

主 编 胡起云
编 张 晓 婷

高等学校数字媒体专业“十三五”精品规划教材

三维建模基础



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

主 编 胡 起 云
编 张 晓 婷

◆ 高等学校数字媒体专业“十三五”精品规划教材

三维建模基础



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

三维建模基础/胡起云主编,张晓婷编. —武汉:武汉大学出版社, 2017.8

高等学校数字媒体专业“十三五”精品规划教材

ISBN 978-7-307-19594-3

I. 三… II. ①胡… ②张… III. 三维动画软件—高等学校—教材
IV. TP391.414

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 187062 号

责任编辑:黄殊 梁茜

责任校对:李孟潇

版式设计:韩闻锦

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 湖北金海印务有限公司

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 10 字数: 174 千字

版次: 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-19594-3 定价: 52.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换

编审委员会

学术顾问

- 朱明健 教育部动画、数字媒体专业教学指导委员会副主任委员
中国数字艺术设计专家委员会副主任委员
中国美术家协会动漫艺术委员会委员
武汉理工大学动画与公共艺术研究院院长、二级教授、博士生导师

主任委员（以姓氏笔画为序）

- 朱方胜 中国数字艺术设计专家委员会副主任委员
中国卡通艺术委员会常委
中国电视艺术家协会会员
中国数字艺术设计工程师技术资格（职称）认证专家委员会专家
江苏省数字艺术家委员会主任
江苏省教育书法家协会理事
江苏省重点专业（动画）带头人
中国传媒大学南广学院动画与数字艺术学院院长、教授
艺术学博士、高级工艺美术师

- 殷俊 江苏省高校动画、数字媒体艺术专业教学指导委员会秘书长
江苏省传媒艺术研究会理事
江苏省工艺美术协会设计师分会理事
江苏省数字艺术设计专家委员会副主任委员
江苏省工艺美术学会设计专业委员会委员
北京包豪斯文化艺术院专家委员会（顾问团）委员
无锡古运河文化创意中心主任
江南大学数字媒体学院教授、硕士生导师

- 殷之明 中国职业技术教育学会教学工作委员会艺术设计专业教学研究会副主任
全国民族技艺职业教育教学指导委员会委员
教育部职业院校艺术设计类专业教学指导委员会视觉传播设计分专业委员会委员
昆明冶金高等专科学校艺术设计学院院长、教授

副主任委员（以姓氏笔画为序）

- 姚志奇 黄淼 虞斌

委员（以姓氏笔画为序）

- 凡鸿 马红波 王丰 孔成 龙娟娟 田建伟 朱莉 朱方胜 刘寒
许存福 李运谱 狄岚 宋晓利 陈晨 陈天荣 林宁 姚志奇 周鹏程
胡起云 赵燕 段晖 娄旻 徐方金 徐远华 殷俊 殷之明 高旗
黄秋儒 章洁 黄淼 康俊 彭亚丽 谢舰锋 虞斌

前 言

三维建模在众多行业中均有应用，本书主要探讨其在影视与互动娱乐设计领域的应用。对于初学者来说，掌握三维建模技术是需要一定的学习成本的，这里说的成本是指时间、精力。

同时，编者认为学习三维建模应该从两个核心方向着手。第一，选择一款主流的三维软件，以软件相关操作技能为核心去训练。这方面的相关资料相当丰富，可以通过软件帮助手册、软件视频教程、软件操作相关书籍等渠道展开学习。第二，将三维建模作为影视与互动娱乐设计这一整体专业领域中的一个流程环节看待，从更为宏观的角度去认识三维建模的核心方法，掌握建模思路，并通过学习，逐步懂得如何以项目为核心选择建模方法，并构建合理建模流程。

上述两种学习途径都是非常有益的，缺一不可。不过，通过对相关书籍的查阅，编者发现第一种类型的学习内容相对比较丰富，但这类学习资料的淘汰率也比较高，这主要是因为其受技术发展、软件更新迭代等因素的影响比较大，所以很多资料面世一两年就过时了。因此，编者在构思本书时，着重以编写第二种类型的学习资料为目标，力图从通用的三维建模技术和思路去阐述问题，而对软件具体操作层面的知识着墨不多，主要是帮助初学者掌握三维建模领域核心的基础概念和方法。本书虽然以软件 Maya 为主进行讲解，但书中介绍的功能和案例，适用于任何一款主流三维软件。个别软件所具有的特殊功能，在本书中都不会过多涉及。

