

# 虚拟技术及其在机械工程中的应用

江有永, 曾忠, 曹志全, 范卫高  
(上海理工大学 研究生部, 上海 200093)

**摘要:** 串插了丰富的图片和数据, 形象、生动而准确地叙述了虚拟技术的定义和工作基本原理, 并着重讨论了虚拟技术在机械工程中的具体应用及其发展趋势。

**关键词:** 虚拟技术; 基本原理; 应用; 发展趋势

**中图分类号:** TP333.96 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)02-0059-06

## Virtual Technology and Its Application in the Mechanical Engineering

JIANG You-yong, ZHANG Zhong, CHAO Zi-quan, FAN Wei-gao

(Department of graduate student of college of science and engineering of Shanghai, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** Abundant pictures and data have been inserted to vividly and accurately narrate the definition and basic working principle of virtual technology. An emphasis is laid on the application of virtual technology in the mechanical engineering and its developing trend.

**Key words:** virtual technology; basic principle; application; developing trend

### 0 引言

一提到“虚拟”这个词大家可能马上会想到虚构、不真实, 是的, 它是虚构的、不真实的, 最少它不完全是真实的, 但虚拟技术的应用和作用却是实实在在的, 而且前景无量。大家有没有这样一个印象, 进入 20 世纪 90 年代以来, 许多拥有核武器的国家纷纷宣布停止进行核试验, 象美国、苏联、也包括中国, 是不是他们拥有了核武器以后就不需要再进行核试验了吗? 不是的, 他们继续在搞核试验, 而且一直在搞, 只是换了地方, 以前在大沙漠里面建立基地搞核试验, 而今天是在试验室用计算机搞核试验, 用的技术就是虚拟技术。还有, 在 1993 年美国曾成功地运用虚拟技术帮助宇航员修复了哈勃望远镜。由此可见, 虚拟技术的应用前景和应用空间。那么什么叫“虚拟技术”呢? 虚拟技术 VT (Virtual Technology) 就是用动态模型做实验, 是以数字模型代替实物, 在计算机中进行动态运行, 达到与现实实验相同的效果和结果为目的。虚拟技术 VT 是 20 世纪 90 年代最重要的思想之一, 它是计算机仿真技术为前提, 综合了自 20 世纪 80 年代初以来在各个领域诞生的各项新技术, 包括计算机、图像生成与显示、立体影像(液晶光阀、全息照相)、立体音响、传感器、测控、通信、多媒体、科学视算、人工智能技术和软件工程等, 以及与心理学、生理学、行为科学等相关联的技术, 形成了一个综合的系统技术群。虚拟技术中最为重要的内容就是虚拟现实技术 VRT (Virtual Reality Technology), 1989 年, 美国的 VPL Research 公司的创始人 Jaron Lsnier 首次提出“Virtual Reality (VR)”这个名词, 意指“计算机产生的三维交互环境, 在使用中, 用户是‘投入’到这个环境中去的”。1990 年第 17 届国际图形学会议上, 这项技术得到充分重视, 来自世界各国的图形学专家就有关输入输出设备技术以及声像等多媒体技术进行交流与合作, 使得交互技术从二维朝着三维甚至多维方向过渡, 并在三维交互技术方面取得了实质性进展, 在 1992 年国际图形学会议上有成熟的虚拟现实系统得到展示。虚拟技术也就迅速地展现在我们面前。

收稿日期: 2002-59-06.

第一作者简介: 江有永(1974~), 男, 硕士研究生; 主要研究方向: 机械制造及其自动化。

## 1 虚拟现实技术 VRT(Virtual Reality Technology)

### 1.1 虚拟现实技术基本原理

VRT 是利用计算机生成一个三维空间,通过将用户置身于该环境中,借助轻便的多维输入输出设备和高速图形计算机,由此而产生的一种身临其境的感觉,用户在虚拟的环境中可以“自由”运动,随意地感知周围的景物,进而感知和研究客观世界的变化规律.其中多维输入输出设备包括数据手套(见图 1)、立体头盔(见图 2)、脚踏传动设备和数据服装等.这里,数据手套可以带在手上,用户通过手指或指关节的动作对虚拟环境进行多维的信息交互、控制或发布命令;立体头盔配备立体声耳机和头部位置跟踪器,并有一副带有两个微型屏幕的眼镜;其中每个屏幕均可以分别显示图形,使用户产生真正具有立体感的图像,头部位置跟踪器主要测定头部的位置和方向以确定所要交互的图像和周围环境.服装上装有检测人体所处位置的光纤传感器.利用双向数据传送来实现人机交互,记录用户的动作,并将此信息作为动作数据送到工作站,然后,再由动作数据修改模型中的图形.这种动作和反应信息是连续不断地更新的,并立即送回用户头盔,因此能够呈现一个与用户动作同步的图形和声音虚拟世界.这样,用户看到的是全彩色立体图像,听到的是虚拟环境中的音响,手与足可以感受到虚拟环境反馈的作用力,产生一种身临其境的感觉.

