

# 船舶机舱结构三维设计

陈会庭<sup>1</sup> 李庆宁<sup>2</sup>

1. 武汉南华高速船舶工程股份有限公司 武汉 430064 2. 武汉船舶职业技术学院 武汉 430050

**摘要** 以某货船机舱分段结构设计为例,把 SolidWorks、AutoCAD 和 EXCEL 相结合进行机舱分段结构三维建模、二维出图、自动化计算,从而探讨计算机三维设计技术在船舶结构设计方面的应用。

**关键词** 三维建模 曲面 实体 零件 装配体

**中图分类号** U663.82 **文献标识码** A

## Research on 3D design of the engine room structure of ship

CHEN Hui-ting<sup>1</sup> LI Qing-ning<sup>2</sup>

1. Wuhan Nanhua High-speed Ship Engineering Co. Wuhan 430064

2. Wuhan Shipbuilding Engineering Polytechnical College Wuhan 430050

**Abstract** With an example of design of the engine room structure for a cargo ship, using SolidWorks, AutoCAD and Excel to model the 3D section structure of the engine room, produce the 2D drawings and calculate automatically, the authors discuss about the application of 3D design technique in the design of ship's structures.

**Key words** 3D modeling surface solid part assembly

机舱是船舶的心脏,在舱内装有主辅机、泵等各种设备及通风、排气等各种管系和油柜,为了增加机舱结构的刚度,机舱内一般还设有支柱。传统的二维平面图,尽管能表达出每个剖面,但缺少一个与空间相关的概念。计算机三维设计技术使机舱结构设计突破平面的限制,进行空间全方位的结构设计,使设计人员更方便地检查各种设计效果,可实现较大结构范围的直接计算与优化设计,使结构材料使用更合理,结构更安全。船体结构质量、重心、涂装面积都可直接从三维模型中计算求得。三维设计便于多个设计人员相互协作,共享数据,同步修改,也便于同其他专业技术人员交流、协调,实现船舶设计的同步作业。本文的研究从中小型造船企业实际情况出发,把 SolidWorks、AutoCAD 和 EXCEL 相结合进行三维设计,设计思路见图 1。

## 1 机舱分段结构三维建模

### 1.1 概述

机舱分段结构采用自底向上的设计模式,这个过程与船舶的建造过程十分相似。其实质是在

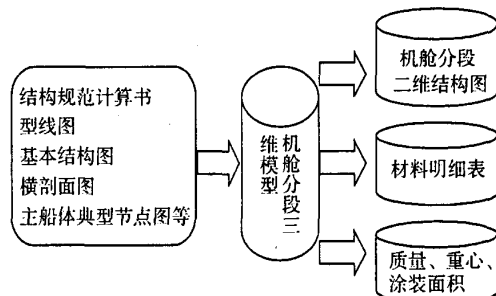


图 1 设计思路

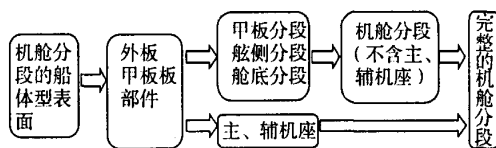


图 2 建模过程

计算机中模拟造船。本文按照机舱分段设计的一般习惯把主、辅机座与机舱分段分开单独设计。建模过程见图 2。

必须指出在三维建模的过程中,船体的部件应定义为 SolidWorks 的零件,船体的分段应定义为 SolidWorks 的装配体。虽然零件实体包含许多丰富的数据,但是需要通过 EXCEL 制定材料明细表的模板,见图 3;让 EXCEL 接受数据,才可以输入到 SolidWorks 的工程图中。在 SolidWorks 零件文