建议读者在阅读本书的同时，找一份匹配自己所用软件的功能操作类参考资料。两类资料同时学习，双管齐下就能获得最佳的学习效果。

本书是三维建模的初级教材，并未将所有相关知识都囊括其中，而是旨在通过一些典型案例，让初学者能够快速掌握三维建模的基本方法和通用流程。另外，由于编者自身知识与经验有限，书中难免会有不够严谨或错漏之处，还望各位读者和专家指正。

编者

2017年6月

目 录

| | | |
|---|-------------------------|-----|
| ① | 第一章 三维建模概述 | /1 |
| | 第一节 三维建模的应用与功能性分类 | /1 |
| | 第二节 三维建模的方法分类 | /3 |
| ② | 第二章 多边形建模的基本方法 | /7 |
| | 第一节 多边形建模简介 | /7 |
| | 第二节 多边形建模中的切割 | /9 |
| | 第三节 多边形建模的倒角 | /13 |
| | 第四节 多边形建模中的挤出 | /16 |
| | 第五节 多边形建模中的分离与合并 | /19 |
| | 第六节 多边形建模中的桥接 | /20 |
| | 第七节 多边形建模中的布尔运算 | /22 |
| | 第八节 多边形建模中的平滑处理 | /24 |
| | 第九节 多边形建模中的法线与光滑组 | /25 |
| ③ | 第三章 三维建模的基本思路与技巧 | /28 |
| | 第一节 最基本的建模思路——搭积木 | /28 |
| | 第二节 从整体到局部的建模思路 | /40 |
| | 第三节 从局部到整体的建模思路 | /45 |
| | 第四节 利用贴图技术进行建模 | /49 |

| | | |
|-----|--------------------------|------|
| 第五节 | 利用变形器建模的技巧 | /54 |
| 第六节 | 三维建模中的拓扑结构 | /58 |
| ◎ | 第四章 基于对象形态的三维建模分类 | /68 |
| 第一节 | 有机形建模 | /69 |
| 第二节 | 硬表面建模 | /86 |
| ◎ | 第五章 曲面建模与细分表面建模 | /106 |
| 第一节 | 曲面建模中的曲线创建与编辑 (一) | /106 |
| 第二节 | 曲面建模中的曲面创建与编辑 (二) | /112 |
| 第三节 | 曲面建模实例练习 | /121 |
| 第四节 | 细分表面建模 | /130 |
| ◎ | 第六章 雕刻建模 | /134 |
| 第一节 | 雕刻建模中的层级 | /134 |
| 第二节 | 雕刻建模中的笔刷 | /136 |
| 第三节 | 雕刻建模中的 Alpha | /137 |
| 第四节 | 关于 ZBrush | /138 |
| ◎ | 第七章 三维建模流程 | /142 |
| 第一节 | 普通精度要求下的三维建模流程 | /142 |
| 第二节 | 次世代精度及以上要求下的三维建模流程 | /143 |
| 第三节 | 关于贴图烘焙 | /145 |
| ◎ | 参考文献 | /151 |

第一章 三维建模概述

教学时数：2 课时

教学目标：建立对三维建模的功能应用和方法分类的整体了解

重点难点：理解不同建模方法在不同应用中的选择

教学方法：案例分析讲解

第一节 三维建模的应用与功能性分类

三维建模是指利用计算机系统描述物体空间形状的技术，它被广泛应用于影视与互动娱乐、工业产品设计、建筑环境模拟、科学仿真、医学仿真与器官再造等诸多领域。随着科技的发展，我们几乎在任何一个行业都会接触到三维建模技术，如影视中的虚拟角色（如图 1-1 所示）、梅赛德斯-奔驰的新款汽车、房地产商新开发的楼盘、地质学研究用的虚拟仿真模型等，不胜枚举。只要有三维图形的相关应用，就会用到三维建模技术。由三维建模技术生成的三维模型，用于不同领域时有着不同的要求。根据不同的模型数据要求，我们需要选择恰当的三维建模方法来创建模型。

