

## 工业设计数字化样机设计流程

欧阳波, 贺 贇

(华南理工大学, 广州 510640)

**摘要:** 以数字化样机在制造业运用为启示, 分析了在产品前期阶段, 数字化样机技术应该具备的功能、特点。结合设计教育和设计服务业领域数字化技术运用的现状, 进而指出了工业设计领域数字化样机运用存在的诸如设计流程衔接不紧密, 设计数据不断被中断, 设计理念和创意随着设计进程张开而逐渐损失等诸多问题。在此基础上提出了基于数字化样机的工业设计流程, 所需要面对的问题以及解决的方案, 并通过 Alias 配合 CAD 软件的设计案例验证这一解决方案。

**关键词:** 工业设计流程; 比较研究; 数字化样机

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)16-0070-04

### Industrial Design Process of Digital Prototyping

OUYANG Bo, HE Yun

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Enlightened by digital prototyping application in manufactory, it analyzed some key functions, features of digital technology in advanced design process. Through combining the analyzing situation of industrial design digitalization in education and design industry, some problems such as misconnect between different design processes, interrupting design data, keep losing idea and innovation of design when design was developing have been indicated. Furthermore, some key functions and solutions of industrial design process based on digital prototyping have been discussed and presented. At last, a research case is used to testify this solution.

**Key words:** industrial design process; comparison research; digital prototyping

数字样机在实际生产产品之前为概念设计、机械工程 and 制造提供可以用于研究的、完整的数字化产品。通过数字样机, 生产商可以创建、验证、优化和管理从概念设计到制造的过程。研发团队使用一致的数字化模型, 可以有效提升研发过程的沟通效率, 从而使新产品更快投放市场。生产商可以使用数字样机观察、仿真产品在现实世界中的变化, 减少对花费高昂的物理样机的依赖。数字样机并不算什么新奇的概念, 多年以前汽车和航空工业中都可以听到数字样机的声音<sup>[1]</sup>。

### 1 计算机辅助工业设计和 CAID

#### 1.1 CAID 的特征

CAID(Computer Aided Industrial Design)即计算机

辅助工业设计, 是以工业设计为主体, 以计算机和网络等信息技术为辅助工具, 进行工业设计领域的创造性活动, 实现产品形态、色彩、人性化设计和美学原则的完美统一<sup>[2]</sup>。因此, CAID 工具在辅助工业设计师进行设计时, 从数字化设计流程的角度来说, 应该具备以下特征: 第一, 概念设计辅助。CAID 要能够实现快速表达、存储设计概念, 通常这种快速表达是通过二维的草图来实现的。第二, 快速数字模型。能够根据二维的草图, 迅速生成三维模型, 帮助设计师更准确直观地表达设计想法。第三, 准确数字模型。能够在快速模型的基础上生成准确外观数字模型。该数字模型应该是按照制造的标准来进行构建, 并且能准确地传递到 CAD 工具中。第四, 设计决策和评审。能够提供较完备的设计决策和评审方法, 通过模糊评价对设计方案进行筛选<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2011-02-19

作者简介: 欧阳波(1977-), 男, 长沙人, 硕士, 华南理工大学讲师, 主要研究方向为用户研究、计算机辅助工业设计。

### 1.2 数字化样机

计算机辅助手段的出现,大大提高了产品研发和产品制造推出市场的效率和速度。对于产品的生命周期而言,真正意义上的产品数字化样机是将CAID, CAD, CAM三者联系在一起,见图1。



图1 数字化样机的模块

Fig.1 Module of digital prototyping

在产品真正投产之前,数字化样机应该就可以在产品设计的各个阶段创建、验证、测试并调整产品设计方案。成功的数字化样机能够减少或者部分取代物理样机的制作,从而缩短产品推向市场的时间。

实际上,由于CAD/CAM是产品设计和制造的核心模块,众多软件厂商和研究机构围绕这2个部分的数字化样机研究已经比较成熟,达到了一定的技术和市场成熟性。而作为产品设计的前期阶段CAID环节,还存在着大量的CAID和CAD工作流程混淆、流程中断等现实问题需要思考、解决。

## 2 数字化辅助工业设计的现状

目前在我国的设计教育和实际设计服务业、制造业中,基于真正意义上的数字化样机的辅助流程尚未得到真正贯彻实施,只是在某些环节运用了数字化的手段。

### 2.1 设计教育中数字化运用

在设计教育领域,由于我国设计教育界和产业界的联系不够紧密。使得设计的流程更加关注于设计理念的培养,设计的数字化表达和可视化表现。运用的数字化工具种类繁多,标准并不统一。大致的数字化流程见图2。

