

# 面向汽车造型形态的 设计认知机理与方法

卢兆麟 © 著

RESEARCH ON MECHANISM AND  
METHODS OF DESIGN COGNITION FOR  
VEHICLE STYLING



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 面向汽车造型形态的设计 认知机理与方法

卢兆麟 著

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

面向汽车造型形态的设计认知机理与方法 / 卢兆麟  
著. -- 北京: 北京理工大学出版社, 2022. 3  
ISBN 978 - 7 - 5763 - 1127 - 3

I. ①面… II. ①卢… III. ①汽车—造型设计—研究  
IV. ①U462. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 038504 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 12.5

责任编辑 / 吴 博

字 数 / 185 千字

文案编辑 / 李丁一

版 次 / 2022 年 3 月第 1 版 2022 年 3 月第 1 次印刷

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 68.00 元

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前 言

在“网联化—智能化—共享化—电动化”（CASE）趋势下，汽车的车身造型形态从仅作为美学属性向兼具功能性、社会性、交互语义的方向发展，正处于重大变革的前沿。

为了更好掌握研究现状并把握未来发展态势，第1章阐述了车身造型形态设计研究概况，首先通过文献研究分析了CASE背景下汽车造型设计的流程、任务模型；然后从品牌文化特征、意象驱动、空气动力学、被动安全、乘员舒适性5个方面梳理并总结了现有车身造型形态设计研究的体系；最后对CASE趋势下车身造型形态设计研究的发展进行展望，未来将向着空间重构、体验重构和价值增益三个方面发展，并将关键研究方法归纳为计算设计方法与新的计算机辅助设计手段。

为了弥补主观性评价方法的不足，以获得用户对于汽车造型设计的客观性评价，第2章提出了一种基于眼动跟踪特征的汽车造型评价方法。首先提出以眼动热点图为基础构建车型评价指标体系，包括对热点图进行背景剥离，通过HSV模型提取其颜色特征，并计算其灰度直方图的各项统计值；然后进一步将汽车造型的评价定义为二分类问题，运用Fisher判别建立函数模型；最后以实例验证了上述方法的可靠性与实用性，结果表明该方法总体上具有较高准确度，为实现汽车造型的客观性评价提供了一种新的技术途径。

为使汽车造型设计更好地符合目标用户的审美心理，以跨文化视角对用户视觉模式识别进行比较研究，第3章基于Treisman的“特征整合理论”，

提出了汽车造型视觉识别一般模型。以汽车前视正面造型为样本,选取中、德两国用户作为被试者,以“品牌识别”为任务。首先使用 Dikablis 眼动仪进行眼动跟踪实验;然后结合 Likert 量表进行“识别度”的问卷调查。同时,利用灰度直方图对眼动热点图进行特征提取,并对用户感兴趣区的各项指标进行对比分析。结果发现:①中、德两国用户群体的汽车造型基本识别过程具有相似的完形心理规则,同时中国用户更趋于“由上而下”识别模式;②与德国用户相比较,中国用户在汽车造型识别过程中的水平眼动更活跃,视觉搜索的跳跃性更强,视觉信息处理的过程更为复杂;③进气格栅、车灯、后视镜是最能帮助用户识别的部分,汽车造型特征的继承性对于提高识别度作用显著。

第4章对设计师思维机制进行研究。首先对汽车造型设计模糊前端的概念与内涵进行了阐述,将思维过程划分为发散、转化、收敛三个阶段,进一步对思维过程进行了形式化描述,定义了思维活动的类型;然后围绕“针对80后都市群体的纯电动汽车”这一特定设计任务展开口语报告实验,并提出了基于思维过程及基于思维活动的两种编码方案,对有经验设计者和新手设计者的实验数据进行了对比分析,发现并总结了两者的差异性;最后得出三点结论,从而为设计实践与教育提供理论支持。

在第5章中,为有效获取用户感性需求并塑造整车形象,提出了一种基于自然语言处理的汽车造型风格推导与评价方法。首先描述了汽车造型设计过程的领域任务,并建立了汽车造型风格的设计模型。然后通过自然语言处理对汽车造型隐性风格进行表征,包括:①口语分析;②设计主题词提取及权重计算;③设计主题词相似度计算与聚类。最后进一步阐述了基于特征匹配的显性风格生成机制,并与改进的三标度层次分析法相结合,对显性风格进行评价,并以实例验证了该方法的有效性。