通常来说，三维模型的应用有两个大类。第一类为可视化模型，即模型需要在人们视觉感知层面上达到真实可信的程度，但并不要求科学上的严格精确。比如我们在影视与互动娱乐业中接触到的模型数据，一般来说只要达到视觉精确就可以了。第二类为科学仿真模型，这类模型主要用于工业生产、科学仿真计算等领域，所以必须要求其尺寸、形体跟现实中物体的尺寸、形体完全一致，也就是完全的科学精确，如图 1-2 所示。以工业设计为例，如今很多工业产品都是无纸化生成流程，这就需要设计师在产品阶段构建出能够直接输入到生产线进行实际生成的精确模型数据，如图 1-3 所示。



图 1-1 电影《阿凡达》中的虚拟角色是利用三维建模技术构建的

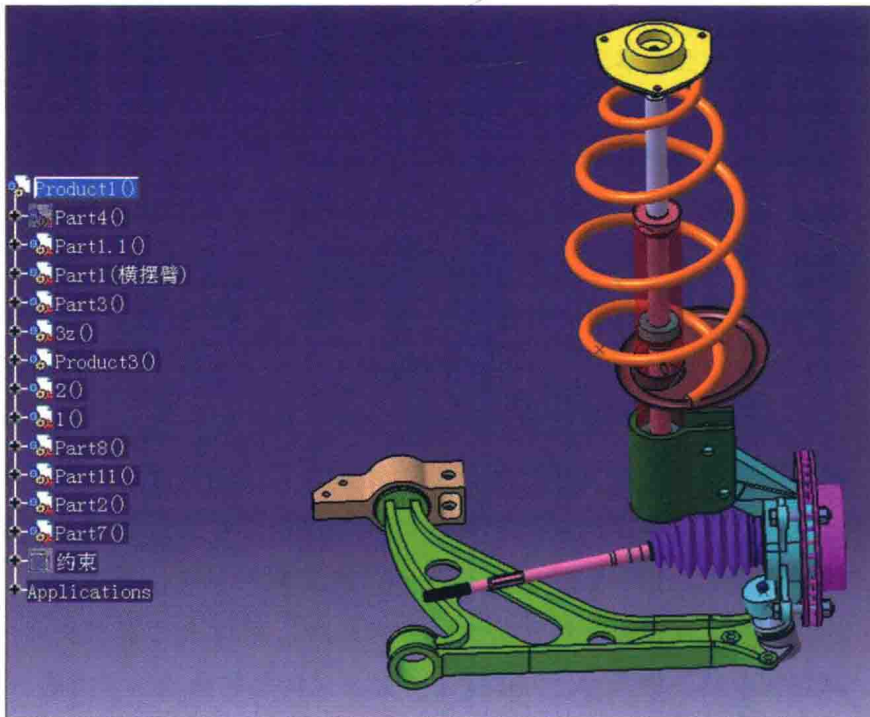


图 1-2 用于汽车设计的麦弗逊悬架仿真模型

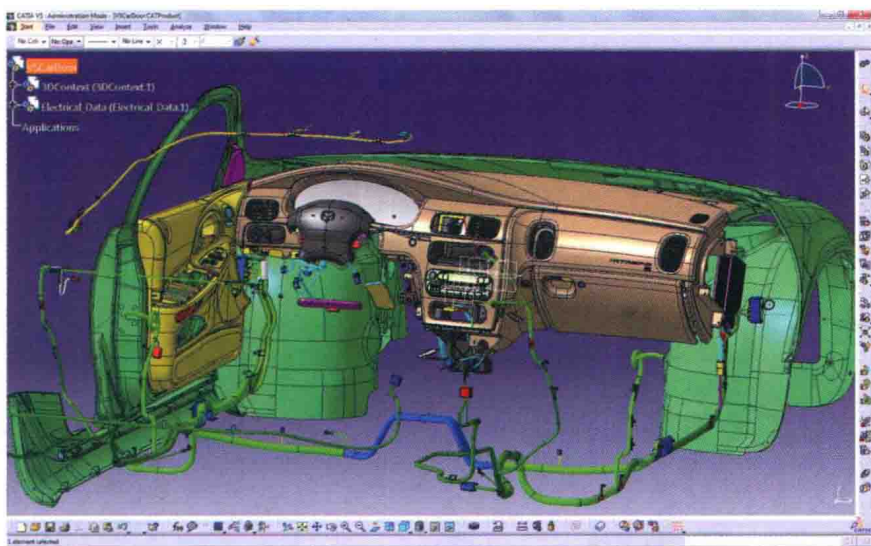


图 1-3 CATIA 软件用于汽车设计

本书所探讨的三维建模，以可视化模型为主，主要阐述应用于影视与互动娱乐行业的三维建模技术。

第二节 三维建模的方法分类

三维建模的方法种类比较多，比较常见的有多边形建模、曲面建模、细分表面建模、变形球建模等。

