

Houdini

DVD ROM DVD ROM DVD ROM

超值

12小时高清视频教程
素材及工程文件

学总动员

——动力学卷

张宝荣 吕新欣 等编著



清华大学出版社

Houdini

DVD DVD DVD
ROM ROM ROM

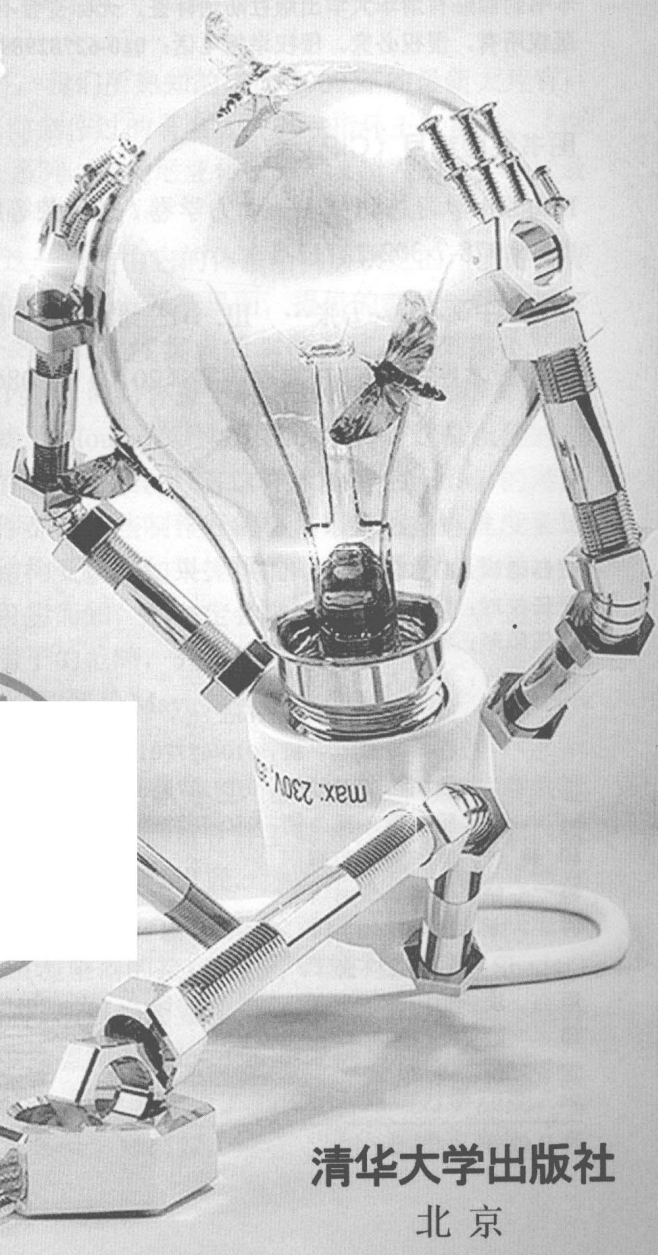
超值

12小时高清视频教程
素材及工程文件

学总动员

——动力学卷

张宝荣 吕新欣 等编著



清华大学出版社
北京

TP311.41
2075-2
1

内 容 简 介

Houdini 是世界著名的 3D 特效软件, 在电影、电视等方面有着大量的应用。本书以 Houdini 10.0 最新版本为依托, 全面、系统地介绍 Houdini 的动力学功能。动力学是 Houdini 的重点内容, 本书详细介绍了布料仿真模拟, 碰撞, 动力学节点网络, 各种仿真模拟和计算, 粒子操作, 粒子控制以及全部动力学节点的功能解释等。本书配有 3 张 DVD, 12 个小时的教学时长, 1024×768 高清画质, 语音讲解。图书和视频教学内容互为补充, 相得益彰, 并且相互独立。教学内容包括粒子行为、粒子替换、粒子渲染、粒子群组动画, 刚体操作、布料系统, 线动力学、头发模拟、柔体, 流体技术等。

本书是全面学习 Houdini 动力学功能不可多得的参考手册, 也可作为培训教材或供业内用户查阅使用。

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。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

Houdini 学习总动员——动力学卷 / 张宝荣等编著. —北京: 清华大学出版社, 2010.8
ISBN 978-7-302-22717-5

I. ①H… II. ①张… III. ①三维-动画-图形软件, Houdini 10.0 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 086976 号

责任编辑: 冯志强

责任校对: 徐俊伟

责任印制: 孟凡玉

出版发行: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

投稿与读者服务: 010-62795954, jsjjc@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

