



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

汽车 车身设计

○ 黄金陵 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



上海汽车工业教育基金会资助

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材

汽车车身设计

主 编 黄金陵
副主编 任金东
参 编 龚礼洲 马天飞
 张建伟 那景新
主 审 林 逸 朱 平



机械工业出版社

本书系统地讲述了现代汽车车身结构设计方法。

全书共9章,内容包括汽车车身开发流程和方法、车身布置及人机工程学问题、白车身结构拓扑和力学模型、动力学问题和车身NVH问题、车身碰撞安全性问题、车身结构疲劳强度问题,以及车身闭合件设计等,并简要阐述白车身设计中相关的制造工艺和材料问题;重点体现以CAE分析技术来驱动车身性能设计。

本书力求反映现代先进的车身开发理论、方法、技术、手段和流程,取材丰富,图文并茂。在内容编排上,体现了理论联系实际、深入浅出的特点,可作为车身工程专业和车辆工程专业本科生和研究生的教材,也可供企业设计工程师参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身设计/黄金陵主编. —北京:机械工业出版社,
2007.9

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 普通高等
教育汽车车身设计学科方向规划教材

ISBN 978-7-111-21897-5

I. 汽… II. 黄… III. 汽车—车体—设计—高等学
校—教材 IV. U260.32

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第107811号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:王伟光 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2007年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24.25印张·1插页·599千字

标准书号:ISBN 978-7-111-21897-5

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379712

封面防伪标均为盗版

普通高等教育汽车车身设计学科方向

教材编审委员会

主任：北京理工大学	林逸
副主任：吉林大学	张君媛
清华大学	周青
重庆交通大学	杜子学
上海交通大学	陈关龙
机械工业出版社	林松
委员：湖南大学	曹立波
同济大学	高云凯
江苏大学	朱茂桃
合肥工业大学	张代胜
扬州大学	陈靖芯
燕山大学	韩宗奇
武汉理工大学	乐玉汉
中国农业大学	张红
河南科技大学	谢金法
南京林业大学	郑燕萍
秘书：机械工业出版社	赵爱宁
机械工业出版社	冯春生

序

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。进入21世纪以来，随着国民经济的持续增长，轿车逐渐进入家庭，我国汽车工业进入空前的快速发展时期，已经成为国民经济的支柱产业。在“十五”末期，我国汽车年产量已达到570多万辆，在世界排名由第11位跃居第3位，已经成为世界汽车生产、消费和保有量大国。汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。与此相适应，汽车工业高等教育也得到了长足发展。据不完全统计，迄今全国开办汽车类专业的高等院校已达百余所。

虽然近几年我国汽车工业得到快速发展，市场需求稳步增长，汽车产能迅速扩大，技术水平不断提升，多元化资本进入汽车产业，但是从可持续发展的战略高度仔细分析我国汽车工业现状，仍然存在很多限制因素。我国汽车产品的质量和技术水平与国际水平存在着很大的差距，汽车产业自主开发能力十分薄弱。从未来发展趋势看，打造我国自主品牌、开发核心技术是我国汽车工业的必然选择。

十六大以来，党中央明确提出要把推动自主创新摆在全部科技工作的突出位置，把提高自主创新能力、建设创新型国家作为调整经济结构、转变增长方式、提高国家竞争力的中心环节，这对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等都提出了全新的要求。

为了满足新形势下对汽车类高等工程技术人员培养的需求，在中国机械工业教育协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程学科组的领导下，成立了教材编审委员会，组织制定了多个系列的普通高等教育规划教材。其中，为了解决车身开发方面的创新型人才培养中教材短缺、滞后等问题，组织编写了“普通高等教育汽车车身设计学科方向规划教材”。

本系列教材在学科体系上适应普通高等院校培养开发研究创新型人才的需求；在内容上除选择反映车身开发方面的基础理论和共性技术，如汽车车身设计、汽车造型设计、汽车车身试验学、汽车空气动力学、汽车人机工程学以外，还注重介绍反映当前国际汽车车身开发方面的新理论、新技术和新工艺，如汽车车身制造工艺学、汽车车身CAD/CAM技术、汽车车身CAE基础、汽车碰撞安全与乘员保护、汽车车身电子技术等；在教学上强调加强实践环节。

相信本系列教材的出版将对我国汽车类专业的高等教育产生积极的影响，为我国汽车行业创新型人才培养模式作出有益的探索。由于我国汽车工业还处于快速发展阶段，对人才不断提出新的要求，这也就决定了高等教育的人才培养模式和教材建设也处于不断变革之中。我们衷心希望更多的高等院校加入本系列教材建设的队伍中来，使教材体系更加完善，以更好地为培养汽车专业人才的高等教育事业服务。

中国汽车工程学会 常务理事
中国机械工业教育协会车辆工程学科组 副主任

林 逸

前 言

汽车发展到今天, 车身已成为影响其各种性能的最大系统之一, 特别是轿车车身, 它在很大程度上影响汽车的商品价值和销售市场。近 20 年来, 人们对汽车安全性、舒适性、可靠性和耐久性的要求越来越高; 由于能源的紧缺和激烈的市场竞争, 又迫使汽车要实现结构轻量化并降低成本, 因而引发材料与制造业日新月异的变化, 并促使设计理念和设计方法不断改进。

