高性能纤维与汽车轻量化技术创新  
发展战略研究（节选）

蒋士成 王玉萍 靳高岭 吕佳滨

一、高性能纤维与轻量化技术国内外发展现状

（一）高性能纤维与轻量化产业链发展现状

材料是社会进步的基础，轻质高强是材料发展的永恒主题。在人类社会历史进程中，材料的比强度不断提高，纤维增强复合材料是至今比强度最高又能在工程上应用的先进材料，其中高性能纤维是关键。高性能纤维有很多品种，包括碳纤维、有机高性能纤维与无机高性能纤维。主要高性能纤维有碳纤维、芳纶、高强聚乙烯纤维、聚苯硫醚、玄武岩纤维、聚芳酯纤维等。2014年全球高性能纤维产量约33万吨，其中碳纤维12.3万吨。我国高性能纤维产量12.8万吨，占全球三分之一，其中碳纤维1.5万吨。

碳纤维复合材料是其中最重要的战略材料，具有优异的综合性能，碳纤维被国际上称为“第三代材料”，随着生产技术的提高，碳纤维价格逐步下降，应用范围进一步扩大，其中，产业用途是其主要牵引力，特别是民用航空和汽车用碳纤维需求快速增长，预计在2018年后出现需求的井喷式的大幅度增长。美日欧主要碳纤维厂家已开始纷纷扩大产能，形成了新一轮的投资和并购热潮。近年来，随着航空航天、汽车、风力发电、高铁、机器人、海洋开发、石油钻探、超高压电网等的迅猛发展，我国对碳纤维复合材料的需求呈爆发式增长，国内碳纤维供应还远远不够。因此，应加快突破碳纤维生产核心技术，推动在相关产业领域的应用，掌握碳纤维产业发展的主导权。

PAN基碳纤维产业链包括上游的PAN原丝生产、氧化碳化、中游的织物、预浸料及其复合材料生产，以及下游的碳纤维制品开发。从聚丙烯腈到碳纤维复合材料，产品价值逐步提升。从产业链来看，碳纤维较少直接使用，通常用于制作增强型复合材料。碳纤维增强材料包括碳纤维增强陶瓷基、金属基、树脂基等复合材料及C/C复合材料，广泛应用于航空航天、汽车、电子产品和运动器材领域。而对产业链价值分析，可以发现，下游产品附加价值逐步提升。

近两年，新能源汽车发展快速提高，但是续航里程一直是制约新能源汽车发展的瓶颈问题，相比于提高电池容量，汽车轻量化是减轻能耗的必然趋势，相比钢铁、铝合金等传统材料，碳纤维增强复合材料（碳纤维增强复合材料）凭借优异的性能优势成为汽车轻量化最佳选择（表1）。

表1 碳纤维增强复合材料汽车零部件轻量化明显

单位：公斤

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 零件名称 | 钢 | CFRP | 质量减轻 |
| 车身 | 209 | 94 | 115 |
| 车架 | 128 | 94 | 34 |
| 前端 | 44 | 13 | 31 |
| 发动机罩 | 22 | 8 | 14 |
| 罩盖 | 19 | 6 | 13 |
| 保险杠 | 56 | 20 | 36 |
| 车轮 | 42 | 23 | 19 |
| 车门 | 71 | 28 | 43 |
| 其他 | 31 | 16 | 15 |
| 共计 | 622 | 302 | 320 |

资料来源：产业信息网，国海证券研究所

新能源汽车爆发式增长，碳纤维应用前景广阔。我国政府十三五规划到2020年新能源汽车达到500万辆。根据不同车型所需的碳纤维使用量和渗透率来测算，根据《2014年工业和信息化蓝皮书-碳纤维及其复合材料产业发展现状及对策》预测，2020年我国新能源汽车需求碳纤维量有望超过万吨。

国产大飞机商业化加速碳纤维产业发展。近几年随着国民经济持续高速增长，航空运输需求旺盛，中央和地方政府不断加大对民用机场建设的投入，民用机场建设掀起新一轮发展高潮。另外据波音公司披露，到2020年中国需要1764架商用飞机，是美国本土以外最大的市场。以C919为代表的国产大型客机商业化，为碳纤维在航空航天应用领域发展提供巨大的发展机遇，预计航天航空领域碳纤维的需求量将达到22800吨。

1．碳纤维产业的技术进展

（1）PAN基碳纤维的技术进展

美国和日本是两个碳纤维技术前沿国家。2014年，日本东丽公司又成功开发出兼备高模和高强优势的ToraycaT1100G碳纤维及其预浸料。总体来说，近年来碳纤维技术有很大发展，主要发展趋势：①、加强基础研究，产品高性能化；②、生产低成本化；③、生产规模化；④、碳纤维增强复合材料废料资源化；⑤、原料新型化。

