



21世纪高等学校教材

普通高等教育“十二五”汽车类专业（方向）规划教材

# 现代汽车设计方法



李胜琴 王若平 张文会 主编



21 世纪高等学校教材

普通高等教育“十二五”汽车类专业（方向）规划教材

# 现代汽车设计方法

主编 李胜琴 王若平 张文会  
参编 李 洋 杨建伟 徐立友 聂佳梅  
主审 崔淑华



机械工业出版社

本书主要对近年来在汽车设计过程中应用的新方法、新技术进行了介绍,内容包括计算机辅助设计、优化设计方法、有限元法、车辆可靠性设计、逆向工程与快速原型制造技术、并行工程、汽车数字化工程及绿色设计等,分别介绍了每种现代设计方法的原则、过程及其在汽车设计过程中的应用,并列举了一些现代设计方法应用实例。通过学习,使学生对汽车设计及制造过程中的新方法、新技术加以了解并掌握。

本书可以作为高等院校车辆工程及其相关专业的本科生教材或硕士研究生选修课参考书,也可供从事汽车及其零部件设计的工程技术人员参考。

为方便教学,本书配有 PPT 电子课件,位于机械工业出版社教育服务网上 ([www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)),向使用本书的授课教师免费提供。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代汽车设计方法/李胜琴,王若平,张文会主编. —北京:机械工业出版社,2013.7

21世纪高等学校教材 普通高等教育“十二五”汽车类专业(方向)规划教材

ISBN 978-7-111-42489-5

I. ①现… II. ①李…②王…③张… III. ①汽车—设计—高等学校—教材 IV. ①U462

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 098190 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:冯春生 责任编辑:冯春生 韩冰 版式设计:常天培  
责任校对:陈越 封面设计:赵颖喆 责任印制:李洋  
北京华正印刷有限公司印刷

2013年7月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 11.25 印张 · 271 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-42489-5

定价: 24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

普通高等教育汽车类专业（方向）  
教材编审委员会

主任：	北京理工大学	林逸
副主任：	黑龙江工程学院	齐晓杰
	湖北汽车工业学院	陶健民
	扬州大学	陈靖芯
	西华大学	黄海波
	机械工业出版社	邓海平
委员：	吉林大学	方泳龙
	吉林大学	刘玉梅
	北京航空航天大学	高峰
	同济大学	陈永革
	上海交通大学	喻凡
	上海大学	何忱予
	哈尔滨理工大学	徐雳
	武汉理工大学	张国方
	山东理工大学	邹广德
	山东交通学院	李祥贵
	燕山大学	韩宗奇
	长沙理工大学	张新
	青岛理工大学	卢燕
	河南科技大学	张文春
	南京工程学院	贺曙新
	淮阴工学院	刘远伟
秘书：	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。近10年来，我国汽车工业快速而稳步发展，汽车产量年均增长15%，是同期世界汽车产量增长量的10倍。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。与此相应，作为人才培养主要基地的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。

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，但当前我国汽车工业还处在以技术引进、加工制造为主的阶段，这就要求在人才培养时既要具有前瞻性，又要与我国实际情况相结合。要在注重培养具有自主开发能力的研究型人才的同时，大力培养知识、能力、素质结构具有鲜明的“理论基础扎实，专业知识面广，实践能力强，综合素质高，有较强的科技运用、推广、转换能力”特点的应用型人才。这也意味着对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等提出了全新的要求。

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，在中国机械工业协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程分委员会的领导下，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，为了解决高等教育应用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‘十二五’汽车类专业（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应用型人才的需求；在内容上注重介绍新技术和新工艺，强调实用性和工程概念，减少理论推导；在教学上强调加强实践环节。此外，本系列教材将力求做到：

1) 全面性。目前本系列教材包括汽车设计与制造、汽车运用与维修、汽车服务工程、物流工程等专业方向，今后还将扩展专业领域，更全面地涵盖汽车类专业方向。

2) 完整性。对于每一个专业方向，今后还将继续根据行业变化对教学提出的要求填平补齐，使之更加完善。

3) 优质性。在教材编审委员会的领导下，继续优化每一本教材的规划、编审、出版和修订过程，让教材的生产过程逐步实现优质和高效。

4) 服务性。根据需要，为教材配备CAI课件和教学辅助教材，召开新教材讲习班，在相应网站开设研讨专栏等。

---

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，为我国汽车行业应用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，以更好地为高等教育培养汽车专业人才服务。