收稿日期 2004-10-18

作者简介 陈会庭(1981-),男,大学,助理工程师

| 代码 | 项目     | 1 | 2 | 3 | ... |
|----|--------|---|---|---|-----|
| A  | 零件号    |   |   |   |     |
| B  | 数量     |   |   |   |     |
| C  | 重量     |   |   |   |     |
| D  | 涂装面积   |   |   |   |     |
| E  | 重心距中纵面 |   |   |   |     |
| F  | 重心距基线  |   |   |   |     |
| G  | 重心距舫   |   |   |   |     |
| H  | END    |   |   |   |     |

图 3 材料明细表的模板

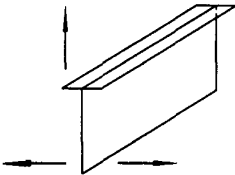


图 4 加厚建模

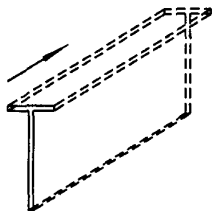


图 5 扫描建模

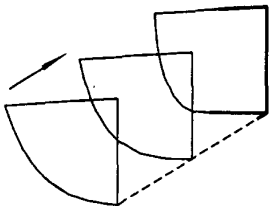


图 6 放样建模

件的“自定义”中输入以下类似语句控制数据输出。

重量:SW - Mass@零件文件名.SLDPRT;

重心横向位置:SW - CenterofMassX @零件文件名.SLDPRT。

三维建模的类型主要有两种:实体和曲面。实体是我们最终需要的模型,而生成曲面也是为了以该曲面为基准面生成需要的零件实体。

船体结构的建模采用了特征建模的技术,主要有以下三种方法:“加厚”,以相应的基准面建立面的模型,再加厚为实体,如图 4 所示;“扫描”,以端部的横截面轮廓为草图,以走向为轨迹,“扫描”成实体,如图 5 所示;“放样”,以各站上的剖面轮廓为草图,“放样”成实体或曲面,如图 6 所示。

1.2 机舱分段建模过程

船体外板、甲板是依附于船体型表面,它应该

以各站上的型线线框为草图,“放样”生成曲面。在这个曲面的基础上“剪裁曲面”并“加厚度”即可得到所需要的板实体。而“放样”生成的船体型表面也为以后部件的生成提供一个基准面。

通常,平直的甲板分段与舷侧分段上的部件用“加厚”的方法建模,会显得更方便、直接。而具有局部曲度的舱底分段与主、辅机座应该调用船体型表面,综合应用“加厚”和“扫描”的方法建模。

当每类部件建模完成后应该把它们调进相应的装配体文件中,建立各种约束条件和配合关系,使每类零件按应有的空间关系定位。这与船体建造中的焊接定位有异曲同工之处。本船机舱分段所有的零件(不含外板)定位后能够形成装配体的效果如图 7 所示。

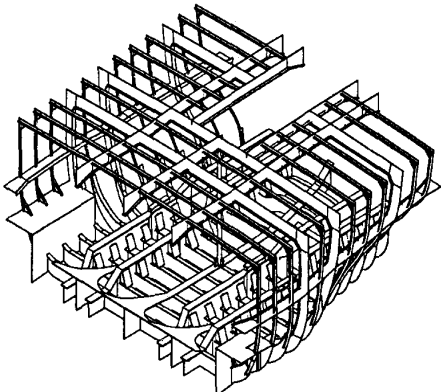


图 7 机舱分段

当整个分段建模完成后,在零部件之间进行干涉检查,这样可以使设计人员更好地掌握设计的效果。使用类似的方法,再结合其它船体分段的特点,比如高速船首部分段的线型比较尖瘦,客船上层建筑分段具有流线型等,能够进行其它分段的三维设计。

2 机舱分段二维结构图

机舱分段模型建模完成后,把此模型调进工程图文件中,在需要表达的位置加剖面线,并用“尺寸”准确控制剖面线的位置,即可得到所需的二维剖面图。在这些剖面图中加上相应的件号和标注尺寸,再插入用 EXCEL 制定材料明细表的模板,即可得到包含数量、重量、涂装面积、重心横向位置、重心垂向位置、重心纵向位置的分段材料明细表(BOM 表)。最后同过 \*.DWG 或 \*.DXF 文件接口,在 AutoCAD 中作进一步的深化处理,增加一些船体制图所需的信息。

