

VRML 实例教学系列



VRML



虚拟造型

实战演练

汪兴谦 主 编
戴诗文 胡永辉 等编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

VRML 实例教学系列

VRML 虚拟造型实战演练

汪兴谦 主编

戴诗文 胡永辉 等编著

中国水利水电出版社

内容提要

虚拟现实建模语言 (VRML, Virtual Reality Modeling Language) 是描述虚拟环境场景的一种模型语言, 它同时也是 Internet 上的一种三维标准。

本书通过大量的实例详细介绍了 VRML 的节点语法和创建虚拟空间的方法技巧。全书分为 9 章, 分别介绍在万维网上浏览虚拟世界、使用 VRML 来丰富自己的个人主页、使用节点造型来创建虚拟场景、扩充和美化虚拟场景、细化虚拟场景、添加声音和动画、JavaScript 与 VRMLScript 的使用、用 VRML 来与场景交互、使用原型等知识。读者可以根据本书的介绍构建基本的网络虚拟世界。

本书可作为大专院校师生、公司技术人员学习虚拟现实技术的入门教材和参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

VRML 虚拟造型实战演练 / 汪兴谦 主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2001.9

(VRML 实例教学系列)

ISBN 7-5084-0823-3

I. V… II. 汪… III. VRML 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 066966 号

书 名	VRML 虚拟造型实战演练
作 者	汪兴谦 主编 戴诗文 胡永辉 等编著
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@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 68359286 (万水) 63202266 (总机) 68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京天竺颖华印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 20 印张 446 千字
版 次	2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月北京第一次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

虚拟现实建模语言（VRML, Virtual Reality Modeling Language）是描述虚拟环境场景的一种模型语言，它同时也是 Internet 上的一种三维标准，允许描述三维对象并把它们组合到作者构想的虚拟场景中，目前广泛应用于创建充满动感的三维虚拟空间。利用 VRML，我们可以在 Internet 上建立一个交互式的三维多媒体虚拟世界。在这个虚拟世界中，我们可以尽情的享受虚拟与现实的最佳结合。

如今网络开发语言越来越多，如 HTML、Java、XML、ActiveX 等等。相比之下，VRML 具有自身特定的优势：一、HTML 语言特别适用于生成静态的 Web 页面，但无法对用户输入的页面实现动态响应，更不用说与用户进行交互了。而 VRML 不但能够生成动态的页面，而且交互性很强，即用户可以根据自己的意愿改变 VRML 所生成的场景。二、Java、JavaScript 等程序语言虽然也可以达到动态和交互的效果，但需要一定的高级语言基础，对用户而言有一定的难度。而 VRML 则比较容易掌握，适合推广普及。而且在 VRML 中可嵌入 Java、JavaScript 等脚本语言，使 Web 页面变得更完善。

本书全方面介绍了 VRML 语言的基本语法，以及如何通过 VRML 构建虚拟世界的方法与技巧。本书将通过大量实例引导读者走入一个全新的 VRML 世界。通过阅读本书，读者将对如何使用 VRML 构建三维多媒体虚拟世界有比较深入的了解，并且能够自己独立建立功能齐全、特点鲜明的个人虚拟空间。

本书共分为九章，每章内容如下：

第一章：介绍如何在万维网上浏览虚拟世界以及 VRML 的一些基本知识。

第二章：介绍如何使用 VRML 场景丰富个人主页，并在网页中添加声音和动画。

第三章：介绍如何使用节点造型来创建虚拟场景。

第四章：介绍如何扩充和美化虚拟场景。

第五章：介绍如何细化虚拟场景。

第六章：介绍如何添加声音和动画。

第七章：介绍 JavaScript 与 VmlScript 的基本语法。

第八章：介绍如何用 VRML 来与场景交互。

第九章：介绍如何使用原型。

本书由戴诗文、胡永辉编著，是“VRML 实例教学系列”第二本。谢伟军、蒋长泉、王建明、刘泽栋、符方梅、兰湘涛、牛燕明、邓谆谆、严世杰等参与书稿的讨论并编写部分章节；胡颖慧、徐师华、陈杰、蓝燕、石磊提供部分程序代码；文燕祥、谭曙明、黄锋、江发臣、王茂祥、纪成岩、徐尚作了技术指导并负责一些事务性工作。在此对所有为本书的写作