中国汽车工程学会 常务理事  
中国机械工业教育协会  
车辆工程分委员会 副主任  
林逸

# 前 言

本书是根据中国机械工业教育协会车辆工程分委员会 2008 年制定的教材编写大纲编写的。

全书共九章，主要讲授在汽车设计过程中常用的现代设计方法，内容包括计算机辅助设计、优化设计方法、有限元法、车辆可靠性设计、逆向工程与快速原型制造技术、并行工程、汽车数字化工程及绿色设计，分别介绍了各种现代设计方法的理论及原则、设计方法的特点及过程、各种现代设计方法的发展趋势以及在汽车设计过程中的应用。除了常用的现代设计方法之外，书中还介绍了考虑环境影响和资源消耗的绿色设计方法的特点及其在汽车设计、制造及运用过程中的应用。

本书由东北林业大学李胜琴、江苏大学王若平、东北林业大学张文会担任主编。参加编写的有：东北林业大学李胜琴（第一章，第四章第一、二节）、张文会（第二章）及李洋（第三章，第四章第三、四、五节）、北京建筑大学杨建伟（第五章）、河南科技大学徐立友（第六章，第七章）、江苏大学王若平（第八章第一、二、三节）及聂佳梅（第八章第四节，第九章）。在本书的编写过程中，第八章第二节的数字化汽车造型技术部分参考了泛亚汽车技术有限公司江漫清编写的《解读数字化汽车造型设计技术》，特此说明并向作者表示感谢。

感谢东北林业大学交通学院关强教授参与了该书最初的写作提纲编写，本书的出版是对关强教授最好的纪念。

本书由崔淑华教授主审，崔淑华教授对本书进行了详细的审阅，并对本书的体系和编写大纲提出了许多宝贵意见，编者在此表示衷心的感谢。

本书可以作为高等院校车辆工程及其相关专业的本科生教材或硕士研究生选修课参考书，也可供从事汽车及其零部件设计的工程技术人员参考。

由于本书编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有错漏之处，诚恳欢迎使用本书的师生及广大读者批评指教，以便再版时订正。

编 者

# 目 录

序	
前言	
第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 现代设计方法的主要内容及特点	3
第三节 传统汽车设计方法与现代汽车设计方法	7
第二章 计算机辅助设计	10
第一节 概述	10
第二节 CAD 系统结构	13
第三节 CAD 系统的功能和种类	23
第四节 常用 CAD 软件	24
第五节 CAD 技术在汽车设计中的应用	28
第三章 优化设计方法	34
第一节 优化设计概述	34
第二节 优化设计的数学模型	37
第三节 几种常用的优化设计方法	40
第四节 优化设计在汽车设计中的应用	41
第四章 有限元法	46
第一节 引言	46
第二节 有限元法概述	47
第三节 有限元分析软件简介	50
第四节 汽车车架的静态分析	54
第五节 ANSYS 软件在汽车驱动桥壳设计中的应用	60
第五章 车辆可靠性设计	64
第一节 概述	64
第二节 汽车可靠性的基础理论	65
第三节 汽车零部件的可靠性设计	72
第六章 逆向工程与快速原型制造技术	82
第一节 逆向工程技术概述	82
第二节 逆向工程技术基础	82
第三节 快速原型制造技术	96
第四节 逆向工程与快速原型在汽车设计中的应用	109
第五节 应用实例	109
第七章 并行工程	113
第一节 概述	113
第二节 并行工程的关键技术	116
第三节 并行工程的实施	122
第四节 并行工程在汽车设计中的应用	128
第八章 汽车数字化工程	131
第一节 概述	131
第二节 数字化汽车造型技术	133
第三节 数字化汽车仿真分析	138
第四节 数字化汽车人机工程学分析	141
第九章 绿色设计	150
第一节 概述	150
第二节 汽车的绿色设计	153
第三节 汽车的再生与回收	161
参考文献	169



# 第一章 绪 论

## 第一节 概 述

### 一、现代设计方法特征

现代设计方法是传统设计方法的深入、丰富和完善，而非独立于传统设计方法的全新设计。虽然目前对现代设计方法尚无确切定义，但可从以下特征来理解。

#### 1. 以计算机技术为核心

以计算机技术为核心是现代设计的主要特征。计算机技术的飞速发展对设计产生了巨大影响，表现为以下几个方面：

1) 设计手段更新，甩掉图板的“无纸设计”作为现代设计的主流，极为显著地提高了设计效率。

2) 产品表示从基于投影原理的二维转变到三维“产品模型 (Product Model)”。这种表示不仅包括反映产品形状和尺寸的几何信息，还包括分析、加工、材料、特性等数据，从而可以直接用于分析与制造。

