


汽车轻量化前沿技术丛书



世界汽车车身技术及 轻量化技术发展研究

The State-of-the-Art Study in
Global Car Body and Automotive Lightweight Technology

《世界汽车车身技术及轻量化技术发展研究》编委会 编著

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

汽车轻量化前沿技术丛书

世界汽车车身技术及 轻量化技术发展研究

《世界汽车车身技术及轻量化技术发展研究》编委会 编著

 **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

世界汽车车身技术及轻量化技术发展研究 / 《世界汽车车身技术及轻量化技术发展研究》
编委会编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019.7

ISBN 978-7-5682-6972-8

I. ①世… II. ①世… III. ①汽车-车体-研究②汽车轻量化-研究 IV. ①U463.8
②U462.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 077495 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) 68948351 (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 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 21.75

彩 插 / 10

字 数 / 534 千字

版 次 / 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 96.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

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

《世界汽车车身技术及轻量化技术发展研究》

编 委 会

顾 问：陈一龙 马鸣图 付俊岩 宋景良

编委会主任：郭爱民

副 主 任：路洪洲 王智文 万鑫铭 熊 飞

主 编：路洪洲

副 主 编：陈云霞 李 阳 金建伟 鲁后国

主 审：路洪洲 李 军 周 全 杨 冰

编 委（按姓氏拼音首字母排序）：

曹 伟 陈云霞 刁可山 郭爱民

黎 林 李 贺 李 红 李 军

李瑞生 李 阳 刘 波 刘 鹏

鲁后国 路洪洲 金建伟 阚洪贵

康 洁 梁江涛 马鸣图 欧阳俊珩

宋景良 孙 奎 万鑫铭 王文军

王 彦 王智文 吴 量 肖 锋

熊 飞 徐长林 徐 勇 杨 冰

赵鹏云 赵 岩 张钧萍 周 佳

周 全

近年来我国汽车工业发展迅速,汽车产销量已经连续 9 年位居世界第一,成为名副其实的世界汽车制造大国,汽车工业已成为我国工业的支柱产业,汽车工业的转型升级和高质量发展成为促进经济发展的重要环节之一。早 2015 年国务院印发关于《中国制造 2025》的通知中,汽车就已经被列为十大“大力推送突破发展重点领域”之一,而“推动节能与新能源汽车发展”是重中之重。我国汽车工业的转型升级和高质量发展离不开产品的正向开发和车身轻量化等关键核心技术的发展,只有掌握了汽车产品开发的核心技术、不断地突破和创新,我国的汽车工业才能可持续健康发展,冲出中国、走向世界,才能由汽车大国迈向汽车强国。

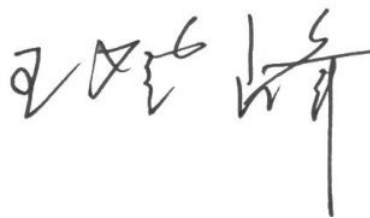
《世界汽车车身技术及轻量化技术发展研究》一书一改之前相关书籍的撰写思路,既聚焦车身研发的轻量化共性关键技术,又瞄准不同车企车身轻量化开发差异化和品牌化的特点;既重视不同血统车型车身轻量化开发技术特征的深入论述,又强调不同级别汽车车身结构设计、用材和制造工艺不同轻量化技术路线的特殊选择,力争从不同的视角系统剖视车身轻量化开发的技术关键,为读者提供更加丰富、具体和翔实的技术参考。首先,该书是由整车企业的一线产品开发技术人员和专家为主编写的,在编撰过程中从车身产品开发的实际出发,内容更有针对性,细节更翔实具体,阐述的关键技术更接近产品开发和实际应用,对汽车工程师更具有指导意义和参考价值;然后,该书根据不同车系的品牌和国别(地区)、不同车型等级、不同动力驱动系统类型进行分类论述和归纳总结,既能窥视不同国家和地区汽车企业的技术发展路径,也能针对不同级别和驱动类型的车型提出差异化的车身开发技术路线,这使本书的可读性和针对性更强,参考和使用价值更大,对车企车身开发技术路线的制定更具有指导意义;其次,汽车车身开发和轻量化主要由结构优化设计、零部件制造工艺、材料开发和应用三个核心要素构成,本书将这些要素融入某个具体车型、具体零部件或总成的开发中,并没有将三者割裂开来分别论述、而是将它们有机地结合起来进行融会贯通,这更符合汽车产品开发的逻辑和流程;最后,2019 年将是我国汽车产业转型发展的关键一年,智能化与信息化与汽车产业深度融合给汽车行业注入了新的血液,为汽车工业的发展创造了千载难逢的历史机遇,同时受全球贸易保护主义抬头增大世界经济不确定性的影响,我国汽车工业也将面临非常严峻的挑战,上半年我国汽车产销量明显滑坡,社会各界对我国汽车工业的可持续发展出现不同的预期,发展信心出现波动。本书通过系统研究国内外汽车工业发展历史进程,深入分析了人均 GDP(1990 年 G-K 国际元)、报废汽车置换等与年度汽车销量的关系,并进行了严格的逻辑推导,建立了我国汽车年需求量的预测模型,分析表明 2027 年前后中国汽车销量有望达到 3 500 万辆,虽然不同年度其增长率会有所波动,但总的增长态势是不可逆转的,应该毫无疑问地对我国汽车工业的可持续发展充满信心。

