



动漫游戏设计  
系列教程



# 游戏引擎教程

房晓溪 编著



附赠光盘一张



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



动漫游戏设计  
系列教程

TP319/32D

2008

# 游戏引擎教程

房晓溪 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

### 内 容 提 要

本书全面讲述了游戏引擎的基础知识和游戏引擎概念、应用、软件工具以及相关的技术规范。结合大量的实例介绍了 3D 游戏引擎的发展和 Windows、DirectX 等编程在游戏引擎中的应用,让读者对 3D 图像引擎技术有详细的了解。书中包含有经过编译的完整案例,可以帮助读者系统地掌握游戏引擎的开发过程,这也是本书的鲜明特色。

本书可以作为本科及高职高专学生的教科书,也可以作为希望从事动漫游戏设计和制作者的入门参考书。为方便读者学习,本书将配有案例光盘,以便读者可以进行深入研究。

### 图书在版编目(CIP)数据

游戏引擎教程 / 房晓溪编著. —北京:中国水利水电出版社, 2008

(动漫游戏设计系列教程)

ISBN 978-7-5084-5085-8

I. 游… II. 房… III. 三维—动画—游戏—软件开发—教材 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 168671 号

书 名	游戏引擎教程
作 者	房晓溪 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	889mm×1194mm 16 开本 18.25 印张 472 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	38.00 元(含 1CD)

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

引擎是游戏的**心脏**，决定着游戏的性能和稳定性以及游戏的速度、操纵感，这些直接与游戏相关的指标都是建立在引擎基础上的。玩家所体验到的剧情、关卡、美工、音乐、操作等内容都是由游戏的引擎直接控制的，它扮演着**中场发动机**的角色，把游戏中的所有元素捆绑在一起，在后台指挥它们，同时有序地工作。

本书全面讲述了**游戏引擎**的基础知识和**游戏引擎**概念、应用、软件工具以及相关的技术规范。第1章简要地介绍了**3D 游戏引擎**的发展和 Windows、DirectX 等编程在游戏中的应用。第2~3章概述了**3D 图形学**及常用算法、**3D 渲染技术**的基本原理，让读者对**3D 图像引擎技术**有一个大致的了解。第4~7章在图形学的基础上介绍了**3D 游戏中摄像机**的模式和移动方式；**材质、纹理贴图**和透明度；**Mesh 模型**；**Morph 动画**等内容。第8章介绍了游戏中的**场景编辑及管理**以及常用的**二叉树 (BSP)**、**四叉树 (QuadTree)**、**八叉树 (OctTree)** 算法等。第9章介绍了**3D 游戏中输入设备**的应用和控制方法。第10章介绍了**3D 音效**在**3D 游戏中**应用的重要性及乐趣。第11章介绍了**3D 游戏的网络技术**模块，使读者对游戏的网络结构有深入的了解。第12章概述了游戏的**物理系统**，详细讨论了**速度、重力、动量、运动碰撞检测系统**和优化技术。第13章介绍了**人工智能系统**在游戏中的应用及发展史，讨论了**AI 技术**中常用的**寻路算法**，概述了**游戏状态机**的原理。

刘春雷、房方、纪赫男参与了本书的编写工作，在此表示衷心感谢。

作者  
2007年10月

# 丛书序

动漫游戏是一种集剧情、美术、音乐、动画、程序等为一体的复合技术，一名动漫游戏专业的从业人员必须兼具软件行业专家和艺术家的创造力。从电影时代、电视时代、网络时代，到现在的移动媒体时代，动漫游戏的表现形式和内容不断发展变化，动漫游戏设计制作、经营的各个环节迅猛发展，带来了动漫游戏人才需求量的巨大缺口，尤其是创作兼技术优异的复合型设计人才更是供不应求。为推动我国动漫产业的发展、培养本土动漫专业人才，作者集多年动漫游戏设计与制作教学和著书的经验推出“动漫游戏设计系列教程”。为培养中国民族动漫、游戏人才，推动我国动漫、游戏产业快速发展贡献力量。

本套“动漫游戏设计系列教程”共有八本：

- 动漫游戏美术基础教程
- 动漫游戏美术构成教程
- 动漫游戏场景设计教程
- 动漫游戏角色设计教程
- 动漫游戏像素设计教程
- 网络游戏设计教程
- 手机动漫游戏设计教程
- 游戏引擎教程

本套动漫游戏丛书可以作为本科及高职高专学生的教科书，也可以作为希望从事动漫游戏事业的各个层次的动漫游戏爱好者的入门参考书。为方便读者学习，本套丛书大部分配有光盘，以便读者进行深入研究。