3) 有限元法、优化设计、逆向工程设计、并行设计、虚拟设计、模态分析、计算机仿真，以及以神经网络与模糊方法为代表的智能设计方法等先进设计与分析方法的涌现和发展。

4) 随着计算机技术的发展，设计方式从传统的串行方式发展到并行方式。

5) 实现了 CAD、CAPP、CAM、CAE 一体化。

6) 依赖于计算机技术的数据库技术的发展以及管理信息系统 (MIS)、产品数据管理 (PDM) 等系统的广泛应用，使企业管理水平大大提高。

7) 网络技术的发展缩短了企业之间的联系，可实现优势互补和资源共享，使得企业生产组织模式呈现较大的开放空间。

#### 2. 以设计理论为指导

受科学技术发展水平的限制，传统设计是以生产经验为基础，以运用力学、数学和回归方法形成的公式、图表、手册等作为依据进行的。随着理论研究的深入，许多工程现象不断升华和总结，成为揭示事物内在规律和本质的理论，如关于车身设计的计算几何、各种优化设计理论、模态分析理论、可靠性理论、疲劳理论、人工智能理论等。现代设计方法是基于理论形成的方法，利用这种方法指导设计可减小经验设计的盲目性和随意性，提高设计的主动性、科学性和准确性。因此，现代设计是以理论指导为主、经验为辅的一种设计。

### 二、现代设计方法原则

设计原则是设计产品应满足的条件，也是对设计行为的约束。受设计水平、观念、体制

等的限制,传统设计所考虑的原则着眼于产品的功能和技术范畴。现代设计原则是传统设计原则的扩充和完善,而更强调设计面向产品生命周期。这两者并无本质区别,可归纳出以下基本原则。

### 1. 功能满足原则

保证产品功能是产品设计的首要原则。如果产品不具备要求的功能,设计就失去价值。因此,满足功能是所有产品设计必须扼守的原则。

### 2. 质量保障原则

保证质量是设计的另一重要原则。产品质量主要由性能和可靠性决定,这类原则主要包括以下几方面:

(1) 性能指标 是指产品的各类技术指标,如汽车的最高车速、汽车百公里燃油消耗量、车身加工精度、传动系统运动精度等。先进的技术指标是实现高质量产品的前提。

(2) 可靠性 是指产品在规定的条件和时间内完成规定功能的能力,如半轴的可靠性、后桥的可靠性等。产品具有可靠性能才有使用价值,因此,性能的发挥依赖于可靠性。

(3) 强度原则 要求产品零件具有抵抗整体断裂、塑性变形和某些表面损伤的能力,如汽车变速器齿轮强度的设计、汽车驱动桥强度的设计等。

(4) 刚度原则 要求在外载作用下产品变形在规定的弹性变形之内,如车架与车身的设计等。

(5) 稳定性 是指产品在外载作用下能够恢复其平衡性的能力。

(6) 抗磨损性 要求零件在规定时间内,其材料的磨损量在规定值以内,如对汽车发动机缸体和汽车轮胎的耐磨性要求等。

(7) 耐蚀性 要求产品在恶劣环境下具有不被周围介质侵蚀的特征。

(8) 抗蠕变性 要求在高温环境工作的产品不发生蠕变或蠕变变形在规定值以内,如汽车发动机的缸体和活塞等。

(9) 动态特性与平衡特性 是指在动载荷作用下产品具有良好的抗振特性,以保证产品的平稳和低噪声运行,以及旋转产品具有良好的静平衡和动平衡特性,如发动机曲轴等。

(10) 热特性 保证产品具有要求的温度高低、温度分布和热流状态,以及热应力、热变形在规定值以内。

### 3. 工艺优良原则

工艺优良是指设计能够且容易通过生产过程实现,它包括以下内容:

(1) 可制造性 是指利用现有设备能够制造出满足精度等要求的零件,且制造成本低、效率高。

(2) 可装配性 是指能够将零件装配成满足装配精度要求的部件和整机、整车,且装配成本低、效率高。

(3) 可测试性 是指能够通过适当方法对产品进行有关测试,以评估设计、制造和装配的技术水平。

### 4. 经济合理原则

要求产品具有较低的开发成本和使用费用,如汽车发动机百公里油耗量等。

## 5. 社会使用原则

社会使用原则考虑产品投放市场后的表现行为, 包括以下内容:

- (1) 环境友好性 保证产品尽可能少地产生废水、废气、噪声、射线等, 符合环保法规, 对生态环境破坏最小。环境友好性是可持续发展战略在设计中的重要表现。
- (2) 环境适应性 适应使用环境的湿度、温度、载荷、振动等特殊条件。
- (3) 人机友好性 满足使用者生理、心理等方面要求, 使产品外形美观, 色彩宜人, 操作简单、方便、舒适, 如车辆人机工程学就是实现人机友好的主要学术分支。
- (4) 可维修性 使产品能够且易于维修, 维修的停机时间、费用、复杂性、人员要求和差错尽可能最小。
- (5) 安全性 保证不对人的生命财产造成破坏, 如主动安全、被动安全已成为汽车设计中被优先考虑的问题。
- (6) 可安装性 保证产品使用前安装容易、可靠, 且安装费用最低。
- (7) 可拆卸性 考虑产品的材料回收和零件组件的重新使用。
- (8) 可回收性 考虑产品的报废及回收方式。绿色生命周期设计是社会使用原则中最为耀眼的新技术。

## 三、现代汽车设计理论方法

由于汽车是一种包罗各种典型机械元件、零部件、各种金属与非金属材料及各种机械加工工艺的典型的机械产品, 因此, 其设计理论显然要以机械设计理论为基础, 并考虑到其结构特点、使用条件的复杂多变以及大批量生产等情况。它涉及许多基础理论、专业基础理论及专业知识, 例如: 工程数学、工程力学、热力学与传热学、流体力学、空气动力学、振动理论、机械制图、机械原理、机械零件、工程材料、机械强度、电工学、工业电子学、电控与微机控制技术、液压技术、液力传动、汽车理论(汽车动力学或汽车行驶性能)、发动机原理、汽车构造、车身美工与造型、汽车制造工艺、汽车维修等。

汽车设计理论用于指导汽车设计实践, 而汽车设计实践经验的长期积累和汽车生产技术的发展与进步, 又使汽车设计理论得到不断的发展与提高。汽车设计技术是汽车产品设计的方法和手段, 是汽车设计实践的软件与硬件。

## 第二节 现代设计方法的主要内容及特点

### 一、现代设计方法的主要内容

所谓现代设计方法, 是指随着当代科学技术的飞速发展和计算机技术的广泛应用而在设计领域发展起来的一门新兴的多元交叉学科。它是对以设计产品为目标的一个总的知识群体的统称, 是为了适应市场激烈竞争的需要, 为了提高设计质量和缩短设计周期, 以及由于计算机在设计中的广泛应用, 对自 20 世纪 60 年代以来在设计领域相继诞生与发展的一系列新兴学科的集成。其种类繁多、内容广泛, 目前它的内容主要包括优化设计、可靠性设计、设计方法学、计算机辅助设计、动态设计、有限元法、工业艺术造型设计、人机工程、并行工程、价值工程、逆向工程设计、模块化设计、相似性设计、虚拟设计、疲劳设计、三次设计

等。在运用它们进行工程设计时，一般都以计算机作为分析、计算、综合及决策的工具。这些学科汇集成一个设计学的新体系，即现代设计方法，它们包含了现代设计理论与方法的各个方面。本节以计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、有限元法、工业艺术造型设计、设计方法学及三次设计等为例，来说明现代设计方法的基本内容与特点。

### 1. 计算机辅助设计

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是把计算机技术引入设计过程，利用计算机来完成计算、造型、绘图及其他作业的一种现代设计方法。CAD 是设计中应用计算机进行设计信息处理的总称，它应包括产品分析计算和自动绘图两部分功能，甚至扩展到具有逻辑能力的智能 CAD。计算机、自动绘图机及其他外围设备构成 CAD 的系统硬件，而操作系统、文件管理系统、语言处理程序、数据库管理系统和应用软件等构成 CAD 的系统软件。通常所说的 CAD 系统是指由系统硬件和系统软件组成，兼有计算、图形处理、数据库等功能并能综合利用这些功能完成设计作业的系统。CAD 是产品或工程的设计系统，CAD 系统应支持设计过程的各个阶段，即从方案设计入手，使设计对象模型化，依据提供的设计技术参数进行总体设计和总图设计。通过对结构的静态或动态性能分析，最后确定技术参数，在此基础上完成详细设计和产品设计。所以，CAD 系统应能支持包括分析、计算、综合、创新、模拟及绘图等各项基本设计活动。

### 2. 优化设计

优化设计 (Optimization Design) 是把最优化数学原理应用于工程设计问题，在所有可行方案中寻求最佳设计方案的一种现代设计方法。进行工程优化设计时，首先需将工程问题按优化设计所规定的格式建立数学模型，然后选用合适的优化计算方法在计算机上对数学模型进行寻优求解，得到工程设计问题的最优设计方案。