我国汽车车身的开发已经从逆向开发、委托开发、联合开发到如今的自主

正向设计开发阶段，书中详细论述了国外有代表性车企汽车车身的平台化、模块化正向开发的共性特征和独有特点，以及不同车型特有的环状结构车身、BF 牢笼式车身、GOA 车身、Zone Body 车身、3H 结构高刚性安全车身、新环状力骨构造车身、HEEAB 高强度吸能构架式车身、G-CON 车身等差异化结构设计方法；随着新材料及其制造工艺技术的不断发展，全铝车身、复合材料车身、多材料车身等用材理念也在国内外中高端汽车车身上得到了探索和应用，为车身轻量化技术的发展起到了示范和引领作用；书中还详细介绍了新型铝合金材料及制造技术，如 PFHT 工艺、AlNbB 细化铸造铝合金工艺技术等，碳纤维复合材料应用技术，以及高延迟断裂热成形钢的应用技术等，并有针对性地列举了具体的应用案例，供读者自行品读，相信这些内容对车企车身工程师会大有裨益。

近年来我国新能源汽车得到了快速发展，新能源汽车具有多品种、小批量的生产和销售特点，同时受国家和地方政府政策的支持，对轻量化技术应用带来的成本增加承受度更大，更具有轻量化潜力，而轻量化对新能源汽车节省电耗、增加续航里程的作用更加明显。该书对新能源汽车的发展历程、生产模式和未来趋势进行了系统论述，尤其对新能源汽车车身的结构设计、用材特点、成形工艺和连接技术都进行了科学的阐述，必将对新能源汽车车身结构轻量化技术水平的提升发挥重要作用。

该书由正在从事汽车开发的企业一线技术专家编写，是企业产品开发工程师自己的工程技术书籍，不强调学术性，更注重实用性，该书的出版一定会对汽车车身开发和轻量化技术推广应用有一定的促进作用。作为汽车轻量化技术创新战略联盟专家委主任对本书作者们的辛勤付出和无私奉献表示衷心的感谢，相信在业界全体同仁的不懈努力下，我国汽车轻量化技术必将跻身世界一流水平的行列，我国由汽车工业大国到汽车工业强国的目标一定能够实现。



2019年6月20日

研读吴晓波的《历代经济变革得失》会发现，历代中国的变革，包括管仲改革、商鞅变法、王安石变法、桑弘羊革新、洋务运动、梁启超经济改革、改革开放等都逃不出中国 5 000 年深厚的历史逻辑。这些影响千万人命运和国运的大改革家、经济学大家无不以史为鉴、立足现实，在“收”“放”之间推动了历史进程，纵观中国经济变革史，就是一个“倾向市场的民间经济”和“倾向计划的国有经济”的往复过程。看托克维尔的《论美国民主》也会发现，被当今各国民主推动视为民主样板的美国式民主却并非一蹴而就，它与 200 年前的“新教徒运动”“联邦和州的博弈”“城镇政治的启蒙”等密切相关，正是这些不可复制的历史造就了美国式民主的诞生，割裂美国历史去研究和复制美国式民主就没有立足点。李约瑟先生的《中国科学技术史》研究了过去 4 000 年中国科技发展的进程，比较了中国科技成就和西方科技成就，站在世界级科学史、比较科学史和中外科学交流史的高度，把中国科学文明置于世界史应有的地位，从而纠正了西方过去对中国科学文化的错误看法、误解和低估。一位历史学家曾说“我们研究历史，就是为了以古鉴今、以史为鉴，我们能看清多远的过去，才能看清多远的未来”，这也是组织编撰本书的初衷。工程科学技术既允许异想天开、天马行空，又要求循规蹈矩、符合工程实际，每个汽车工程师都应该是一个保守的革命者，尊重历史才能引领未来。