本书是围绕轿车车身设计来展开的, 商用车等其他车型也可借鉴; 以白车身为纲, 强调应用 CAD/CAE 核心技术驱动设计; 特别要体现当今行业所关注的车身性能设计, 如结构安全性、NVH 性能和耐久性等。本书以结构动力学原理和优化方法作为白车身结构设计的基础, 抓住目标性能, 从产品的选型、各项指标的确立到综合性能的考虑、并行工程的实施, 从概念设计、初步设计到详细设计的各个阶段, 从力学模型的建立到各阶段结束所必需的验证, 每一个里程碑的完成和继续都力图反映国外先进汽车生产企业车身开发的理论、方法、技术、手段和流程, 结合国情来培养自主开发的思想意识。

学习本课程前必须学过汽车车身专业的一些基础课程, 对车身构造有基本的了解, 具备有限元分析原理等基础知识。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 适用于车身工程专业和车辆工程专业本科高年级学生和研究生, 也可供企业设计工程师参考。通过本课程的学习, 让学生认识车身开发程序, 学会分析车身结构, 合理选择设计方案及有关参数, 掌握车身总体布置及结构设计的基本方法和工作要点, 学会综合运用前期所学基础课程和专业课程的知识, 并通过设计训练, 为从事汽车车身设计工作打下理论基础, 而且引导学生了解进一步提高车身开发技术的方向。

本书由吉林大学汽车工程学院黄金陵主编, 任金东为副主编。全书共 9 章, 第一章由第一汽车集团公司技术中心龚礼洲编写, 第二章由吉林大学车身系任金东编写, 第三、四、八、九章和第七章四至七节由黄金陵编写, 第五章由马天飞编写, 第六章由张建伟编写, 第七章的一至三节由那景新编写。编写过程中得到吉林大学车身系于多年的大力支持, 车身系兰巍协助完成全书大部分图样的绘制和修改, 在此一并表示感谢。

本书由北京理工大学林逸教授和上海交通大学朱平教授主审, 他们为提高本书的质量付出了辛勤劳动, 提出了宝贵意见, 特此致谢!

受水平和条件所限, 书中难免有不妥和错漏之处, 欢迎使用本书的师生和广大读者批评指教, 以便再版时修正。

编 者

目 录

序	
前言	
第一章 车身产品开发流程和设计方法 1	
第一节 概述..... 1	
第二节 现代车身产品开发流程和方法..... 8	
第三节 基于知识的虚拟产品开发..... 30	
第二章 基于人机工程学的车身布置设计 37	
第一节 车身布置的内容..... 37	
第二节 基于统计学的车身内部布置工具..... 51	
第三节 车室内部布置设计方法..... 68	
第三章 车身结构拓扑模型与力学模型 85	
第一节 作用在车身(车架)系统上的载荷..... 85	
第二节 车身结构的拓扑模型..... 94	
第三节 车身结构的力学特性和力学模型..... 103	
第四章 车身结构刚度和动力学性能设计 118	
第一节 车身结构刚度设计..... 119	
第二节 车身结构的动力学性能设计..... 130	
第三节 结构设计过程与性能实现..... 146	
第五章 车身 NVH 特性研究 155	
第一节 汽车 NVH 特性..... 155	
第二节 NVH 特性设计方法..... 159	
第三节 刚弹耦合系统的仿真分析..... 162	
第四节 声固耦合系统的仿真分析..... 167	
第五节 统计能量分析及其应用..... 176	
第六节 车内的降噪措施..... 181	
第七节 NVH 特性研究的试验方法..... 187	
第六章 车身抗撞性 190	
第一节 概述..... 190	
第二节 车身抗撞性要求和设计..... 194	
第三节 车身抗撞性分析方法和模拟技术..... 216	
第四节 车身抗撞性试验..... 234	
第七章 车身疲劳寿命分析 241	
第一节 疲劳破坏的特征及影响疲劳寿命的因素..... 241	
第二节 疲劳设计方法..... 244	
第三节 疲劳分析基本理论简介..... 247	
第四节 车身结构疲劳寿命分析流程..... 256	
第五节 结构应力响应计算..... 261	
第六节 单轴疲劳寿命预测..... 270	
第七节 综合事件下的疲劳寿命分析..... 274	

第八章 车身闭合件设计	279	第九章 基于制造工艺和材料要求的 白车身设计	328
第一节 车门系统.....	279	第一节 钢结构车身.....	329
第二节 车门布置设计.....	289	第二节 铝结构车身.....	350
第三节 车门总成的性能分析和耐久 性试验要求.....	309	第三节 复合材料车身.....	359
第四节 稳健设计方法用于车门系 统设计.....	315	第四节 车身产品精度和定位参 考系统.....	364
第五节 白车身前、后闭合件.....	320	参考文献	374

第一章 车身产品开发流程和设计方法

第一节 概 述

一、现代产品开发流程

从整个产品设计与制造的发展趋势看，现代产品设计过程是一种并行的、协同的、面向全生命周期的设计模式。这就要求企业各职能部门及其职责融合到整个业务流程中去，以此来提升企业的创造价值，并且使企业更能做到以用户为导向。

