

国家973课题及教育部创新团队发展计划资助

汽车车身先进 设计方法与流程

Advanced Approach and Procedure
for Auto-body Design

成艾国 沈阳 姚佐平 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国家 973 课题及教育部创新团队发展计划资助

汽车车身先进设计 方法与流程

成艾国 沈阳 姚佐平 著



机械工业出版社

序

汽车产业是衡量一个国家经济发展水平的重要标志，在国民经济中处于举足轻重的地位。近年来，中国的汽车产业发展迅猛。2009年一跃成为全球产销第一大国。2010年产销量均突破了1800万辆，继续领跑全球。由于其较强的产业关联度，对汽车相关学科的人才的需求量也大幅增长。国内很多高校都已开办了汽车类专业课程。虽然我国汽车产业一片繁荣，但是产品质量和技术水平方面与国外水平还存在很大差距，在世界汽车市场上还缺乏优势竞争力。2010年中国汽车产业面临从汽车产销大国转变为汽车强国的思考。

由于汽车企业的快速扩张容易加大产能过剩的风险，所以国家支持汽车产业通过重组的方式推动产业结构优化升级。党中央也明确提出要把自主创新摆在科技工作的突出位置。自主创新是转变经济发展方式的关键环节。汽车产业自主创新必须整合全球优势资源，注重集成创新和引进再创新，拓展原始创新能力，打造企业核心竞争力，建立有国际知名度的自主品牌。“十二五”期间，汽车产业自主创新、自主研发都会得到国家更有力的支持。

自主创新离不开既有知识的积累和传承。知识积累和传承的主要途径是标准化。设计过程经过标准化成为开发流程。设计技能标准化形成易于推广的系统开发方法和技术。标准是改进的基础而不是限制。因此，流程化和系统化的开发方法是应对设计变异引起的破坏性的强有力的武器。本书不仅阐述了车身开发基础方法和通用流程，如车身结构设计、车身总布置、车身试验验证等，还特别介绍了目前更具实用性的汽车车身开发的先进技术和方法，如车身强度、刚度、耐撞性、振动和噪声控制方面等，旨在面向生产实践环节。

本书是作者经过多年产学研合作之工作经验积累的结晶，可对其他高校或企业开展产学研模式提供借鉴作用。相信本书的出版对我国汽车类高等人才培养和汽车设计人员的工作产生积极影响，为汽车设计技术的自主创新打下坚实的基础。

钟志华

湖南大学校长
中国工程院院士

前 言

随着国民经济的快速发展,广大消费者对汽车的选择除了舒适性及耐用性等评价指标外,整车的安全性、燃油经济性、外观造型等要求日益提高。加之国际原油和钢材价格的不断飙升,市场竞争愈加激烈,环保、成本和质量成为车型开发最重要的三大要素,从而也引发了以汽车轻量化为目标的设计理念、设计流程和设计方法的改革,并带动新材料和新工艺制造业的快速发展。

产品开发重在创新。汽车企业推出的新产品大部分是从现有产品派生出来,或者有基型车、参考车。通过车身多变性,最大限度地延伸和拓宽现有产品,从而产生更多变化的车型。因此,底盘平台的相对不变性和车身的多样性造成主机厂把车型开发的重点主要放在车身上,而建立规范化的设计流程和设计标准更容易实现车身多变。国家制定了机械产品设计的基本流程和标准,本书提到的车身设计方法及流程内容也是建立在国家标准和规范的基础上的。

全书共8章,以车身设计为核心,涵盖轿车和商用车车身。以通用车身设计流程为纲,以绿色设计为设计理念,以车身的设计质量内涵为出发点,针对主流的车身性能,阐述了车身性能设计常用的设计方法和综合考虑的各项内容,并以实际车身的设计为例加以说明。

由于学习本书需要具备汽车专业的基础知识,尤其要求对车身结构与有限元理论及应用软件有基本了解,因此,本书适用于车辆工程专业的本科高年级学生和研究生,也适用于汽车设计人员用于工作参考。

