

汽车车身外形设计方法综述

田波, 方逵

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412008)

摘要: 介绍了汽车车身设计的要求和特点, 总结和回顾了传统设计方法的流程, 并指出其周期长, 效率低等不足之处。对计算机辅助系统在现代车身设计中的突出地位作了简要分析, 讨论了目前在构建使用广泛的Class A 曲面时应达到的几个最基本的要求。针对目前计算机辅助系统在平台交互性, 构造虚拟现实方面的不足, 展望了未来汽车车身设计方法的发展方向: 赋予计算机一定的创意能力; 更强大、可靠的虚拟设计环境。

关键词: 汽车车身设计; Class A 曲面; 虚拟装配

中图分类号: TB472

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)03-0005-03

Overview on Automotive Body Exterior Surface Design

Tian Bo, Fang Kui

(Department of Computer Science, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China.)

Abstract: The requests and features of automotive bodywork design is introduced. Then, it summarizes and reviews the flow of traditional design method and indicates its low efficiency in practice and long cycle development. After discussing several essential requests, it gives a brief analysis to important status of computer aided system in modern automobile bodywork design. According to the shortage in forming a virtual reality and interactivity of platform in modern computer aided system currently, the direction of development in automotive bodywork design is speculated, which also gives ability of creativity and establishes more powerful platform for reliable virtual design for computer;

Key words: automotive bodywork design; Class A surface; virtual assemblage

1 背景知识

自汽车诞生 120 余年来, 这种新型的交通运输工具大大推动了人类社会的进步。车身是汽车各大总成中极为重要的一部分, 新车型的开发首先是新车身的开发, 其开发周期、制造成本约占整车的 50 % 左右。车身的造型设计不但要符合结构力学、材料工程学、人体工程学、空气动力学原理, 且要符合人们的审美原理。车身外形各曲面片要求光滑拼接、圆滑过渡, 遵从光顺原理, 其设计、制造工艺水平直接影响汽车的运动性能和经济、环保性能。据测试, 国外著名汽车品牌, 如日产、丰田、大众、雪铁龙等流线型车身行驶时的风阻系数已低于 0.20^[1], 而空气阻力系数每降低 10 %, 节省燃油 7 % 左右。

在汽车工业的起步时期 (19 世纪末 20 世纪初), 汽车车身采用人类使用已久的马车车箱的形式, 外形制作工艺粗糙, 各曲面的拼接随意性很大, 既不美观又不坚固。一战和二战后, 汽车车身外形设计得到了汽车工程师的重视, 开始考虑空气阻力、审美学等, 并把人体工程学、风洞实验应用到车身设计中, 汽车真正成为科学和艺术的结合。此阶段车身设计过程以手工为主, 设计人员一般是首先制作 1:5 的油泥模型, 经过反复评审和修改后再制作全尺寸的立体模型, 美工、造型等设计人员需一同参与此过程, 然后手工绘制车身图纸和模具加工图纸, 生产样车后进行各种风洞、碰撞等试验, 改进后再批量投产。典型的产品有 1934 年美国克莱斯勒生产的气流牌轿车, 它最先采用流线型的车身设计; 德国大众 1949 年开始批量生产的甲壳虫型汽

收稿日期: 2007-03-15

作者简介: 田波 (1978-), 男, 湖南怀化人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为计算机辅助设计与图形学;

方逵 (1963-), 男, 湖南平江人, 湖南工业大学教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为计算机辅助几何设计与图形学。