（2）碳纤维复合材料工艺及技术进展

碳纤维预浸料在应用于下游工业和航空航天领域时，要通过各种技术进行成型，形成各种复合材料。当前国际上的成型技术主要包括树脂灌注成型、RTM成型、挤拉成型、高速缠绕（FW）成型、SMC/BMC成型等技术。国际上，宝马i3使用的碳纤维复合材料采用树脂传递模塑（RTM）工艺，在预成型的碳纤维布中高压注入树脂，快速成型。日本三菱丽阳与ENKEI公司（车轮生产厂家）共同开发出碳纤维复合材料与铝合金相黏接的复合成型技术。日本碳纤维复合材料企业UCHIPA公司与兰博基尼公司在名古屋大学设立研究所，批量生产碳纤维复合材料汽车部件和无人直升机叶片。

2．其他主要车用高性能纤维

（1）芳纶纤维与轻量化产业链发展现状

芳纶纤维具有优异的力学性能和稳定的化学性能，全称为“芳香族聚酰胺纤维”，芳纶纤维的品种主要有芳纶1313（间位芳纶）、芳纶1414（对位芳纶，也称芳纶Ⅱ），芳纶Ⅲ（对位杂环芳纶）芳纶1313是开发最早、产量最大、应用最广，也是最有发展前途的有机耐高温纤维，到目前为止，全球年生产能力已达3.1万吨左右；芳纶1414具有高强度、高模量的特点，素有高分子材料中的“百变金刚”之誉，是当今世界高性能纤维材料的代表；芳纶III具有更优异的综合性能，已用于国家战略战术武器上，目前仅中国和俄罗斯能批量稳定生产，但产量较小，约为3000～4000吨/年。全球芳纶纤维产能已超过8万吨/年，需求量超过10万吨/年。目前只有美、日、俄和中国等少数国家实现工业化生产。对位芳纶主流生产商杜邦和帝人为了抢占市场，都在不断扩产。

我国从上世纪70年代起即开展了PPTA（聚对苯二甲酰对苯胺）纤维的基础性研究和国产化研究。2011年才逐步实现产业化，目前全国有5家企业进行对位芳纶生产，全国产能4.5万吨。

芳纶1313的主要供应商依次为美国杜邦、烟台泰和新材、日本帝人。芳纶1313主要用于制防辐射衣料、航天衣料，也用于制耐高温衣料、蜂窝制件、高温线管、飞机油箱、防火墙、反渗透膜或中空纤维等。

芳纶Ⅲ最早由俄罗斯于上世纪70年代开发成功并实现商业化。最早开发的品种为SVM，属于二元杂环芳纶，后又开发成功三元杂环芳纶Armos。鉴于芳纶Ⅲ纤维的综合性能优异，国内于上世纪九十年代也开始研发，经过技术攻关和工程化开发，中蓝晨光化工研究设计院有限公司于2006年率先开发成功STARAMIDF-3纤维，性能达到俄罗斯Rusa产品水平。国产芳纶III的研发成功，使我国成为除俄罗斯以外第二个拥有该技术的国家，但是与国外相比，产能较低。

当前国际上对位芳纶的发展特点是以技术先进性推进应用产品升级换代。为此，各公司竞相开发对位芳纶新产品。杜邦公司开发了一系列的对位芳纶新品种。如超高强型Kevlar129，超高模量型Kevlar149，中等模量型Kevlar68、高黏结型Kevlar-Ha、抗疲劳型Kevlar等；相对于国外纤维的产品来说，国内纤维的种类、牌号较少，目前对位芳纶大部分企业均已实现了相对于杜邦Kevlar29性能的纤维，河北硅谷化工有限公司在与东华大学973项目合作下，开发并实现了高模量芳纶的产业化，纤维的性能达到杜邦Kevlar49水平。目前，我国芳纶纤维的产量占世界芳纶纤维总产量的20%左右，但还不具备规模化竞争能力。

（2）连续玄武岩纤维

连续玄武岩纤维是以火山岩为原料经1450～1500℃高温熔融后快速拉制而成的连续纤维，其外观为金褐色，属于非金属的无机纤维。它具有耐高温、耐烧蚀、抗氧化、抗辐射、绝热隔音、过滤性好、抗压缩强度和剪切强度高、耐候性好，适应于各种环境下使用等优异性能，且性价比高。作为军民两用的新材料，它是关乎国家安全战略和国民经济相关领域升级换代的重要基础材料之一，也是汽车轻量化制造中新型的增强材料，是我国具有国际竞争力的新型高技术纤维。

（二）汽车轻量化碳纤维复合材料产业链发展现状

1．汽车轻量化碳纤维复合材料研究和应用现状

高性能纤维增强复合材料是轻量化最有效的工程途径，可以在汽车制造中部分代替金属材料，国内外发展迅猛，德国宝马公司率先在i3、i8电动车、7系、5系等量产车中大量使用碳纤维复合材料，轻量化效果明显；几乎所有的汽车企业都制定了碳纤维轻量化发展计划，并与碳纤维企业建立联盟，带动了汽车轻量化。碳纤维作为汽车轻量化结构材料替代金属材料，其力学性能完全可以满足要求，关键是批量生产技术和成本。2012年开始，日本率先突破碳纤维汽车零部件大批量生产的技术集成，东丽公司与德国奔驰和美国通用汽车，建立年产万件以上的碳纤维汽车零部件生产线，这是划时代的突破。到2015年，汽车复合材料的用量达到200万吨，增长主要来源于汽车产业的自然增长（年产量增加6%）和已经采用了复合材料的汽车部件的市场份额的增加。