与出版做出贡献的朋友提出感谢！

感谢中国水利水电出版社给予本书的写作出版机会！

由于作者水平有限，本书还有一些不尽人意之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2001 年 6 月

目 录

前言

第一章 在万维网上浏览虚拟世界	1
1.1 一个简单的 VRML 程序	1
1.2 如何浏览	2
1.2.1 使用 Netscape 的 Communicator 4.0 浏览器浏览	3
1.2.2 使用 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0 浏览器浏览	5
1.3 VRML 文件简介	8
1.3.1 VRML 文件的基本结构	8
1.3.2 VRML 文件的基本内容	10
第二章 使用 VRML 场景丰富个人主页	15
2.1 在主页里嵌入 VRML 场景	15
2.2 添加声音和动画	17
2.3 逼真的物品展示	22
第三章 使用节点造型创建虚拟场景	31
3.1 使用简单节点造型	31
3.1.1 创建单个几何造型	31
3.1.2 基本的 VRML 造型节点	35
3.2 造型定位及变换	40
3.2.1 创建新的坐标系	40
3.2.2 坐标系的平移	41
3.2.3 坐标系的缩放与旋转	42
3.3 使用复杂节点造型	47
3.3.1 创建文本造型	48
3.3.2 文本外观的控制	49
3.4 高级造型方法	52
3.4.1 创建空间点、线、面	52
3.4.2 海拔栅格造型	63
3.4.3 空间造型的挤压	66
第四章 虚拟场景的扩充与美化	71
4.1 造型编组及场景划分	71

4.1.1	节点的编组	71
4.1.2	定义子坐标系	71
4.1.3	造型的转换编组	74
4.1.4	造型的链接	78
4.1.5	动态改变坐标系	84
4.1.6	造型的细节控制	86
4.1.7	造型的碰撞检测	89
4.1.8	读取外部文件	95
4.2	美化外观	98
4.2.1	指定空间造型材料	98
4.2.2	指定空间造型的材质贴图	100
4.3	造型着色	108
4.3.1	控制造型的颜色	108
4.3.2	颜色动画的实现	108
4.3.3	对点线面着色	112
4.4	映射纹理	123
4.4.1	贴图坐标系控制	123
4.4.2	贴图的平铺	125
4.4.3	表面贴图的切割使用	127
第五章	细化虚拟场景	132
5.1	光照效果	132
5.1.1	创建光源	134
5.1.2	实例解析光源的创建	135
5.2	造型表面明暗控制	149
5.3	颜色连结控制	152
5.4	视点及背景	153
5.4.1	视点	153
5.4.2	背景	160
5.5	添加雾的效果	163
5.5.1	Fog 节点的语法	164
5.5.2	Fog 节点的使用	164
第六章	添加声音和动画	169
6.1	添加声音	169
6.1.1	引入声音文件	169
6.1.2	创建声源	170

6.2	声音应用实例	172
6.3	添加动画	174
6.3.1	时间传感器	174
6.3.2	空间点的动画控制	175
6.3.3	颜色的动画控制	178
6.3.4	浮点数值域的动画控制	181
6.3.5	空间旋转参数的动画控制	186
6.3.6	空间点参数的动画控制	189
6.3.7	空间面法向量的动画控制	190
6.4	动画应用实例	192
第七章	JavaScript 与 VRMLScript	204
7.1	JavaScript 基本语法	204
7.1.1	JavaScript 简介	204
7.1.2	JavaScript 程序的基本组成元素	205
7.2	VRMLScript 基本语法	210
7.2.1	VRMLScript 中的对象与变量	210
7.2.2	对象与域	211
7.2.3	VRMLScript 中的语句	212
7.2.4	VRMLScript 中的符号	213
7.2.5	处理 EventIn 事件	214
7.2.6	访问域	215
7.2.7	对象和函数定义	215
第八章	与场景的交互	226
8.1	传感器节点的使用	226
8.1.1	触摸传感器	226
8.1.2	鼠标响应传感器	229
8.1.3	鼠标运动转化传感器	231
8.1.4	鼠标单击转化传感器	233
8.1.5	感知用户活动传感器	235
8.1.6	检测用户视野传感器	238
8.2	脚本节点的语法	241
8.3	脚本节点的应用	242
第九章	使用原型	267
9.1	理解原型	267
9.2	PROTO 节点语法	267