问题一:由于三维软件的运用。很多设计师逐步削弱了纸笔的二维概念草图环节,直接运用三维软件进行思考设计。虽然这种方法极大的弥补了手绘能力的不足,但也会引起设计初期概念的思考不足。由于三维表达的速度还达不到二维的速度,使得设计师设计周期拉长。更重要的是,由于三维变更设计的繁

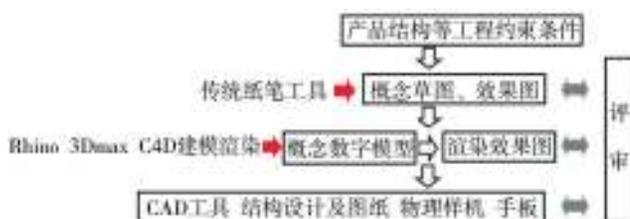


图2 设计教育中的数字化运用流程

Fig.2 Digital design process in design education

琐,使得设计师放弃了多方案的变化,从而影响到设计概念产生的丰富性和多样性。

问题二:大量使用Rhino, 3Dmax, C4D等非制造业标准的工具,使得设计师花费大量时间构建的三维模型数据无法被工程师所识别运用。使得工程师必须在CAD工具中重新构建三维模型,从而中断了数字化设计的流程,造成设计效率不高。另一方面,由于CG类软件并没有和工程软件有好的接口,很多外观三维模型在通过工程验证时容易出现致命的错误从而使设计修改变更大,很容易造成设计创意的大量损失。工程师们抱怨设计师华而不实,设计师抱怨设计意图无法在最终产品上得到完美体现。

### 2.2 设计产业中的数字化运用

在设计产业中,无论是设计公司还是厂商的设计部门,为了更紧密和工程与制造联系起来,解决数字化流程中数据格式一致可变更修改的问题,大多放弃了Rhino, 3Dmax等类型的创意三维软件,直接使用UG, Proe等CAD/CAM工具,见图3。因此在设计业和



图3 设计服务业中数字化运用

Fig.3 Digital design in design service

制造业中,设计师除了在草图阶段使用创意工具,

已经放弃了CAID工具的运用。实际上带来的后果是工业设计在整个制造业的核心竞争力被弱化。

由于CAD工具在构建三维模型阶段缺乏设计师所需要的自由度和灵活性,虽然保证了设计的可实现性,但是牺牲了设计思考的环节。

实际上,以上2种数字化辅助工业设计的流程,分别倾向了设计和工程2个方面。将二者对立起来,都没有实现真正意义上的数字样机,缺乏从整体流程上的统一数据流。因此,无论哪种方式,都在CAID/CAD的转化环节上出现数据中断或设计创意中断。

### 3 基于数字化样机的工业设计流程

基于数字化样机的工业设计流程见图4。这一设

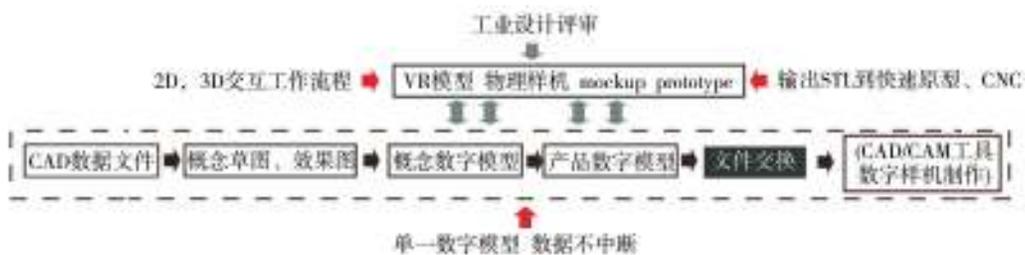


图4 基于数字化样机的工业设计流程

Fig.4 Industrial design process based on digital prototyping

亮的二维效果图和中庸普通的三维设计效果之间的落差。因此,能否实现二维草绘和三维模型之间的互相转化、借鉴、参考,对于设计师进行造型提炼、细节设计显得尤为重要。这种2D/3D的转化,实际上可以转变为不同投影方向的3D模型,来实现3D到2D的逆转换。

第三,多种评审手段的运用。工业设计的评审,其主要的方式还是可视化的评审。在工业设计的数字化样机评审中,除了应该具备传统二维三维效果图的手段外,实时渲染已经越来越成为渲染发展的方向。实时渲染当评估表面品质和设计样式时,无需预渲染就可即时评估和可视化。通过集成化的渲染技术,针对工业设计展示的专业目的,把环境、灯光、材质封装模块化,只需依据展示目的选择相应的环境模块和材质模块即可,而不需再进行繁琐的参数调整设置,并且提供开放的个性化接口。可根据设计师个人审美取向进行更高级的环境材质二次调整。例如Autodesk showcase就是实时渲染的代表,它提供专业的可视化工具。除了实时渲染的集成环境,还提供了动画输出、设计情景故事板、实时方案备选、网络协同