不同的建模方法对应不同的应用领域。如前文所述，如果模型要用于无纸化生产或科学仿真，通常应该选择可参数化的曲面建模，这种方式基于数学方程式构建模型，能够保证模型具有足够的精确度，如图 1-4 所示；假若构建的模型是用于影视或互动娱乐、建筑可视化演示等领域的，那么通常会选用多边形建模、细分表面建模或变形球建模等方法，这些建模方法的自由度大、效率高，并且其布线结构适合变形动画的要求。

由于三维建模的应用领域广、建模方法种类多，相应的三维建模软件也非常丰富。在工业设计、科学仿真领域，比较常见的有 Alias Studio Tools、PTC Creo、SolidWorks、CATIA、UG、Rhino 等，这些软件基本都是以曲面建模（也称为 NURBS

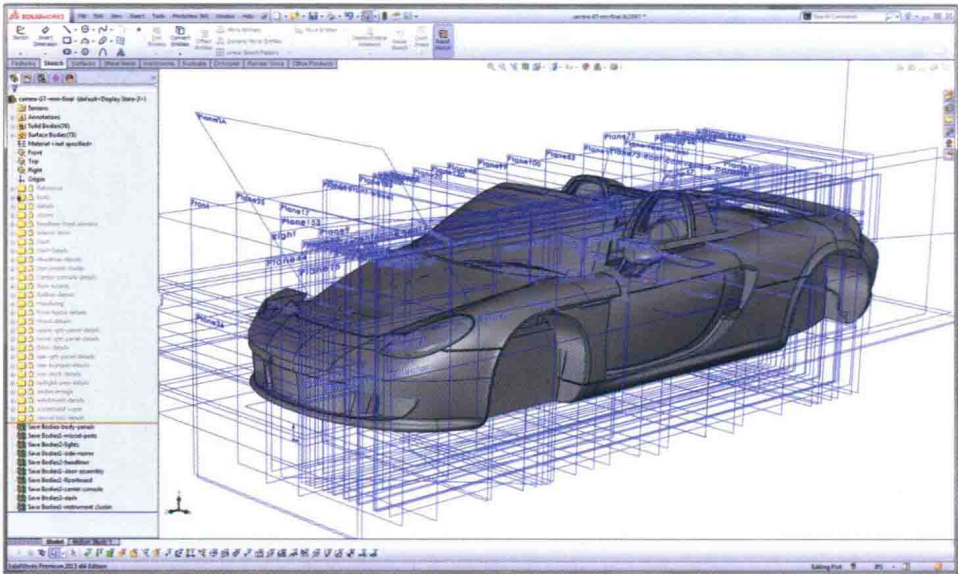


图 1-4 SolidWorks 中的参数化汽车模型，可以非常精确地获取其各个剖面的数据

建模) 技术为核心, 附带一些多边形建模功能。在可视化演示领域, 较为常见的有 Maya (如图 1-5 所示)、3DS Max (如图 1-6 所示)、Softimage、ZBrush (如图 1-7