在建立优化设计数学模型的过程中，把影响设计方案选取的那些参数称为设计变量，设计变量应当满足的条件称为约束条件，而设计者选定来衡量设计方案优劣并找到改进的指标表现为设计变量的函数，称为目标函数。设计变量、目标函数和约束条件组成了优化设计问题的数学模型。优化设计需把数学模型和优化算法放到计算机程序中，用计算机自动寻优求解。常用的优化算法有 0.618 法、鲍威尔法、变尺度法及惩罚函数法等。

### 3. 可靠性设计

可靠性设计 (Reliability Design) 是以概率论和数理统计为理论基础，以失效分析、失效预测及各种可靠性试验为依据，以保证产品的可靠性为目标的现代设计方法。可靠性设计的基本内容是：选定产品的可靠性指标及量值，对可靠性指标进行合理的分配，再把规定的可靠性指标设计到产品中去。

### 4. 有限元法

有限元法 (Finite Element Method) 是以计算机为工具的一种现代数值计算方法。目前，该方法不仅能用于工程中复杂的非线性问题及非稳态问题（如结构力学、流体力学、热传导、电磁场等方面问题）的求解，而且还可用于工程设计中对复杂结构的静态和动力分析，并能准确地计算形状复杂零件（如机架、汽轮机叶片、齿轮等）的应力分布和变形，成为复杂零件强度和刚度计算的有力分析工具。

有限元法的基本思想是：首先假想将连续的结构分割成数目有限的小块体，称为有限单元，各单元之间仅在有限个指定结合点处相连接，用组成单元的集合体近似代替原来的结

构，在结点上引入等效结点力以代替实际作用于单元上的动载荷；对于每个单元，选择一个简单的函数来近似地表达单元位移分量的分布规律，并按弹性力学中的变分原理建立单元结点力与结点位移（速度、加速度）的关系（质量、阻尼和刚度矩阵），最后把所有单元的这种关系集合起来，就可以得到以结点位移为基本未知量的动力学方程；给定初始条件和边界条件，就可求解动力学方程，得到系统的动态特性。依据这一思想，有限元法的计算过程是：①结构离散化（即将连续构件转化为若干个单元）；②单元特性分析与计算（即建立各单元的结点位移和结点力之间的关系式，求出各单元的刚度矩阵）；③单元组集求解方程（利用结构力的平衡条件和边界条件，求出结点位移及各单元内的应力值）。所以，有限元法的计算过程思想是“一分一合”，先分是为了进行单元分析，后合则是为了对整个结构进行综合分析。

近些年来，有限元法的应用得到蓬勃发展，国际上不仅研制出功能完善的各类有限元分析通用程序，如 NASTRAN、ANSYS、ASKA、SAP 等，而且还带有功能强大的前处理（自动生成单元网格，形成输入数据文件）和后处理（显示计算结果，绘制变形图、等值线图、振形图并可动态显示结构的动力响应等）程序。由于有限元通用程序使用方便，计算精度高，其计算结果已成为各类工业产品设计和性能分析的可靠依据。

## 5. 工业艺术造型设计

工业艺术造型设计是工程技术与美学艺术相结合的一门新学科，是指在保证产品实用功能的前提下，采用艺术手段按照美学法则对工业产品进行造型活动，对工业产品的结构尺寸、体面形态、色彩材质、线条装饰及人机关系等因素进行有机的综合处理，从而设计出优质美观的产品造型。实用和美观的最佳统一是工业艺术造型设计的基本原则，最终应使产品在保证实用的前提下，具有美的富有表现力的审美特性。这一学科介绍的内容主要包括造型设计的基本要素、造型设计的基本原则、美学法则、色彩设计、色彩设计的原则、人机工程学等。

## 6. 设计方法学

设计方法学（Design Methodology）是研究设计的一般性方法、技巧、手段、进程及规律的一门新型综合学科。目前国际上对设计方法学的研究主要分为两大学派，即德国学派和英美学派。前者的特征是偏重研究设计的过程步骤和规律，进行系统化的逻辑分析，并将成熟的设计模式、解法等编成规范供设计人员参考，从而形成了系统分析设计法体系；后者则重视创造性设计的研究，强调创造能力的开发，在总结人类创造性思维特点类型的基础上，归纳出各种不同的创造性技法，形成了创造性设计法体系。