计流程所涉及到的关键技术如下:

第一,共享CAD数据。在产品研发过程中,工业设计环节往往并不改变产品内部核心部件,只是为适应市场需求而做产品的样式变更。因此,能否从一开始就能够共享产品内部部件的CAD数据文件,对于设计能否满足制造和零件通用的需求显得尤为重要。

第二,二维的数字化草图或者效果图向三维的转换。传统的数字化设计流程中,二维向三维的转换是单向的,基本不可逆。且在产品正向建模中,实际上二维和三维总是存在一定的偏差。很多设计方案当进入到三维环节时就发现二维图纸的错误和偏差,这种错误影响到意图的准确表达。具体表现为漂

评审等专业功能,成为下一代可视化工具的代表。

第四,也是最关键的环节,就是设计流程中数据流不被中断。传统的数字化手段往往出现数字化工具种类繁多,工业设计和工程制造脱节等问题,使得基于数字化样机的工业设计流程并未真正建立<sup>[4]</sup>。

要实现数据流不被中断,建模技术的选择成为核心要素。自从法国雷诺的工程师Bezier定义了贝塞尔曲线后,由此发展而来的NURBS是一种非常优秀的建模方式。NURBS能够比传统的网格建模方式更好地控制物体表面的曲线度,从而能够创建出更逼真、生动的造型。这就使得设计师能够自由的创造表达造型理念。与此同时,NURBS对于计算机辅助设计、制造和工程(CAD/CAM/CAE)是几乎无法回避的,并且是很多业界广泛采用标准的一部分,例如IGES,STEP,和PHIGS。

在统一的数据流方面,采用NURBS作为工业设计阶段数字造型基本建模方式既可以使得设计师的造型得到更自由有效的发挥,又使得设计流程下游的工程师能够共享设计数据,提高整个流程的协同工作效率,真正实现数字样机。

## 4 应用实例

在基于数字化样机的工业设计流程中,设计团队使用可统一的数据流是决定数字化样机能否成功的关键。近年来在数字样机的运用工具方面, Autodesk 公司的 CAID 软件 Alias 和工程软件 Inventor 实现了数字化样机的流程。

选取日用消费产品中,以注塑模具成型方式的产品共计 100 个。其中按照产品外观复杂程度分为简单、中等和复杂 3 种层次。其中简单、中等、复杂模型所占的比例分别为 20%、60%、20%。

### 4.1 在 Alias 中构建工业设计外观造型数字模型

Alias 作为 CAID 软件中的领导者,具备了数字化工业设计流程在实际操作层面上的多种功能。其中它的 NURBS 核心建模技术既可以创建 bezier 曲面也可以创建 NURBS 曲面。因此它具备设计师所需要的快速灵活建模功能,同时也可以在此基础上构建高质量高精度的准确曲面。曲面质量可以达到高端制造业——汽车曲面制造的 A 级曲面需求<sup>[9]</sup>。在 Alias 中构建符合数字化样机的造型曲面要遵循以下要点:第一,按照 NURBS 曲面的算法原理,严格遵循四边建面原则,三边或者多边曲面要先构建四边面,然后拆面补面完成,遇到循环周期曲面要拆开曲面循环。第二,由于 NURBS 建模所形成的都是单面,而 CAD 工具主要对实体进行操作,因此需要将外观曲面封闭起来。从产品的造型形体出发而不是从最后的零件出发来封闭曲面。第三,在 Alias 中,要首先设置后建模公差,该建模公差应该不大于 CAD 工具的公差。在满足制造需求的公差环境下,将封闭的 NURBS 曲面缝合起来,并输出为 IGS 或 STEP 格式。

外观数字模型见图 5,在 Alias 中构建出一个便携

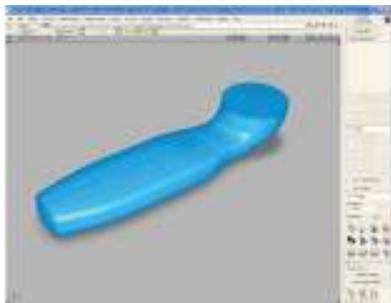


图5 外观数字模型

Fig.5 Appearance digital model

式按摩器的外观造型数字模型,并封闭缝合。

### 4.2 在 CAD 工具中获得并修改外观数字模型

使用 Autodesk Inventor 2010 可以直接打开 Alias 的模型文件,而无需文件交换。并且具备关联功能,也就是当 Alias 的外观造型模型修改后,在 Inventor 中可以关联变化。这极大的方便了设计师和工程师之间的协同工作。工程师只需要做一次缝合操作就可获得造型实体。在此基础上进行更进一步的抽壳,零件分割,内部结构设计。在 Inventor 中继续结构设计见图 6。



