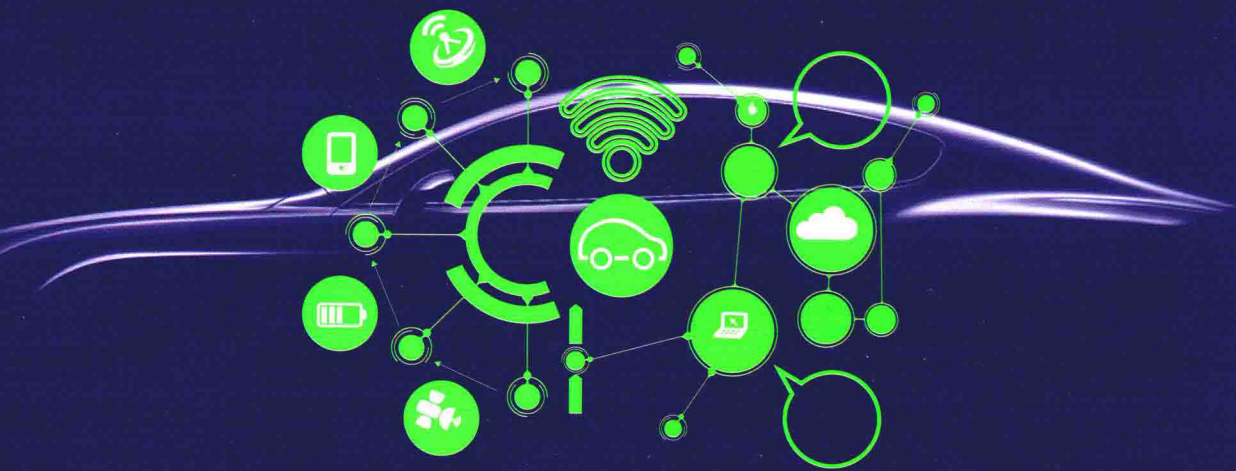


汽车智能化



设计与技术

陈丁跃 陈俊宇 陈李昊 于佳玉 著

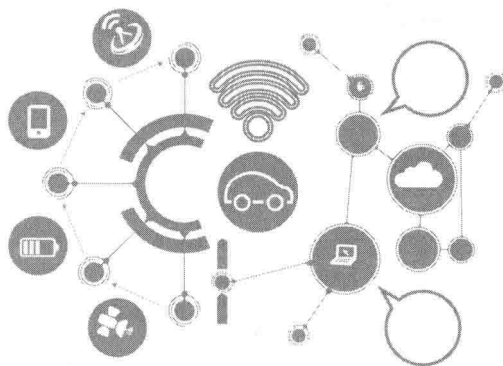
QICHE ZHINENGHUA
SHEJI YU JISHU



化学工业出版社

汽车智能化 设计与技术

陈丁跃 陈俊宇 陈李昊 于佳玉 著



QICHE ZHINENGHUA
SHEJI YU JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面、系统地介绍了汽车智能化设计与技术各相关知识,包括汽车智能化设计与技术基本知识、汽车智能化设计方法、汽车智能传感器与总线网络技术、汽车智能避撞预警技术与安全设计、汽车总体设计开发与多智能体技术、智能汽车仿真、虚拟工程及数字设计、无人驾驶智能汽车、未来智能汽车发展趋势等内容。本书技术资料及图片新颖翔实,包括很多新知识和丰富的实例,信息量大。

本书既可作为高等院校汽车专业本科生和研究生的教材,也可作为汽车设计、汽车制造企业科研和技术设计人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车智能化设计与技术/陈丁跃等著. —北京:化学工业出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-122-30735-4

I. ①汽… II. ①陈… III. ①汽车-智能技术 IV. ①U463

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第247102号

责任编辑:辛田

文字编辑:冯国庆

责任校对:边涛

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数353千字 2018年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

前言

Foreword

汽车产品的竞争在很大程度上取决于汽车产品的设计与技术。在开发和提升汽车产品设计水平的工作中,科学的设计方法和先进的设计技术起着重要的作用。因此加强对“汽车智能化设计与技术”的研究和推广有着十分重要的意义。为了适应当代科学技术发展的要求和市场经济体制对设计人才的需要,必须加强设计人员的创新能力和设计素质的培养,本书的目的就在于此。通过本书的学习,可以提高从事汽车设计工作人员的设计水平,增强设计创新能力。作为未来的设计工程师,学习和掌握“汽车智能化设计与技术”就显得更为重要。

“汽车智能化设计与技术”是传统汽车设计与技术的延伸和发展,它是在继承传统设计技术基础上不断吸收智能理论、方法和技术以及相邻学科最新成就后发展起来的。因此,学习汽车智能化设计与技术,不是要抛弃传统设计技术和经验,而是要在掌握传统设计方法和实践经验的基础上,再掌握一些新的设计理论和技术手段。

本书技术资料及图片新颖翔实,包括新知识和丰富的实例,信息量大。书中全面介绍了汽车智能化设计与技术各相关知识,全书共分8章。第1章汽车智能化设计与技术基本知识,第2章汽车智能化设计方法,第3章汽车智能传感器与总线网络技术,第4章汽车智能防撞预警技术与安全设计,第5章汽车总体设计开发与多智能体技术,第6章智能汽车仿真、虚拟工程及数字设计,第7章无人驾驶智能汽车,第8章未来智能汽车发展趋势。

