

## 虚拟设计技术在制造业的应用研究

信息学院 申蔚

虚拟现实(Virtual Reality,简称VR)技术,是指利用计算机生成一种模拟环境,并通过多种专用设备使用户“投入”到该环境中,实现用户与该环境直接进行自然交互的一门综合性信息技术。其目的是能让用户使用人的自然技能对虚拟世界中的物体进行考察或操作,同时提供视、听、摸等直观而又自然的实时感知。将VR技术与已经高度发展的CAD(及CAM、CAE等)系统结合,为产品设计的创意、变更以及性能优化提供一个开放的、可交互的虚拟三维环境。借助这样的虚拟系统,可以有效地避免设计缺陷,缩短开发周期,同时降低产品的开发和制造成本。目前,这项在三维空间的设计和规划技术,称为虚拟设计(Virtual Design)。

### 一、虚拟现实技术概述

#### (一)VR技术的定义和特点

虚拟现实技术是虚拟设计的基础和灵魂,其定义可以归纳为:由计算机产生一种人为虚拟的环境,这种虚拟的环境是通过计算机构成的三维空间,或是把其他现实环境编制到计算机中去产生逼真的“虚拟环境”,并通过多种专用设备让用户“投入”到该环境中,从而使得用户在视觉、听觉、触觉、味觉等多种感官上产生一种沉浸于虚拟环境之中的感觉。

与传统的人机交互技术相比,虚拟现实是在虚拟环境下的自然交互技术,它具有三个最突出的特征:交互性、沉浸感和构想性。其中:

交互性是指参与者通过使用专用设备,用人类的自然技能实现对模拟环境内物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度(包括实时性)。

沉浸感是指用户感到作为主角存在于模拟环境中的真实程度。

构想性是使VR技术的应用能解决在建筑工程、医学、军事等各行业的实际问题,使人有可能从定性和定量综合集成的虚拟环境中得到感性和理性的认识,进而深化概念、产生新意和构想,主动寻求、探索和接受信息,而不仅是被动的接收者。

#### (二)VR系统的组成和功能

一个典型的虚拟现实系统主要包括虚拟世界、计算机、虚拟现实软件、输入设备和输出设备五大组成部分。与虚拟世界交互的过程大致是:参与者首先激活头盔、数据

手套和话筒等输入设备为计算机提供输入信号,虚拟现实软件收到由跟踪器和传感器送来的输入信号后加以解释,然后对虚拟环境数据库作必要的更新,调整当前的虚拟环境场景,并将这一新视点下的三维视觉图像以及其他(如声音、触觉、力反馈等)信息立即传送给相应的输出设备(头盔显示器、耳机、数据手套等),以便参与者及时获得多种感官上的虚拟效果。

### (三)VR 系统的分类

随着科学技术的飞速发展,虚拟现实技术已出现了多样化的发展趋势,按其交互和浸入程度的不同可以分为桌面式、沉浸式、叠加式和分布式虚拟现实系统四类。其中:

桌面式 VR 系统仅使用个人计算机和低级工作站,把计算机的屏幕作为参与者观察虚拟环境的一个窗口,使用简单的外部设备(如鼠标、力矩球、立体眼镜等)来驾驭虚拟环境和操纵虚拟物体。桌面式 VR 系统缺乏完全沉浸功能,但它的成本低,可以通过廉价的硬件产生较真实的效果,因此易于普及。

沉浸式 VR 系统利用头盔显示器和数据手套等各种交互设备把用户的视觉、听觉和其他感觉封闭起来,使用户真正成为 VR 系统内部的一个参与者,并能利用这些交互设备操作和驾驭虚拟环境,因而具有高度的实时性能和沉浸感,但它的成本较高。

叠加式 VR 系统又称增强式 VR 系统,它通过穿透型头戴式显示器等设备将计算机虚拟图像叠加在现实世界之上,用于增强或补充人眼所看到的東西,为操作员提供与他所看到的现实环境有关的、存储在计算机中的信息。