作者  
2007年2月

# 目 录

丛书序  
前言

## 第 1 章 3D 游戏引擎设计概论

- 1.1 3D 游戏引擎的进化 ..... 2
- 1.2 3D 引擎和游戏编程 ..... 15
- 1.3 引擎的模块与接口设计 ..... 22

## 第 2 章 基本的图形数学算法

- 2.1 基本的 Vector、Matrix ..... 26
- 2.2 面 ..... 36
- 2.3 多边形 ..... 43
- 2.4 包围盒 ..... 47
- 2.5 四元数 ..... 50
- 2.6 光线跟踪算法 (Ray Tracing) ..... 52

## 第 3 章 图形渲染的基本原理

- 3.1 图形的变换过程 ..... 56
- 3.2 GPU 的实现过程 ..... 64
- 3.3 图形采样器 ..... 70
- 3.4 图形管线 ..... 73

## 第 4 章 摄像机

- 4.1 游戏中的摄像机 ..... 76
- 4.2 摄像机的模式 ..... 79
- 4.3 摄像机的成像原理 ..... 80

# 目 录

## 第 5 章 材质、纹理贴图及透明度

- 5.1 材质和灯光 ..... 83
- 5.2 纹理贴图 ..... 86
- 5.3 纹理透明度处理 ..... 90
- 5.4 UV动画 ..... 97
- 5.5 贴图动画 ..... 100

## 第 6 章 简单静态 3D 模型

- 6.1 Mesh 的概念 ..... 103
- 6.2 Mesh 的创建 ..... 108
- 6.3 Mesh 的渲染 ..... 109
- 6.4 Mesh 的加载 ..... 109

## 第 7 章 模型动画

- 7.1 动画的基本知识 ..... 117
- 7.2 关节动画 ..... 119
- 7.3 单一网格模型动画 ..... 120
- 7.4 骨骼动画 ..... 122
- 7.5 Morph 动画 ..... 129

## 第 8 章 场景管理

- 8.1 场景管理的概念 ..... 135
- 8.2 二叉树算法 (BSP) ..... 135
- 8.3 四叉树 (QuadTree) 算法 ..... 140
- 8.4 八叉树算法 ..... 149

# 目 录

8.5 N 叉树在场景管理中的应用 .....	152
<b>第 9 章 输入系统</b>	
9.1 输入设备 .....	154
9.2 键盘 (Keyboard) 控制系统 .....	157
9.3 鼠标 (Mouse) 控制系统 .....	162
9.4 游戏杆 (Joysticks) 控制系统 .....	167
<b>第 10 章 声效系统</b>	
10.1 音效设备——声卡 .....	173
10.2 三维音频技术 .....	176
10.3 3D 音效的实现 .....	191
<b>第 11 章 网络系统</b>	
11.1 网络结构 .....	195
11.2 网络技术 .....	200
11.3 游戏网络的基本模块 .....	213
<b>第 12 章 物理系统</b>	
12.1 物理系统概论 .....	219
12.2 碰撞检测系统 .....	220
12.3 速度系统 .....	223
12.4 重力系统 .....	226
12.5 动量系统 .....	228