9.3	EXTERNPROTO——外部原型	270
9.4	域和事件	271
9.4.1	定义接口域	271
9.4.2	定义外露接口域	272
9.4.3	定义 eventIn 事件接口	272
9.4.4	定义 eventOut 事件接口	272
9.5	节点体	273
9.5.1	节点的应用范围	273
9.5.2	节点体与接口的连接	273
9.5.3	原型与 DEF 和 USE	275
9.6	创建、使用新节点	276
9.6.1	创建具有不同外观的节点类型	276
9.6.2	创建材质节点	278
9.6.3	创建外观节点	279
9.6.4	创建新的几何节点	281
9.6.5	创建新的几何体节点类型	283
9.6.6	创建产生动画的新节点类型	285
9.6.7	创建视角跟踪节点类型	287
9.7	原型的应用	290
附录 A	VRML 的历史	304
A.1	VRML 的起源	304
A.1.1	科学幻想	304
A.1.2	虚拟现实	304
A.1.3	全球计算机网络	304
A.2	VRML 的发展	304
A.3	VRML 的现状	306
A.3.1	市场发展概况	306
A.3.2	目前仍未普及——有待推广	306
A.3.3	VRML 目前的状态	307
附录 B	域参考	308

第一章 在万维网上浏览虚拟世界

World Wide Web (WWW, 万维网) 的出现产生了 HyperText Markup Language (HTML 超文本标记语言)。这样, 文字和图形就可以同时在一个页面中显示, 同时 CGI (Common Gateway Interface, 通用网关接口) 能使 Web 页面具有更强的交互功能。随着 WWW 的普及和人们对 Web 日益增长的需求, 就需要不断地有新的 Web 语言产生。

Java 语言的出现使人们可以直接在 Web 页面上欣赏动画。Java 语言是面向对象的语言, 人们可以在页面上设置动画, 并且使用 Perl 语言和 C 语言编程, 从而产生可执行代码。目前较流行的文本语言包括 HTML 和 SGML (Standard Generalized Markup Language)。它们都是使用标记 (tags) 来描述数据结构中的不同元素成分。

近来又产生了新的 Web 语言 VRML (Virtual Reality Modeling Language, 虚拟现实建模语言)。它是一种模型语言, 用来描述一个目标对象是如何呈现在 Web 页面上的。同 HTML 语言一样, VRML 语言也是可以由浏览器来解释执行的描述性语言, 只不过 VRML 不是描述成一个页面的格式, 而是描述成 3D 环境和目标的布局。

HTML 语言和 VRML 语言的差别与建筑物的样本和它的模型的差别是同一个道理。VRML 是 Virtual Reality Modeling Language (虚拟现实建模语言) 的缩写。广泛地应用于 Internet 上创建虚拟的三维空间, VRML 可以创建虚拟的建筑物、城市、山脉、飞船、星球等等, 还可以在虚拟世界中添加声音和动画, 使其看起来更加生动, 甚至还可以是具有比浏览者的交互性更接近于现实世界的虚拟空间。

1.1 一个简单的 VRML 程序

VRML 文件是一个后缀名为 .wrl 的文件, 它主要由 VRML 文件头、造型、脚本、路由等部分组成。但是并不是每一个 VRML 文件都需要包括这些部分, 其中只有文件头是每一个 VRML 文件都必需的部分。

VRML 文件是虚拟三维空间的文本描述, 可以通过任何文本编辑器编写, 然后保存为后缀名为 .wrl 的文件。目前常用的浏览器包括 Netscape 的 Communicator 4.0 和 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0。因为它们自身集成 VRML 浏览插件, 所以可以直接浏览带有 VRML 文件的网页。