本书力推汽车设计人员掌握和领会一些汽车智能化设计与技术的运用方法,为从事智能汽车产品开发工作打下坚实基础,在智能汽车产品设计实践的工作过程中,能够正确应用汽车智能化设计理论与技术,不断地创新和发展,以推动汽车产品设计的进步。本书涉及面广,内容繁多,包含了大量国内外新的相关资料、论著、文献与照片,在此谨致真诚的谢意。感谢黄帅、徐金波、王甜甜、陈秋谨、王翌、马权铄、姜良超、殷凡青、齐洋洋、程吉鹏在本书编写过程中提供的帮助。

本书既可作为高等院校汽车专业本科生和研究生的教材,也可作为汽车设计、汽车制造企业科研人员和设计人员的参考用书。

由于笔者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者多加批评指正。

著者

第 1 章 汽车智能化设计与技术基本知识	1
1.1 汽车智能化设计知识与体系	1
1.1.1 汽车智能化设计与技术的概念	1
1.1.2 汽车智能化设计与技术的发展过程	2
1.1.3 智能化设计与传统设计	2
1.2 汽车产品设计的内容、技术手段和主要方法	3
1.2.1 汽车产品设计的内容	3
1.2.2 汽车系统化设计的各种技术手段	4
1.2.3 汽车设计的主要方法	5
1.3 汽车智能设计、纳新评价及递阶层次结构	12
1.3.1 汽车智能设计	12
1.3.2 汽车智能设计的纳新评价、评价指标体系及递阶层次结构	14
第 2 章 汽车智能化设计方法	16
2.1 汽车智能化系统	16
2.1.1 智能化的内涵	16
2.1.2 汽车智能化系统的“智能化”	17
2.1.3 汽车智能控制系统	17
2.2 汽车智能化设计方法	19
2.2.1 汽车智能化设计流程	19
2.2.2 设计思想、类型、准则和规律	21
2.3 汽车智能化系统的可靠性设计方法及应用	22
2.3.1 汽车智能化系统的可靠性	22
2.3.2 提高汽车智能化系统的可靠性方法及实例	26
2.3.3 汽车智能化优化设计	31
2.3.4 反求设计	34
2.3.5 绿色设计	35
2.3.6 虚拟设计与虚拟现实技术	38

第 3 章 汽车智能传感器与总线网络技术 40

3.1 汽车智能传感器结构、原理、功能及种类	40
3.1.1 汽车智能传感器的结构、原理与功能	40
3.1.2 汽车智能传感器的种类	42
3.2 汽车智能无源传感器	46
3.2.1 智能无源传感器的功能模块及工作原理	46
3.2.2 智能无源传感器在汽车上的使用	47
3.3 智能传感器在汽车领域的应用	50
3.3.1 智能传感器在汽车动力系统中的应用	50
3.3.2 汽车安全行驶系统中的智能传感器	50
3.3.3 车身系统中的智能传感器	52
3.3.4 汽车底盘中的智能传感器	52
3.3.5 智能交通系统中的智能传感器	53
3.3.6 汽车辅助系统中的智能传感器	53
3.4 多传感器信息融合的无人汽车驾驶控制系统	53
3.4.1 多传感器信息融合	53
3.4.2 多传感器信息融合实现方法	54
3.4.3 多传感器信息融合的无人汽车行驶	54
3.5 智能汽车总线网络技术	56
3.5.1 汽车总线网络及通信系统	56
3.5.2 网络总线的智能车身设计	66

第 4 章 汽车智能避撞预警技术与安全设计 72

4.1 汽车智能避撞预警技术	72
4.1.1 汽车智能避撞预警系统	72
4.1.2 几种汽车智能测距及避撞技术	73
4.1.3 避撞系统设计及制动距离算法	74
4.2 汽车激光雷达的避撞报警系统设计	78
4.2.1 避撞预警硬件系统	78
4.2.2 目标检测与识别	78
4.2.3 汽车智能避撞系统设计	79
4.3 汽车红外夜视系统与 设计	80
4.3.1 汽车红外夜视系统成像原理及设计	80
4.3.2 汽车红外夜视系统技术设计	83
4.3.3 汽车夜视系统实际技术问题及解决方法	84
4.4 智能汽车主动安全设计	84
4.4.1 智能汽车主动安全系统组成	84
4.4.2 模式实现	85

4.4.3	系统软件设计	87
4.4.4	模拟验证和仿真	89

第 5 章 汽车总体设计开发与多智能体技术 91

5.1	汽车总体设计	91
5.1.1	汽车总体设计要求、开发流程与汽车类型	91
5.1.2	汽车总体设计特征	94
5.2	汽车整车总体设计	96
5.2.1	汽车整车总体设计简介	96
5.2.2	汽车整车总体设计的主要内容及技术文件	99
5.3	汽车性能设计	101
5.3.1	汽车动力性计算	101
5.3.2	汽车燃油经济性计算	103
5.3.3	安全性	104
5.3.4	汽车平顺性计算	105
5.3.5	汽车匹配性计算	106
5.3.6	汽车总体系统设计	106
5.4	汽车多智能体技术	107
5.4.1	HEV 的多智能体技术	107
5.4.2	仿真	112
5.4.3	汽车底盘的多智能体技术	116