本书得到国家自然科学基金(51505251)、北京市教育科学“十四五”规划重点项目(CDAA21040)资助。

北京理工大学设计与艺术学院研究生宋新衡、李双旭、袁若歆、方可可、王慧萱、方耀等参与了部分章节的撰写，在此表示感谢。

感谢北京理工大学研究生教育培养综合改革项目对本书的资助。

本书适合于工业设计、产品设计相关专业的高校师生、研究人员及企业设计人员学习使用。

**著 者**

**2022 年 3 月**

# 目 录

第 1 章 CASE 趋势下汽车造型设计研究的现状与趋势	001
1.1 汽车造型概述	003
1.2 汽车车身造型形态设计过程与任务模型	005
1.2.1 汽车造型设计流程	005
1.2.2 汽车车身造型形态设计的任务模型	010
1.3 现有汽车造型研究体系的主要内容	013
1.3.1 基于品牌文化特征的车身造型形态研究	014
1.3.2 意象驱动的车身造型认知研究	015
1.3.3 融合空气动力学的车身造型形态研究	017
1.3.4 考虑被动安全的汽车造型形态研究	018
1.3.5 基于乘员舒适性的车身造型形态研究	018
1.4 CASE 趋势下车身造型形态设计的展望	019
1.4.1 空间重构	019
1.4.2 体验优化	021
1.4.3 价值增益	022
1.5 未来车身造型形态设计研究的关键方法与技术	024
1.5.1 计算设计方法	024
1.5.2 新的计算机辅助设计手段	025
1.5.3 总结与展望	025
参考文献	026

<b>第2章 基于眼动跟踪技术的汽车造型评价方法</b> .....	033
2.1 眼动跟踪研究文献分析 .....	035
2.2 眼动跟踪技术的发展 .....	039
2.3 眼动跟踪技术在泛设计领域的应用与研究 .....	041
2.3.1 眼动跟踪技术在实体设计领域的应用 .....	042
2.3.2 眼动跟踪技术在交互设计领域的应用 .....	047
2.3.3 眼动跟踪技术在情绪及行为研究中的应用 .....	050
2.4 眼动跟踪技术在泛设计领域的发展趋势 .....	054
2.5 基于眼动跟踪技术的汽车造型认知研究 .....	055
2.5.1 基于眼动跟踪的产品造型整体性认知 .....	055
2.5.2 眼动数据指标体系的建立 .....	056
2.5.3 汽车造型评价的判别函数模型 .....	058
2.5.4 实例研究与方法验证 .....	060
2.5.5 总结与展望 .....	066
参考文献 .....	067
<b>第3章 基于跨文化视角研究的汽车造型视觉模式识别</b> .....	075
3.1 跨文化视角研究概述 .....	077
3.1.1 跨文化视角研究背景与意义 .....	077
3.1.2 跨文化比较研究历史脉络 .....	077
3.2 跨文化比较研究中的认知问题 .....	080
3.2.1 跨文化比较研究中的认知风格呈现 .....	080
3.2.2 跨文化比较研究中的认知决策差异 .....	081
3.3 跨文化比较研究中的具体问题与方法 .....	082
3.3.1 跨文化比较研究中因果关系验证问题 .....	082
3.3.2 跨文化比较研究中汇聚方法及其类型 .....	083
3.3.3 跨文化比较研究中的视觉模式识别 .....	084

3.4 跨文化视角研究下产品造型的视觉模式识别问题 .....	089
3.4.1 视觉模式识别的跨文化研究 .....	089
3.4.2 产品造型视觉模式识别的形式化描述 .....	089
3.4.3 实例研究 .....	091
3.4.4 分析与讨论 .....	094
3.4.5 总结与展望 .....	101
参考文献 .....	102
<b>第4章 基于汽车造型设计模糊前端的思维机制研究 .....</b>	<b>109</b>
4.1 模糊前端研究文献分析 .....	111
4.1.1 文献来源 .....	111
4.1.2 文献分析 .....	112
4.2 模糊前端的内涵 .....	113
4.2.1 模糊前端的界定 .....	113
4.2.2 模糊前端的特征 .....	115
4.2.3 产品设计模糊前端的影响因素 .....	117
4.3 模糊前端的绩效优化 .....	118
4.3.1 模糊前端的绩效与整体绩效 .....	118
4.3.2 基于定义的优化 .....	119
4.3.3 基于项目资源的优化 .....	121
4.3.4 基于环境的优化 .....	121
4.3.5 模糊前端绩效的检验因素 .....	122
4.4 面向产品开发模糊前端的研究 .....	124
4.4.1 有形产品 .....	124
4.4.2 无形产品 .....	125
4.4.3 产品设计模糊前端的研究工具 .....	126
4.4.4 存在问题及研究趋势 .....	129
4.5 汽车造型设计模糊前端的思维机制研究 .....	130

