



中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会

推荐出版

中国汽车 轻量化发展 战略与路径

CHINA AUTOMOTIVE
LIGHTWEIGHT DEVELOPMENT
—STRATEGY AND PATH

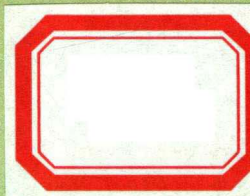
中国汽车工程学会
中国汽车轻量化技术创新战略联盟 组编
中国第一汽车股份有限公司技术中心

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



中
汽车工程图书出版专家委员会

推荐出版



中国汽车 轻量化发展 战略与路径

CHINA AUTOMOTIVE
LIGHTWEIGHT DEVELOPMENT
—STRATEGY AND PATH

中 国 汽 车 工 程 学 会
中国汽车轻量化技术创新战略联盟 组编
中国第一汽车股份有限公司技术中心

 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

中国汽车轻量化发展: 战略与路径/中国汽车工程学会, 中国汽车轻量化技术创新战略联盟, 中国第一汽车股份有限公司技术中心组编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 9

ISBN 978 - 7 - 5682 - 1317 - 2

I. ①中… II. ①中… ②中… ③中… III. ①汽车工业 - 工业发展 - 研究 - 中国 IV. ①F426. 471

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 230057 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 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 18.25

字 数 / 303 千字

版 次 / 2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 198.00 元

责任编辑 / 张海丽

文案编辑 / 张海丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

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

《中国汽车轻量化发展——战略与路径》

顾问委员会

主 任 付于武

副 主 任 李 骏

策 划 张 宁

顾 问 陈一龙 柏建仁 冯美斌 马鸣图 林 逸 万鑫铭 马芳武
王 利 祝海峰 郭爱民 康 明 邱国华 江 梅 谢文才
张 海

编著委员会

主 编 王登峰

副 主 编 王智文 董学锋

学术秘书 刘国芳

编委会成员 (按姓氏笔画排序)

于丁一 王智文 王登峰 由 剑 刘国芳 江 梅 李 军
李 阳 李金成 张晓燕 侯 杰 姚 远 董学锋 路洪洲
魏海智

参编成员 (按姓氏笔画排序)

丁 磊 于东洋 王亚超 王利刚 王 坤 王晓瑛 元 焱
卢雨龙 田立达 田尚琨 史亨波 付亚立 付 众 毕蒙蒙
曲 兴 乔延涛 刘业峰 刘冬青 刘安龙 刘明亮 刘珊珊
刘 健 刘 鹏 齐 丹 江国华 孙 丽 孙晶晶 孙靖川
李中耸 李 论 李 玥 李海洋 李 超 李 鹏 李潇一
李 鑫 杨 洁 杨慧凯 肖翰霖 宋修谦 张大权 张义和
张立华 张亚博 张林阳 张国成 张明珠 张海申 张 鹏
张 颖 陈 才 陈云霞 陈正伟 陈志刚 陈 磊 陈燕迪
苗 露 林贤日 周宇飞 周志超 周 佳 孟繁雨 赵慧超
胡 坤 姜 冰 姜咏卉 宫 健 费二威 姚一玮 徐月召
徐立辉 徐 鹏 黄 鹤 龚 健 崔有刚 康 磊 韩红亮
韩 波 温 泉 谢晓峰 暴 杰 潘泽洵 魏 伟

序

2014年，我国汽车产销规模再创历史新高，双双突破2 300万辆，连续第六年位居全球第一。惊人的数据带来了残酷的现实，中国不仅是名副其实的汽车生产大国，也是世界第二大石油进口国和消费国，二氧化碳排放总量也在全球各国中处于较高水平。随着汽车保有量的大幅上升，能源消耗和环境污染等问题日渐严峻，亟待解决。如何应对能源和环境问题？如何保证我国汽车工业的可持续发展？如何由汽车大国转变为汽车强国？都已成为我国政府和汽车行业应该思考和解决的紧迫问题。

