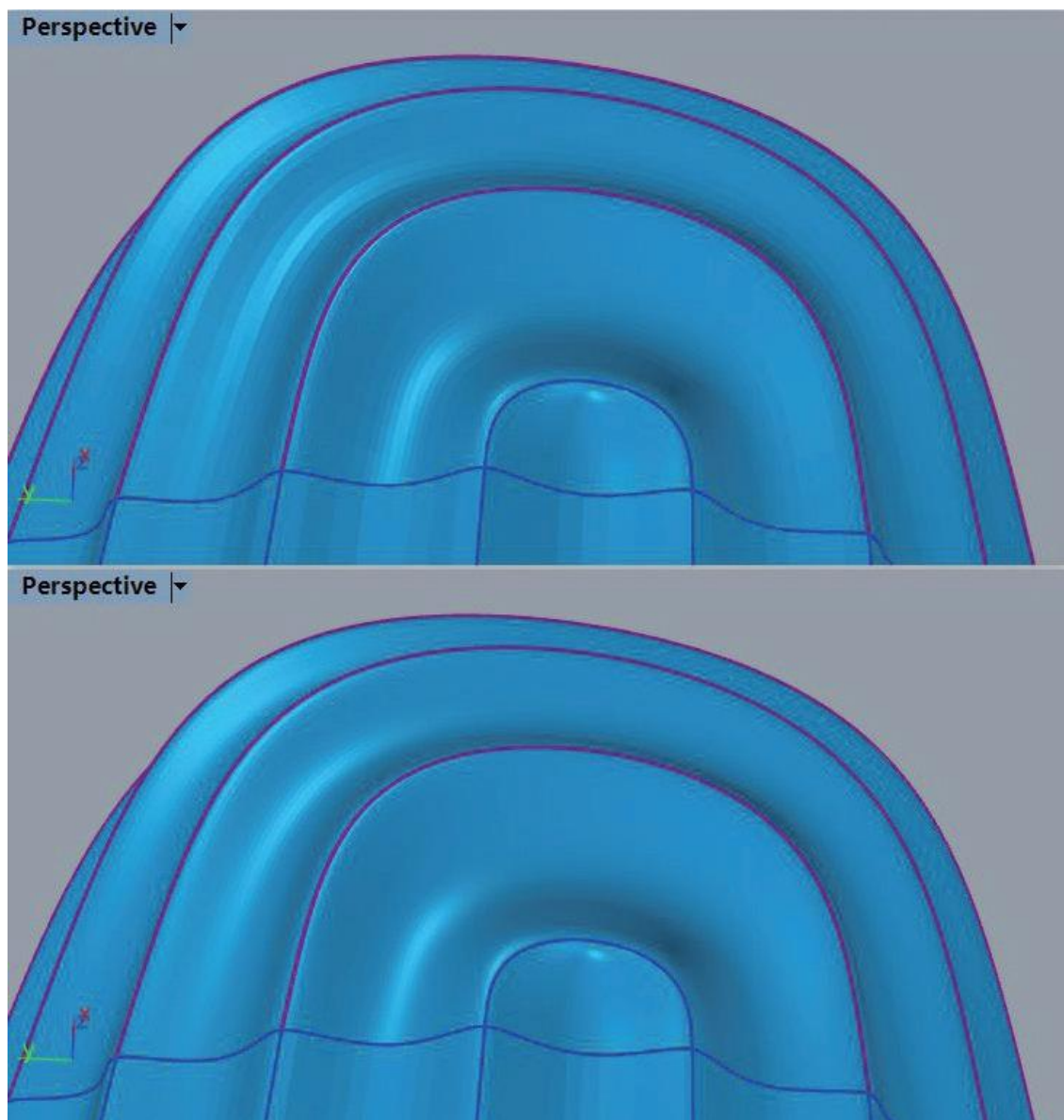


▲ 图 1-3-5 “Rhino 选项” 对话框网格设置

②格点锁定：状态栏中锁定格点的锁点间隔大小调控。

4. 网格

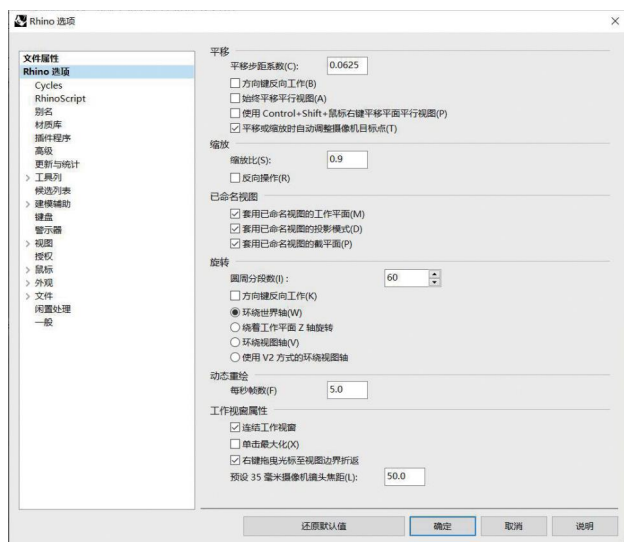
单击“网格”选项，即可在对话框右侧设置模型的显示精度，如图 1-3-5 所示。图 1-3-6 所示为同一模型在不同显示精度下的效果展示，上方为“粗糙、较快(F)”，显示精度低，但是速度快，下方为“自定义(U)”，通过调整为高数值提升显示精度，相对应的速度随之降低。



▲ 图 1-3-6 不同显示精度效果（上为粗糙，下为自定义）

1.3.2 选项设置

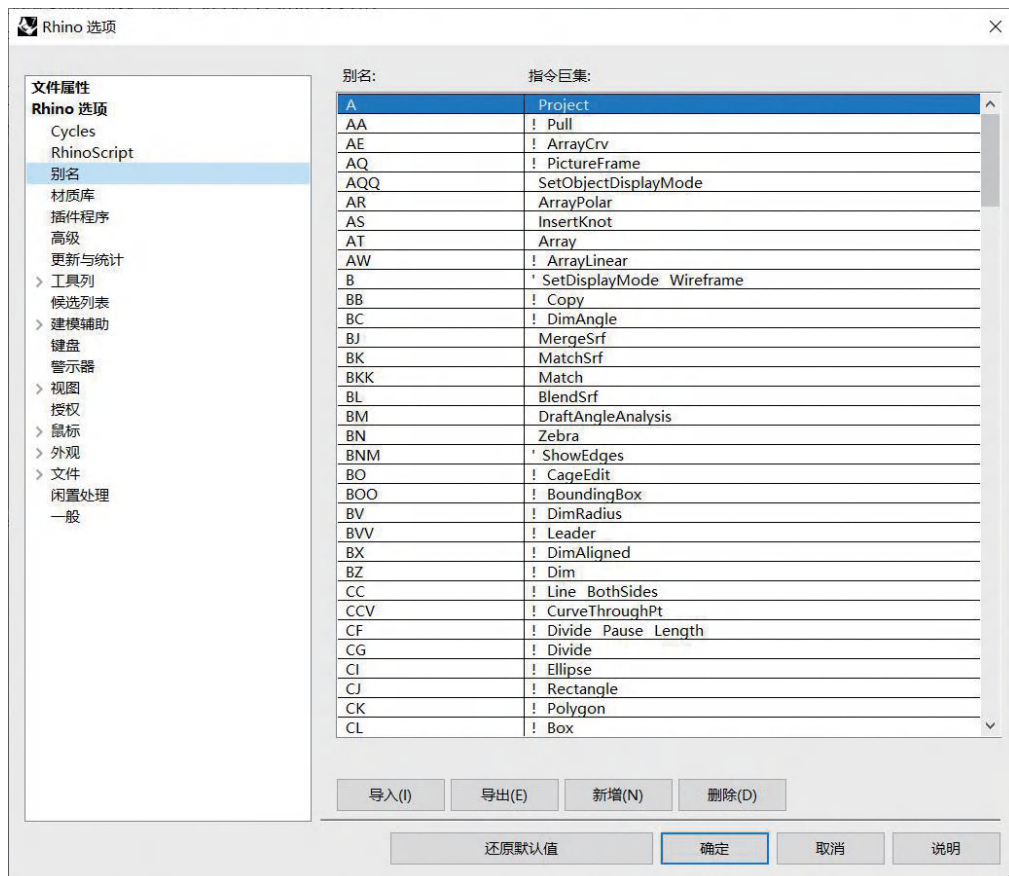
在“Rhino 选项”对话框中管理当前模型的设置，主要有 Cycles、RhinoScript、别名、材质库、插件程序、高级、更新与统计、工具列、候选列表、建模辅助、键盘、警示器、视图、授权、鼠标、外观、文件、闲置处理、一般等，如图 1-3-7 所示。较为常用的设置有别名、工具列、建模辅助、视图、鼠标、外观、文件的属性设置。



▲ 图 1-3-7 “Rhino 选项” 对话框

1. 别名

通过别名与指令巨集的一一对应设置，来设置属于自己的快捷键，如图 1-3-8 所示。



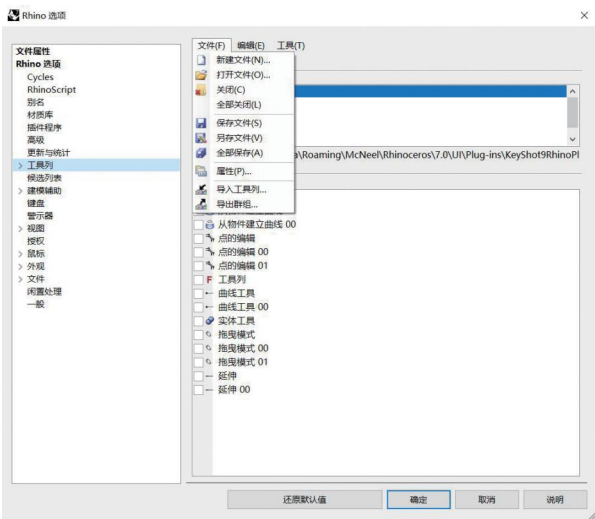
▲ 图 1-3-8 “Rhino 选项” 对话框别名设置

2. 工具列

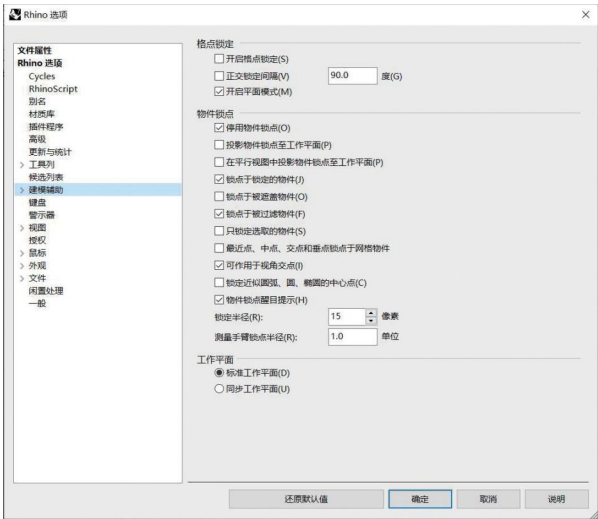
Rhino7.0 支持导入别人的工具列，同时也支持自定义工具列，用户可以根据自己的使用习惯，将高频工具项复制到一个新的工具列中，方便调用，如图 1-3-9 所示。

3. 建模辅助

Rhino7.0 用户可根据自己的需求和使用习惯，进行格点锁定、物件锁点及工作平面的设置，如图 1-3-10 所示。



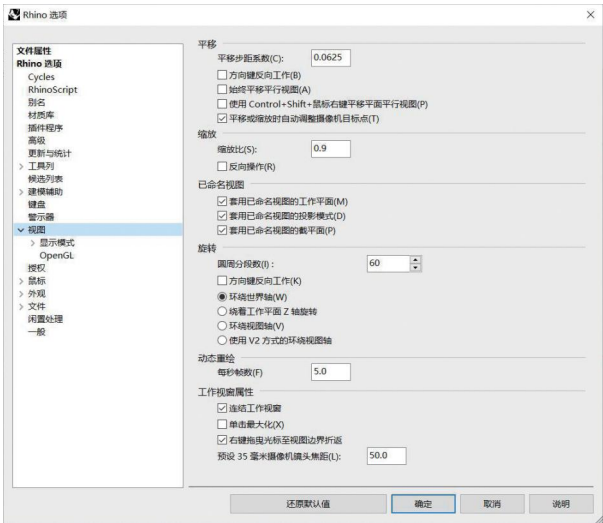
▲ 图 1-3-9 “Rhino 选项”对话框工具列设置



▲ 图 1-3-10 “Rhino 选项”对话框建模辅助设置

4. 视图

视图选项的设置可以改变当前的显示属性，包括显示模式和抗锯齿的设置，如图 1-3-11 所示。

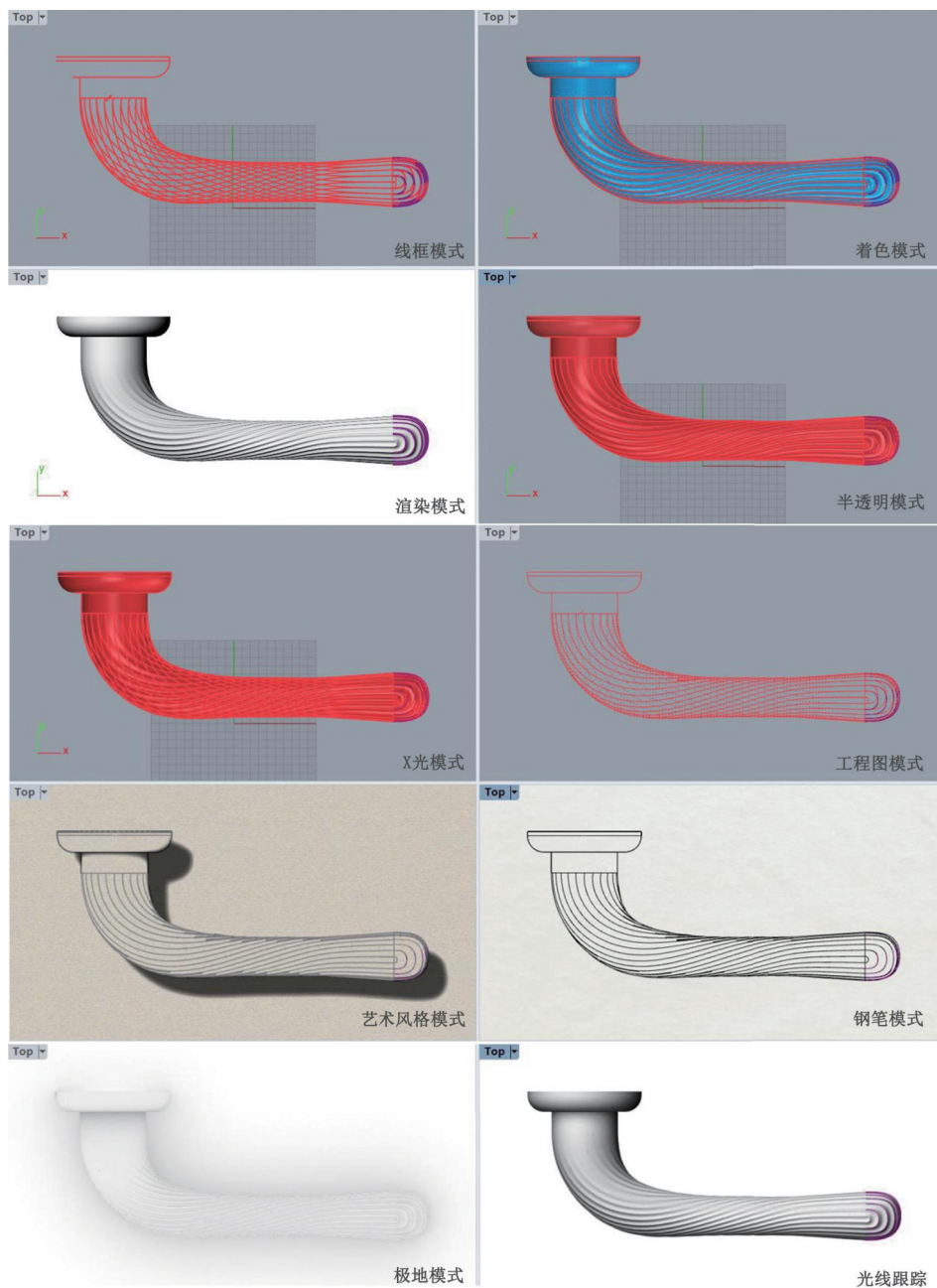


▲ 图 1-3-11 “Rhino 选项”对话框视图设置

- 线框模式
- 着色模式
- 渲染模式
- 半透明模式
- X 光模式
- 工程图模式
- 艺术风格模式
- 钢笔模式
- 极地模式
- 光线跟踪

“视图”中最常用的是“显示模式”。Rhino 提供了线框模式、着色模式、渲染模式、半透明模式、X 光模式、工程图模式、艺术风格模式、钢笔模式、极地模式、光线追踪模式等 10 种视图显示模式。用户可以根据建模需要任意切换显示模式，如图 1-3-12 所示。不同显示模式的效果图如图 1-3-13 所示。

▲ 图 1-3-12 显示模式下拉列表



▲ 图 1-3-13 不同显示模式的效果

(1) 线框模式

工作视窗中物体以无着色网格的线框显示。在此模式下，必须单击或选中物体的结构线才能选取物件。线框模式可以按组合键“Ctrl+Alt+W”来进行切换。

(2) 着色模式

工作视窗中物体以不透明的着色网格显示。在此模式下，可以通过点选物体的任何部分将其选取。着色模式可以按组合键“Ctrl+Alt+S”来进行切换。

(3) 渲染模式

模型的光滑程度、贴图、凹凸、反射全都可以直观表现出来。渲染模式可以按组合键“Ctrl+Alt+R”来进行切换。

(4) 半透明模式

工作视窗中物体以半透明显示。半透明模式可以按组合键“Ctrl+Alt+G”来进行切换。

(5) X 光模式

X 光模式可以按组合键“Ctrl+Alt+X”来进行切换。

(6) 极地模式

极地模式为 Rhino6.0 新增的显示模式，在 Rhino7.0 中得到了更好的延续。

(7) 其他模式

工程图模式、艺术风格模式、钢笔模式、光线追踪模式这四种模式并不常用。

5. 鼠标

很多 Rhino 用户在建模时都会设置一些方便建模的快捷键，作为 Rhino 建模中必不可少的鼠标工具，用户可进行自定义中键快捷工具等相关设置，可以省去很多时间，提高建模效率，如图 1-3-14 所示。

6. 外观

外观选项面板可以对软件界面语言、背景颜色、字体颜色、命令栏的显示状态等进行设置,如图 1-3-15 所示。

7. 文件

文件选项面板可以对文件自动保存时间间隔、自动保存位置、模板位置等内容进行设置，如图 1-3-16 所示。

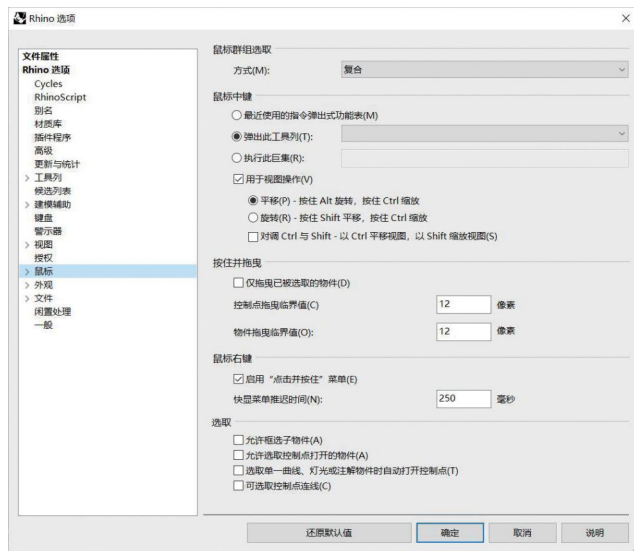
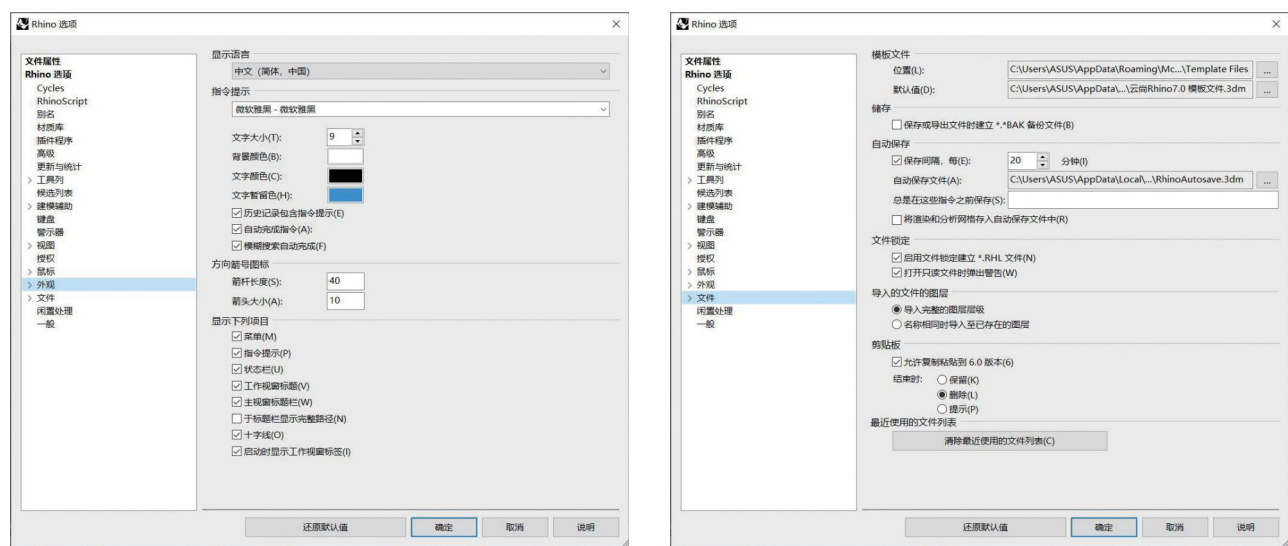


