

Automotive Non-metallic Materials Lightweight Application Guide

全面介绍汽车非金属轻量化材料轻量化新结构、新材料、新工艺、新装备

汽车非金属材料轻量化

应用指南

主编◎田亚梅 / 组编◎化塑汇



24 位专家委员
指导编写并推荐

北汽、上汽、广汽、一汽、长安、奇瑞、
长城、江淮、比亚迪、华晨、众泰、腾势、
前途，以及延锋海纳川、北汽模塑、宁波华翔、
锦湖日丽、群达模具等 **48** 家单位参与编写

132 名一线工程
技术骨干 联合编写



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Automotive Non-metallic Materials Lightweight Application Guide

全面介绍汽车非金属材料轻量化的新结构、新材料、新工艺、新装备

汽车非金属材料轻量化

应用指南

主编◎田亚梅 / 组编◎化塑汇



24位专家委员
指导编写并推荐

北汽、上汽、广汽、一汽、长安、奇瑞、
长城、江淮、比亚迪、华晨、众泰、腾势、
前途，以及延锋海纳川、北汽模塑、宁波华翔、
锦湖日丽、群达模具等**48**家单位参与编写

132名一线工程
技术骨干 联合编写

本书主要介绍了汽车非金属材料的轻量化应用技术,着重对汽车非金属材料轻量化应用的新结构、新材料、新工艺、新设备,以及未来发展趋势进行了阐述,集合了众多汽车制造企业在轻量化技术应用中的创新性实例,反映了我国汽车企业非金属材料应用方面的最新技术成果。本书既是对我国汽车非金属材料轻量化技术的深刻剖析,又为未来技术发展和应用指明了方向。

本书由汽车行业15家权威行业组织和汽车院校的领导和专家担纲,各大整车厂及汽车研究院、零部件生产企业技术人员共同参与编写,书中内容可谓集百家智慧,极具权威性。

本书适合汽车整车厂、汽车零部件企业及相关材料企业研发设计和工程技术人员阅读,所用案例均经过编委会精心筛选,必然会对行业发展起到积极的推动作用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车非金属材料轻量化应用指南 / 田亚梅主编; 化塑汇组编.
—北京: 机械工业出版社, 2019.1

ISBN 978-7-111-61634-4

I. ①汽… II. ①田… ②化… III. ①非金属材料—应用汽车轻量化—指南 IV. ①U462.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 299679 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: 赵海青 责任编辑: 赵海青 谢 元

责任校对: 王明欣 郑 婕 责任印制: 孙 炜

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2019 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26.25 印张·2 插页·672 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61634-4