第 6 章 智能汽车仿真、虚拟工程及数字设计 122

6.1	智能汽车设计中的仿真	122
6.1.1	仿真定义与分类	122
6.1.2	计算机仿真	124
6.1.3	汽车产品设计中的计算机仿真	125
6.2	虚拟工程技术与虚拟样机	127
6.2.1	虚拟工程技术	127
6.2.2	虚拟样机	128
6.2.3	虚拟样机关键技术	130
6.3	虚拟工程技术的 ADVISOR 软件及应用	133
6.3.1	虚拟工程技术的 ADVISOR 软件	133
6.3.2	基于 ADVISOR 的仿真方法	134
6.3.3	仿真软件 ADVISOR 的基本特点	135
6.3.4	ADVISOR 的仿真过程	136
6.3.5	整车模型及动力系统部件模型的建立	137

6.4	柴油机数字化设计	144
6.4.1	柴油机设计准则及数字化设计	144
6.4.2	柴油机机体的数字化设计	146
6.4.3	柴油机零部件数字化设计	149
6.5	客车数字化设计	150
6.5.1	客车数字化设计的特点及流程	151
6.5.2	客车数字化设计阶段	151
6.5.3	客车数字化设计特色	154
第 7	章 无人驾驶智能汽车	155
7.1	无人驾驶智能汽车的基本结构与关键技术	155
7.1.1	无人驾驶智能汽车的体系结构	155
7.1.2	无人驾驶智能汽车的基本组成	156
7.1.3	无人驾驶智能汽车的关键技术	158
7.2	多智能无人驾驶智能汽车的协同控制	161
7.2.1	多智能无人驾驶智能汽车的体系结构	162
7.2.2	多智能无人驾驶智能汽车群体行为协同与优化控制	162
7.2.3	无人驾驶智能汽车远程监控系统及界面	164
7.2.4	无人驾驶智能汽车自主评价	167
7.3	无人驾驶智能搬运车	168
7.3.1	汽车业的 AGV	168
7.3.2	AGV 的结构组成	169
7.3.3	AGV 的功能模块组成和主要技术参数	170
7.3.4	AGV 的导向方法和技术	172
7.3.5	AGV 集成控制系统	178
第 8	章 未来智能汽车发展趋势	182
8.1	未来智能汽车技术及发展	182
8.1.1	未来智能汽车	182
8.1.2	智能汽车基本结构	183
8.1.3	智能汽车技术与智能交通	186
8.2	网络汽车与车联网时代	193
8.2.1	网络汽车	193
8.2.2	车联网	193
8.3	陆空两用与水路两栖汽车	196
8.3.1	陆空两用交通车	197
8.3.2	水路两栖汽车	199

8.4	空气动力汽车	202
8.5	核动力汽车	205
8.6	各种类型的太阳能汽车	207
8.7	组合式、超音速式、公路/铁路式及其他智能汽车	210
8.7.1	组合式多功能汽车	210
8.7.2	超音速汽车	210
8.7.3	公路/铁路两用汽车	211
8.7.4	其他未来高效新能源动力智能汽车	211

参考文献	215
-------------	------------

第1章

Chapter

汽车智能化设计与技术基本知识

汽车智能化设计与技术是从当代科学技术和计算机智能技术衍生发展出来的一门新兴、多元交叉技术，它是以汽车产品设计为目标的知识群体的总称。汽车智能化设计与技术的发展和运用使得汽车在安全、性能、环保和舒适等方面都得到提升，可以说是汽车史上的重要里程碑，同时也是汽车水平提升的重要标志，推动着汽车业健康发展。

1.1 汽车智能化设计知识与体系

1.1.1 汽车智能化设计技术的概念

汽车智能化设计与技术是一种复杂的思维过程，是创造性的劳动，是人类改造自然的基本活动之一。汽车智能化设计与技术的目标如图 1-1 所示。人类在认识世界和改造世界的历史长河中一直在从事着设计活动，从某种意义上说，汽车智能化设计与技术是人类不断进行的创新设计活动，推动了人类文明的进步。

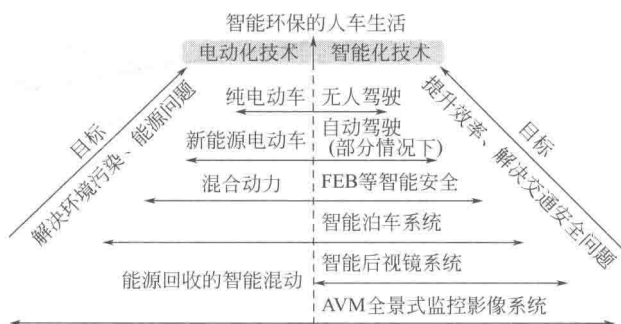


图 1-1 汽车智能化设计技术的目标

人类的汽车设计活动从早期的直觉设计阶段开始，经历了经验设计阶段、半理论半经验

设计阶段（即所谓的传统汽车设计），发展至今。随着智能技术、计算机技术、网络技术、数字技术的迅猛发展，使人们以往的生活方式、工作方式和思维方式发生了巨大的改变，由此对汽车设计方面产生了深远的影响。市场竞争的需要和各种新方法、新技术、新工艺、新材料的不断涌现，推动了汽车设计方法和技术的进步，汽车产品设计从传统的经验设计进入汽车智能化设计。