# 目 录

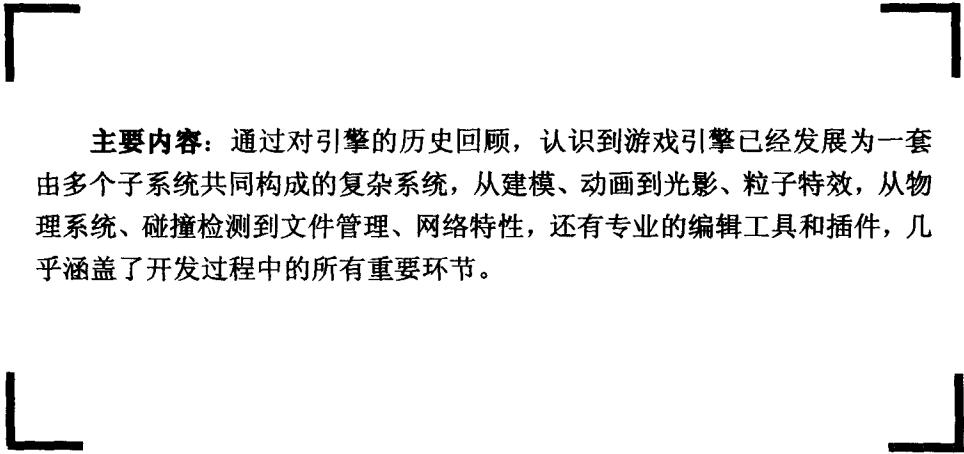
## 第 13 章 人工智能系统

13.1 人工智能系统概论 .....	235
13.2 寻路算法 .....	239
13.3 有限状态机的原理 .....	257

## 附录

# 第 1 章

## 3D 游戏引擎设计概论



**主要内容：**通过对引擎的历史回顾，认识到游戏引擎已经发展为一套由多个子系统共同构成的复杂系统，从建模、动画到光影、粒子特效，从物理系统、碰撞检测到文件管理、网络特性，还有专业的编辑工具和插件，几乎涵盖了开发过程中的所有重要环节。

大家都知道，引擎是赛车的核心，决定着赛车的稳定性、速度、操纵感，这些直接与车手相关的指标都是建立在引擎的基础上的。而游戏也是如此，玩家所体验到的剧情、关卡、美工、音乐、操作等内容都是由游戏的引擎直接控制的，它扮演着中场发动机的角色，把游戏中的所有元素捆绑在一起，在后台指挥它们，同时有序地工作。简单地说，引擎就是“用于控制所有游戏功能的主程序，从计算碰撞、物理系统和物体的相对位置，到接受玩家的输入，以及按照正确的音量输出声音等。”

所以，游戏引擎并不是什么玄乎的东西，无论是 2D 游戏还是 3D 游戏，无论是角色扮演游戏、即时策略游戏、冒险解谜游戏还是动作射击游戏，哪怕是一个只有 1MB 的小游戏，都有这样一段起控制作用的代码。经过不断地进化，如今的游戏引擎已经发展为一套由多个子系统共同构成的复杂系统，从建模、动画到光影、粒子特效，从物理系统、碰撞检测到文件管理、网络特性，还有专业的编辑工具和插件，几乎涵盖了开发过程中的所有重要环节。

每一款游戏都有自己的引擎，但真正能获得他人认可并成为标准的引擎并不多。纵观十多年的发展历程，我们可以看出引擎最大的驱动力来自于 3D 游戏，尤其是 3D 射击游戏。尽管像 Infinity 这样的 2D 引擎也有着相当悠久的历史，从《博德之门》(Baldur's Gate) 系列到《异域镇魂曲》(Planescape: Torment)、《冰风谷》(Icewind Dale)、《冰风谷 2》，但它的应用范围毕竟局限于“龙与地下城”风格的角色扮演游戏，包括《夜在绝冬城》(Neverwinter Nights) 所使用的 Aurora 引擎，它们都有着十分特殊的使用目的，很难对整个引擎技术的发展起到推动作用，这也是为什么体育模拟游戏、飞行模拟游戏和即时策略游戏的引擎很少进入授权市场的原因，开发者即便使用第三方引擎也很难获得理想的效果，采用《帝国时代 2》(Age of Empires) 引擎制作的《星球大战：银河战场》(Star Wars: Galactic Battleground) 就是一个最好的例子。

因此，下面对引擎的历史回顾将主要围绕动作射击游戏的变迁展开，动作射击游戏同 3D 引擎之间的关系相当于一对孪生兄弟，它们一同诞生，一同成长，互相为对方提供着发展的动力。

## 1.1 3D 游戏引擎的进化

曾经有一段时期，游戏开发者关心的只是如何尽量多地开发出新的游戏，并把它们推销给玩家。尽管那时的游戏大多简单粗糙，但每款游戏的平均开发周期也要达 8~10 个月以上，这一方面是由于技术的原因，另一方面则是因为几乎每款游戏都要从头编写代码，造成了大量的重复劳动。渐渐地，一些有经验的开发者摸索出了一条“偷懒”的方法，他们借用上一款类似题材的游戏中的部分代码作为新游戏的基本框架，以节省开发时间和开发费用。根据马克思的生产力学说，单位产品的成本因生产力水平的提高而降低，自动化程度较高的手工业者最终将把那些生产力低下的手工业者淘汰出局，引擎的概念就是在这种机器化作业的背景下诞生的。