分布式 VR 系统是一种基于网络的虚拟环境,它在 VR 系统的基础上,将位于不同物理位置的多个用户或多个虚拟环境通过网络相连接,并共享信息,从而使用户的协同工作达到一个更高的境界。

## 二、虚拟设计技术的特点

传统的 CAD 设计方法在改善产品设计和制造过程的同时,很难避免一些缺点。例如:在设计阶段可视化程度不高,到原型生产出来后才暴露出问题;无法利用除视觉以外的其他感知功能;很难进行可装配性分析和干涉检验等深层次的设计。虚拟设计技术可以让设计者亲自体验和测试各种新方案的适用性,在虚拟环境中优选方案,以避免最后铸成错误。

虚拟设计的特点主要包括:

第一,融入性。系统集成三维动态显示、仿真、实际工况模拟等多媒体技术于一体,使设计者能切身融入虚拟环境中,身临其境地感受设计过程和性能,从而成为虚拟环境的组成部分。

第二,实时性。实时的参与、交互和显示,把人在 CAD 环境下的活动提升到人机融为一体的积极参与的主动活动,构成融入性的智能化开发系统。

第三,多交互手段。系统提供自然的人机交互方式,3D设计者可以不再仅用2D鼠标或键盘作为交互手段,而是运用手势、声音、游戏操纵杆等方式进行设计行为,如建模、仿真、预测、评估等。

第四,多通道交流。设计者可以感受视觉、听觉、触觉和嗅觉等多种信息,发挥其多种潜能,从而丰富设计理念,激发设计灵感,增加设计的成功性。

### 三、虚拟设计系统的分类

#### (一)按应用情况划分

虚拟设计系统按应用情况可分为增强的可视化系统和基于虚拟现实的CAD系统。

##### 1. 增强的可视化系统

利用现行的CAD系统进行建模,通过对数据格式进行适当的转换输出虚拟环境系统。在一个“虚拟”真实的环境中,设计人员利用三维的交互设备(如头盔式显示器、数据手套等)对虚拟模型进行各个角度的观察。目前投入使用的虚拟设计多采用增强的可视化系统,这主要是因为虚拟建模系统还不够完善。

##### 2. 基于虚拟现实的CAD系统

利用这样的技术用户可以在虚拟环境中进行设计活动,即不再使用传统的二维交互手段进行建模,而直接进行三维设计。与增强的可视化系统相同,它利用三维的输入设备,与虚拟环境进行交互。此外,它也支持如语音识别、手势及眼神跟踪等。这种虚拟设计系统不需要进行系统培训即可掌握,普通的设计人员略加熟悉便可利用这样的系统进行产品设计。研究表明,这样的虚拟设计系统比现行的CAD系统的设计效率至少提高5~10倍。

#### (二)按配置的档次划分

虚拟设计系统按照配置的档次可分为基于PC机的廉价设计系统和基于工作站的高档产品开发设计系统。

虽然是两种系统,但它们的工作原理是基本相同的。基于PC机的系统,它的优势主要在于价格低廉,对小型虚拟设计系统的开发非常适宜,并且它的用户广泛,所以具有良好的市场前景。随着PC机性能的迅速提高,越来越多的问题完全可以利用PC机解决。但是由于目前PC机的发展仍不够完善,很难胜任大型复杂产品的虚拟设计,因此对这些复杂产品的虚拟设计系统,高档的工作站仍是不可取代的硬件平台。

集高端CAD/CAM于一体的通用三维虚拟设计系统,具有强大的CAD和CAM功能。它基于完全的三维实体复合建模、特征建模和装配建模技术,能够设计出复杂的产品模型,可用于整个产品的开发过程;同时又具有良好的开放性,为用户提供功能强大的二次开发工具。利用这些工具,用户就可针对其具体要求,如行业的特殊需要

