

第 13 篇 虚 拟 设 计

主 编 严隽琪
编写人 严隽琪
蒋祖华
鲍劲松
黄 斌

第 1 章 虚拟产品的概念

1 虚拟产品的定义

虚拟产品是虚拟环境中的产品模型,是现实世界中的产品模型在虚拟环境中的映像。它可由多个通道与人发生交互作用。虚拟产品不仅包含了产品自身的定义数据,还要包含产品赖以“虚拟”的环境定义数据。虚拟产品开发是在虚拟环境中利用产品定义数据、环境定义数据以及产品与环境的相互作用规律来拟实反映产品在其生命周期中的演变历程。因此,也可以说虚拟产品是基于知识的产品模型。

2 虚拟产品的特点

与一般的计算机仿真相比,虚拟环境中的产品分析不仅仅局限于对产品生命周期中各阶段分析评价的后处理或跟踪,而是能让用户从多通道中感受并驾驭产品演变过程,因而虚拟环境下的产品模型远远不能

限于几何拓扑层次上建立的形体模型,也不是目前 CAD 软件提供的基于特征的参数化建模手段所能胜任的。

其特点在于:

1) 虚拟产品是数字化定义的产品模型,在虚拟环境中表现出产品的几何和结构特性,并可与数字化的环境模型相作用。

2) 虚拟产品应该具有其物理原型的形体和表现,可以在计算机上逼真地展示产品性能。如当用户关注产品的表面流场特性或曲面加工工艺时,虚拟产品的几何外形信息将是全面和完整的;当用户关注产品装配性能时,产品的结构信息将是详尽的。

3) 虚拟产品应该能以自然方式被人感受。如在产品外形方面,用户可触摸产品的几何和表面特性;在产品结构中,用户可拖拉零部件的位置;在产品的工作过程中,用户可感知运动件的作用范围和作用量的大小。

极具潜力,特别是在教育、工程、建筑和科学等领域,但其沉浸感比较差,见图 13.2-2。

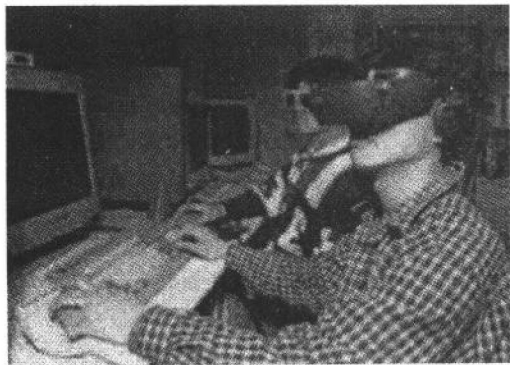


图 13.2-2

(2) 沉浸式虚拟现实系统

利用头盔显示器和数据手套等交互设备把用户的视觉、听觉和其他感觉封闭起来,使参与者暂时与真实环境隔离,而真正成为虚拟现实系统内部的参与者。他/她可利用各种交互设备与虚拟环境交流。目前沉浸式虚拟现实系统主要有三种形式:沉浸桌 (ImmerseDesk)、全景墙 (PowerWall) 以及沉浸屋 (CAVE)。

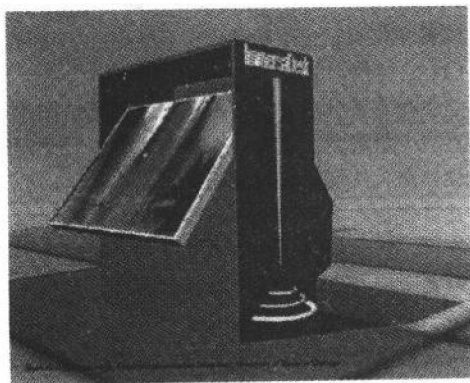


图 13.2-3a)

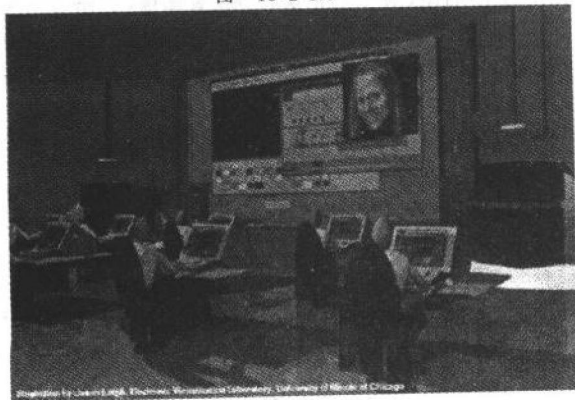


图 13.2-3b)

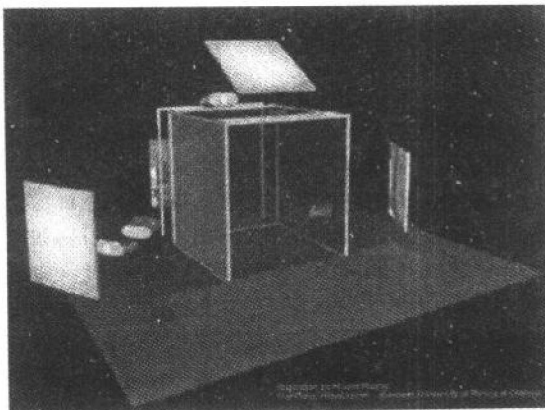


图 13.2-3c)

● 沉浸桌 (Immerse Desk) (见图 13.2-3a)

沉浸桌比较适合用于装配、建筑领域,是适合 3~5 人合作设计的小型虚拟现实系统。

● 全景墙 (Power Wall) (见图 13.2-3b)

又有平面和弧形的两种,适合多用户参与的协同设计。它明显的特点是具有非常宽阔的视野,在大型的工业设计中用途较广。

● 沉浸屋 (CAVE) (见图 13.2-3c)

CAVE^① 是 Computer Assisted Virtual Environment 的缩写,通常由 3、4 面墙组成,也有 5、6 面墙组成,通过投影设备将不同的图像投射到不同的面上,产生立体图像。适合大规模数据采集、可视化,有极大的沉浸性。

(3) 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统 (DVR) 是一种基于网络的虚拟现实系统,它可使一组虚拟环境连成网络,使其能在虚拟域内交互,同时在交互过程中意识到彼此的存在,每个用户是虚拟环境中的一个化身 (avatar)。它的基础是网络技术、实时图像压缩技术等,它的关键是分布交互仿真协议,必须保证各个用户在任意时刻的虚拟环境视图是一致的,而且协议还必须支持用户规模的可伸缩性。