汽车智能化设计与技术是传统汽车设计与技术的深入、丰富和完善，智能设计方法是系统的观点，考虑自然科学、社会科学、经济科学等诸多现代因素，从而获得质高、价廉、有创新的设计程序、设计思维、工作方法和工具的总和；它是以产品设计为对象的科学，以电子计算机为手段，运用工程设计的新理论和新方法，使计算结果达到最优化，使设计过程实现高效化和智能化；它是传统设计方法的延伸和发展，是人们把智能科学技术综合应用于设计领域的产物，它使传统设计方法发生了质的变化。

1.1.2 汽车智能化设计与技术的发展过程

从设计方法的发展过程来看，智能化设计方法的发展大致经历了如下四个阶段。

(1) 直觉设计阶段 远古的设计是一种直觉设计，当时人们是从自然现象中直接得到启发，或是凭自己的直观感觉来设计和制作工具。设计方案存在于手工艺人头脑之中，无法记录表达，产品也是比较简单的。直觉设计阶段在人类历史中经历了一个很长的时期，17世纪以前基本都属于这个阶段。

(2) 经验设计阶段 随着生产的发展，一部分经验丰富的手工艺人将自己的经验或构思用图纸表达出来，然后根据图纸组织生产。图纸的出现，既可使具有丰富经验的手工艺人通过图纸将其经验或构思记录下来，传于他人，便于用图纸对产品进行分析、改进和提高，推动设计工作向前发展，还可满足更多的人同时参加同一产品的生产活动，满足社会对产品的需求及提高生产率的要求。

(3) 半理论半经验设计阶段 20世纪以来，由于科学和技术的发展与进步，设计的基础理论研究和试验研究得到加强，随着理论研究的深入、试验数据及设计经验的积累，已形成一套半经验半理论的设计方法。这种方法以理论计算和长期设计实践而形成的经验、公式、图表、设计手法作为设计的依据，通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。采用这套方法进行产品设计，称为传统设计。

(4) 智能化设计阶段 近年来，由于科学和技术迅速发展，人们对客观世界的认识不断深入，设计工作所需的理论基础和手段有了很大的进步，特别是电子计算机技术的发展及应用，其计算速度不断加快，存储能力不断增强，工程软件水平日益提高。数据库的完备和网络技术的出现，对设计工作产生了革命性的影响，为设计工作提供了智能化和精密计算的条件。在汽车产品设计中广泛应用计算机技术、CAD、CAE、优化设计、动态设计、智能化设计等技术方法进行汽车产品设计，使汽车新产品的开发周期大大缩短，汽车产品质量和生产过程的自动化程度得到了提高，降低了汽车产品的生产成本，增强了汽车产品的竞争能力。

1.1.3 智能化设计与传统设计

传统设计是以经验总结为基础，运用力学和数学而形成的经验、公式、图表、设计手册等作为设计的依据，通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。传统设计在长期使用中得到不断完善和提高，是符合当时技术水平的有效设计方法。但由于所用的计算方法和参

考数据偏重于经验的概括和总结，往往忽略了一些难点或非主要的因素，因而造成设计结果的近似性较大，难免有不确切和失误的地方。此外，在信息处理、参量统计和选取、经验或状态的存储及调用等方面还没有一个理想的有效方法，求解和绘图也多用手工完成，所以不仅影响设计速度和设计质量的提高，也难以做到精确和优化的效果。传统设计对技术与经济、技术与美学也未能做到很好的统一，使设计具有一定的局限性。

智能化设计是长期的传统设计活动的延伸和发展，是传统设计的深入、丰富和完善。随着设计实践经验的积累，设计理论的发展以及科学技术的进步，特别是计算机技术的高速发展，设计工作包括汽车产品的设计过程发生了质的飞跃。为区别过去常用的传统设计理论与方法，人们把这些新兴理论与方法称为智能化设计。智能化设计技术要求如图 1-2 所示，它以产品的质量、性能、时间、成本、价格综合效益最优为目的，以智能知识、多科学方法技术为依托和手段，研究、解决、改进、创造新产品。智能化设计不仅指设计方法的更新，也包含智能化新技术的引入和产品的创新。智能化设计在设计各阶段中要采用一些合适、有效的方法和智能化技术，以解决设计中的总体和个体问题，其核心是动态、优化、智能化和计算机化。

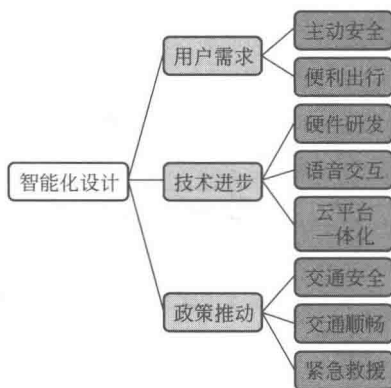


图 1-2 汽车智能化设计技术要求

1.2 汽车产品设计的内容、技术手段和主要方法

1.2.1 汽车产品设计的内容

汽车设计中以设计内容命名的设计方法多达 20 余种，如图 1-3 所示，设计时要对主要设计内容做具体的安排，这是保证汽车产品安全、可靠、经济、有效行驶的重要措施，对汽车产品设计总体规划及系统化设计都要做妥善的考虑。