汽车复合材料的发展，结合了化工、机械制造以及汽车复合材料设计，从经济结构来看，最新突破应该源于德国。德国的工业结构结合了大多数的豪华汽车和高端车，另外朗盛、巴斯夫等世界顶级化工企业以及精密的机械制造厂家，例如迪芬巴赫公司和克劳斯玛菲等。随着碳排放法规的不断临近，复合材料在汽车行业的突破会在2016年以后，欧洲汽车行业也会是先进材料的倡导者和先行者。

2．国内外碳纤维汽车轻量化复合材料进展

碳纤维增强复合材料应用在汽车中的比例显著提升。2010~2017年，年均增长率将达到31.5%。预计2017年，全球汽车碳纤维增强复合材料需求量将增长至7885t。2013年碳纤维增强复合材料在交通工具领域产值达22亿美元，其中汽车领域10.1亿元，占总产值46%，卡车领域占18%，摩托车占15%，客运火车占13%。2020年汽车市场碳纤维增强复合材料产值将达到60亿美元。碳纤维增强复合材料在汽车车体及零部件中的应用已成为当下一大市场研发热点，包括车身和零部件。

尽管在汽车行业中大规模使用碳纤维还有很多尚未完全解决的技术难题，但是国外碳纤维及其复合材料生产商及合作科研单位对未来碳纤维增强复合材料在汽车领域的应用充满信心，加强对碳纤维增强复合材料中间材料、成型工艺、后道制品的研发，逐步打通汽车结构件从原料到加工的生产技术障碍。国外各大碳纤维及其复合材料生产企业近几年积极在全球进行扩产计划与战略布局，整合产业链，促进碳纤维增强复合材料及其制品在全球汽车领域中的普及应用。

德国宝马公司率先全面开启碳纤维增强复合材料在汽车领域的应用模式。作为应用高科技材料的先锋，宝马集团凭借长期在量产车中适当使用碳纤维增强复合材料积累的经验，成为目前唯一掌握在大规模生产中使用碳纤维增强复合材料科技的汽车制造商，碳纤维增强复合材料在汽车零部件的应用比例如图1所示。

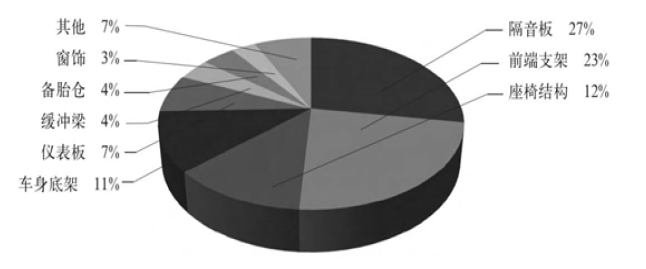


图1 碳纤维增强复合材料在汽车零部件的应用比例

2008年，宣布把碳纤复材带入汽车主流材料，2014年宝马批量化i3和i8系列纯电动车BMW MegacityVehicle在全球正式上市，为碳纤维产品在通用汽车领域的商业化普及应用迈出了重要的一步。这款车的市场表现，将在很大程度上决定未来10年碳纤维增强复合材料在通用汽车领域的发展方向。2015年7月1日，全新第六代BMW7系在丁格芬工厂正式投产。该车型所有创新都贯穿有车辆整体轻量化的概念，即通过不同材料的智能组合实现最佳的行驶表现和最轻的重量。宝马公司或将在未来一到两年内为旗下车型配备大量的碳纤维部件特别是碳纤维轮毂，这将大幅度降低汽车的重量。日本东丽、丰田和东京大学等已经在联手开发全面采用重量轻、强度高的碳纤维汽车，推进加工技术等的研究，预计最早到2020年，重量减轻6成、安全性更高的新能源汽车将全面投入实际应用。荷兰皇家昙卡草坪（TenCate）与日本东丽达成了长期供应协议；东丽与戴姆勒（Daimler）达成共同研发协议，为梅赛德斯—奔驰研发碳纤维增强复合材料部件。2015年东京车展上，雅马哈展出了仅重750kg的全新概念跑车，超轻的车身得益于其iStream碳纤维底盘。2015年福伊特公司赢得了奥迪一份订单，将为未来一款奥迪新车型开发可量产的碳纤维增强复合材料。