# 桅杆扭转振动测试方法和参数识别的研究

朱 锡<sup>1</sup> 石 勇<sup>1</sup> 宫 政<sup>2</sup>

1. 海军工程大学船舶与海洋工程系 武汉 430033 2. 海军航空工程学院训练部装备处 烟台 264001

**摘 要** 设计了一套利用线加速度传感器和传统的模态分析试验方法对扭转振动进行测试和参数识别的方案,并在桅杆的扭转振动模态测试中得到了成功运用;同时在试验过程中采用四点响应信号综合评估法,证实能有效地分离出混杂在扭转振动信号中的弯曲振动的频率成分,提高了结果的准确性。

**关键词** 扭转振动 试验测量 桅杆 模态分析

**中图分类号** U661.44 **文献标识码** A

## Research on torsional vibration measurement and parameter recognition of the mast

ZHU Xi<sup>1</sup> SHI Yong<sup>1</sup> GONG Zheng<sup>2</sup>

1. Dept. Naval Architecture and Ocean Engineering Naval University of Engineering Wuhan 430033

2. Naval Academy of Aviation Engineering Yantai 264001

**Abstract** The authors make a scheme of torsional vibration measurement and parameter recognition with the linear acceleration sensors and traditional method of modal analysis, which is used successfully to measure the torsional vibration of a mast. In the experiment, 4 signals are evaluated synthetically to separate the bending component intermixed in the torsional vibration so as to improve the accuracy of test results.

**Key words** torsional vibration measurement mast modal analysis

新型船舶下水以后要进行系列的试验测试,

其中桅杆的振动特性测试是一项重要内容。桅杆为方筒形高大结构,除产生横向、纵向的弯曲振动外,其轴向的扭转振动也不容忽视。对于扭转振动的测量,常用的方法是利用扭振仪或扭转振动

收稿日期 2004-11-29

作者简介 朱 锡(1961- ),男,博士,教授

### 3 设计要点

船体结构的空定位是三维建模中的一个要点。应当指出,从建立船体型表面到装配体设计,这个过程都应该选用同样的坐标系。只要坐标系相同,坐标原点重合,各个 SolidWorks 零件就可准确定位。由于船体部件具有外形相同或相似,而空间位置不同的特点,应充分利用 SolidWorks 中的“方程式”、“配置”和“系列零件设计表”,把这些具有相同性质的零件建立约束关系,达到修改方便、重复使用已经建立的三维模型的效果。还应注意,在大型装配体中,由于零件多,计算机需要进行处理的任务重,设计人员往往会感到计算机处理的速度慢,操作效率低。因此需要细分子装配体,减少顶层零件,轻化不重要的零部件,建立一个高效的装配体。

### 4 结束语

1) 机舱分段结构设计与轮机、管系、电气之间有着密切的相互配合、协调关系,在三维环境中,这方面能实现得更好。

2) 用 SolidWorks、AutoCAD、EXCEL 相结合进行三维设计的方案,对中小型造船企业和设计单位而言,具有较好的经济性。

3) SolidWorks 三维设计具有参数化的特征,便于修改,十分适合于螺旋式进行的船舶设计。

#### 参考文献

- 1 曾隆杰. 船舶 CAD. 北京:人民交通出版社,2000
- 2 何煜琛,何达,朱红军. SolidWorks 2001 Plus 基础及应用教程. 北京:电子工业出版社,2003
- 3 [美]SolidWorks 著. 生信实维编译. SolidWorks 高级装配体建模. 北京:清华大学出版社,2003