定价: 188.00 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

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

《汽车非金属材料轻量化应用指南》

专家委员会

特聘专家（按姓氏笔画排名）：

杜善义：中国工程院院士，哈尔滨工业大学教授

俞建勇：中国工程院院士，东华大学教授

蒋士成：中国工程院院士，化纤工程技术专家

委员会成员（按姓氏笔画排名）：

王克坚：北京长城华冠汽车科技股份有限公司总裁

王晓菁：北京北汽模塑科技有限公司副总经理

朱增余：广东亚太轻量化技术研究有限公司董事长，肇庆市新能源汽车行业协会会长

闫建来：中国汽车工程学会副秘书长

汤瑞麟：北京长城华冠汽车科技股份有限公司高级技术顾问

安庆衡：汽车工业资深专家，中国汽车工业咨询委员会主任

余木火：东华大学教授，纤维材料改性国家重点实验室副主任

张宏：华晨汽车工程研究院常务副院长

张静文：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司副总经理

陈平生：中欧汽车材料委员会国际汽车轻量化绿色科技联盟执行会长

陈光祖：汽车行业资深专家

周琨生：中广核俊尔新材料有限公司市场技术总监、高级工程师

郑 垠：中国合成树脂供销协会理事长

胡永宁：北京市化学工业研究院院长

秦珂：中国模具工业协会秘书长

高岩：北汽福田汽车股份有限公司专家管理中心副主任

高福荣：香港科技大学教授

龚福根：宁波福尔达智能科技有限公司创始人

栗东平：中国塑料机械工业协会常务副会长、高级工程师

靳玉涛：长城汽车股份有限公司副总经理

熊飞：苏州华特碳纤维有限公司总经理，前途汽车研究院副院长

《汽车非金属材料轻量化应用指南》

编写委员会

主 编：

田亚梅：中汽创汽车零部件投资控股有限公司执行总裁

副主编（按姓氏笔画排名）：

王 旭：北京北汽德奔汽车技术中心有限公司总工程师，原北京汽车研究总院副院长
陈建伟：（原）广州汽车集团乘用车有限公司专家委员会主任

编委会成员（按姓氏笔画排名）：

于 波：华晨汽车工程研究院闭合件工程室处长
王 妍：北京纳通科技集团有限公司项目总经理
王 磊：华晨汽车工程研究院内饰工程室处长
王丙娥：“鉴·新”项目主任，化塑汇北京品牌事业部总经理
王利刚：国汽（北京）汽车轻量化技术研究院有限公司技术发展部部长
王利军：上海占瑞模具设备有限公司执行董事
王国勇：北汽福田汽车股份有限公司工程研究总院新技术开发经理
王秋红：绿驰汽车研究院轻量化与虚拟性能工程部工程师
王俊三：浙江凯华模具有限公司总经理助理
王智文：北京汽车研究总院新技术研究院轻量化技术部部长
韦超忠：上汽通用五菱汽车股份有限公司车身工程部车身集成科经理
牛丽媛：众泰控股集团汽车工程研究院副总工程师
牛瑞丽：安徽江淮汽车集团股份有限公司车体设计工程师
毛 迪：上海锦湖日丽塑料有限公司应用开发经理
尹 旭：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司制造工艺工程师
尹 苗：成都鲁晨新材料科技有限公司研发部经理
邓双辉：华东理工大学华昌聚合物有限公司研发工程师
卢言成：北京纳通科技集团有限公司研发部主管
申 建：上海塑盛电子商务有限公司项目经理
田 娜：北京纳通科技集团有限公司研发部经理
田际波：中广核俊尔新材料有限公司技术部部长
史荣波：奇瑞汽车股份有限公司非金属材料科科长
白宇鹏：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司制造工程科经理
白是钰：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司技术管理专务

冯唯珂：广东鸿塑科技有限公司总经理、总工程师
边 策：北京市化学工业研究院工程师
曲 兴：国汽（北京）汽车轻量化技术研究院有限公司技术发展部工程师
吕晓平：华东理工大学华昌聚合物有限公司总工程师
伍世锋：深圳市银宝山新科技股份有限公司技术中心总经理
任佳智：深圳腾势新能源汽车有限公司研发部高级白车身工程师
刘 刚：北京北汽李尔汽车系统有限公司发泡经理
刘 波：重庆长安汽车股份有限公司欧尚汽车研究院材料与轻量化技术总工程师
刘 媛：上海交通大学博士
刘世强：华东理工大学华昌聚合物有限公司研发工程师
刘新领：上海交通大学硕士
汤 湧：华晨汽车工程研究院白车身工程室处长
孙 峻：宁波华翔自然纤维科技有限公司总经理
李 贺：长城汽车技术中心材料技术部副部长
李 智：华晨汽车工程研究院主任工程师、工程材料组主管
李文博：北京汽车研究总院新技术研究院轻量化技术部工程师
李立军：北京航空航天大学交通科学与工程学院讲师
李志虎：众泰控股集团汽车工程研究院材料部副总师
李晓阳：成都鲁晨新材料科技有限公司总经理、教授级高工
李焕浪：深圳腾势新能源汽车有限公司研发部车身经理
李智刚：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司资深前期制造工程师
李瑞生：华晨汽车工程研究院车身部部长
杨 洁：国汽（北京）汽车轻量化技术研究院有限公司副总经理
杨 斌：上海交通大学副教授
杨 毅：香港科技大学博士，香港科大霍英东研究院副研究员
杨文谦：长城汽车技术中心材料技术部材料性能科科长
杨金表：群达模具（深圳）有限公司董事、营运总裁、高级经济师
时冬冬：江苏九鼎新材料股份有限公司副主任工程师
岑红迪：宁波福尔达智能科技有限公司慈溪工厂副总经理
岑利强：宁波福尔达智能科技有限公司总部采购副经理
何 翔：中国合成树脂供销协会副理事长
何凯欣：广州汽车集团乘用车有限公司技术中心部长
邹锦莹：宁波华翔自然纤维科技有限公司项目工程部经理
辛敏琦：上海锦湖日丽塑料有限公司总经理
汪智勇：群达模具（深圳）有限公司总裁助理、博士、高级工程师
沈 君：科倍隆集团南京总裁
沈达泉：江苏九鼎新材料股份有限公司主任工程师
宋长胜：天津通信广播集团有限公司副总工程师
宋玉兴：中广核俊尔新材料有限公司 LFT 线技术经理
宋建新：北汽福田汽车股份有限公司工程研究总院金属材料工程师