本书由湖南大学机械与运载工程学院成艾国教授和上汽通用五菱汽车股份有限公司沈阳高级工程师、姚佐平高级工程师结合多年的开发经验铸就而成。

受知识水平和时间等其他条件的限制,书中难免有不妥和纰漏之处,恳请读者批评指正,提出宝贵意见,以便再版时修正完善。

编 者

2010年12月

目 录

序

前言

第1章 车身设计方法及流程概述	1
1.1 车身设计方法的发展历程	1
1.2 现代主流车身设计流程	2
1.3 以车身为核心的绿色设计关键技术	5
1.3.1 汽车产品生命周期再循环	5
1.3.2 轻量化设计技术	6
1.3.3 模块化设计技术	8
1.3.4 可拆解性设计技术	11
1.3.5 可回收性设计技术	17
1.3.6 绿色设计面临的问题	23
1.4 面向质量的车身设计方法简介	23
1.4.1 车身设计质量控制对象	23
1.4.2 车身相关的质量设计方法	31
1.4.3 设计质量控制技术的发展趋势	42
第2章 车身总布置设计	44
2.1 车身布置概述	44
2.2 车身人机工程	45
2.2.1 人体模型	45
2.2.2 人体的舒适姿势评估工具	47
2.2.3 驾驶人H点设计工具	48
2.2.4 驾驶人手伸及界面	49
2.2.5 眼椭圆及头部包络线	50
2.3 车身外造型	51
2.3.1 车身外造型设计参数	52
2.3.2 车身外造型零部件	54
2.4 车身室内设计	59
2.4.1 车身室内空间	59
2.4.2 车身内部零部件布置	64

2.5 车身相关法规校核	72
2.5.1 前方视野	72
2.5.2 后方视野	77
2.5.3 安全带有效固定点校核	79
第3章 车身结构设计方法及流程	83
3.1 车身结构设计概述	83
3.1.1 车身组成和分类	83
3.1.2 白车身结构设计	84
3.1.3 车身结构设计要求	85
3.2 车身结构设计流程	91
3.3 面向制造的车身结构设计	99
3.3.1 冲压工艺在车身设计中的应用	100
3.3.2 焊接工艺在车身设计中的应用	105
3.3.3 涂装工艺在车身设计中的应用	108
3.3.4 总装工艺在车身设计中的应用	113
第4章 车身强度与刚度设计	114
4.1 车身强度设计	114
4.1.1 车身强度设计标准	114
4.1.2 白车身静强度分析	116
4.1.3 车身附件强度分析	120
4.2 车身疲劳强度设计	122
4.2.1 疲劳理论	122
4.2.2 全寿命分析	122
4.2.3 裂纹萌生/应变寿命分析	127
4.2.4 疲劳累积损伤理论	130
4.2.5 汽车疲劳强度	132
4.3 车身刚度设计	134
4.3.1 刚度定义及影响因素	134
4.3.2 白车身刚度设计	135
4.3.3 外覆盖件刚度设计	135
4.3.4 门系统的刚度设计	138
4.3.5 刚度设计与轻量化关系	141
第5章 车身 NVH 分析及控制	145
5.1 车身结构振动及控制	146
5.1.1 模态分析	147

5.1.2 车身频响分析	150
5.1.3 汽车振动及控制	151
5.2 车内噪声及控制	153
5.2.1 声学基本理论	153
5.2.2 车内噪声分析	156
5.2.3 车内噪声的控制	158
5.2.4 吸声材料的使用	162
5.2.5 阻尼材料的使用	162
5.2.6 隔声降噪	163
第6章 车身安全性能设计	166
6.1 耐撞性设计常用模型	167
6.2 耐撞性设计流程及控制变量	171
6.3 几种常见碰撞模式耐撞性设计	173
6.3.1 正面碰撞设计	173
6.3.2 正面偏置碰撞设计	175
6.3.3 侧面碰撞设计	178
6.3.4 行人保护设计	181
6.4 约束系统设计	182
6.4.1 基本原则及设计对象	183
6.4.2 约束系统设计方案	185
第7章 优化设计	188
7.1 优化概念	188
7.2 优化类型	188
7.2.1 拓扑优化	189
7.2.2 形貌优化	190
7.2.3 形状优化	190
7.3 优化方法	192
7.3.1 传统优化方法	192
7.3.2 近似模型技术	193
7.3.3 基于近似模型的优化方法	195
7.4 优化工具	196
第8章 车身试验标准和流程	197
8.1 安全性能试验	197
8.1.1 汽车碰撞法规试验	197
8.1.2 约束系统试验	208