3 产生虚拟现实环境的工具集

3.1 产生虚拟现实的硬件

构建一个虚拟现实系统需要利用并集成高性能的计算机软硬件及各类先进的传感器,其硬件主要包括了能实现动态显示三维场景的计算机与图形加速设备、实时跟踪和交互装置以及各类传感器件等。

① CAVE 由芝加哥大学电子虚拟实验室提出 (The University of Chicago's Electronic Visualization Lab)。

3.1.1 虚拟现实系统的硬件组成

(1) 计算机与图像生成器

虚拟现实技术中最耗时的任务是图像的生成,这必然要求图像生成器等硬件加速设备。

几年前,只能在图形工作站上实现虚拟三维场景的实时动态显示。随着计算机软硬件技术的发展,如带AGP功能的PentiumⅠ处理器和各种3D图形加速卡、3D环境音效卡的出现,在高档微机上实现虚拟三维场景的实时动态显示已经不是问题,而且价格便宜得多。Neotek公司的教学系统Base System和Realistix Laboratories Pte Ltd.公司的娱乐系统SuperB都是采用高档PC机来做其VR3D引擎的。当然,对于高度复杂的三维模型的实时动态显示还得依赖于高档图形工作站,如SGI公司为Disney公司新建的冒险乐园即是采用Onyx2及O2工作站来实现的,在Onyx2系统强大功能的帮助下,游客能够完全沉浸于虚拟现实的冒险游乐项目中。所以,虚拟现实的计算机可以是PC机,工作站或超级计算机,视应用和系统要求而定。

(2) 操纵和控制设备

与虚拟世界进行交互的一个关键是跟踪真实世界物体位置并可自主操纵与控制的方式。

最简单的控制硬件是鼠标,跟踪球或游戏杆。但它们都是二维设备,经过特殊的编程能使它们用于六自由度(6D)控制。目前有几种三和六维鼠标/跟踪球/游戏杆设备进入市场,见图13.2-4b。它们都带有额外的按钮和滑轮,不仅仅用于控制XY坐标变换,而且可以控制Z方向的旋转。全设备6D控制杆是一个6D游戏杆。它看起来象一个附在短棒上的网球。你可以在左/右和上/下方向拉扭这个球。

另外,还可使用一种普通的虚拟现实设备—数据手套,见图13.2-4f。这种手套在手指处装有传感器和全面位置/定位跟踪。VPL(专利持有者)设计了几种数据手套,其中大多数采用了装于指关节的光纤传感器和用于全位置的磁跟踪器。目前用手套在计算机里操纵对象的使用是美国的一个专利。

(3) 位置跟踪器

有很多位置跟踪和控制的方法。理想状态下,应该提供位置(X,Y,Z)和三个定位测量(滚动角,俯仰角,航向角)。位置跟踪的最大问题是反应时间,或在输入仿真引擎之前需要进行测量和数据处理的时间,见图13.2-4c。机械传感器可以提供快速和非常精确的跟踪。这类设备看起来样子象桌灯(用于基本位置/定位)或高度复杂的骨架(用于更精确的位置)。机械传感器的缺点是设备的笨重和移动的限制。Exos系统建立了用于

手控制的类似骨架,并提供了力反馈。发射星系统设计用于头跟踪的低成本的头盔系统,伪空间实验室和LEEP系统设计了更为昂贵和精巧的头盔系统。

超声波传感器能够进行位置跟踪和定位。它具有一套发射器和接收器,发射器用于产生脉冲序列,相应的接收器能测量到延时信号。通过三角测量可以给出位置。超声波传感器的缺点是分辨率低、大延时和容易受到回声和环境中的其他噪声的干扰。

磁跟踪器使用线圈组来产生磁场。磁传感器决定磁场的强度和角度。这种传感器的限制是对于测量和处理有很长的反应时间,距离限制和受到磁场内磁性材料的干扰。然而,磁跟踪器仍不失为最好的方法之一。

光学位置跟踪系统已经发展起来了。一种方法是使用删格发光二极管和头盔式摄像机,发光二极管产生脉冲序列,摄像机图像被处理以决定闪光。这种方法的问题是空间受到限制(光栅限制)和缺少完整的移动(旋转)。另一种方法是使用许多视频摄像机来捕捉通过高速计算机修正的实时图像以跟踪对象,这里处理时间(高档计算机的花费)成为主要的限制因素。

惯性跟踪器已经发展到能够满足虚拟现实使用的需要。但是,这些设备一般仅提供转动的测量,且对于缓慢位置变化测量也不精确。

(4) 立体视觉装置

立体视觉装置通过创建两幅不同的虚拟图像,每一幅对应一只眼睛,图像在两眼点之间进行等距离视点偏移计算,从而形成立体视觉。

有许多技术来实现这两幅图像,这两幅图像可以并排放置,图像能够通过放于眼前的不同的偏振滤波器投影到眼睛。浮雕图像使用红/蓝玻璃以提供天然的(无色)立体视觉。这两幅图像也可以显示在常用的监视器或利用投影仪(见图13.2-4h)投影在屏幕上,使用液晶显示眼镜与显示器上的双目图像同步开关,遮挡左/右眼,使大脑很快收到交替图像,并融合图像为单一的场景和景深。所以需要高速的场频(最小为60Hz)来避免闪烁,否则用户佩戴后会感到头昏。许多公司开发了用于TV的低成本的液晶眼镜,提供了一个观察虚拟世界的“通道”,见图13.2-4a;

另外一种产生立体图像的方法是分屏的方法,BOOM是其中一种装置,见图13.2-4g。它把屏幕分成两个部分同时显示左右眼图像。正对着显示器放置一种安在头部的观察器,帮助用户两个眼睛分离开,正确地看到立体的图像。

(5) 头盔显示器(HMD)

虚拟现实系统中常用的一种硬件设备是头盔式显示器(HMD),见图13.2-4d。它使用某种类型的头盔

或护目镜,在每只眼睛前放置一个小型视频显示器,并以特殊的光学技术来聚焦并延伸到可感觉到的视区范围。大多数 HMD 使用两个显示器,能够提供双目图像。也有的使用一个大显示器来提供高分辨率,但没有立体视觉。