- 张 莉：上海塑盛电子商务有限公司项目经理
- 张 玺：北京长城华冠汽车科技股份有限公司复材室主任
- 张 顺：安徽江淮汽车集团股份有限公司车体设计工程师
- 张华川：成都鲁晨新材料科技有限公司技术总监、博士
- 陆 博：比亚迪汽车工业有限公司轻量化技术研发部经理
- 陈小华：北汽福田汽车股份有限公司工程研究总院性能分析工程师
- 陈云霞：奇瑞汽车股份有限公司材料工程部部长
- 陈永波：中广核俊尔新材料有限公司 LFT 线技术主管
- 陈光剑：中广核俊尔新材料有限公司预浸带线技术经理
- 陈向伟：重庆长安汽车股份有限公司欧尚汽车研究院工程师
- 陈顺贵：深圳市银宝山新科技股份有限公司标准化部部长
- 林国贵：台州精超力模具有限公司总经理
- 茆凌峰：华东理工大学华昌聚合物有限公司研发经理
- 欧阳俊珩：安徽江淮汽车集团股份有限公司车体设计工程师
- 罗明华：上海锦湖日丽塑料有限公司副总经理
- 周明强：宁波华翔自然纤维科技有限公司副总经理
- 郑云磊：中广核俊尔新材料有限公司 PP 线技术主管
- 单桂芳：上海锦湖日丽塑料有限公司资深技术官、高级工程师
- 官澄宇：北京长城华冠汽车科技股份有限公司车身部部长
- 项光兰：上海塑盛电子商务有限公司北京公司经理
- 赵 宣：国汽（北京）汽车轻量化技术研究院有限公司综合管理部副部长
- 胡正华：一汽 - 大众汽车有限公司采购部高工
- 胡炜杰：广东亚太轻量化技术研究有限公司总经理助理、理学博士
- 段志平：深圳市银宝山新科技股份有限公司知识产权工程师
- 段艳兵：成都鲁晨新材料科技有限公司设计部经理
- 栗 娜：北京汽车研究总院新技术研究院轻量化技术部部长助理
- 贾义军：北京市化学工业研究院副院长
- 贾宇霖：深圳市银宝山新科技股份有限公司研发部部长
- 贾沛阳：成都鲁晨新材料科技有限公司工艺部经理
- 徐志丹：上汽通用五菱汽车股份有限公司博士、车身工程部车身新技术专家
- 徐佩弦：上海占瑞模具设备有限公司顾问
- 徐益明：宁波福尔达智能科技有限公司模具工厂设计科经理
- 徐晶才：华晨汽车工程研究院外饰工程室处长
- 翁永华：苏州润佳工程塑料股份有限公司副总经理、总工程师
- 高 嵩：北汽福田汽车股份有限公司工程研究总院材料工程副经理
- 高玉桥：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司资深前期制造工程师
- 高国利：深圳市银宝山新科技股份有限公司副总裁
- 高宝堂：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司资深前期制造工程师
- 郭 晨：北京长城华冠汽车科技股份有限公司项目总监
- 唐 帅：北京市化学工业研究院研发经理

唐 淳：安徽江淮汽车集团股份有限公司车体设计工程师
陶永亮：重庆川仪工程塑料有限公司教授级高级工程师
黄宗斌：上汽通用五菱汽车股份有限公司车身工程部总监
曹 阳：上海塑盛电子商务有限公司品牌事业部主编
曹亚卿：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司资深前期制造工程师
曹金鹏：北京北汽模塑科技有限公司项目经理
崔文兵：长城汽车技术中心材料技术部非金属材料科科长
阎 雷：北京纳通科技集团有限公司市场部经理
梁少雄：广东亚太轻量化技术研究有限公司技术部经理、工学博士
梁正华：浙江凯华模具有限公司董事长兼总经理、高级经济师
董松梅：广州汽车集团乘用车有限公司技术中心产品技术室副部长
韩世亮：江苏九鼎新材料股份有限公司工程师
覃辉林：上海锦湖日丽塑料有限公司资深工程师
程喻达文：广州汽车集团乘用车有限公司技术中心产品技术室车身饰件科副主任
智建鹏：上海塑盛电子商务有限公司（化塑汇）首席执行官
鲁后国：安徽江淮汽车集团股份有限公司车体设计一部总监
谢贵山：上汽通用五菱汽车股份有限公司车身工程部车体工程科经理
蔡考群：群达模具（深圳）有限公司董事长，群达集团总经理、高级工程师
蔡华影：延锋海纳川汽车饰件系统有限公司资深产品工程师
蔡康杰：北京市化学工业研究院项目开发部部长
廖梅东：广州汽车集团乘用车有限公司技术中心工艺规划室涂装工艺科副主任
阚洪贵：安徽江淮汽车集团股份有限公司车体设计技术经理
熊建民：众泰控股集团汽车工程研究院材料部副总师
Paul G.Andersen：科倍隆集团工艺部顾问
Frank Lechner：科倍隆集团工艺部总监