作者：[陈会庭](#), [李庆宁](#), [CHEN Hui-ting](#), [LI Qing-ning](#)  
作者单位：[陈会庭, CHEN Hui-ting \(武汉南华高速船舶工程股份有限公司, 武汉, 430064\)](#), [李庆宁, LI Qing-ning \(武汉船舶职业技术学院, 武汉, 430050\)](#)  
刊名：[船海工程](#)<sup>PKU</sup>  
英文刊名：[SHIP & OCEAN ENGINEERING](#)  
年, 卷(期): 2005, (1)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(3条)

1. [曾隆杰](#) [船舶CAD](#) 2000
2. [何煜琛](#), [何达](#), [朱红军](#) [SolidWorks 2001 Plus基础及应用教程](#) 2003
3. [SolidWorks](#), [生信实维](#) [SolidWorks高级装配体建模](#) 2003

## 相似文献(10条)

1. 学位论文 [刘晓](#) [青铜器体征计算机三维建模和曲面渲染方法研究](#) 1999

本文以计算机图形学各种处理手段与方法, 运用三维建模软件3DSTUDIOMAX2.0对青铜器(双羊饕)进行体征三维建模方法研究。用PHOTOSHOP对双羊饕面图像作修复预处理。并采用AdobeIllustrator中的\*AI格式作曲面面片贴图的辅助处理工具, 提高了三维渲染的质量。古文物计算机三维重构准确, 展示效果良好。

2. 期刊论文 [程顺才](#), [马东辉](#), [刘芳平](#), [王文杰](#), [CHENG Shun-cai](#), [MA Dong-hui](#), [LIU Fang-ping](#), [WANG Wen-jie](#) [型体曲面的三维建模及曲面分析 - 湖南农机](#)2009, 36 (9)

应用三维CAD软件设计型体曲面是目前先进的技术, 可省略许多复杂的计算, 同时可降低成本。先确定计算主要参数, 而后分析传统型体曲面的设计方法和三维CAD软件建模的方法, 找出有共性的点、线、面, 再通过计算得到导曲线和直线条, 导曲线可用箭头曲率分析命令进行曲线光顺度分析。设计出的型体曲面先用旋转和放大命令直接观察是否有缺陷, 其后可用曲面分析的方法全面分析性能曲线; 翻上曲线等如达不到要求可修改参数自动更新图形。

3. 学位论文 [彭辉](#) [船体三维建模应用技术研究](#) 2007

本文根据我国造船规模不断扩大、迫切需要新型实用技术和提高应用开发能力的实际情况, 以计算机辅助几何造型理论为指导, 充分利用国内外已成熟和普及的软件, 对船舶CAD先进技术进行深化和细化, 在技术的实用上开辟新途径、提出新方法。针对我国广大船舶工程技术人员对船体曲线曲面生成算法实现应用技术缺乏全面系统掌握的实际, 在总结国内外学者研究成果的基础上, 针对算法实现, 对B样条及NURBS曲线曲面的几何定义, 参数形式、性质及相应曲线曲面的插值算法作了全面深入的综合与分析, 结合实例详细阐述了船体曲线曲面算法实现步骤及计算过程, 将使船体曲线曲面生成算法真正成为与实际应用紧密结合、广泛普及的技术; 提出了将国内型线光顺软件与国外曲面造型功能强大的通用CAD软件结合进行船体曲面建模的新思路, 主要研究了将沪东HD—SHM软件与CATIA V5软件结合实现船体曲面建模的关键技术问题, 包括HD—SHM型线光顺和CATIA V5曲面建模的方法与过程, 重点研究了型线的三向光顺和由型线模型转化为曲面模型的问题, 以型线曲率变化较大的150吨冷藏船为实例研究国内船体建造专用软件与通用高端CAD软件CATIA V5曲面设计模块结合进行船体曲面建模的关键应用技术; 分析比较了各种AutoCAD二次开发技术特点, 详细阐述了基于VB(VBA)的AutoCAD二次开发应用, 包括基于AutoCAD VBA的船舶CAD应用程序菜单设计、基于AutoCAD二次开发的船舶静力学常规计算、基于VBA生成图形的船体横剖面几何要素计算, 不仅研究成果可供广大工程技术人员参考和使用, 同时也说明了AutoCAD二次开发技术具有强大的生命力和重要应用价值; 对ATIA V5二次开发方法进行了比较, 深入研究了基于AutomationAPI的CATIA二次开发方法, 对CATIA的组件对象模型(COM)及其访问方法、零件三维建模、零件三维曲面建模、装配设计、组件管理、约束管理多项关键技术结合编程实例进行了深入研究, 实现了零件三维建模及其装配的参数化; 深入分析了国内外CAD技术在船体结构三维建模中的研究和应用现状, 阐述了自主研发面向对象的船体结构三维建模系统的设计思想、开发过程、船体结构三维建模方法及整体技术, 对一些关键技术进行了探索和研究, 深入研究了基于约束的船体横剖面参数化设计、研究了基于特征的参数化造型技术在船体结构参数化建模上的应用、基于CATIA的船体结构参数化建模、数据库技术应用及船体结构三维建模系统开发。通过对CATIA二次开发构造出船体常见类型的结构模型, 实现了参数化、智能化, 能够满足船体结构优化设计的需要, 从中揭示出基于通用CAD软件的船体结构三维建模技术开发完全可行, 并具有适合国情、应用基础广泛的特点。