整车企业的主要业务就是汽车产品的开发和销售，追根究底就是整车集成，换句话说就是向车身集成，因而在整车开发中，除开发平台外，车身开发尤其重要。轻量化，其英文为 *lightweight*，即“轻的重量”，简称轻量，轻字，古文写作“輕”，是车的一种。《周礼·春官·车仆》有记载：輕車之萃。谓驰敌致师之车也。輕車在五戎之中为最轻便的车，便于作战和狩猎。可见早在我国西周时期便开始了车辆轻量化。《素问·天元纪大论》称“物生谓之化，物极谓之变”，朱子曰：变者，化之渐；化者，变之成。可见“化”乃是质变之过程，是新事物新产品的产生，因而轻量化不是简简单单的减薄，而是通过设计、结构、材料和工艺等的“变”，达成更轻的、全新产品的结果的“化”，是一种解决方案。

做工程和科学也要“回头看”，以铜为镜可以正衣冠，以人为镜可以明得失，以史为镜可以知兴替。本书从不同角度回顾和总结了过去十到二十年相关技术的发展，希望可供业界参考、借鉴，并为自主品牌的车身性能开发以及轻量化开发提供帮助。

路洪洲

2018 年 7 月于廊坊凤凰城

本书的成书得到了中国主机厂一线的车身开发专家、轻量化专家等大力支持和响应，也得到北京理工大学出版社和中信微合金化技术中心的大力支持，在此表示感谢。本书由路洪洲博士策划及统稿，由行业著名汽车专家陈一龙先生和马鸣图先生、材料行业专家付俊岩先生、汽车设计专家宋景良先生担任顾问。本书有幸邀请到吉林大学教授、汽车行业资深专家、汽车轻量化技术创新战略联盟专家委员会主任王登峰教授在百忙之中为本书做序，在此深表谢意！

本书分为13章，以地区国别、汽车分级以及动力系统差异来作为大章节分类，尽管上述分类研究可能出现内容部分重复，但这个以过去15年左右的热点、看点作为具体研究分析内容的脉络，其可读性无疑对业内不同专业技术人员是最佳的。而如果以专业领域技术为脉，则会容易造成一叶遮目、难窥全局。

第1章由中信金属路洪洲撰写，主要通过研究过去若干年世界各国的汽车需求规律来研究中国未来十年的汽车需求量，并以此为契机探讨了平台化、模块化以及正向设计开发；

第2章由中信金属路洪洲、长城汽车李贺、上善科技肖锋、中信金属郭爱民等撰写，总结了车身设计制造的共性技术以及典型主机厂的差异性技术。

第3章由江淮汽车鲁后国、原一汽轿车王彦（现任职唐钢）以及原一汽轿车徐勇（现任职福特汽车）、江淮汽车阚洪贵和欧阳俊珩、一汽锻造徐长林和唐钢刁可山等联合撰写，总结了日系乘用车的轻量化策略，详述了丰田汽车以及马自达的车身及轻量化技术特点。研究了韩系乘用车特点以及典型韩系乘用车车身技术及轻量化技术演变。

第4章由大乘汽车金建伟、华晨汽车李红和李瑞生、前途汽车熊飞、北汽赵鹏云、威马汽车黎林撰写，总结了欧系乘用车车身技术及轻量化，尤其对大众及奥迪、沃尔沃和宝马等整车企业的车身技术进行了详细分析。

第5章由长安汽车刘波、刘鹏撰写，总结了北美系乘用车车身技术及轻量化，从北美系典型车型的车身技术分析入手，尤其对美系的车身技术和轻量化技术的发展趋势进行了研究。

第6章由奇瑞汽车李军、北汽孙垒撰写，总结了中国自主品牌乘用车发展历史以及国产乘用车整车性能的变化，对自主品牌车身技术及轻量化进行了深入的探讨，给出了中国自主品牌乘用车车身轻量化技术发展趋势。

第7章由奇瑞汽车陈云霞和吴量撰写，总结了广义A级轿车车身技术及轻量化，尤其对A级汽车平台化的车身技术和车身轻量化技术进行了详细阐述。

第8章由中国汽研的李阳、周佳、万鑫铭等撰写，总结了B级轿车车身技术及轻量化，尤其对各主机厂的富有特征的典型车身结构设计、安全技术和轻量化技术进行了深入的剖析，探讨了未来B级轿车车身技术以及轻量化技术的发展趋势。