国内相关碳纤维生产企业的大规模建设为解决碳纤维复合材料汽车件相关材料的国产化和低成本化奠定了坚实的基础。一大批企业开展碳纤维在汽车轻量化的应用研究。中国奥新新能源汽车运行公司，于2015年研发成功首辆碳纤维新能源汽车，并于2016年3月通过所有测试，拿到中国汽车生产许可证。北京汽车、北京长城华冠、奇瑞汽车、中科院海西研究院泉州装备制造所、上海汽车、长安汽车等单位都大量碳纤维复合材料在汽车应用的探索研究工作。大众、奔驰、PSA等多家集团公司也都在开发汽车用碳纤维复合材料，应用于车身、轮毂、座椅、氢气瓶、前舱盖、底盘结构件、传动轴等部件。近年来国内通过“国际汽车轻量化绿色科技联盟”的平台开展大量的学术交流，一批汽车企业与复合材料领域的研究人员，进行了深入交流，开展了有效的探索与研发，取得了较快的进展，对碳纤维在汽车应用的关键技术与关键科学问题的认识不断深入提高。

（三）我国高性能纤维与汽车轻量化产业发展存在主要问题

1．缺乏碳纤维汽车及其零部件结构设计、数据库、标准与检测方法

虽然国内有一大批汽车企业对使用碳纤维积极性很高，但缺乏对各向异性碳纤维复合材料汽车及其零部件设计与评价能力（设计方法、标准、评价测试方法、人才队伍），开发效率低。

2．零部件制造节拍慢，自动化程度低，生产成本高

碳纤维增强复合材料零件总成本中，制造成本占70%～80%，材料成本只约占20%。降低碳纤维增强复合材料零件成本，重点在降低制造成本，降低制造成本关键是采用先进的大批量、高质量、低成本的生产工艺和工艺生线。

从碳纤维织物或预浸料到零部件，需要经过织物裁剪、铺层、预成型体定型、树脂灌注、模压固化、脱模、修边、打孔等流程。为满足汽车年产万件的生产节拍，必须研发快速成型技术；通过快速成型，提高生产效率，通过自动化生产，提高产品质量稳定性，以抽检代替现有复合材料全部检查工序，通过提高生产效率，提高设备利用率，减少设备投资，降低生产成本。

3．缺乏上下游合作机制

应该加强汽车企业与碳纤维企业联合攻关，建立我国低成本车用碳纤维制备应用技术体系与产业链。

4．碳纤维价格高

企业规模小生产成本高，没有大丝束低成本碳纤维产品，低成本化新技术开发投入小，缺乏产业链的重要环节，造成产业链中间产品成本高。

5．碳纤维产业科技研发投入不足

中国还没有形成完整的高性能纤维与汽车轻量化工程技术体系，需要加大科技投入，研发关键工程技术，使生产装备自动化，提高产品品质，使产品高性能化，低成本化。

6．碳纤维生产关键材料和核心设备依赖进口

我国在碳纤维用油剂和上浆剂等关键原料方面与以日本东丽公司为代表的国际先进水平差距较大，目前我国这些原料开发仍处于实验阶段，各个批次之间生产的品质不够稳定。但日本已经实现规模化生产且品质稳定。

在碳纤维装置方面，我国已经实现了百吨级中试规模生产设备的自主保障，但自主设计的预氧化、碳化生产线，在运行丝束数、速度等重点指标上仍然无法与引进的生产线相媲美。

7．没有建立碳纤维汽车维修、回收和循环利用技术体系

碳纤维汽车维修、碳纤维废料分离生产回收成工业等级质量原料的工艺方法，使大量的碳纤维废料能够重返生产链中，降低制品成本。

（四）高性能纤维与汽车轻量化产业发展战略与技术路径

1．发展战略

第一阶段（2016到2020年），通过科技攻关，建立高性能纤维与汽车轻量化技术体系和产业链体系，形成从原材料到碳纤维汽车及其零部件的国家标准。包括：建立我国轻量化复合材料汽车设计与评价方法体系；建立我国汽车轻量化复合材料零部件低成本自动化量产技术体系；建立我国车用高性能纤产业链及其低成本化技术体系；建立我国高性能纤维与轻量化科技与人才培养体系。通过建立若干高性能纤维与汽车轻量化示范工程，对轻量化工程技术、减重降耗减排、经济性和产业链建设进行验证与完善，总结经验，进行推广。

第二阶段（2020到2025年），逐步推广到整个汽车产业，争取使用碳纤维数万吨规模。通过逐步扩大生产规模，结合研发碳纤维制造新技术，进一步降低原材料成本，2025年比现在降低50%；通过研发汽车零部件模块化设计，减少零部件数量及其装配成本；研发快速浸润、快速固化的高效成型技术；研发自动化程度高，质量重复性好的自动化量产技术，不断降低零部件制造成本，到2025年复合材料成型制造成本从现在的70%~80％降低到50％。综合成本（材料成本+制造成本）虽然比金属零部件成本高些，但可以少装电池或油耗排放减少，综合经济效益可行。