图 1-3-14 “Rhino 选项”对话框鼠标设置

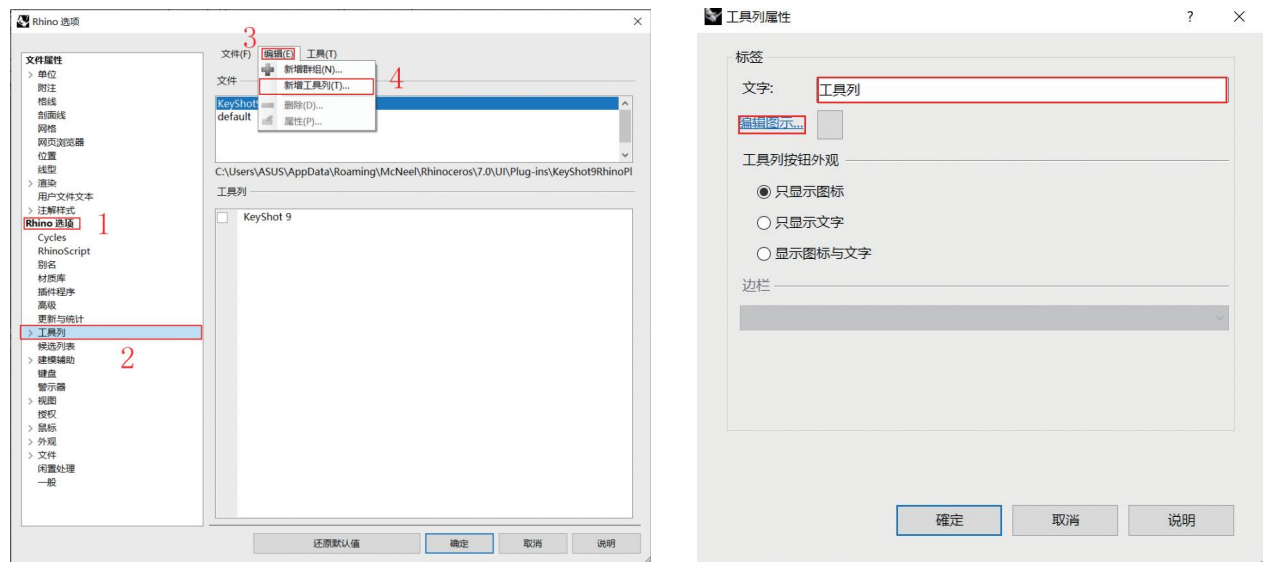


▲ 图 1-3-15 “Rhino 选项”对话框外观设置

▲ 图 1-3-16 “Rhino 选项”对话框文件设置

1.3.3 自定义工作环境

1. 自定义工作列
 - ①单击顶部工具栏中的“选项”工具，打开“Rhino 选项”对话框，然后在“文件属性”列表中选择“Rhino 选项”下的“工具列”选项，接着执行“编辑”“新增工具列”命令，如图 1-3-17 所示。
 - ②打开“工具列属性”对话框，可以在文本后的文本框中对新增的工具列命名，然后单击“编辑图示”选项，如图 1-3-18 所示。

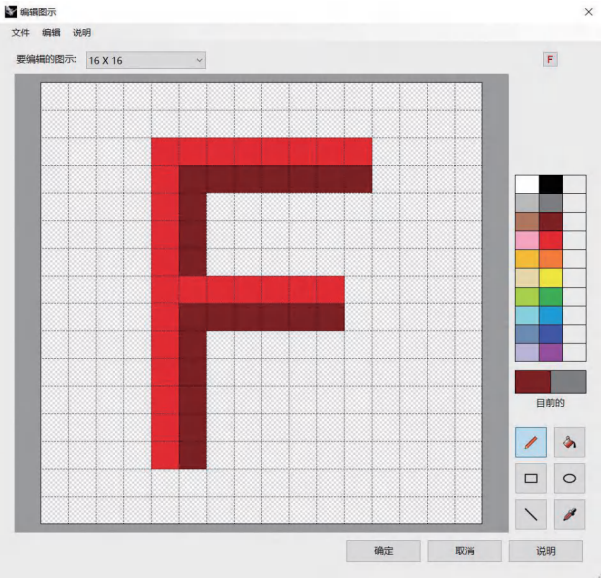


▲ 图 1-3-17 “Rhino 选项”对话框

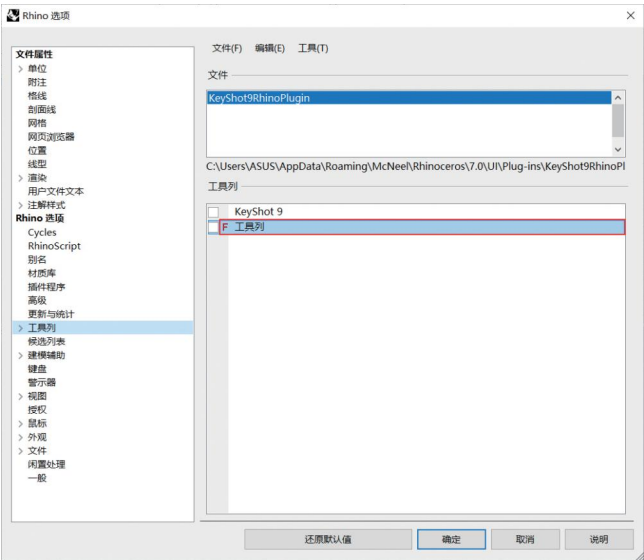
▲ 图 1-3-18 “工具列属性”

③打开“编辑图示”对话框，选择右侧颜色区域自己喜欢的颜色，接着点击右侧的画笔工具、填色工具等在空白区域绘制任意图形，最后单击“确定”按钮，即可得到自定义工具列的图示，如图 1-3-19 所示。

④激活工具列：回到“Rhino 选项”对话框，可以发现已经增加了新设图示的工具列，单击即可激活该工具列，如图 1-3-20 所示。勾选后视窗中便出现“F 工具列”，如图 1-3-21 所示。

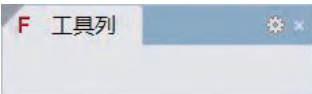


▲ 图 1-3-19 “编辑图示”

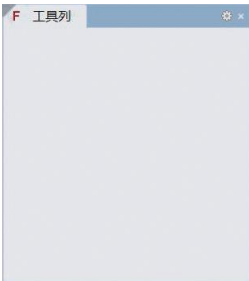


▲ 图 1-3-20 “Rhino 选项”对话框

⑤修改工具列大小：拖拽工具列任意边缘可以改变其显示大小，如图 1-3-22 所示。



▲ 图 1-3-21 F 工具列



▲ 图 1-3-22 缩放“F 工具列”

⑥停靠工具列：单击工具列顶部区域拖动，可任意拖拽到其他位置或停靠到边栏，如图 1-3-23 所示。

⑦为新设工具列添加工具：按住 Ctrl 键，同时按住工具栏的工具，可将其拖拽到新建的工具列当中，如图 1-3-24 所示，结果如图 1-3-25 所示。

⑧移除工具列中的工具：单击新设工具列右上角设置图标，选择“编辑按钮”，所有新设工具列中的工具都会显示出来，单击叉号即为删除工具，如图 1-3-26 所示。接着在弹出的“Rhinceros 工具列”对话框中单击“确定”按钮，确认移除，如图 1-3-27 所示。

2. 自定义中键

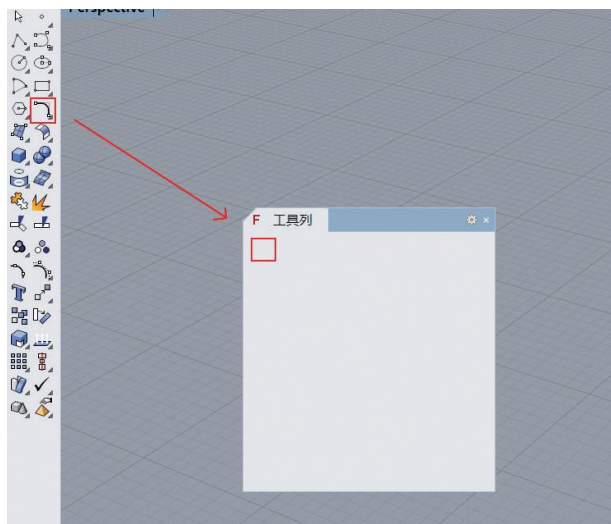
中键即鼠标滚轮，我们可以将自己常用的一些命令放在里面，增快建模速度。

设置步骤如下：

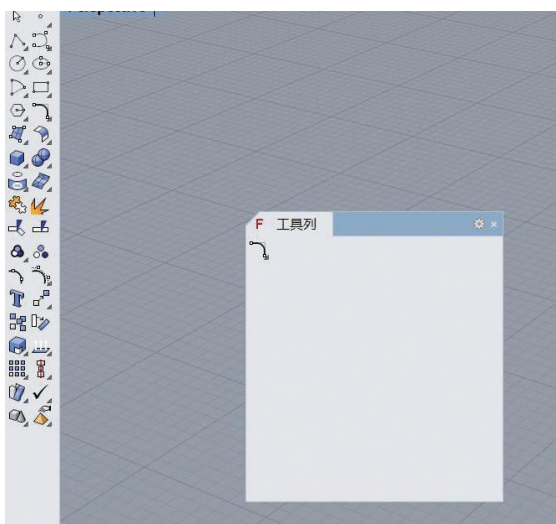
- ①单击鼠标滚轮，窗口会跳出普通窗口，如图 1-3-28 所示。
- ②单击灰色标栏，普通窗口变为“弹出”窗口，如图 1-3-29 所示。



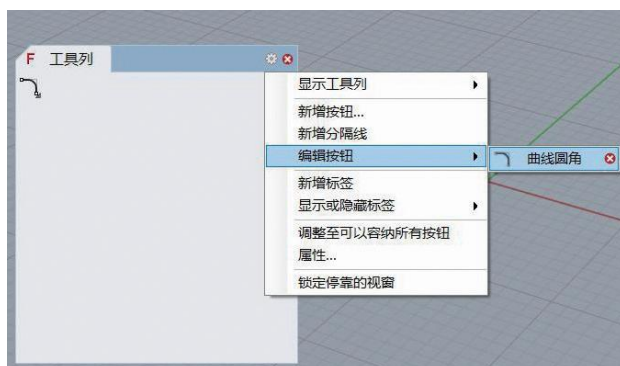
▲ 图 1-3-23 停靠工具列



▲ 图 1-3-24 添加工具



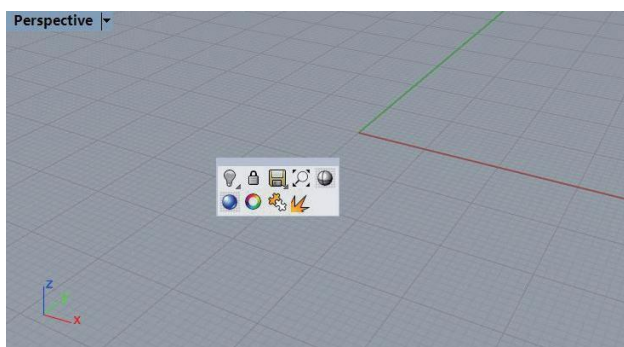
▲ 图 1-3-25 添加工具效果



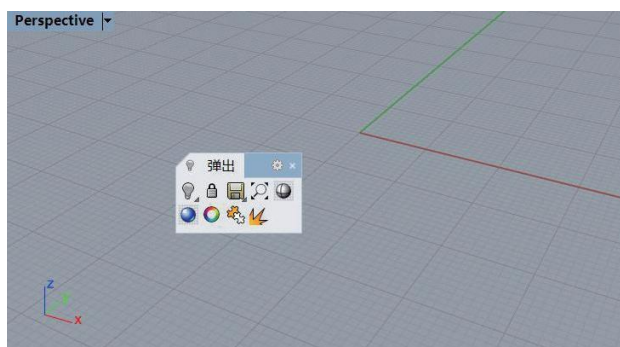
▲ 图 1-3-26 删除工具窗口



▲ 图 1-3-27 删除工具

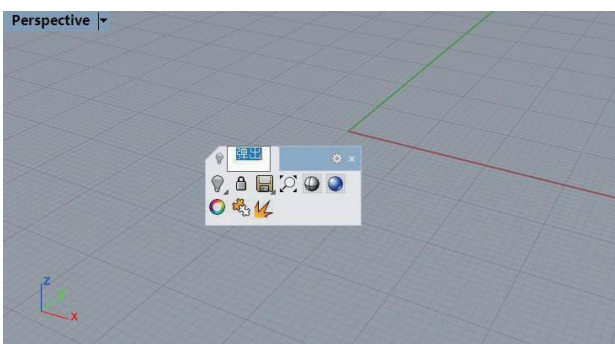


▲ 图 1-3-28 鼠标滚轮命令

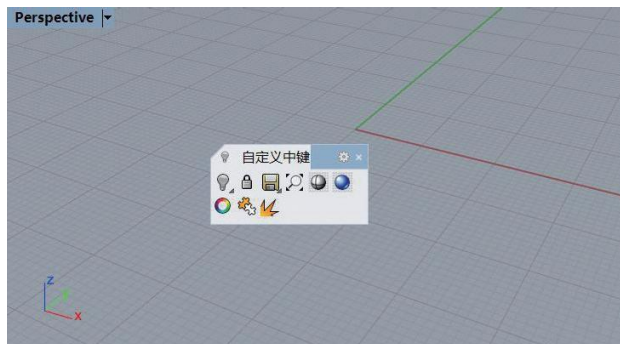


▲ 图 1-3-29 鼠标滚轮弹出窗口

③双击文字“弹出”，即可修改鼠标中键名称，如图 1-3-30、图 1-3-31 所示。



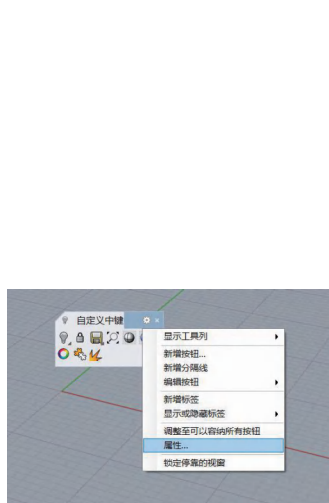
▲ 图 1-3-30 弹出窗口重命名 1



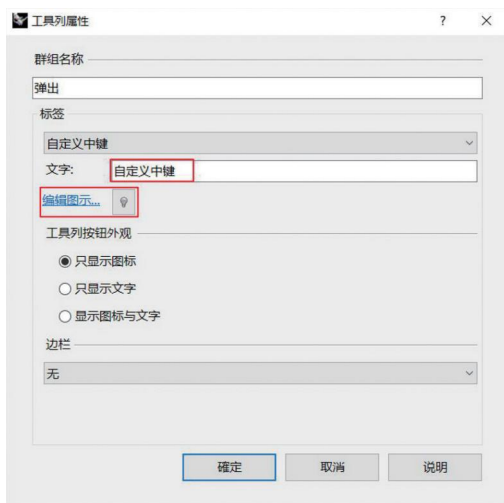
▲ 图 1-3-31 弹出窗口重命名 2

④也可以通过点击齿轮，找到“属性”，单击进入可以更改名称及图示，如图 1-3-32、图 1-3-33 所示。

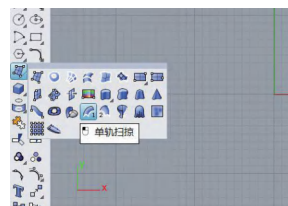
⑤按住“Ctrl+鼠标左键”即复制联结单个图标指令，将常用的命令复制到“中键”里，如图 1-3-34 所示。



▲ 图 1-3-32 属性设置



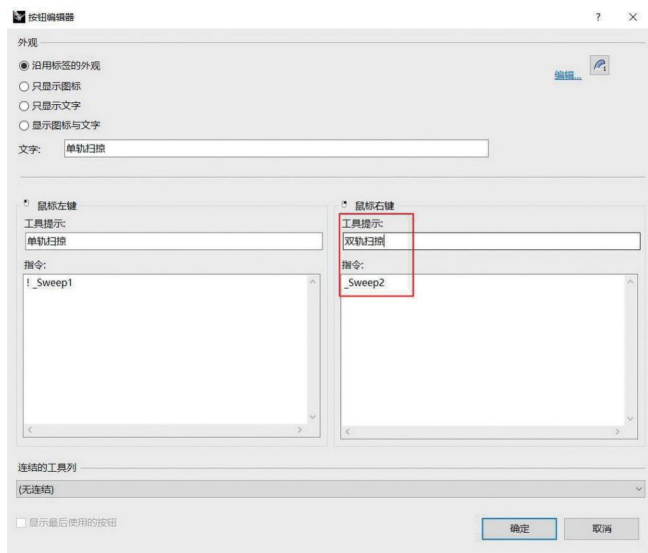
▲ 图 1-3-33 更改名称及图示



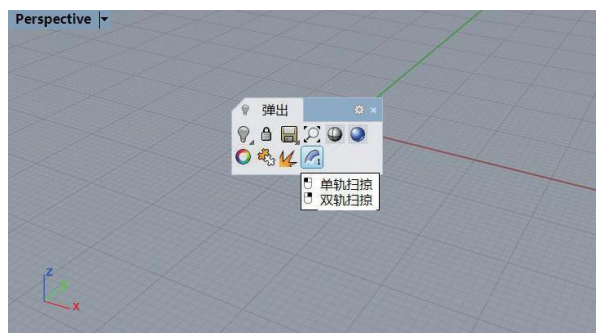
▲ 图 1-3-34 复制联结单个图标指令

⑥按住“Shift+ 鼠标右键”即移动编辑图标指令，赋予一个图标两个命令，如图 1-3-35 所示。

⑦复制粘贴指令英文，配合中文解释，设置单个图标右键命令，如图 1-3-36 所示。



▲ 图 1-3-35 赋予图标命令



▲ 图 1-3-36 设置图标右键命令

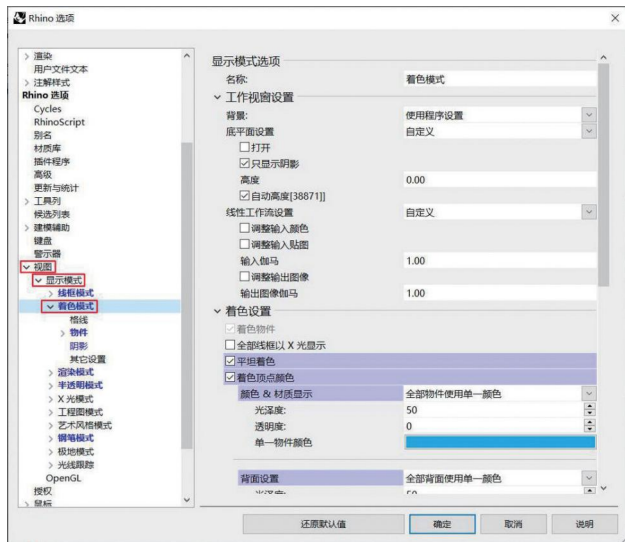
3. 设置曲面反面颜色

Rhino 的曲面有正面与背面之分，在编辑曲面期间，如果将曲面的方向搞混了，就会影响曲面编辑的结果，甚至会出现破面、无法成面和曲面出错的问题。为了避免一系列曲面问题的出现，可以在建模初始将曲面正反面设置成不同的颜色，方便在曲面编辑中发现和纠正曲面方向错误的问题。