## 7. 逆向工程设计

逆向工程（Reverse Engineering）是消化吸收并改进国内外先进技术的一系列工作方法和技术的总和，也称为反求工程，它对提高我国的科技和管理水平有着重要的意义。反求工程是通过实物或技术资料对已有的先进产品进行分析、解剖、试验，了解其材料、组成、结构、性能、功能，掌握其工艺原理和工作机理，以进行消化仿制、改进或发展，从而创造新产品的一种方法和技术，它是针对消化吸收先进技术的系列分析方法和应用技术的组合。反求工程包括设计反求、工艺反求、管理反求等各个方面。

## 8. 三次设计

三次设计（Taguchi Method）是日本著名质量管理学家田口玄一于 20 世纪 60 年代创造

的一种设计方法，该方法把新产品、新工艺分为三个阶段设计，故称为三次设计法。第一次设计称为系统设计，即根据市场调查规划产品的功能，确定产品的基本结构以及组成该产品的各种零部件的参数，提出初始设计方案，该设计主要依靠专业技术人员的专业知识进行。第二次设计称为参数设计，即在专业人员提出的初始设计方案的基础上，对各零部件参数进行优化组合，求取最优设计方案，使得产品的技术特性合理、稳定性好、抗干扰性强、成本低廉。第三次设计称为容差设计，即在最佳设计方案的基础上，进一步分析导致产品技术特性波动的原因，找出关键零部件，确定合适的容差，进而确定定差，并求得质量和成本的最佳平衡。

## 二、现代设计方法的特点

通过上述几种典型现代设计方法的内容介绍可知，现代设计方法的基本特点如下：

(1) 程式性 研究设计的全过程，要求设计者从产品规划、方案设计、技术设计、施工设计到试验、试制进行全面考虑，按步骤有计划地进行设计。

(2) 创造性 突出人的创造性，发挥集体智慧，力求探寻更多的突破性方案，开发创新产品。

(3) 系统性 强调用系统工程处理技术系统问题。设计时应分析各部分的有机关系，力求系统整体最优，同时考虑技术系统与外界的联系，即人-机-环境的大系统关系。

(4) 最优化 设计的目的是得到功能全、性能好、成本低的价值最优的产品。设计中不仅考虑零部件参数及性能的最优，更重要的是争取产品的技术系统整体最优。

(5) 综合性 现代设计方法是建立在系统工程及创造工程的基础上，综合运用信息论、优化论、相似论、模糊论、可靠性理论等自然科学理论和价值工程、决策论、预测论等社会科学理论，同时采用集合、矩阵、图论等数学工具和计算机技术，总结设计规律，提供多种解决设计问题的科学途径。

(6) 计算机化 将计算机全面地引入设计，通过设计者和计算机的密切配合，采用先进的设计方法，提高设计质量和速度。计算机不仅用于设计计算和绘图，同时在信息存储、评价决策、动态模拟、人工智能等方面将发挥更大作用。

最后，应该指出的是，设计是一项涉及多种学科、多种技术的交叉工程，它既需要方法论的指导，也依赖于各种专业理论和专业技术，更离不开技术人员的经验和实践。现代设计方法是在继承和发展传统设计方法的基础上，融汇新的科学理论和新的科学技术成果而形成的。因此，学习使用现代设计方法，并不是要完全抛弃传统的方法和经验，而是要让广大设计人员在传统方法和实践经验的基础上掌握一种新的设计思想。所以，不能把现代设计与传统设计截然分开，传统设计方法在一些适合的工业产品设计中还在应用。当然，现代设计方法也并非万能良药，现代设计中各种方法都有其特定作用和应用场合。例如，优化设计目前只能在指定方案下进行参数优化，不可能自行创造最优设计方案，而计算机辅助设计也只能在“寻找”方面帮助人的脑和手工作，决不能代替人脑进行“创造性思维”，这就是现代设计与传统设计方法之间继承与改革的辩证关系。

现代设计方法是一门种类繁多、知识面广的学科群，它所涉及的内容十分广泛，而且随着科学技术的飞速发展，必将会有许多新的设计方法不断涌现，因此它的内容还会不断发展。

### 第三节 传统汽车设计方法与现代汽车设计方法

汽车设计的发展大致可以划分成以下三个阶段：

- 1) 17 世纪前的“直觉设计阶段”。
- 2) 17 世纪后的“经验设计阶段”及其后形成的“传统设计阶段”。
- 3) “现代设计阶段”。

#### 一、传统汽车设计方法

汽车设计技术在近百年中也经历了由经验设计发展到以科学实验和技术分析为基础的设计阶段，自 20 世纪 60 年代中期在设计中引入电子计算机后又形成了计算机辅助设计（CAD）等新方法，并使设计逐步实现了半自动化和自动化。