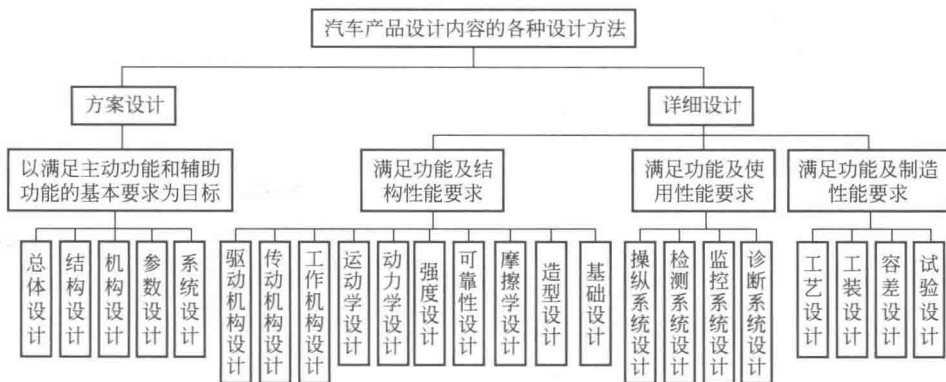


图 1-3 汽车产品设计的内容

汽车产品设计实施阶段涵盖汽车产品设计的一些主要内容，它是汽车产品的功能设计，面向汽车产品结构性能的动态优化设计、面向产品工作性能的智能化优化设计、面向产品制造性能的可视化优化设计，以及面向产品特殊性能的设计综合。

无论是常规的或一般的系统化设计，还是深层次的系统化设计，具体实施阶段的理论框架是相同的，即 1+3+X 的汽车产品系统化设计，如图 1-4 所示。其中 1 表示功能设计，3 表示面向汽车产品结构性能、使用性能和制造性能的设计，X 表示面向特殊要求的设计。

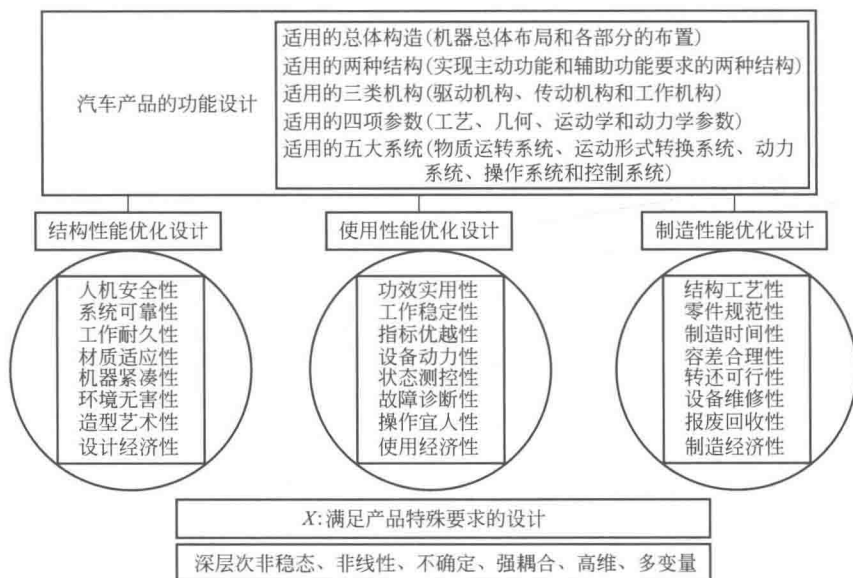


图 1-4 1+3+X 的汽车产品系统化设计

汽车产品的功能设计包括方案设计、机构设计、结构设计、参数设计、系统设计等。

① 功能设计采用合理的机构、系统和机器结构，以及合理的几何参数、工艺参数、运动参数和动力参数，使汽车产品具有良好的功能。

② 面向汽车产品结构性能的动态优化设计。动态优化设计包括机器及其零部件的运动学设计、动力学设计、动强度设计、动态可靠性设计和摩擦学设计及优化。

通过以动态化设计为核心的综合设计，可以使汽车产品获得良好的结构性能（安全、可靠、耐用等），这对汽车产品综合质量的提高具有重要的意义。

1.2.2 汽车系统化设计的各种技术手段

汽车系统化设计工作采用多种方法对汽车产品进行设计。1+3+X 的汽车产品系统化设计是以用户需求为驱动，以产品的全部功能和性能为目标，以多种学科的理论与技术为基础，以产品的各大系统、各项参数、各种机构、各类结构和总体布局为设计内容，以功能设计、动态设计、智能设计、可视化设计、广义优化、现代仿真技术和数字化技术为手段，它不仅是线性理论为基础的常规系统化设计，而且还是以非线性理论为基础的深层次的系统化设计。