4.5.1	产品造型设计的模糊前端·····	130
4.5.2	基于口语报告的造型设计思维机制研究·····	132
4.5.3	实例研究·····	133
4.5.4	总结与展望·····	140
	参考文献·····	141
<b>第5章</b>	<b>基于自然语言处理的汽车造型研究</b> ·····	<b>149</b>
5.1	自然语言处理概述·····	151
5.1.1	概念内容与发展历程·····	151
5.1.2	应用领域·····	152
5.1.3	发展趋势与挑战·····	153
5.2	设计概念生成方法·····	154
5.2.1	基于认知方式的设计概念生成方法·····	154
5.2.2	基于数据分析的设计生成方法·····	159
5.2.3	设计评价方法·····	160
5.3	创新设计相关理论·····	164
5.3.1	TRIZ·····	164
5.3.2	质量功能配置·····	165
5.3.3	功能分析法·····	167
5.3.4	设计理论集成方法·····	168
5.4	基于自然语言处理的汽车造型设计·····	169
5.4.1	面向产品造型设计过程的任务·····	169
5.4.2	产品造型风格设计·····	169
5.4.3	实例研究·····	173
5.4.4	总结与展望·····	182
	参考文献·····	183
	后记·····	189

第 **1** 章  
CHAPTER

**CASE 趋势下汽车造型  
设计研究的现状与趋势**



## 1.1 汽车造型概述

汽车形态主要受到机械结构、人机工程、空气动力学、能源形式四个因素的影响，还要考虑时代性、审美观念等因素。目前，由于新一轮科技革命和产业变革，带动汽车行业加速转型发展，随着新一代信息技术、能源、材料等前沿成果在汽车领域的深度集成与应用，全球汽车工业向着更加节能、环保和智能方向发展。戴姆勒-奔驰汽车公司等将这一变化总结为“网联化-智能化-共享化-电动化”（Connected-Autonomous-Shared-Electric, CASE）。其中，智能化与网联化是高度融合的，车辆通过搭载先进传感器等装置，运用图像识别等新技术，实现车、路、人、云等智能信息交换与共享，可以进行复杂环境感知、智能决策与协同控制等功能，正逐步演变为智能移动空间和应用终端，其高级阶段即完全无人驾驶汽车（L5级），将彻底改变驾乘人员对时间和空间的认知。电动化是伴随着世界范围内能源结构转型发展起来的，相比之下起步更早，主要包括纯电动汽车、插电式混合动力（含增程式）汽车、燃料电池汽车等主要类型。目前，智能化、网联化与电动化成交织发展的态势，国务院2020年发布的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》中提出，将动力电池与管理系统、驱动电机与电力电子、网联化与智能化技术作为产业基础能力提升的关键。共享化实质上属于一种商业模式，其带来的最直观的改变，是加快了车企从传统制造企业向移动出行服务商的转型步伐。业内普遍认为，共享化的真正实现依赖于其他“三化”的高度发展。

所谓汽车车身造型形态设计，是指“根据汽车整体设计的多方面要求以塑造最理想的车身形状，是汽车外部造型与车厢内饰及空间设计的总和”。目前，汽车造型设计实践体系上可划分为独立设计公司和汽车企业内部设计

部门两大类。自 20 世纪 90 年代中期以来，汽车产业发生了两个重要变化：①由于市场竞争加剧，新车型开发周期明显缩短、推出新车型的数量明显增加，这使得厂商特别是新兴厂商大幅增加了造型设计的资金投入，同时加强了与设计、技术服务等专业型公司的合作；②汽车产业价值链重组，历史悠久的传统汽车厂商正逐渐转变为以品牌为基础的系统集成商，为了保持其品牌的可识别性、避免设计风格趋同化，造型设计工作多在其内部设计系统展开。我国汽车市场在进入 21 世纪以来经历了“井喷式”增长，自 2015 年以来产销量、保有量均居世界首位。受到市场因素的有力推动，自主品牌企业在汽车造型设计方面取得了很大的进步，形成了原创设计能力。但总体而言，与世界著名传统汽车企业相比仍有一定差距，不同程度地存在着抄袭已有成功设计，或是完全委托外方机构设计的问题，导致了两个后果：①文化差异性增加了国内用户接受车型的难度。汽车造型设计能否取得成功，关键在于是否契合特定目标群体的文化、心理特征，用户购买的除了使用价值，其附加价值（如身份象征、精神满足等）愈发重要。②自主知识产权的缺失阻碍企业进一步成长。随着经济的日益全球化，对著名企业产品进行“山寨”的做法受到有关法律、法规的严厉限制，反观那些世界著名的汽车品牌，在长期的历史进化中大多已形成了特色鲜明的造型风格，具有良好的区分度和感性意象。