本文充分利用了国内外现有的技术平台, 将几何造型理论与实际应用结合, 国外技术与国内技术结合, 针对我国造船实际应用需要研究开发了面向广大船舶工程技术人员、便于推广的船舶CAD实用技术, 不仅研究成果具有应用价值, 并且开展研究的思路和方法也具有一定的示范作用。

4. 期刊论文 [孙立星](#), [吴华杰](#), [张连洪](#), [孙梅](#), [Sun Lixing](#), [Wu Huajie](#), [Zhang Lianhong](#), [Sun Mei](#) [摩托车覆盖件复杂曲面的三维建模 - 小型内燃机与摩托车](#)2006, 35 (1)

本文通过摩托车整车外观覆盖件全新开发的实例, 具体描述了覆盖件A级曲面模型的三维创建方法, 提出了建立具有光顺曲面的摩托车覆盖件三维数字模型的设计思路。

5. 学位论文 [丁展](#) [基于手绘的交互方式与三维建模研究](#) 2008

使用传统WIMP(Window, Icon, Menu, Pointing Device)风格的图形用户接口(GUI, Graphical User Interface), 用户需要费尽周折才能将自己的三维设计思路准确地传递给计算机。首先, 用户需要将设计意图分解成若干独立的部分, 例如点、线、面, 然后再通过复杂的造型方法和繁琐的交互手段将这些元素组合、拼装成三维实体。而随着计算机辅助设计系统功能越来越强大, 一个不争的事实是: 其使用门槛越来越高, 操作越来越复杂, 从而使其在设计初始阶段扮演的角色和传统的笔、纸方法距离越拉越远。冗余的功能和过于严格的交互手段干扰了设计师的思路, 打断了设计师的设计过程。因此现阶段还是有很多设计师在初始阶段宁愿继续使用笔和纸做设计, 而在设计的最后阶段才将其在计算机中进行精确形状设计。

长期以来, 人们已经习惯了使用简单、快速的手绘方法表达其形象思维。而基于手绘的交互接口已经渐渐展现了其在用户和计算机之间良好的沟通作用。在基于手绘的交互环境中, 用户绘制的每一笔画都被系统感知, 这种笔画不仅能表达图形设计意图, 还能传递设计过程中的各种控制命令。手绘设计接口和传统WIMP用户接口最明显的区别是, 它能捕捉并分析用户设计思路, 而不是使用简单的匹配方法驱动系统造型。