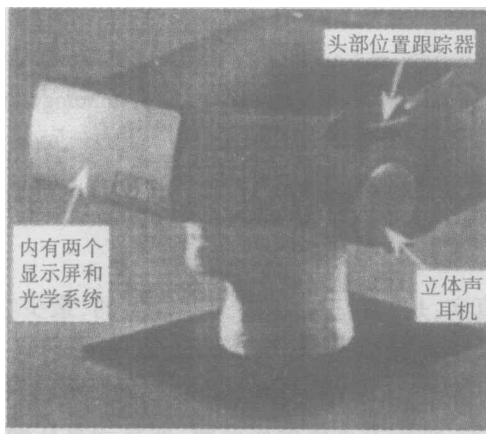


图 1 立体头盔

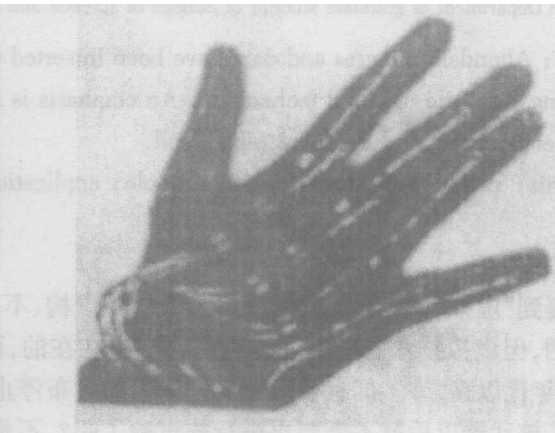


图 2 数据手套

### 1.2 虚拟现实技术基本要素

虚拟世界的多感知性、存在感(临场感)、交互性和自主性构成了 VRT 的 4 个基本要素.VRT 的现实表现能力是多方面的,可以满足以下要求:

- 1) 显示现实.显现那些实际存在,但因某种原因使得人类难以达到的场所,例如宇宙空间、核反应堆或人体内部等距离遥远、具有危险性、或者无法进入的场所,这时可以通过计算机进行作业与体验;
- 2) 模拟现实.显示那些实际不存在的事物,与实际存在的事物进行对比,例如世界杯足球赛的模拟赛就是一个典型的例子;
- 3) 创造现实.创造在现实世界里并不存在,而且今后也不会存在的全新世界,使得人类进入这一全新的世界后,可以获得同现实世界完全不同的体验,例如时空的变化、验证木星等星球上是否有人类生存的环境以及对策等.

### 1.3 虚拟现实技术的关键技术

在 VRT 的关键技术中,除了上述高性能计算机系统软硬件设备之外,还包括实时三维图形系统和虚拟现实交互技术.利用实时三维图形系统,可以生成有逼真感的图形,图像具有三维全彩色、明暗、纹理和阴影等特征.虚拟现实是一种交互式 and 先进的计算机显示技术,双向对话是它的一种重要工作方式.就虚拟现实交互技术而言,人是主动的,具有参与性,而不再是观众,有时甚至还充当主人的角色.

## 2 虚拟技术在机械工程中的应用

虚拟技术的应用领域很多, 其中最广泛的几个重要的领域是: (1) 医疗: 包括解剖学各病理学教学, 外科手术训练, 复杂外科手术的规划等. 特别是显微外科手术. (2) 娱乐业: 利用虚拟技术可创造出虚拟环境, 可生动、逼真地模拟“星球大战”、“太空旅游”、“海底探险”以及“角色打斗”等游戏, 给人身临其境之感, 具有很强的趣味性、惊险性和知识性. (3) 军事、航空、航天: 主要用于人员培训、产品设计及战略规划等方面, 典型的成果如虚拟战场、虚拟毒刺导弹训练器、波音飞机虚拟设计系统及太空训练系统等. (4) 教育培训: 对于宇航员、飞机和舰艇的驾驶员、军事指挥员及各类复杂系统的操作人员, 仿真培训是必不可少的. 利用虚拟技术可使仿真效果更加生动、逼真, 仿真内容更加丰富, 培训效果更为理想. 下面我重点介绍一下虚拟技术在我们机械工程中的应用.