### 1. 引擎的诞生 (1992 年至 1993 年)

1992 年，3D Realms 公司 (Apogee 公司) 发布了一款只有 2MB 多的小游戏——《德军司令部》(Wolfenstein 3D)，如图 1-1 所示，稍有资历的玩家可能都还记得最初接触它时的兴奋心情，用“革命”这一极富煽动色彩的词语也无法形容出它在整个电脑游戏发展史上占据的重要地位。这部游戏开创了第一人称射击游戏的先河，更重要的是，它在 X 轴和 Y 轴的基础上增加了一根 Z 轴，在由宽度和高度构成的平面上增加了一个向前向后的纵深空间，这根 Z 轴对那些看惯了 2D 游戏的玩家造成了巨大的视觉冲击。

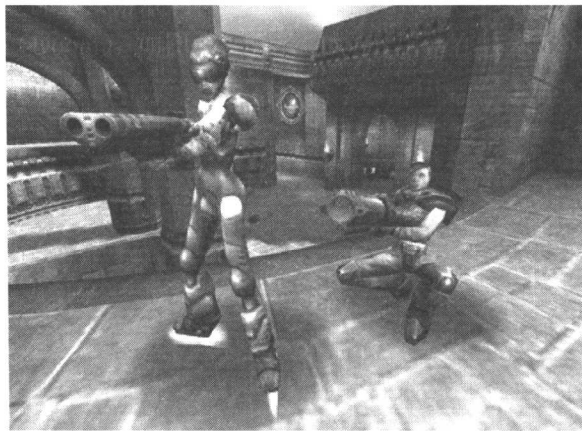


图 1-1 Wolfenstein 3D 引擎之《德军司令部》

Wolfenstein 3D 引擎的作者是鼎鼎有名的约翰·卡马克，这位 id Software 公司的首席程序师正是凭借这款 Wolfenstein 3D 引擎在游戏圈里站稳了脚跟。事实上，《德军司令部》并非第一款采用第一人称视角的游戏，在它发售前的几个月，Origin 公司就已经推出了一款第一人称视角的角色扮演游戏——《创世纪：地下世界》(Ultima Underworld)，如图 1-2 所示，这款游戏采用了类似的技术，但它与 Wolfenstein 3D 引擎之间有着相当大的差别，举例来说，《地下世界》的引擎支持斜坡，地板和天花板可以有不同的高度，分出不同的层次，玩家可以在游戏中跳跃，可以抬头低头，这些特性 Wolfenstein 3D 引擎都无法做到，而且从画面上看，《德军司令部》更接近漫画风格而不是传统的像素画面。

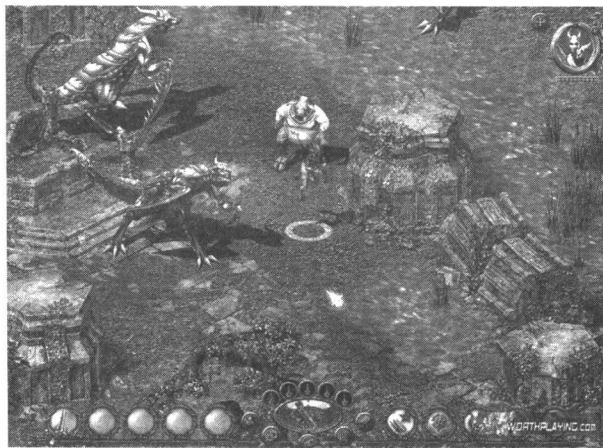


图 1-2 《创世纪：地下世界》(Ultima Underworld)

尽管从技术细节上看，Wolfenstein 3D 引擎比不上《创世纪：地下世界》的引擎，但它却更好地利用了第一人称视角的特点，快速火爆的游戏节奏使人们一下子记住了“第一人称射击游戏”这个单词，而不是“第一人称角色扮演游戏”。《德军司令部》后来还发布过一款名义上的续集——《三元的崛起》(Rise of the Triad)，这款游戏在 Wolfenstein 3D 引擎的基础上增加了许多重要特性，包括跳跃和抬头低头等动作。

引擎诞生初期的另一部重要游戏同样是出自 id Software 公司的一款非常成功的第一人称射击游戏——《毁灭战士》(Doom)，如图 1-3 所示。Doom 引擎在技术上大大超越了 Wolfenstein 3D

引擎,《德军司令部》中的所有物体大小都是固定的,所有路径之间的角度都是直角,也就是说你只能笔直地前进或后退,这些局限在《毁灭战士》中都得到了突破。尽管游戏的关卡还是维持在2D平面上进行制作,没有“楼上楼”的概念,但墙壁的厚度可以为任意,并且路径之间的角度也可以为任意,这使得楼梯、升降平台、塔楼和户外等各种场景成为可能。