本文研究的重点是基于手绘的用户接口在三维建模和交互中的作用。首先, 在介绍了当前手绘造型和交互的众多研究方向和研究成果后, 本文第二章描述了一种基于手绘的三维概念设计方法。和第二章手绘正向造型不同的是, 第三章描述了手绘方法在逆向造型中的应用: 点云表面曲线的手绘构建。为了更进一步体现手绘接口的优势, 本文第四章介绍了一种基于手绘的鲜花三维实体造型方法, 该方法充分体现了手绘在复杂自然生物体造型中的灵活性和创造性。其后第五章描述了一种物体空间自由定位的拖拽交互方法, 并将其成功应用于点云之间的融合造型。第六章介绍了透明界面和手绘结合的移动平台界面设计新方法TGFUI。

最后一章对全文进行了总结,给出了应用前景和未来的研究方向。本文取得的研究成果和创新点主要表现在以下几个方面:

(1)以草图为基础,用手势作为驱动,从而实现基于手绘的快速三维概念设计。本文将基于手绘的三维概念设计过程分解成草图识别、草图编辑、手势分析、实体/曲面创建、实体/曲面编辑等若干子过程。整个体系结构以有限状态机作为流程控制,它采用以草图手势规则和草图语义自动机为基础的设计思路,描述了草图语义的获取、表达和理解方法,从而较好地支持了早期的三维概念设计。

(2)提出了一种逆向工程造型中的曲线手绘构造方法。本文提出了一种手绘造型方法在逆向工程中的应用。该方法能在点云模型表面合理地创建出各种曲线,从而快速构建出模型的曲线网络。通过该方法创建的曲线网络能够很好的应用于后续的曲面约束拟合模块,从而丰富了逆向工程中的造型手段。

(3)提出了一种复杂形态的自然生物体手绘建模方法。本文将手绘方法应用于三维鲜花实体造型过程,并将建模分成结构建模和几何建模两个步骤,每个步骤同时采用若干手绘方法,实验表明该方法能够简单、快速、合理地创建出栩栩如生的三维鲜花模型。除此之外,为了拓展原有实体鲜花的设计方法,本文还提出了实体鲜花设计的新思路和新方法。

(4)提出了一种基于拖拽交互的物体空间自由定位方法。本文提出了一种点云表面的空间自由定位方法,它没有使用任何拓扑信息,因此可以直接应用于其它几种曲面类型的表面定位交互。本文将该定位交互方法成功应用于点云模型间的融合操作。

(5)提出了一种移动平台界面设计新方法。TGFUI传统GUI中的视图区和框架区在屏幕空间中是相互竞争的,较多的图标、按钮、菜单必然意味着视图区空间会被大大压缩。而TGFUI的最重要特征就是其各种图标、按钮、菜单都采用透明方式摆放在视图区的任意位置,而视图区占满了整个屏幕空间,从而克服了传统视图区和框架区的竞争关系。为了进一步减少按钮、菜单、图标的使用,TGFUI建议采用手势设计方法实现各种命令消息的发送以及图形、图像的设计。同时,为了克服手势识别的二义性,TGFUI采用反馈机制从而允许用户修正手势识别的结果。

## 6. 期刊论文 [徐佳磊, 张维锦, 李海蛟, XU Jia-lei, ZHANG Wei-jin, LI Hai-jiao](#) [OpenGL中基于NURBS的圆弧形墙体窗体的三维建模研究](#) - [华东交通大学学报](#) 2005, 22 (2)

在VC++6.0开发平台下,应用OpenGL图形库为建筑工程中弧形结构的三维建模提供了一种新的解决方法。采用圆弧的二次非均匀有理B样条(NURBS)表示方法,实现了圆弧墙体的绘制,并根据NURBS曲面的裁剪方法在墙体上剪切出窗口。