### 2.1 虚拟产品开发 (Virtual Product Development)

虚拟产品开发与传统产品开发不一样, 它毋须按传统方式那样费时、费钱地开展设计、制造及试验原型等工作, 完全可以通过计算机的“虚拟”环境完成建立产品的数字模型, 用数字化形式来代替传统的实物原形实验, 在数字状态下进行静态和动态的性能分析, 然后再对原设计重新进行组合或改进. 虚拟产品开发就是利用计算机及工艺技术来开发与分析零部件, 并在装配、制造等全过程中使用有关信息. 虚拟产品开发要求建立整个产品总体模型, 而不局限于设计部件或零件. 设计者需要了解零件如何制造和装配, 要求各专业人员按项目组织起来同时工作, 而不是分开工作. 在虚拟产品开发环境中, 产品实际上只是一种数学模型, 因此不但修改方便, 而且可以降低成本, 压缩设计时间, 提高产品质量. 而且即使对于复杂的产品, 也只需制作一次最终的实物原形, 使新产品开发一次获得成功. 例如, 在 1997 年, 美国克莱斯勒汽车公司采用“克莱斯勒数据可视化”软件在新产品“98 型”汽车上发现 1500 多处零部件发生干涉, 这样就在制作第一个实物原型之前避免了大量的失误, 缩短了设计周期, 节省了大量的资金.

### 2.2 虚拟制造 (Virtual Manufacturing)

虚拟制造又称数字化制造, 其构思是: 在计算机上验证产品的制造过程. 工程师在计算机上建立设备和过程的数字模型, 再与产品的数字原型结合, 对制造过程进行全面仿真分析, 优化产品的制造过程、工艺参数、设备性能、车间布局等. 它的目标并不是替代产品的制造物理过程, 而是制造活动的一种验证的工具, 利用计算机仿真、多媒体、传感器等技术对成品生产活动和过程进行具有真实性的模拟, 在新产品投产之前就能预见所设计的产品性能、生产成本, 并对其设计制造做出评估, 具有试生产无可替代的优点.

图是虚拟制造系统的体系结构模型, 该模型又分为两个功能层和两个用户界面:

(1) 模型准备层. 在该层中需要创建三个模型库: 设备模型库、工件模型库和过程模型库, 为虚拟加工和虚拟检测等提供所需的模型和信息. 这些模型是依据现实的制造、检测设备和工程活动建立的.

(2) 仿真层. 该层根据设备模型、工件模型、数控程序等进行加工过程和检测过程的仿真, 实现对数控

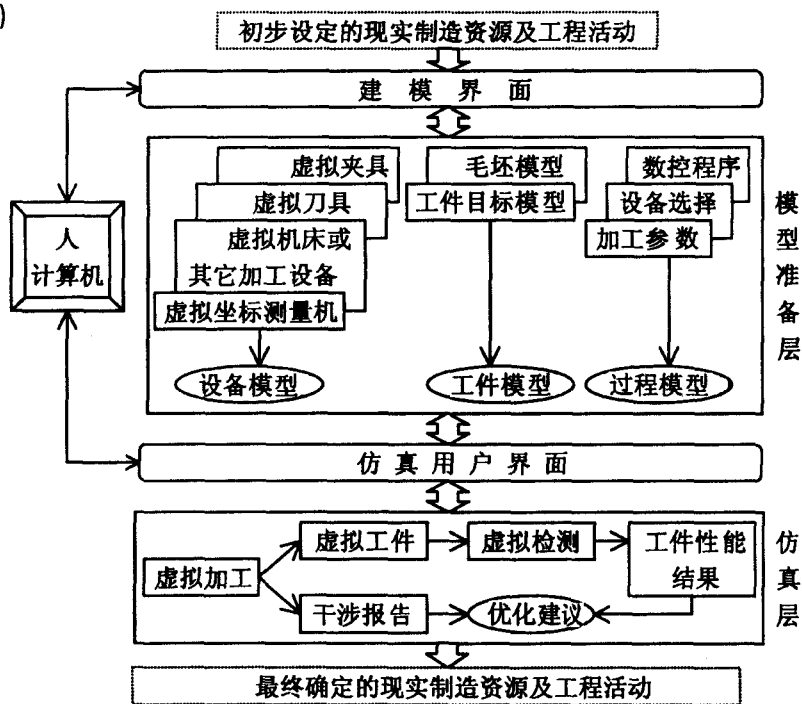


图 3 虚拟制造结构模型

程序、加工参数的检验和加工精度、工件性能的预测,还有优化建议。

(3) 建模界面.用户通过该界面实现制系统和模型准备层的转换.当现实制造设备和工程活动发生改变时,相应的模型也及时更新.模型的几何模型可由 CAD 系统生成,由数据库管理系统维护。