第9章由中国汽研的赵岩、张钧萍、马鸣图等撰写，总结了C级及豪华轿车车身技术及轻量化，作为轿车中的高级产品，C级轿车及豪华轿车的空间性、

舒适性和安全性能均高于其他级别车型，着重分析了典型的 C 级轿车的车身技术和轻量化进行了研究，并预测了发展趋势。

第 10 章由中信金属路洪洲撰写，从通过性设计、车身刚度设计以及轻量化设计方面，探讨了 SUV 的车身技术和轻量化。

第 11 章由北汽王智文、曹伟，中信金属路洪洲撰写，从新能源乘用车补贴政策及对新能源整车性能要求的演变、新能源乘用车典型车身设计技术与传统燃油车的差异，以及未来新能源乘用车发展趋势的维度，探讨了新能源汽车的车身技术和轻量化技术。

第 12 章由东风汽车杨冰、周全、康洁、宋景良等撰写，从小批量车型的特点出发，系统阐述了概念车或小批量量产的设计、制造和选材和成本控制，并探讨了 3D 打印等新技术在未来小批量量产车型中的应用。

第 13 章由中信金属路洪洲、王文军和梁江涛等执笔，由本书作者联合撰写，探讨了汽车车身轻量化工程的科学实施。

本书引用了国内外行业专家的论文、报告、论述、著述等参考文献，在此表示感谢！由于作者水平有限，本书错漏缺点在所难免，希望读者批评指正！

本书向我国汽车行业著名专家陈一龙先生致敬！

第1章 汽车产业发展及平台化技术概述	1
1.1 汽车技术发展历史跟踪研究的意义和目的	1
1.2 各国汽车发展历史曲线分析及中国汽车发展	1
1.2.1 从各国汽车工业的发展历史来预测未来十年中国汽车产业	2
1.2.2 未来十年中国汽车产业对汽车车身技术的推动	12
1.3 平台化、模块化及正向开发	13
1.3.1 平台化	13
1.3.2 模块化	15
1.3.3 车身正向设计	23
1.4 车身技术分析的脉络	24
1.5 小结	26
第2章 车身共性技术及差异化车身技术	27
2.1 车身共性技术的发展	27
2.1.1 混合材料车身	27
2.1.2 车身连接技术	31
2.1.3 镁合金应用及其相关技术	46
2.1.4 铝合金应用及其相关技术	47
2.1.5 新型高强钢应用技术	57
2.1.6 新型复合材料应用技术	71
2.2 典型主机厂的差异性车身设计技术	76
2.2.1 环状结构设计技术	76
2.2.2 ACE (Advanced Compatibility Engineering) 的车身安全设计理念	81
2.2.3 基于车身疲劳耐久设计优化	83
2.2.4 精确仿真技术——成形后材料数据作为性能模拟的输入	86
2.2.5 铸造铝合金构件强化车身关键接头的设计	87
2.2.6 三角结构应用	87
2.3 小结	89
第3章 日系及韩系乘用车车身轻量化技术	90
3.1 日系乘用车轻量化技术概况	90
3.1.1 日系乘用车的轻量化策略	92
3.1.2 本田汽车车身轻量化技术	92
3.1.3 马自达车身轻量化技术	94
3.2 韩系乘用车的开发历史及特点	99
3.2.1 韩系乘用车企介绍	99
3.2.2 韩系乘用车特点介绍	99
3.2.3 典型韩系乘用车车身技术及轻量化技术演变	100

3.3 小结	103
第4章 欧系乘用车车身技术及轻量化技术	104
4.1 欧系乘用车轻量化技术概况	104
4.2 平台化、模块化策略与轻量化技术	107
4.3 奥迪车身轻量化技术	113
4.4 沃尔沃典型车身技术革新	114
4.4.1 车身轻量化设计	114
4.4.2 白车身用材情况	116
4.4.3 车身连接技术	118
4.4.4 沃尔沃的造型	119
4.4.5 模块化平台技术	120
4.5 德国宝马典型车身技术革新	121
4.5.1 设计篇	121
4.5.2 动力篇	123
4.5.3 材料篇	125
4.5.4 工艺篇	129
4.5.5 宝马5系车型轻量化技术应用	131
4.6 小结	133
第5章 美系乘用车车身技术及轻量化技术发展	134
5.1 美系乘用车的开发历史及特点	134
5.2 典型美系乘用车车身技术及轻量化技术演变	137
5.3 美系乘用车轻量化技术发展趋势分析	144
5.4 小结	145
第6章 中国自主品牌乘用车车身技术及轻量化技术发展	146
6.1 中国自主品牌乘用车的开发历史及特点	146
6.1.1 中国汽车自主品牌发展历程	146
6.1.2 国产乘用车市场份额变化	149
6.1.3 国产乘用车整车性能变化趋势	149
6.2 典型中国自主品牌乘用车车身技术及轻量化技术演变	153
6.2.1 国内乘用车车身轻量化趋势	153
6.2.2 轻量化设计	155
6.2.3 轻量化材料应用	158
6.2.4 工艺篇	167
6.3 中国自主品牌乘用车车身轻量化技术发展趋势分析	171
第7章 A级轿车车身技术及轻量化技术发展	173
7.1 A级车概述	173
7.2 A级车车身设计技术	174
7.2.1 A级车车身特点	174
7.2.2 A级车车身平台化设计	174