邮 购: 010-62786544

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 20 彩 插: 2 字 数: 496 千字

附光盘 3 张

版 次: 2010 年 8 月第 1 版

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 59.80 元



张宝荣

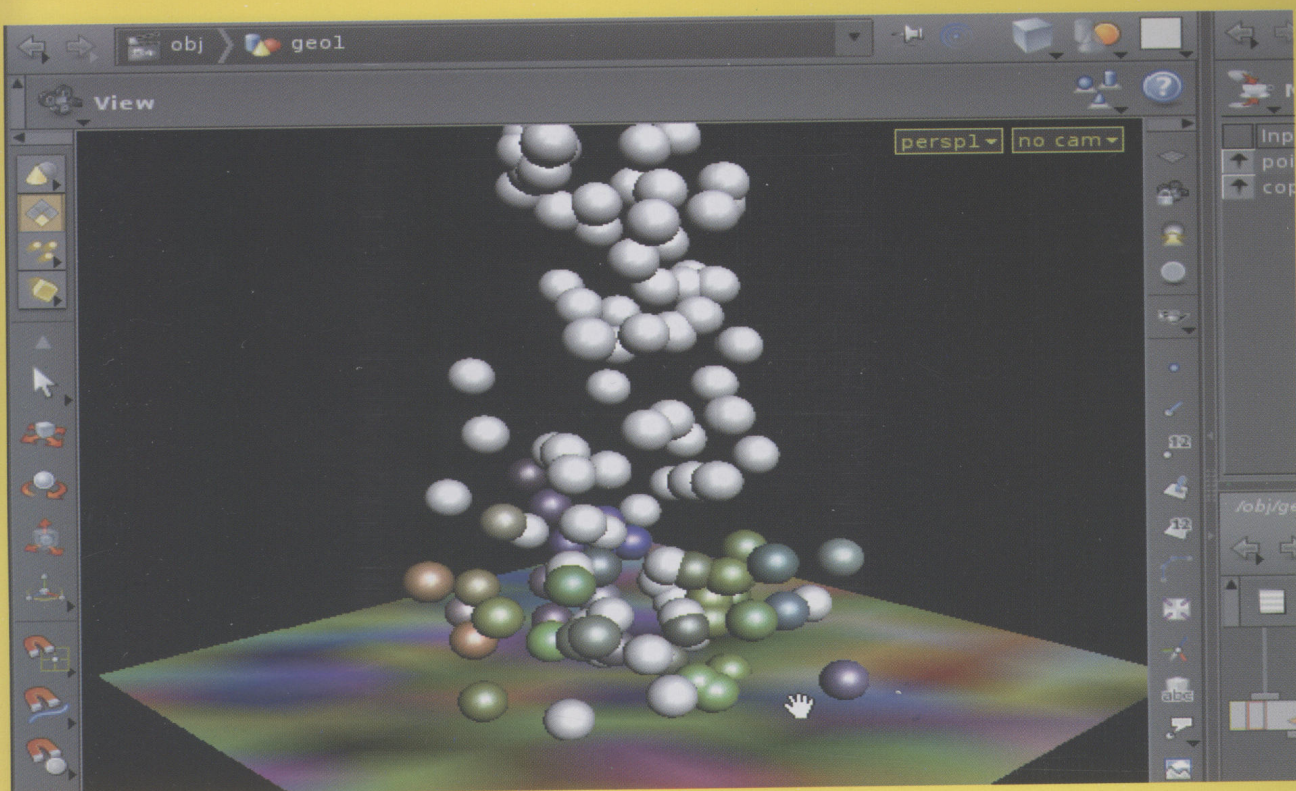
总动员公司创始人, Maya 专家。国内第一代三维动画技术的研究者与教学者, 曾担任过多部电影、电视剧的特技导演, 有丰富的行业技术经验。曾任多家知名学府及培训机构的技术总监和教学总监, 具有丰富的三维动画教学经验。著有多部动画技术专著, 出版有《Maya总动员》系列大型多媒体教学软件。



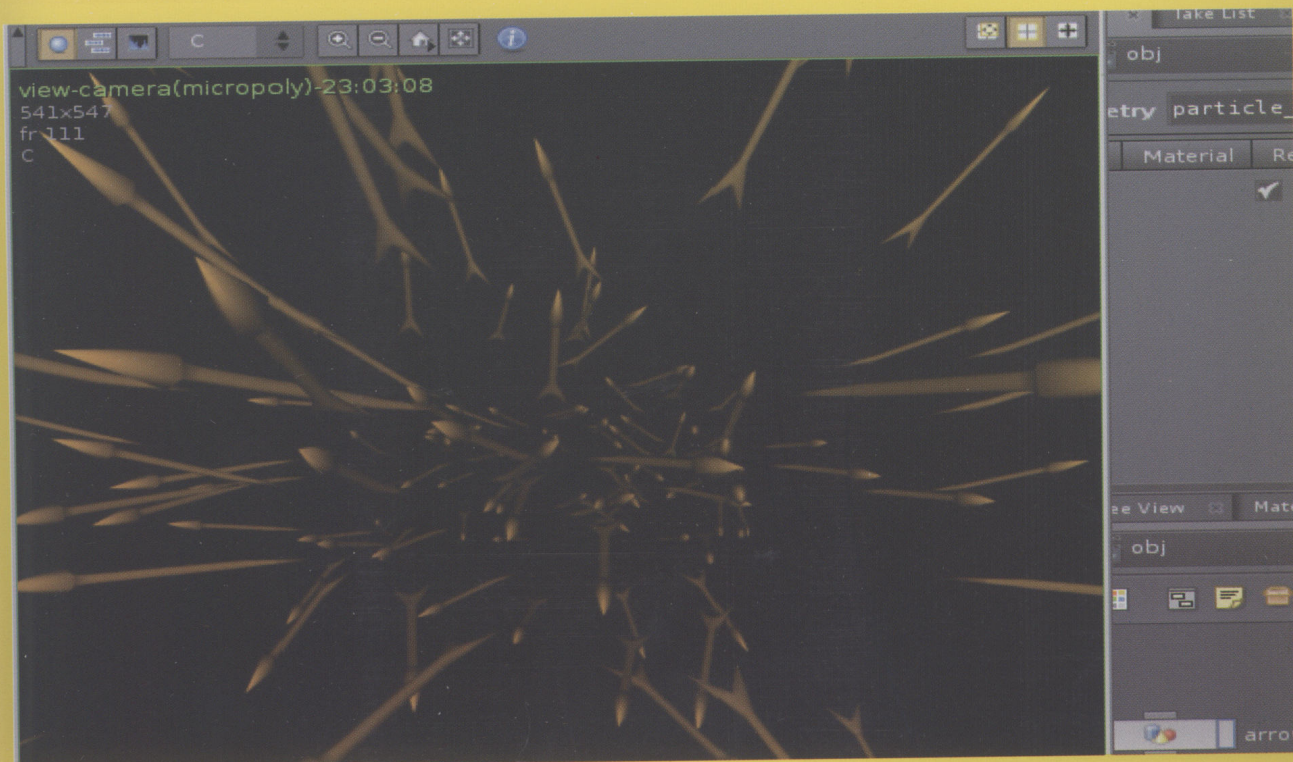
吕新欣

Houdini专家, Maya专家。从事三维动画工作十多年, 曾供职于多家知名动画制作企业, 任职技术总监, 并在多家高校及培训机构任教, 是一位技术全面而精湛的三维动画专家。