(4) 仿真用户界面.用户可通过该界面从模型准备层的各模型库中取得所需模型,建立虚拟加工环境,交互控制虚拟设备和加工过程、检测过程。

### 2.3 虚拟仪器 VI (Virtual Instruments)

我们都知到传统仪器的三大功能块,即数据的采集与控制、数据的分析与处理、结果的输出与显示,都是以硬件的形式存在的因此传统仪器开发维护费用高,技术更新周期长.而虚拟仪器是在计算机平台上用户根据自己的需求定义和设计仪器的测试功能,其实质是将传统仪器硬件和最新计算机软件技术充分结合起来以实现并扩展仪器的功能,与传统仪器相比,虚拟仪器在智能化程度处理能力、性能价格比、可操作性等方面都具有明显的技术优势.构造一个虚拟仪器系统时,(如图)硬件是虚拟仪器工作的基础,主要由计算机、传感器和信号采集调理模块组成,而软件是虚拟仪器的关键,肩负着对数据进行分析处理的重任,在硬件确定以后,就可以通过不同的软件实现不同的功能:数字滤波、频谱变换、小波分析等.虚拟仪器系统的软件可以分以下几个层次:系统操作层、应用程序层和仪器驱动层.仪器驱动层主要用来初始化虚拟仪器,设置参数和工作方式,使虚拟仪器保持所需的工作状态.应用程序层主要用来对采集的数据进行处理,用户可以通过操作界面上的开关和按钮模拟传统仪器的各种操作,来实现对虚拟仪器的操作.因此,相同的硬件,使用不同的软件可以实现比传统仪器多得多的功能而且更为方便灵活.目前,虚拟仪器的产品很多已经问世,如重庆大学开发了虚拟实时噪声倍频程分析仪,实现了对噪声总声压级,各种计权声压级及相应倍频程的实时测量和分析;清华大学利用虚拟仪器技术构建了汽车发动机检测装置,用于汽车发动机出厂前的自动检测。

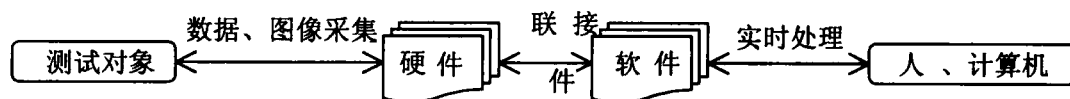


图4 虚拟仪器系统构造原理图

### 2.4 虚拟装配 (Virtual Assembling)

在生产过程中往往需要制造原型,而实际工作中机械产品的配合性和可装配性是设计人员常易出现错误的地方,不可能一次性就将数千个零件正确地装配在一起来满足设计要求,因为采用二维图纸进行线性设计,无法预先发现设计造成的装配干扰等问题.通常,一旦出现装配干扰问题,往往不惜代价重新设计或者修改原型零件,导致零件的报废和工期的延误,造成巨大的经济损失和信誉损失.目前,利用虚拟装配技术,在计算机上建立起如同真实样机的直观的立体可视化数字模型,使得在设计产品时就可以确定产品的所有物理性能,包括重力、质量、剖面特性及重心等.通过模拟装配软件,在虚拟环境下自动地对零件装配情况进行干涉检查,迅速地发现设计上的错误,并形象地显示在设计者的面前,可以十分方便地更改模型,并重新生成模型.由于设计方案的更改工作是在加工装配之前完成的,因此可以降低生产成本提高了设计效率.如图5是最终的圆锯虚拟装配线的一帧屏幕。