2．技术路径

围绕上述发展战略，在工程技术上重点攻克碳纤维汽车结构设计与评价，碳纤维零部件低成本自动化量产技术，关键原材料低成本技术。

（1）建立我国轻量化复合材料汽车设计与评价体系

目前国内外汽车行业成熟的设计方法、材料数据、评价方法都是基于各向同性的金属材料，对各向异性的复合材料不能适应。对各向异性的复合材料需要建立设计方法及其软件，需要建立材料数据库，需要建立整车和零部件的评价标准及其评价方法。轻量化碳纤维汽车结构设计与评价技术路线包括：

建立设计与评价技术体系及其公共服务平台。建立复合材料汽车设计方法及其软件平台，材料数据库；建立碳纤维复合材料汽车及其零部件标准及其检测公共服务平台。

建立碳纤维在汽车轻量化的应用技术及其推广应用体系。2020年建立若干示范车型，总结经验，修改完善标准；2025年推广应用，争取车用碳纤维达到数万吨规模。

（2）建立我国复合材料零部件低成本化成型与连接自动化量产工程技术体系

目前复合材料成型成本占碳纤维汽车零部件成本70%~80%，主要是由于成型周期长，设备利用率低，碳纤维利用率低等，同时现有的固化成型速度无法满足汽车量产节拍。因此应该建立我国碳纤维复合材料汽车零部件快速成型自动化量产技术体系。重点开展快速固化树脂、快速浸润织物、快速成型热塑性复合材料技术等，降低复合材料成型成本。

**①热固性复合材料汽车零部件快速成型自动化量产技术体系。**包括零部件RTM自动化量产技术。建立自动化量产示范生产线，包括裁剪、铺层、预成型体定型、灌注、固化等自动化单元设备及其集成装备；零部件PCM自动化量产技术。建立自动化量产示范生产线，包括裁剪、铺层、预成型体定型、模压固化等自动化单元设备及其集成装备；零部件预浸料与C-SMC混杂自动化量产技术。建立自动化量产示范生产线，包括裁剪、铺层、预成型体定型、模压固化等自动化单元设备及其集成装备。

**②热塑性复合材料汽车零部件快速成型自动化量产技术体系。**热塑性零部件模压成型技术。建立自动化示范生产线，包括裁剪、预热、铺层、模压成型、连接件安装等单元设备及其集成生产线；混杂注塑成型技术。

**③自动化量产成套生产装备。**建立自动化示范生产线，包括热塑性预浸料、热固性预浸料、裁剪、预热、铺层、注塑、后固化等单元设备及其集成生产线；自动化缠绕成型技术。建立多工位自动化缠绕生产线，包括自动化浸胶、缠绕、固化、脱模、工装等。

**④复合材料自动化连接技术与装备。**复合材料自动化修边与打孔技术，复合材料自动化胶结技术，复合材料与金属胶结技术，胶结表面自动化处理技术与装备，碳纤维及其关键原材料制备技术攻关。

（3）建立我国碳纤维及其关键原材料低成本化技术体系

碳纤维成本太高、产业链不完善，是阻碍我国碳纤维汽车轻量化产业发展的瓶颈，应该建立碳纤维及其关键原材料低成本技术体系。包括碳纤维低成本化工程技术:

建立基于腈纶生产路线的车用大丝束碳纤维技术体系，形成万吨级车用碳纤维产业；建立干喷湿纺生产车用大丝束碳纤维生产技术，形成万吨车用碳纤维产业；碳纤维成本比现在降低25%；建立低成本碳纤维制备新技术中式生产线，包括木质素原丝、液相芳环化、微波等离子体碳化等低成本化新技术；碳纤维成本比现在进一步降低50%。

**①建立碳纤维织物与预成型体结构设计与高效制备工程技术体系：**研发建立多轴向碳纤维织物高效低成本制备技术与装备;研发用于不同汽车零部件的混杂织物（碳纤维、芳纶纤维、玄武岩纤维、玻璃纤维、麻纤维等）；研发适合自动化量产，容易定型，浸润性好，快速注胶的织物或预成型体混杂织物结构;研发具有增韧效果碳纤维/热塑性纤维混杂织物，制备高韧性汽车零部件。

**②建立快速固化树脂、预浸料与结构黏合剂制备技术体系：**建立固化时间5~10分钟，低成本车用基体树脂；研发固化时间5~10分钟，存在6个月以上的车用基体树脂及其预浸料；研发高强度车用结构热熔胶，满足结构黏合强度和在线自动化黏合要求。

**③建立热塑性预浸制备技术体系：**研发建立碳纤维增强热塑性预浸料生产技术，形成系列产品：碳纤维单向预浸料、混杂织物预浸料、基体树脂包括PP、PA、PET、PPS、PEEK。

**④建立芳纶、纸、蜂窝、泡沫及其他车用高性能纤维及其中间体制备技术体系：**车用芳纶纤维生产技术及其规模化企业：轮胎轻量化芳纶纤维、刹车片芳纶、芳纶增强尼龙；芳纶纸与蜂窝结构；PI泡沫、聚氨酯低成本泡沫；研发玄武岩纤维低成本技术，建立车用玄武岩纤维规模化生产技术；研发热塑性增强专用玄武岩纤维，形成与碳纤维混杂热塑性预浸料生产线。