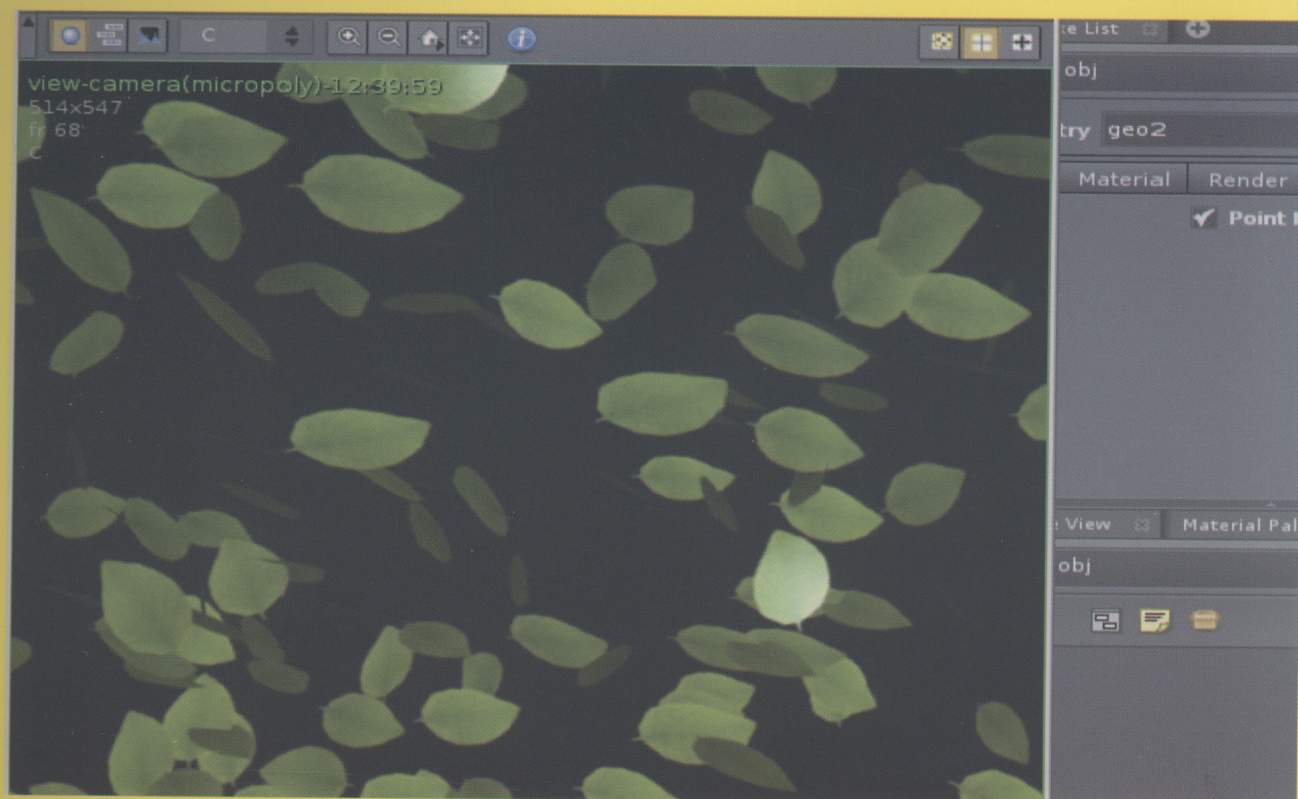
动力学粒子操作学习，详见视频教程DVD01



粒子替代操作，详见视频教程DVD01



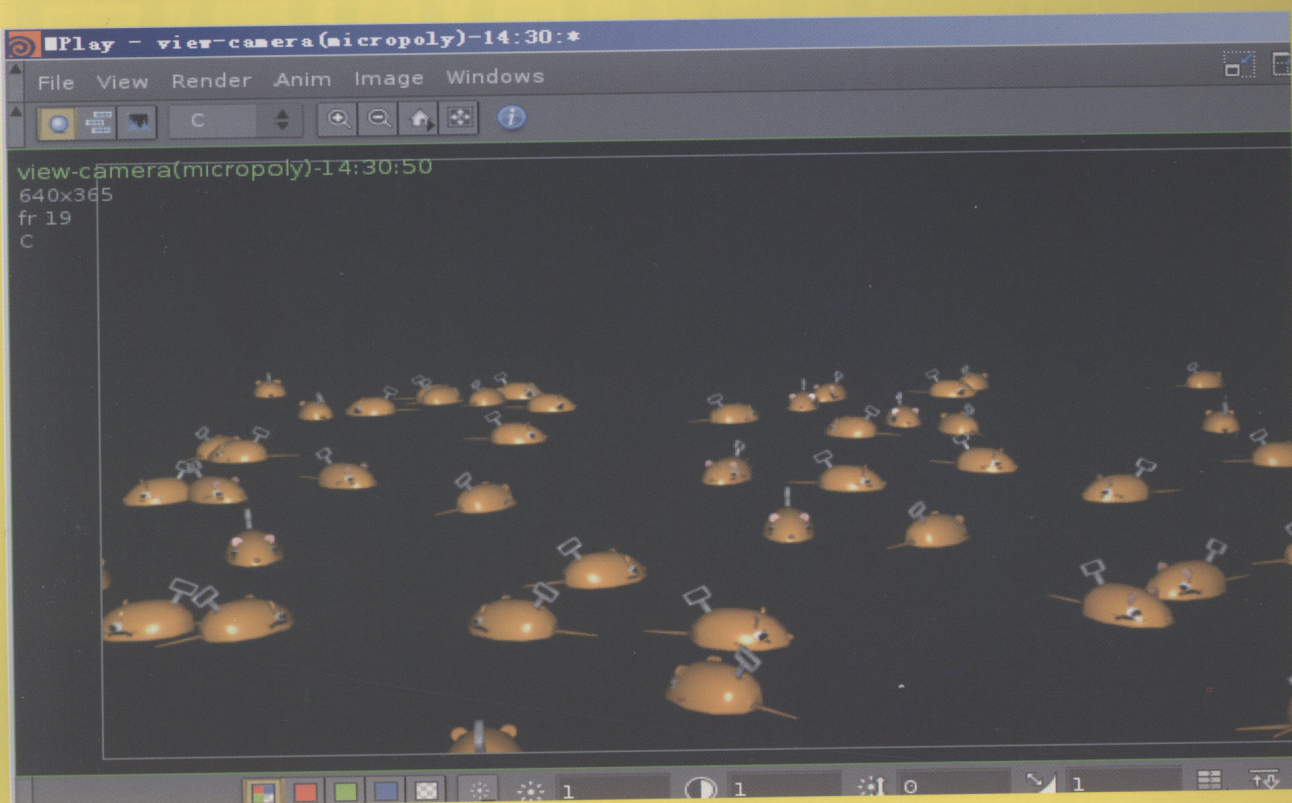
粒子应用实例，详见视频教程DVD01



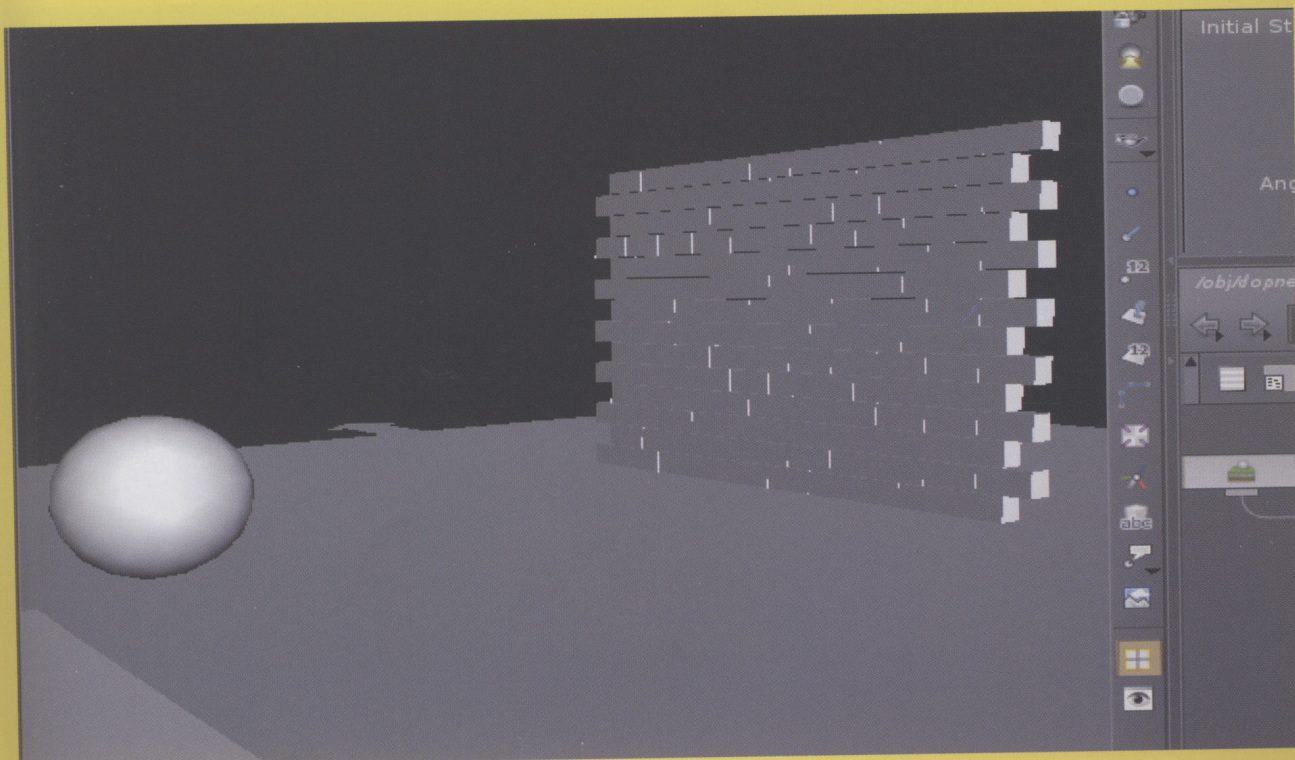
粒子特效操作，详见视频教程DVD02



粒子群体动画操作，详见视频教程DVD02



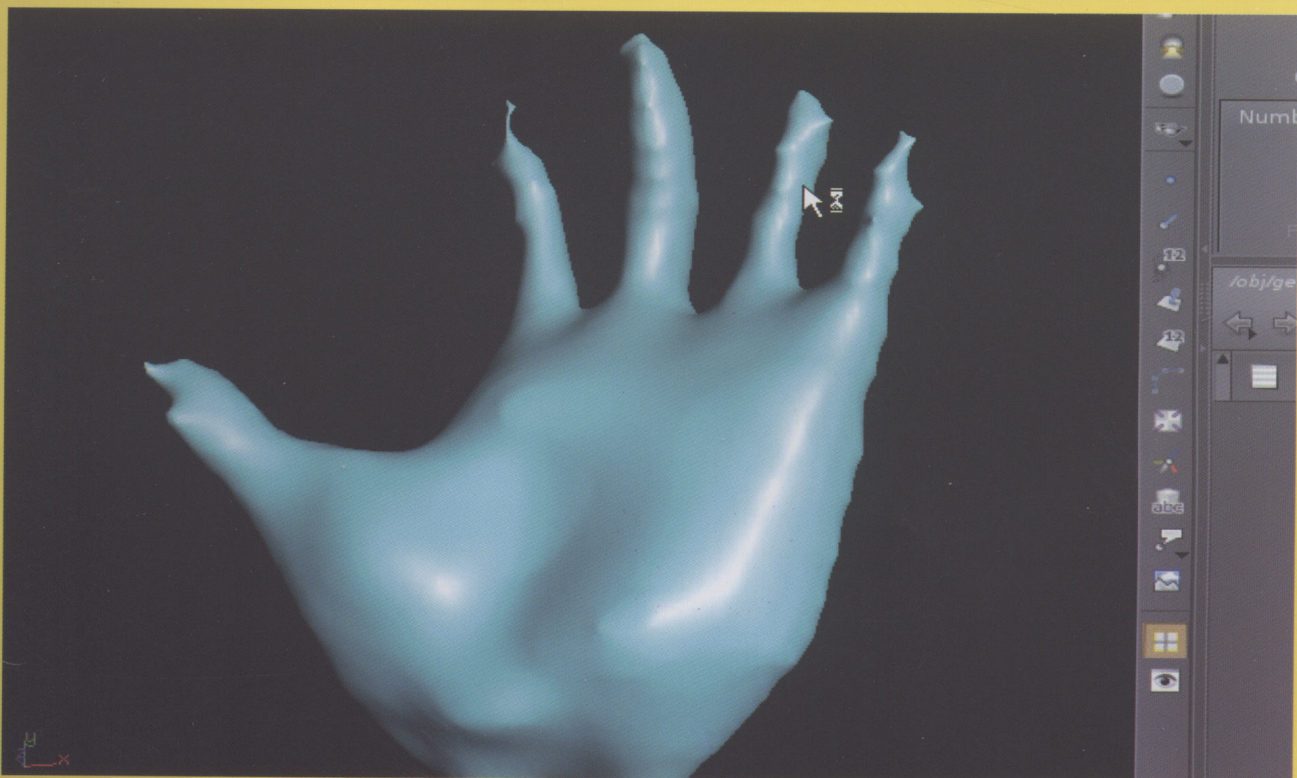
刚体动力学实例操作，详见视频教程DVD02



布料动力学操作实例，详见视频教程DVD03



流体动力学实例，详见视频教程DVD03



前言

Side Effects 是好莱坞顶级视觉特效研发软件公司，它的主导产品 Houdini 已经应用到 250 多部电影中，最新获得视觉特效奥斯卡奖的 11 部电影中有 9 部都是用 Houdini 制作的。该公司总部设在多伦多，已经两次获得奥斯卡科技成果奖。

Houdini 作为一款极度灵活的高端特效软件，在好莱坞的电影大片中可谓是大显身手，一些极富挑战性的镜头大都是借助 Houdini 的强大功能完成的。几乎每年都会有几十部超级大片的电影使用 Houdini 去完成一些高难度的超炫特效镜头。该软件的研发工作已经经历了 17 年之久，制作过 5000 多个特效镜头，是一款完备的集成 3D 特效工具，支持完全自定义解决方案。