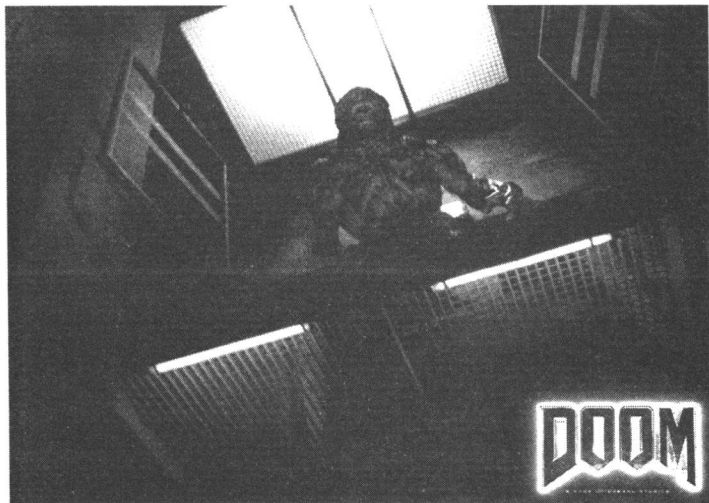


图 1-3 DOOM 引擎之《毁灭战士》

由于 Doom 引擎本质上依然是二维的,因此可以做到同时在屏幕上显示大量角色而不影响游戏的运行速度,这一特点为游戏创造出了一种疯狂刺激的动作风格,在这方面迄今为止大约只有《英雄萨姆》(Serious Sam)系列能与之相比,如图 1-4 所示,除此之外还没有哪款 3D 引擎能在大批敌人向你涌来的时候依然保持游戏的流畅,这也是如今市面上的大部分第一人称射击游戏都在积极地培养玩家的战术运用能力、提高玩家的射击准确率而拒绝滥砍滥杀的主要原因之一。值得一提的是,尽管 Doom 引擎缺乏足够的细节度,但开发者仍然在《毁灭战士》中表现出了惊人的环境效果,其纯熟的设计技巧实在令人赞叹。



图 1-4 《英雄萨姆》(Serious Sam)

不过更值得纪念的是，Doom 引擎是第一个被用于授权的引擎。1993 年底，Raven 公司采用改进后的 Doom 引擎开发了一款名为《投影者》(ShadowCaster) 的游戏，如图 1-5 所示，这是游戏史上第一例成功的嫁接手术。1994 年 Raven 公司采用 Doom 引擎开发《异教徒》(Heretic)，如图 1-6 所示，为引擎增加了飞行的特性，成为跳跃动作的前身。1995 年 Raven 公司采用 Doom 引擎开发《毁灭巫师》(Hexen)，加入了新的音效技术、脚本技术以及一种类似集线器的关卡设计，使你可以在不同关卡之间自由移动。Raven 公司与 id Software 公司之间的一系列合作充分说明了引擎的授权无论对于使用者还是开发者来说都是大有裨益的，只有把自己的引擎交给更多的人去使用才能使引擎不断地成熟起来。

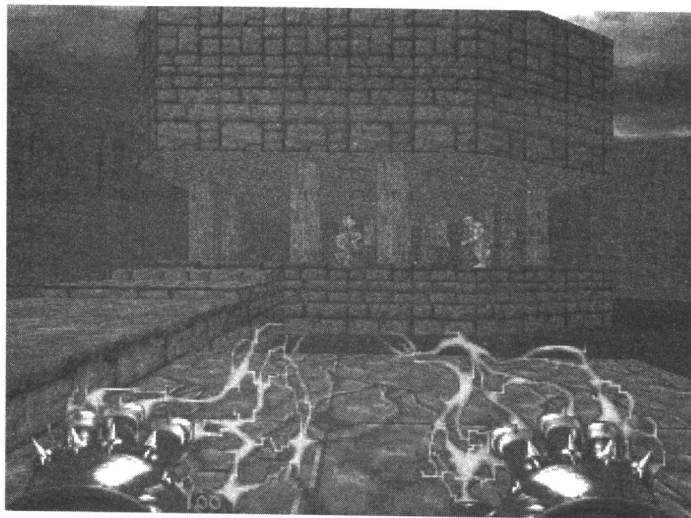


图 1-5 Doom 引擎之《投影者》(ShadowCaster)