企业最重要的战略任务之一，就是要保障其长久的生存能力；而核心要素是具有竞争优势的产品。这些产品必须拥有较高的技术含量、质量上乘、符合法规和环保要求，按照市场期望的价格投放市场后，能使企业获得适当的利润。产品之所以必须符合上述要求，是由日趋激烈的全球竞争、愈来愈挑剔的用户、瞬息万变的市场以及日新月异的技术变革等客观条件决定的。

为保证企业具有持久的竞争力，必须合理安排产品开发流程，以使市场对一款新车的要求能够尽可能及时地纳入产品开发流程，进而实现批量生产。

一个完整的战略类产品开发流程包括四个主要的阶段：产品管理、概念开发、批量开发和批量准备。期间有几个主要的里程碑，包括产品规划启动（Product Planning Start——PPS）、项目决定（Projektentscheidung——PE）、启动认可（Launchfreigabe——LF）、市场投放（Marketeinfuehrung——ME）、终止生产（End Of Production——EOP）。除此之外，还包括产品定义、研究和预开发以及直到 EOP 的产品批量管理等辅助开发流程，如图 1-1 所示。

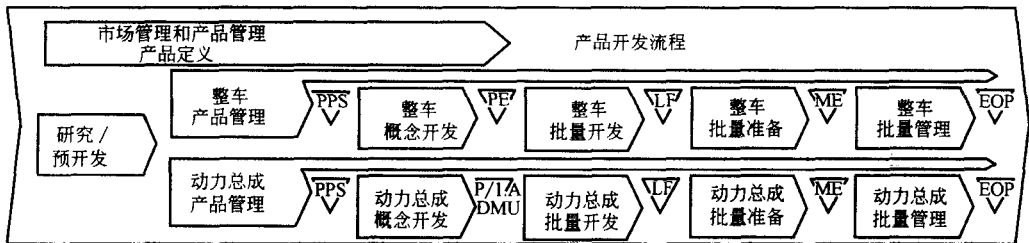


图 1-1 完整的战略类产品开发流程示意图

产品管理陪伴所有与产品有关的流程直到 EOP，包括项目管理、技术管理、文档管理、质量管理和成本管理等多方面的内容；概念开发更多的是侧重于面向造型的概念性开发；批量开发是具体的平台和车型的开发，其结果由虚拟仿真和实体试验进行确认，其输出里程碑是启动认可；启动认可确认后进入批量准备阶段，各种市场投放工作也开始展开。六个月左右的预批量阶段过后，进入正式批量生产（Start Of Production——SOP），产品开发过程就随着市场投放（SOP 之后 3 个月）而结束；批量管理是指在批量生产时，所有为了改进产品、

物流和生产设备而必须完成的工作。

各大汽车企业都有自身的产品开发流程，都有自己定义的阶段和里程碑，以便实现质量控制和产品管理。就流程本身而言，没有优与劣的区分，只有合适与不合适之分。因此，对于产品开发流程来说，好的流程就是把“合适”的产品在“合适”的时间以“合适”的价格投放市场。

二、现代车身设计技术

车身设计技术主要包括造型设计技术、工程设计技术以及先进的设计理念等几个方面，具体有计算机辅助造型技术、虚拟现实技术、空气动力学模拟、人机工程技术、数字样机技术、CAE分析和验证技术、模块化设计技术、性能设计技术和并行工程等。

1. 计算机辅助造型技术

计算机辅助造型(Computer Aided Styling——CAS)是随着扫描技术和矢量化技术的发展，在现代车身设计中得到应用的一门新兴的造型技术。CAS设计区别于传统的仿形法设计，是将表达完整的造型胶带图(图1-2)由三维扫描仪直接输入工作站中，经过矢量处理后得到原始的数据点，再运用CAS系统进行实体造型，最后得到三维可加工的数字模型(图1-3)。根据内、外表面数据状况的不同，可以采用不同的CAS软件进行制作。一般情况下，当外形表面相对简单时，可利用ICEM-SURF软件进行制作；相反，ALIAS软件更适合表达复杂表面的内饰数据，但精度较差，只适合进行模型加工。

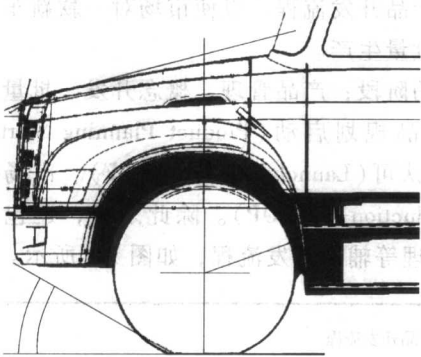


图 1-2 某货车造型胶带图

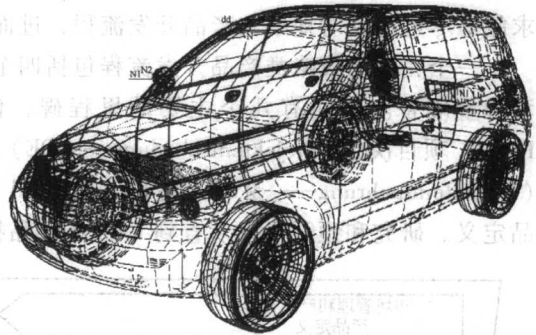


图 1-3 某轿车 CAS 数字模型

相对于传统的仿形法造型设计而言，CAS技术具有如下特征和优点：

1) 可省略比例模型的制作环节，减小劳动强度，缩短造型周期；对于一个完整的轿车车身，利用CAS技术可以在20~30个工作日的时间内完成所有内、外饰表面和大部分细节的三维可加工数字模型的制作任务。