车; 1968年凯迪拉克的高级轿车埃尔多等。

自上世纪70年代末, 随着计算机软硬件技术的迅速发展, 出现了专门的二维/三维辅助设计/工程软件, 汽车设计迈入了数字化时代。其核心是在设计过程中使用计算机辅助设计软件(CATIA、PRO/E、UG等)建立车身的数学模型, 并在计算机上进行结构设计、结构分析、有限元分析、外观设计、内饰件设计、虚拟碰撞检测、虚拟装配等工作。设计完成后, 计算机辅助系统可自动生成NC代码输入数控机床进行加工生产。但是, 鉴于获得真实的车身内饰效果布局和提高整车外形的直观性, 并有利于在多个造型设计方案中进行评估和挑选, 手工制作效果图和各种比例的油泥模型在很多情况下还是必要的。特别是全新车型的开发, 其效果图和缩比例模型(如1:5油泥模型)仍必不可少。油泥模型建立后会被扫描到计算机中以建立其对应的数字模型, 再完成车身数字模型进一步的处理, 此过程涉及到逆向工程的一些问题^[1, 2]。值得一提的是, 以CAGD理论为基础, 各计算机辅助设计/制造软件广泛提供高质量的CLASS A曲面建模功能, 车身内外曲面构造既精确又光滑美观, 曲面间拼接圆滑自然, 整车外形飘逸俊朗, 富有视觉冲击力并有效降低了行驶时的风阻系数。设计师借助三维计算机辅助设计/制造软件, 车身的概念设计、零件设计、模具设计、包括零件的设计验证等都可计算机上的虚拟环境中实现, 而且各厂商和专业设计公司可形成自己的一套应用规范, 比如整车设计的流程、从概念设计开始的造型设计的全部流程及一些实现的方法, 从而可构建大型数据库系统, 便于后继车型的设计和改进行。这样, 大大降低了车身设计周期^[2](可缩短至1.5~2年), 提高了设计质量, 并大幅降低了新车型开发成本。随着CAD/CAE/CAM软件性能的提高, 将提供更完善的产品寿命分析、损耗分析, 更精确逼真的虚拟风洞试验、碰撞试验和基于知识的自动协作设计等功能, 帮助设计人员进一步提高设计效率。

2 传统手工设计方法简介

一般认为, 在计算机辅助系统没有引入汽车设计之前, 汽车的车身设计属于传统设计方法阶段。此阶段的设计过程可用如图1所示的流程图进行描述。

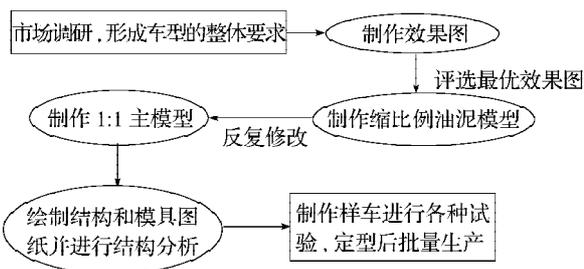


图1 传统手工设计方法的流程图

Fig. 1 The flow chart of traditional design method

在传统设计方法中, 车身的整体布局, 包括外形曲面构成、色彩、外饰等在绘制效果图时已基本确定, 由模型制作人员根据造型师的效果图制作缩比例油泥模型(通常是1:5), 这是一个反复观察与修改的过程, 需要造型师、模型制作人员、美工人员甚至销售人员等的共同参与, 因此, 对相关人员的素质、经验等要求很高。即使在目前新车型的车身开发中, 这两个步骤也是必需的, 因为这为整个产品的风格和基调构建了一个大的框架。设计人员根据模型手工绘制车身图纸和模具加工图纸, 这完全是一个机械制图的过程。显然, 以这种手工方式, 首先在车身外形光滑性方面很难达到令人满意的程度, 因为对光滑性的评价缺少一个可量化的标准, 主观随意性较大。其次, 当车身外形尺寸或形状有极小的改动时, 相关的制图工作都要重新制作, 不可避免地会延长开发周期(传统车身开发周期是3~5年左右), 设计人员的工作量虽非常大, 但很多时候是在做一些重复性的工作, 导致成本居高不下且不利于提高同系列后继车型的开发速度。