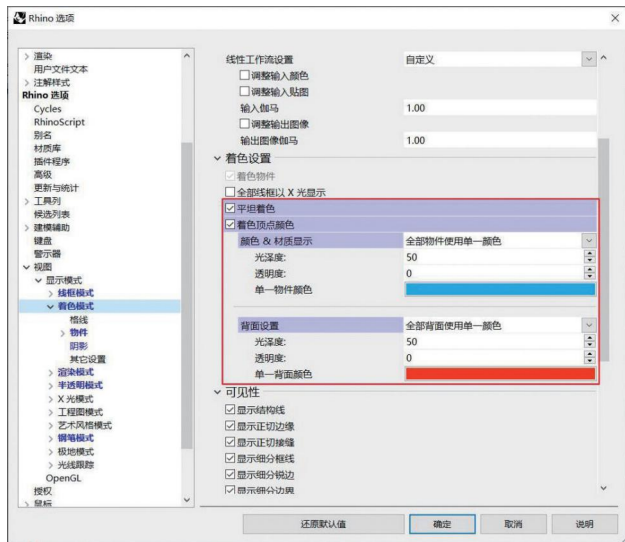
设置单一颜色模式的步骤为：

①单击顶部工具栏中的“选项”工具，打开“Rhino 选项”对话框，然后在“文件属性”列表中选择“Rhino 选项”下的“视图”选项，接着执行“显示模式”“着色模式”命令，如图 1-3-37 所示。

②按照图片设置参数，区分曲面正面与背面，可将曲面背面设置为醒目的颜色，以便建模时判断方向，如图 1-3-38 所示。



▲ 图 1-3-37 “着色模式”命令



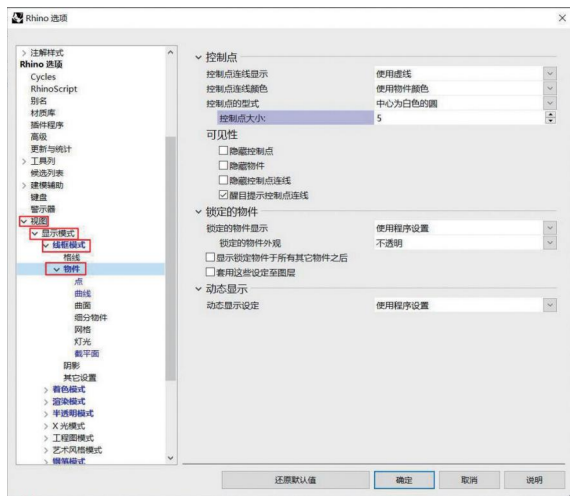
▲ 图 1-3-38 设置参数

4. 显示模式点、线可视化增强

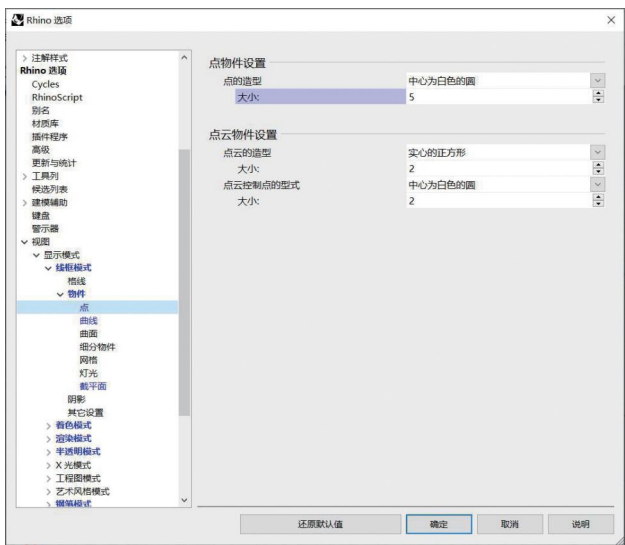
①单击顶部工具栏中的“选项”工具，打开“Rhino 选项”对话框，然后在“文件属性”列表中选择“Rhino 选项”下的“视图”选项，接着执行“显示模式”“线框模式”“物件”命令，控制点大小改为 5，如图 1-3-39 所示。

②选择“点”，设置点的大小为 5，如图 1-3-40 所示。

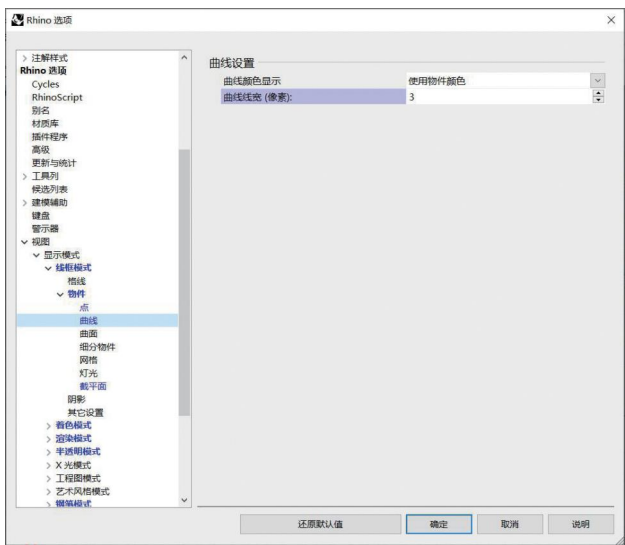
③选择“曲线”，设置曲线线宽（像素）为 3，如图 1-3-41 所示。



▲ 图 1-3-39 “物件”命令



▲ 图 1-3-40 设置点的大小



▲ 图 1-3-41 设置曲线线宽

1.4 Rhino7.0 基础操作

1.4.1 打开、导入、保存、导出

在使用 Rhino 工作之前,还应该掌握一些软件的基础操作,例如打开文件、导入文件、保存文件、导出需要物件等。

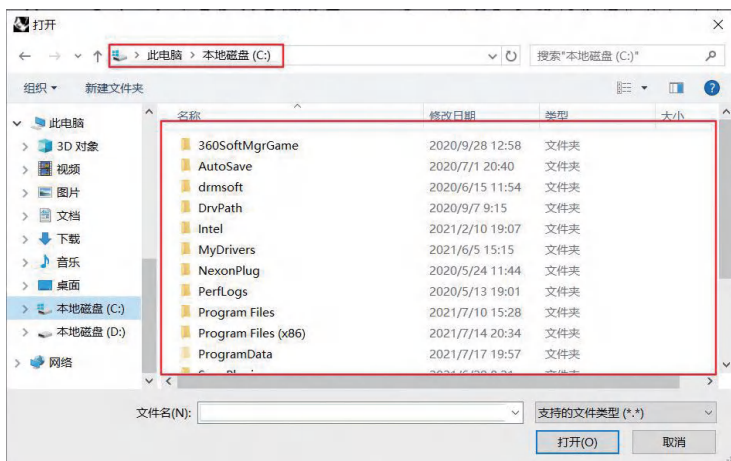
1. 打开 / 导入文件

①在工作中,将模型文件直接拖入 Rhino 的工作界面,在弹出的“文件选项”对话框中选择“打开文件”或者“导入文件”即可将文件打开或导入,如图 1-4-1 所示。

②另外,在可以单击工具栏的“打开文件”按钮,在“打开”对话框中选择文件的位置和具体文件即可打开相关的模型文件,如图 1-4-2 所示。



▲ 图 1-4-1 “文件选项”对话框



▲ 图 1-4-2 打开相关模型文件

2. 保存文件

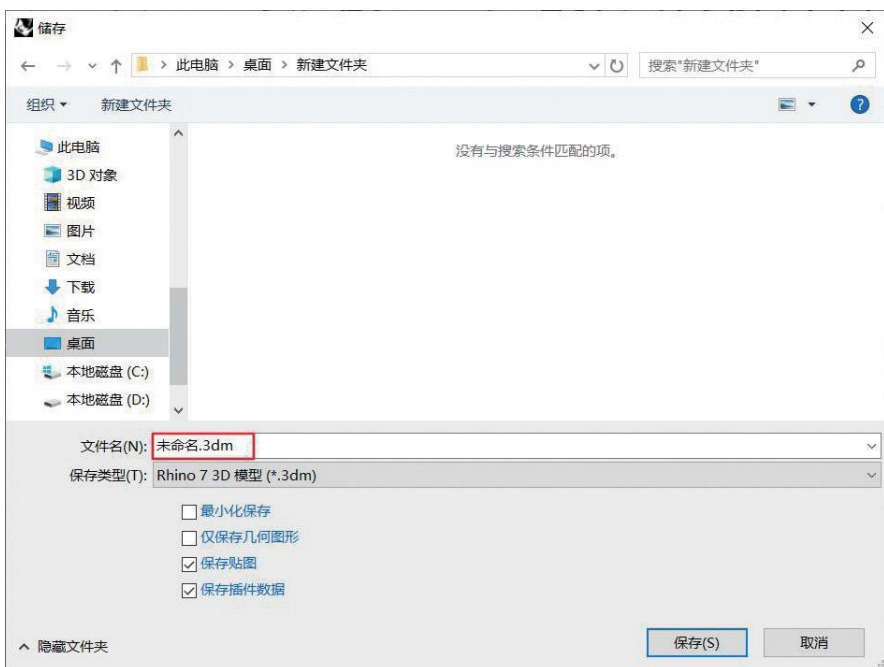
Rhino 的默认模型文件格式为 .3dm,工作过程中,我们也可以在保存文件时选择其他格式,一边与其他软件进行交叉工作。

①在菜单栏单击“文件”命令,选择菜单中的“保存文件”(快捷键“Ctrl+s”)或“另存为”命令,如图 1-4-3 所示。

②打开“储存”对话框,在“文件名”文本框中输入要保存的文件名称,如图 1-4-4 所示。



▲ 图 1-4-3 保存文件命令



▲ 图 1-4-4 输入保存文件名称

③展开“保存类型”的下拉列表，在其中可以选择需要的文件格式进行模型的保存，如图 1-4-5 所示。

在这里为大家介绍几种比较常用的模型格式。

.3dm: Rhino 默认模型文件。

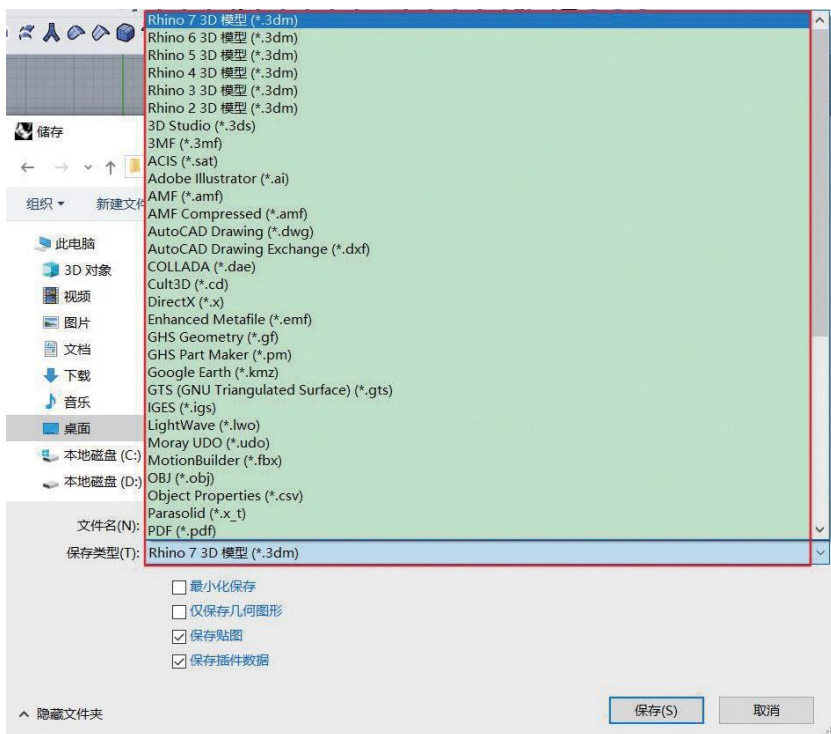
.3ds : 3ds Max 默认模型文件格式。

.ai : 矢量软件 Adobe Illustrator 的标准格式。

.dwg&.dxf : AutoCAD 的默认文件格式。

.fbx : 一种通用模型格式，支持目前主流的三维模型软件，支持所有主要的三维数据元素以及二维、音频和视频媒体元素。

.obj : OBJ 文件是一种通用的 3D 模型文件，支持法线和贴图坐标。不包含动画、材质特性、贴图路径、动力学、粒子等信息。



▲ 图 1-4-5 保存类型下拉列表

3. 导出物体

在 Rhino 中可以导出特定的物件，选中需要导出的所有物件，在菜单栏执行“文件”“导出选取的物件”命令，如图 1-4-6 所示。

此时，软件会打开“导出”对话框，操作方法与“储存”对话框一致。

1.4.2 视图控制

3D 软件中的平移、缩放、旋转视图是最基本的操作。软件不同，操作逻辑不同。在 Rhino 中可通过如下方式进行操纵，如图 1-4-7 所示。

除此之外，在上侧工具栏中的标准工具列标签下，也放置着一些视图的操纵工具，也可以通过点击图标对视图进行平移、缩放、旋转，如图 1-4-8 所示。

	鼠标右键	Ctrl+鼠标右键	Shift+鼠标右键
正交视图窗口	平移视图	缩放视图	平移视图
透视图窗口	旋转视图	缩放视图	平移视图

▲ 图 1-4-7 视图操纵方式



▲ 图 1-4-6 导出选取的物件



▲ 图 1-4-8 标准工具列

当视图无法恢复时，可以在上侧工具栏执行“工作视窗配置”“四个工作视窗”命令，四个工作视窗将会同时回到默认状态，如图 1-4-9 所示。



▲ 图 1-4-9 “四个工作视窗”命令

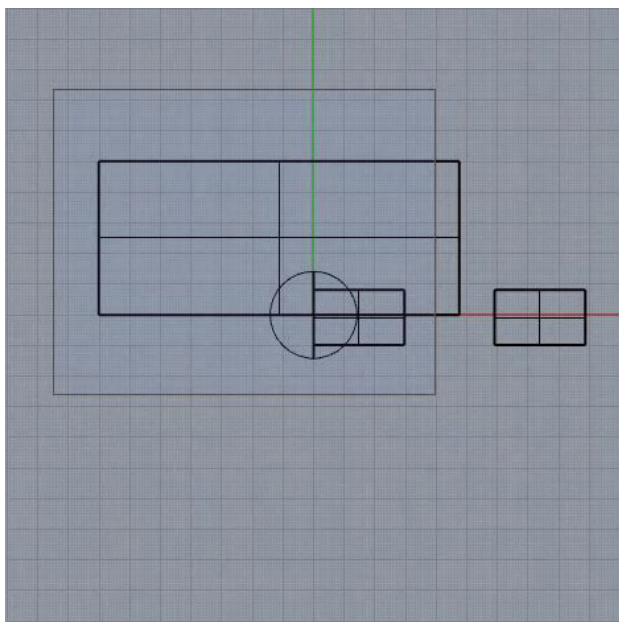
1.4.3 选择命令

1. 点选

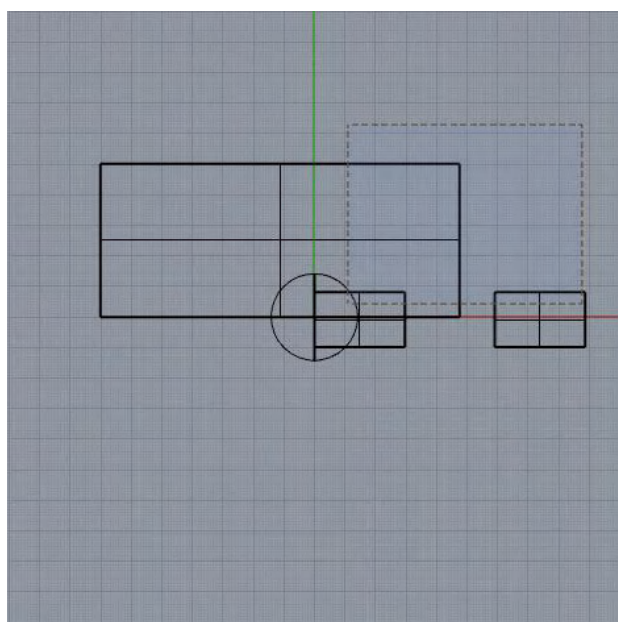
在需要选择的物件上单击鼠标左键，即可选中当前物件；鼠标单击空白处，即可取消选中状态。

2. 框选

- ①按住鼠标左键，向右拖拽鼠标指针拉出选框，当前完全处于实线框内的物件被选中，如图 1-4-10 所示。
- ②按住鼠标左键，向左拖拽鼠标指针拉出选框，当前与虚线框相交的所有物件被选中，如图 1-4-11 所示。



▲ 图 1-4-10 拉出实线选框



▲ 图 1-4-11 拉出虚线选框

3. 加选

按住 Shift 键，同时点击或者框选其他物件即可加选其他物件。

4. 减选

按住 Ctrl 键，同时点击或者框选已经选中的物件即可减选选中物件。

5. 使用工具选择

在工具栏的“选取”选项卡中有着大量选择工具，可以通过单击不同图标进行物件的选择，如图 1-4-12 所示。



▲ 图 1-4-12 选择工具

1.4.4 移动对象

①单击“移动”命令，选取要移动的物件，根据命令行提示选择移动起点，再指定移动的终点，可以将物体从一个位置移动到另一个位置。

在选择起点及终点时可以配合使用“物件锁点”工具捕捉物件位置，也可以通过输入移动距离和确定移动方向来对物体进行移动。

②使用“操纵轴”工具对物体进行移动时，可根据三色轴方向 X 轴（红）、Y 轴（绿）、Z 轴（蓝）对物体进行空间移动，如图 1-4-13 所示。

1.4.7 镜像对象

1. 镜像

已选定的镜像平面对选中物件进行镜像复制。选取物件后，指定镜像平面的起点和终点即可。

2. 三点镜像

为镜像的细分操作，选取物件后，还需指定镜像平面的三个点来确定镜像平面，可进行空间镜像操作。

1.4.8 缩放对象

“缩放”命令可分五种，即三轴缩放、二轴缩放、单轴缩放、不等比缩放和在自定义的平面上缩放。

1. 三轴缩放

在工作界面的 X、Y、Z 三轴以同比例对物体进行缩放。

2. 二轴缩放

在工作界面的任意两轴方向上缩放选取的物件。物体只在被操纵的两轴进行缩放，另外一轴不动。

3. 单轴缩放

在指定的方向上缩放选取的物件。物件只在指定方向上缩放，不会进行整体缩放。

4. 不等比缩放

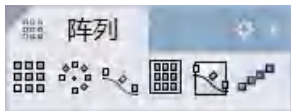
在 X、Y、Z 三个轴向上以不同比例缩放选取物件。通过对三轴的数值设定，物体会在三轴以特定缩放比进行缩放。