中国汽车工程学会基于多年的研究，提出未来汽车技术的发展方向是轻量化、电动化和智能化。其中汽车轻量化技术无论对传统汽车，还是节能与新能源汽车，都是一项基础性的共性技术，是关系到汽车安全、节能、环保的重要方面，涉及技术、经济、安全、环境等诸多方面的传统工程。对于我国汽车工业来说，提高汽车轻量化水平，是国家能源安全战略的需求，也是节能减排战略的需要，更是提高我国自主品牌汽车国际竞争力的需要。

俗话说得好，“没有目标，哪来的劲头”，到目前为止，国内汽车行业没有明确统一的轻量化发展战略和系统全面的轻量化技术路线，相关政府部门在进行政策制定，汽车企业在进行战略统筹规划时，缺少可靠的参考，从而导致一些错误和盲目的决策

产生。在此背景下，中国汽车工程学会、中国汽车轻量化技术创新战略联盟和中国第一汽车股份有限公司技术中心共同组织策划，编撰了国内首部汽车轻量化技术发展深度研究报告——《中国汽车轻量化发展——战略与路径》。

本书以“推动汽车轻量化技术发展”为主题，轻量化战略的提出和轻量化技术路径的总结在国内汽车行业均属首次，构成了本书的最重要创新点。全书紧跟行业技术进步的步伐，反映了当前我国轻量化技术的现状、水平和趋势，提出的发展战略目标、思路、路径、政策建议和实现路径适合中国国情，切实可行，为相关政府部门制定轻量化政策和汽车企业进行轻量化战略决策提供了参考依据。

《中国汽车轻量化发展——战略与路径》从策划到出版，历时一年之久，凝聚了百余位专家、学者和企业优秀工程师的心血。希望这份报告能够对我国汽车轻量化技术的发展起积极的推动作用，祝愿我国汽车轻量化技术早日赶上国际先进水平。



中国汽车工程学会 理事长
中国汽车轻量化技术创新战略联盟 理事长

前言

2007年12月，在科技部的支持下，由中国汽车工程学会、中国第一汽车集团公司、东风汽车公司、重庆长安汽车股份公司、浙江吉利控股集团有限公司、奇瑞汽车有限公司、宝山钢铁股份有限公司、西南铝业（集团）有限责任公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、吉林大学、哈尔滨工业大学和华东理工大学等12个单位共同发起的“汽车轻量化技术创新战略联盟”（简称“轻量化联盟”）宣布成立，拉开了中国汽车轻量化技术发展的大幕。

在近8年的时间里，轻量化联盟以“协同合作、推动创新、共赢共荣”为宗旨，搭建起了跨产业、跨学科和整零合作的平台，在推动协同创新方面的成功探索，让围绕产业链构建创新链从一个构想变为现实。通过8年的努力，中国汽车轻量化设计技术、整车集成技术、轻质材料开发技术和先进制造工艺技术有了大幅度提升，填补了国内多项技术空白，打破了世界强国的技术壁垒。在此过程中，轻量化联盟开创了汽车行业团体标准的先河，集合起一支年富力强的跨产业、跨学科专家团队，锻炼成长起一支富有创新性的工程师队伍，建立起共性技术平台，实现了强强联合、共同研发、集成创新和知识共享。轻量化联盟开创的“四结合”（产学研相结合、国企与民企相结合、汽车产业与材料产业相结合、近期与长远结合）工作模式，带动了自主品牌产品竞争力的提升，带动了一批关键零部件企业转型发展，带动了相关工

业的产品结构调整和产业升级，轻量化联盟在中国汽车轻量化水平发展的引领地位日益突出。

随着工作的不断深入，发展战略研究和路径研究被提到议事日程。根据2012年国务院颁发的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020）》，到2015年，当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至6.9 L/（100 km），节能型乘用车平均燃料消耗量降至5.9 L/（100 km）以下。到2020年，当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至5.0 L/（100 km），节能型乘用车平均燃料消耗量降至4.5 L/（100 km）以下；商用车新车平均燃料消耗量接近国际先进水平。要实现上述目标，轻量化是有效且十分重要的手段之一。国外研究数据显示，汽车车身自重约消耗70%的燃油，若整车质量减低10%，燃油消耗率可提高6%~8%；车重降低10%，百公里油耗可降低0.7%；汽车整车质量每减少100 kg，百公里油耗可降低0.3~0.6 L。