在 CASE 趋势下，尤其是以特斯拉电动汽车为代表的非传统型高科技公司在纯电动汽车和无人驾驶等领域取得了巨大成功。受此鼓舞，造车新势力企业不断涌现，传统汽车企业转型速度加快，加之心理学、计算机科学、管理学、社会学等相关学科与设计学的深度交叉融合，车身造型形态设计出现了新的发展，正处于重大变革的前沿。另外，汽车的造型形态设计至关重要，消费者将造型作为选择汽车理由的比例远远高于其他商品。奥迪汽车公司统计发现，近 60% 的用户在做出购买汽车决定时更多的是考虑造型而非技术指标；根据国务院发展研究中心、中国汽车工程学会等机构的联合调查，分别有 77.2%、83.5%、75.7% 的中国消费者在决定购买轿车、运动型多用途汽车（SUV）、多用途汽车（MPV）车型时，认为造型是首要考虑

因素，车辆被列为“形态要素占据主导”的三大产品设计类型之一。

本章主要针对在5G、物联网、人工智能、新能源等技术蓬勃发展的趋势下，汽车车身造型形态设计研究面临的新机遇与挑战，对相关理论与技术进行回顾与梳理分析，归纳相应的研究范式，总结其关键问题，并对其未来发展前景进行展望。

## 1.2 汽车车身造型形态设计过程与任务模型

### 1.2.1 汽车造型设计流程

#### 1.2.1.1 传统汽车造型设计流程

完整的整车开发流程一般包括产品战略策划、产品定义、概念开发、工程设计、产品验证、商品化生产6个阶段，总历时50个月左右，如图1-1所示。

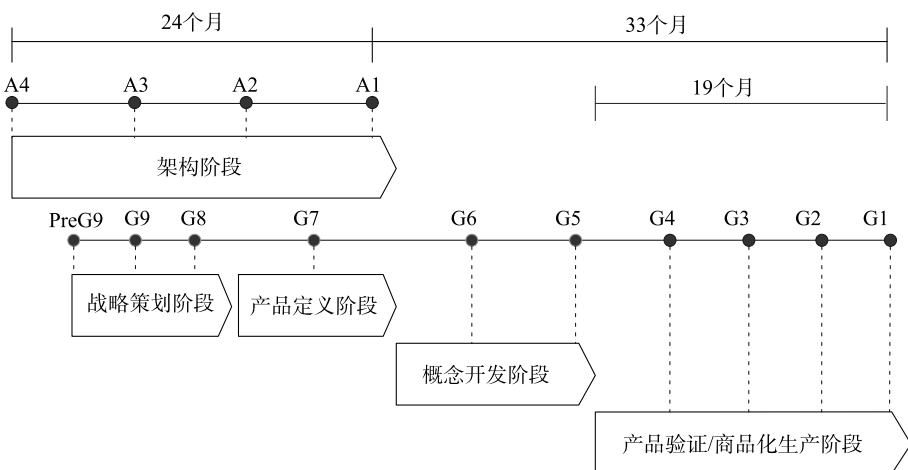


图 1-1 传统模式下通用汽车全球整车开发流程

造型设计属于概念设计阶段，为了保证设计产出的稳定性，各机构在进行汽车造型开发时一般会遵循固定的流程，从而降低不确定性，并在具体过程中会综合运用多种方法和工具，Bae 等总结了传统汽车造型设计流程、工具与方法，如图 1-2 所示。