总之, 在传统的方法中, 人与产品的交互式修改极为不便, 车身设计周期长, 设计人员劳动量大, 产品光滑性不好。另外, 在设计汽车其它的零件, 比如发动机、底盘等时也存在类似车身设计中存在的一些问题。不过传统车身设计方法中缩比例模型制作这一手段却保留下来, 通常以制作1:5的外形与内饰模型, 来寻求和验证最优的外形和内饰布局, 经反复修改后再制作1:1比例模型。

3 现代车身设计方法简介

上世纪70年代以来, 随着计算机辅助几何设计和计算机图形学的迅速发展, 车身设计过程中部分或全程引入计算机辅助系统(CAD/CAM软件), 在计算机中构建车身三维数字化模型, 以“所见即所得”交互方式完善设计方案, 是现代车身设计方法的主要特点。其基本流程如图2所示。

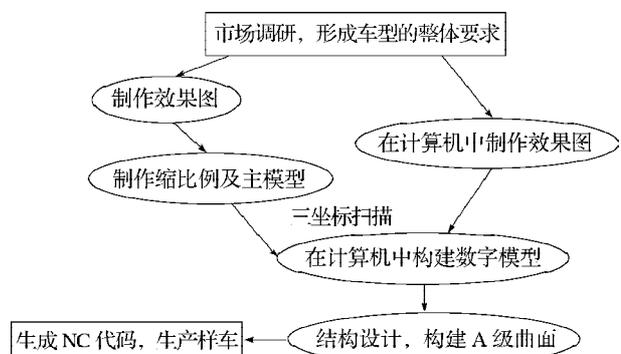


图2 现代车身设计方法的流程图

Fig. 2 The flow chart of modern automobile bodywork design

在绘制效果图阶段, 可手工绘制也可利用计算机辅助软件绘制, 具体根据设计师个人情况而定, 但使用计算机绘制可更快捷地构建车身数字模型并使修改

工作更方便。而使用手工绘制再制作缩比例模型和 1:1 主模型,再以三坐标扫描或激光扫描的方式在计算机中构建车身数字模型,这是更常用的一种方法,因为以这种方式制作模型更能直观地表达出设计师的风格理念。这实际上就是一个逆向设计的过程^[3]。简单地说,逆向工程就是指将已有的产品模型转化为计算机中的数字化工程设计模型的过程,相当于是一种仿制,具有开发周期短、设计精度较高、便于进行结构设计/分析等优点,在车身设计过程中应用很广泛^[4]。著名的 CATIA、IMAGEWARE、UG 等软件都提供了强大的逆向设计功能。车身数字模型建立后可共享,有利于各部门实现并行工作,从而大大缩短设计周期,而且用于车身设计的各种 CAD/CAM 系统都能够根据三维实体模型自动生成二维的车身图纸和用于数控加工的代码,同时当三维模型发生任意微小的改变时,系统都会自动地修改与之相关的图纸和数控代码。目前使用广泛的计算机辅助软件以 CATIA 最著名,它是由法国达索公司与 IBM 联合开发的一套 CAD/CAM/CAE 软件,功能极为强大。CATIA 提供有完善的 CLASS A (A 级曲面,此名称也是由达索首先提出)构建功能。CLASS A 曲面^[5],简单地说就是指车身外形、仪表板、内饰件等对曲面质量要求较高的一类部件的曲面,即光顺性要求较高的一类曲面,既要表面光滑、连接过渡光滑满足空气动力学原理以大幅减少空气阻力,又要保留外形的美观。这里所指的 A 级曲面光顺性的概念从数学上可简单定义为:曲线二阶几何连续,没有多余拐点,曲率变化均匀,应变能较小^[6]。对曲面而言,至少是 G2 连续的(曲率连续),也即两曲面沿公共连接线处在所有方向都具有公共的法曲率。车身外形不同的曲面片在拼接时,要求光滑过渡,至少满足 G2 连续,甚至 G3 连续。CLASS A 曲面是以 B 样条方法来描述,节点向量采用累加弦长参数化法;曲面在 U, V 方向上次数在 3 次到 7 次之间,最高不大于 9 次。实际设计中可从以下几个方面来评价 A 级曲面质量:曲面的设计精度、曲面的内部质量、曲面的连续性、曲面整体协调性、曲面满足车身结构设计及车身制造要求。正因为计算机中能如此方便、高效地构建 CLASS A 曲面,才让车身实体造型日益精确和迅速,设计人员能够构造出更逼近于现实、曲面质量更高的车身三维模型^[5]。