然而，“轻”绝不能以牺牲汽车安全性、可靠性、舒适性和消费者的驾驶乐趣为代价，“轻”是先进设计技术、产品评价技术、材料技术和工艺技术的结合。因此，汽车轻量化绝非仅仅依靠整车企业的一己之力就可实现，零部件企业的配合和相关工业的支持必不可少。明晰的战略思路和目标，恰当的路径，有效的政策措施，无疑将有助于加快中国汽车轻量化水平提升的进程。《中国汽车轻量化发展——战略与路径》研究工作正是在这一背景下提出的。

此项研究工作以推动我国汽车轻量化技术发展为主题，主要由轻量化发展战略研究和轻量化技术路径研究两部分构成。

在轻量化发展战略研究部分，以翔实的资料分析了世界汽车轻量化发展背景和对节能减排的影响，描述了典型国家汽车轻量化发展状况、相关政策、推进模式和主要汽车轻量化研究计划，结合国外典型车型，论述了国外整车质量变化趋势和最新进展；以公开数据和轻量化联盟的工作实践为依据，分析了整车质量对燃油经济性的影响，自主品牌与合资品牌的轻量化水平、油耗水平、安全性水平和轻量化技术应用状况；以深度的研究为基础，剖析了我国汽车

轻量化发展面临的机遇和挑战，给出了适合我国国情的轻量化发展战略目标和思路，提出了轻量化技术发展路线和政策建议。

在轻量化技术路径研究部分，总结了世界汽车结构轻量化设计、轻量化材料、轻量化制造工艺、轻量化连接技术和轻量化评价技术的发展状况，系统描述了发动机、车身、底盘、传动系统、电子电器系统、空调和电动机、电池等总成的轻量化实现路径，包括材料应用、制造工艺、成本预测、轻量化水平、性能差异和轻量化技术发展路线等，分别针对传统动力汽车和电动汽车进行了汽车轻量化技术经济分析，并与轻量化发展战略研究成果相呼应，提出了我国汽车轻量化技术未来发展建议。

在本次研究工作中，来自中国汽车工程学会、轻量化联盟的专家和中国第一汽车集团公司技术中心、奇瑞汽车股份有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司和中信金属有限公司等企业的优秀工程师百余人参与其中。中国汽车工程学会承担了轻量化发展战略研究的组织工作，中国第一汽车集团公司技术中心承担了轻量化技术路径研究的组织工作，北京理工大学出版社为本次研究成果的出版做了大量的工作，在此一并表示衷心的感谢。

希望本次研究成果能够为科学决策、产业竞争力提升、汽车与相关工业的协同发展发挥作用，启迪人们对中国汽车轻量化问题的更深入思考，用我们的努力和付出，为国家的强盛、产业的强盛做出贡献。

由于认识水平有限，所涉及的问题不够全面，所述观点和提出的建议或有值得进一步商榷之处，欢迎批评指正。

目 录

第 1 章 概 述

1.1 汽车轻量化发展背景	2
1.1.1 汽车轻量化的背景和意义	2
1.1.2 汽车轻量化与安全性	5
1.2 轻量化是汽车节能减排的重要途径	7
1.3 汽车轻量化是提升国家汽车工业自主创新的驱动力	10
1.3.1 汽车轻量化是提升自主品牌汽车市场竞争力的重要途径	10
1.3.2 汽车轻量化是提升国家汽车工业自主创新能力的重要途径	11
1.3.3 汽车轻量化与提升国家整体工业水平密切相关	12
1.4 小结	12