5. 在自定义的平面上缩放

选取物件后，选定物件缩放基点与第一参考点后，通过控制第二参考点来对物体进行缩放范围的操控。

1.4.9 阵列对象

阵列工具栏共有六种子工具，如图 1-4-14 所示。



▲ 图 1-4-14 阵列工具栏

1. 矩形阵列

以指定的排数和列数放置复制物件。

2. 环形阵列

以指定的数目绕中心点放置复制物件，等分阵列。

3. 沿着曲线阵列

沿着曲线以固定间距放置复制物件。

4. 在曲面上阵列

沿着曲面以行与列的方式放置复制物件副本，阵列物体在曲面上的定位是参考曲面的法线方向。

5. 沿着表面上的曲线阵列

沿着表面上的曲线放置物件副本，副本随着曲线走势来进行扭转，阵列物体在表面上的定位是参考曲面的法线方向。

6. 直线阵列

将物体沿着指定方向进行阵列。

选择物体后，首先指定第一参考点，其次指定第二参考点，通过第二参考点来决定阵列的方向与物体的间距，最后确定阵列的数量。

1.4.10 分割修剪

1. 分割

以一个物件分割另一物件。

执行命令后，首先选取被分割物件，其次选取分割用物件，确定后即完成物件的分割。

2. 以结构线分割曲面

选取物体结构线对物体进行分割。

执行命令后，通过选取 U 或 V 方向的结构线来对物体进行不同方向的分割。

3. 修剪

删除物体与物体交集处内侧或外侧的部分。

执行命令后，首先选取切割用物件，再选取需要被修剪掉的部分，即完成物件的修剪。

4. 取消修剪

针对曲面进行的操作，删除曲面的修剪边界。执行命令后，选取曲面的已修剪边缘，即可恢复到曲面修剪前的状态。

1.4.11 隐藏 & 显示

1. 隐藏物件



鼠标左键单击“隐藏物件”工具，选中需要隐藏的物件，即对选中物件进行隐藏；鼠标右键单击“隐藏物件”工具，选被隐藏的所有物件将全部显示出来。

2. 显示选取的物件



单击“显示物件”工具，所有被隐藏物件显示出来；单击“选取显示的物件”工具，隐藏物件被暂时显示，选择需要显示出的物件，按 Enter 键、空格键或鼠标右键确认，即可显示出刚刚选取物件。

1.4.12 锁定 & 解锁

1. 锁定物件



对于现阶段不需要进行编辑的物件，可以通过将物件锁定，来避免操作过程中对模型的失误操作。单击“锁定物件”工具，选取需要被锁定的物件，按 Enter 键、空格键或鼠标右键确认，即可将物体锁定。

2. 解除锁定物件

(1) 解锁全部

单击“解除锁定物件”工具，即可解锁所有被锁定物件。



(2) 解除部分

单击“解除锁定选取的物件”工具，未锁定物件暂时隐藏，已锁定物件暂时显示，选取其中需要解锁的物件，按 Enter 键、空格键或鼠标右键确认，即可解锁刚刚选中物件。



1.4.13 群组物件 & 解散群组

1. 群组物件



同一个群组中的物件会共享选择状态，单击任一物件即同时选中群组中的所有物件。单击左侧工具栏的“群组物件”工具栏，根据提示操作，选择多个物体，就可以对选中物件创建群组（快捷键“Ctrl+G”）。

2. 解散群组



单击“解散群组”工具，选择群组内的任意物件，即可解散选中群组（快捷键“Ctrl+Shift+G”）。

CHAPTER

2

Rhino7.0 关键理论

- 2.1 NURBS 曲面建模及应用
- 2.2 Rhino7.0 建模关键步骤
- 2.3 Rhino7.0 建模关键要素
- 2.4 Rhino7.0 建模关键理论

| 本章引言 |

本章是针对 Rhino7.0 软件理论知识的学习，对 Rhino7.0 软件相关理论进行着重讲解，对 NURBS 曲面建模及应用、建模关键步骤、建模关键要素、建模关键理论等内容结合对应案例练习进行讲解。

| 学习目标 |

通过本章的学习，可以让学生了解 Rhino 建模的基本理论知识，同时结合实际操作对理论进行验证，熟悉 Rhino 软件的基本建模思路及关键理论，为后续的成型知识环节的学习打好理论基础。



2.1 NURBS 曲面建模及应用

2.1.1 NURBS 曲面建模定义

曲面建模也称为 NURBS 建模，NURBS 是 Non-Uniform Rational B-Splines 的缩写，是“非统一均分有理性 B 样条”的意思。具体解释是：Non-Uniform（非统一），是指一个控制顶点的影响力范围能够改变，当创建一个不规则曲面的时候这一点非常有用，同样，统一的曲线和曲面在透视投影下也不是无变化的；B-Spline（B 样条），是指用路线来构建一条曲线，在一个或多个点之间以内插值替换的。

NURBS 曲面可以表现简单的造型，也可以表现自由造型与雕塑造型。NURBS 曲面分为两种曲面：周期曲面、非周期曲面。周期曲面是封闭的曲面，移动周期曲面接缝附近的控制点不会产生锐边。非周期曲线移动曲面解封附近的控制点可能会产生锐边。

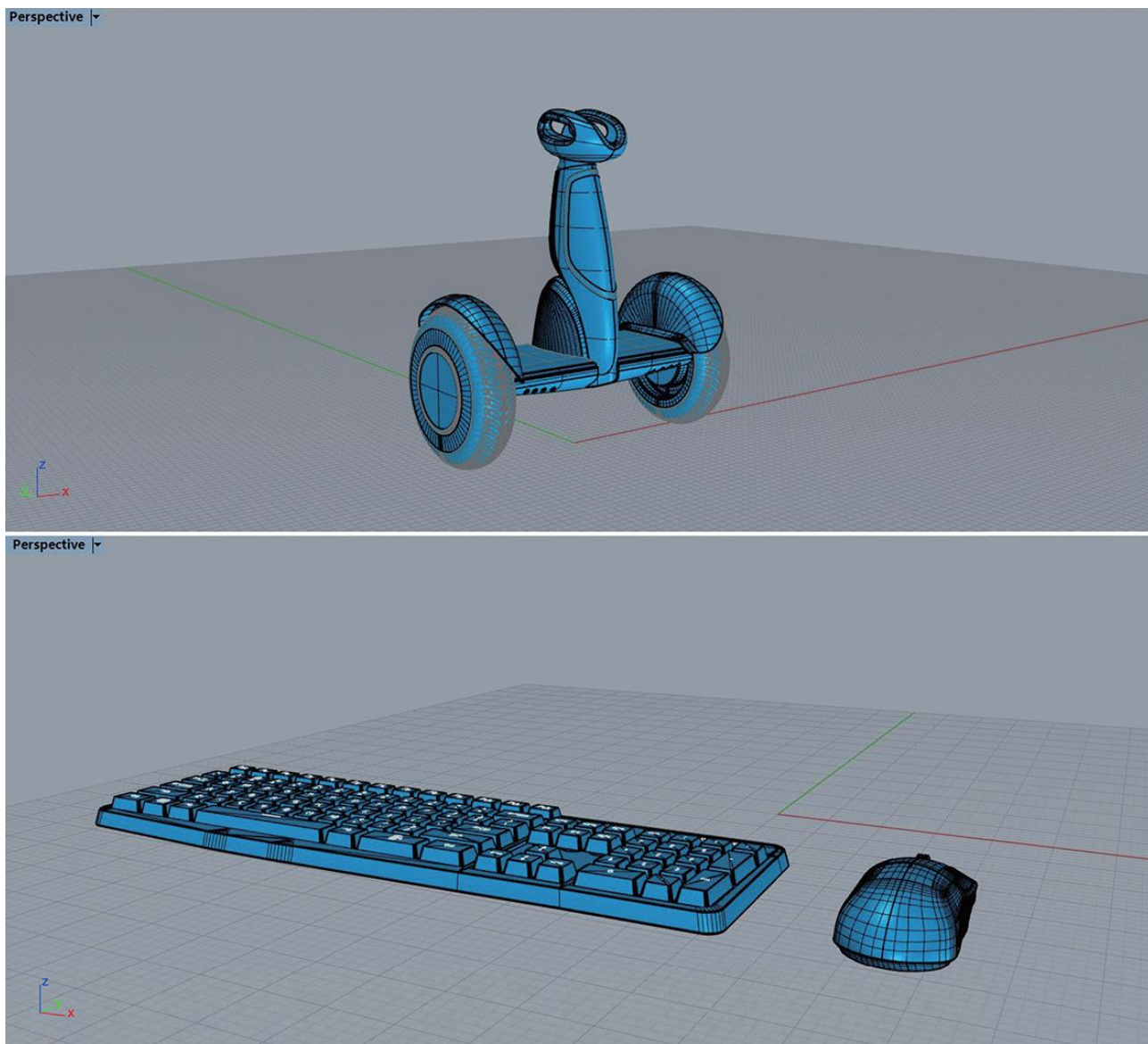
曲面建模即 NURBS 建模，是由曲线组成曲面，再有曲面组成立体模型，曲线有控制点可以控制曲线曲率、方向、长短，属于两大流行建模方式之一，另一种是多边形建模。简单地说，NURBS 就是专门做曲面物体的一种造型方法，NURBS 造型总是由曲线和曲面来定义的，所以要在 NURBS 表面里生成一条有棱角的边是很困难的，产品案例如图 2-1-1 所示。



▲ 图 2-1-1 产品案例

2.1.2 NURBS 曲面建模应用

NURBS 可以简单理解为用数学公式建模，每条曲线都是用数学公式计算出来，所以优点就是精确。可以看一下 Rhino 建模在工业设计领域，尤以汽车设计领域应用较多。NURBS 建模同样被专业的动画制作人和数字艺术家广泛使用。对比多边形网格建模，NURBS 建模不存在细分面片，生成的模型可以在任何分辨率下进行渲染，也可以在任何分辨率下生成渲染网格。图 2-1-2 为 NURBS 曲面模型效果展示。

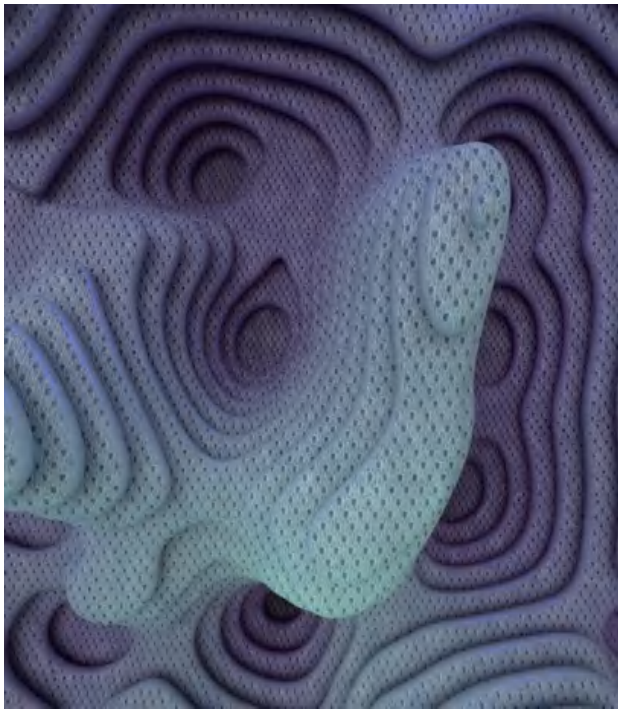


▲ 图 2-1-2 NURBS 曲面模型效果

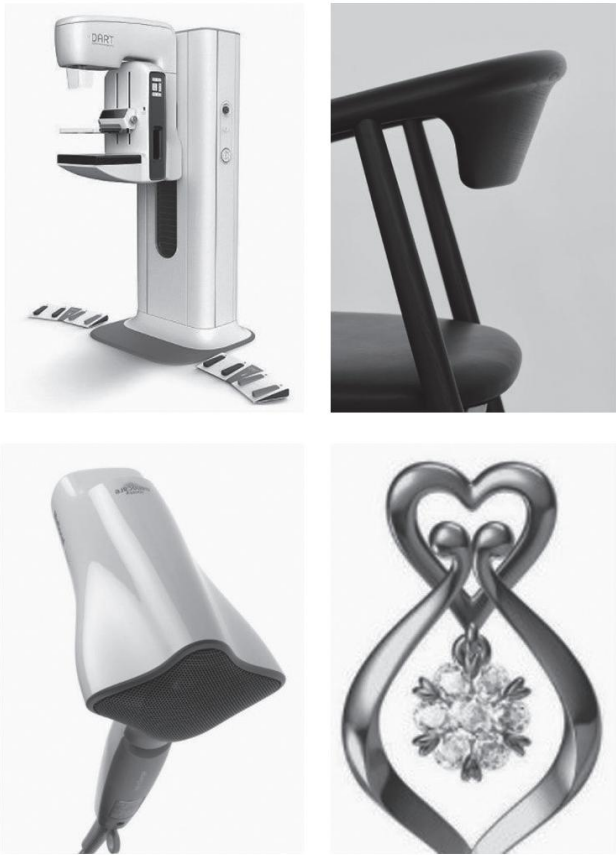
2.1.3 Rhino7.0 建模应用

Rhino 具有灵活、精确的特点，多应用于草图绘制、动画制作和加工制造等方面，如图 2-1-3 所示。

Rhino 除了被应用于船舶、航空航天、汽车的外观与内饰设计等领域外，也应用于创建家庭及办公家具、医疗与运动设备、鞋、珠宝等模型的造型，如图 2-1-4 所示。



▲ 图 2-1-3 Rhino 在动画制作中的应用



▲ 图 2-1-4 Rhino 在创建家庭及办公家具、医疗、珠宝等模型中的应用

2.2 Rhino7.0 建模关键步骤

2.2.1 合理选择模板

根据所绘制的模型种类和尺寸选择最为合适的模板，如图 2-2-1 所示。

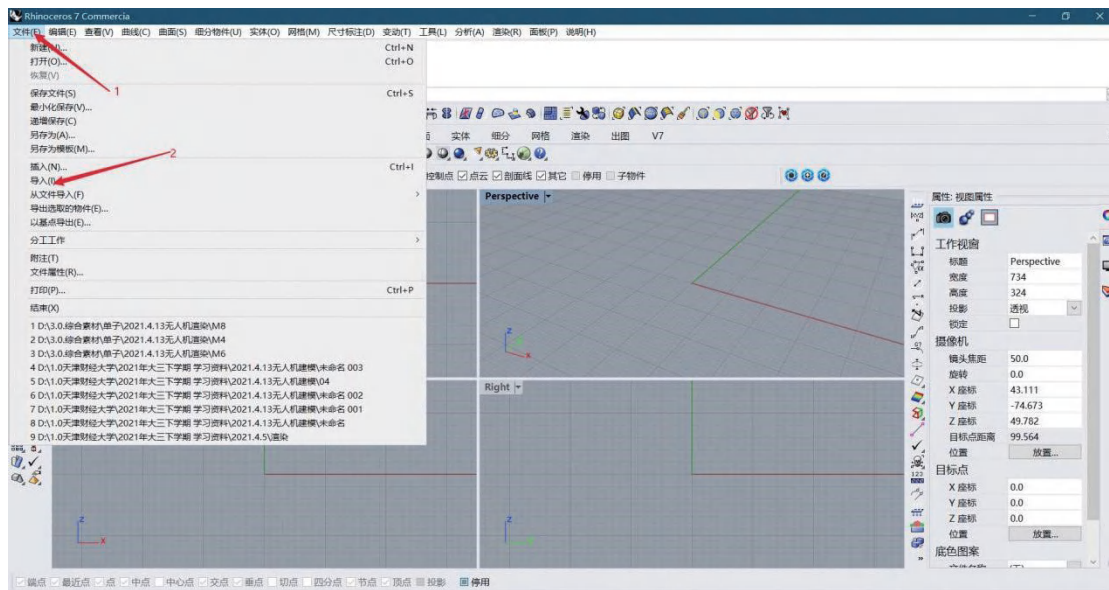
大模型 - 毫米	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
大模型 - 厘米	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
大模型 - 米	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
大模型 - 英尺, 英尺与英寸	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
大模型 - 英尺	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
大模型 - 英寸, 英尺与英寸	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
大模型 - 英寸	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 毫米	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 厘米	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 米	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 英尺, 英尺与英寸	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 英尺	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 英寸, 英尺与英寸	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model
小模型 - 英寸	2021/1/5 17:30	Rhino 3-D Model