大多数廉价的头盔显示器是使用 LCD 显示,其他的使用小型 CRT 显示器,就像是在手提式摄像机上用那种。更贵一些的头盔显示器使用特别的沿头部架设的 CRT 显示器或光纤来从非头戴式显示器中输送图像。一个头盔显示器需要一个位置追踪器附加到头盔上,显示器也可以架设到身上以支撑和追踪。

- 立体眼镜 CrystalEye (见图 13.2-4a)
- 三维鼠标 (见图 13.2-4b)
- 跟踪器 (见图 13.2-4c)

- 头盔 (HMD) (见图 13.2-4d)
- 触觉传感器 (见图 13.2-4e)
- 数据手套 (DataGlove) (见图 13.2-4f)
- BOOM (见图 13.2-4g)
- 投影仪 (见图 13.2-4h)

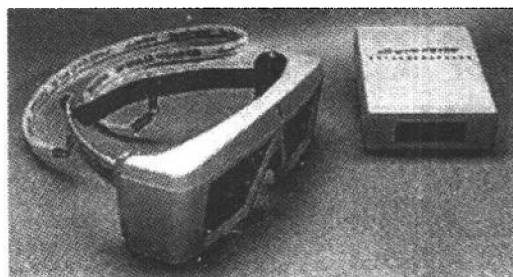


图 13.2-4a)

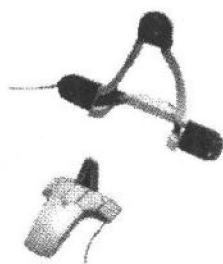


图 13.2-4b)

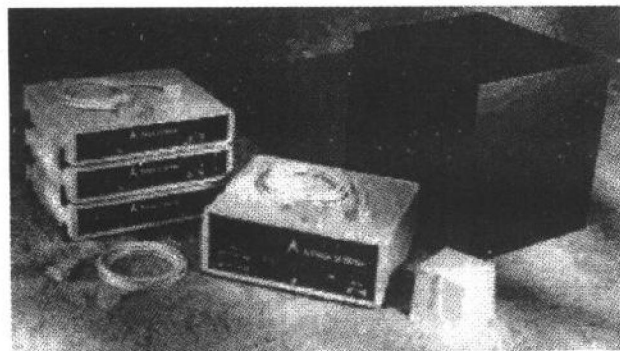
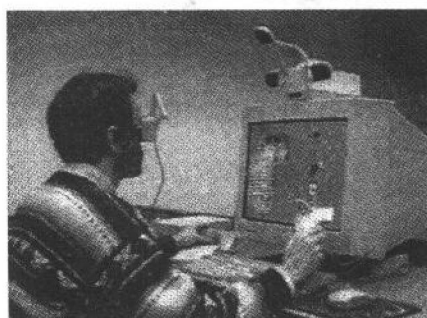


图 13.2-4c)



图 13.2-4d)

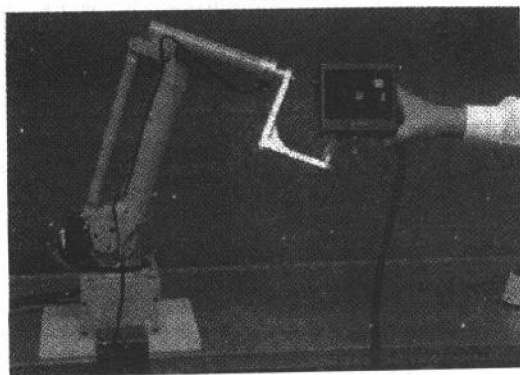


图 13.2-4e)



图 13.2-4f)

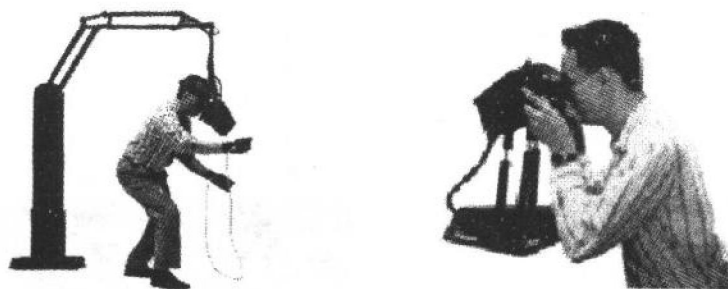


图 13.2-4g)

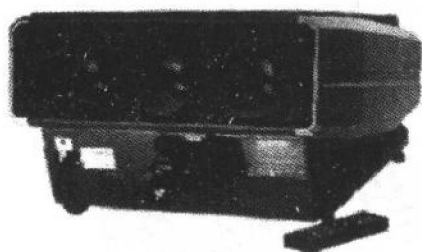


图 13.2-4h)

3.1.2 虚拟现实硬件产品介绍

SGI 公司是目前虚拟现实硬件设备的核心提供商,他们主要提供计算机,如 Ontx2 系列产品,它是当今最强大的可视化主机,专门为可视化计算而设计,

其中包括纹理映射、体渲染和反走样高清晰度电视 (HDTV) 显示。

SUN microsystem 和 HP 公司也提供一些计算机设备。

Polhemus 公司的各类电磁传感器是目前虚拟现实市场中比较先进和通用的传感器,常用的型号有 Isotrack, Fastrack 及 Insidetrack 等。

Virtual Research System 公司的 V6、V8 等头盔显示器 (HMD) 产品由于采用了有源 LCD 矩阵技术,使其分辨率得到了改善。甚至其图像质量可与 CRT 头盔显示器媲美。但后者的视角没有 LCD 显示器大,且价格昂贵。

在表 13.2-1 中,列出了目前最著名的几家提供 VR 辅助设备的硬件厂商。

表 13.2-1 虚拟外设主要供应商

厂商名称	厂商 URL	硬件产品
CELCO	http://celco.com	数字动画和头戴式系统
Cybernet Systems	http://www.cybernet.com/index.html	各种虚拟现实产品和附属产品的供应商
Cyber World Interactive	http://www.cwonline.com	各种虚拟现实产品和附属产品的供应商
Digital Image FX Inc	http://www.digital-fx.ca	立体显示设备、三维音响
Dreamality Technologies, Inc	http://www.dreamalitytechnologies.com	生产基于仿真的虚拟现实产品
Immersion Corporation	http://www.immerse.com/	针对医学虚拟环境的力反馈设备、和数字产品
InWorld VR, Inc.	http://www.inworldvr.com	虚拟现实硬件 (以及软件供应商)
KISMET 3DSimulation	http://iregt1.iai.fzk.de/	触觉反馈设备
Liquid Image Corporation	http://www.liquidimage.ca/-	沉浸设备 (HMD、位置跟踪设备、数据手套)
Pyramid Systems, Inc.	http://www.pyramidsystems.com	沉浸设备 (HMD、位置跟踪设备、数据手套)
SensAble Technologies	http://www.sensable.com-	桌面级 PHANTOM 触觉交互设备和 GHOST 软件工具集
Spaceexploration Ltd.	http://www.spaceexploration.com	各种虚拟现实产品和附属产品的供应商
Tetratel	http://www.tetratel.com/	家庭级的 VR 设备和软件,尤其是眼镜