8.2 强度、刚度及模态试验	215
8.2.1 汽车疲劳强度试验	215
8.2.2 强度法规试验	220
8.2.3 刚度试验	225
8.2.4 模态试验	228
8.3 NVH 试验	231
8.3.1 噪声测试	231
8.3.2 振动测试分析	235
参考文献	239

第 1 章 车身设计方法及流程概述

1.1 车身设计方法的发展历程

自第一辆汽车戴姆勒 1 号于 1886 年问世以来,汽车工业走过了一百多年的历史。车身设计方法随着科学技术的进步,不断地创新演化,特别是计算机硬件与软件的高速发展,使得虚拟设计、虚拟试验、虚拟制造在车身设计中得到了越来越广泛的应用,为车身设计方法带来了巨大的变化。

在汽车工业发展的早期,设计师创造性地发明了汽车发动机和底盘,而汽车车身却是从马车车身直接转化来的,车身的形式、材料和制造工艺都继承了马车车身的传统,外形制造工艺较为粗糙,曲面拼接随意性较大。所谓的车身设计,在当时还只是木匠的事情,早期的车身设计虽然也有一定美的要求,但是只局限于采用装饰性的手段,与马车车身并无本质的不同。

直到 1912 年,汽车才迎来了真正的“车身”。当时,一个名叫爱德华·高文·巴德的美国人成立自己的公司时把目标放在了制造全金属汽车车身上,那时候没有任何厂家生产全金属车身,也没有任何现成的经验,甚至没有任何成型的技术和生产设备可以利用。在此过程中,许多生产设备、技术方法和工艺都获得了专利,成为影响汽车车身设计方法发展的重要技术创新。

直到第二次世界大战爆发前,车身的款式都一直是发展的重点。第二次世界大战爆发后,汽车车身设计过程中开始考虑空气阻力、审美学等,并把人体工程学、风洞试验应用到车身设计中,汽车车身设计真正成为科学与艺术的结合。尽管相比于汽车工业发展的早期,该阶段的车身设计方法有了长足的进步,但此阶段车身设计过程仍是以手工为主。设计人员一般先进行车身总布置、1:5 油泥模型,经过反复评审和修改后再制作全尺寸车身布置胶带图和全尺寸油泥模型进行各项验证,之后生产样车进行各种风洞、碰撞等试验,改进后再手工绘制各类车身图样准备批量化生产。典型产品有美国克莱斯勒公司 1934 年生产的气流牌轿车和 1949 年德国大众公司生产的甲壳虫汽车。

20 世纪 70 年代至今,随着计算机软硬件技术和先进制造技术(CAS/CAD/CAE/CAM)的迅速发展,汽车设计进入了数字化时代。主要特点是利用计算机和相关专业软件完成虚拟造型设计、虚拟结构设计、虚拟分析、虚拟试验、虚拟制造等车身开发工作。车身开发过程为:内外部造型效果图—内外部 CAS 表