▲ 图 2-2-1 模型种类和尺寸模板

2.2.2 素材导入及处理

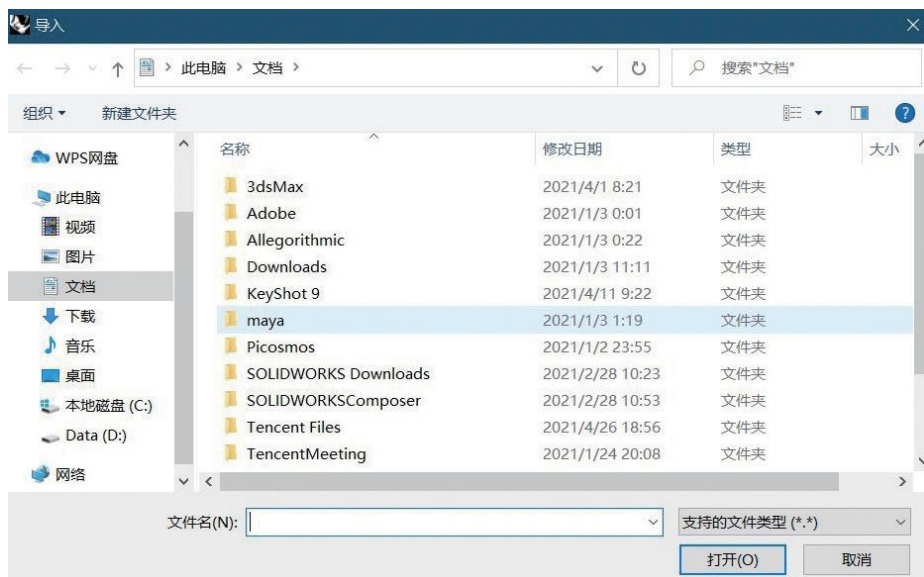
1. 文件导入

①首先单击“文件”命令，找到“导入”选项，如图 2-2-2 所示。



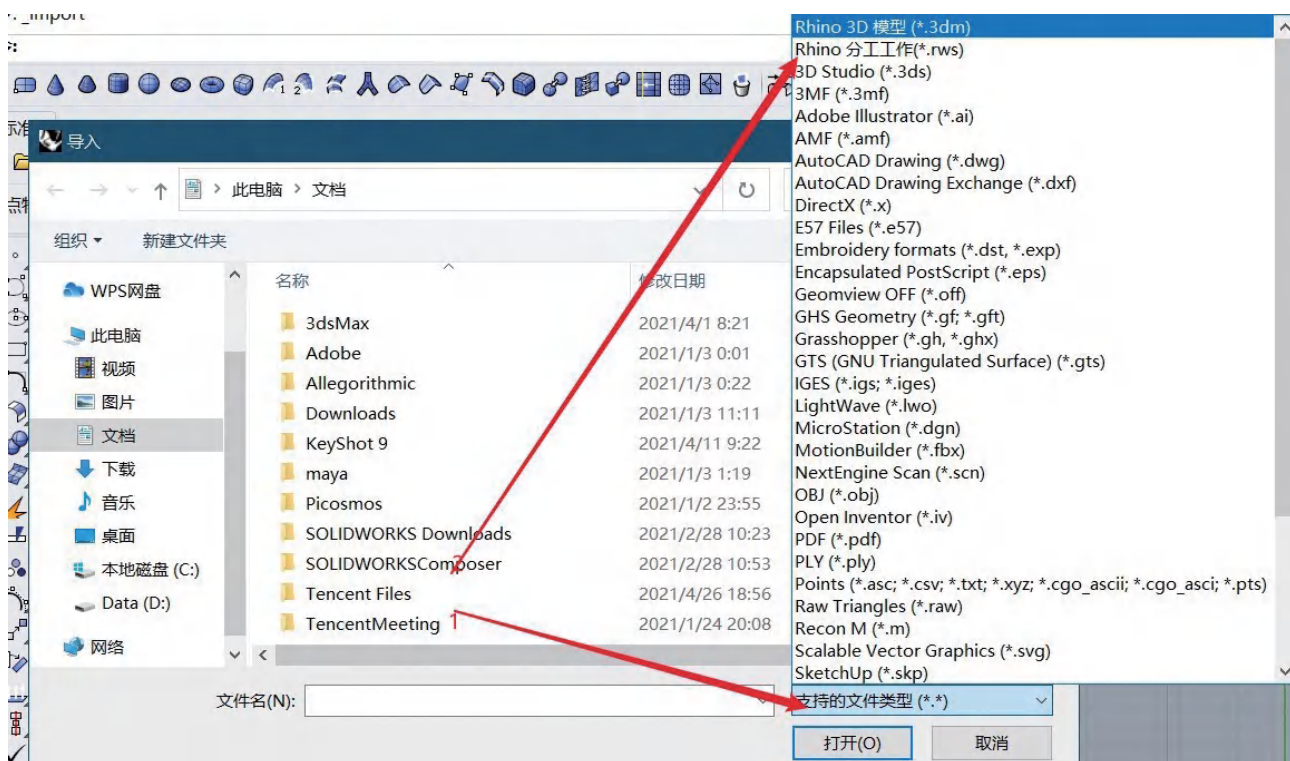
▲ 图 2-2-2 “导入”选项

②接下来会默认打开 C 盘里的文档文件，可根据需要找到自己的文件夹并打开，如图 2-2-3 所示。



▲ 图 2-2-3 找到文件夹

③单击支持的文件类型，根据需要选择所需要的文件，如图 2-2-4 所示。



▲ 图 2-2-4 选择文件

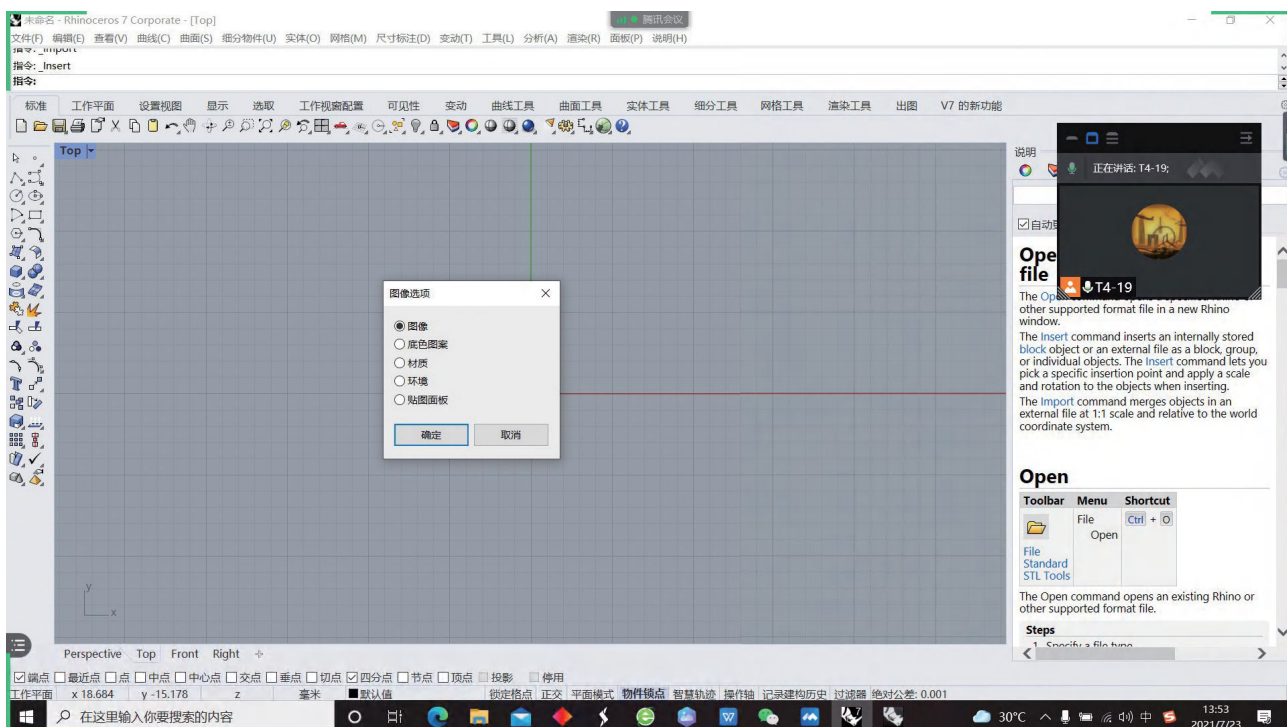
2. 图片导入

①首先找到要导入的图片，拖拽或者单击“导入”按钮使图片置入软件，如图 2-2-5 所示。



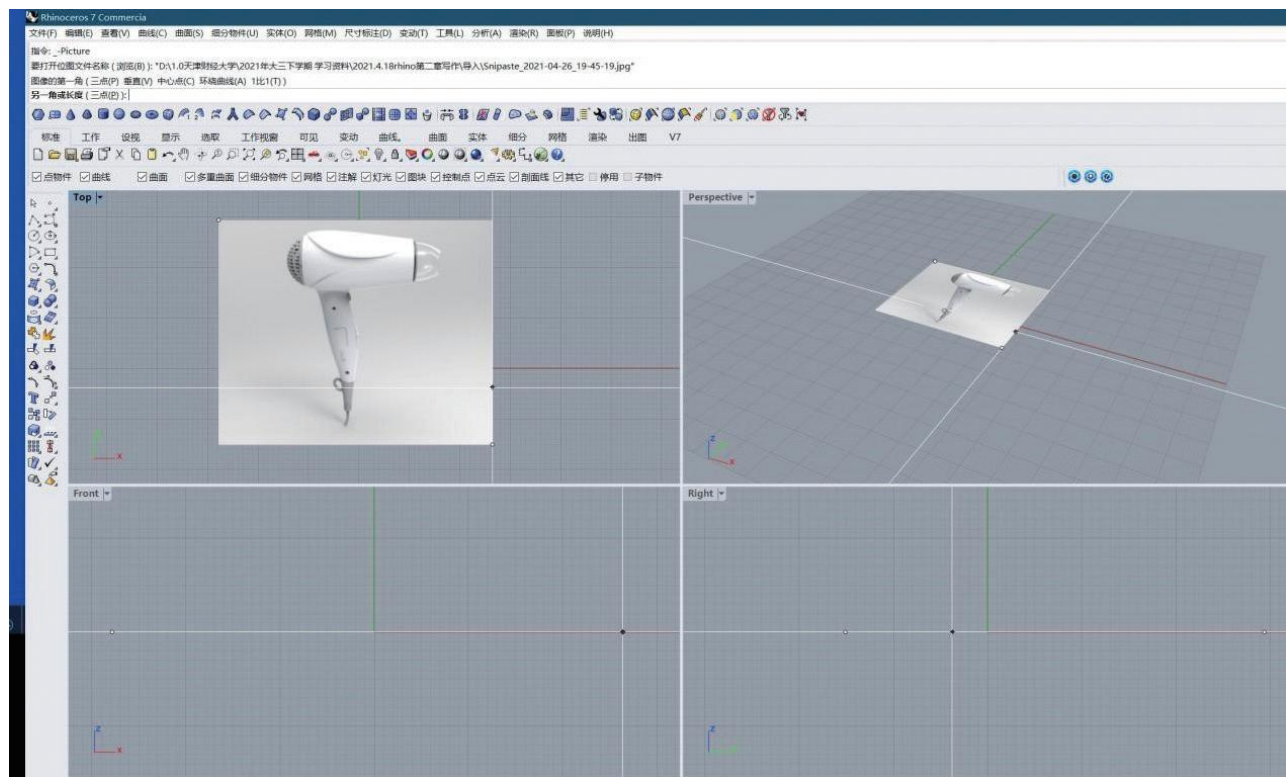
▲ 图 2-2-5 要导入的图片

②根据需求选择模式，案例选择图像模式，如图 2-2-6 所示。



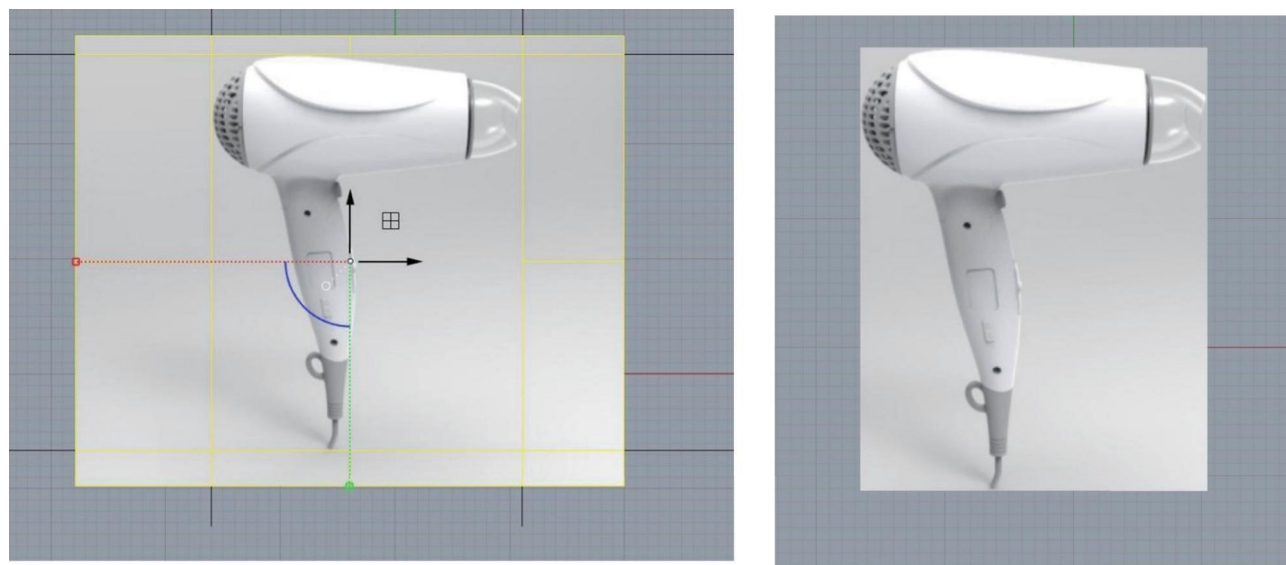
▲ 图 2-2-6 图像模式选项

③找到模型搭建视图并左键单击，松开鼠标左键然后滑动调整大小，直至合适大小再次进行单击完成，如图 2-2-7 所示。



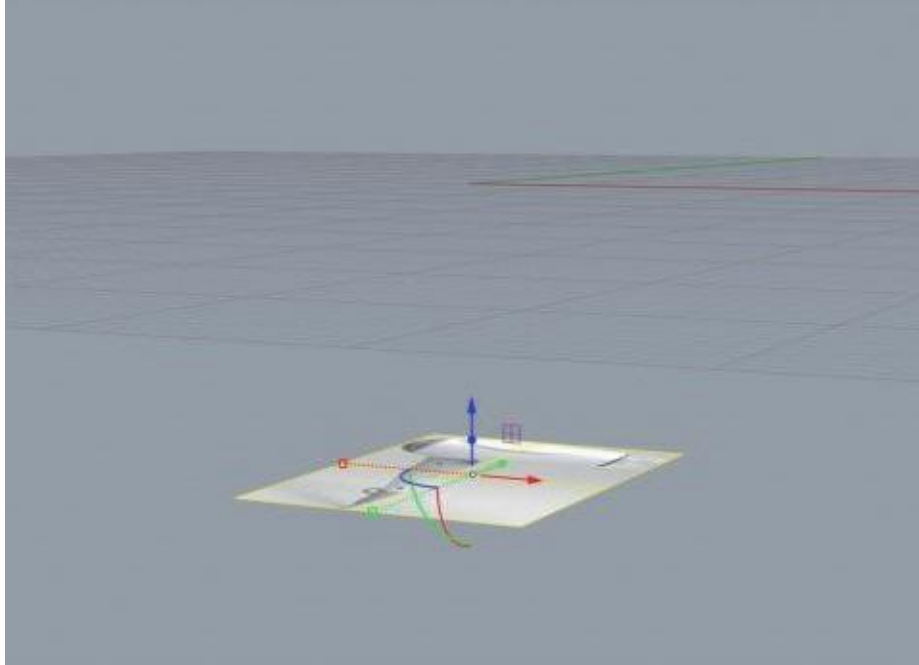
▲ 图 2-2-7 模型搭建视图

④裁剪图片，将素材中多余的部分裁剪掉以便于使用，如图 2-2-8 所示。



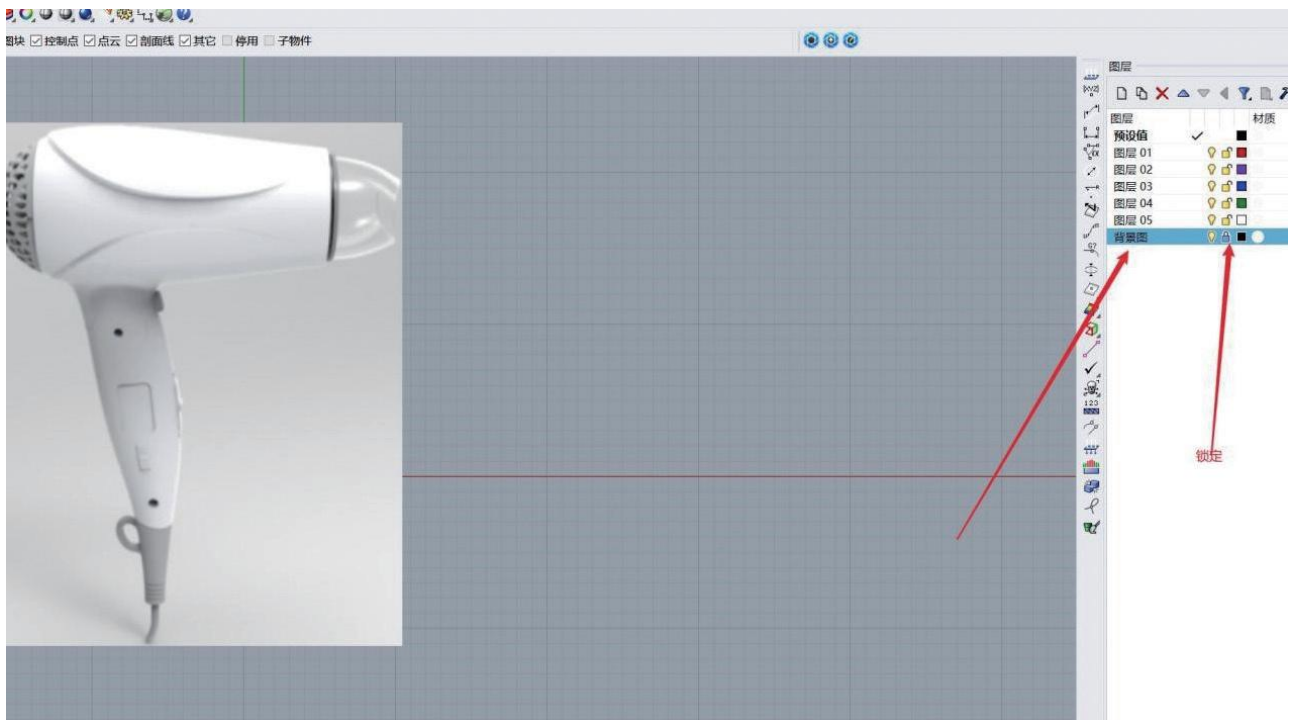
▲ 图 2-2-8 裁剪图片

⑤向下移动一些距离，原因是画线的时候会默认画到所垂直的平面，如图 2-2-9 所示。



▲ 图 2-2-9 移动图片

⑥将裁剪图片导入背景图层，调整好位置之后单击图层里的“锁定”，导入素材便即完成，如图 2-2-10 所示。



▲ 图 2-2-10 锁定图片

2.2.3 图层及设置

①默认图层有 7 个，即预设值、背景图和图层 1~5，如图 2-2-11 所示。

②如图 2-2-12 所示，则

图层第 1 列为图层的名称，右键单击或者左键双击可重命名。

图层第 2 列为选中状态，新创建的物体会默认存入所勾选图层。

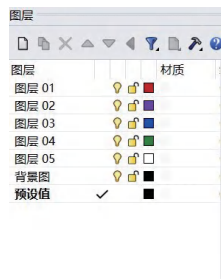
图层第 3 列为显示状态，单击灯泡可选择显示状态。

图层第 4 列为图层的锁定状态。

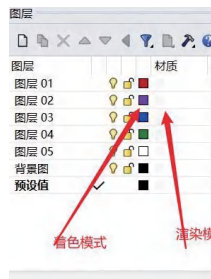
图层第 5 列为图层在着色模式下的颜色显示。

图层第 5 列为图层在渲染模式下的材质效果。

图层第 6 列之后极少用到，在此不多做解释。



▲ 图 2-2-11 默认图层



▲ 图 2-2-12 默认图层解释

2.3 Rhino7.0 建模关键要素

2.3.1 Rhino7.0 点的绘制及编辑

在 Rhino 中，点分为两种：独立存在的点对象和曲线、曲面的控制点。

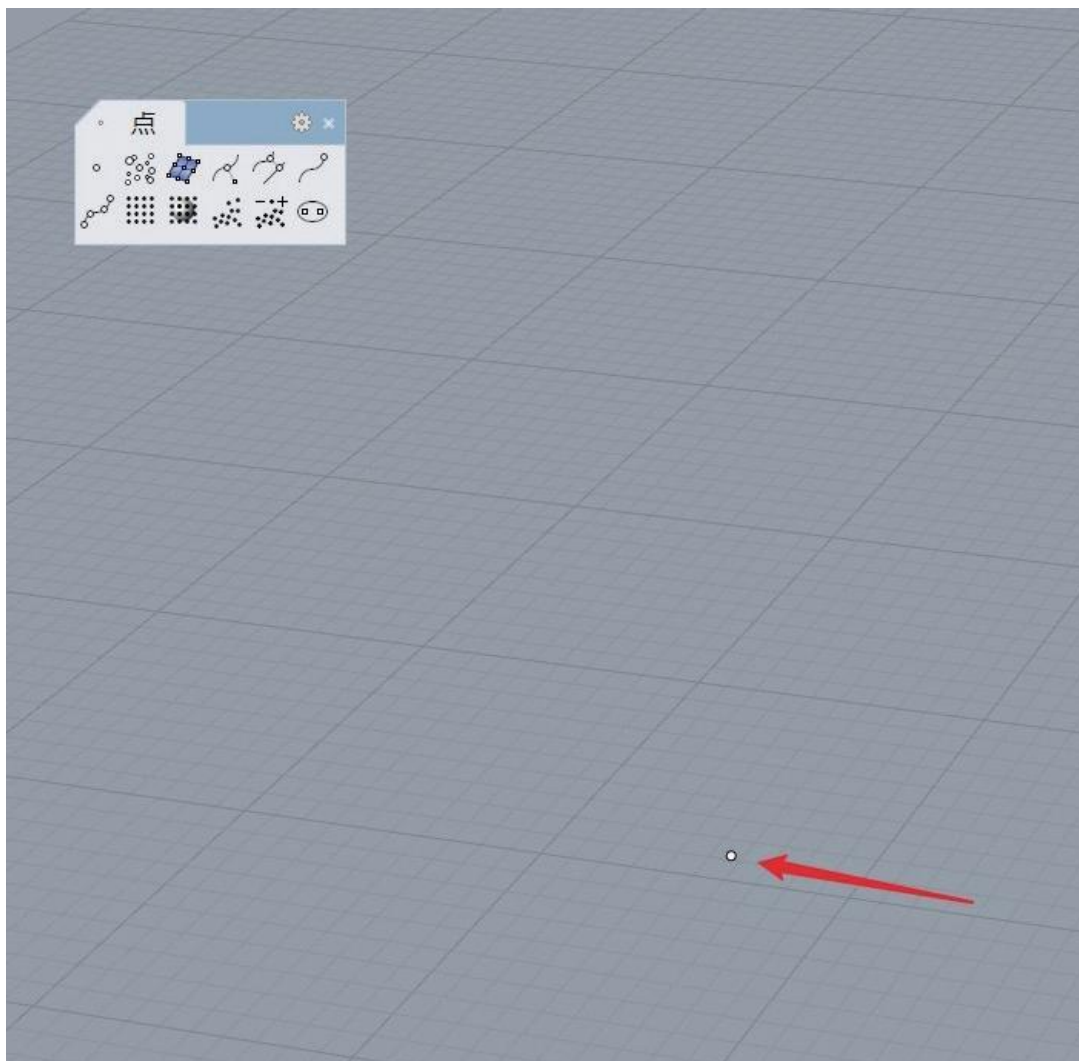
利用工具箱中的单点工具可创建点对象，一般利用点对象作为参考点或锁点；而控制点则隶属于曲线与曲面，并不独立存在，通过调整控制点的位置可调整曲线与曲面的形态。