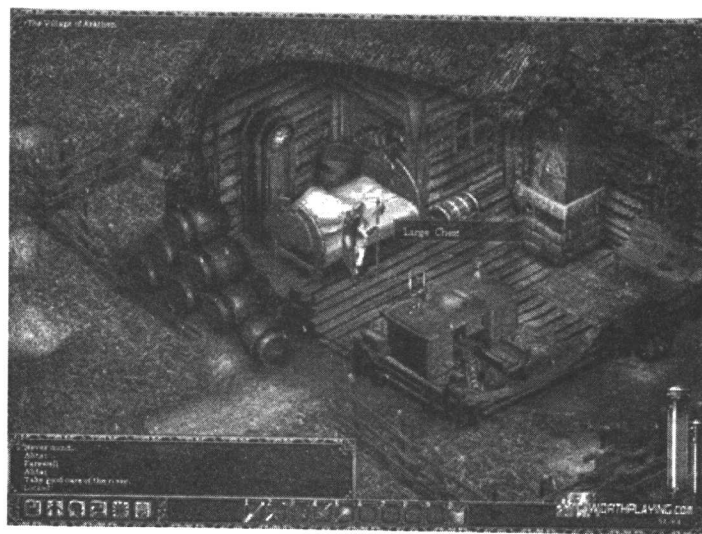


图 1-6 Doom 引擎之《异教徒》(Heretic)

《毁灭战士》系列本身就相当成功，大约卖了 350 万套，而授权费又为 id Software 公司带来了一笔可观的收入。在此之前引擎只是作为一种自产自销的开发工具，从来没有哪家游戏商考虑过依靠引擎赚钱，Doom 引擎的成功无疑为人们打开了一片新的市场。

## 2. 引擎的转变（1994 年至 1997 年）

在引擎的进化过程中，肯·西尔弗曼于 1994 年为 3D Realms 公司开发的 Build 引擎是一个重要的里程碑，Build 引擎的“肉身”就是那款家喻户晓的《毁灭公爵》（Duke Nukem 3D），如图 1-7 所示。《毁灭公爵》已经具备了今天第一人称射击游戏的所有标准内容，如跳跃、360 度环视以及下蹲和游泳等特性，此外还把《异教徒》里的飞行换成了喷气背包，甚至加入了角色缩小等令人耳目一新的内容。在 Build 引擎的基础上先后诞生过 14 款游戏，例如《农夫也疯狂》（Redneck Rampage）、《阴影武士》（Shadow Warrior）和《血兆》（Blood）等，还有中国台湾地区艾生资讯开发的《七侠五义》，这是当时国内不多的几款 3D 射击游戏之一。Build 引擎的授权业务大约为 3D Realms 公司带来了一百多万美元的额外收入，3D Realms 公司也由此而成为了引擎授权市场上的第一个“暴发户”。不过从总体来看，Build 引擎并没有为 3D 引擎的发展带来任何质的变化，突破的任务最终由 id Software 公司的《雷神之锤》（Quake）完成了，如图 1-8 所示。



图 1-7 Build 引擎的“肉身”《毁灭公爵》（Duke Nukem 3D）

《雷神之锤》紧跟在《毁灭公爵》之后发售，两者孰优孰劣一时之间成为玩家的热门话题。从内容的精彩程度来看，《毁灭公爵》超过《雷神之锤》不少；但从技术的先进与否来看，《雷神之锤》是毫无疑问的赢家。Quake 引擎是当时第一款完全支持多边形模型、动画和粒子特效的真正意义上的 3D 引擎，而不是 Doom、Build 那样的 2.5D 引擎。此外 Quake 引擎还是连线游戏的始作俑者，尽管几年前的《毁灭战士》也能通过调制解调器连线对战，但最终把网络游戏带入大众视野之中的是《雷神之锤》，是它促成了电子竞技产业的发展。

一年之后，id Software 公司推出《雷神之锤 2》，一举确定了自己在 3D 引擎市场上的霸主地位。《雷神之锤 2》采用了一套全新的引擎，可以更充分地利用 3D 加速和 OpenGL 技术，在图像和网络方面与前作相比有了质的飞跃，Raven 公司的《异教徒 2》（Heretic II）和《军事冒险家》

(Soldier of Fortune)、Ritual 公司的《原罪》(Sin)、Xatrix 娱乐公司的《首脑：犯罪生涯》(Kingpin: Life of Crime) 以及离子风暴工作室 1994 年夏天刚刚发布的《安纳克朗诺克斯》(Anachronox) 都采用了 Quake II 引擎。