7.3 A 级车车身轻量化技术	179
7.3.1 A 级车车身轻量化的特点	179
7.3.2 A 级车轻量化措施	180
7.4 小结	183
第 8 章 B 级轿车车身技术及轻量化技术	184
8.1 B 级轿车发展历史及定义	184
8.1.1 B 级轿车定义	184
8.1.2 B 级轿车发展历史	184
8.2 B 级轿车整车性能的演变	186
8.2.1 B 级轿车性能变化趋势	186
8.2.2 B 级轿车发展趋势小结	187
8.3 B 级轿车典型车身设计技术	188
8.4 B 级轿车典型车身的轻量化技术	195
8.5 B 级轿车制造技术	215
8.6 未来 B 级轿车车身技术以及轻量化技术发展趋势	217
第 9 章 C 级及豪华轿车车身技术及轻量化技术	220
9.1 C 级轿车发展历史及定义	220
9.2 C 级轿车整车性能演变	223
9.3 C 级轿车典型车身设计技术	227
9.4 C 级轿车典型车身的轻量化技术	231
9.5 C 级轿车车身制造技术	236
9.6 未来 C 级轿车车身技术以及轻量化技术发展趋势	238
第 10 章 SUV 车型的车身技术及轻量化技术	240
10.1 SUV 车型的发展	240
10.2 SUV 车身设计技术	242
10.2.1 SUV 的通过性设计	242
10.2.2 SUV 的车身设计	244
10.3 SUV 车身轻量化技术	250
10.3.1 SUV 重量的定义	251
10.3.2 SUV 车身的轻量化	254
10.4 小结	262
第 11 章 新能源乘用车车身技术及轻量化技术发展	264
11.1 新能源乘用车发展历史及定义	264
11.1.1 新能源乘用车发展历史	264
11.1.2 新能源乘用车的定义	266
11.2 新能源乘用车补贴政策及整车性能的演变	267
11.2.1 2013—2015 年新能源乘用车整车性能指标变化	269
11.2.2 2016 年新能源乘用车整车性能指标变化	270
11.2.3 2017 新能源乘用车整车性能指标变化	270

11.2.4	2018 新能源乘用车整车性能指标变化	271
11.3	新能源乘用车典型车身设计技术	273
11.3.1	传统车身设计技术	273
11.3.2	常用的车身设计技术	273
11.3.3	参数化车身设计技术	274
11.4	新能源乘用车典型车身的轻量化技术	275
11.5	未来新能源乘用车车身技术以及轻量化技术发展趋势	277
11.5.1	新能源乘用车未来发展趋势	277
11.5.2	新能源乘用车未来典型车身技术	278
11.5.3	新能源乘用车未来发展技术路线	281
第 12 章	概念车或小批量量产车型车身技术及轻量化技术	283
12.1	概念车或小批量量产车型发展历史及定义	283
12.2	概念车或小批量量产整车性能的演变	284
12.3	概念车或小批量量产车型车身轻量化技术	285
12.3.1	结构优化设计	286
12.3.2	轻质材料的选用	287
12.4	概念车或小批量量产典型车型车身制造技术	291
12.4.1	成形工艺	291
12.4.2	连接工艺	295
12.5	国内概念车或小批量量产车型车身技术现状	298
12.5.1	车身结构型式	298
12.5.2	结构设计	299
12.5.3	材料选择	301
12.5.4	成形工艺	303
12.5.5	连接工艺	304
12.5.6	轻量化效果	307
12.6	未来概念车或小批量量产车型车身技术及其轻量化技术发展趋势	307
第 13 章	车身轻量化工程的科学实施	310
13.1	汽车轻量化对汽车工业发展和“中国制造 2025”的意义	310
13.2	汽车轻量化的科学开展	311
13.3	原材料企业和零部件供应商应重视 EVI	315
13.4	轻量化解决方案体系、车身正向选材体系以及轻量化评价体系的建立	316
13.5	新能源汽车的发展及轻量化	318
13.6	小结	321
	参考文献	322
	部分作者简介	327