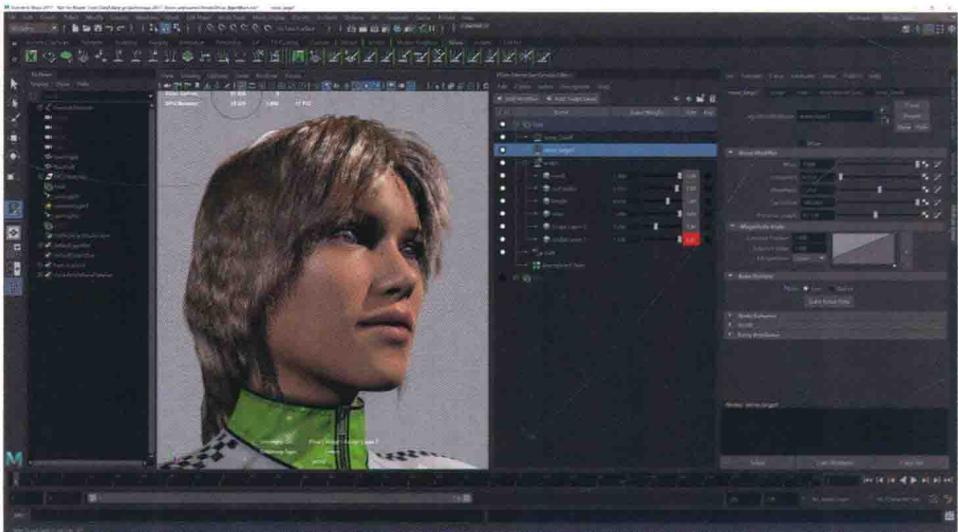


图 1-5 Maya 用于角色动画制作

所示)、LightWave、Blender 等。这类软件大多以多边形建模和细分表面建模为主，辅以少量曲面建模功能，其中有些软件还具有变形球建模模块。具有三维建模功能的软件非常多，这里提到的是很少的一部分。这些软件中有些是仅以建模为核心功能的，比如 ZBrush；有些是将建模作为一个功能模块的综合性三维动画软件，比如 Maya。正是由于建模软件的丰富，使得我们在项目中能够根据实际需要和预算来选择，并构建最为恰当的生产管线以提高效率。

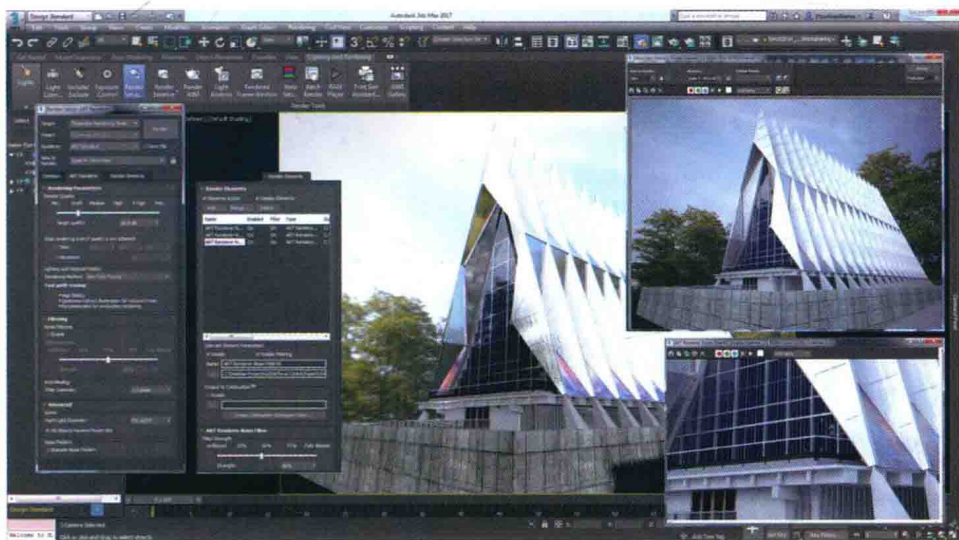


图 1-6 3DS Max 用于建筑可视化项目

不同的软件，其操作手法和建模思路会有一些的差异，但都在上述几种常见建模方法的总体框架中，所以软件只是工具，基本的建模方法并不会因为使用软件的不同而有特别明显的差异。本书的案例会以 Maya 和 ZBrush 这两款软件为工具，但如果将它们换成其他软件，其中的方法都是适用的。正是基于此原因，本书并不会详细介绍软件操作层面的基础知识，而是关注通用建模方法和思路的讲解。对于具体的软件操作层面的相关知识，一般通过学习软件自身的帮助手册就能够掌握，读者也可以借助一些视频教程或工具书进行学习。