**⑤建立碳纤维汽车维修、回收及循环利用技术体系：**研发建立碳纤维汽车零部件回收循环使用技术；建立回收碳纤维生产C-SMC技术。

（4）建立我国高性能纤维与轻量化科技体系及其人才培养体系

建立创新基础研究，关键工程技术研究和产业知识服务三级科技体系；在合适的特色学校，建立相关专业和博士点，培养多学科交叉轻量化专业人才；设立“高性能纤维与轻量化”人才专项，持续支持，培养一批学术带头人和工程技术带头人。

二、高性能纤维与汽车轻量化产业关键工程技术专项

根据上述发展战略与技术路径，建议加大科技投入，建立工程技术专项，开展下列关键工程技术研发，推动我国高性能纤维与汽车轻量化产业快速发展。

（一）汽车轻量化关键原材料专项

1．碳纤维低成本化关键技术与工程集成国内外现状

以腈纶大规模生产工程为基础，生产碳纤维原丝及其大丝束碳纤维是目前碳纤维低成本化最有效途径。全球一共6家大丝束大规模生产商，总产能约5万吨。东丽ZOLTEK2015年产能为2.6万吨；SGL2015年产量扩产至9000吨；三菱丽阳产能8000吨；土耳其AKSACA集团在30万吨腈纶基础上，建立3500吨低成本大丝束碳纤维生产线；印度KEMROCK产能1500吨；俄罗斯HCC公司1750吨生产线，也可以生产24K碳纤维。我国至今没有大丝束碳纤维生产技术和生产线。我国吉林奇峰化纤以27万吨腈纶生产企业为基础，开展24~48K大丝束原丝试生产，河北硅谷新材料有限公司，开展其大丝束碳纤维氧化碳化技术与设备研发，上海申达股份拟投资5.4亿建立2000吨大丝束碳纤维氧化碳化及其预浸料生产线。中复神鹰正在开展干喷湿纺技术生产24K大丝束碳纤维的研发。

碳纤维制备新技术的出现，成本将大幅度下降。日本正在研发PAN纺丝液芳环化纺丝制备不需要氧化的碳纤维原丝，可以直接碳化，由于不受氧化速度限制，碳化速度可以提高10倍；同时采用微波等离子体碳化技术，提高能源利用率，节省能耗。美国橡树园国家实验室、ZOLTEK、欧洲等正在研究木质素、聚烯烃、芳香族聚合物、生物质等为原料的碳纤维制备新技术，目的是减少原料成本，提高碳纤维得率，减少环化放，提高氧化碳化速度。我国碳纤维发展较晚，过去主要围绕解决有无问题，对成本考虑少。因此对碳纤维低成本化技术研究不多。纤维材料国家重点实验室等单位正在开展熔体纺丝、纺丝液芳环化提高氧化碳化速度、木质素-PAN共混纺丝等低成本化新技术研究，并申请国际专利。

**目标与研究内容：**建立万吨级PAN大丝束碳纤维原丝及其低成本碳纤维生产线，通过提高生产效率，规模效应，建立大丝束碳纤维原丝高效氧化碳化技术与装备，研发建立碳纤维制备新技术，大幅度降低碳纤维成本。

聚合反应机理与聚合工程研究，提高PAN分子量；减少凝胶，提高可纺性；研究PAN纺丝过程凝聚态演变规律，提高原丝性能，研发原丝油剂，减少断头，提高纺丝速度及其稳定性；研究PAN纺丝液芳环化反应机理及其可纺性，研究开发不需要氧化工艺、直接可以碳化的碳纤维原丝制备技术；研究木质素、聚烯烃、生物质、芳香族聚合物为原料的碳纤维原丝制备技术，降低原料成本，提高碳纤维得率，减少环化反应热，提高氧化碳化数量，降低原丝及其碳纤维成本；研究微波等新型碳化技术，减少能耗，降低成本。

**现有基础与优势单位：**吉林碳谷碳纤维有限公司拥有27万吨腈纶生产线，在此基础上，自主研发了DMAC为溶剂、湿法二步法生产PAN基碳纤维原丝生产技术。该生产技术工艺流程短，聚合反应速率快，产品品质稳定、产量高、成本低，生产能力为：1条10000吨/年的聚合生产线，2条2500吨/年的原液生产线，4条纺丝生产线。现主要产品有1k、3k、6k、12K、24K、48K碳纤维原丝。

碳谷原丝已在俄罗斯HCC和澳大利亚迪肯大学进行批量碳化。上海申达股份有限公司拟投资约5.4亿元建设2000吨碳纤维及其预浸料项目，公司与东华大学等国内碳纤维领域的先进研究机构建立了密切的合作关系。