例 1.1 如何使用 VRML 语言编写一个最基本的 “example.wrl” 程序。其程序段代码如下所示:

```
#VRML V2.0 utf8
Group{
  children[
    #环境背景
    Background{
      skyColor    [1.0 1.0 0.0,0.8 0.8 0.1,1.0 1.0 1.0]
      skyAngle    [1.047,1.571]
      groundColor [0.1 0.0 0.0,0.4 0.25 0.2,0.6 0.6 0.6,]
      groundAngle [1.309,1.571]
    },
    #创建造型
    Transform{
      translation -2.0 0.0 0.0
      children[
        Shape{
          appearance DEF Green Appearance{
            material Material{
              diffuseColor 1.0 0.2 0.3
            }
          }
          geometry Cone {
            bottomRadius 2.0
            height 4.0
            side TRUE
            bottom TRUE
          }
        },
        Transform{
          translation 0.0 3.0 0.0
          children Shape{
            appearance USE Green
            geometry Sphere {
              radius 1.2
            }
          }
        }
      ]
    }
  ]
}
```

1.2 如何浏览

目前常用的浏览器 Netscape 的 Communicator 4.0 和 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0 都是通过其自身集成的 VRML 浏览插件来直接浏览带有 VRML 文件的网页。

1.2.1 使用 Netscape 的 Communicator 4.0 浏览器浏览

使用 Netscape 的 Communicator 4.0 浏览器打开文件“example.wrl”，运行结果如图 1-1 所示，然后就可以在这个虚拟的三维空间中进行各种操作了，此时的操作者完全作为一个观察者，所看到的和所进行的操作都将以第一人称的方式在浏览器窗口中显示出来。Netscape 浏览器的 VRML 浏览功能是通过其自身集成的插件 COSMO 软件公司的 Cosmo Player 实现的，在 Communicator 4.0 中所集成的是 Cosmo Player 1.0 版本，以下我们将介绍 Cosmo Player 的使用方法。

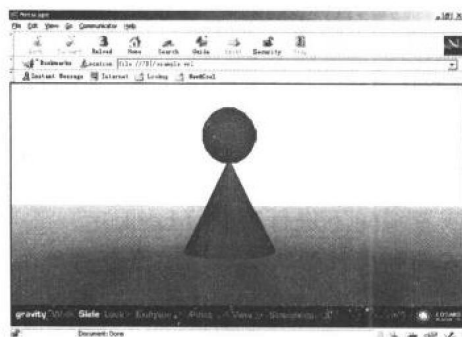


图 1-1 用 Netscape 的 Communicator 4.0 浏览器浏览“example.wrl”

1. Cosmo Player 的控制栏

Cosmo Player 的控制栏位于 Netscape Communicator 4.0 浏览器的下端，它可以用来控制观察者的浏览方式，如图 1-2 所示。



图 1-2 Cosmo Player 的控制栏

表 1-1 Cosmo Player 控制栏操作列表

操作名称	浏览方式	实现方法	快捷方式
Walk	模拟人在虚拟世界中的走动和转向	在控制栏中选择 Walk 项使之高亮显示，然后在浏览器窗口内按住鼠标左键并拖动鼠标或者通过键盘上的方向键来控制	
Slide	在虚拟世界中的向上下或者左右平移	在控制栏中选择 Slide 项使之高亮显示，然后在浏览器窗口内按住鼠标左键并拖动鼠标或者通过键盘上的方向键来控制	按住 Alt 键同时拖动鼠标
Look	观察者左右转动观察四周的情况	在控制栏中选择 Look 项使之高亮显示，然后在浏览器窗口内按住鼠标左键并拖动鼠标或者通过键盘上的方向键来控制	按住 Ctrl 键同时拖动鼠标
Examine	旋转并观察漂浮在空间中的一个或者一组对象	在控制栏中选择 Examine 项使之高亮显示，然后在浏览器窗口内按住鼠标左键并拖动鼠标或者通过键盘上的方向键来控制	
Point	走近观察对象	在控制栏中选择 Walk 项使之高亮显示，然后在浏览器窗口中单击所要观察的对象即可靠近观察	按住 Shift 键同时拖动鼠标

Cosmo Player 控制栏的浏览控制如下：

- gravity 重力控制

gravity 高亮显示时表示重力控制有效，反之重力控制为无效状态或者不可用状态。

重力控制有效时应注意以下几点：

- (1) 浏览者不能离开地面；
- (2) 在不平的表面上走动时，浏览者随地面起伏上下移动；
- (3) 假如浏览者漂浮在空中时打开重力控制，其下方有一个表面，则浏览者将落到这个表面上去。