图 1-7 ZBrush 中创建的人物模型

第二章 多边形建模的基本方法

教学时数：10 课时

教学目标：掌握多边形建模中常用的基本方法

重点难点：初学者学习多边形建模基本方法的同时必须学习一款三维软件的基本操作，以增强必要的实践能力

教学方法：教师进行案例演示后指导学生练习

第一节 多边形建模简介

多边形建模是在可视化领域最为常用的一种建模方法，英文名称为 Polygon Modeling。多边形建模的原理其实非常简单：我们知道空间中任意两个点之间能构建出一条直线段，而任意三个不在同一直线内的点能够构成一个三角面，即三边面，这就是 Polygon 的最基本单位。如果我们能在空间内构建更多的点，那就能够形成三角面的组合，进而生成形状复杂的三维模型。

根据上述原理，如图 2-1 所示，多边形模型就具有三个最基本的元素：Vertex（点）、Edge（边）、Face（面）。Vertex 就是模型上的各个顶点，Edge 就是每两个顶点之间的直线段，Face 就是由三条或者三条以上边围合成的封闭表面。

不难发现，多边形模型的构成原理特别简单，这也就使得其建模的方法相对简单明了，自由度也相对比较大。一般来说，不管是对模型上任意一种基本元素（点、边、面）中的哪一种，做空间上或是尺度上的修改，都能够对原有模型产生编辑效果，如图 2-2 所示。这其实也就是多边形建模的最基本、最核心的方法。

多边形建模的原理简单，初学者易于掌握，建模效率高。另外，多边

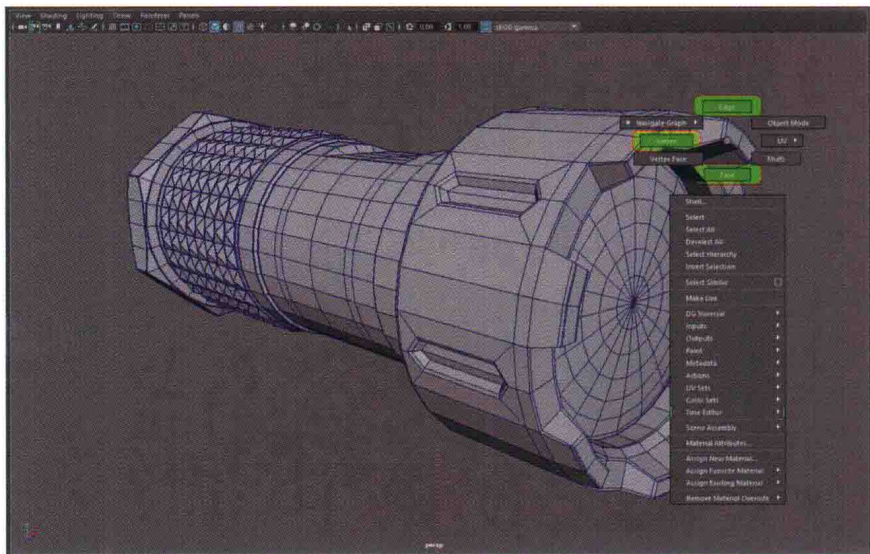


图 2-1 多边形模型具有三个最基本的元素：Vertex、Edge、Face

形模型通常可以在保持丰富细节的情况下构建完全闭合的形体，所以用它来做变形动画特别具有优势。相对地，NURBS 曲面模型需要多个各自独立但又相切对齐的面片来构成相应的“缝合”（但非闭合）模型，这样做变形动画时就容易出现表面撕裂现象，所以多边形建模被大量运用于影视动画、互动娱乐行业。当然，多边形建模也有其缺点，其中最为显著的一个就是无法做到完全精确。如前文所述，多边形模型的顶点之间只能是直线段，所以用多边形来描述曲面的时候，永远只可能达到近似的效果，因为每一条现实中的曲线都将被简化成一定数量的连续直线段来表达。这一缺陷，使得用多边形来描述平滑曲面形体时，需要有尽可能多的多边形数量。实际项目中，通常用一个三维模型所含多边形数量的多少来区分它的精度高低。影视级别的模型通常要求高精度的模型，用以满足最终的高分辨率画面输出需求；游戏级别的模型则通常要将面数控制在一个比较低的级别，这样才能保证实时交互的流畅性。总体来说，多边形建模是目前娱乐设计和可视化演示领域的首选。