■ 第 1 章

汽车产业发展及平台化技术概述

1.1 汽车技术发展历史跟踪研究的意义和目的

历史是一面镜子。近年来，科技呈爆炸式发展，促进了一批划时代的创新产品的诞生，但纵观历史，没有哪个产品横空出世，没有哪个技术可以割断历史，没有哪个变革是灵光一现，没有哪个创新是凭空捏造。苹果及微软的起家也并非没有历史可循，皆是乔布斯和比尔·盖茨在硅谷多年研究成果的基础上创新而来。

汽车是舶来品，奔驰等汽车品牌已经历了上百年的历史发展至今，中国自主品牌汽车不过经历了几十年的发展，而自主品牌乘用车更是 2000 年才异军突起，把中国汽车科技融入世界汽车科技当中还需时日，但不能低估近年来中国汽车科技对世界汽车科技做出的贡献。研究国外先进的汽车科技，并对比中国汽车技术的发展现状，有助于理解汽车技术的发展逻辑，剖析中外汽车技术的差距有助于创造机遇。

人在历史长河中是极其渺小的，然而也正是某单个技术的突破以及一代代科技工作者和工程师的持续努力，促进了科学技术的进步。继承和发扬正是科学技术以及工程科学进步的基础。自古以来中国的智慧已经证明，闭门造车往往会脱离实际需求，不能很好地被消费者所接受。“预测未来的最好方式就是创造未来”，希望通过对过去十年世界汽车车身技术及轻量化技术发展的跟踪研究，来总结和分析未来车身技术和轻量化技术的发展，为中国的车身技术以及轻量化技术发展添砖加瓦。

1.2 各国汽车发展历史曲线分析及中国汽车发展

相比于欧洲和美国上百年的汽车工业发展史，中国汽车工业发展仅仅几十年，且只是在 2000 年后才开始快速发展，这其中是否有内在的牵引因素？汽车工业作为民用工业，竞争

极为激烈，未来中国汽车工业的发展如何？留给技术进步和人才培养的时间和空间是否足够？是否可以通过各国汽车发展历史曲线来预测中国未来十年的汽车销量？本书在探讨车身和轻量化技术之前，将着重通过各国的历史经验来研究未来十年中国汽车市场的变化。

1.2.1 从各国汽车工业的发展历史来预测未来十年中国汽车产业

汽车主要可以分为乘用车和商用车，分别作为出行工具和物流运输工具，乘用车作为民用消耗品，其销量与购买者的购买力密切相关。而商用车作为生产资料，与经济发展所带来的运输需求密切相关。消费者的购买力以及运输需求变化则与人均 GDP 和全国 GDP 的增速密切相关，因而分析未来十年中国汽车需求量首先要研究未来十年中国 GDP 以及人均 GDP。2018—2027 年中国汽车销量预测模型见图 1-1。图 1-1 的逻辑是：第一，分别通过对中国经济增速的预研究和各典型工业化国家千人汽车拥有量规律的研究，得到过去和未来十年中国人均 GDP 和中国千人汽车拥有量的相关数据，再研究中国未来人口的变化，进而通过未来人口与千人汽车拥有量的乘积得到未来每年中国民用汽车保有量；第二，探索汽车报废规律，预测未来十年我国汽车年报废量；第三，通过中国未来每年民用汽车保有量和汽车年报废量，可以推测出未来汽车年销量。

2

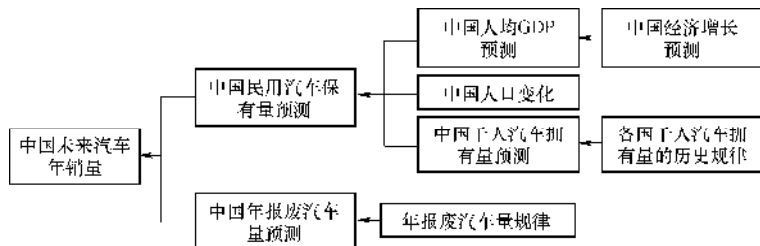


图 1-1 中国 2018—2027 年汽车销量预测模型

典型工业化国家的工业发展趋势与结构演变规律性较强。国务院发展中心研究发现采用人均 GDP 值(国际上较为通用的基于购买力平价口径核算的人均 GDP,单位为 1990 年 G-K 国际元)作为参照可以得到各行业的发展规律,即根据典型工业化国家制造业结构变化及各行业比重峰值出现时点与人均 GDP 的相关关系,可以预测未来我国各工业行业比重变化趋势。迄今为止,我国制造业发展趋势与典型工业化国家的一般规律基本吻合。从国际上的研究结果来看,各国的千人汽车拥有量与其人均 GDP 值(1990 年 G-K 国际元)有一定的关联性。图 1-2 列出了典型工业发达国家和地区的千人汽车拥有量与人均 GDP 值的关系曲线。