2) 摆脱了手工模型制作和三坐标测量造成的误差链的影响，提高了数据精度，为提高最终模型的制作精度奠定了良好的基础。

3) CAS阶段生成的内、外表面三维数据，可以为后序工程和工艺分析提供共享的数字模型，为并行工程的开展和深入提供了前期技术条件。

2. 虚拟现实技术

虚拟现实(Virtual Reality——VR)技术目前是国际上各大汽车厂商及设计公司展示自身

实力及进行辅助造型设计的一种手段，同时为方案评审提供了准确的依据。虚拟现实技术除应用在造型设计中，还在汽车设计及其他领域中得到了广泛的应用。虚拟现实技术是一种先进的计算机用户接口，它强调将用户和计算机视为一体，通过多媒体的方法将信息进行可视化，展现在用户面前。用户通过专用的设备进入虚拟的环境中，以各种习惯的方式与计算机进行人机交互，如图 1-4 所示。



图 1-4 虚拟现实环境示例

采用虚拟现实技术，设计师不再局限于固定的油泥模型，突破了传统的功能决定形式的束缚，而能充分发挥人的创造性，使得设计中渗入了更多实用性、更多艺术性和更多综合的因素，将车身的形式和功能在更高层次上实现有机的结合和统一。

3. 空气动力学模拟

汽车空气动力学主要是运用流体力学的知识，研究汽车行驶时，即与空气产生相对运动时，汽车周围的空气流动情况和空气对汽车的作用力（称为空气动力），以及汽车的各种外部形状对空气流动和空气动力的影响。此外，空气对汽车的作用还表现在对汽车发动机的冷却，车厢里的通风换气，车身外表面的清洁，气流噪声，车身表面覆盖件的振动，甚至刮水器的性能等方面的影响。因此，汽车的空气动力学问题主要分内流和外流两种情况，整车空气动力特性属于外流，空调系统、车室内流动等属于内流。

在近期新型汽车开发中提出的有关空气动力学问题，包括新车型气动性能预测和现生产产品性能分析等。如果采用传统的研究方式，即风洞试验，需要准备实车或模型，费用高、周期长，各种状态的三维流场的详细情况在试验中也很难观察到，使试验研究受到很大的限制。而采用 CFD (Computational Fluid Dynamics) 模拟计算，不需要实车或模型，节省了大量试验经费，可在开发的前期进行预测，随时对设计方案进行修改，并可得到三维流场的详细信息，以供设计部门参考。

空气动力学原理在车身造型设计中的应用,已经成为造型构思的重要依据。为了减少空气阻力系数,现代轿车的外形一般用圆滑流畅的曲线去消隐车身上的转折线。前围(或车头)与侧围,前围、侧围与发动机罩,后围与侧围等处均采用圆滑过渡,发动机罩向前下倾,车尾后箱盖短而高翘,后翼子板向后收缩,前风窗采用大曲面玻璃,且与车顶圆滑过渡,前风窗与水平面的夹角不宜超过 30° ,侧窗与车身相平,前后灯具、门把手嵌入车体内,去掉不必要的装饰,车身表面尽量光洁而平滑,车底用平整的盖板盖住,降低整车高度等,这些措施有助于减小空气阻力系数。图1-5所示为某轿车在FLUENT软件模拟下的三维流线图。