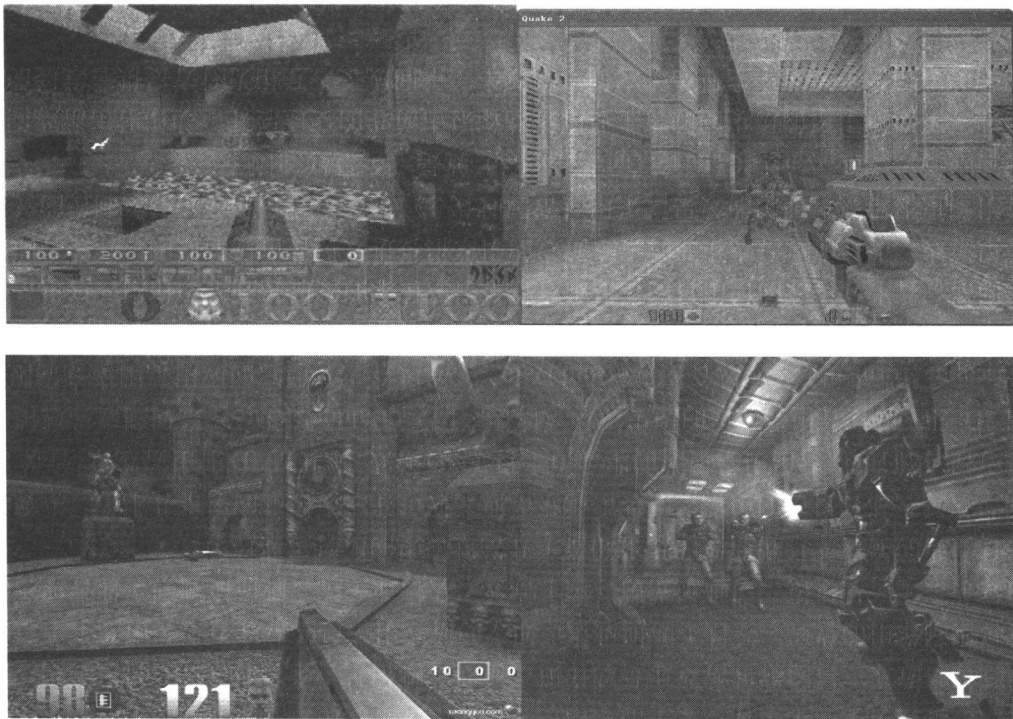


图 1-8 Quake 引擎《雷神之锤》系列之作

Quake II 引擎的授权模式大致如下：基本许可费从 40 万美元到 100 万美元不等，版税金视基本许可费的多少而定，40 万美元的许可费大约需要提取 10% 以上的版税金，100 万美元的许可费则提取很少一部分版税金。这样算下来，《雷神之锤 2》通过引擎授权所获得的收入至少有一千万美元，尽管游戏本身的销售业绩比起《毁灭战士》来要差很多，大约卖了 110 多万套，收入在 4500 万美元左右，但在授权金这一块它所获得的盈利显然要远远高于《毁灭战士》，此时的引擎已经从一种单纯的工具变成了一块令人垂涎欲滴的肥肉。

俗话说“一个巴掌拍不响”，没有实力相当的竞争者，任何市场都无法发展起来。正当 Quake II 独霸整个引擎市场的时候，Epic Megagames 公司（即现在的 Epic 游戏公司）的《虚幻》(Unreal) 问世了。毫不夸张，第一次运行这款游戏的玩家，都被眼前的画面惊呆了，尽管当时只是在  $300 \times 200$  的分辨率下运行的这款游戏。除了精致的建筑物外，游戏中的许多特效即便在今天看来依然很出色，荡漾的水波、美丽的天空、庞大的关卡、逼真的火焰、烟雾和力场等效果。从单纯的画面效果来看，《虚幻》是当之无愧的佼佼者，其震撼力完全可以与人们第一次见到《德军司令部》时的感受相比。

Unreal 引擎可能是使用最广的一款引擎（如图 1-9 所示），在推出后的两年之内就有 18 款游戏与 Epic 公司签订了许可协议，这还不包括 Epic 公司自己开发的《虚幻》资料片《重返纳帕利》，其中比较近的几部作品如第三人称动作游戏《北欧神符》(Rune)、角色扮演游戏《杀出重围》(Deus Ex) 以及不久后上市的第一人称射击游戏《永远的毁灭公爵》(Duke Nukem Forever)，这些游戏