2．干喷湿纺制备大丝束碳纤维技术

**国内外现状：**干喷湿纺生产PAN碳纤维原丝是目前碳纤维原丝生产的先进技术，纺丝速度快，是湿纺技术的6~10倍，但因容易漫流，大多用于生产小丝束碳纤维原丝。国际上目前还没有采用干喷湿纺生产大丝束碳纤维原丝的生产线。我国中复神鹰碳纤维公司已经掌握干喷湿纺制备12K碳纤维原丝技术，建立千吨生产线。目前正在研发干喷湿纺生产大丝束碳纤维原丝新技术。

**目标与研究内容：**建立干喷湿纺生产大丝束碳纤维原丝的关键技术、关键设备及其工程集成技术，建立示范生产线。

聚合反应机理与聚合工程研究，提高PAN分子量，研究PAN纺丝过程凝聚态演变规律研究高黏度纺丝流体过滤脱泡技术，干喷湿纺漫流机理及其影响因素，提高纺丝速度及其稳定性。

**现有基础与优势单位：**中复神鹰已经攻克干喷湿纺制备原丝技术，建立4000吨生产线，正在开展干喷湿纺制备大丝束碳纤维原丝的技术攻关。

3．车用芳纶纤维及其制品（树脂、纤维、浆粕、纸、蜂窝）

**国内外现状：**国际上杜邦公司等龙头企业不仅产业规模达3万吨，而且产品系列化，在汽车上大量应用。我国目前有硅谷、泰和、晨光、兆达等企业可以生产K29级（通用级）芳纶，硅谷可生产K49高模量级芳纶。但技术水平比国外还有差距，生产规模也很小。

**目标与研究内容：**研发芳纶规模化生产技术，建立有一定规模的芳纶生产企业；研发车用芳纶纤维及其制品，建立生产线，满足我国汽车产业需求。

PPTA连续聚合反应控制及其规模化生产关键技术、关键设备及其工程集成技术；液晶芳纶浆粕、纸及其蜂窝制备技术；车用芳纶浆粕制备技术。

**现有基础与优势单位：**国内芳纶主要生产企业有河北硅谷化工有限公司、烟台泰和新材料有限公司、中蓝晨光化工研究院、苏州兆达特种纤维有限公司等。河北硅谷化工有限公司建有芳纶1414纤维及系列制品、高性能聚丙烯腈基碳纤维、碳纤维复合芯导线、硅、氟新材料系列产品。公司与国家973项目密切合作，历经4年技术攻关，成功实现了芳纶1414连续规模化生产，自主研发、自行设计、用国产设备、国产原料生产出高性能芳纶、并具有完整自主知识产权的规模化生产。产品性能与美国杜邦公司的K29和K49相当，达到国际先进水平。

烟台泰和新材集团有限公司突破了聚合工程、纺丝工程、溶剂回收等核心技术，形成具有自主知识产权的连续低温缩聚、干喷湿纺、溶剂连续回收的对位芳纶产业化技术，实现了芳纶关键原料国产化，加快了关键装备的国产化进程。目前公司对位芳纶年产能1000吨，居全球第五位，主要市场集中在汽车胶管，光缆增强，防弹防护等领域。

4．车用玄武岩纤维及其制品

**国内外现状：**玄武岩纤维具有优异的耐磨抗拉增强性能。玄武岩纤维代替部分碳纤维作为热固性、热塑性增强材料、摩擦材料、消音材料、内装饰材料等在汽车上应用具有巨大潜在市场。

**目标与研究内容：**开发出汽车专用玄武岩纤维，包括增强纤维、摩擦材料、消音内饰材料、高温过滤材料等。研究玄武岩纤维成型机理，提高纤维力学性能；研发玄武岩纤维上浆剂，形成与环氧树脂、热塑性PP、PA等不同基体复合的玄武岩纤维系列产品；研究开发玄武岩纤维与碳纤维混杂增强复合材料织物；研发玄武岩车用摩擦材料、消音内饰材料、高温过滤材料等产品。

**现有基础与优势单位：**玄武岩纤维是具有中国特色的高性能纤维品种，我国具有金属和资源优势，我国现有6家玄武岩纤维生产企业，才能1.6万吨，占全球玄武岩纤维的80%，成立玄武岩纤维联盟。

5．多轴向织物、混杂织物、预成型体生产成套装备

**国内外现状：**对于未来汽车使用碳纤维做量产工艺时，更多地选择碳纤维多轴向编织物作为加工原材料。因为量产工艺，没有那么多时间去进行传统的铺层工艺。多轴向织物是碳纤维复合材料应用最多的织物结构，在汽车上主要应用多轴向碳纤维织物。同时根据应用零部件不同，可以与芳纶、玄武岩纤维等混杂形成混杂织物，综合碳纤维的高模量和其他高性能纤维抗冲击性能，同时可以降低成本。我国已经有多轴向碳纤维生产设备与生产企业，但混杂织物还没有形成系列化定型产品，缺少相关数据库和标准，因此汽车企业还没有混杂织物产品可以应用。