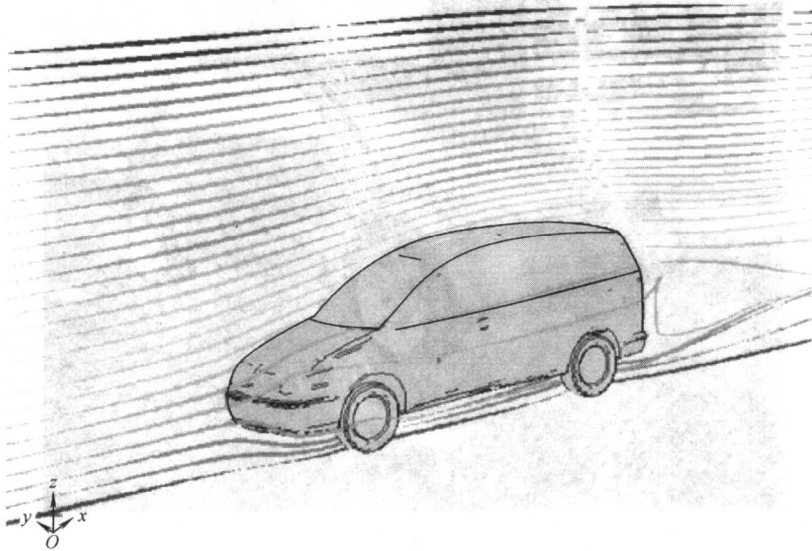


图1-5 某MPV在FLUENT软件模拟下的三维流线图

空气动力学模拟在轿车造型中的应用较多,强调轿车的流线型和完美的空气动力性,尽量减小空气阻力和空气升力,从而提高了轿车的经济性和操纵稳定性。目前,商用车的动力性也得到了极大的提高,373kW(500hp)以上的超大吨位的重型牵引车在欧洲已经相当普遍,如何改进驾驶室的流线型设计,降低车辆的风阻和油耗,提高车辆运行的经济性,已经列入了驾驶室的常规设计过程中。在车顶前部加装导流罩,在前保险杠上装设导风板,在侧围后部选装侧导流板,这些措施都能大大降低汽车的行驶阻力。奔驰公司的ACTROS驾驶室,其外形的每一个部件都单独经过空气动力学模拟;驾驶室整体装配完成后,又经过多次风洞试验和设计修改,以求得到最完美的空气动力学外形。SCANIA的顶盖导流罩的高度是可调节的,调节高度也是经过空气动力学计算的,调节高度 H 与后部车箱或挂车集装箱的高度 B 以及驾驶室与车箱或集装箱的前后间隙 A 有关,如图1-6所示。

4. 人机工程技术

人机工程学是从20世纪50年代开始迅速发展起来的一门新兴的边缘学科,从人的生理和心理特点出发,研究人、机、环境的相互关系和相互作用的规律,以优化人一机一环境系统的一门学科。

人机工程技术在车身产品开发过程中的应用,主要体现在驾驶员和乘员在驾驶和乘坐状

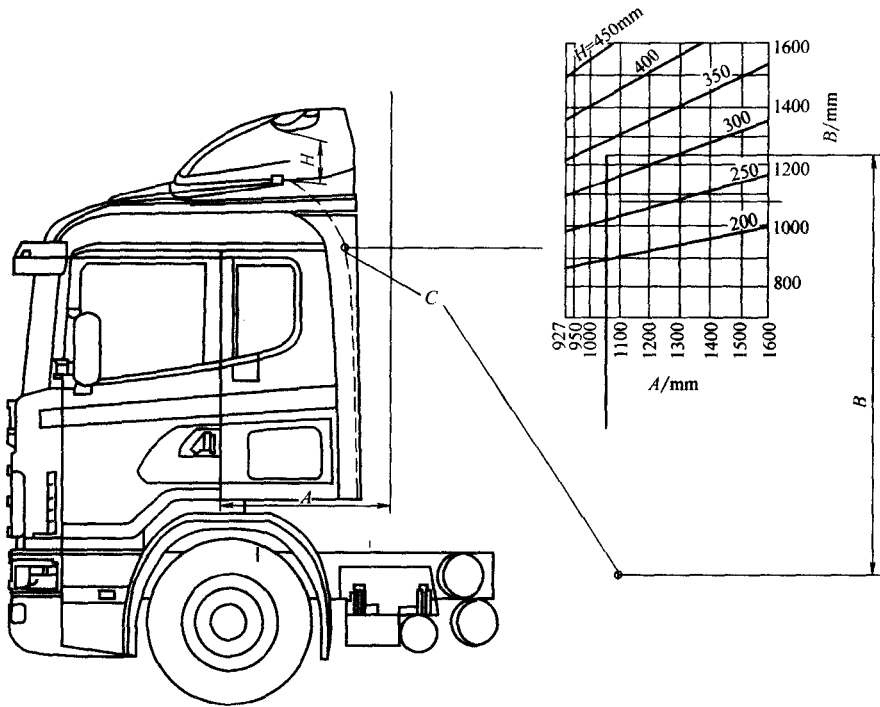


图 1-6 顶盖导流罩的空气动力学分析示意图

态下的舒适性、视野性、手伸及性和操纵方便性等方面。在美国，过去长途货车驾驶员一般都是人高马大，但是近年来，由于身材较矮小的妇女和拉美人当驾驶员的越来越多，汽车制造商必须让驾驶室能适应不同身材的驾驶员。为此，美国的工程师将人机工程技术应用到汽车设计与制造当中，他们利用逼真的虚拟—现实仿真系统，研究出能够让不同身高的驾驶员均能获得操作方便、视野开阔的设计。这些根据人机工程技术开发的创新设计（例如，能够适应身材矮小、腿短或肚子大的驾驶员的转向盘及可调式制动、离合和加速踏板等），最近已经用于正式生产的汽车上。

目前，三维人体模型在车身设计中的应用已经日趋成熟，并有一些商业应用软件可以用来进行辅助设计。例如，EAI公司的JACK软件，根据1988年美国军方人体测量调查结果（ANSUR 88）创建了精确的三维人体模型。利用该软件，能进行姿势预测、舒适评价（Porter, Krist, Grandjean, Rebitte, Dreyfuss 2D/3D 等评判标准），手伸及性、空间适应性（Test Fit And Accommodation）分析以及基于最新的人体解剖学和生理学数据的生物力学（静态受力和疲劳强度）分析。福特公司已将JACK软件应用于其C3P（CAD/CAM/CAE/PDM）项目中，进行人机工效分析，包括舒适性、可达范围、疲劳状态和视野范围，使其生产出的汽车更加符合人体的生理状况，更具有竞争力。RAMSIS软件是由德国汽车技术研究集团FAT（Forschungsgruppe Automobil Technik）及多家汽车公司（AUDI、BMW、FORD、MERCEDES-BENZ、OPEL、PORSCHE和VW）以及几个座椅生产厂家（KEIPER RECARO、NAUE/JOHNSON CONTROLS）联合研制的。RAMSIS除了提供详尽的人体尺寸外，还特别注重于应用环境的建立，如图1-7所示。它可以测量、分析人体坐姿和运动情形，并能进行视野模拟、运动模拟等交互操作。自1995年开始成为商业应用软件后，目前有50%以上的汽车公司都在使用RAMSIS进行设