都曾经或将要获得不少好评。

Unreal 引擎的应用范围不限于游戏制作,还涵盖了教育、建筑等其他领域。Digital Design 公司曾与联合国教科文组织的世界文化遗产分部合作采用 Unreal 引擎制作过巴黎圣母院的内部虚拟演示,Zen Tao 公司采用 Unreal 引擎为空手道选手制作过武术训练软件,另一家软件开发商 Vito Miliano 公司也采用 Unreal 引擎开发了一套名为 Unrealty 的建筑设计软件,用于房地产的演示。

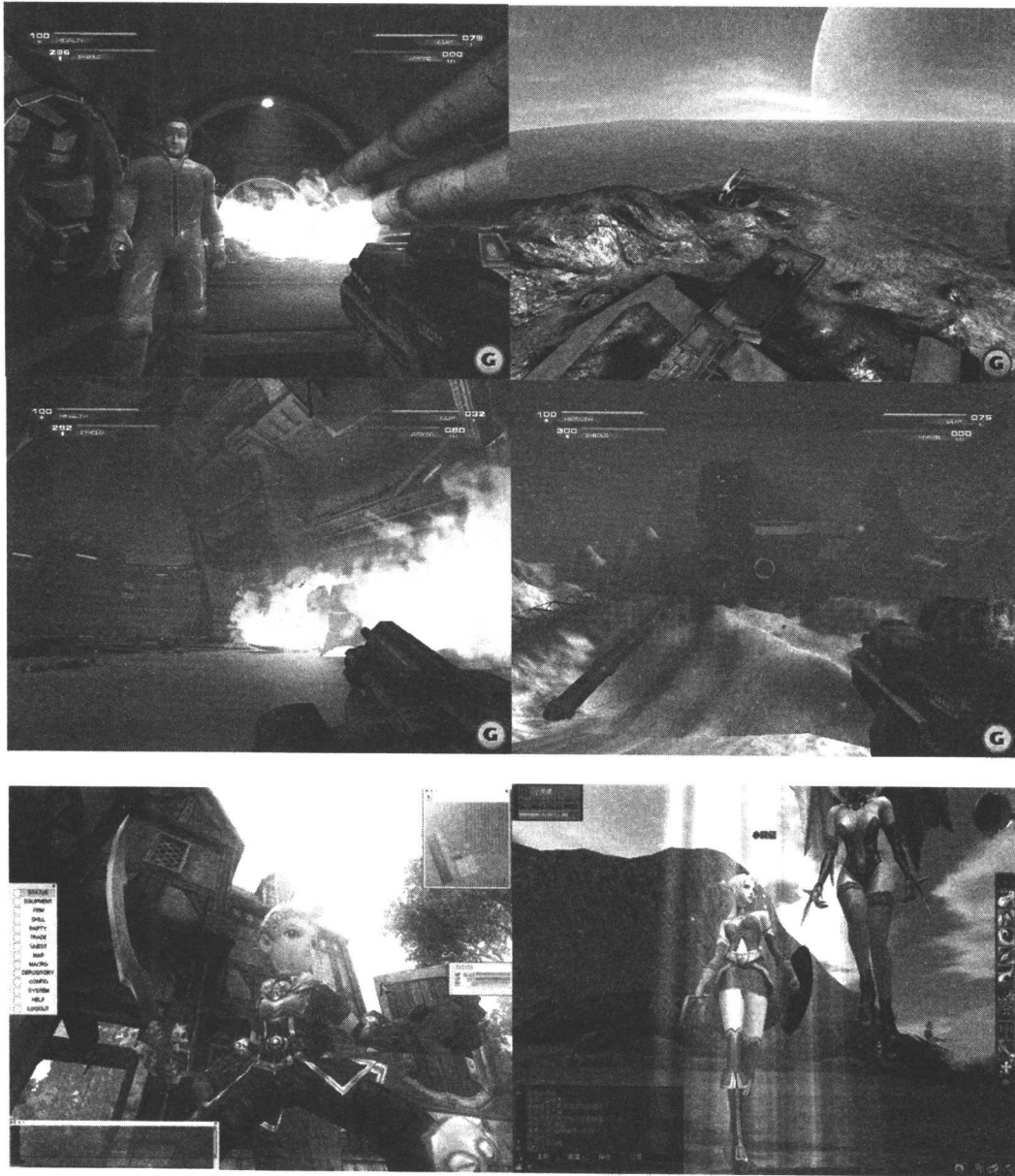


图 1-9 Unreal 引擎系列之作

这款与《雷神之锤 2》同时代的引擎经过不断地更新,至今依然活跃在游戏市场上,丝毫没有显出老迈的迹象,实属难得。