序 一

田亚梅女士是我的老同事，她长期从事汽车零部件产业的制造、产业布局及宏观研究工作，在汽车电子和非金属材料领域涉猎颇深。凭着对产业的挚爱和46年职业生涯的积累，她潜心编纂了这本《汽车非金属材料轻量化应用指南》（以下简称《指南》）。通读书稿，看到书中翔实的技术数据、先进的轻量化技术以及自主创新的案例之后，我不禁慨叹：在汽车行业迈入新时代的当下，《指南》的出版确实是为汽车轻量化指明了方向，为行业做了一件实事，因此我欣然接受邀请为本书作序，将我自己的一些想法与大家分享。

我在汽车行业工作30余年，无论是在中国汽车零部件公司，还是在中国汽车工业协会以及中国汽车工程学会工作期间，我始终致力于推动汽车产业的健康和可持续发展，尤其在中国汽车工程学会工作期间，更是以传播新思想、交流新技术、宣传新观念为己任。在十九大报告中，习近平总书记向全世界宣告：中国已经进入全面建成小康社会决胜时期，进而进入全面建设社会主义现代化国家的新时代。作为国民经济的支柱产业，中国汽车工业也迎来了新的时代。

新时代下的汽车产业正经历着前所未有的变革。这种变革包括了以低碳化为目标的能源变革；以新一代人工智能、数字化、网联化为核心的技术变革；以共享为核心的模式变革，以及以智能制造和轻量化为目标的基础支撑技术的进步。以致于不少新车上市时都会写上一句“全新一代车型采取轻量化技术，比上一代车型减重多少”，等等。

无可否认，在油耗及排放法规的限制下；在新能源汽车需搭载更多电池、更多电子装置的现实需求下，轻量化已经成为新时代汽车技术变革期的必然趋势和方向之一。2016年10月，中国汽车工程学会发布的《节能与新能源汽车技术路线图》中将汽车轻量化作为了其中的重要内容，并表明：“汽车轻量化发展的远期重点目标是发展镁合金和碳纤维复合材料技术，实现碳纤维复合材料混合车身及碳纤维零部件的大范围应用，逐步掌握轻量化材料制造技术”。因此，此时出版的这本《指南》具有极强的引导性作用，它既是对中国汽车非金属材料轻量化现状的深刻剖析，又是对未来发展方向的明确指引。

从内容上来讲，这本书图文并茂、数据翔实，结合许多实例深入浅出地进行分析，为读者提供了大量的汽车轻量化材料选择、结构设计、加工工艺和装备技术的资料；从形式上来说，本书“代表性企业+国际先进技术”的编排方式，使案例更直观，更具启发性。《指南》汇集了我我国汽车轻量化技术研发一线工程师和权威专家的智慧，充分展示了汽车行业在智能制造、新能源、轻量化和绿色制造方面的前瞻性。因此，我认为这本书内容实用，一定能将最先进的轻量化技术传递到生产研发的第一线，我相信，这也是编者和各章作者的初衷，希望本书的出版对汽车行业轻量化技术的应用和创新起到一定的指导作用，助力中国汽车产业由大到强。



中国汽车工程学会副秘书长闫建来

2018年9月

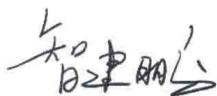
序 二

2016年冬天，在北京我第一次见到田亚梅女士。我在化工行业从业多年，而田总则是汽车行业的专家及前辈，看似两个不同行业的人，却有着共同的话题，就是非金属材料在汽车行业上的应用。

通过田总，我更深地了解到中国汽车行业的发展，而我国的汽车制造业还无法与发达国家相比，特别是在非金属材料的应用上差距更大。在与田总几次的见面后，我就想到可以为这个行业的发展，特别是为汽车非金属材料的发展做点事，而田总在这方面的意愿更加强烈，这就是共同组织编写这本书的初衷。

说要出书，化塑汇的北京团队很快就成立“鉴·新”项目组，与田总共同开始了这本书的组稿工作。2017年是我国新能源汽车发展历程中非常重要的一年，汽车轻量化的趋势也给化工材料在汽车领域的应用带来了更多的机会，中国汽车零部件企业多年来对原材料、元器件的重视不够，上下游企业的协作不畅等弱点也在这一年得到了改善。为充分体现我国汽车轻量化技术应用水平，写出高质量的《汽车非金属材料轻量化应用指南》，“鉴·新”项目组通过组织汽车非金属材料与汽车零部件、整车厂的对接会，走访零部件、整车厂等工作，接触了更多的汽车业内的人士，看到了国内汽车制造业的从业人员对我国汽车制造的发展所表现出的强烈责任感，也看到了中国汽车行业的希望。

汽车制造是集制造业最新技术之大成的产品，一个国家的汽车制造技术可以体现这个国家制造业的整体水平。衷心希望《汽车非金属材料轻量化应用指南》可以在促进非金属材料在我国汽车产业中的应用与发展上发挥一定的作用，再次感谢《汽车非金属材料轻量化应用指南》编委会所有成员！