设计和布置。此外，用于人机功效分析的虚拟人软件还有：ANTHROPOS、BodyBuilder、ERGO和SAMMIE等。

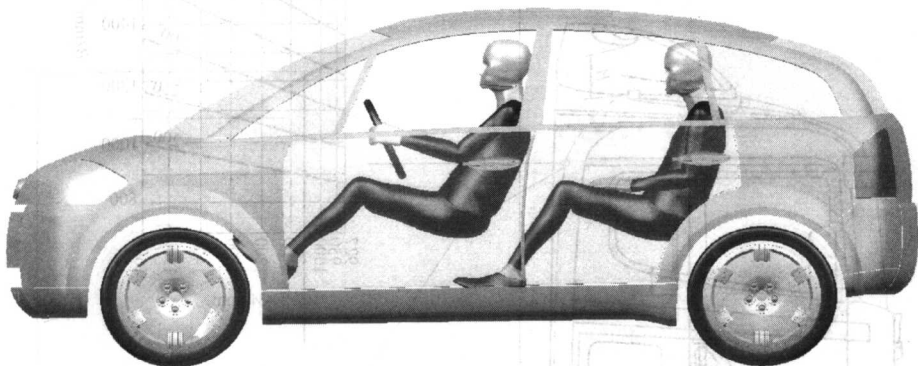


图 1-7 RAMSIS 人体模型应用示例

5. 数字样机技术

数字样机(Digital Mock-Up——DMU)技术作为目前世界汽车行业产品开发的主流技术,在提高汽车产品的速度与质量方面起着越来越重要的作用。DMU技术从宏观上来说,是一套基于协同作业机制与理念的并行工程开发技术,在产品的设计阶段就充分考虑产品的装配环节及其相关的各种因素的影响,在满足产品性能与功能的条件下,通过改变零部件装配结构来降低装配时的复杂性;从微观上来说,它是一套结合一系列专用模块,如浏览(Navigator)、运动干涉分析(Kinematics)、空间漫游(Space Analysis)及拆装模拟(Fitting Simulation)、结构优化(Structural Optimization)等分析工具的实用高新技术。采用数字化预装配技术(Digital Pre-Assembly——DPA)后,能在设计阶段发现机构运动干涉等潜在的设计质量问题,从而为机构运动路线优化,确保机构的可制造性、可装配性和可维修性提供了强有力的技术手段,这样就能大大提高汽车产品的开发速度与质量。

DMU技术在车身产品开发中的应用,主要体现在以下几个方面:

- 1) 白车身焊接过程模拟,包括焊接顺序、焊枪运动空间和焊点分布等。
- 2) 车门玻璃装配模拟,车门玻璃和车门焊接总成都属于空间曲面,验证玻璃的装配可行性只靠几个断面图进行分析是非常困难的,而且可信度也不高,而DMU技术提供的动态模拟功能可以非常直观地仿真整个装配过程,避免了在设计阶段制作实物模型进行实体验证的高成本,也消除了设计阶段的隐患在后期装配过程中造成的反复设计。
- 3) 运动干涉分析,包括轿车四门两盖及其附件的运动干涉分析、商用车驾驶室的翻转校核等。图1-8表示了应用DPA检查干涉的效果。使用DPA可早发现干涉现象,从而采取解决措施,使干涉数量很快地下降。

6. CAE分析和验证技术

在产品的设计阶段的CAE分析和验证技术已经得到了全面深入的应用,大至白车身的结构分析,小至密封条结构与材料的优化,主要涉及白车身和部件的静态、动态、安全和疲劳分析,空间和管路的CFD分析,钣金件的冲压成形可行性分析,塑料件注塑过程的模拟分析等方面。并且随着设计的深入、数据的完善,CAE分析和验证工作按多轮次层层展开,有力地支持了结构设计的可行性,保证了设计方案的优化。全面的CAE分析和验证工作也