从图 1-2 可见,当人均 GDP 达到 3 500 国际元时,社会的汽车购买力增加,千人汽车拥有量开始呈高速度增长,当人均 GDP 达到 11 000 国际元时,千人汽车拥有量仍呈高速度增长,但相比之前增速放缓,尤其是达到 16 000 国际元以后增速进一步放缓,开始低速增长。

根据国务院发展研究中心的分析,可以将社会的汽车需求分为孕育阶段、普及阶段以及饱和阶段,如图 1-3 所示。

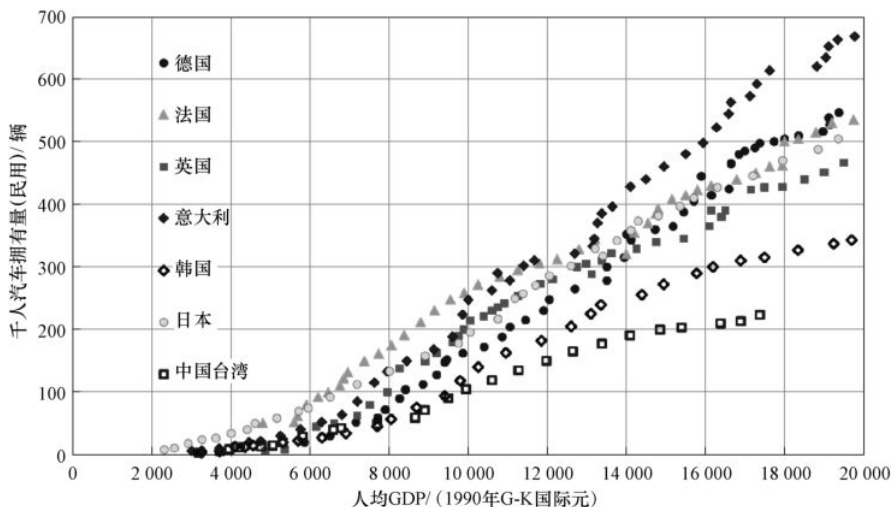


图 1-2 典型工业发达国家和地区的千人汽车拥有量与人均 GDP 值的关系曲线

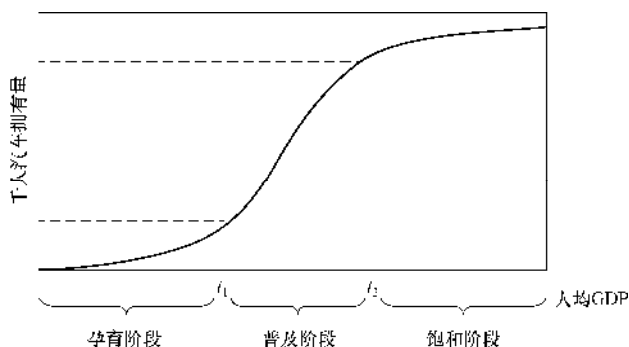


图 1-3 汽车需求增长的阶段性特征

汽车需求的不同阶段与国民的购买力和经济发展是密切相关的，一个国家的经济由低收入阶段向中高收入阶段迈进的过程，也是工业化不断深入推进的过程。在汽车需求孕育阶段，即工业化初期，此时的人均 GDP 小于 3 500 国际元。由于社会产品的产量小，汽车产品的产量也小且汽车价格高，而国民收入水平偏低，汽车只是作为奢侈品或生产工具存在，在这一阶段，汽车市场规模和保有量保持缓慢增长，千人汽车拥有量长期维持在 5 辆以下。而一旦人均 GDP 达到 3 500 国际元并且国民经济开始快速增长，就进入了汽车需求的普及阶段，此时国家进入工业化中期，随着汽车制造技术的发展和国民收入的增长，供给和需求互动带来规模经济的不断扩张，车价日益降低，汽车开始大规模进入家庭，汽车市场快速扩张。由于国民经济的快速发展，社会产品日益丰富，全社会的公路运输量激增，对商用车的需求也快速增加。在这一阶段，千人汽车拥有量从 5 辆快速增加到 400 辆左右，当然工业化较晚的国家和地区的汽车需求相对滞后，从图 1-2 可见，韩国和中国台湾地区在普及阶段的后期即人均 GDP 为 16 000 国际元时，千人汽车拥有量的最大值只有 200~300 辆，这与公共交通工具的发达以及民众对绿色出行的理念变化有关，如近年来，地铁、飞机、高铁的普及在一定程度上抑制了人们对汽车的需求。随着工业化的完成，人们对汽车的需求进入了饱和阶段，即汽车市场规模和保有量增长保持相对较低和稳定的状态，主要以存量调整以及报废汽