最早的设计是由经验丰富、技术熟练的手工艺人进行的。这种设计只存在于手工艺人的头脑中，产品也是比较简单的。随着生产的发展，需要更多、更好、更复杂的产品，促使手工艺人联合起来，互相协作，从而出现了图样。按图样制造产品，既可满足多人同时参加制造的需要，又使手工艺人的经验和知识被记录并流传下来，还可以利用图样对产品进行精心分析和改进，推动设计工作的发展，从而使设计工作具有相对独立的性质。

传统的汽车设计是以经验设计为主，即是以已有产品的经验数据为依据，运用一些带有经验常数或安全系数的经验公式进行设计计算的一种传统的设计方法。这种设计由于缺乏精确的设计数据和科学的计算方法，使所设计的产品不是过于笨重就是可靠性差。一种新车型的开发往往要经过设计→试制→试验→改进设计→试制→试验等二次或多次循环，需反复修改图样，完善设计后才能定型，其设计周期长、质量差、消耗大。

到了 20 世纪后期，由于科学技术的发展，设计工作所需要的理论基础有了进步，特别是电子计算机技术的发展对设计工作产生了很大冲击，提出了设计现代化的要求。此外，产品的设计已不能仅考虑产品本身，还要考虑系统和环境的影响，不仅涉及技术领域，还涉及社会因素，应统筹考虑。

传统设计方法是静态的、经验的、手工式的方法；现代设计方法是动态的、科学的、计算机化的方法，它将在科学领域内得到应用的所有科学方法论应用于工程设计中。现代设计方法应推广并在更大的范围内应用。

#### 二、现代汽车设计方法

随着测试技术的发展与完善，在汽车设计过程中引进新的测试技术和各种专用的实验设备，进行科学实验，从各方面对产品的结构、性能和零部件的强度、寿命进行测试。同时，广泛采用近代数学物理分析方法，对产品及其总成、零部件进行全面的技术分析、研究，这样就使汽车设计发展到以科学实验和技术分析为基础的阶段。

电子计算机的出现和在工程设计中的推广应用，使得汽车设计技术飞跃发展，设计过程完全改观。汽车结构参数及性能参数等的优化选择与匹配、零部件的强度核算与寿命预测、产品有关方面的模拟计算或仿真分析、车身的美工造型等设计方案的选择和定型以及设计图样的绘制等，均可在计算机上进行。采用电子计算机作为分析计算手段，由于其计算速度快

快且数据容量很大，就可采用较准确的多自由度的数学模型来模拟汽车在各种工况下的运动，从而采用现代先进的数学方法进行分析，可取得较准确的结果，这就为设计人员分析多种方案并进行创造性的工作提供了很大的方便。当前，由于计算机的外部设备及人机方面联系的成就，已可将计算机的快速计算和逻辑判断能力、大容量的数据存储及高效的数据处理能力、计算结果的动态图像显示功能与人的创造性思维能力及经验结合起来，实现人机对话式的半自动化设计，或与产品设计的专家系统相结合，实现自动化设计。其设计过程可由电子计算机对有关产品的大量数据及资料进行检索，对有关涉及问题进行高速的设计计算，通过计算机屏幕显示设计图形和计算结果；设计人员亦可用光笔和人机对话语言直接对图形进行修改，取得最佳设计方案后，再由与计算机连接的绘图设备绘出产品图样。这种利用计算机及其外部设备进行产品设计的方法即为 CAD 法（Computer Aided Design，计算机辅助设计），今后，CAD 将与 CAM（Computer Aided Manufacture，计算机辅助制造）、CAT（Computer Aided Test，计算机辅助测试）结合成 CADMAT 系统，更将显示出其巨大的功用。

随着计算机在汽车设计中的推广应用，一些近代的数学物理方法和基础理论方面的新成就在汽车设计中也日益得到广泛应用。现代汽车设计在传统方法的基础上，除了引进计算机辅助设计方法外，还引进了最优化设计、可靠性设计、有限元分析、计算机模拟计算或仿真分析、模态分析等现代设计方法与分析手段，甚至还引进了雷达防撞、卫星导航、智能化电子仪表及显示系统等高新技术。汽车设计理论与设计技术达到当前的高水平，是百余年来特别是近 30 年来基础科学、应用技术、材料与制造工艺不断发展进步的结果，也是设计、生产与使用经验长期积累的结果。它立足于规模宏大的生产实践，以基础理论为指导，以体现当代科技成就的汽车设计软件及硬件为手段，以满足社会需求为目的，借助于材料、工艺、设备、工具、测试仪器、试验技术及经营管理等领域的成就，不断地发展进步。