由 Houdini 参与制作过的电影大片有很多，我们所熟知的比如 2009 年的最新大片有：《2012》、《变形金刚 2》、《阿凡达》等。以前制作过的著名大片有《指环王》系列、《蜘蛛侠》系列、《哈利波特》系列、《终结者》系列、《纳尼亚传奇》、《超人归来》、《最终幻想》等不胜枚举。

Houdini 最大的优势是绝对的创作自由，这一点是由它的体系结构所决定的，它是目前为止最底层的三维动画软件，所谓底层是指在 Houdini 系统里面，提供的都是一些最基本的三维动画创作工具，很少存在为实现某个效果而高度集成的制作工具。如果你是一个 Houdini 初级用户，你会觉得它似乎少了很多内容，而给你留下的只是一些眼花缭乱的节点工具，其实正是因为这些“散碎工具”才造就了 Houdini 无与伦比的威力。这与以往的制作思维有些区别，它需要制作人员有更底层的制作思维，只有这样才能将 Houdini 的潜能发挥出来。这就好比盖房子，如果盖房的元件都是一些制作好的模具，虽然搭建速度会比较快，但房屋外观会千篇一律，没有丰富的结构变化，如果提供的是一些沙子、石子、钢筋、水泥、砖、木材、水等最基本的原料，可想而知，那一定会做成千变万化、各式各样的房屋，甚至这些原料的功效已经超出了盖房子的范畴，究竟能用这些原料建造出哪些新鲜事物，这就要看我们自己的个人修为了。因此，即便是 Maya 这样的动画系统，较之 Houdini 恐怕也要相形见绌了。