化塑汇首席执行官智建鹏

2018年10月

前言

2018年,中国经济发展进入新时代,已进入由高速增长向高质量增长转变的阶段。作为国民经济支柱的汽车产业也愈发显示出巨大的活力,成为拉动中国经济发展与消费升级的重要引擎。经过100多年的发展,汽车行业面临的问题和挑战也日益增多。尤其表现在动力性、经济性、油耗、环保等方面,轻量化理念的推出则好似“万金油”,其优点能够覆盖到汽车凸显的这些问题。在《中国制造2025》对汽车轻量化的需求中强调:“汽车轻量化重点工作领域包含推广应用塑料及非金属复合材料等整车轻量化材料和车身轻量化、底盘轻量化、动力系统、车身内外饰以及核心部件的轻量化设计。”在《中国制造2025》有关“先进基础工艺、关键基础材料”的“四基”论述中,也把高性能结构材料、功能性高分子材料、先进复合材料等作为发展重点。随着轻量化概念的不断升温,车用非金属材料的应用迎来了新的发展机遇和激烈的竞争。

当前,汽车轻量化新材料、新技术的发展日新月异,新材料产品的推出速度越来越快。尤其在快速发展的中国市场群雄逐鹿。对于汽车从业人员来说,如何在这些先进材料中选取所需,快速地查询各种非金属材料的品种、规格,以及品牌优势等方面的内容并非易事。因此,为了便于汽车主机厂、零部件企业、非金属材料企业、设备模具等企业能够快速获取所需,在田亚梅女士的组织下,“鉴·新”项目于2016年12月开始启动,在行业权威协会和学会的专家、领导,权威研究院校的院士、教授,国家重点实验室的带头人、整车企业及汽车研究院的领导、各关键零部件企业的领导,以及各部委及各地政府的支持下,历时18个月,“鉴·新”项目组就本书的大纲、定位、框架结构、内容选择等进行了多次交流和讨论,最终完成了《汽车非金属材料轻量化应用指南》一书。本书图文并茂,技术数据翔实,深入浅出地结合许多实例进行介绍,为汽车从业人员提供了汽车轻量化材料选择、结构设计、加工工艺和装备技术方面的大量资料。

为了编好本书,“鉴·新”项目组还通过实地考察走进企业,了解企业轻量化技术创新实力与管理经验,同时组织了企业互访对接会和专业性的采访活动。在2017年2月至10月,“鉴·新”项目组主办或联合主办了15场线下研讨交流会。来自各地汽车主机厂、零部件厂,以及设备、模具、材料企业的代表共2476人参加了会议,影响人数多达5000余人。通过会议对行业发展趋势、技术经验等的深入交流与分享,对汽车轻量化发展起到了重要的指导意义,并借此为参与企业搭建了上下游交流平台,从而为本书提供了更多的案例参考及创新经验借鉴。

可以说,《汽车非金属材料轻量化应用指南》的出版集百家智慧、融名家所思,当之无愧地成为中国汽车非金属材料轻量化创新发展的集大成者!

希望书中介绍的应用案例,可以帮助国内汽车零部件企业改善设计开发能力有限、工程经验积累不足的短板,突破制约产品升级的共性技术,促进产品向轻量化、绿色化和电子化方向升级。同时,也期望在本书的出版后,我国汽车零部件企业多年来对原材料和元器件不够重视,上下游企业的协作不畅等弱点能得到改善,以便为下阶段提升中国品牌汽车零部件

产品的整体轻量化水平夯实基础。

在本书的撰写过程中，得到了众多行业领导、企业及团体的大力支持，在此深表感谢。也感谢本书的编辑整理团队——化塑汇北京公司的全体工作人员所付出的努力。

由于新材料及新技术不断出现，有些新技术、新材料、新工艺等不便公开出版，可能存在内容不够全面的情况，加之编者学识有限，不当之处在所难免，恳请广大读者及专家批评指正。

编 者

目 录

序一
序二
前言

第1章 绪论

1

1.1 汽车轻量化发展背景概述	1	现状	27
1.2 汽车轻量化的重要意义	3	1.5 非金属材料在我国汽车轻量化中的应用概况	31
1.2.1 汽车轻量化的必要性	3	1.5.1 非金属材料轻量化应用概况	31
1.2.2 汽车轻量化的战略意义	5	1.5.2 非金属轻量化材料技术在我国汽车行业应用概况	33
1.3 汽车轻量化技术发展现状概述	7	1.5.3 非金属材料结构优化推动汽车轻量化	38
1.3.1 评价体系与轻量化现状	7	1.5.4 非金属材料领域轻量化新技术应用	39
1.3.2 汽车轻量化技术剖析	11	1.5.5 非金属材料轻量化未来发展方向	41
1.4 国外汽车非金属材料轻量化应用概况与趋势	25		
1.4.1 汽车非金属材料应用概况与发展趋势	25		
1.4.2 国外非金属材料轻量化应用			