面—油泥模型—工程可行性分析—详细工程设计—工程分析—零件图的绘制—样车试制。虚拟造型设计是指利用计算机完成草图、效果图、造型表面的绘制,利用虚拟现实系统进行造型评价,从而快速完善造型,减小模型阶段的修改。虚拟结构设计应用最普及,利用计算机快速完成了车身结构的三维模型。虚拟分析和虚拟试验是指在计算机中完成各种法规和企业标准规定的各种工况的运动学、力学模拟,从刚度、耐久性、振动噪声(NVH)、空气动力学(CFD)、传热学、碰撞安全等各个方面虚拟验证车身结构性能指标是否满足要求,大大减小了后期样车验证阶段出现的问题,这是目前各个汽车公司都在大力普及并不断努力创新提升的方向。虚拟制造主要包括冲压成形仿真分析、虚拟焊接分析、虚拟装配分析等,真正实现面向制造的设计。

1.2 现代主流车身设计流程

随着科学技术的发展,在 20 世纪 60 年代,计算机辅助设计制造等技术(CAD/CAE/CAM)开始应用于车身设计,虚拟设计、虚拟分析试验、虚拟制造在车身设计中得到了越来越广泛的应用,基于全数字化的虚拟车身开发技术正步入成熟,车身设计方法进入了现代车身设计阶段。

由于不同的企业在资源及技术储备上不相同,因此车身开发流程也有着差别和各自的特点。下面介绍具有一般性的现代车身设计流程,如图 1-1 所示。

1. 产品规划、定义阶段

1) 竞争车型对比研究:在进行充分的市场调研后,定位车型的细分市场,选择竞争车型,通过对竞争车型进行拆解、测量、试验、虚拟分析等手段获取整车尺寸参数和性能参数等信息。

2) 整车参数性能目标定义:对比分析竞争车型,结合市场定位和企业自身的技术状况,定义新车型的整车尺寸参数和性能目标值。

2. 造型阶段

1) 效果图:通常通过 9-3-1 的选择过程,评审设计师提交的内外造型效果图。

2) CAS 表面:造型工程师根据效果图,利用专业造型设计软件在计算机上完成整车内、外造型表面的绘制。

3) 油泥模型:利用 CAS 表面,通过数控加工中心完成内外造型表面模型的初步制作,造型师根据美学和工程可行性对油泥模型进行细化修改。在欧美一些公司,随着虚拟现实技术的快速发展,凭借 CAS 表面就可以较真实地评价造