重力控制无效时应注意以下几点：

- (1) 时浏览者相当于漂浮在空中；
- (2) 浏览者可以上下左右平移 (Slide)；
- (3) 浏览者可以斜向上或者斜向下进行观察 (Look)；
- (4) 浏览者可以沿当时所面向的任何方向走动 (Walk)。

- View 视点控制

视点就是浏览者在三维空间中的观察位置，视点的设置是在 VRML 文件中完成的。如果 VRML 文件设置了多个视点，那么单击 View 两侧的箭头将切换视点为当前视点的前一个视点或者后一个视点，而单击 View 则返回当前视点，另外右击 View 将弹出一个所有视点的列表，选择其中之一将实现视点之间的快速切换。

- Straighten 控制

单击 Straighten 控制将使浏览者的视线快速转移到正前方，且使其与地面平行。

2. Cosmo Player 的弹出菜单

在 Netscape Communicator 4.0 浏览器窗口中任意一个地方单击鼠标右键将弹出如图 1-3 所示的快捷菜单。

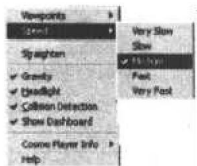


图 1-3 Cosmo Player 的弹出菜单

图 1-3 的快捷菜单中各个选项的说明如下：

- Viewpoints

表示所有可用视点的列表，可以实现视点的快速切换。

- Speed

用来改变浏览的速度，包括 Walk、Slide、Look、Examine 及 Point 的速度。

- Straighten

与控制栏中的 Straighten 功能相同。

- Gravity

与控制栏中的 Gravity 功能相同。

- Headlight

用来打开或者关闭顶灯。

- Collision Detection

实现碰撞检测，打开或者关闭与虚拟世界中物体的碰撞检测，关闭时浏览者能穿过虚拟世界中的一切实体，反之则不能。

- Show Dashboard

用来打开或者隐藏控制栏。

- Cosmo Player Info

用来给出 Cosmo Player 的版本信息。

- Help

用来打开 Cosmo Player 的帮助文件。

1.2.2 使用 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0 浏览器浏览

使用 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0 浏览器打开文件 “example.wrl”，运行结果如图 1-4 所示。Internet Explorer 5.0（以下简称 IE5）是通过插件 World View 2.0 进行 VRML 浏览的，在 Windows 自身集成的 IE5 中已经自带了这个插件，在 IE5 中打开 VRML 文件时将文件类型设置为 “*.wrl” 打开即可，或者直接双击 VRML 打开。

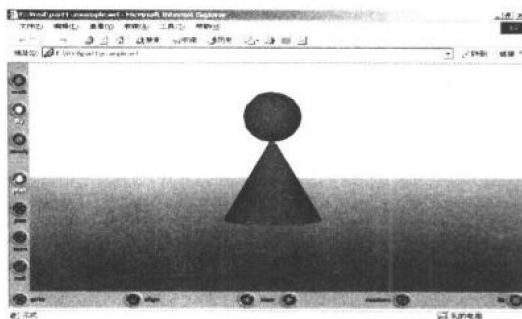


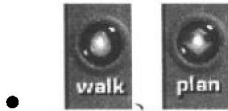
图 1-4 用 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0 浏览器浏览 “example.wrl”

从图中可以看到，在 IE5 中的显示情况和在 Netscape Communicator 4.0 中非常相似。所不同的是在 IE5 浏览器窗口中的控制栏可以分为两个部分，窗口左侧的是浏览方式控制栏，窗口底部的是浏览视点控制栏。另外，和 Netscape Communicator 4.0 一样，IE5 也有弹出菜单控制。

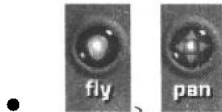
1. World View 2.0 的浏览方式控制

World View 2.0 的浏览方式控制可分为移动模式和观察模式两种。移动模式可分为 Walk、

Plan、Fly、Pan、Turn 和 Roll 共 6 种方式；观察模式可分为 Goto 和 Study 两种方式。并且所处的浏览方式不同鼠标的显示方式也各不相同，下面将分别加以叙述。