进行开发,实现相应功能;可进行零件参数化设计,通过存储设计的整个过程,在对零件进行拓扑结构归类的基础上建立参数化模型,建立几何信息和参数的对应机制,通过编辑参数值直接或间接修改几何实体,实现参数化设计;在工程实践中,通过有限元分析(CAE)与CAD系统的集成应用使设计水平发生质的飞跃。

#### 四、虚拟设计系统的应用

目前,虚拟设计在工业产品设计、装配设计等领域得到越来越多的应用。其作用主要表现在以下几个方面:①增加设计功能,减少设计成本;②缩短设计和分析的循环周期;③增加产品和工程的可靠性;④采用优化设计,降低材料的消耗或成本;⑤在产品制造或工程施工前预先发现潜在的问题;⑥模拟各种试验方案,减少试验时间和经费等。

##### (一) 虚拟产品设计(Virtual Product Design)

当前,虚拟设计技术已在飞机、汽车制造业和造船业等领域取得令人瞩目的成绩,不少大公司的产品设计中都采用了这项先进技术,如波音公司、奔驰公司等。德国汽车业是应用虚拟设计技术最快也最广泛的。目前,德国所有的汽车制造企业都建成了自己的虚拟设计开发中心,并将其应用到零部件设计、内部设计、空气动力学试验和模拟撞车安全试验等细小局部的工作中,如图1和图2所示。奔驰、宝马、大众等公司的报告显示,应用虚拟设计技术、以“数字汽车”模型来代替木制或铁皮制的汽车模型,可将新车型的开发时间从一年以上缩短到2个月左右,开发成本最多可降低到原先的1/10,因而大幅度提高了德国汽车产业的竞争力。



图1 汽车的虚拟设计

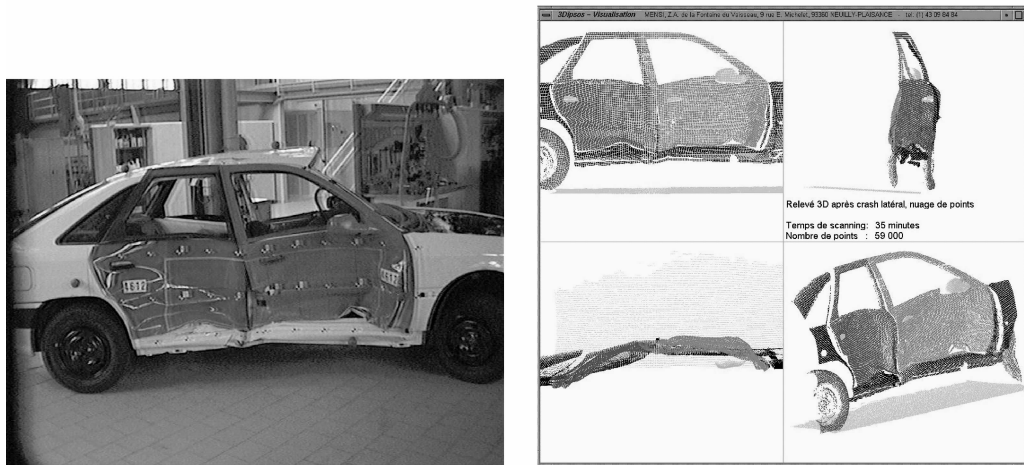


图2 模拟碰撞实验

波音 777 飞机也是虚拟设计系统的应用典型实例,这是飞机设计史上第一次在设计过程中没有采用实物模型。波音 777 由 300 万个零件组成,所有的设计在一个由数百台工作站组成的虚拟环境中进行。设计师戴上头盔显示器后,可以穿行于设计中的虚拟“飞机”,审视“飞机”的各项设计指标,并对其进行性能评价。