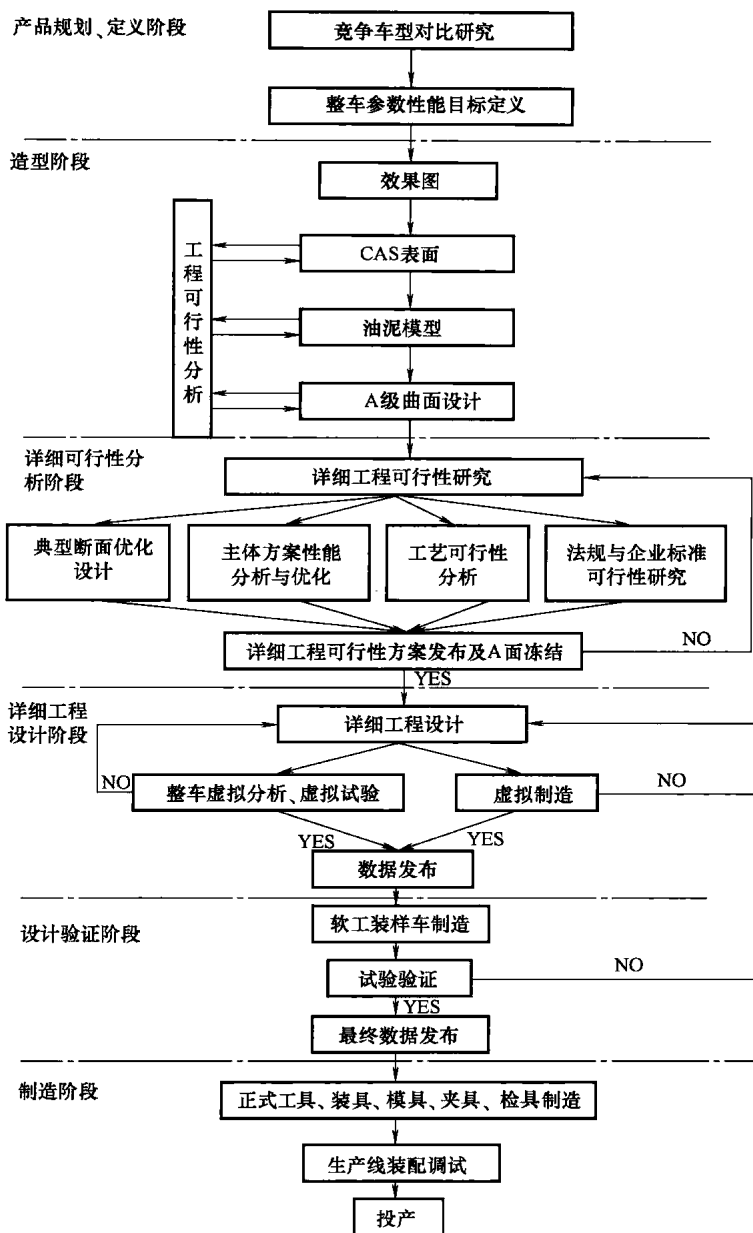


图 1-1 现代汽车车身设计流程图

型，从而减少后期油泥模型的调整时间。

4) A 级曲面设计：油泥模型经过评审冻结后，采用精密测量设备扫描内外表面，从而得到内外表面的点云数据，再利用专业软件按照企业的 A 级曲面标

准完成 A 面设计，有条件的公司还会使用数控加工中心制作硬树脂模型，以验证 A 级曲面质量。

在进行 CAS 表面设计、油泥模型制作、A 面设计过程中展开同步工程可行性分析，工程无法实现的造型方案需要更改造型设计。造型阶段交付物为内外表面的 A 级曲面和初步的工程可行性分析报告。

3. 详细可行性分析阶段

1) 典型断面优化设计：该阶段对车身关键区域、关键结构进行断面设计与优化，用于指导详细结构设计和结构验证。同时通过 CAE 来分析典型结构断面的弯曲和扭转刚度等性能指标。

2) 主体方案性能分析与优化：对车身主体方案进行可行性分析及优化，使其满足功能要求。

3) 工艺可行性分析：对主体方案进行工艺可行性分析，使其满足四大工艺要求。

4) 法规与企业标准可行性研究：对于整车参数和总体布置方案进行分析，使其满足国家法规要求和相关的企业标准。

完成上述各类分析后，发布详细工程可行性方案。

4. 详细工程设计阶段

根据详细工程可行性分析，进行三维结构设计，同步进行虚拟分析、虚拟试验和虚拟制造同步工程分析，优化车身结构，满足整车性能目标、国家法规和相关的企业标准。

5. 设计验证阶段

1) 软工装样车制造：根据详细工程设计阶段发布的数据进行软工装夹具、模具制造，完成零件和车身的制造，并通过三坐标测量或检具进行质量控制。

2) 试验验证：通过外观品质评价、认证试验、可靠性试验等，对各项性能指标进行验证，检验其能否满足开发目标的要求，根据试验结果对设计数据进行修改，并发布最终数据。

6. 制造阶段

该阶段主要进行正式工装模具、夹具及检具制造和生产线装配调试等工作，从小批量生产，产量爬坡阶段，一直到满足批量生产节奏的要求，整个车身的设计开发主体工作完成。车型上市后，根据实际使用中发生的各种问题，需要对原有设计进行优化改进。

1.3 以车身为核心的绿色设计关键技术

1.3.1 汽车产品生命周期再循环

在产品整个生命周期内，着重考虑产品的环境属性，包括自然资源的利用、环境影响、可拆卸性、可维护性、可回收性、可重复利用性等，并将其作为主要设计目标，在实现产品应有的基本功能、使用寿命、经济性和质量等基础上，同时使产品满足生态环境目标要求。将环境意识融入产品设计、过程设计与产品制造的策略之一是绿色设计，如图 1-2 所示。