在计算机中不但可以对车身外观及内饰建立数字模型,而且可以对发动机、底盘等其它零部件建立模型,并直接进行有限元分析、结构设计/分析、甚至虚拟装配、虚拟风洞试验等^[7],使得设计人员可以在计算机中构建虚拟的电子样车并进行试验,能在实际生产前预先发现设计中存在的问题,提高了效率,降低了成本。通常各零件模型分类存放在大型数据库中,以后对车型做改进时可直接到数据库中匹配类似的零部件,修改其相关参数即可满足要求,无需重新设计,非常有利于车型的系列化,生产商应对迅速变

化的市场的能力也强得多。据宇通公司统计,通过在 CATIA V5 系统中集成了各车型的数据资料,尽管这几年宇通的客车车型增多了,但总体的零部件数量却下降了 30%。如果有客户提出订单和个性化需求到达研发部门后,产品设计研发部门只需要对以前产品中某个模块进行修改,各车型就可以适应客户需求,组合出一种适应用户需求的产品来。

4 车身设计方法展望

随着计算机辅助软件功能的进一步提高,现代车身设计越来越体现出模块化、自动化、虚拟化的趋势。未来的发展会强调以下 3 个方面:

1) 目前计算机不能自动追踪当前的产品流行风格和消费者的喜好,这需要设计师在市场调研的基础上,激发个人和团队的灵感来定位整车风格。未来在构建大型数据库的同时,应使计算机辅助软件具有一定的造型风格的创意、生成、评价能力。设计人员提出造型的模糊要求,计算机可基于专家知识库、人工神经网络原理,充分利用大型数据库中的造型方面的知识和素材,自动生成多个造型方案以供设计人员选择和做进一步的修改,从而为造型设计师提供更广阔的思维空间。当然,造型设计人员应及时了解竞争对手的状况和顾客的喜好,不断添加新的素材、方案等到计算机系统的数据库中。

2) 目前的 CAD/CAM/CAE 等辅助设计软件还不能为设计人员提供一个完全虚拟化的开发平台,其虚拟设计/装配/试验等只能模拟部分实际情况,目前暂时还比不上 ADAMS 等软件,其功能有待进一步增强。

3) 提高各计算机辅助设计系统平台的兼容性,提供产品全程寿命分析和评估能力,这对相关的材料、机械、电子和提高安全性方面的设计有巨大的意义。

参考文献:

- [1] 马文胜,郎宝珠,刘卫.现代车身外形设计方法[J].河北工业科技,2006,23(4):224-227.
- [2] 汪卫东.国外汽车车身开发的特点分析[J].上海汽车,2004(1):25-28.
- [3] 李书生,徐万红,王韶春.汽车车身逆向设计法的研究[J].沈阳工业大学学报,2004,26(6):616-618.
- [4] 夏卫群.车身曲面质量的评价指标研究[J].汽车科技,2005(5):9-11.
- [5] 马铁利,林逸.车身 Class A 曲面模型的构造[J].汽车技术,2004(9):19-21.
- [6] 卢金火,张慧波,刘文龙.Class-A 曲面在汽车车身外形设计上的应用[J].汽车技术,2003(8):5-8.
- [7] 李文君,马彦婷.虚拟现实技术在汽车工业中的应用[J].机械制造,2004,42(11):13-14.
- [8] 施法中.计算机辅助几何设计与非均匀有理 B 样条[M].北京:高等教育出版社,2001:177-180.