随着社会的不断发展，现代汽车设计方法的发展也日新月异。归纳起来，可将现代汽车设计方法大致分成几大类：有限元设计方法、可靠性设计方法、优化设计方法和计算机辅助设计方法等。需要说明的是，这些现代的汽车设计方法并不是各自孤立的，它们既有自己的优势，又互相渗透，在汽车设计的技术领域中发挥着各自的重要作用。

有限元设计方法大量地应用于汽车零部件的设计计算中，以解决复杂形状零部件的整体变形和应力分布的分析计算问题，使得一些薄弱环节在图样设计阶段就可以被发现并做出适当的修改。目前在汽车设计中，有限元设计方法普遍地应用于车架和车身的强度计算、车架和车身的振动特性分析、车身的结构动态特性对车内噪声的影响分析等。

可靠性设计方法随着汽车结构和使用条件日趋复杂化，而在汽车设计中得以应用并推广。与传统的安全系数设计方法相比，建立在大量统计数据基础上的可靠性设计方法有较大的不同。它是以概率论和数理统计为理论依据，利用应力-强度模型对汽车零部件的寿命进行较精确的计算，从而在设计阶段就有可能合理地解决汽车零部件的强度与轻量化之间的矛盾。

优化设计方法是在数学规划法的基础上，随着计算机技术的发展而发展起来的，它适用于影响因素众多、计算技术复杂的多种设计方案的选择。优化设计方法提供了一种选优的最佳路径，在路径中针对具体问题的计算方法可以是多种多样的。因而，有限元设计方法、可靠性设计方法以及传统的设计方法都可以与优化设计方法很好地结合而发挥更大的作用。

计算机辅助设计（CAD）方法充分发挥了人和计算机系统的优势，是一种人-机结合解



决技术问题的现代方法。应用 CAD 技术, 可以将各种现代的设计计算技术、计算机制图技术、人工智能技术、技术经济分析技术等有机地结合起来, 极大地激发设计人员的创造力, 缩短产品的设计周期, 提高产品的设计质量。

目前, 现代设计方法在国外已广泛应用于机械电子产品设计中, 我国目前也进行了一些工作, 取得了实用性成果, 正在更大的范围内推广使用。

### 三、汽车设计方法的发展趋势

在“绿色浪潮”的冲击下, 减轻汽车废气排放及噪声对环境的污染已成为市场竞争的重要指标, 而节能与减轻排气污染又紧密相关。因此, 世界各大汽车制造厂家都在积极采取措施, 改进设计, 减轻污染, 甚至提出了“零污染排放及节能汽车”目标。

当前, 在工业发达国家中, 以环保为中心的设计思想, 即所谓的“绿色设计”已被制造厂家普遍接受, 其要点就是设计师在设计产品时, 要考虑到当它达到使用寿命后可被重复利用, 或可被安全地处理掉而无污染。

随着现代汽车向高速化和轻量化方向发展, 振动和噪声控制日益成为汽车设计的一项关键技术。因此, 国际上近十年来形成的一个新的工程领域——NVH (Noise, Vibration and Harshness) 控制技术, 已在汽车工业科技界的科研中占据了重要位置, 以改善轿车的 NVH 控制性能。

现代汽车设计除了已表现出的上述重点和发展趋势外, 随着电子计算机的飞速发展和广泛应用, 汽车产品也和其他许多领域的产品一样, 越来越多地引进了微处理器、各种传感器和调节装置, 使汽车产品由单一的机械产品向机-电-仪一体化的产品过渡, 并逐步向自动控制和智能化方向发展。例如, 汽油发动机的电控燃油供给系统、变速器的电控自动换挡装置、制动器的电控防抱死装置、悬架(主动悬架和半主动悬架)的自动调节和半自动调节、车门锁的遥控开启和锁住及自动防盗报警、车门玻璃的电控升降、安全气囊的自动开启、雷达防撞装置等, 都是这一发展趋势的成果。由此可见, 现代汽车设计已不再是单一的机械设计, 而是要综合运用多方面的基础理论、技术基础理论和专业知识以及许多当代技术成就而进行的一种交叉学科的现代化设计。

新技术带来用之不竭的新设计方法。汽车设计的发展主要来自制造工艺, 目的是缩短生产时间、提高产品质量。总的趋势是采用轻质材料, 如铝等, 改进的工艺将取消大部分机加工工艺。造型设计将不断变化, 以符合这些工艺的限制。例如, 用硅代替橡胶中的碳, 或用棱镜作为视镜。这些工艺会产生许多新的设计概念。设计人员应意识到这些新技术的潜力, 以便使其得到充分利用。