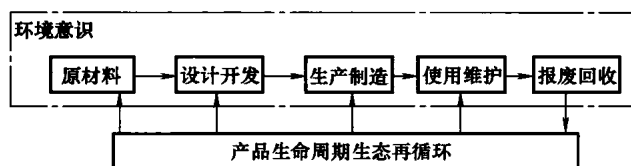


图 1-2 产品生命周期生态再循环示意图

绿色设计，也称为生态设计或环境意识设计，其基本思想是在设计阶段就将环境因素和预防污染的措施纳入产品设计，将环境性能作为产品设计目标和出发点，力求产品对环境的影响为最小。绿色设计继承了 DFX 的设计概念，包含多种设计工具，如面向拆卸的设计 DFD (Design for Disassembly)，面向回收的设计 DFR (Design for Recycling)、面向制造的设计 DFM (Design for Manufacturing)、面向装配的设计 DFA (Design for Assembly) 等。

针对汽车产品，绿色设计涵盖了材料选择、模块化设计、轻量化设计、可拆性设计等方面。先进的材料技术是汽车工业技术创新的重要内容和基础。在汽车的产品设计中，材料的选择决定着设计的环境属性，处于关键地位。

为了适应汽车安全、节能、环保的发展趋势，满足汽车舒适性、经济性和可回收性的需求，要求汽车减轻自重以实现轻量化，所以在汽车制造中钢铁材料的用量有所下降，而有色金属、非金属材料 and 复合材料等新型材料所占的份额稳步增长。各种性能优越的新材料的广泛应用，促进了汽车性能的提高和汽车工业的发展。

目前，钢、铁、铝、塑料、橡胶和玻璃等六类材料是车用材料的主要组成部分，其余材料包括有色金属（铜、镁、铅、锌、锡等）、油漆和纤维制品等。车用材料的主要构成及其相应用途见表 1-1。

表 1-1 车用材料的主要构成及相应用途

材 料		主 要 用 途
金属材料	铸铁	缸体、缸盖、支架
	普通钢	车体、车架
	特殊钢	齿轮、前桥、后桥、车轴
	铜	电器零件、散热器
	镁、铝合金	发动机零件、车体零件
	铅、锡、锌	发动机滑动轴承、夹头、装饰件
	贵金属	排气净化用品
	其他金属	装饰、电涂用
高分子材料	橡胶	轮胎、各种密封件，减振用
	塑料	转向盘、散热器格栅、保险杠
	涂料	装饰用、防锈用
	皮革	座椅蒙皮、内饰装饰件
	合成纤维	座椅、内饰件、安全带
	木材	车厢
	摩擦材料	制动器衬片、离合器摩擦片
陶瓷材料	陶瓷	火花塞、废气净化用
	玻璃	风窗玻璃、门窗玻璃
复合材料	MMC、CMC、RMC	车身外装板件、发动机零件

国外汽车产品在车用材料选用与开发方面取得一系列产业化成果，建立了车用零部件新材料评价体系，从材料的各方面特性出发，综合考虑成本、制造、质量、安全与回收利用等各方面。完善了车用材料数据库以及零部件设计指南，为设计工程师提供了经验参考。应用了一系列新加工工艺与装备，如激光拼焊、热成型，镁铝合金应用等。同时，车用材料回收利用方面，从车用废旧材料的分检技术、零部件易拆解技术、零部件再制造技术，到镁合金、塑料、玻璃、橡胶等无公害回收再生技术等，形成了完整产业链。

针对我国汽车产品绿色设计制造的要求，这里将重点描述以车身为核心的汽车产品生态再循环设计开发的关键技术。这里的车身包括了白车身以及内外饰，是整车开发中的关键部件之一。