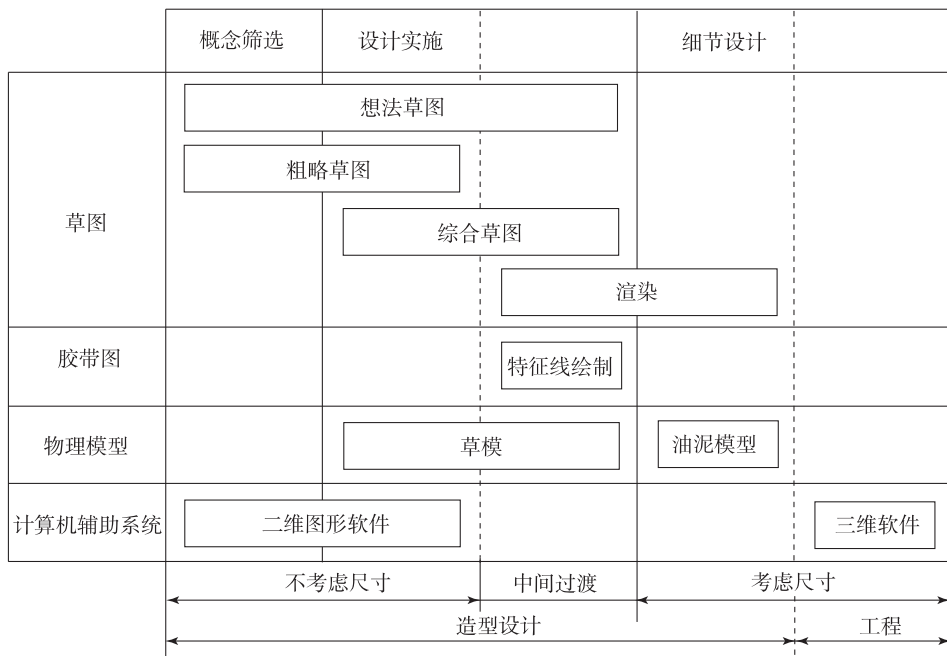


图 1-2 传统汽车造型设计流程

值得注意的是，在正式的开发阶段之前还存在模糊前端阶段（Fuzzy Front End, FFE），指的是新车型进行实质性设计之前的阶段，包括产品概念的提出与定义以及产品创意的产生、评价和筛选。国内外大量实证研究发现，项目成功率与投入在模糊前端阶段时间成强正相关，通过提升模糊前端活动可以提前规避风险，从而带来了巨大的效益，模糊前端的执行效果实际上成为新产品开发成败的分水岭，汽车造型设计模糊前端可划分为项目前端与设计前端，如图 1-3 所示。

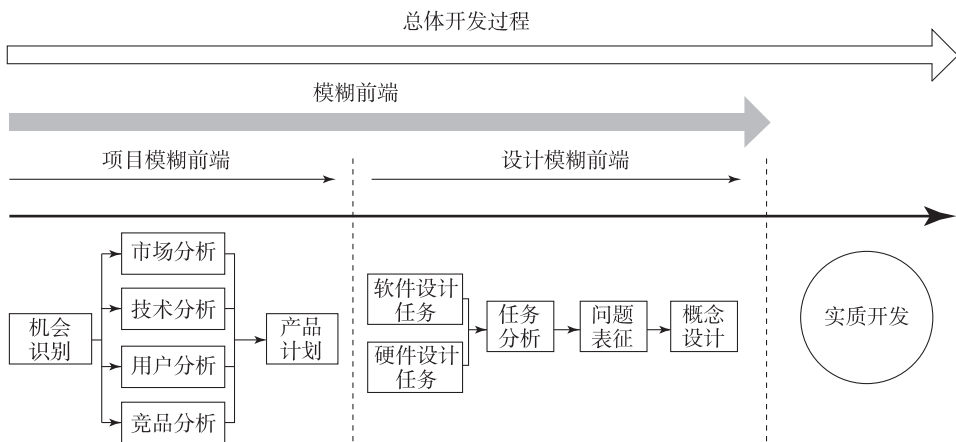


图 1-3 汽车产品开发模糊前端

### 1.2.1.2 CASE 趋势下车型开发流程的重构

在 CASE 趋势下，整车开发流程虽然仍大体上包括上述 6 个阶段，但具有显著不同，主要受到以下因素的影响。

#### 1. “软件定义汽车”技术体系逐渐形成

随着 CASE 的发展，车辆架构正在以通用计算平台为基础、面向服务架构的方向发展。未来车辆差异化将更多体现在软件赋能的人机交互界面和用户体验层面，汽车技术革新也将更多地由软件带动，即“软件定义汽车”（Software Defined Vehicles, SDV）。有学者将“软件定义汽车”描述为：在模块化和通用化硬件平台支撑下，以人工智能为核心的软件技术决定整车功能。汽车硬件将成为模块化、通用化的平台和资源池，支撑整车软件多样化开发与部署。

软件定义汽车功能的增加与升级可通过“空中下载技术”（Over-The-Air Technology, OTA）实现。例如，特斯拉在 2012 年推出的 Model S 车型上，最早通过 OTA 的方式完成续航里程增加、最高速度提高、乘坐舒适度提升等功能或者漏洞的修复，更新范围涉及人机交互、自动驾驶、动力系统、电池系统等领域；2016 年 11 月，丰田汽车宣布采用 OTA 技术更新行车