第 2 章 国外汽车轻量化发展状况分析

2.1 典型国家和地区影响汽车轻量化相关政策分析	14
2.1.1 美国汽车轻量化相关政策	15
2.1.2 欧盟汽车轻量化相关政策	17
2.1.3 日本汽车轻量化相关政策	18
2.1.4 国际汽车轻量化政策发展特点	21
2.2 汽车轻量化研究计划和推动模式	22
2.2.1 美国 PNGV 计划	23
2.2.2 欧盟 SLC 计划	27
2.2.3 国际钢铁协会 ULSAB 计划	30
2.2.4 未来钢质汽车计划	32
2.2.5 其他轻量化材料研究计划	36
2.2.6 国外汽车轻量化推动模式总结	38
2.3 国外汽车轻量化技术发展路线	38
2.4 主要原始设备制造商轻量化发展计划	42
2.5 国外商用车轻量化状况分析	44

2.6 小结 47

第3章 我国汽车轻量化发展状况分析

3.1 概述 50

3.2 我国乘用车轻量化发展现状分析 50

 3.2.1 乘用车质量对燃油经济性影响分析 50

 3.2.2 自主品牌与合资品牌轻量化水平分析 52

 3.2.3 国内市场在售换代车型轻量化水平对比分析 56

 3.2.4 自主品牌与合资品牌乘用车油耗现状分析 59

 3.2.5 自主品牌与合资品牌乘用车安全性现状分析 61

 3.2.6 自主品牌乘用车轻量化技术应用现状 65

3.3 我国商用车轻量化发展现状分析 83

 3.3.1 我国商用车轻量化技术背景 83

 3.3.2 我国商用车轻量化状况分析 87

 3.3.3 我国商用车总成轻量化状况分析 96

3.4 小结 105

第4章 我国汽车轻量化发展战略研究

4.1 我国汽车产业发展预测和轻量化需求 108

 4.1.1 我国汽车销量与保有量分析预测 108

 4.1.2 我国汽车轻量化发展机遇 115

 4.1.3 我国汽车轻量化面临的挑战 117

4.2 我国汽车轻量化发展战略 120

 4.2.1 我国汽车轻量化发展战略目标 120

 4.2.2 我国汽车轻量化发展战略思路 120

 4.2.3 我国汽车轻量化技术发展路线 123

4.3 推动汽车轻量化政策措施 128

 4.3.1 制定鼓励政策，推动轻量化汽车发展 128

 4.3.2 制定行业标准，统一轻量化技术要求 129

4.3.3	加强顶层管理，落实油耗指标	129
4.3.4	扩大宣传工作，达成节能和减排共识	130
4.4	小结	130

第 5 章 汽车轻量化技术路径

5.1	概述	134
5.2	汽车结构轻量化设计	135
5.2.1	拓扑优化	136
5.2.2	多目标优化设计	137
5.3	汽车轻量化材料	140
5.3.1	高强度钢	140
5.3.2	铝合金	146
5.3.3	镁合金	155
5.3.4	工程塑料	159
5.3.5	纤维增强复合材料	162
5.4	轻量化制造工艺	166
5.4.1	激光拼焊技术	167
5.4.2	不等厚度轧制板	167
5.4.3	液压（内高压）成形制造技术	168
5.4.4	超高强度钢热成形技术	170
5.4.5	辊压成形技术	175
5.4.6	半固态成形技术	178
5.4.7	高压铸造成形技术	179
5.4.8	模压成形技术	181
5.5	连接技术	183
5.5.1	激光焊接与激光钎焊技术	184
5.5.2	搅拌摩擦焊	186
5.5.3	锁铆及自锁铆	187
5.5.4	胶接和密封技术	188

5.6	汽车轻量化评价方法	189
5.6.1	白车身轻量化评价方法	189
5.6.2	整车轻量化评价方法	190

第6章 汽车各总成轻量化技术路径

6.1	车身轻量化	195
6.1.1	材料应用	197
6.1.2	制造工艺	200
6.1.3	成本预估	202
6.1.4	轻量化水平	202
6.1.5	性能差异	203
6.1.6	车身轻量化技术路径	204
6.2	底盘轻量化	205
6.2.1	材料应用	206
6.2.2	制造工艺	207
6.2.3	成本预测	208
6.2.4	轻量化水平	209
6.2.5	性能差异	209
6.2.6	轻量化技术路线	210
6.3	传动系统轻量化	215
6.3.1	材料应用	215
6.3.2	制造工艺	215
6.3.3	成本预测	216
6.3.4	轻量化水平	216
6.3.5	性能差异	217
6.3.6	轻量化技术路线	217
6.4	发动机轻量化	218
6.4.1	轻量化材料应用	219
6.4.2	轻量化水平	221