Walk、Plan 的操作方法与 Cosmo Player 相同。



Fly、Pan 的浏览方式与 Cosmo Player 中的 Slide 一样，是在一个垂直的面上实现的上下和左右的平移。



Turn 的浏览方式是改变浏览者的视野角度，相当于现实世界中人前的仰视、俯视、左转和右转。但是 Turn 可以实现任意角度的旋转，会形成一些在现实世界中不可能实现的奇怪视角，容易使浏览者分不清方向。



Roll 的浏览方式是在一个垂直平面上实现顺时针和逆时针的视角的转动。向右拖动鼠标沿顺时针方向旋转，向左拖动鼠标沿逆时针方向旋转。



Goto 和 Cosmo Player 中的 Point 一样，单击一个对象就将靠近单击的位置观察。



Study 和 Cosmo Player 中 Examine 一样，实现的浏览方式在浏览者的面前以不同的方向和不同的角度旋转一个或一组漂浮在空间的物体，对感兴趣造型的某些细节进行仔细地观察。

2. World View 2.0 的浏览视点控制

World View 2.0 的浏览视点控制共有 4 种视点控制方式：View、Align、Restore 和 Fit。其中 Align、Restore 和 Fit 主要是用来帮助浏览者快速地从不熟悉的环境和错误的观察角度中脱离出来，恢复到正常的视野方向和角度。



同 Cosmo Player 中的 View 功能相同，用于切换观察者的视点。单击箭头将切换到上一个或下一个视点，而单击 View 将得到所有视点的列表，用于快速切换视点。



Restore 将浏览者的视点切换到 VRML 文件默认的视点上，也就是浏览者进入虚拟世界的第一个视点。其与浏览器的刷新（Refresh）不同的是 Restore 并没有重载文件，只是切换了视点。



Align 用来实现浏览者视点的对齐方式，即给浏览者重新配置一个人人合乎实际的视点。



Fit 用来实现当浏览者在一个并不熟悉的虚拟世界中迷失了方向时，浏览器将自动地切换到一个远景的视点上，在这个视点上浏览者将看到整个的虚拟世界。

3. World View 2.0 的弹出菜单

在 Microsoft 的 Internet Explorer 5.0 浏览器窗口中任意一个地方单击鼠标右键将弹出如图 1-5 所示的快捷菜单。

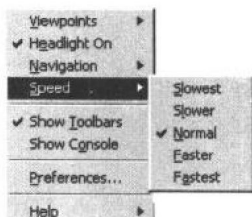


图 1-5 World View 2.0 的弹出菜单

图 1-5 的快捷菜单中各个选项的说明如下：

- Viewpoints
- 表示所有可用视点的列表，可以实现视点的快速切换。
- Speed
- 用来改变浏览的速度。

 注意：各种浏览的速度并不是绝对速度，而是与浏览场景的复杂程度、设置的画质水平的高低以及所用的计算机硬件配置的高低有关。

- Headlight On

- 用来打开或者关闭顶灯。
- **Show Toolbars**
用来隐藏或者显示工具栏。
- **Show Console**
用来隐藏或者显示控制栏。
- **Navigation**
用来设置不同的浏览方式控制。
- **Preferences**
用来设置 World View 的一些基本属性。
- **Help**
用来打开 World View 的帮助文件。

1.3 VRML 文件简介

1.3.1 VRML 文件的基本结构

在了解 VRML 文件的组成之前，我们先看一个示例，其程序段代码如下所示：

例 1.2

```
#VRML V2.0 utf8
Group {
  children [
    Shape {
      geometry Box {
        size 2.0 2.0 2.0
      }
    }
  ]
}
```

运行结果如图 1-6 所示。

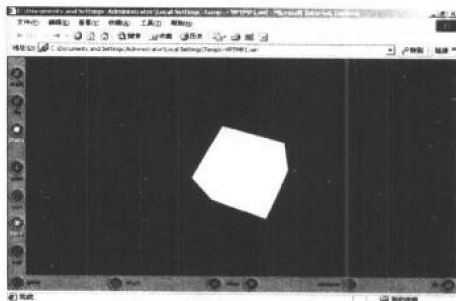


图 1-6 一个简单的示例