Houdini 是一款非常错综复杂、极度灵活的三维动画软件包，它解决问题的方法非常适合于制作视觉特效的技术导演，以及那些希望最大限度地对软件工具进行控制的人们。这有时意味着需要使用者自己组装工具、对工具进行一些预设置，才能使这些工具像其他软件中的工具架按钮那样进行操作。Houdini 中包括了 Side Effects 公司自己开发的光线追踪渲染器 Mantra，同时也具有完善的与 Renderman 渲染器的接口，它的 VEX 材质模型(Shader)与 Renderman 渲染器和 Mantra 渲染器相互兼容，所以当需要使用光线追踪算法渲染一些特殊的项目时，可以非常方便地在 Renderman 渲染器和 Mantra 渲染器之间进行切换。

书中以 Houdini 10.0 最新版本为依托，全面、系统地介绍了 Houdini 的动力学功能。动力学是 Houdini 的重点内容，本书详细介绍了布料仿真模拟，碰撞，动力学节点网络，各

种仿真模拟、解算，粒子操作，粒子控制，以及全部动力学节点的功能解释等，是全面、详细学习 Houdini 动力学功能不可多得的必选手册，也可作为培训教材以及业内用户查阅使用。

本书的特色是全面而翔实，比较系统地介绍了 Houdini 的动力学全部内容，使初学者对 Houdini 的动力学内容有全面详细的了解。另外随书配套的 3 张 DVD 更是对动力学的强大功能展现无余，是丛书内容的补充和延伸。