(续)

厂商名称	厂商 URL	硬件产品
Virtual Presence Ltd	http://www.vrweb.com/	头盔、手套、跟踪设备工作站以及软件工具集等
Virtual Reality Source	http://www.thevrsources.com/	工业用的虚拟设备
Virtual Technologies, Inc.	http://www.virtex.com	触觉设备与反馈系统
Xtensory Inc	http://www.xtensory.com	XVS-Link 和 SyncLink VR 设备驱动 API 和 XVS Chameleon 虚拟现实设备仿真器

3.2 产生虚拟现实的软件

从系统角度来看,虚拟现实软件必须充分管理和利用好各种计算资源、接口设备和系统资源,提供给虚拟现实应用开发人员一个高性能的接口。用户接口方式可有以下几种:

1) 编译库:也称为应用编程接口(API)或工具库(Toolkit)方式。这种接口方式最为灵活,但要求开发人员必须是程序设计人员,而且,每次修改程序时都需要重新编译。它比较适合于开发复杂的或特定的虚拟现实应用系统。

2) 描述语言:使用描述语言开发应用系统相对简单,开发者无需有程序设计的知识背景就可以在较短的时间内学会使用描述语言。

3) 图形化:图形化界面使用户通过简单的点击即可开发应用系统。优点是无需程序设计背景知识而且使用方便直观,缺点是难以开发复杂的应用系统。

虚拟现实软件所提供的环境一般包括对象编辑器、世界编辑器和集成运行环境。对象编辑器主要实现对象坐标系中为物体几何建模和行为建模,世界编辑器主要实现对象在世界坐标系中的行为建模和集成,对象编辑器和世界编辑器有机地结合起来以实现虚拟环境的建模和管理,集成运行环境提供了虚拟环境的实时表现场所,它可以是一个复杂的分布式仿真环境。如图 13.2-5 所示是虚拟现实软件环境的框图。

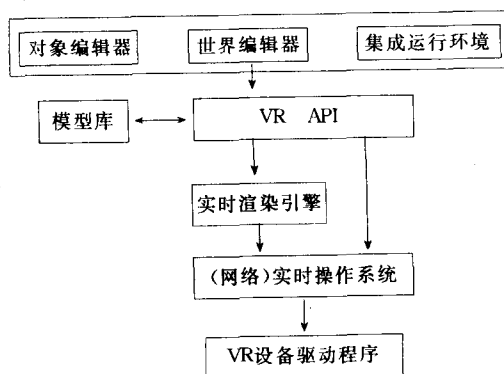


图 13.2-5 虚拟现实的软件环境

3.2.1 虚拟现实软件系统的组成

虚拟现实软件系统的基本部分由输入处理、仿真处理器、渲染处理器和虚拟环境数据库(World Database)等组成。所有的部分必须考虑到处理的时间要求。因为每个延迟都意味着降低实时的感觉。

(1) 输入处理

输入处理器控制着信息输入到计算机的设备。目前有很多种输入设备:键盘、鼠标、跟踪球、游戏杆、三维或六维(3D & 6D)位置跟踪器(数据手套、数据棒、头跟踪器、数据衣等),网络 VR 系统还应该增加网络接收设备。语音识别系统也是一种输入设备。对软件的要求应该能以最小的延迟从系统的其他部分得到坐标数据。有的位置传感器还需要增加一些滤波和数据平滑处理功能,有的手套系统需要增加手势识别功能。

(2) 仿真处理

仿真系统是 VR 程序的内核,它处理交互、对象的动作、物理原型的仿真和测定虚拟场景状态。网络 VR 应用应使多个仿真运行在不同的机器上,每一个都是不同的时间步骤。

仿真引擎使用户根据编入到虚拟世界中的任务(例如,碰撞检测、脚本等)进行输入,同时也检测在虚拟世界中将要发生的动作。

(3) 渲染(Rendering)处理

渲染处理是用来创建真实感的程序,可以分为视觉、听觉、触觉和其他传感功能。渲染器从仿真处理器那里或直接从虚拟世界数据库中得到关于虚拟世界状态的描述。

① 视觉渲染 视觉渲染是最普遍的处理,它在计算机图像和动画领域已经有了很长的历史。影响 VR 图像渲染的主要因素是帧生成速率。它需要每秒产生 20 或 20 以上的帧数,因为每秒 20 帧是人类眼睛能看到连续和平滑图像的最低限度。所以光线跟踪和辐射技术等,虽然能够生成很真实的图像,但是却要花费几个小时来生成单帧,不能满足虚拟现实的需要。

用于VR的可视对象渲染技术使用了许多其他的算法,例如“画笔算法”、Z缓存(Z-Buffer)或其他扫描线定向的算法。在许多可视对象渲染的时候都要增加特别的硬件。画笔算法在低端VR系统中非常受欢迎,因为它非常快,而且在内存资源中很方便地实现和得到渲染。

可视对象渲染处理过程通常被称为渲染管道(render pipe)。它指建立与每一帧相关的子处理序列。一个采样渲染管道从对世界空间里的场景、对象、光线和摄像机(camra)的描述开始。第一步是消隐所有摄像机看不见的物体,剩余的对象进行几何变换到眼睛的坐标系(眼睛是原点),然后用消隐算法和像素渲染完成。

可视对象渲染的有效途径是“纹理”或“图像”的映射。即把图片映射到虚拟世界的对象上,代替计算对象的光线和明暗,渲染器在对象的每一个可视点上决定纹理图像的哪一部分是可见的。一些VR系统有特殊的总是面朝用户的“布告板”(Billboard)对象。通过在布告板上贴一系列不同的图像,能够使用户产生绕对象移动的感觉。