常用的三个绘制点的工具有点、多点、抽离点。

①单点：基本点的绘制，如图 2-3-1、图 2-3-2 所示。

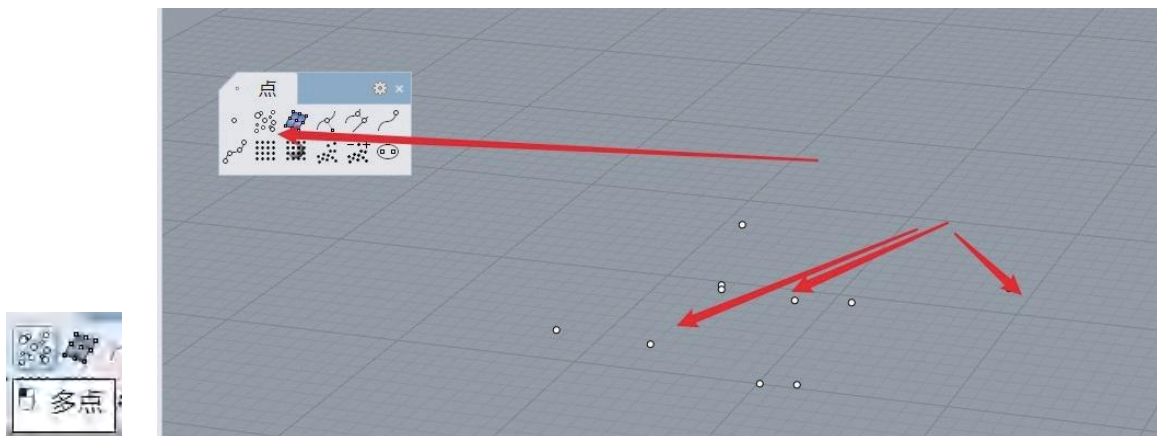


▲ 图 2-3-1 单点工具



▲ 图 2-3-2 绘制单点

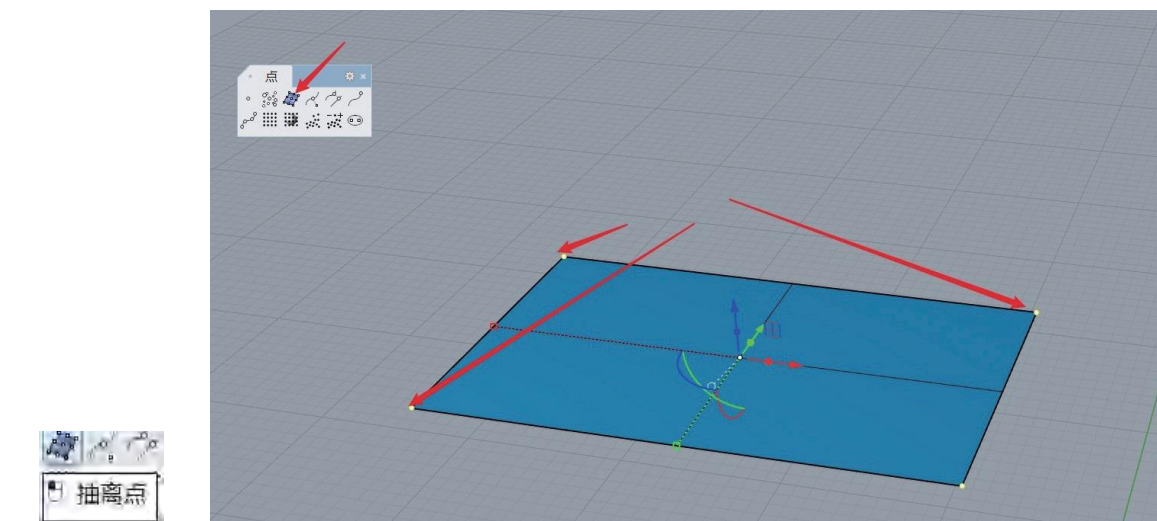
②多点：可持续加点，如图 2-3-3、图 2-3-4 所示。



▲ 图 2-3-3 多点工具

▲ 图 2-3-4 绘制多点

③抽离点：可将线、面的点提取出来，如图 2-3-5、图 2-3-6 所示。



▲ 图 2-3-5 抽离点工具

▲ 图 2-3-6 绘制抽离点

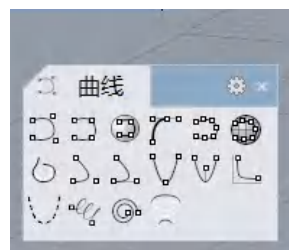
2.3.2 Rhino7.0 线的绘制及编辑

1. 曲线的绘制

曲线工具栏如图 2-3-7 所示。

①单一直线：两点绘制直线。

②左键多重直线：单一直线的基础上可追加直线，绘制完成成为连续直线，如图 2-3-8 所示；右键线段：单一直线基础上可追加直

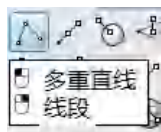


▲ 图 2-3-7 曲线工具栏

线，绘制完成为单一直线，如图 2-3-9 所示。

③从中点：同一直线上由起点向相反方向绘制的直线，如图 2-3-10 所示。

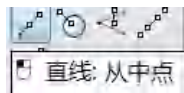
④左键直线：曲面法线：直线起始位置向曲面法线方向绘制直线；右键直线：曲面法线（两方向）：左键基础上法线的正反方向，如图 2-3-11 所示。



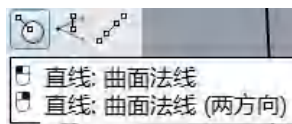
▲ 图 2-3-8 多重直线（线段）工具



▲ 图 2-3-9 单一直线工具



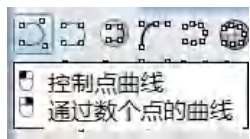
▲ 图 2-3-10 直线：从中点工具



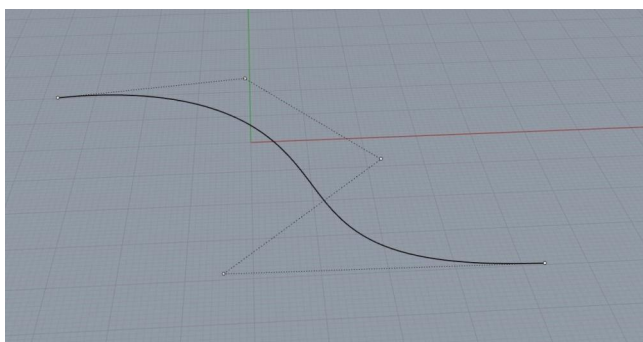
▲ 图 2-3-11 直线：曲面法线 [曲面法线（两方向）] 工具

在 Rhino 中，通过定位一系列的控制点（CV 点）来绘制曲线。在曲线绘制完成后，按 F10 键，可显示曲线的 CV 点，通过调整 CV 点可以改变曲线的形态。

⑤控制点曲线：是一种用控制点来相对控制点的形状曲线，控制点并不在曲线上，如图 2-3-12、图 2-3-13 所示。这是 Rhino 中最常用的曲线形式，但较难控制，需要大量的练习去寻找规律。

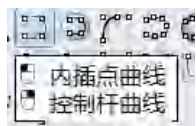


▲ 图 2-3-12 控制点曲线工具

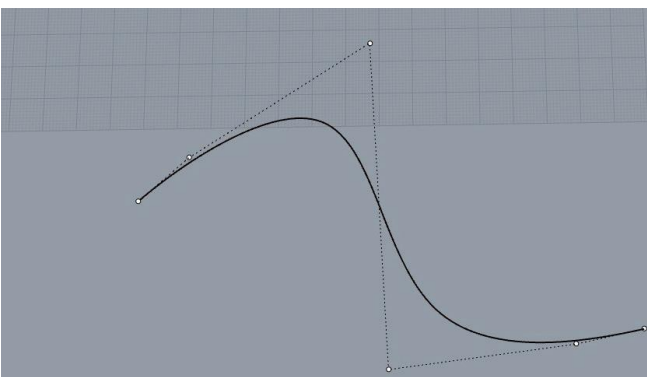


▲ 图 2-3-13 控制点曲线工具绘制曲线

⑥内插点曲线：是通过内插在曲线上的点来控制曲线，控制点在曲线上，但每一个点都会影响整个曲线的形状，如图 2-3-14、图 2-3-15 所示。



▲ 图 2-3-14 内插点曲线工具



▲ 图 2-3-15 内插点曲线工具绘制曲线

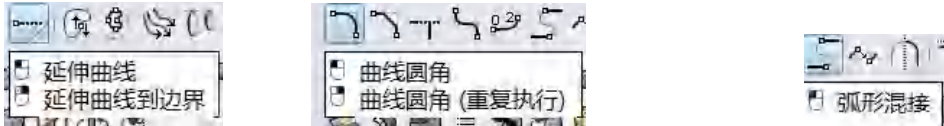
2. 曲线的编辑

一般来说，很少能一次就将曲线绘制得非常精准，一般是先绘制初始曲线，这个阶段主要是绘制出大概的形态，重点是控制 CV 点的数量与分布；然后再显示曲线的 CV 点，通过调整 CV 点来改变曲线的形态到用户所需的状态。

①左键延伸曲线：选择曲线一端，沿曲线走势向外延伸；右键到边界：延伸曲线到所选边框的边缘。如图 2-3-16 所示。

②左键曲线圆角：相接触两条曲线进行相切混接；右键曲线圆角（重复执行）：左键基础上完成后重复操作。如图 2-3-17 所示。

③弧形混接：两条曲线进行相切混接（不可调试）。如图 2-3-18 所示。



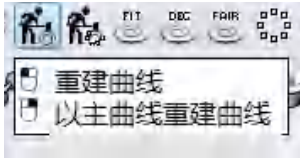
▲ 图 2-3-16 延伸曲线工具 ▲ 图 2-3-17 曲线圆角工具 ▲ 图 2-3-18 弧形混接工具

④左键可调式混接曲线：根据不同需求选择不同连续性混接方式；右键快速曲线混接：直接以曲率连续性混接（G2）。如图 2-3-19、图 2-3-20 所示。



▲ 图 2-3-19 可调式混接曲线（快速曲线混接）工具 ▲ 图 2-3-20 调式曲线混接

⑤左键重建曲线：重建曲线的点数及阶数；右键以主线重建曲线：选择一条曲线与所修改曲线阶数相同。如图 2-3-21 所示。



▲ 图 2-3-21 重建曲线（主线重建曲线）工具

2.3.3 Rhino7.0 面的绘制及编辑

1. 简单曲面创建命令

Rhino 曲面标准结构是具有 4 个边的类似矩形的结构，表面上的点与线具有两个走向。

(1) 边界曲面

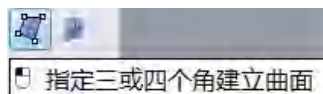
利用 2 根或者 3 根或者 4 根曲线作为曲面的边界，生成曲面，如图 2-3-22 所示。

(2) 以平面曲线创建曲面

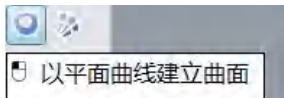
利用一系列处于同一平面的曲线创建曲面，如图 2-3-23 所示。

(3) 直线挤出

将边或者线拉伸出平面，如图 2-3-24 所示。



▲ 图 2-3-22 边界曲面工具



▲ 图 2-3-23 以平面曲线创建曲面工具



▲ 图 2-3-24 直线挤出工具

(4) 曲线挤出

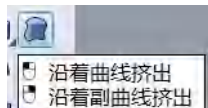
①左键：将边或者线沿绘制曲线路径拉伸出曲面。

②右键：可调节起点位置与终点位置的沿曲线路径拉伸出曲面。如图 2-3-25 所示。

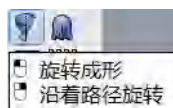
(5) 旋转成型

①左键：将曲线沿某个轴线环形旋转得到曲面。

②右键：沿轨道旋转；首先创建一个曲线，以及需要旋转的轨道。如图 2-3-26 所示。



▲ 图 2-3-25 沿着曲线挤出（沿着副曲线挤出）工具

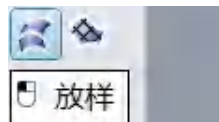


▲ 图 2-3-26 旋转成形（沿着路径旋转）工具

2. 高级曲面创建命令

(1) 放样

每一个曲面都是纵横交错的 ISO 线条构成的，称之为 U 线和 V 线。这些 UV 线条好比是曲面的骨骼，无论是纵向还是横向，这一组同向线条都可以直接产生过渡，最终生成曲面，这种方法叫放样 LOFT。如图 2-3-27 所示。



▲ 图 2-3-27 放样工具

(2) 单轨道扫描

通过一条路径和截面线生成曲面的方式，先选择中间的轨道线，也就是中轴骨骼，再依次选取截面线条，同样要注意选择的部位。如果轨道线方向变化很大，就需要在重要的转折部位多增加一些截面。单轨扫描能很好地控制曲面的主要走向和中间形态，但无法控制曲面两侧的曲线形态。如图 2-3-28 所示。

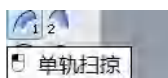
（3）双轨扫掠

通过两条路径线跟截面线生成曲面的方式，首先依次选取两个轨道，再依次选择截面。如图 2-3-29 所示。

双轨扫掠是 Rhino 中较为常用的生成曲面的命令，面结构稳定，结构线偏少，可以添加断面曲线来约束面的走势，后期无法处理的倒角可以用双轨扫掠加上圆管工具剪切掉，然后用来倒角。双轨扫掠可以控制两侧的造型轮廓，但对于有多个轮廓的造型就不太适用了。

（4）网线建立曲面

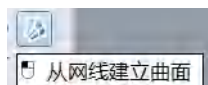
通过多条路径线和截面线生成曲面的方式，使用时直接选择组成网格的线条即可，高质量的网格会自动排序。如果不能自动排序会提示：无法排序曲线，请一次选取一条曲线。这个时候就需要依次选择一个方向的线条，完毕后，回车结束；再选择下一个方向的线条。对于有多条轮廓的造型进行创建时经常要用到网线建立曲面，相较于双轨扫掠，网线建立曲面可创建更加丰富的曲面造型。如图 2-3-30 所示。



▲ 图 2-3-28 单轨道扫掠工具



▲ 图 2-3-29 双轨道扫掠工具



▲ 图 2-3-30 从网线建立曲面工具

3. 基本曲面编辑

①曲面圆角过渡是产品设计中比较常见的特征，为了防止产品的锋利边缘割伤人体，在转角等部分都会有若干圆角。曲面圆角工具如图 2-3-31 所示。

倒圆角命令：曲面之间的圆角命令，类似于曲线倒圆角，设置半径，依次选择两个曲面即可。但此命令只能在两个曲面间产生圆角。

②倒斜面：做法类似倒圆面。如图 2-3-32 所示。

③延伸曲面：可以将未裁剪曲面的边，延长一部分。模式：光滑延伸模式，可以按照曲线的方向保持曲率的延伸线性模式，则只按照直线方向延伸。如图 2-3-33 所示。

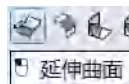
④偏移曲面：通过偏移复制的方式产生一个曲面的偏移曲面，输入数据后，用鼠标确定偏移的方向。参数中，SOLID 模式可以生成有厚度的偏移体，是制作曲面厚度（实体）的一种常用方法。如图 2-3-34 所示。



▲ 图 2-3-31 曲面圆角工具



▲ 图 2-3-32 曲面斜角工具



▲ 图 2-3-33 延伸曲面工具



▲ 图 2-3-34 偏移曲面工具

4. 高级曲面编辑

（1）混接曲面

选取第一个曲面的边界（如不完全，则依次选择）选择完毕后回车结束，再选择第二个

曲面的边界部分即可。如图 2-3-35 所示。

（2）衔接曲面

将两个曲面匹配成指定的连续形式。但只能匹配未裁剪曲面。也就是说，第一个曲面必须是直接生成的原始曲面。第二个曲面可以是裁剪后的曲面。如图 2-3-36 所示。

①连续性：设置匹配后达到的连续性水平。

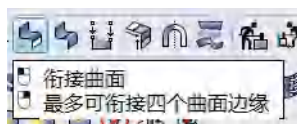
②平均曲面：两个曲面均发生变化，如果第二个曲面是一个剪切过的曲面，则这个选项变灰。

③精修衔接：决定匹配部分是否符合精度要求，以及增加一些结构线去达到精度要求。

④维持相对端：保持曲面的另一端的匹配不变。



▲ 图 2-3-35 混接曲面工具



▲ 图 2-3-36 衔接曲面工具

（3）重建曲面

点数 U、V 点数，是重建前后的控制点数量；重建后，曲面会有一些变形，所以多尝试重建的精度和点数。如图 2-3-37 所示。

（4）合并曲面

选取两个临近曲面边缘进行合并，可平滑过渡。如图 2-3-38 所示。

（5）修剪

左键取消修剪：可将完整曲面修剪部分还原；右键分离修剪：左键基础上将用于分离的物体进行分离还原保存。如图 2-3-39 所示。



▲ 图 2-3-37 重建曲面工具



▲ 图 2-3-38 合并曲面工具



▲ 图 2-3-39 取消修剪（分离修剪）工具

2.3.4 Rhino7.0 体的绘制及编辑

Rhino 是一款以 NURBS 建模为主要特色的软件，在建模过程中，单纯使用基本体进行操作比较少，一般使用实体为基本形，炸开后使用曲面工具对得到的面继续进行编辑。多个面组成的封闭空间，使用“组合”工具组合后即由面变为体。实体倒角相对“曲面圆角”操作更加方便，将多个面转换成实体后，直接使用体倒角来实现快速倒角的目的。本节主要介绍常用的实体创建方法和技巧。

1. 体的创建

(1) 立方体

常用的立方体创建方式有以下几种。

①立方体：角对角、高度。按住鼠标左键拖动出一个矩形框作为立方体的底面，然后向上拉动到一定高度，即建立一个立方体。

②立方体：对角线。先指定第一角的位置，再指定第二角的位置，最后指定角的高度。

③立方体：三点、高度。以三点方式确定底面的长方形，再指定立方体的高度。



▲ 图 2-3-40 建立实体工具

(2) 圆柱体

应用“圆柱体”命令首先绘制圆柱底面的圆，绘制方法与曲线工具中的“圆”相同，确定圆后，再指定圆柱体的高度，即可完成圆柱体的创建。

(3) 球体

应用球体工具可以创建不同大小的球体。创建球体的主要方式有：①中心点 / 半径；②直径（两点）；③三点；④四点；⑤环绕曲线；⑥相切；⑦配合点。

(4) 椭圆体

可通过中心点、直径、焦点、对角、环绕曲线等不同的方式建立椭圆体。

(5) 抛物面锥体

利用“抛物面锥体”命令由焦点或顶点的位置建立抛物面锥体。首先确定焦点的位置，然后确定锥体的方向，再确定锥体端点的位置，即可完成以焦点的方式绘制抛物面锥体。

(6) 圆锥体

应用“圆锥体”命令首先在一个视图中画出一个圆作为锥体的底部圆形，然后在另一个视图中拉动，以确定锥体的高度。绘制基底圆的方法与“圆”命令一样，主要有中心点 / 半径、两点、三点、相切、配合点等方式。

(7) 棱锥

应用“棱锥”命令首先在一个视图中绘制棱锥体底面的多边形，然后在另一个视图中确定锥体的高度。绘制锥体底面多边形的选项和“多边形”命令一致，有边数、内接、外切、边、星形等，还可以设定方向限制，如无、垂直或环绕曲线等。

(8) 平顶锥体

应用“平顶锥体”命令可建立一个顶点被一个平面截断的圆锥体，即圆台。

(9) 平顶棱锥

应用“平顶棱锥”命令可建立一个顶点被一个平面截断的棱锥。

绘制平顶棱锥的主要步骤：首先可通过不同的选项画出基底多边形，再指定平顶棱锥的顶点，再输入数值设定高度，指定顶面的大小，即可完成绘制。

(10) 圆柱管

应用“圆柱管”命令可建立一个中间有圆柱洞的圆柱体。

绘制圆柱管的主要步骤：以不同的选项画出基底圆形后，指定圆柱管内壁的半径，再指定圆柱管的终点（确定圆柱高度），即可完成绘制。

（11）环状体

应用“环状体”命令可建立实体的圆环。

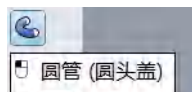
绘制环状体的主要步骤：通过不同的选项画出基底圆形后，再指定环状体的第二半径，即可完成环状体的创建。

2. 特殊实体的创建

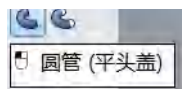
（1）圆管

沿着曲线建立一个圆管曲面，按照加盖形式可分为平头盖和圆头盖（如图 2-3-41、图 2-3-42 所示）。

创建圆管的主要步骤：选取一条曲线作为圆管的轨迹线，指定圆管的起点半径，再指定圆管的终点半径，最后根据需要在曲线上指定下一个半径，或按 Enter 键结束命令。如果曲线是封闭的，圆管的起点半径等于终点半径。