第2章 汽车轻量化设计

43

2.1 优化结构设计与分析推动轻量化	43	2.3.1 轻量化制造技术应用的发展	66
2.1.1 车身结构轻量化设计与优化分析	43	2.3.2 粘接技术在汽车轻量化中的应用	73
2.1.2 非金属部件结构设计与优化在汽车轻量化中的应用	47	2.3.3 非金属复合材料部件的维修与维护技术	82
2.1.3 结构设计解析和 CAD/CAE/CAM 一体化技术结构优化设计	49	2.3.4 塑料及其复合材料的回收再利用技术	85
2.1.4 汽车三明治结构设计	49	2.4 轻量化结构应用研究实例	93
2.2 轻量化材料推进汽车轻量化	50	2.4.1 复合材料在汽车前端模块的应用实践	93
2.2.1 工程塑料推进汽车轻量化	50	2.4.2 汽车前端总成的轻量化应用	101
2.2.2 复合材料推进汽车轻量化	54	2.4.3 塑料前机盖的轻量化应用	107
2.2.3 非金属复合材料的结构设计与检测技术	62	2.4.4 汽车发动机塑料进气歧管成套技术研发与应用	110
2.3 先进工艺技术助力汽车轻量化	66		

- 3.1 工程塑料在轻量化中的创新应用 116
 - 3.1.1 发动机及发动机附件系统 116
 - 3.1.2 内外饰和闭合件系统 123
 - 3.1.3 电子电器和空调系统 139
 - 3.1.4 底盘系统和安全系统 142
- 3.2 工程塑料汽车轻量化应用实例 145
 - 3.2.1 改性聚苯硫醚材料 145
 - 3.2.2 改性聚苯醚 159
 - 3.2.3 聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 162
 - 3.2.4 增强尼龙材料 164
 - 3.2.5 钢化吸能塑料 169
- 3.3 非金属复合材料在轻量化中的创新应用 173
 - 3.3.1 聚合物基复合材料 173
 - 3.3.2 复合材料的树脂基体 179
 - 3.3.3 复合材料的增强材料 186
- 3.4 复合材料汽车轻量化应用实例 190
 - 3.4.1 先进的环氧树脂材料 190
 - 3.4.2 长玻纤增强聚丙烯和连续纤维增强热塑性材料 194
 - 3.4.3 聚丙烯材料 201
 - 3.4.4 基于聚氨酯基树脂的先进材料 206
- 3.5 碳纤维材料在轻量化中的创新应用 210
 - 3.5.1 碳纤维材料与碳纤维复合材料 210
 - 3.5.2 碳纤维复合材料的开发与应用概述 214
 - 3.5.3 碳纤维复合材料在汽车行业应用概况与趋势 221
 - 3.5.4 碳纤维复合材料在汽车行业应用现状与前景 231
 - 3.5.5 碳纤维复合材料汽车结构产品开发及应用实例 239
- 3.6 其他材料在轻量化中的创新应用 249
 - 3.6.1 自然纤维材料在汽车上的创新应用 249
 - 3.6.2 玄武岩纤维复合材料的开发与研究 253
 - 3.6.3 聚乳酸复合材料在汽车上的应用 257

- 4.1 汽车非金属材料轻量化新工艺技术 263
 - 4.1.1 可复合面料低压注塑成型技术 (低压成型) 263
 - 4.1.2 气体辅助注塑成型工艺 267
 - 4.1.3 模压注塑混合成型技术与化学发泡注塑成型技术 270
 - 4.1.4 微发泡注塑成型工艺——物理发泡法 276
 - 4.1.5 微发泡注塑成型技术——从物理发泡到化学发泡 277
 - 4.1.6 汽车塑料件微发泡一体化成型技术应用 283
 - 4.1.7 汽车座椅聚氨酯发泡成型工艺与应用 289
 - 4.1.8 汽车灯具注塑与镀铝工艺应用 292
 - 4.1.9 碳纤维复合材料模塑技术 299
 - 4.1.10 长碳纤维增强环氧树脂复合材料成型工艺 302
 - 4.1.11 汽车内饰件模内层压成套技术 310
 - 4.1.12 水性丙烯酸液态阻尼材料研究与应用 316
- 4.2 汽车非金属材料轻量化新装备技术 321
 - 4.2.1 汽车塑料零部件模具设计与制造技术 321
 - 4.2.2 汽车模具热流道成型技术 332
 - 4.2.3 智能热流道注塑模具应用 341