② 听觉渲染 VR系统通过听觉大大增加了沉浸的效果。它可以是单、立体或3D声音。后者是非常难的命题,由于大脑趋向于在头的内部定位声音,结果不足以做到立体效果。3D声音的研究已经表明人类头部和耳朵的形状影响3D声音识别。所以可以用复杂的数学公式(称为头相关转移函数或HRTF)来制造各种声音效果。HRTF是一个非常个人的函数,它依赖于每个人耳朵的形状等。然而,在建立通用的能够用于大多数人和大部分声音布置的HRTF方面获得了重要的成功。但仍然有好多问题。

声音可以是转化其他信息的方式,如表面粗糙度。在沙子中拖动虚拟手掌与在碎石中的声音是不同的。

③ 触觉渲染 触觉渲染,这是一个非常新的学科。在渲染真实感觉方面的研究很少(比如液体、皮毛等)。几乎目前所有的系统尚集中在力反馈和肌肉运动感觉上。

④ 其他感觉渲染 平衡和移动的感觉在VR系统中可通过移动平台以达到相当的精度。常用于飞行仿真和影院里提供一些运动暗示,这时人的注意力集成了其他的暗示来感知运动。

温度感觉有一定的发展,已有非常小的电热泵可以提供对热和冷的感觉,但这种系统非常昂贵。

其他的感受,例如味觉、嗅觉等目前超出了我们迅速有效渲染的能力。

(4) 虚拟场景(scene)

虚拟世界本身需要被定义在一个“世界空间”里。

1) 世界坐标 世界空间的一个主要约束是坐标亦即定位。计算机要在虚拟世界里对每一个对象的每个点上赋以数值。一般可采用笛卡尔坐标系的X、Y、Z(长、宽、高),当然可以使用其他坐标系,如球坐标系等。

2) 世界的划分:环境的分离 通常一个虚拟场景很庞大,而由于硬件设备的限制,不能做到较好的实时性,因此经常把虚拟世界划分为多个世界,并提供在多个世界之间的变换。使得每次渲染只需计算较少的对象。

(5) 虚拟环境数据库

有关对象和场景的数据是VR系统的一个重要部分,存储在场景数据库(世界描述文件)里描述对象行为或用户(发生在用户身上的)脚本,光线,程序控制和管理硬件设备。

1) 存储方法 世界信息的存储方法有很多,数据文件一般为ASCⅡ文本文件,但在很多系统里,用二进制文件代替ASCⅡ文本文件,也有一些系统直接把世界信息编辑到应用程序里。

2) 对象 虚拟世界的对象可以是几何形状、层次性的对象组合、脚本或其他属性。对象的行为对系统的结构和设计有非常巨大的影响。

① 位置/朝向 一个对象是可以确定位置和定位的,也就是说,在空间里它有位置和方向。大多数对象都可以通过变换和旋转操作来具备这个属性。这些操作通常使用矢量和矩阵的操作来实现。

② 结构 一个对象可以是带有父对象、同属对象和子对象的多层对象的一部分,这样的对象可以从其父对象中继承变换并且传递给它的同属对象和子对象。层次用于建立连接的图表和有结构关系的事物的造型,如太阳、行星和与月亮之类事物的造型。

③ 边界域(Bounding Volume) 一个对象应该包括边界域(BOUNDING VOLUME)。最简单的边界域是由中心点和半径决定的边界球,另一种简单边界域是边界立方体。

3) 几何对象 反映真实世界需要非常准确的几何形状。但是因为目前的技术限制,大多数VR系统为确保渲染的速度而牺牲了细节和准确。

最简单的对象是一维点,然后是二维矢量,其次三维实体等。造型的复杂性通常同渲染速度成反比。模型越复杂、越细节化,帧速越低。

4) 光线 光线是虚拟世界的非常重要的组成部分。光线可以是环境光、或定位光。定位光有位置,并且可以有方向、颜色、密度和锥照明。光源越复杂,就越需要计算时间,但光源的引入使得虚拟场景非常逼真。

5) 摄像机 摄像机或视点可以在世界数据库中描述。一般地,每一个用户在某一时刻只有一个视点

(对于立体显示系统有两个相近的空间视点)。

6) 脚本和对象行为 仅仅由静态对象组成的虚拟世界几乎没有什么趣味。许多 VR 的研究学者和娱乐专家已经阐述过交互性是建立成功和有趣的虚拟世界的关键。这需要定义动作,当用户(或其他对象)与之交互时,对象执行自己的行为。行为脚本分成三个基本的类型:动作脚本、触发脚本和连接脚本。

① 动作脚本 动作脚本修改场景的位置、方向或者对象的属性、当前环境的光线或者摄像机。为简单化和速度的需要,对于一个对象在任何一个距离仅仅应该激活一种动作脚本。由于脚本的解释需要时间,而这影响帧数和延迟速率,所以必须加以注意。

② 触发脚本 触发脚本涉及某些触发事件的发生,例如碰撞、接近或选择。VR 系统需要在每一次遇到触发记号(TICK)评价触发器参数。

③ 连接脚本 连接脚本控制输入和输出设备到各种对象的连接。例如一连接脚本可以将手套设备连接到虚拟手对象。手套的移动和位置信息用来控制在虚拟世界里手对象的位置和行动。

7) 交互反馈 当虚拟光标选择或触摸对象时,用户必须给出某些交互反馈。简单系统仅仅让用户看见光标(虚拟手)穿透对象,这样用户能够抓住物体或者选择物体,被选择的物体然后以某种方式被加亮。另外,产生声音信号可以表示碰撞。一些系统使用简单的触摸反馈来表示碰撞,例如游戏杆的振荡。

8) 硬件控制和连接 虚拟世界数据库可能包含关于硬件控制以及它们如何集成到应用程序中的信息。它们也有可能是程序代码的一部分。一些 VR 系统把这些信息放到配置文件中。硬件映射部分定义了输入/输出口、数据速率和用于每个设备的其他参数。它也把设备的逻辑连接提供给虚拟世界的某些部分。举例来说,一个位置追踪器可能会同观察者的头或手联系起来。

9) 房间/部分/区域说明 如果系统支持把虚拟

世界分为几个不同的部分,世界数据库将需要多重场景的说明。每一个区域说明给出场景中对象的名字和部分说明(如大小、背景、灯光等)。还需要一些方法实现在世界之间移动,如进入一个门等。

3.2.2 虚拟现实软件产品介绍

1) EAI 软件公司 (<http://www.eai.com>)

△ World Toolkits—提供 C、C++ 库的软件包

△ WorldUp—虚拟场景的建模工具,可以读取 dxf、3ds、nff 等格式文件

△ WorldToWorld—网络环境下的虚拟现实软件

2) Multigen—Paragim 公司 (<http://www.multigen-paragim.com>)