汽车产品系统化设计，即综合功能设计、动态优化设计、智能设计和可视化设计等多种设计方法为一体的设计法对汽车产品进行设计，可以在较大范围内考虑前面提出的对汽车产品的广义质量（包括机器的结构性能、工作性能和制造性能等）的要求。在汽车产品系统化设计过程中可采用的设计技术方法和手段多达 20 多种，如图 1-5 所示，选择好这些方法并加以有效利用，可保证设计工作有效完成。在汽车产品系统化设计过程中，要充分利用优化设计、智能设计、虚拟设计、数字化设计、稳健设计等设计方法与手段，这对有效完成产品设计工作会产生积极的作用。

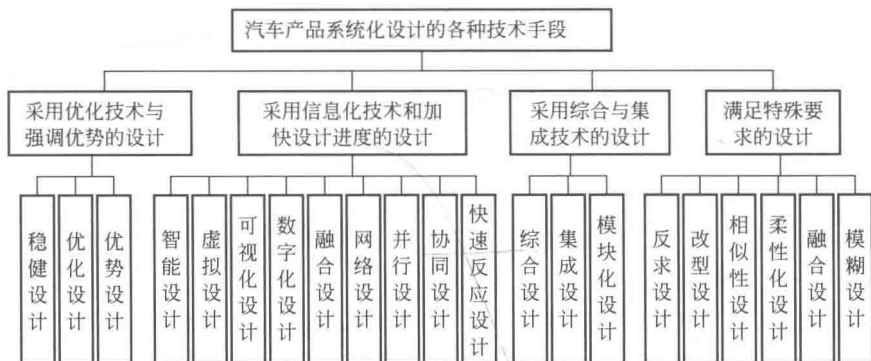


图 1-5 汽车系统化设计的各种技术手段

根据汽车系统化设计的特点，可以采用以下不同的要求和目标。

- ① 采用优化技术和强调优势的设计可选择稳健设计、优化设计和优势设计等方法。
- ② 采用信息化技术和加快设计进度的设计可选择智能设计、虚拟设计、可视化设计、数字化设计、CAD、网络设计、并行设计、协同设计和快速反应设计等方法。
- ③ 采用综合与集成技术的设计可选择综合设计、集成设计和模块化设计等方法。
- ④ 要求的设计，如反求设计、改型设计、相似性设计、柔性化设计、融合设计和模糊设计等。

汽车系统化设计可克服单一设计方法的局限性，在现有的一些主要的方法中找出对汽车产品总体质量 [包括主动功能、辅助功能、结构性能（可靠性、安全性与耐久性）、工作性能（实用性、稳定性与指标优越性）、制造性能（工艺性、制造成本、生产周期等）] 有决定性影响或有重要影响的几种方法，在设计中加以综合考虑与实施。同时，汽车系统化设计也是面向汽车产品功能与性能的设计方法，即汽车产品总功能和全性能优化设计法。

1.2.3 汽车设计的主要方法

(1) 信息设计方法 信息分析与处理是汽车设计的依据。通过信息采样、统计、分析、处理，得出规律和结论，作为汽车设计的客观依据。例如，在汽车的结构强度设计中，要对该汽车载荷信息的采样、统计、分析、处理有一套设计方法，以便得出规律，作为汽车结构设计的依据。信息设计方法有预测分析法、信号分析法、谱分析法、信息合成法等。

(2) 功能设计方法 功能设计法是汽车设计的基础。其设计目标是实现汽车产品的功能，设计出具有较高性价比的汽车产品。基本特征是通过功能设计方法建立一套设计方案。功能设计分析方法包括功能分析法、功能分解、价值工程、可靠性设计等。

(3) 系统设计方法 系统设计方法把汽车看作是一个整体、一个系统，从系统的整体角度出发来研究汽车内部各个组成部分之间的有机联系，以及和系统外部之间的相互关系，它是一个综合的研究方法。例如，系统设计方法的体系基础就是运用系统思想方法和各种数学方法、控制理论，以及计算机等工具来实现系统的模型化和最优化，进行系统分析和系统设计。为了完成一项复杂设计任务，系统设计可分为三个主要区段，即信息获取、信息处理、信息整理。系统设计方法包括灰色系统设计法、系统工程、人机工程、逻辑分析法等。

(4) 计算机辅助设计方法 计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 方法是利用计算机来辅助设计人员进行工程和产品的设计，以实现最佳设计效果的一种技术。计算机辅助设计是将计算机高速而精确的计算功能、大容量存储和处理数据的能力、丰富而灵活的

图形文字处理功能与设计者创造性的思维能力、综合分析及逻辑判断能力结合起来,形成一个人与计算机各发挥所长,又紧密配合的系统,从而极大地加快了设计进程,缩短了研制周期,提高了设计质量,这种人机结合的交互式设计过程,构成了计算机辅助设计的工作过程。

在计算机辅助设计工作中,计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员的初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量的设计资料进行检索,根据设计要求进行计算、分析及优化,将初步设计结果显示在图形显示器上,以人机交互方式反复加以修改,经设计人员确认后,在自动绘图机及打印机上输出设计结果。在CAD作业过程中,逻辑判断、科学计算和创造性思维是反复交叉进行的。