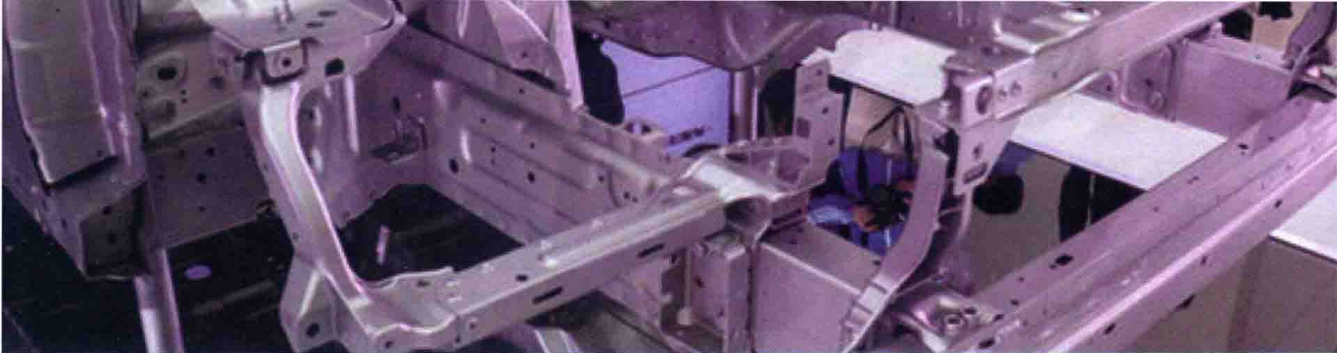
4.2.4 塑料模具数字化设计技术	349
4.2.5 同向啮合自清洁双螺杆挤出技术	353
4.2.6 模塑智能制造物联网生产管控技术	358

第5章 发展与合作

362

5.1 国内外汽车轻量化产业政策分析及趋势展望	362
5.1.1 汽车轻量化技术体系	362
5.1.2 全生命周期内汽车轻量化产业构成	365
5.1.3 汽车轻量化产业政策解析	365
5.1.4 汽车轻量化趋势展望	369
5.2 我国汽车轻量化发展相关政策解析	371
5.2.1 汽车轻量化的意义	371
5.2.2 汽车轻量化相关政策解读	372
5.2.3 节能与新能源汽车轻量化技术路线	375
5.2.4 节能与新能源汽车轻量化发展建议	377
5.3 汽车非金属材料的发展趋势和技术路线	379
5.3.1 工程塑料	379
5.3.2 复合材料	380
5.3.3 车用碳纤维的成型工艺	383
5.3.4 非金属材料的发展趋势和技术路线	384
5.4 上下游协同发展机制推动汽车轻量化发展	385
5.4.1 轻量化技术发展现状	385
5.4.2 轻量化技术发展模式探讨	386
5.4.3 产业政策及自主能力提升需要上下游协同机制	387
5.4.4 汽车轻量化下的上下游协同发展	388
5.5 汽车非金属材料轻量化推进供应商角色进化	389
5.5.1 汽车产品开发的同步工程模式	389
5.5.2 同步工程模式下汽车供应商的角色和任务	389
5.5.3 汽车非金属材料轻量化环境下供应商角色的进化	391
5.5.4 总结	392

“鉴·新”《汽车非金属材料轻量化应用指南》出版历程回顾	393
作者小传	398
后记	405



绪论

第1章

1.1 汽车轻量化发展背景概述

1. 汽车轻量化的需求背景

随着我国经济的蓬勃快速发展，汽车保有量持续快速增长，同时近几年来油价的一路攀升，使汽车工业面临着前所未有的压力，特别是传统汽车排放的尾气给环境带来了巨大的危害，怎样最大限度地在减少材料用量的同时，对尾气排放污染进行有效控制，是汽车行业面临的极为重要的挑战。节约资源、减少环境污染成为世界汽车工业界急需解决的两大问题。

同时汽车工业在国家经济发展中起着重要的支柱作用。汽车行业的发展推动着许多相关工业部门的发展，诸如钢铁业、制造业、化学工业等。汽车行业本身属于高技术密集型，涉及科学领域中的新材料、新装备、新技术和新工艺等，上述领域中汇集了大批的科学家和工程师以推动行业不断地向前发展。在“十二五”规划中，节能减排是经济结构调整的重点，汽车行业的节能减排更是重中之重。汽车轻量化是汽车降低油耗、减少排放最有效的途径，数据表明，汽车质量每减轻 300kg，寿命期内的排放可降低约 20%。因此汽车轻量化是未来汽车发展中的重中之重。