1.3.2 轻量化设计技术

减轻汽车自重是节约能源和提高燃料经济性的最基本途径之一，但是，车

身结构的轻量化过程是一个复杂的多场交互式优化设计过程。评价车身轻量化的技术标准包括碰撞吸能状况，整车强度、刚度和模态，抗凹陷性能，空气动力学性能，减振、降噪、舒适性，可制造性，零件的合理布局以及生产成本等多方面的指标。这里研究适用于现代汽车轻量化技术。基于改进车型开发轻量化车身结构，主要有以下两种途径：一是采用轻量化的金属材料，主要是指高强度钢材等；二是优化结构，使零部件薄壁化，对相关的零部件进行合并，同时改进工艺。

对于原车车身刚度和模态性能进行研究，以企业对材料成本、结构成形等方面的要求为约束条件，提出轻量化方案，并对轻量化后白车身刚度、模态、碰撞性能以及主要外板件的抗凹陷性能进行评估，在保证轻量化后整车各项力学性能不降低的前提下，节约了成本，且减重效果显著。

1. 高强度板材选用

目前宝钢供应的高强度板包括：常用于外板的有 BH 冷轧烘烤硬化钢板、IS 冷轧各向同性钢；常用于结构件的有 HSLA (PH) 冷轧析出强化钢、DP 冷轧及热镀锌双相钢、TRIP 冷轧相变诱导塑性钢。

在使用高强度钢的车身中，车身骨架部件采用高强度钢，乘员保护区采用超高强度钢，在侧碰加强区采用超高强度钢，对于提高整车的强度和刚度性能会有明显的效果。具体零部件处理方法有：在满足车身的各种指标的前提下，车身骨架和大覆盖件采用高强度钢，骨架和大覆盖件变薄；如果减薄不能满足车身的各种指标，车身骨架采用高强度钢，料厚变厚，大件变薄。

2. 轻量化目标零件选择

在车身结构优化设计中，需要关注性能指标对某些结构参数的变化灵敏度。性能指标包括车身的扭转刚度、弯曲刚度和应变能等；而结构参数可以是车身的材料、板厚和横截面惯量等。对车身的扭转刚度关于车身零件板料厚度的灵敏度进行计算分析，以获得厚度修改的最佳数据，进而获得车身轻量化的最佳尺寸。通过灵敏度计算找出可以减小其厚度而不影响整车车身刚度和自然模态的零件。由于灵敏度值体现了自变量(厚度)对函数值的影响程度，所以灵敏度绝对值越大，表示厚度变化对刚度及模态变化影响就越大。正灵敏度表示厚度与函数值变化方向相同，负灵敏度则表示厚度与函数值变化方向相反。

3. 轻量化优化设计

汽车零部件结构优化设计是指在不影响零部件的强度和性能的基础上，通过设计质量轻的产品达到降低汽车制造成本的目的。对车身零件结构轻量化的

研究，主要是通过对车身零件结构的优化设计并结合高强度轻质材料的使用，以实现零件的小型化、薄壁化、复合化。通过 CAE 技术分析验证零件结构，在满足车身性能和功能要求的前提下，实现轻量化的目的。

结构尺寸优化是一种比较简单和直接的轻量化优化方法，在优化设计过程中将结构的尺寸参数作为设计变量。由于该方法仅对结构单元的尺寸进行优化，所以一般不会对原结构进行较大改进，也不用于新结构形式的开发，通常用于后期的轻量化尺寸优化设计。

4. 轻量化车身性能评估

轻量化前后的车身性能比较主要集中在结构总质量、刚度和模态及碰撞性能等方面。优化计算约束条件的确定是以轻量化设计的要求为基础的，即保证车身结构的刚度和自然模态或碰撞性能不降低。因此，在弯曲刚度和扭转刚度的有限元计算中，通过设定相应位移测量点的最大变形量，来确保车身结构的弯曲刚度和扭转刚度的不降低；在自然模态分析中，设定一阶扭转模态和一阶弯曲模态的频率值不低于原型车的相应频率值；在碰撞分析中，设定碰撞吸能量或最大加速度的极限值，以保证其碰撞性能不下降。