▲ 图 2-3-41 圆管（圆头盖）工具



▲ 图 2-3-42 圆管（平头盖）工具

（2）挤出封闭平面曲线

利用“挤出封闭的平面曲线”命令将曲线向与工作平面垂直的方向笔直地挤出建立曲面或实体。

（3）挤出曲面

“挤出曲面”命令可将曲面笔直地挤出，建立实体。

“挤出曲面”命令的主要步骤：选取一个曲面，确定挤出的距离，并设置选项，其主要选项与“挤出封闭的平面曲线”的选项基本相同，有方向、两侧、实体和删除输入物件等。

（4）文字

“文字”命令以 TrueType 字体建立文字曲线、曲面或实体。执行命令后会出现“文字物件”选项对话框，在对话框中输入文字、确定字体，选择建立文字为曲线、曲面或实体，设置文字的高度、厚度等，最后指定文字的放置点。

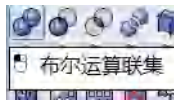
3. 体的编辑

（1）布尔运算

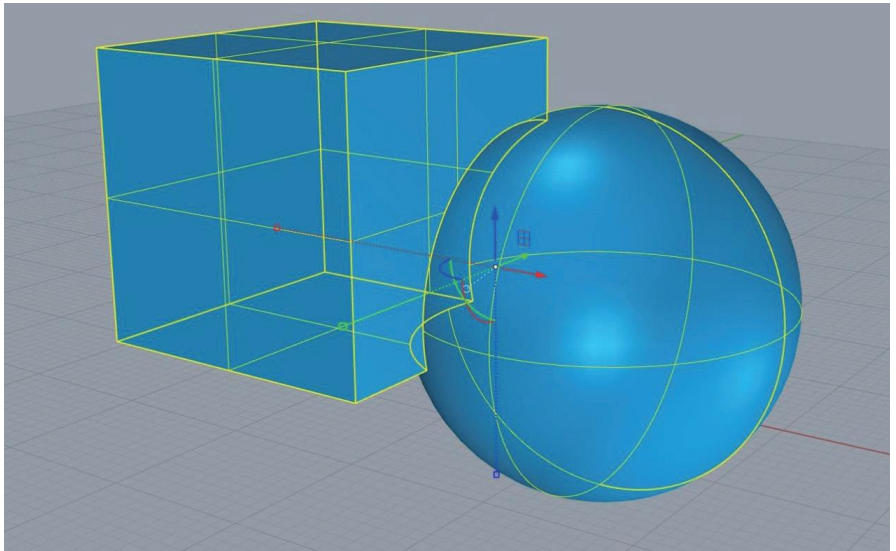
NURBS 布尔运算主要包括布尔运算联集、布尔运算差集、布尔运算交集、布尔运算分割和布尔运算两个物件，通过布尔运算可将简单的基本实体变成复杂的实体造型。

①布尔运算联集。

“布尔运算联集”命令用于减去两组多重曲面（或曲面）交集的部分，并以未交集的部分组合成为一个多重曲面，如图 2-3-43、图 2-3-44 所示。



▲ 图 2-3-43 布尔运算联集工具



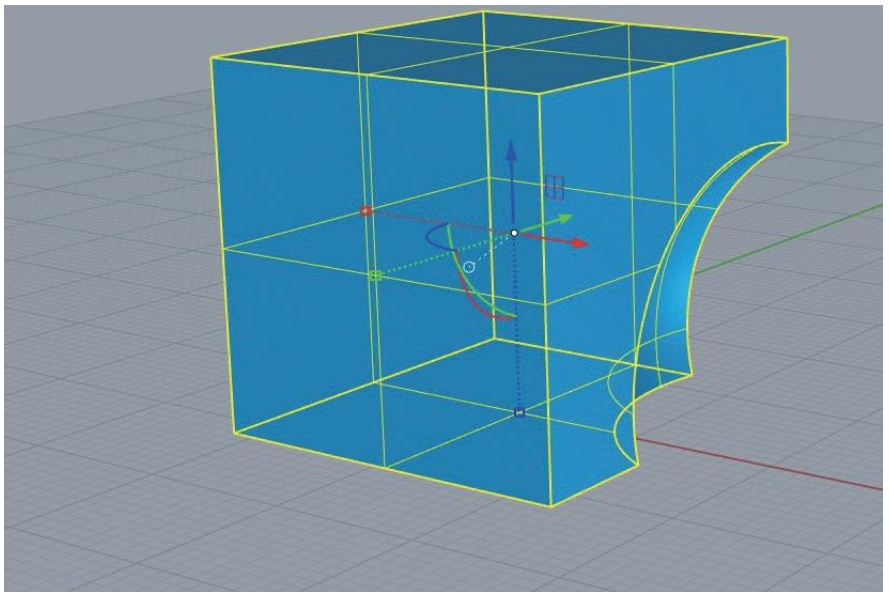
▲ 图 2-3-44 布尔运算联集工具的使用

②布尔运算差集。

“布尔运算差集”命令用于从一组多重曲面（或曲面）减去与另一组多重曲面（或曲面）交集的部分，如图 2-3-45、图 2-3-46 所示。



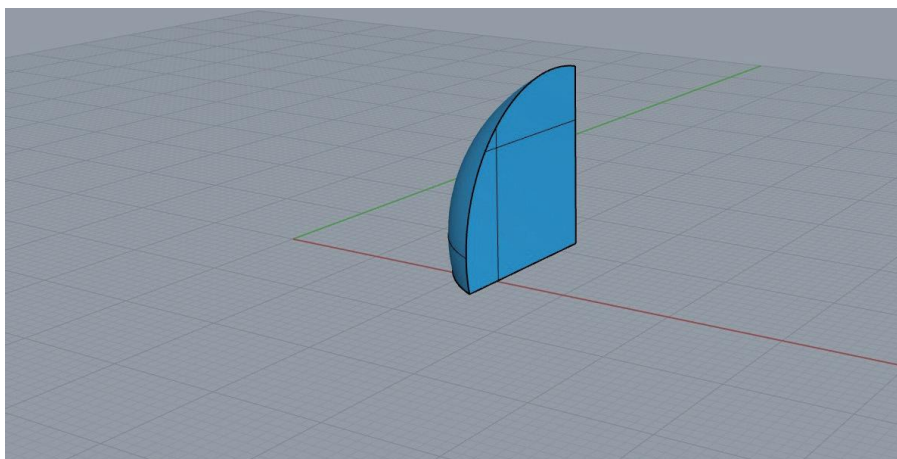
▲ 图 2-3-45 布尔运算差集工具



▲ 图 2-3-46 布尔运算差集工具的使用

③布尔运算交集。

“布尔运算交集”命令用于减去两组多重曲面（或曲面）未交集的部分，如图 2-3-47、图 2-3-48 所示。

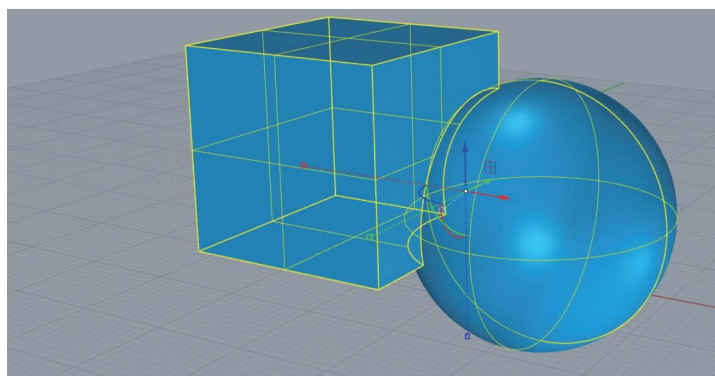
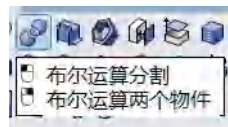


▲ 图 2-3-47 布尔运算交集工具

▲ 图 2-3-48 布尔运算交集工具的使用

④布尔运算分割。

利用“布尔运算分割”命令可将两组多重曲面（或曲面）交集及未交集的部分分别建立多重曲面，如图 2-3-49、图 2-3-50 所示。



▲ 图 2-3-49 布尔运算分割（两个物件）工具

▲ 图 2-3-50 布尔运算分割工具的使用

⑤布尔运算两个物件

右击“布尔运算分割”命令“插图”图标，执行“布尔运算两个物件”命令，在工作视图中用鼠标单击循环切换布尔运算的结果：并集、交集、差集（ $A-B$ 和 $B-A$ ）、反向交集。

（2）自动建立实体

命令选取的曲面或曲面所包围的封闭空间建立实体，确认生成实体。

（3）薄壳

利用薄壳命令可对封闭的多重曲面进行抽壳，选择要删除的面，设置薄壳的厚度。

4. 实体边缘圆角 / 边缘斜角

（1）边缘圆角

利用“边缘圆角”命令在多重曲面的多个边缘建立等距或不等距的圆角曲面，修剪原来的曲面并与圆角曲面组合在一起。边缘圆角与原曲面为 $G1$ （相切）连续。

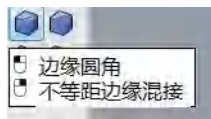
（2）不等距边缘混接

利用“不等距边缘混接”（右击图标）命令在多重曲面的数个边缘建立不等距的曲率连续混接曲面，修剪原来的曲面并与混接曲面组合在一起。

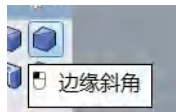
“不等距边缘混接”相对于“不等距边缘圆角”具有更好的连续性，“不等距边缘圆角”为相切连续，而“不等距边缘混接”为曲率连续。

（3）边缘斜角

利用“边缘斜角”命令在多重曲面的多个边缘建立等距或不等距的斜角曲面，修剪原来的曲面并与斜角曲面组合在一起，如图 2-3-51、图 2-3-52 所示。



▲ 图 2-3-51 边缘圆角（不等距边缘混接）工具



▲ 图 2-3-52 边缘斜角工具

（4）移动边缘

利用“移动边缘”命令可以移动多重曲面的边缘，相邻的曲面会随之调整，所有被调整的面都必须是平面或容易延展的面，通常相邻的面上的洞无法移动或延展。

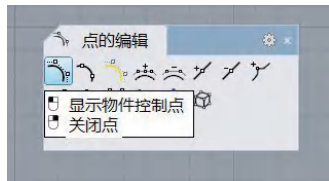
2.4 Rhino7.0 建模关键理论

2.4.1 曲线控制点

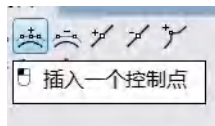
在 Rhino 中，通过定位一系列的控制点（CV 点）来绘制曲线。在曲线绘制完成后，按 F10 键，可显示曲线的 CV 点，通过调整 CV 点可以改变曲线的形态。

①控制点（Control Points）：也叫控制顶点（Control Vertex），简称 CV 点，CV 点位于曲线的外面，用来控制曲线的形态。如图 2-4-1 所示命令可以打开、关闭物件控制点。打开之后可以通过移动点的位置来改变曲线的走势，使曲线按照需求做出相应的改变。

②插入控制点：可以通过这个命令增加曲线的控制点，使编辑更加精确，能更好地完成预期，如图 2-4-2 所示。



▲ 图 2-4-1 点的编辑工具



▲ 图 2-4-2 插入控制点工具

2.4.2 曲线节点

NURBS 曲线的知识，若一条 degree 次 NURBS 曲线的控制点数目为 N ，那么节点数 则为 $\text{degree}+N+1$ 。但是，使用 Rhino 的控制点曲线命令画出的 NURBS 曲线，用“分析”→“检测”→“列出数据”命令，得出的曲线数据中节点数目始终比按上述公式计算的少两个。假设曲线是 n 次，那么这条曲线最少需要的 CV 数量是 $n+1$ 。

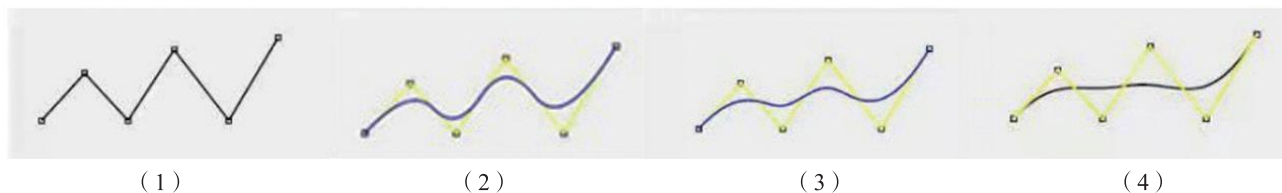
2.4.3 曲线与曲面阶数

1. 曲线的阶数

阶数（Degree）。其数学上的名称为：次数、幂。例如，直线是一次曲线（即一阶曲线）；圆、抛物线是二次曲线（即二阶曲线）。

曲线的阶数关系到一个控制点对一条曲线的影响范围，阶数越高的曲线的控制点对曲线形状的影响力越弱，但影响范围越广。要构建一条曲线，首先要有足够的 CV 点，CV 点的数目视曲线的阶数而定，如三阶的曲线至少需要 4 个控制点，五阶曲线则至少需要 6 个控制点，依次叠加（注意是至少）。

在图 2-4-3 所示的四条曲线上同样都有 6 个控制点，并且控制点位置相同，只是在使用“控制点曲线”绘制曲线时选择了不同的阶数；(1)(2)(3)(4) 分别对应阶数一、阶数二、阶数三、阶数四。

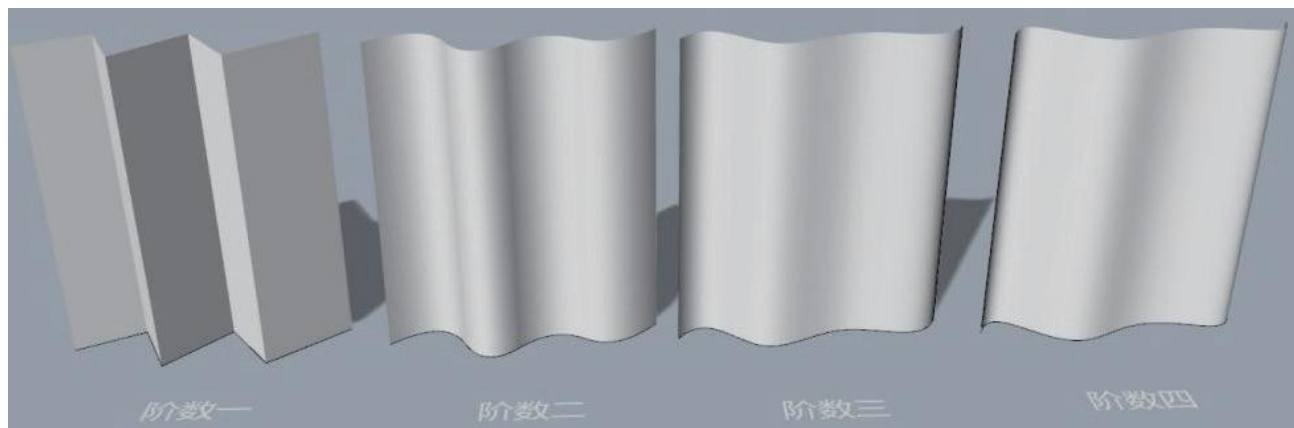


▲ 图 2-4-3 四条曲线

曲线的阶数越高，其内部连续性就越好。需要注意的是，并不能简单地靠提升阶数来改善曲线内部的连续性，但是降低曲线阶数一定会降低曲线内部的连续性，在绘制曲线时，使用默认的三阶曲线，就可以满足通常的曲线内部连续性，使用阶数更高的曲线会增加计算机的运算量。

2. 曲面的阶数

通常来讲，曲面的阶数越高，曲率变化越柔和，也就是做的曲面精度越高，但同时电脑计算量也越多，所以只有在建一些复杂精度要求高的大型模型时才会用到，如图 2-4-4 所示。与曲线不同的是，曲面的阶数涉及 UV 两个方向，同样如三阶的方向至少需要 4 个控制点，五阶的方向则至少需要 6 个控制点，依次叠加。



▲ 图 2-4-4 不同阶数的曲面

2.4.4 曲线与曲面连续性

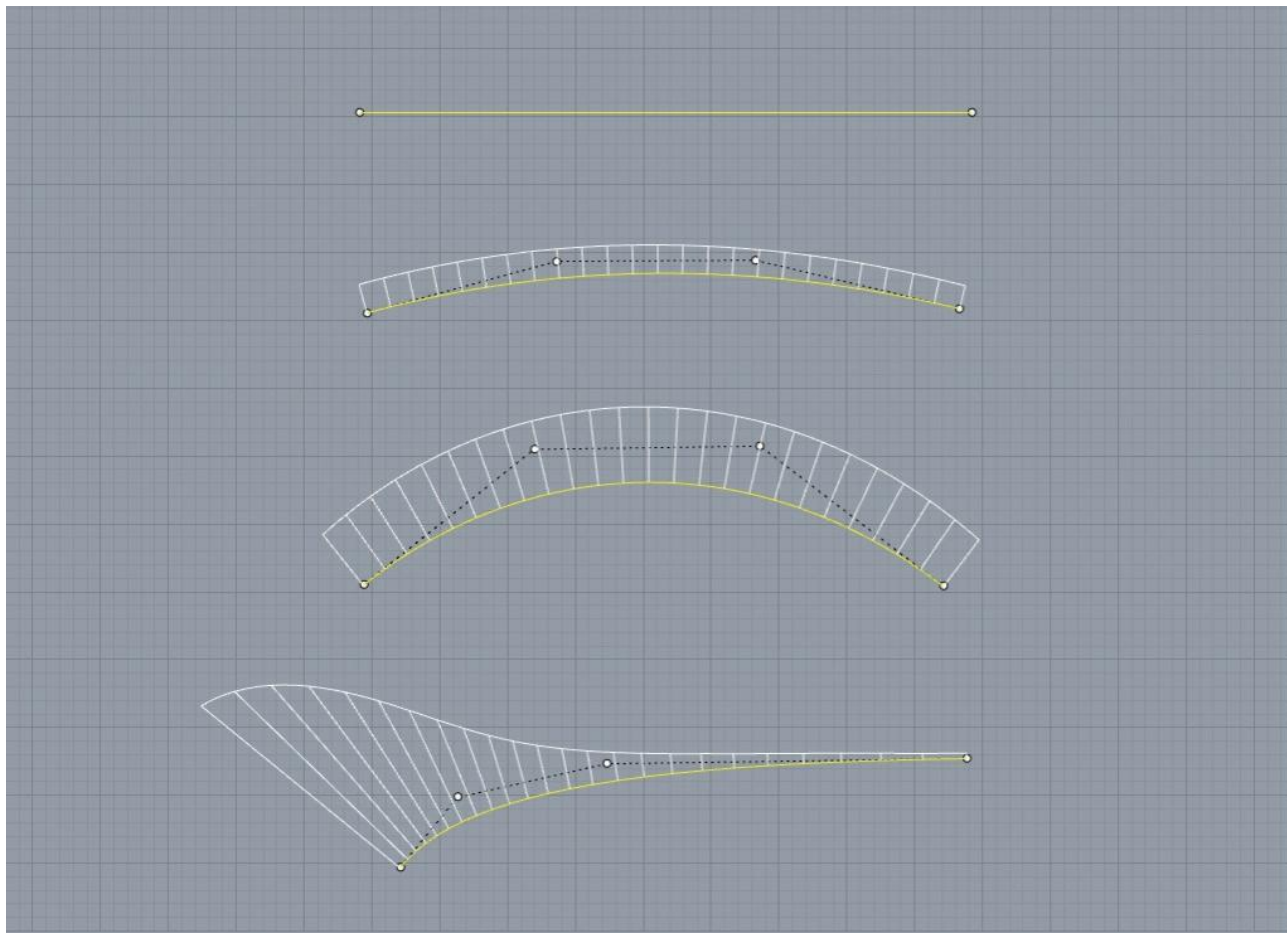
1. 曲线相关问题

(1) 曲线的曲率

曲率是对曲线弯曲程度的度量。曲率的测量就是使圆与曲线拟合，取圆半径倒数得到

的，所以曲率就是 $1/R$ 。

曲线越弯曲，半径越小， $1/R$ 越大，曲率就越大；曲线越平缓，半径越大， $1/R$ 越小，曲率就越小。所以，直线的半径无穷大，曲率就无限小，测直线我们是看不到曲率的（如图 2-4-5 所示）。