△ Multigen—虚拟现实建模工具,支持多种文件格式

△ Vega—视景仿真软件,提供 C++、C 接口

3) Krystal 公司 (<http://www.superscape.com>)

△ VTK 软件—虚拟现实仿真软件,提供编程接口

4) RealAX 公司 (<http://www.realax.com>)

△ RealAX 系列软件—虚拟现实建模、仿真软件

5) SGI 公司 (<http://www.sgi.com>)

△ OpenInventor—基于 OpenGL 上开发工具集

△ Performer—有实时渲染功能的开发工具集,许多仿真软件都是基于 performer 之上开发的,比如 vega 就是在 performer 上开发的软件

6) PTC 公司 (<http://www.ptc.com>)

△ Dvision—dvision 是虚拟世界著作工具,它使非专业程序员也能容易地开发虚拟世界,给它们赋予现实的智能,部分浸入或完全浸入地感受它们。division 有两种接口—Xwindow/Motif 接口和全浸入式接口。公司网址是 <http://www.ptc.com/division>

7) 其他公司,见表 13.2-2

表 13.2-2 虚拟现实软件供应商

厂商名称	域 名	软件种类
2morrow Inc	http://www.2morrow.com	各种虚拟现实工具集
3DVR, Inc	http://www.3dvr.net/index.html	各种虚拟现实工具集
7eme Sens	http://www.7sens.fr	虚拟现实交互渲染软件
Aesthetic Solutions	http://www.aesthetic.com	Aesthetic Visions, Component-based series of VR/VRML authoring tools
Applied Emerging Technologies	http://home.earthlink.net/~arant	基于 PC 下的多用户战斗场景仿真
Armchair Travel Company Ltd	http://www.armchair-travel.com	使用 Virtual Travel 和 Apple QuickTime VR 进行虚拟旅游的软件,访问世界各个场景

(续)

厂商名称	域 名	软件种类
ATMT	http://www.atma.it	计算机图形以及交互技术
Circle Of Fire Studios	http://www.channell.com/users/fire	各种虚拟现实工具集
Cybertracks Records	http://www.cybertracks.it	三维音乐特效和音乐处理的虚拟现实软件
Deneb Robotics, Inc	http://www.deneb.com	面向工厂的大型仿真软件
Digital Tech Frontier	http://www.hightechentertainment.com	面向教育、训练、市场已经娱乐的3D交互虚拟计算机环境
Division	http://www.division.com	各种虚拟现实工具集
Dynamic Animation Systems Inc	http://www.d-a-s.com	开发面向科学考察、防卫、娱乐的分布式交互、沉浸性的虚拟现实应用
Elgin Interactive Software, Inc	http://www.mcs.com/~elgin	Virtual Encounter
EMagnetics	http://www.emagnetics.com/candle	chaos based virtual candle
eVox Productions	http://www.evox.com	特效, 多媒体技术
Immersive Systems, Inc	http://www.immersive.com/index.html	Meme TM virtual reality software technology (多用户网络虚拟环境)
Inter Space Project	http://www.is.nts.com	各种虚拟现实工具集
Ipion Virtual Physics	http://www.ipion.com	提供 SDK 接口, 主要开发游戏
Janvier Design	http://www.janvier.com	VRML 下的软件提供者
Jesler Enterprises	http://www.jesler.com	各种虚拟现实工具集
Liquid Image	http://www.mbnet.mb.ca/~havelk	各种虚拟现实工具集
Maelstrom Virtual Productions Ltd.	http://www.maelstrom.com	提供 VR 下的仿真训练软件
Mindwave	http://www.mindwave.com	各种虚拟现实工具集
Quantum Works Corporation	http://members.aol.com/setpci/qw.htm	计算机动画、仿真
RTZ Virtual Worlds	http://www.rtzvirtual.es	3D virtual reality 应用开发
SR1 Virtual Reality	http://os.sri.com	各种虚拟现实工具集
Superscape	http://www.superscape.com	VTK 软件
Terraformers	http://www.terraformers-usa.com	基于 WEB 的 3D 交互 virtual reality worlds
ThemeKit	http://www.themekit.com	MindRender graphics engine API 开发者
United States Virtual Reality (USVR)	http://www.usvr.com	游戏机的开发
VierteArt	http://www.vierte-art.com	各种虚拟现实工具集

(续)

厂商名称	域 名	软件种类
ViewTec Ltd	http://www.viewtec.ch	提供 3D 和 virtual reality 软件服务, 服务对象是工程、医疗和原型开发
Virtual Design Modeling	http://ourworld.compuserve.com/home pages/virtual design modeling	提供 PC 平台下的 VR 系统
Virtual Entertainment, Inc	http://www.virtuality.com	沉浸式娱乐软件
Virtuali	http://www.virtuali.com	为多媒体软件提供格式转换
Virtual Reality Marketing Ltd	http://www.vrmarketing.com	为 WEB 提供 3D 浏览接口
Virtual Technologies	http://www.virtex.com	各种虚拟现实工具集
Virtual Theater Inc.	http://www.virtualtheater.com	各种虚拟现实工具集
Virtually Unlimited	http://www.vru.com/index.html	各种虚拟现实工具集
VirtuREAL Communications	http://www.digimark.net/vr	各种虚拟现实工具集
Vivid Group	http://www.vividgroup.com	Mandala 系统的开发者
VR Animation	http://www.vrai.com	WEB 多媒体动画
VR Services	http://www.vrservices.co.uk	使用 Superscape's VRT 软件开发者
Worlds Inc	http://www.worlds.net	3-D chatting 和 virtual environments
Zombie Virtual Reality Entertainment	http://www.zombie.com	3D 游戏、娱乐软件

第3章 基于虚拟现实技术的新一代CAD技术

1 基于虚拟现实的CAD的特点

当今的CAD系统已发展到以实体造型为主的时代,比如CATIA、UGII、PRO/E以及I-DEAS等软件,但就用户界面而言,无一例外地遵循WIMP^①的操作方式,其系统采用二维显示方式,设计者与系统的交互依赖于键盘、鼠标等设备;这种输入以串行性和精确性为特征,设计者每次只能利用一种输入设备来指定一个或一系列完全确定的指令或参数。三维的设计常常不得不分解为二维、甚至一维的操作,这使得三维设计过程异常复杂、乏味,约束了交互的效率。人们一直期望一种具备自然的交互方式的全新的CAD技术。直到最近几年,计算机技术的飞速发展,一种基于虚拟现实技术的CAD技术问世,使人们的期望逐步变成现实。