多边形建模中有一个原则值得我们重视：构成模型的面应该尽可能地采用四边面。多于四边的面在多边形建模中虽然是允许的，但任何面在进入渲染阶段都会被渲染器分解为三角面后再着色计算，在这种情况下，多于四边的面分解后容易出现三角面的顶点法线方向跟预期不一致，导致渲染后的效果不理想的现象，而四边面能够大大避免此类状况的出现。另外，四边面能够比三角面得到更好的变形动画效果，所以在

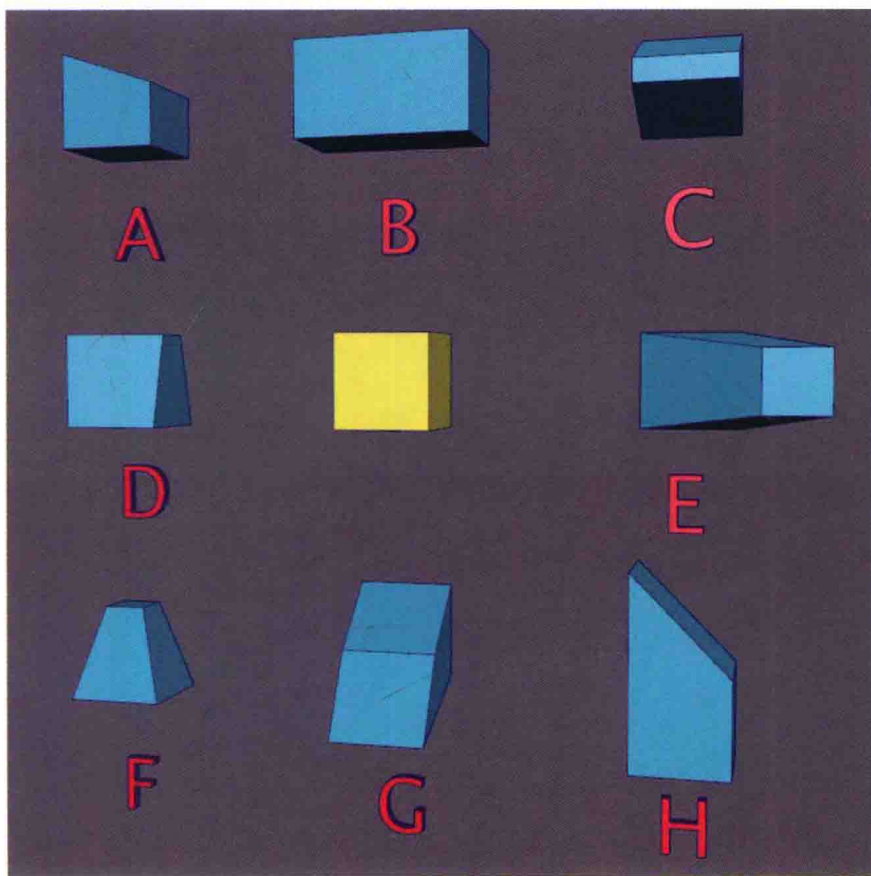


图 2-2 对中间黄颜色立方体的基本元素——Vertex、Edge、Face 进行简单编辑，就可得到周围蓝色所示各种不同的三维模型

对多边形模型进行布线时，也就是所谓的拓扑，应该尽可能地使用四边面，当然这也不是教条，具体情况要具体分析，特例也是有的。有关拓扑的详细内容将在后续章节中展开。

第二节 多边形建模中的切割

前一节中说到多边形建模的最基本方法是对模型上的点、边、面进行空间上和尺度上的编辑，也就是利用位移、旋转、缩放三种常用手法对其进行修改。在此基础上，如果要增加更多的模型细节，就需要有更多的顶点数量，而增加顶点数量最常用的方