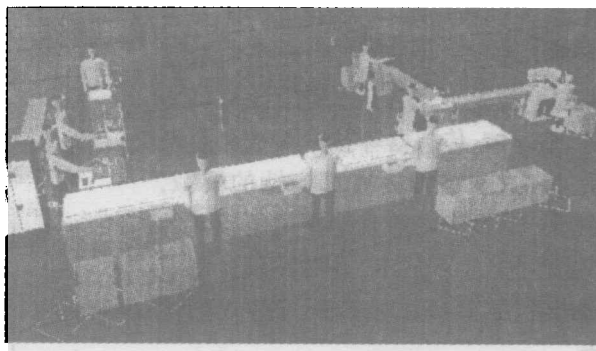


图5 数据虚拟装配线

### 2.5 虚拟产品原型 (Virtual Prototyping)

虚拟原型又称数字原型,是物理原型的一种替换技术,是利用虚拟环境在可视化 and 可交互性方面的优

势,对产品几何、功能等方面进行交互性建模与分析.虚拟产品原型能反映物理原型的特征,包括外观、空间关系及运动学等方面,用户可以从不同的角度、以及不同的比例观察虚拟原型,还能够通过操纵虚拟原型,对产品的功能进行定性的判断.可用来快速评价不同的设计方案,与物理原型相比较,虚拟原型生成的速度快,运用虚拟原型技术可以减少甚至取消物理原型的制作,从而加速新产品的开发过程.例如:美国帝瑞公司是一家生产工程机械的著名厂商,过去工程师在完成了一项产品设计后需要将设计交给一个小组,让他们用塑料制成一台全尺寸的样机,并配以活动部件,便于对宜人性设计进行评价,并分析它的机动性和视景是否足够,现在工程师头戴头盔显示器,手系位置传感手套,坐在司机座位上,就可接触各种操纵装置,当工程师作各种动作,虚拟原型就可以仿真出相应的动作,他就可以迅速地对所设计产品的优劣性做出判断,如图 6 是装载机的虚拟原型的一帧图像.又如:美国波音飞机公司的波音 777 飞机的开发就是完全利用虚拟原型进行评价分析的,结果不仅缩短了数千小时的开发时间,还省掉了制作大型物理模型的麻烦,保证了最终制造出的飞机机翼和机身的一次接和成功.

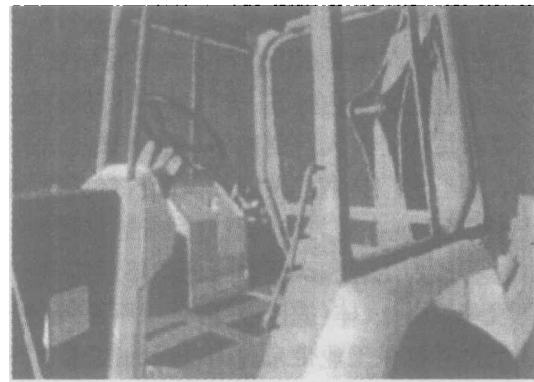


图 6 装载机的虚拟原型

2.6 虚拟工厂

利用计算机、仿真、系统建模、图像生成与显示等技术,在对工厂的每个生产环节都非常了解的基础上,根据工厂的规模、产品的性质和种类,以及生产效率等,建立相应的模型,进行虚拟现实研究,分析真实工厂或将要建成工厂的生产情况,提供具体的数据,真实反映工厂生产的每个环节,最终反映该厂的生产全貌.在对工厂的整个生产过程进行虚拟的基础上,制订相应的虚拟生产计划、调度策略、成本核算,并能够对已有工厂的生产效率、工艺过程等进行分析,或在设计新的工厂时对设计方案进行论证和修改,及时发现生产环节中的各个薄弱点,并重新进行生产场地、产品原材料、生产工艺、生产计划与调度等项目的修改,以满足生产成本最低并能够发挥最高效益的要求.

2.7 虚拟企业技术

虚拟企业是开发新产品的一种最快的途径,它是通过信息集成并采取有效的管理措施充分发挥资源的总体效益,是从不同的公司选择合适的现有资源(包括人力资源、和设备资源),经合并后组成的,是一种没有围墙、超越空间、通过信息高速公路联系和统一指挥的经营实体.虚拟企业传统企业有很大的区别,它具有五个特征、四个目标和三大效果,如图所示:

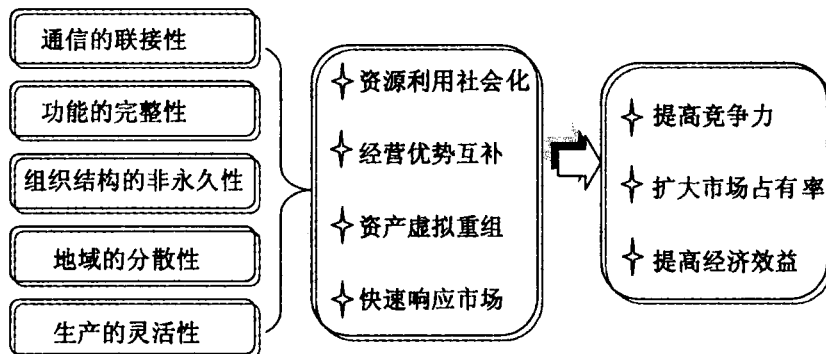


图 7 虚拟企业的特征目标和效果

3 虚拟技术的发展趋势

现在在美国,以控制论和虚拟现实之父尼古拉其.内格罗蓬特为首,已经组织 350 位不同学科的科学

家建立了一个实验室,试图通过相互合作并利用高科技设备,充分发挥想象力,创造一个“虚拟人”,或叫“数字化人”。“虚拟人”是一个在某时刻获得生命并可以发展自己个性的人造物,将有虚拟的头脑、虚拟的身体和虚拟合成的嗓音等。它能体察和分析人的情绪,包括表情、语调和语言的细微变化并做出相应的反应,能学习人类的意识、行为,最终可以成为人类的助手或代理。但由于对人脑思维和人体行为的基础研究难以在短时期内突破,故“虚拟人”还有虚拟技术都还有一个较长的发展时期。尽管如此,虚拟技术及其广泛应用还是给人们创建了一个未来技术的框架,随着计算机软硬件技术、通信技术以及网络技术的飞速发展给虚拟技术的发展提供了广阔天地,虚拟技术将使 CAD/CAM/CAE 技术向更深入、更高级的阶段发展,将由现在的与传统设计系统连接使用,逐渐过渡到取代传统的设计系统。预计未来 10 年左右,虚拟技术将成为工程和产品设计的主要形式,并出现可以推广使用的商品化系统,头盔式显示器、数字手套等可视化设备,人体(或四肢)方位跟踪系统、触觉系统等专用硬件将全面上市,其性能价格比会迅速提高,这将为世界机械工业带来更为全新的改观,同时也给我国相对不发达的机械工业创造了一个迎头赶上千载难逢的发展良机。

#### 参考文献:

- [1] 盛晓敏,邓朝晖.先进制造技术[M].北京:机械工业出版社,2000.9.
- [2] 李荣彬,李建广,张志辉.虚拟精密加工系统开发的研究[J].机械工程学报,2001,37(6):66~70.
- [3] 沈斌,丁玉兰,张曙等.虚拟制造技术对企业生产和组织结构的影响[J].同济大学学报,1998,26(4):453~456.
- [4] 李有堂,赵玉侠等.虚拟现实技术及其在机械工程中的应用[J].机械,2001,28(5):31~33.
- [5] 抑卓之.虚拟制造系统的结构[J].长沙铁道学院学报,1998,16(4):74~78.
- [6] 沈斌,周衍赞.在虚拟企业中的产品设计与制造[J].中国纺织大学学报,1998,24(5):23~26.
- [7] 刘继红.以虚拟世界中获得现实效益:介绍虚拟制造技术及其应用[J].中国机电工业,2000(2):36~37.
- [8] 仇晓黎.应用虚拟制造技术提升车间制造水平[J].制造自动化,2000,22(1):9~12.
- [9] 邵立.虚拟制造中仿真技术的应用[J].工业工程与管理,2000,5(4):21~25.
- [10] 张卫波.虚拟环境下产品的开发技术[J].吉林工学院学报,2000,21(1):23~25.
- [11] Mark Mine. ISAAC: a Meta - CAD System for Virtual Environments[J]. Computer Aided Design, 1997, 29(8): 547 ~ 553.
- [12] Ikaqa N, et al. Ultra - precision Metal Cutting - The Past, the Present and the Future[J]. Annals of the CIRP, 1991, 40(1): 587 ~ 594.
- [13] Thshar H Dani, Rajit Creation of Concept Shape Design Via a Virtual Reality Interface[J]. Computer Aided Design, 1997, 29(8): 555 ~ 563.

(上接第 54 页)

### 3 结束语

总之,曲面造型是一个十分活跃的研究课题,也是一个有广阔应用前景的技术,同时,也有待进一步发展,希望本文能起到抛砖引玉的作用。

#### 参考文献:

- [1] N Amenta, M Bern, M Kamvysselis. A New Voronoi - based Surface Reconstruction Algorithm[M]. In: Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Orlando, Florida, 1998. 415 ~ 421.
- [2] Eck M, Hoppe H. Automatic Reconstruction of B - spline Surfaces of Arbitrary topology type[M]. In: Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, New Orleans, Louisiana, 1996, 325 ~ 334.