1.3.3 模块化设计技术

汽车工业中的模块化是“化繁为简、聚零为整”的技术，可降低整车生产成本、节省原材料、缩短产品开发和生产周期、实现汽车生产经营系统的价值最大化，故被看成是第二个汽车世纪的一个决定性的市场机遇。模块化设计既可简化汽车产品结构，又有利于产品的回收利用，是汽车产品绿色设计的重要准则。

1. 汽车模块化内涵

模块化的意义在于形成系统的全局观点，将此观点贯彻到汽车的产品开发、零部件采购、制造工艺等各个关键节点，其重点在于按照功能将汽车产品分类为功能细胞单元。

“以车身为核心”的开发策略，就是运用模块化的思想，在产品开发设计上，基于原有的车型平台，将车身划分为不同的模块，如前车身、侧围、后尾部等，再搭载不同的动力传动系统，匹配不同的内外饰配置，从而形成平台的系列产品，极大地丰富了产品的多样性，满足不同的细分市场需求。“模块化采购策略”是在开发早期将供应商引入，和整车企业一起进行产品开发，基于功能模块的划分，采购的内容由单个零部件转化为功能模块，从而减少了供应商的数量，而对零部件供应商能力的要求将大大提高，要求它们具备功能模块的

系统开发能力以及相应的制造与物流等配套能力。“模块化装配”应用在整车企业生产线上，由零部件供应商供应功能模块，整车企业完成模块的组装工作，整车产品的生产过程得到简化，产品装配效率得到提高，从而降低制造成本。模块化程度越高，供应商在从产品开发到质量保证全过程中承担的职能和发挥的作用将越大，由此引发的汽车设计思想的改变和对整车企业平台化战略的影响也越大。

2. 汽车模块化设计流程

模块化设计过程如图 1-3 所示，模块的选择需要相关数据库和图形库的支持，模块的分析计算需要设计和有限元分析等软件的协助。

按模块化设计开发的产品结构是由便于装配、易于拆解的模块单元组成的，能够满足绿色汽车产品的快速开发要求；模块化设计还可将汽车产品中对环境或人体有害的部分、使用寿命相近的部分等集成在同一模块中，便于回收处理或维护更换。

3. 车身模块化设计技术应用

在国内，湖南大学较早地研发和推广汽车模块化设计制造技术。提出将汽车的结构按照不同功能分成若干模块，汽车不同性能的优化主要通过优化相应的结构模块来实现，不同功能结构模块既相对独立，又相互匹配，便于汽车改型与功能升级，使同系列多品种新产品的研发周期更短、成本更低、品质更高；实现车辆高性能下的轻量化以及同系列产品的低成本多品种生产；通过车身零件模具功能模块化的设计制造实现车身冲压模具开发在给定品质要求下的短周期和低成本目标。

这里将模块化设计制造技术具体应用于车身设计，包括造型设计、结构设计和参数优化设计等，并通过大幅度减少零件数量和优化零件结构等面向制造的设计技术来提高整车的低成本可制造性。

(1) 侧围分段模块化结构设计 同平台车型侧围的分段设计，不同车型的可共用关键车身部件，降低开发难度，缩短开发周期，如微型客车到微型货车的变型如图 1-4 和图 1-5 所示。

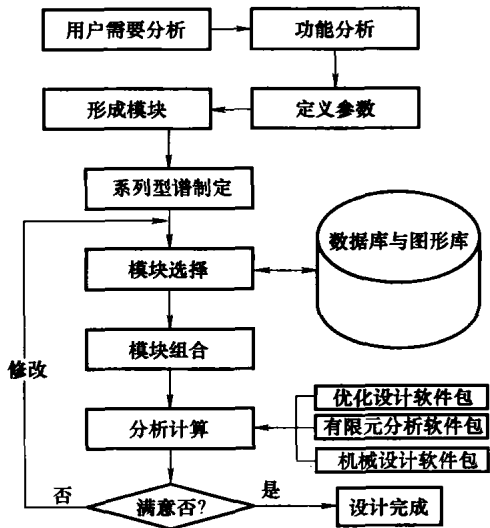


图 1-3 汽车模块化设计流程