计算机辅助设计系统由硬件和软件组成。CAD系统的硬件配置与通用计算机系统有所不同,其主要差异在于CAD系统硬件配置中具有较强的人机交互设备及图形输入、输出装置,为CAD系统作业提供一个良好的硬件环境。CAD系统除必要的硬件设备外,还必须配备相应的软件。如果没有软件的支持,硬件设备就不能发挥作用。软件水平是决定CAD系统效率高低、使用是否方便的关键因素。CAD系统软件主要包括操作系统、应用程序、数值分析程序库、图形软件和数据库管理系统。

CAD系统集成化是CAD技术发展的一个重要方面,集成化的形式之一是将CAD和CAM集成为一个CAD/CAM系统。在这种系统中,设计师可利用计算机,经过运动分析、动力分析、应力分析,确定零部件的合理结构形状,自动生成工程图样文件并存放在数据库中。再由CAD/CAM系统对数据库中图形数据文件进行工艺设计及数控加工编程,并直接控制数控机床去加工制造。CAD/CAM进一步集成是将CAD、CAE、CAPP、CAM集成为CIMS计算机集成制造系统,使设计、分析、工艺、制造工作一体化,实现无纸化生产。

(5) 有限元设计方法 有限元设计方法是以计算机为工具的一种数值计算设计方法。该方法不仅能用于工程中复杂结构的静态和动力学分析,而且还可以用于复杂的非线性问题(如结构力学、流体力学、热传导、电磁场等)的求解,并能精确地计算形状复杂的零件的应力分布和变形,成为复杂汽车零件强度和刚度计算的有力分析工具。有限元设计方法的基本思想是将结构离散化,用有限个容易分析的单元来表示复杂的对象,单元之间通过有限个节点相互连接,然后根据变形协调条件综合求解。

在有限元中,常以节点位移作为基本未知量,并对每个单元根据分块近似的思想,假设一个简单的函数近似地表示单元内位移的分布规律,再利用力学理论中的变分原理或其他方法,建立节点力与位移之间的力学特性关系,得到一组以节点位移为未知量的代数方程,从而求解节点的位移分量。然后利用插值函数确定单元集合体上的场函数。显然,如果单元满足问题的收敛性要求,那么随着缩小单元的尺寸,增加求解区域内单元的数目,解的近似程度将不断改进,近似解最终将收敛于精确解。有限元法求解问题的计算步骤如下。

① 连续体离散化 首先应根据连续体的形状选择最能圆满地描述连续体形状的单元。常见的单元有杆单元、梁单元、三角形单元、矩形单元、四边形单元、曲面四边形单元、四面体单元、六面体单元以及曲面六面体单元等;其次,进行单元划分,单元划分完毕后,要将全部单元和节点按一定顺序编号,每个单元所受的载荷均按静力等效原理移植到节点上,并在位移受约束的节点上根据实际情况设置约束条件。

② 单元分析 即建立各个单元的节点位移和节点力之间的关系式。

③ 整体分析 即对各个单元组成的整体进行分析,其目的是要建立一个线性方程组,来揭示节点外载荷与节点位移的关系,从而求解节点位移。

用有限元法不仅可以求结构体的位移和应力，还可以对结构体进行稳定性分析和动力分析；求结构的自激振动频率、振型等动力响应以及动变形和动应力等。有限元法分析软件（ANSYS、ABAQUS、NASTRAN、ADINA、SUPSAP、LUSAS、MSC.Nastran、Ansys、Abaqus、Algor、Femap/NX Nastran、Hypermesh、COMSOL Multiphysics、FEPG、SciFEA等）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、等直线图、振型图，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方便，计算精度高，其计算结果已成为各类汽车及机电产品设计和性能分析的可靠依据。

(6) 可靠性设计方法 可靠性 (Reliability) 是衡量汽车产品质量的重要指标之一。可靠性是指产品在规定的条件下、规定的时间内完成规定的功能的能力。这里的“条件”包括工作条件、使用条件和环境条件；“时间”是指寿命、工作循环次数或行驶里程；“功能”是指技术文件规定的功能，包括精度及允许的波动范围。汽车可靠性是衡量汽车产品质量的一个重要指标。汽车可靠性设计是将概率统计理论、失效物理和汽车工程学等相结合起来的综合性工程技术。在预测与预防产品所有可能发生的故障的基础上，通过采用相应的可靠性设计技术，使所设计的产品符合规定的可靠性要求。汽车可靠性设计方法的主要特征就是将常规设计方法中所涉及的设计变量，如材料强度、疲劳寿命、载荷、几何尺寸及应力等所具有的多值现象都看成是服从某种分布的随机变量，根据汽车产品的可靠性指标要求，用概率统计方法设计出零部件的主要参数和结构尺寸。

汽车可靠度与失效率是可靠性的重要内容，可靠性的度量与失效率密切相关。失效率有三种基本失效模式，即指数分布、正态分布和威布尔分布，汽车设计中的设计变量大多符合这三种分布形式。汽车强度可靠性设计就是要得到载荷（应力）及零件强度的分布规律，合理地建立应力与强度之间的数学模型，严格控制失效概率，以满足设计要求。应力强度干涉模型揭示了概率设计的本质。汽车疲劳强度可靠性设计是根据直接测得的计算点的应力或根据实测的载荷推算出计算点的应力，经统计分析得出应力密度函数及其分布参数。结合材料疲劳强度分布资料，如R-S-N曲线或等寿命曲线；结构尺寸参数及强度修正系数的统计特性，再考虑汽车零件所承受的应力的性质，对汽车零件进行疲劳强度可靠性设计计算。汽车系统可靠性设计不仅取决于组成系统的单元的可靠性，而且也取决于组成单元的相互组合方式。为了计算系统的可靠度，不管是可靠性预测还是可靠性分配，首先都需要有系统的可靠性模型。