▲ 图 2-4-5 不同曲线的曲率分析图

（2）曲线的连续性

Rhino 建模中大部分曲面是通过参考曲线建立的，必须有高质量的曲线才能建立高质量的曲面。多花些时间了解曲线与曲线之间连续性的概念对建立曲面会有非常大的帮助。

按照常见的曲线建立的要求，可以将同续性分为以下四个等级：

①不连续。

两条曲线的端点未相接，所以物件之间并没有同续性可言，也不能组合在一起，如图 2-4-6 所示。

②位置连续（G0）。

在 Rhino 里，可以将这两条曲线组合成为一条多重曲线，在这条多重曲线上会有一个锐角点，而且这条多重曲线仍然可以被炸开成为两条单独的曲线，如图 2-4-7 所示。



▲ 图 2-4-6 不连续



▲ 图 2-4-7 位置连续 (G0)

③相切连续 (G1)。

两条曲线在相接端点的切线方向一致，在两条曲线之间没有锐角。两条曲线是否形成相切连续是由两条曲线端点的切线方向决定的。形成相切连续时，两条曲线在端点的切线方向是一致的。或者说，当两条曲线在相接点的切线是同一直线时，这两条曲线会被视为以相切连续相接。曲线端点的切线方向是由曲线端点的前两个控制点所控制的，这两个控制点之间的同接（直线）就是曲线端点的切线方向，如图 2-4-8 所示。

④曲率连续 (G2)。

两条曲线的相接端点除了切线方向一致以外，曲率圆半径大小也一致。曲率连续除了必须符合 G0 与 G1 的条件以外，还要达到两条曲线相接端点的曲率圆半径大小一致的要求。曲率连续是可以控制的最平滑的状态，当然也存在比曲率连续更平滑的同续性相接的可能性，如图 2-4-9 所示。



▲ 图 2-4-8 相切连续 (G1)



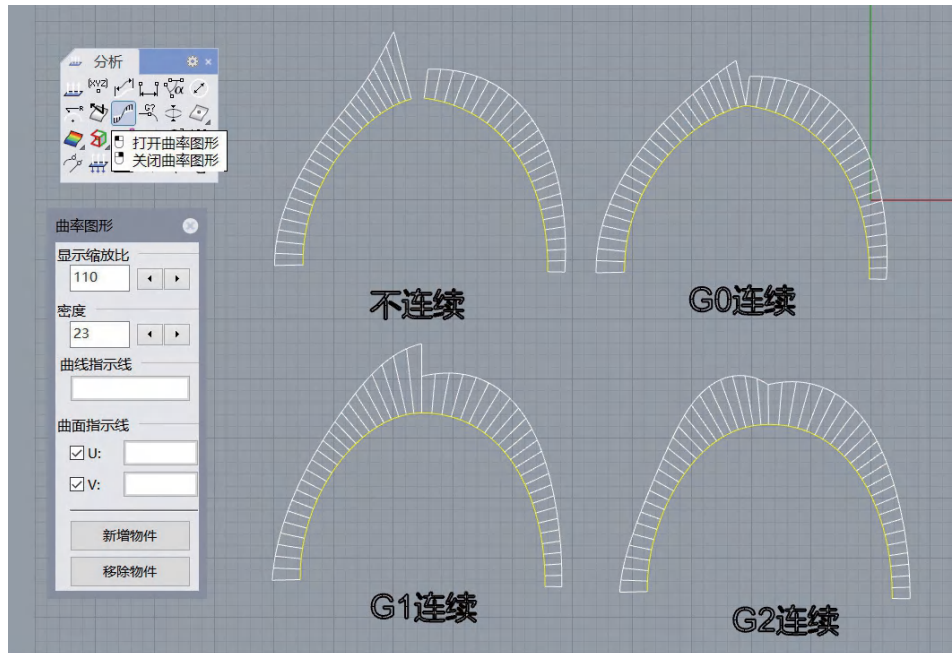
▲ 图 2-4-9 曲率连续 (G2)

(3) 曲线的连续性分析

关于曲线的连续性可采用观察法和测量法两种方式进行分析判断。

①观察法。

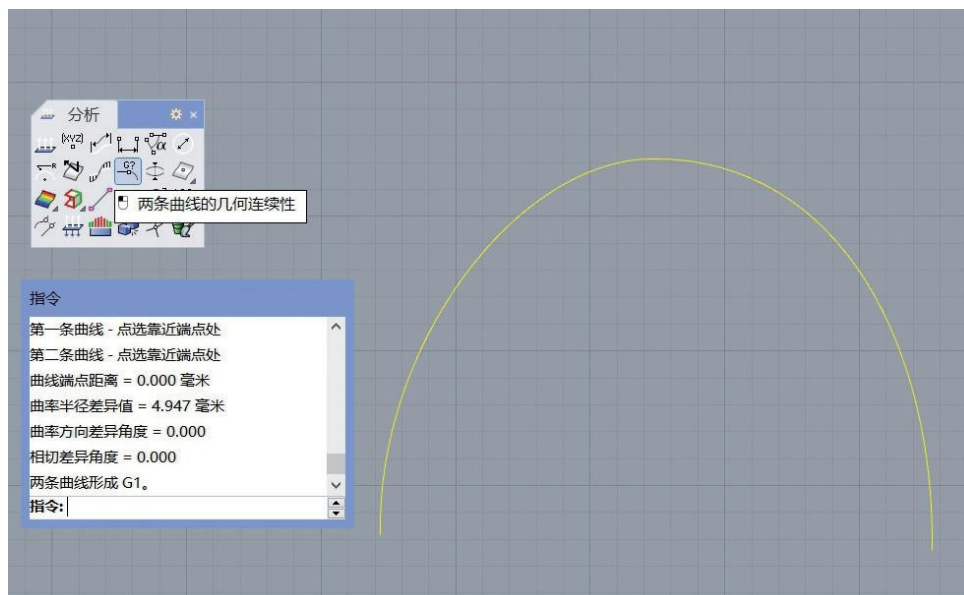
观察法便是借助曲率图形分析工具，显示两条线的曲率图，通过分析曲率图来判断两条曲线的连续性关系，如图 2-4-10 所示。



▲ 图 2-4-10 曲率图形分析曲线

②测量法。

测量法相较于观察法较为直接，通过使用曲线几何连续性测量工具，通过指令栏直接显示两条曲线之间的连续性数据和连续关系，如图 2-4-11 所示。



▲ 图 2-4-11 曲线几何连续性测量工具分析曲线

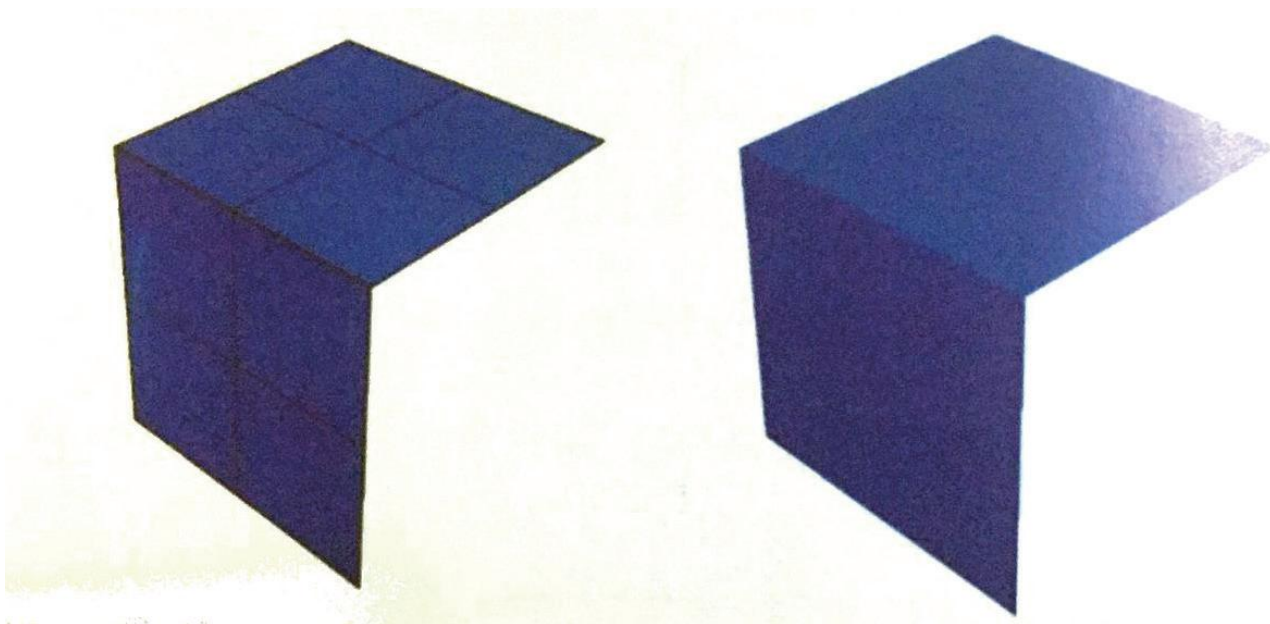
2. 曲面相关问题

(1) 曲面的连续性

曲面的连续性是相对复杂曲面而言的，单一曲面不存在连续性的问题。复杂曲面是指多个单一曲面组合而成的曲面，各单一曲面之间存在着多种连接关系，可简单地分为三种：G0 连续、G1 连续、G2 及以上连续。

① 位置连续 (G0)。

G0 连续指的是曲面的边缘相连接，单曲面衔接处存在折角，无平滑过渡，如图 2-4-12、图 2-4-13 所示。



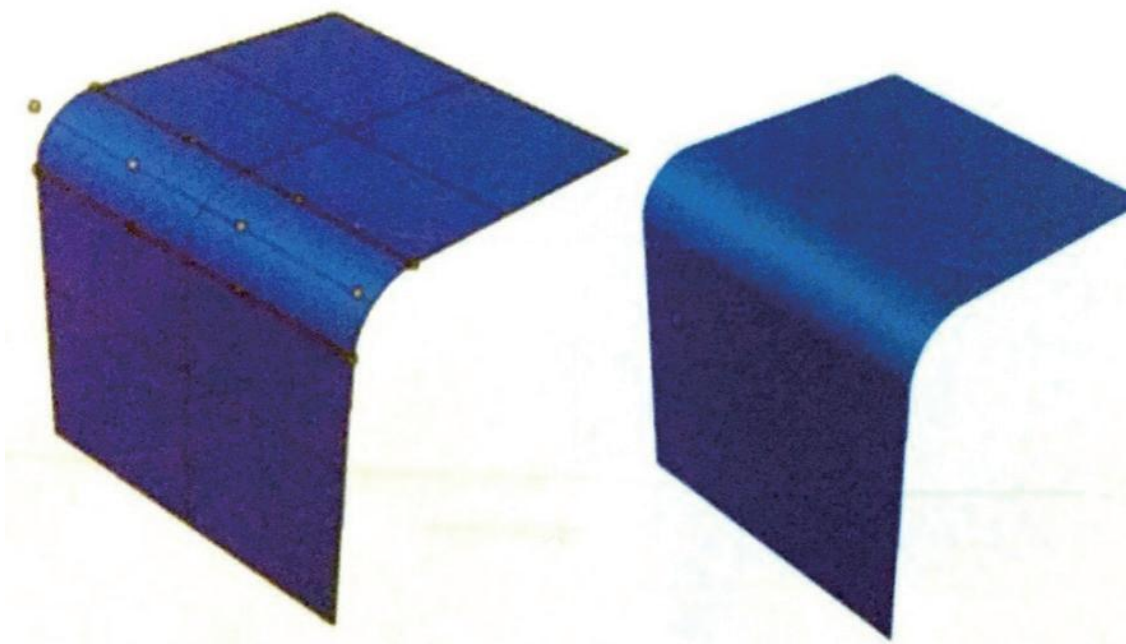
▲ 图 2-4-12 G0 连续性示意图



▲ 图 2-4-13 G0 连续产品案例

②相切连续（G1）。

G1 连续也称相切连接，指的是曲面的边缘相连接，而且衔接缝隙处任意一点上，两个曲面垂直于衔接边方向的斜率相等，但曲率不等，如图 2-4-14、图 2-4-15 所示。



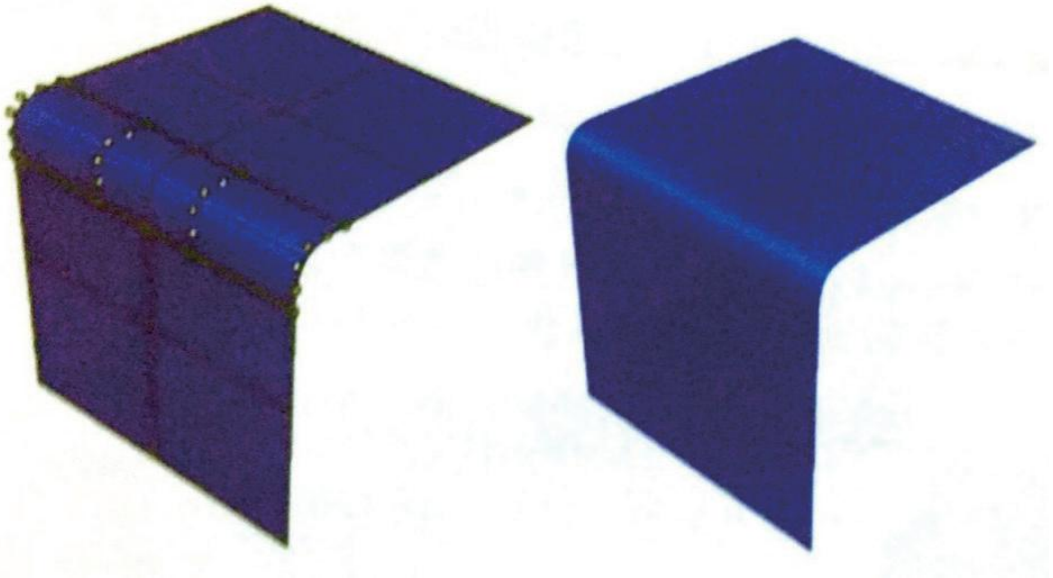
▲ 图 2-4-14 G1 连续性示意图



▲ 图 2-4-15 G1 连续产品案例

③相切连续 (G2)。

G2 连续也称曲率连续,指的是衔接缝隙处任意一点上,两个曲面垂直于衔接边方向的斜率相等曲率均相等。此外还有比 G2 连续性更好的 G3 及以上连续,指的是曲面衔接处的曲率相等,而且曲率的变化率也相等,由于这些连续级别针对常规的产品造型不会用到,这里便不做探讨,如图 2-4-16、图 2-4-17 所示。



▲ 图 2-4-16 G2 连续性示意图

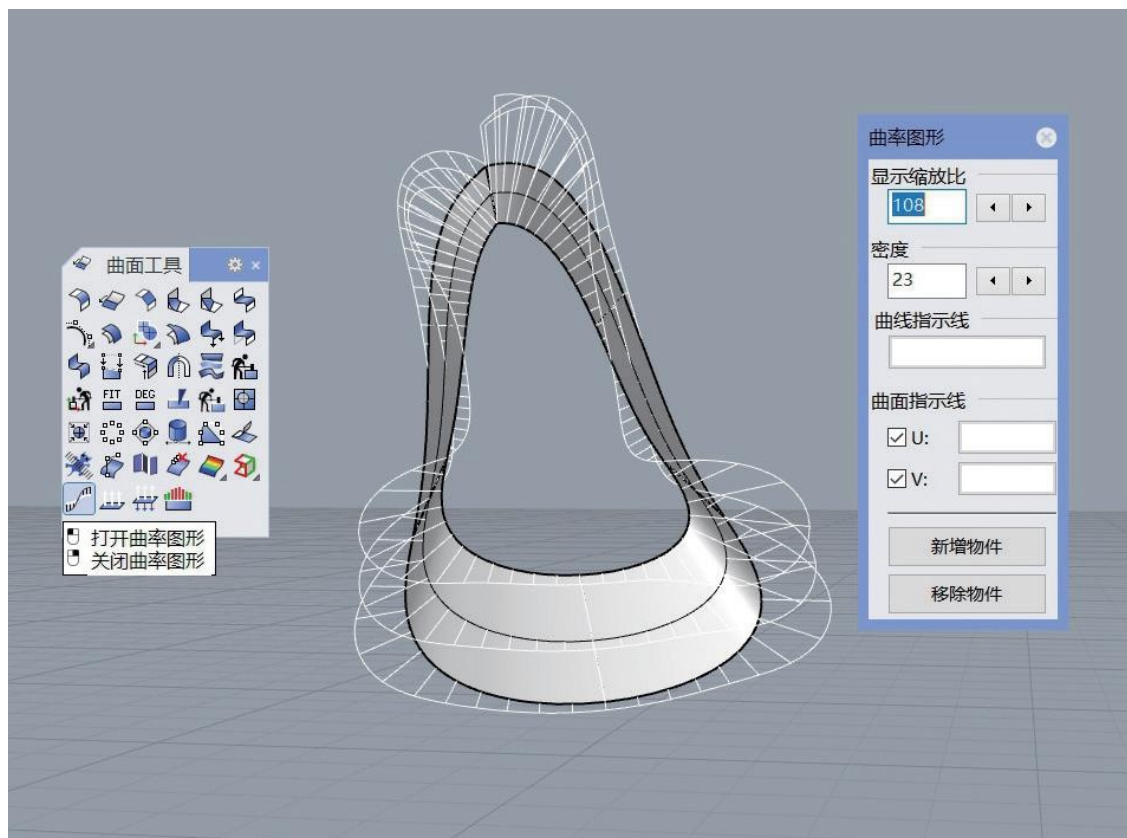


▲ 图 2-4-17 G2 连续产品案例

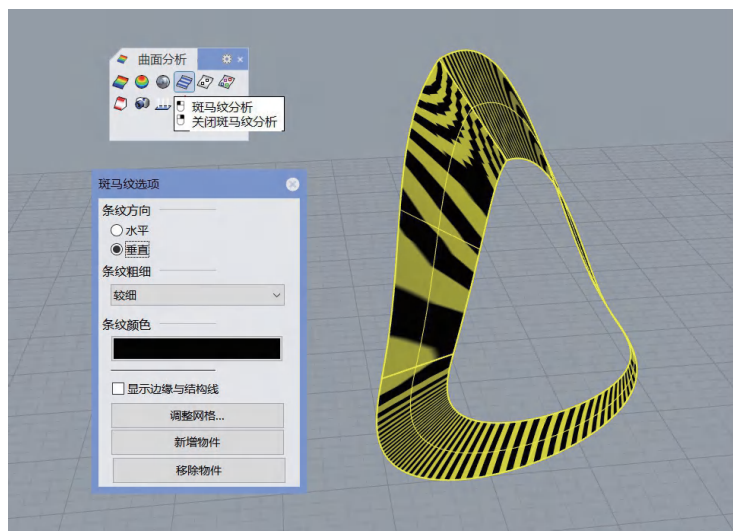
（2）曲面的连续性分析

①曲率图形分析。

曲率图形观察法便是借助曲率图形分析工具，显示面上 UV 方向曲线的曲率图，通过分析曲率图来判断曲面的连续性关系，如图 2-4-18 所示。



▲ 图 2-4-18 曲率图形分析曲面



▲ 图 2-4-19 斑马纹分析工具分析曲面

②斑马纹分析。

斑马纹分析的原理是在曲面上呈现斑马纹，通过观察链接曲面的斑马纹的形态，可以直观地观察曲面是否衔接顺畅，这是 Rhino 等 NUBRS 软件建模中最常用的一种检测方式，如图 2-4-19 所示。

CHAPTER

3

Rhino7.0 曲面成型理论

- 3.1 旋转成型理论
- 3.2 放样成型理论
- 3.3 单轨成型理论
- 3.4 双轨成型理论
- 3.5 网线成面理论
- 3.6 SubD 细分曲面

| 本章引言 |

本章是针对 Rhino7.0 软件理论知识的学习，对 Rhino7.0 软件成型理论进行着重讲解，旋转成型理论、放样成型理论、单轨成型理论、双轨成型理论、网线成面理论、SubD 细分曲面等内容结合对应案例练习进行讲解。

| 学习目标 |

通过本章的学习，可以让学生理解常见的犀牛建模成型理论，同时结合案例练习对理论进行巩固，知其然及其所以然，为后续的 Rhino 建模技巧和实践案例的学习打下扎实的理论及应用基础。