本书在编写过程中得到了很多业内专家的指导和帮助，除了张宝荣和吕新欣外，参与编写的人员还有：赵辉、于治民、焦福海、张进霞、张庆中、尚东风、陈钢、马鹏程、王小慧、程瑞霞、白丽娜、余凤、史振旭、万凌清。另外参与辅助工作的人员有：杨庆、刘音、李孝楠、钱挺、刘伟、钟来进、李远剑、邹凯、姜忠雨、何艺蕾等。他们付出了辛苦的劳动，在此一并表示感谢。书中难免有不妥或值得商榷之处，希望读者批评指正。

编者

2010 年 3 月

目 录

第 1 章 动力学 1

1.1 关于 Houdini 动力学 1
1.2 布料仿真模拟 6
1.3 碰撞 6
1.4 动力学节点网络 8
1.5 流体密度和距离场 10
1.6 力 13
1.7 粘合 13
1.8 如何选择流体仿真模拟类型 14
1.9 输入输出和缓存 15
1.10 混合关键帧动画和 仿真模拟 19
1.11 优化仿真模拟 21
1.12 粒子仿真模拟 22
1.13 RBD 仿真模拟 23
1.14 关系 23
1.15 波纹仿真模拟 25
1.16 解算 26
1.17 将仿真模拟数据可视化 29
1.18 线仿真模拟 30

第 2 章 粒子 34

2.1 简单粒子体系（粒子 SOP） 34
2.2 发射 34
2.3 经过网络的粒子数据流 35
2.4 施力 35
2.5 对曲面做出反应 37
2.6 限制粒子速度 39
2.7 吸引或排斥粒子 39
2.8 Follow 一个或多个引导 40
2.9 给中心点设置轨道 41
2.10 导出到模型 41

2.11 对 events 做出反应 41
2.12 如何使用组控制粒子模拟 42
2.13 故障解决 44
2.14 Instance 和渲染 44
2.15 透明 sprites 47
2.16 检查属性 48
2.17 从几何图形上转移属性 48
2.18 手动设置属性 49
2.19 使用几何图形 49
2.20 粒子提醒与技巧 50
2.21 矢量和分向量定义 51
2.22 将力矩可视化 51

第 3 章 动力学节点（一） 52

3.1 Gas Field to Particle 52
3.2 Gas Geometry To SDF 56
3.3 Gas Particle To Field 58
3.4 Gas Particle To SDF 58
3.5 Gas Sand Forces 59
3.6 Instanced Object 59
3.7 ODE Solver 61
3.8 ODE Configure Object 62
3.9 POP 对象 63
3.10 POP Solver 64
3.11 POP Shape Match 66
3.12 Pump Relationship 67
3.13 Pyro Solver 68
3.14 RBD Pin Constraint 72
3.15 RBD Spring Constraint 73
3.16 RBD 点对象 75
3.17 RBD Fractured Object 79
3.18 RBD Object 82
3.19 RBD Hinge Constraint 86

3.20	RBD Keyframe Active	87	5.8	Cloth/Volume Collider	141
3.21	RBD Angular Spring Constraint	88	5.9	Cloth Physical Parameters	142
3.22	RBD 解算器	90	5.10	Reference Frame Force	143
3.23	RBD Visualization	93	5.11	Field Force	143
第4章	动力学节点(二)	94	5.12	Magnet Force	145
4.1	RBD Configure Object	94	5.13	SubNetwork	146
4.2	RBD 角度约束	96	5.14	Spring Constraint Relationship	146
4.3	RBD Glue Object	97	5.15	Ground Plane	146
4.4	RBD State	101	5.16	Terrain Object	148
4.5	RBD Auto Freeze	102	5.17	Point Force	150
4.6	Sand Object	103	5.18	Point Collider	151
4.7	Sand Solver	105	5.19	OBJ Position	151
4.8	Sand Configure Object	106	5.20	Multiple Solver	151
4.9	SBD Pin Constraint	107	5.21	Partition	152
4.10	SBD Spring Constraint	108	5.22	Split Object Stream	152
4.11	Scalar Field	109	5.23	分组	153
4.12	SOP Geometry	110	5.24	Group Relationship	154
4.13	SOP Solver	111	第6章	动力学节点(四)	155
4.14	Vector Field	111	6.1	风力	155
4.15	Gas Up Res	112	6.2	Fan Force	156
4.16	VOP Force	114	6.3	Copy Objects	157
4.17	Scalar Field	115	6.4	Copy Object Information	159
4.18	Scalar Field Visualization	116	6.5	复制数据	159
4.19	波纹对象	116	6.6	Copy Data Solver	160
4.20	波纹解算器	118	6.7	RBD Solver	161
4.21	Ripple Configure Object	121	6.8	Blend Solver	161
4.22	Thin Plate/Thin Plate Collider	121	6.9	Blend Factor	162
第5章	动力学节点(三)	123	6.10	Active Value	162
5.1	Cloth/Cloth Collider	123	6.11	Geometry Copy	163
5.2	Cloth Material	123	6.12	Merge	164
5.3	Cloth Object	125	6.13	Script Solver	165
5.4	布料缝合约束	129	6.14	Static Solver	165
5.5	Cloth Solver	131	6.15	Static Object	166
5.6	Cloth Visualization	133	6.16	Matrix Field	169
5.7	Cloth Configure Object	135	6.17	Matrix Field Visualization	169
			6.18	Uniform Force	170
			6.19	空对象	171