车置换为主。

另外从图 1-2 和图 1-3 也可以看出, 各国进入普及阶段和饱和阶段的临界条件大致相同。从进入普及阶段和饱和阶段的两个转折点(即 t_1 和 t_2) 来看, 工业化国家或地区大致在人均 GDP 达到 3 500 国际元时, 即千人拥有量超过 5 辆时, 汽车需求开始快速增加, 并且增长最快的是千人拥有量从 5 辆增加到 100 辆的时期, 是汽车需求的高速增长期, 高速增长期大致保持 20% 的年均增速, 并持续 15~20 年。在人均 GDP 大致达到 9 000 国际元前后时, 千人拥有量进入从 100 辆到 400 辆的中速增长阶段, 其中从 100 辆到 200 辆为中高速增长时期, 大致保持 12% 的年均增速, 并持续 5~7 年; 从 200 辆到 400 辆为中低速增长时期, 大致保持 4%~5% 的年均增速, 并持续 14~16 年。当人均 GDP 达到 16 000~18 000 国际元时, 整个市场开始进入饱和阶段, 市场主要以报废汽车置换需求为主, 千人汽车拥有量大致保持 1%~2% 的较低年均增速。典型工业化国家和地区汽车需求增长的阶段特征见表 1-1。

表 1-1 典型工业化国家和地区汽车需求增长的阶段特征

发展阶段	增长特征	千人汽车拥有量/辆	人均 GDP/ (1990 年 G-K 国际元)	千人汽车拥有量 年均增速/%	历时/年
孕育阶段 (t_1 前)	低速增长	0~5	<3 500	—	—
普及阶段 (t_1 ~ t_2)	高速增长	5~20	3 500 到 4 500	18~21	7~9
		20~100	4 500 到 9 000	19~20	8~9
	中速增长	100~200	9 000 到 12 000	11~12	5~7
		200~400	12 000 到 (16 000~ 18 000) 区间	4~5	14~16
饱和阶段 (t_2 后)	低速增长	400 以上	> (16 000~18 000)	1~2	—

2015 年中国人口达到了 13.76 亿, 官方的 GDP 增速为 6.9%, 人均 GDP 为 10 937 国际元, 千人汽车拥有量为 120 辆。中国及其他典型工业化国家和地区的千人汽车拥有量和人均 GDP 关系见图 1-4, 由图可见, 由于中国工业化进程开始较晚, 再加之地铁、公交、出租

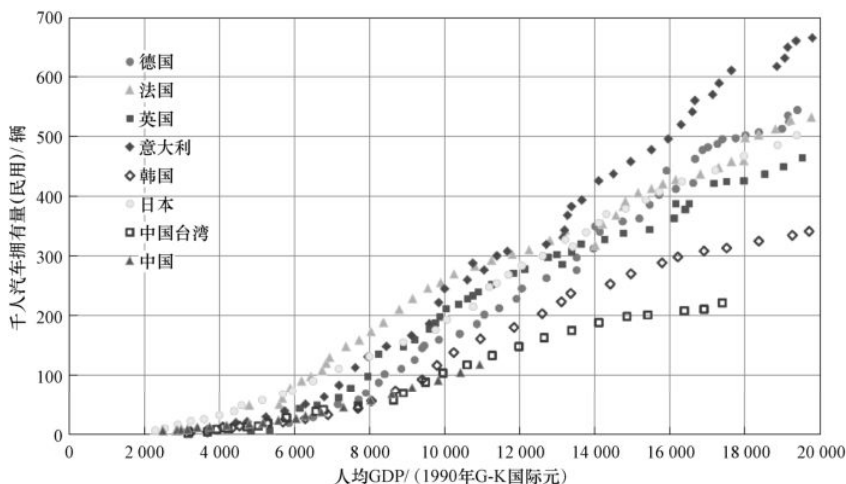


图 1-4 中国及其他典型工业化国家和地区的千人汽车拥有量和人均 GDP 关系