基于虚拟现实技术的新一代CAD(简称VR-CAD),采用的输入设备是:数据手套、三维鼠标、语音系统以及其他跟踪设备。它是基于多媒体的、高交互的、浸入式或半浸入式的三维计算机辅助设计环境。在这样的虚拟环境中,设计者不仅能够自始至终在三维空间里观察漫游和分析设计结果,而且能够直接在三维空间中通过三维操作、语音指令、手势等高度交互的方式进行三维实体建模和装配建模,并且最终生成精确的几何模型以支持详细设计与变动设计。同时能在同一环境中进行一些相关分析,从而满足工程设计和应用的需要。

VR-CAD还可以实时地提供各种反馈信息,包括视觉反馈、声音反馈、力反馈等,让设计者与被设计对象间建立双向的关系。

新一代的基于虚拟现实技术的CAD技术,其主要特点是:

(1) 自然的人机交互方式

1) 灵活的导航:为了让用户在不同的方位观察整个物体,对物体的每一个细节进行观察,还可以深入到物体的内部,查看物体内部细节,精确地选取物体,将采用手势、语音、身体其他部位的运动跟踪等导航方式。

2) 逼真的视觉:VR-CAD中的模型不同于传统的CAD模型,渲染方式也不同于以前,它更加考虑到人在系统中的感受。因此首先对几何模型进行三角化剖分,然后再基于左右视点计算出一对图像以供立体显示,再通过纹理、光照、渲染场景,让用户身临其境。

3) 三维、多通道的信息反馈:VR-CAD中,实时

的三维立体声音反馈不仅有助于实时地了解设计过程,而且也是定位物体的一个非常有效的方法之一;设计过程力的反馈将调动设计者的触觉感官,更逼真地接近现实环境。

(2) 实时的约束识别和求解机制

满足物体精确定位,支持详细设计:现有的虚拟设备,因为精度问题,往往不能使物体完成精确定位,为此,必须进行实时的约束识别和快速求解的研究。保证物体的设计、装配、形状分析、功能分析得以进行,支持详细设计。

(3) 适当的几何约束模型

虚拟环境的三维属性和高保真性,给设计者更好的沉浸感,带来观察、分析模型的巨大优势。但对几何约束模型也提出了非常苛刻的要求,如支持多媒体的信息、识别手势、跟踪身体运动、反馈声音和力等,这些要求必须要包容在几何约束模型中。

在以下的章节中,将进一步论述VR-CAD的关键技术。

2 新的几何建模技术

2.1 传统的几何建模技术简介

进行设计,需要在计算机内用产品模型来表达设计的物体,人们最常用的表示方法是CSG表示和B-reps表示,而更经常的是将这两种方法合并在一起运用。

实体的B-rep表示模型能够表达出多面体各几何元素之间完整的几何和拓扑关系,并且允许对这种几何和拓扑关系进行修改。其中,体、面、边和顶点是最基本的几何元素。

另一种建模方法称为结构实体几何(constructive solid geometry,或CSG),由两个物体间的并、交或差操作生成一个新的物体。

CSG应用基于三维物体的初始集(基本元素),如长方体、棱锥、柱体、锥体、球或者封闭的样条曲面。首先旋转两个基本元素,放置到空间某个位置。然后选择组合两个基本元素的体操作(并、交、差)。这时就形成了一个物体。

① WIMP—指Windows-Icons-Menu-Pointer(窗口—图标—菜单—指定)图形界面。

2.2 VR-CAD 中的几何建模

VR-CAD 中的几何约束模型是基于 CSG/B-reps 混合表示的一个扩展,它由 B-reps 表示、CSG 表示和几何约束表示三部分组成。

2.2.1 VR-CAD 中的 B-reps 表示

1) 对于点的表示,采用了世界坐标系和局部坐标系下的双重坐标系表示。目的主要有两个:其一,使得对基本体素形状的调整能通过一种快速的修改操作完成,而无需重新生成该基本体素的边界表示;其二,有利于变动的传播。

2) 在面、边、点的表示中增加了“选取点”属性,可以在三维空间中方便对面、边、点的选取,其中面、边的选取点设置在其几何中心,点的选取为其自身。

3) 增加面、边、点的父节点与其子节点的联系指针,利于在导航或者变动设计时定位与回溯。

4) 增加节点与临近相关点的联系指针,便于引入人力反馈、面音源、体音源等功能。

2.2.2 VR-CAD 中的 CSG 表示

为支持直接三维操作、实体显示以及显示定形、定位约束和变动设计,可在基本体素的属性中加入形状控制点(SCP)、定位方式(LP)、以及辅助元素(AE)等,而且 CSG 树的每个节点都被当作一个独立物体,显式地存储其完整的边界表示,即显式地保存了它的顶点表、边表、面表。对于其中的叶节点而言,它们作为原始拓扑元素,在设计过程中始终不变。可以让几何约束总是施加在基本元素的原始拓扑元素上。

设计产品的过程是一个构造性的过程,通过实例化一个基本体素并将其附加到以前生成的相对简单的物体上以形成更为复杂的物体。在这个过程中,尽管有可能出现复杂的布尔运算,但绝大部分操作其实还是 glue 运算。此时,当基本体素的形状改变时,只要这种变化不影响到其父节点的拓扑结构,它的面、边、点的几何变化即可通过父指针逐级往上传递,达到目标物体。这样为快速变动传播提供了可能。

2.2.3 基本体素的处理

对于 VR-CAD 系统而言,如何规范设计者与几何模型的交互方式以更有利于几何模型的定形定位,是一个不可回避的问题。

(1) 形状控制点

为方便设计者在三维空间中调整基本体素的形状,特引入“形状控制点”,形状控制点是基本体素一个特殊的点,通过它可以确定基本体素形状参数的空

间点,用户可以方便的拖动该点改变基本体素的形状。因此实际操作中要考虑基本体素的形状控制点的可见性与可及性。从而无需通过键盘输入数值,就能方便地更改其形状。比如球体,形状控制点可以设在球心,而一个圆柱体,控制点可以设在底面与母线的交点上等。这些控制点的设定可以参考目前成熟的三维 CAD 商品软件。基本体素的形状参数通过形状控制点和有关映射自动生成。其过程可以概括如图 13.3-1:

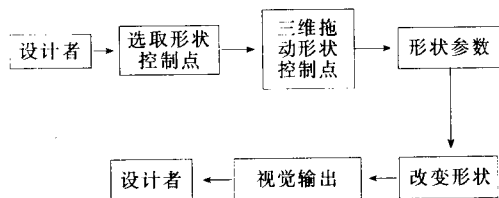


图 13.3-1

形状控制点分为两类:主形状控制点和从形状控制点。其中主形状控制点只有一个,它用来控制基本体素的总体形状,如图 13.3-2 中的小圆点所示;而从形状控制点如果存在的,一般会有多个,他们用于微调基本体素的局部形状,并可能直接地影响到基本体素的形状参数,如图中的小叉号所示。

(2) 定位方式

定位方式指的是借助于若干特定种类的几何约束,通过方位已经确定的基本体素来决定方位待定的基本体素的方向、位置的方式。定位方式保证建模的准确性以及虚拟造型交互过程的实时性。基本体素的定位方式很多种,总结起来分为以下几类:

1) I 类定位方式 此定位方式是通过一个“面—面”贴合约束和该贴合面间的两个二维约束来确定基本体素方位的定位方法。该定位方式的约束集包含一个“面—面”贴合约束,记为 $C1: \text{Coincidence_FF}(F, F')$,其中 F 为参照基本体素 Ref 中的一个参照面, F' 为待定方位的基本体素(称为目标基本体素) Tar 中的受约束面;以及两个二维几何约束,他们的约束元素和受约束元素分别是面 F, F' 的边界元素,如“边—边”距离约束、“点—边”距离约束等,用以通过面 F 中的约束元素将 F' 完全定位,从而达到通过参照基本体素对目标基本体素完全定位的目的。如图 13.3-3a 所示。

2) II 类定位方式 此定位方式是通过三个“面—面”距离约束(包括距离为零的“面—面”距离约束,即“面—面”贴合约束)来确定基本体素的方位。II 类定位方式的约束集包括三个“面—面”距离约束,分别记为 $C1: \text{Dist_FF}(F1, F1'), C2: \text{Dist_FF}(F2, F2'), C3: \text{Dist_FF}(F3, F3')$,其中 $F1, F2, F3$ 为参照基本体素 Ref 或参照基本体素集(最多为三个,分别为

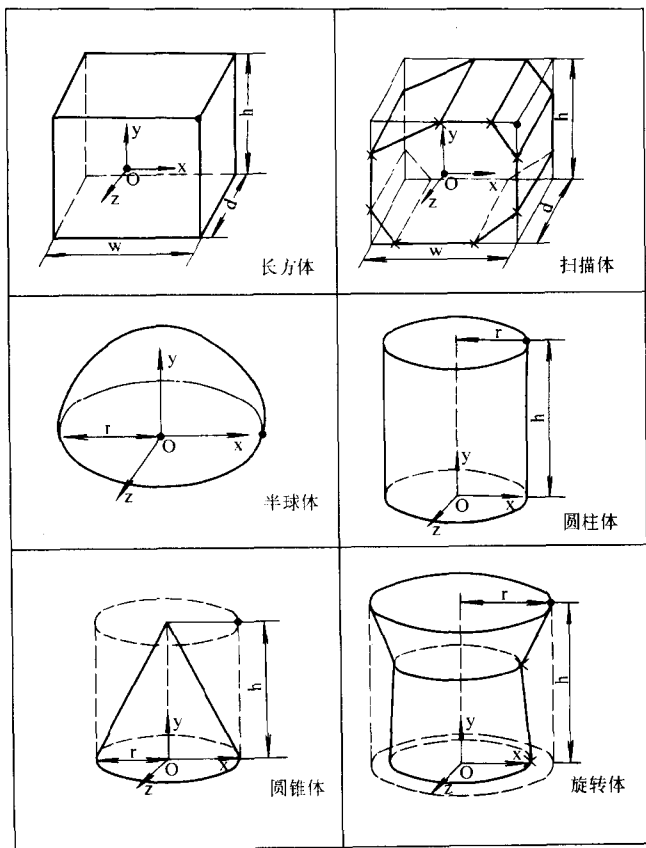


图 13.3-2 基本体素及其形状控制点

Ref1、Ref2、Ref3) 中的三个互不平行的参照面, $F1'$ 、 $F2'$ 、 $F3'$ 为目标基本体素 Tar 中的三个互不平行的受约束面。如图 13.3-3b 所示。

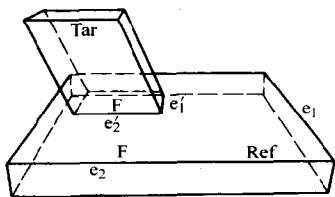


图 13.3-3a) I 类定位方式

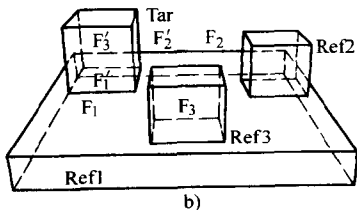


图 13.3-3b) II 类定位方式

3) III 类定位方式 此定位方式是通过一个“轴—轴”重合约束和一个“面—面”距离约束来确定旋转类基本体素的方位。III 类定位方式的约束集包括一个“轴—轴”重合约束, 记为 C1: Coincidence-ee (l, l'), 其

中 l 为参照基本体素 Ref 的旋转轴, l' 为目标基本体素 Tar 的旋转轴; 以及一个“面—面”距离约束 (包括距离为零的“面—面”距离约束), 记为 C2: Dist-FF ($F1, F1'$)。如图 13.3-3c 所示。

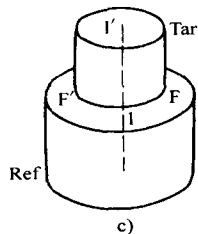


图 13.3-3c) III 类定位方式

4) IV 类定位方式 此定位方式是通过一个“轴—轴”平行约束和一个“面—面”贴合约束和一个角度约束来确定旋转类基本体素的方位。IV 类定位方式的约束集包括一个“轴—轴”平行约束, 记为 C1: Parallel-ee (l, l'), 其中 l 为参照基本体素 Ref 的旋转轴, l' 为目标基本体素 Tar 的旋转轴; 一个“面—面”贴合约束, 记为 C2: Coincidence-FF (F, F'); 以及一个角度约束, 记为 C3: Angle-reftar (V, V'), 其中, V 、 V' 分别是面 F 、 F' 的圆心, 而角度则为以 v 为原点, 沿