6.20	Empty Relationship	171	7.23	Gas Embed Fluid	209
6.21	Empty Data	172			
6.22	Null	172	第 8 章 动力学节点 (六)	210	
第 7 章 动力学节点 (五)	173		8.1	Collider Label	210
7.1	Particle Fluid Object	173	8.2	Collide Relationship	210
7.2	Particle Fluid Emitter	177	8.3	Gas DSD	211
7.3	粒子流体解算器	182	8.4	Gas DSD Solver	211
7.4	Particle Fluid Configure Object	186	8.5	Gas DSD Configure Object	212
7.5	粒子流体水槽	190	8.6	Gas Lookup	214
7.6	Link to Source Object	191	8.7	Gas SPH Force	214
7.7	Fluid Object	192	8.8	Gas SPH Density	215
7.8	Fluid Solver	195	8.9	Gas Correct By Markers	215
7.9	流体力	198	8.10	Volume Vop	215
7.10	Fluid Configure Object	199	8.11	Gas Elasticity	216
7.11	Anchor: Object Point Id Position	201	8.12	Gas Adjust Elasticity	216
7.12	Anchor: Object Point Id Rotation	202	8.13	Gas Adjust Coordinate System	217
7.13	Anchor: Object Point Group Rotation	203	8.14	Gas Vortex Confinement	217
7.14	Anchor: Object Point Group Position	203	8.15	Gas Feedback	217
7.15	Anchor: Object Point Number Position	204	8.16	Gas Seed Markers	218
7.16	Anchor: Object Point Number Rotation	205	8.17	Gas Seed Particles	219
7.17	Anchor: Object Primitive Position	205	8.18	Gas Analysis	219
7.18	Anchor: Object Space Rotation	206	8.19	Gas Buoyancy	220
7.19	Anchor: Object Space Position	206	8.20	Gas Upres Object	220
7.20	Anchor: World Space Position	207	8.21	Gas Build Relationship Mask	222
7.21	Anchor: World Space Rotation	208	8.22	Gas Build Collision Mask	223
7.22	Anchor: Align Axis	208	8.23	Gas Calculate	224
			第 9 章 动力学节点 (七)	226	
			9.1	Gas Compute Particle Attributes	226
			9.2	Gas Enforce Boundary	226
			9.3	Gas Intermittent Solve	226
			9.4	Gas Cross	227
			9.5	Gas Diffuse	227
			9.6	Gas Particle Forces	228
			9.7	Gas Particle Pressure	229
			9.8	Gas Particle Move To Iso	230

9.9 Gas Blur.....	230	10.21 Vector Field.....	253
9.10 Gas Match Field.....	231	10.22 Vector Field Visualization...	254
9.11 Gas Advect	231	10.23 Two State Constraint	
9.12 Gas Surface Snap.....	232	Relationship	255
9.13 Gas Surface Tension	233		
9.14 Gas Combustion	233	第 11 章 动力学节点 (九)	257
9.15 Gas Burn Geometry		11.1 Velocity Impulse Force	257
Objects	234	11.2 Index Field.....	257
9.16 Gas Burn Geometry	235	11.3 Index Field Visualization	258
9.17 Gas Velocity Stretch	236	11.4 Fetch Data	259
9.18 Gas Reduce.....	237	11.5 Volumetric Representation	260
9.19 Gas Fetch Fields to Embed	238	11.6 Volume/Volume Collider	260
9.20 Gas Volume Ramp.....	238	11.7 Impulse Force.....	260
9.21 Gas Project Non Divergent	238	11.8 Net Fetch Data.....	261
9.22 Gas Extrapolate.....	239	11.9 Position.....	261
9.23 Gas External Forces.....	240	11.10 Position From Point.....	262
第 10 章 动力学节点 (八)	241	11.11 File	262
10.1 Gas Net Field Border		11.12 File Data	264
Exchange.....	241	11.13 Vortex Force.....	266
10.2 Gas Net Slice Exchange.....	241	11.14 No Collider.....	267
10.3 Gas Net Slice Balance.....	242	11.15 No Constraint	
10.4 Gas Net Fetch Data.....	243	Relationship.....	268
10.5 Gas Vorticle Geometry	243	11.16 Physical Parameters.....	268
10.6 Gas Vorticle Forces	244	11.17 Wire Elasticity	268
10.7 Gas Vorticle Recycle	245	11.18 Wire Object	269
10.8 Gas Dissipate	246	11.19 Wire Solver	272
10.9 Gas Rest.....	246	11.20 Wire Visualization.....	273
10.10 Gas Feather Field.....	247	11.21 Wire Configure Object	274
10.11 Gas Strain Forces	247	11.22 Wire Plasticity	277
10.12 Gas Strain Integrate	248	11.23 Wire Physical Parameters.....	277
10.13 Gas Integrator	248	11.24 Wire Angular Spring	
10.14 Gas Reinitialize SDF	250	Constraint.....	278
10.15 Gas Resize Field	250	11.25 Wire Angular Constraint	279
10.16 Gas Resize Fluid.....	251	11.26 Wire Glue Constraint.....	280
10.17 Sphere Edge Tree.....	251	11.27 Wire/Volume Collider.....	282
10.18 Sphere Point Tree	251		
10.19 Container	252	第 12 章 动力学节点 (十)	283
10.20 Delete.....	252	12.1 Modify Data	283

12.2	Rendering Parameters	284	12.13	Hard Constraint Relationship	300
12.3	Rendering Parameters Volatile.....	285	12.14	Constraint	301
12.4	Smoke Object	286	12.15	Constraint Relationship	301
12.5	Smoke Solver.....	288	12.16	Motion	302
12.6	Smoke Configure Object	292	12.17	Noise Field	302
12.7	Slice by Plane	293	12.18	Mask Field.....	303
12.8	Slice Along Line.....	294	12.19	Gravity Force.....	304
12.9	Squishy Object.....	294	12.20	Switch Value	304
12.10	Apply Relationship	296	12.21	Switch Solver	305
12.11	Apply Data.....	298	12.22	Switch.....	305
12.12	Affector.....	299	12.23	Gas Wavelets.....	306
			12.24	Drag Force.....	307

1.1.1 概述

用户可以使用上述工具来创建复杂的物理系统，如：需要进入仿真模拟网络，但是，如果用户想要更进一步的计算，如：仿真模拟的行为，加快仿真模拟的速度或创建新的设计等，则需要知道Houdini的动力学系统是如何工作的。

1.1.2 对象数据和求解器

在Houdini中，对象数据和求解器是两个不同的概念。当用户在场景中创建对象时，例如：球体、立方体、圆柱体等，这些对象会自动地被分配给一个默认的求解器，如：刚体求解器。但是，用户也可以为对象分配不同的求解器，如：流体求解器、粒子求解器等。