此外，汽车轻量化能非常有效地改善汽车性能。首先，轻量化能够降低整车重心高度，整车重心的降低能明显改善汽车的行驶性能，使汽车行驶更加平稳、舒适。同时，它也能改善汽车的加速性能和弹性，降低转动和振动部件的噪声，提高汽车抗侧翻能力。其次，随着国家正面碰撞与侧面碰撞安全法规相继出台，人们对汽车的安全性的重视程度也逐年提高，而汽车轻量化也是提高汽车被动安全性的有效途径之一，汽车重量减轻将有效地缩短制动距离，减少碰撞惯性与碰撞过程中产生的动能。同时，随着具有良好吸能性能的轻量化材料在汽车车身上的应用逐年增多，不仅增大了碰撞过程中的能量吸收，而且使车辆的碰撞被动安全性得到显著提升。再次，汽车轻量化能有效减少汽车的滚动阻力、爬坡阻力、加速阻力等，为提高汽车的动力性创造了有利条件。综上所述，减轻汽车自重是节约能源、提高燃料经济性和改善汽车性能的基本途径之一。汽车轻量化技术必将成为各个汽车公司的核心竞争技术之一。

2. 国外汽车轻量化发展背景概述

汽车轻量化始于发达国家，最早由传统汽车巨头引领，经过发展已形成一定规模。德国



是当前汽车轻量化材料领域占比最高的国家，其次是美国和日本。德国汽车工业十分发达，在新材料工业和机械制造领域聚集了世界上最优秀的几个生产企业，具有推动汽车轻量化得天独厚的优势。一方面由于欧洲在能耗和排放政策上越发严格，另一方面德国是目前豪华品牌车型最多的国家，新材料、新技术对于高端车型也有增加科技豪华感的作用，所以德国以ABB（Audi、Benz、BMW的缩写，指奥迪、奔驰和宝马）为代表的车企对于新材料的使用更为热衷，尤其是奥迪在铝合金车身、宝马在碳纤维车身方面都处于行业领先地位。2015年德国新生产汽车铝合金和其他新材料在车身和底盘中的占比高达25%，是目前全球汽车轻量化材料使用比例最高的国家，到2020年新材料的使用趋势会继续上涨，将达到34%。美国虽然高端豪华品牌车型也较多，但是美国汽车行业对于新型轻量化材料的热衷主要来源于新能源汽车的发展以及排放和能耗的压力，代表企业是特斯拉、通用、福特等。特斯拉Model S和Model X在车身和底盘上基本都采用了铝合金和其他复合材料，而通用的高端品牌凯迪拉克在近两年的新车型中也开始采用钢铝复合车身结构，比如凯迪拉克CT6。福特则是将铝合金车身首先搭载在F150这类高端皮卡车型上。目前日本汽车企业轻量化材料的使用也主要是集中在一些非结构件上，比如铝合金的发动机舱盖、塑料翼子板和尾门等，还有就是底盘和发动机的一些铸铝件。其中代表企业是丰田雷克萨斯和本田讴歌。随着全球能耗和排放政策越发严格，预计2020年日本汽车企业轻量化材料在底盘和车身中的占比会赶上美国，达到20%。

3. 国内汽车轻量化发展背景概述

相比国外而言，我国在汽车轻量化方面的研究尚还处于起步阶段，继我国加入WTO（World Trade Organization，世界贸易组织）后，经济全球化进程不断加快，我国对国际能源及原材料市场的依赖程度不断加深。我国已成为世界第二大能源消费国，当前国际原油及工业原材料价格不断攀升，势必对我国经济发展造成极大的阻碍，汽车轻量化进程刻不容缓。国内很多院校和学者都在轻量化方面做了大量的工作，林忠钦教授课题组在结合汽车的耐撞性与轻量化方面做了卓有成效的工作，华中科技大学、北京航空航天大学 and 扬州大学等结合有限元优化方法开展了客车轻量化研究。在“十三五”期间，我国在汽车轻量化材料技术方面开展了深入的研究并取得一些成果，包括非金属材料、新工艺、加工技术及设备等方面。另外，宝山钢铁公司也在开发乘用车用高强度钢板上做了大量的工作，并成功开发出DP（双相钢）、TRIP（相变诱导塑性钢）系列的乘用车用高强度钢板，并逐渐推广运用到一些汽车公司的乘用车车身上等。

近十年来，中国品牌汽车在追随轻量化技术应用方面取得了明显进步，高强度钢、轻合金、非金属材料在乘用车、商用车上的应用比重逐步增加。近两年，随着清洁能源汽车在国内的发展，在全铝车身、钢铝混合车身甚至碳纤维车身技术方面，也有企业开始了工业化小批量生产并投放市场接受考验。

汽车轻量化技术已经成为各个汽车公司的核心竞争技术。我国逐年兴起并蓬勃发展的汽车工业要迅速缩小与世界发达国家的差距，增强国际竞争力，就必须在引进消化吸收国外先进技术的同时花大力气开展汽车轻量化材料关键技术研究，不断攻克并自主掌握轻量化核心关键技术，使我国的汽车工业在全球经济化的激烈竞争中立于不败之地并实现可持续发展。

→ 作者：

❖ 黄宗斌，徐志丹。上汽通用五菱汽车股份有限公司