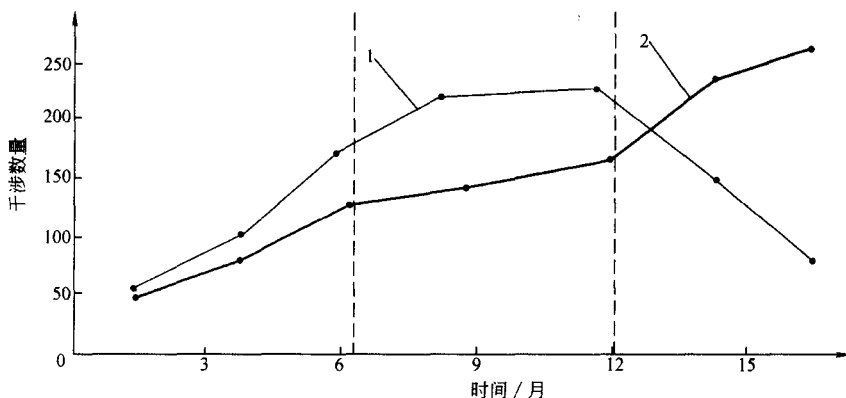


图 1-8 汽车行业应用 DPA 实现的效益

1—应用 DPA 的车型开发 2—无 DPA 的类似车型开发

充实了性能设计方面的评价标准和目标值的积累。

7. 模块化设计技术

模块化设计技术是在系列化设计和平台设计的技术概念背景下提出的。随着零部件供应商自主开发能力的不断提高，总成开发的技术革新和产品开发的职责向供应商转移，模块化的程度和趋势日益明显。

模块化设计的原则是，力求以尽可能少的模块组成尽可能多的产品，并在满足要求的基础上使产品精度高、性能稳定、结构简单及成本低廉，且模块结构应尽量简单、规范，模块间的联系也尽可能简单。

模块化设计分为两个不同层次，第一个层次为系列模块化的产品研制过程，需要根据市场调研结果对整个系列进行模块化设计，本质上是系列产品研制过程；第二个层次为单个产品的模块化设计，需要根据用户的具体要求对模块进行选择与组合，并加以必要的设计计算和校核计算，本质上是选择与组合过程。

目前，车身设计的模块化程度已经达到车门模块化、仪表板(加副仪表板)模块化、顶后侧内饰模块化以及白车身模块化。未来的发展趋势将形成两个主要的模块，即白车身模块(B. I. W)和座舱模块(COCKPIT)，实现模块的高度集成和简化。

三、我国汽车工业的车身设计水平

改革开放初期，我国汽车工业总体技术水平比国际水平落后大约 20~25 年。20 世纪 90 年代开始，我国汽车工业在不断加大研发投资、提高自身研发能力和技术水平的同时，加快了引进国外先进技术的步伐。到目前为止，我国汽车工业已经基本具备商用车和乘用车以及零部件的自主开发能力。但与国际水平相比，我国的汽车技术水平和开发能力仍然很低。近年来，我国汽车工业的技术引进正在从单一全套产品引进，向以引进开发技术为主的方向转变。为实现完全自主开发，关键总成(包括车身)开始同国外厂家实行联合开发，从中学习技术、积累经验，尽快向自主开发过渡。

在我国汽车工业发展的大环境下，单就车身产品设计技术而言，也走过了一条“技术引进——自我开发——联合设计”的道路，并向自主开发的方向努力。近年来，随着轿车

需求量的急剧增加, 车身设计技术的应用也得到了高度重视, 设计手段也变得更加丰富。

国内车身设计技术状况具有如下几个特征:

1) 目前, 国内主要设计单位的设计技术水平已经达到全面三维设计的程度, 从三维造型、线图设计、三维结构设计, 到最后输出二维图样和文件, 全面应用三维设计软件 (ALIAS, ICEM-SURF, CATIA, UNI-GRAPHICS, PRO-ENGINEER), 保证了在产品开发全过程中数据的一致性和共享性, 极大地提高了产品的开发质量, 缩短了开发周期, 为快速反应市场需求提供了技术条件。

2) 部分设计单位初步具备了自主开发能力。尽管目前国内市场的主流产品大多是通过技术(技贸)引进的方式实现的国产化, 但在此基础上的改型设计(如改前脸、改侧围、改内饰等)基本上都是自主开发。在这些改进项目中, 初步具备和掌握了当前先进的设计方法和设计手段, 如计算机辅助造型技术、CAE 分析和验证技术等。

3) 产品开发流程和设计规范得到了提高和完善。随着联合设计项目的增多, 与国外先进设计公司的技术交流也日益频繁, 在技术培训和项目操作过程中, 吸收了国外先进的开发流程和设计规范, 并充实和应用到具体的产品开发过程中, 实现了流程的再造。科学的流程对项目的管理运作、产品的开发和设计都起到了积极的指导性作用。

因此, 国内设计技术水平和开发能力不断提高, 正逐步缩短与世界先进水平的差距; 但是设计技术的综合实力仍受创新技术和方法、设计经验和数据的积累、软硬件环境等三大因素的制约和影响。其中, 软硬件环境可通过出资购买引进而建立; 创新技术和方法也可通过与国外先进设计公司进行联合设计, “走出去、请进来”等方式部分获取和掌握; 唯有设计经验和数据的积累是一个企业的核心技术和知识库, 只能通过项目的开发, 不断摸索和积累, 沉淀为企业自身的财富和资本。按照目前国内车身设计的现状, 软硬件环境方面基本上与国外处于同一水平; 创新技术和方法方面还处于浅层次的掌握, 在汽车工业全球性联合重组的趋势下, 这方面的差距会快速缩小; 由于我国完全自主开发的车型不多, 在设计经验和数据积累方面的基础还相当薄弱, 这将直接影响技术方案的优化, 导致产品开发质量的低下。