图6 在 Inventor 中继续结构设计

Fig.6 Structure design in Inventor

其他目前业界主流的 CAD 工具都可以接受 Alias 的文件传递。以 Solidworks 为例,在 Solidworks 中将导入的 IGS 文件缝合成实体后,也可以进行抽壳、分件、结构设计等和工程设计相关的操作。在 Solidworks 中完成结构设计见图 7。



图7 在 Solidworks 中完成结构设计

Fig.7 Structure design in Solidworks

## 5 结语

工业设计流程中引入数字化手段已经成为现实,但是并没有真正解决工业设计流程和工程设计流程

(下转第 81 页)

创造资本和商业价值。虚拟现实的技术恰好能够为用户营造出精神享受的环境<sup>[7]</sup>。例如在对汽车的设计时,设计人员利用头盔显示器、数据手套、三维位置跟踪器等装置,将视觉、听觉、触觉与虚拟概念产品模型相连,不仅可以产生一种身临其境的感觉,而且还可以实时的对整个虚拟产品设计过程进行检查、评估,实地解决设计中的决策问题<sup>[8]</sup>。

#### 4 结语

在体验经济的条件下,消费者对产品的需求不再停留于质和量的满足,而是更注重消费的品位格调和良好的感受<sup>[9]</sup>。同样的,产品不再仅仅是功能的载体,它还包含着设计者与使用者的主体体验。因此,以可用性为主要目标的产品设计已经难以满足用户的需求,应该使用户的体验目标进一步得到重视和实现。

(上接第73页)

的衔接问题。设计流程的中断成为影响产品开发周期和效率的关键问题,也阻碍了设计师和工程师这两个不同专业背景的团队融合。未来的数字化样机,特别是对于消费类产品,数字样机将足够真实,同时也包含足够多的信息,消费者可以直接依据设计者提供的数字样机进行采购。消费者将直接影响产品的设计阶段,这将直接改变多年来形成的消费关系和生产模式。数字样机的使用者将不仅仅是设计、生产人员,而是最终的消费者<sup>[6]</sup>。因此对于消费者需求敏感的工业设计流程,应该和数字样机紧密结合起来,充分利用计算机辅助技术,探索各种有效的手段整合到整个设计流程中。

#### 参考文献:

- [1] 曹玉海.浅谈体验式经济[J].北京物资流通,2008(3):33-34.
- [2] 余莉莉.体验经济下的情感设计[J].南京艺术学院学报,2004(1):146-147.
- [3] 牟峰,褚俊洁.基于用户体验体系的产品设计研究[J].包装工程,2008,29(3):142-144.
- [4] 姚力宁.儿童智能玩具的设计策略[J].包装工程,2009,30(8):129-131.
- [5] 赵江洪.人机工程学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [6] 刘艳霞,张昆.产品设计中的用户体验与感官[J].艺术与设计,2009(1):139-141.
- [7] 覃京燕,陶晋,房巍.体验经济下的交互式体验设计[J].包装工程,2007,28(10):200-201.
- [8] 秦怀宇.论虚拟设计在新产品开发中的应用[EB/OL]. [http://www.dolcn.com/data/cns\\_1/article\\_31/paper\\_311/pind\\_3111/2003-09/1063289626.html](http://www.dolcn.com/data/cns_1/article_31/paper_311/pind_3111/2003-09/1063289626.html).
- [9] 唐智国,孙颖莹.论体验经济条件下的产品设计[J].浙江理工大学学报,2006(4):470-472.

#### 参考文献:

- [1] 吴茵.数字样机真的是老生常谈吗[J].中国制造业信息化,2007(14):82.
- [2] 高亮,杨随先.数字化工具支持下的工业设计[J].机械设计与制造,2006(2):41-43.
- [3] 黄旭,赵江洪,谭浩.基于案例的产品设计系统中程序型知识检索研究及实现[J].包装工程,2006,27(2):184.
- [4] 欧阳波.Alias 产品设计实用教程[M].北京:水利电力出版社,2010.
- [5] 上海飞机研究所计算中心.Alias 现代工业设计教程[M].北京:人民邮电出版社,2002.
- [6] 吉尔摩·派恩二世.体验经济[M].夏业良,译.北京:机械工业出版社,2002.