## (二) 虚拟装配设计(Virtual Assembly Design)

传统的产品开发,常需要花费大量的时间、人力、物力来制作实物模型进行各种装配实验研究,力求在产品的可行性、实用性和产品性能等方面进行各种测试分析。现代设计要求设计人员在虚拟产品开发早期就考虑装配问题,在进行虚拟装配的同时创建产品分析装配精度,及时优化设计方案。虚拟装配设计采用计算机仿真与虚拟现实技术,在计算机上进行仿真模型装配,实现产品的工艺规划、加工制造、装配和调试,它是实际装配过程在计算机上的体现,如图 3 所示。

虚拟装配首先要在 CAD 系统创建虚拟产品模型,然后进入并利用虚拟装配设计环境(Virtual Assembly Design Environment,简称 VADE)系统,由产品开发人员在 VADE 系统中开展工作,使用各种装配工具对设计进行检验,帮助设计人员及时发现产品开发过程中的设计、生产和装配工艺等问题,评价产品的公差、选择零部件的装配顺序、确定装拆工艺。实验表明,虚拟装配设计的完善将有效缩短新产品开发的周期,减轻设计返工的负担,提高新产品开发的质量与可靠性,同时也能降低新产品的开发成本。

虚拟装配设计是一个具有较大影响力的应用领域。目前,飞机、汽车的发动机设计已开始引入此类系统。由于发动机零件多、结构紧凑,设计出来的产品常常会在拆装过程中

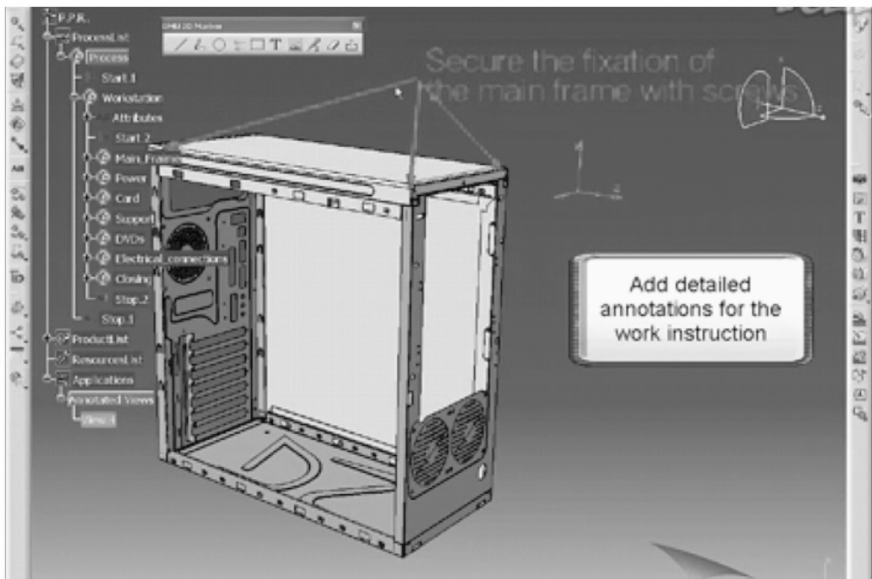


图3 虚拟装配应用系统

发生困难(例如拆不下来,装不上去,或工具伸不进去,没地方下手等)。利用此项技术,虚拟一个发动机模型进行拆装,就可以及时发现设计中的漏洞和毛病,以便加以修改。

### (三) 人机工程学设计(Virtual Prototype)

引入虚拟人机工程学评价系统,设计人员可以精确研究产品的人机工程学参数,并且在必要时修改虚拟部件的位置,重新设计整个产品的构造,如图4所示。另外,它还允许不同技术背景的人直接与设计的产品进行交互及评价产品的性能,有助于满足不同用户的特殊要求。

英国航空实验室研究人员研制了一个虚拟人机工程学评价系统。通过这个系统,设计人员可以精确研究轿车内部的人机工程学参数,适时修改轿车虚拟部件的位置,对整个轿车的内部构造重新设计。这项技术为新产品开发在产品的人机工程学研究方面提供了新的方法,可以不断地利用该系统来验证假设,既减少了开发费用,又缩短了制造模型的时间,同时又可以满足产品多样化的要求。