第二节 现代车身产品开发流程和方法

一、现代车身产品开发流程

产品开发流程是一个循序渐进、步步相关的环节链。一辆全新轿车的开发, 从项目开始到最终新产品批量投产, 大约需要 50 个月的时间。整车开发流程主要围绕三个主要方面, 即第一是要开发一辆什么样的车, 第二是怎样设计这样的车, 第三是怎样将设计好的新车型批量制造出来。在整个开发流程中, 对每一个阶段的开发进程都设有一个审查、验收的关键里程碑。从项目开始、战略意向, 到设计完毕、批量投产, 在每个里程碑, 对新车型的所有指标都必须经过严格考核。图 1-9 所示为产品开发流程及其关键的里程碑。

(一) 车身产品开发阶段

1. 产品策划

产品策划是车身产品开发的第一阶段, 其主要目的就是规划和定义车身产品开发的指导原则、开发内容、关键技术、性能指标、实施路线和风险分析等事项。产品策划需要经过领导层评

审，通过后形成后续开发活动的指导性文件，作为造型、设计、试制和试验阶段的输入条件。

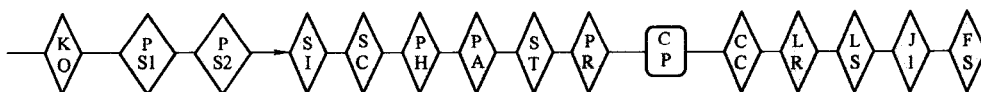


图 1-9 产品开发流程及其关键的里程碑

KO (Kickoff)—项目启动 P SI 1 (Pre SI 1)—首次战略规划 P SI 2 (Pre SI 2)—二次战略规划

SI (Strategic Intent)—战略规划 SC (Strategic Confirmation)—战略确认 PH (Proportions & Hardpoints)—硬点确认

PA (Program Approval)—项目批准 ST (Surface Transfer)—线图设计 PR (Product Readiness)—生产准备

CP (Confirmation Prototype)—样车确认 CC (Change Cut-Off)—更改冻结 LR (Launch Readiness)—投产准备

LS (Launch Sign-Off)—投产签发 J1 (Job#1)—零批量投产 FS (Final Status)—最终状态

产品策划在项目开发中的作用显得越来越重要，不仅反映用户需求、市场前景，而且直接影响产品开发方式、产品资源利用以及产品性能指标等关键要素。此外，产品策划涉及面也很广，包括成本分析、投资预算、市场调研、技术方案、材料应用、工艺分析以及供应商的二次开发等内容，需要由产品策划团队协作完成。产品质量先期策划 (Advanced Product Quality Planning—APQP)，是指导产品策划的最好思想和工具。产品质量先期策划是一种结构化的方法，用来确定和制定确保某产品使顾客满意所需的步骤。产品质量先期策划的目标是促进与所涉及的每一个人的联系，以确保所要求的步骤按时完成。有效的产品质量策划，体现了企业高层管理者对努力达到使顾客满意这一宗旨的承诺。APQP 的最大益处体现在以下几个方面：引导资源，使顾客满意；促进对所需更改的时期识别；避免晚期更改；以最低的成本及时提供优质产品。

产品策划中要用到 QFD (Quality Function Deployment) 思想，即质量功能展开，其核心是新产品开发设计过程中的所有工作都是由客户需求来驱动的 (图 1-10 所示 QFD 矩阵)。它是一种把用户或市场的要求转化为设计要求、零部件特征、工艺要求和生产要求等多层次演绎的分析方法。因此，QFD 的深入应用是产品性能设计的基础和前提。QFD 的目的是使产品以最快的速度、最低的成本和最优的质量占领市场。一般认为，QFD 是从质量保证的角度出发，通过一定的市场调查方法获取顾客需求，并采用矩阵图解法将对顾客的需求分解到产品开发的各个过程和各职能部门中去，通过协调各部门的工作来保证最终产品的质量，使得设计和制造的产品能真正满足顾客的需求。简而言之，QFD 是一种由顾客驱动的产品开发方法。

SWOT 分析原来是用于企业内外部条件在优势 (Strength)、劣势 (Weakness)、机会 (Opportunity) 和威胁 (Threats) 四方面的综合分析。在现在的产品策划过程中，对于产品本身的技术分析、风险分析和外部环境资源对产品开发的影响等方面也利用 SWOT 分析方法，对新产品的开发给予宏观态势概括。其中，竞争优势 (S) 是指一个企业超越其竞争对手的能力，或者指企业所特有的能提高其竞争力的因素；竞争劣势 (W) 是指某种企业缺少或做得不好的因素，或指某种会使企业处于劣势的条件。企业面临的潜在机会 (O) 是指市场机会，是影响企业战略的重大因素；企业管理者应当确认每一个机会，评价每一个机会的成长和利润前景，选取那些可与企业财务和组织资源匹配、使企业获得竞争优势的潜力最大的最佳机会。危及企业的外部威胁 (T) 是指在企业的外部环境中，总是存在某些对企业的盈利能力和市场地位构成威胁的因素；企业管理者应当及时确认危及企业未来利益的威胁，作出评价并采取相应的战略行动来抵消或减轻它们所产生的影响。