在Houdini中，对象数据是指对象的属性，如：位置、旋转、缩放等。而求解器是指用于模拟物理行为的算法，如：刚体动力学、流体动力学等。

在Houdini中，用户可以为对象分配不同的求解器，如：刚体求解器、流体求解器等。用户也可以为对象分配不同的数据，如：位置、旋转、缩放等。用户还可以为对象分配不同的属性，如：质量、密度、摩擦系数等。

在Houdini中，用户可以为对象分配不同的求解器，如：刚体求解器、流体求解器等。用户也可以为对象分配不同的数据，如：位置、旋转、缩放等。用户还可以为对象分配不同的属性，如：质量、密度、摩擦系数等。

在Houdini中，用户可以为对象分配不同的求解器，如：刚体求解器、流体求解器等。用户也可以为对象分配不同的数据，如：位置、旋转、缩放等。用户还可以为对象分配不同的属性，如：质量、密度、摩擦系数等。

第 1 章 动 力 学

Houdini 的动力学系统使用可插式解算器仿真模拟显示世界中的事件，例如：两个刚体动力学（RBD）对象发生碰撞，布料渗透，弹簧和绳子等。

Houdini 动力学系统灵活性很大，它将一些本该是被初学者所回避的东西展示出来，并且应用到复杂的后期合成当中去。

1.1 关于 Houdini 动力学

1.1.1 概述

用户可以使用工具架上的工具来创建复杂的仿真模拟，而不需要进入仿真模拟网络。但是，如果用户想要根据自己的习惯改变所仿真模拟的行为，加快仿真模拟速度或创建新的行为就必须明白 Houdini 的动力学系统是如何工作的。

1.1.2 对象数据和解算器

仿真模拟包括对象和数据。对象只是数据的存放处，当用户在场景中看到对象时，例如 RBD 球，是因为 Houdini 根据惯例在浏览器和渲染器中绘制的对象的几何图形数据已经连接到了场景上。

在某种意义上，连接到对象上的数据是任意的。数据名称和数据内容都没有限制，但是只有某些名称和类型的数据对于解算器来说是有意义的。

解算器计算被仿真的对象（如 RBD 对象、线、布曲面和液体等）如何运动。解算器查看连接到对象上的数据（也可能会将一些数据连接到它们自己身上），然后使用这些数据来实现仿真，更多信息见解算部分。

当用户在工具架上创建了一个仿真对象时，Houdini 会创建一个更高级别的对象，如 RBD 对象，用户可以进入 RBD 对象节点查看它是一个真正的空对象，并且连接有 RBD 解算器在仿真时所需要的正确数据，如图 1-1 所示。（许多动力学节点都是这样执行的，如数字资源中，封装末端网络的高级别节点只是将数据连接到对象上供解算器解算。）

解算器将使用它所知道的数据，忽略它不知道的数据。所以，用户可以将有用的数据（如标量数据）或者任何任意命名的数据，连接到另一个 RBD 对象的解算器上，RBD 解算器会将它们忽略。

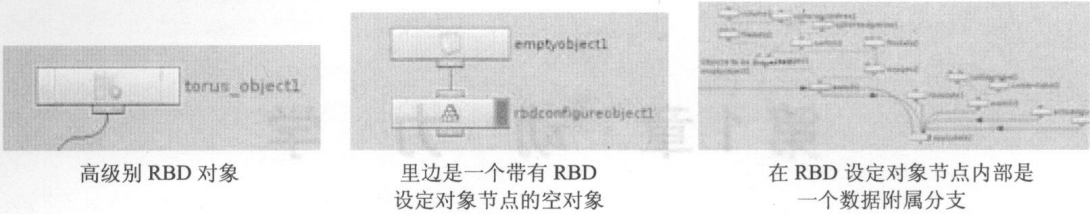


图 1-1

1.1.3 detail view（细节浏览）

detail view 是用户查看下层对象和仿真数据的窗口。用户可以在标签上创建一个 details view 窗口。

左边的树状图展示了场景中的对象和分类（如关系），分支代表连接到每个对象上的数据等级；右边显示在左边窗口中选中的数据区域和它们各自的值（如图 1-2 所示）。

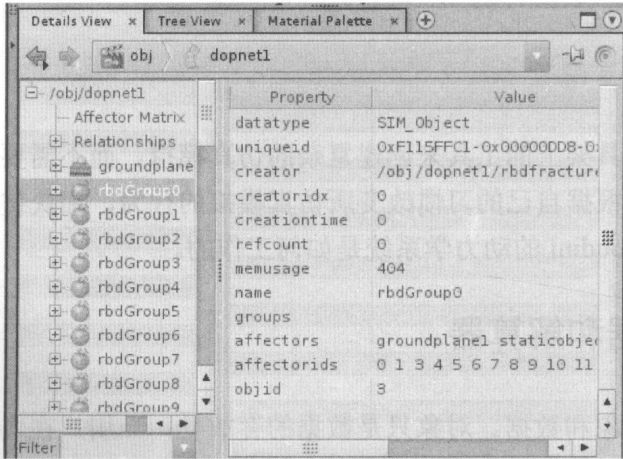


图 1-2

该窗口可以用于检查仿真效果的结构，用户可以看到当前播放节点的帧上哪个数据被连接到了什么地方，数据包的名称和独特 ID，还可以看到组成数据的数值。

提醒：当用户在进行仿真模拟时，细节浏览会进行动态更新。用户可以用它查看数据是如何随着时间变化的，但是它会减慢仿真模拟的速度。当用户不需要再使用仿真模拟从而使播放更流畅时，可以用窗口分区上的箭头将细节浏览折叠起来。

动力学网络的细节浏览还包含将关系可视化的 affector matrix（效应器矩阵）。

1.1.4 数据名称和数据共享

1. 数据名称

每个对象和数据片段都有名称，解算器在对象上根据名称来寻找数据。例如：RBD 解