### (四) 异地协同设计

全球化、网络化和虚拟化已成为现代多种行业发展的重要特征,实现“虚拟设计”是虚拟化的重要内容。而分布式虚拟现实技术的应用将使设计人员能通过全球网或局域网以协作方式进行设计、交流和发布,从而进一步提高生产效率并削减成本。图5为一位设计师与远程的另一位设计师(的虚拟手和笔)进行同步合作的设计场景。



图4 汽车座椅的工程设计



图5 异地协同设计

#### (五)产品的推广与销售

虚拟设计与展示技术不仅在产品的设计中发挥重要作用,也可以扩展到其商业环节。在不动产或移动不便的大型贵重产品的业务推广中,它可以全方位地向客户展示产品的外貌与内在,从而充分表现出其先进的技术、功能与特性,这对汽车、大型机具、医疗健身器材等众多行业的工作都很有帮助。目前,国外已有厂家将此项技术应用于产品推广和市场调查等方面,如图6所示。

随着电子商务的日益普及,互联网对制造企业和商家具有特别的吸引力。把虚拟设计技术应用于网上销售及虚拟购物中心,还将大幅度改善顾客购买商品的经历。



图6 新产品的增强式VR展示发布

因为在一般的产品宣传或展览的互联网页上,用户只能看见平面的效果,使用VR技术后,用户便可以访问虚拟世界中的商店,将看到的虚拟实物放大、缩小或者作360度旋转,甚至在虚拟世界中使用它。它有效地拉近了产品与消费者之间的距离,使消费者可以先体验多媒体“数字产品”之后再选择订购,如图7所示。



图7 汽车产品的网络互动体验



## 五、总结

虽然虚拟设计正在逐步渗入制造业的各个领域,如虚拟造型设计、虚拟工艺制造、虚拟试验、虚拟装配等,但在我国的应用尚处于初级阶段。例如,在汽车工业中,虚拟设计目前主要应用于概念车和车身内外模型的开发,另外在汽车装配中还有少量使用。与此同时,虚拟设计技术自身也有许多问题亟待解决。在软件方面,首先是数据交换,目前的虚拟设计软件不能直接和CAD软件进行数据传输。这也是现在制约产品设计师应用虚拟技术的障碍。其次,需要开发功能全面的虚拟试验环境来验证产品的环境适应性。另外,还需解决VR技术、CAD技术和用户界面的集成问题。在硬件方面,由于虚拟产品应具有产品的全部信息和功能,这就要求计算机的速度、头盔显示器、数据手套等设备的精度进一步提高。虽然具有高度沉浸感和交互性的三维I/O是虚拟设计系统所理想和期望的,但这是以软硬件的高投入为代价实现的。成本过于昂贵,也十分不利于此项技术的应用与推广。

虚拟设计是利用计算机支持的由多学科知识形成的综合系统。随着各项技术的不断发展完善,人们有理由相信,它必将引起制造业中各个领域的革命性变化。我国应从自身需求出发,认真研究、引进国外的先进技术和经验,探索并开拓出中国制造业应用虚拟设计技术的道路。

## 参考文献

[1] Chen dinfang, Luo yabo. Virtual design[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2011.

[2] Peter S Brandon. Virtual Futures for Design, Construction and Procurement[J]. Wiley - Blackwell, 2008.

[3] Craig Alan B, Sherman William R. Developing Virtual Reality Applications: Foundations of Effective Design[J]. Morgan Kaufmann, 2009.

[4] K - P Beier. Web - based virtual reality in Design and Manufacturing Applications. COMPIT'2000 [EB/OL]. URL: <http://www - vrl. umich. edu/beier/Papers/compit2000/WebBasedVR. htm>.

[5] Y S Wong, et al. An internet - enabled integrated system for co - design and concurrent engineerin[J]. Computers in Industry, 2004 55:87 - 103.

[6] 汪成为,高文,王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用[M]. 北京:清华大学出版社,1996.