(7) 创造性设计方法 创造性设计方法是智能化设计方法的基础。产品设计中是否注重创造性，是区别智能化设计和传统设计的重要标志。在汽车产品设计中，无论是确定技术原理、技术过程，还是确定系统的功能结构或者具体零件的形状、尺寸、加工制造方法等，都要充分发挥人的创造潜力，用创造性的方法求解问题，才可能获得高质量的产品。创造性设计方法有综合法则、还原法则、对应法则、移植法则、离散法则、强化法则、换元法则、组合法则、逆反法则、仿形法则、群体法则等。

(8) 优化设计方法 优化设计方法是把最优化数学原理应用于汽车设计问题。这种方法首先将设计问题按规定的格式建立数学模型，并选择合适的优化算法，选择或编制计算机程序，然后通过计算机自动获得最优设计方案。在众多的设计方案中寻求尽可能完善的或最适宜的设计方案的一种汽车设计方法，优化设计为汽车设计提供了一种重要的科学设计方法，采用优化设计方法能大大提高设计效率和设计质量。优化能实现合理化、科学化、满意化，是一个系统分析、系统综合、系统检验的反复交叉过程，是一个永无止境的过程。在优化设



计过程中,常常需要根据汽车产品设计的要求,合理确定各种参数,以达到最佳的设计目标。对汽车来说,优化设计方法使汽车设计的改进和优选速度大大提高。例如,为提高汽车性能的参数优化,为减轻重量、降低成本的汽车结构优化,各种传动系统的参数优化,以及发动机系统的隔振与减振优化等。优化技术不仅用于汽车产品成型后的再设计过程中,而且已经渗透到汽车产品的开发设计过程中。同时,它与可靠性设计、模糊设计、有限元法等其他设计方法有机结合能取得新的效果。

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期望得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、目标函数相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。优化算法有黄金分割法、鲍威尔法、变尺度法、惩罚函数法等,优化设计方法有广义优化设计法、方案优化法、图论及网络优化、离散优化、交叉优化、模糊优化等。

(9) 相似性设计方法 相似性设计方法是尽可能利用已有设计成果,快速高效地进行新产品的开发和设计,从而提高设计标准化水平,缩短产品开发周期。相似理论是从描述自然现象所应服从的客观规律的数理方程及其定解条件出发,即从现象发生和发展的内部规律性及外部条件出发,从这些数理方程所固有的在量纲上的齐次性以及数理方程的形式不受度量单位制约的影响等前提出发,通过线性变换等数学演绎手段而得到自己的结论。相似理论的发展趋势是相似理论与模糊分析结合以解决建模过程中某些不确定问题;相似理论与优化设计技术结合以解决模型最优化问题;相似理论与专家系统结合以解决建模过程中专家知识利用问题等。相似性设计方法有相似设计法、模拟设计法、仿真设计法、仿生设计法等。

相似性设计的关键是找出相似系统各尺寸参数的相似比。根据各种物理现象的关系式推导出的由物理量组成的无量纲数群为相似准则。与相似准则各参数对应相似比组成的关系式称为相似指标。用相似准则、方程分析、量纲分析列出相似比方程,可求得相似比。相似性设计步骤为,先设计基本型产品,确定产品系列是几何相似还是半相似,选择计算级差,求得扩展型产品的参数尺寸,确定系列产品的结构尺寸。几何相似的产品还可按相似关系以生产成本进行估算。

(10) 动态设计方法 动态设计方法的依据是“世界是物质的,物质是运动的,运动是物质的存在形式,静止是相对的,运动是绝对的”,动态设计方法是汽车设计的深入要求。例如,汽车可靠性设计,又称为概率设计,以非确定性的随机方法研究和设计汽车产品,其核心内容是针对研究汽车的失效与防失效问题,建立设计计算理论和方法,在规定条件和规定时间内,完成规定功能的能力。研究汽车产品工作状态的随机规律和可靠性,不仅揭示了事物的本来面貌,而且较全面地提供设计信息,能有效地处理汽车设计中的一些问题,提高汽车产品质量,减少零件尺寸,从而节约原材料,降低成本,带来较大的经济效益。动态设计方法有动态分析设计、模态分析设计、实验模态分析设计、可靠性设计、动态仿真、柔性设计法等。

(11) 离散设计方法 离散设计方法是根据事物的可分性、离散与集合的规律,任何复杂研究对象及系统都可以离散成有限个或无限个基本的、简单的单元或子系统来分析、细解和处理,然后恢复合成,得到总体的近似与圆满的求解。例如模块化设计,模块化产品是由一组特定模块在一定范围内组成不同功能或功能相同而性能不同的产品。设计模块和模块化产品,可以满足日益增长的多品种、多规格的要求。模块系统的特点是便于发展变型产品,更新换代,缩短设计和供货周期,提高性能价格比,便于维修。但对于结合部位和形体设计