6.4.3	轻量化技术路线	221
6.5	电子电器系统轻量化	223
6.5.1	材料应用	223
6.5.2	制造工艺	224
6.5.3	结构轻量化	224
6.5.4	轻量化水平	226
6.5.5	轻量化技术路线	228
6.6	空调轻量化	228
6.6.1	材料应用	228
6.6.2	轻量化技术路线	229
6.7	发动机附件轻量化	230
6.7.1	材料应用	232
6.7.2	制造工艺	233
6.7.3	成本预估	235
6.7.4	性能差异	236
6.7.5	轻量化技术路线	238
6.8	外饰零件轻量化	238
6.8.1	材料应用	240
6.8.2	制造工艺	241
6.8.3	成本预估	241
6.8.4	结构优化	243
6.8.5	轻量化技术路线	244
6.9	电动机电池轻量化	246
6.9.1	材料应用	246
6.9.2	制造工艺	248
6.9.3	轻量化技术路线	249

第7章 汽车轻量化技术经济分析

7.1	轻量化发展目标	252
-----	---------------	-----

7.2 传统动力汽车轻量化技术经济分析	253
7.3 电动汽车轻量化技术经济分析	256
7.4 小结	257

第8章 汽车轻量化技术未来发展建议

8.1 制定汽车轻量化总体发展战略、增强相关产业对轻量化重视程度	260
8.2 制定合理的扶持政策	260
8.3 发挥产业联盟作用、促进各主体间产品研发及产业化合作	260
8.4 构建完整的轻量化管理体系、以法规标准推进轻量化技术发展	261
8.5 加强汽车产品开发过程轻量化意识，注重轻量化结构设计	262
8.6 制定适合我国汽车产业发展状况的轻量化技术路线图	262

参考文献

中国汽车轻量化发展
——战略与路径

>

第1章 概述

1.1 汽车轻量化发展背景

1.1.1 汽车轻量化的背景和意义

1. 随着汽车产销量的增加，能源安全成为汽车产业面临的重要问题

根据世界汽车制造商协会（Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, OICA）统计，2014年世界汽车生产总量达到8 626万辆，2014年中国汽车产量达到2 372万辆（表1-1），占全世界新车产量的1/4以上，从而连续6年成为世界第一大汽车产销国，汽车保有量也接近1.48亿辆。世界汽车产量和保有量的不断攀升，对推动全球经济发展起到了积极的作用，同时也对日益短缺的能源状况和日益恶化的环境状况产生了重大的影响和压力。

表1-1 近年来中国及世界汽车产量

年份/年	世界汽车产量/万辆	中国汽车产量/万辆	中国占世界百分比/%
2001	5 577	237	4.2
2009	6 170	1 379	22.4
2010	7 761	1 826	23.5
2011	8 006	1 842	23
2012	8 414	1 927	22.9
2013	8 725	2 212	25.4
2014	8 626	2 372	27.5

资料来源：《中国汽车工业年鉴》（2001年，2009—2014年），2013年数据分别来源于中国汽车工业协会网站及世界汽车制造商协会网站。

随着全球性的能源危机，各国越来越重视本国的能源安全，尤其对于大量燃油进口的国家更是如此。《BP世界能源统计2013》数据表明：2012年，全球石油产量增长2.2%，达到平均190万桶/天；全球石油消费仅增长0.9%，即89万桶/天，低于历史平均水平。中国再次成为全球石油消费涨幅最高的国家（增长5%，达47万桶/天）。其中，部分国家的能源对外依存度日益增加，美国石油60%依赖进口，欧盟高达76%，而日本石油几乎全部依赖进口。中国石油集团经济技术研究院编撰的《2013年国内外油气行业发展报告》指出，2013年我国石油对外依存度达到了57%，2014年已经达到了59.5%。据英国石油（British Petroleum, BP）集团公司2013年版《BP2030世界能源展望》预测，中国将于