## 7. 学位论文 [李广磊](#) [整体叶轮三维建模与UG CAD的研究](#) 2008

叶轮是一类在生产实际中获得广泛应用的、几何特征明显的机械零件,其叶片通常为复杂曲面,其截面线是复杂的自由曲线,采用常规的造型方法无法完成叶身的造型。目前,通常采用截面线放样的方法进行叶身曲面造型。随着对叶轮性能要求的提高,使得叶身的形状更加复杂,采用简单二次曲线无法完成这类叶身截面的造型。

本文重点讨论较困难的非可展直纹曲面叶轮UG CAD造型方法,并与可展直纹曲面叶轮的造型方法进行比较。主要研究内容包括:

1) 通过选择用三次均匀B样条曲线插值生成叶片轮廓曲线,并解出了具体的曲线方程。根据直纹曲面的数学公式,分析了直纹曲面造型的基本方法,算出了叶片直纹曲面方程,研究使用UG软件的建模技术;

2) 讨论了利用三次均匀B样条曲线插值反求非可展直纹面叶片型线的方法;

3) 叶身曲面等距面的构造。论述了参数曲面等距面的构造过程,分析了等距面的光顺原理以及判断准则。针对叶身曲面的特点,结合圆率法和Kjellander方法实现了叶身曲面等距面的光顺。

4) 根据最小二乘法原理,提出了对测绘数据进行优化和拟合的一种叶轮建模方法,得到叶片参数的计算式,进而借助UG软件建造了加工效率高的非可展直纹曲面整体叶轮造型,并与可展直纹曲面整体叶轮的造型方法进行了比较。

## 8. 学位论文 [廖俭](#) [计算机辅助汽车造型技术研究](#) 2001

该论文通过实际使用目前国内外多种常用造型软件进行汽车造型,探讨了各自的功能特点和在不同车型的汽车造型中的应用前景。提出了以三维建模、模型渲染、图像后处理为主步骤的计算机辅助三维汽车造型方法,并对三维造型过程中的主要技术进行了探讨。对汽车三维造型中的曲面建模方法和实体建模方法进行了研究,给出了利用国际著名软件3DSMAX和UG在不同建模方法下的造型实例。该文还从整车造型和局部造型的不同角度研究了汽车造型过程中对模型的处理方法。文中还探讨了利用3DSMAX和PHOTOSHOP进行快速三维建模并生成精美造型效果图的方法。

## 9. 会议论文 [欧阳波](#) [产品造型设计与曲面连续](#)

在产品外观设计三维建模阶段,要保证产品生产最终外观的整体美观就需要了解产品造型设计和曲面连续之间的关系,不同的产品类型需要达到所相应的表面连续级别,才能将设计师的外观效果真正转化为生产的产品。作者通过强大的造型设计软件Aliasstudiotools来确保曲面的连续级别,使工业设计师的造型意图完美的通过模型数据交换与下游CAD软件沟通起来,实现设计流程的无缝对接。

## 10. 会议论文 [栾鹏](#) [基于骨架手绘草图的三维建模方法](#) 2009

在以往的自由手绘草图的三维建模系统中,用户均采用绘制轮廓线的方式与系统进行交互。本文提出了一个新的系统,采用新的交互方式——用骨架线取代轮廓线,作为系统的输入草图。这不仅可以减少输入线条的数量、还能大大降低绘制输入草图的难度。利用所设计的系统,用户可以快速方便的构造一系列模型,尤其是那些具有半规则结构的模型。在从骨架信息生成三维模型的过程中系统应用了sweeping技术,同时为保证系统交互的实时性,本文还提出了一种快速自适应的sweeping方法。

## 引证文献(1条)

### 1. [杨先春](#) [中小型船舶的可拆卸性设计技术研究](#) [学位论文] 硕士 2006

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_whzc200501010.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_whzc200501010.aspx)

授权使用: 天津大学(tjsg04), 授权号: 65478463-daeef-4c62-9f80-9e9d00e17fd9

下载时间: 2011年3月5日