多轴向碳纤维经编机的生产一直由德国的KarlMayer和Liba两大生产巨头所垄断。KarlMayer的MalimoMultiaxial型设备技术含量高，导纱梳栉稳定性的提高以及衬纬纱架的合理设计，相应的产量达到240m/h。Liba公司的CopcentraMAX3CNC型机器的所有功能均为电脑控制；织针机件以外的所有运动均由伺服电机驱动；织物的各种变化，尤其是铺层角度的调整，均由中央电脑控制。在CopcentraMAX3CNC系列机型的基础上，Liba公司成功推出了用于碳纤维产品生产的CopcentraMAX5CNCCarbon机型。

**目标与研究内容：**研发出一系列混杂织物结构、生产技术与装备，进行标准化，建立相关材料数据库，为汽车企业提供系列化混杂织物产品及其数据库。研发碳纤维与芳纶、玄武岩纤维、玻璃纤维、麻纤维混杂纺织结构设计与高效低成本制造技术并建立其复合材料数据库及仿真计算设计方法；研发用于液体成型制备高韧性汽车零部件的热塑性纤维混杂碳纤维织物结构，提高预成型体树脂浸润速度，提高汽车零部件RTM生产效率，提高汽车零部件韧性。

**现有基础与优势单位：**我国的经编机械生产企业，如常州市润源经编机械有限公司和常州市第八纺织机械有限公司等也纷纷加大投入，对碳纤维多轴向经编机展开技术攻关并取得一定的成绩。目前，国内的玻纤多轴向经编机已经基本满足需要，而碳纤维多轴向经编机仍需进口。

6．快速固化树脂与预浸料生产技术与成套装备

**国内外现状：**环氧树脂基复合材料的传统成型周期较长（数小时），因此在汽车工业的批量化生产应用遇到了极大的挑战。为此，国外数家企业（如陶氏、迈图、氰特等）已开发了适用于液体成型工艺（如真空导入、高压树脂传递模塑工艺等）的快速固化环氧树脂体系，将固化成型周期大大缩短至数分钟甚至几十秒钟。但是，国外对这些产品仍处于技术封锁状态且价格昂贵，而国内对快速固化环氧树脂体系的开发还处于起步阶段。

亨斯迈AralditeXB3585环氧树脂与固化剂XB3458成功应用到宝马i3、i8、7系列、5系列碳纤维汽车的批量化生产。奥迪汽车公司自2011年起也将该树脂用于R8车型的B柱侧面板。

日本帝人集团旗下的东邦特耐克丝株式会社开发了可以大幅提高生产率的快速固化型预浸料。生产效率提高了几十倍，并且能够对应年产5万个左右的大批量生产碳纤维增强复合材料件。

瀚森公司推出最新的Epikote树脂TRAC06170和EPIKURE固化剂TRAC06170系统，在RTM和LCM工艺中，其循环周期不到1分钟，并可以轻松脱模。

**目标与研究内容：**研发车用RTM快速固化快速浸润树脂体系，车用预浸料快速固化树脂体系，力学性能，耐热性能、耐候性能等达到汽车工况要求，建立规模化生产能力。

自由基或离子型聚合固化环氧树脂的分子结构设计、低反应热及其固化压力控制、可储存预浸料快速固化树脂。汽车使用环境下，树脂基体的耐候性，失效机理与寿命预测。

**现有基础与优势单位：**上海纲田复合材料有限公司开发了快速固化高韧性树脂，低温（80~90度）固化时间可调整为1~30分钟，断裂延伸率可达14%以上。华东理工大学华昌聚合物有限公司技术部在保证材料优异性能的前提下，将环氧树脂的固化时间缩短至2~5分钟。

（二）复合材料汽车零部件快速量产制造技术与装备专项

1．汽车零部件自动化量产RTM成型生产线成套装备国内外现状

为了达到更好的视觉效果，在汽车的制造过程中，采用RTM工艺进行零部件的生产。若能为量化生产开发出一条可靠的自动化RTM生产线，则纤维增强塑料（FRP）将能够更加广泛地应用于汽车高强度承重结构件的生产。

德国加工机械领域的专家迪芬巴赫公司（Dieffenbacher）和克劳斯玛菲公司（KraussMaffei）开发了一条高压树脂传递模塑成型工艺（HP-RTM）的自动化生产线。相比于传统的RTM工艺，该HP-RTM工艺减少了树脂注射次数，提高了预制件的浸渍品质，并缩短了成型周期。

**目标与研究内容：**研发RTM汽车零部件自动化量产技术与设备，建立我国汽车零部件RTM快速成型自动化量产技术体系。

研发碳纤维织物自动化裁剪、铺层、预成型体定型技术与设备；研发树脂快速浸润技术与装备；研发快速固化工艺及其自动化脱模设备；研发水切割、激光切割等自动化修边打孔技术与设备；开展工程集成，建立快速RTM成型技术与装备体系。

**现有基础与优势单位：**海源机械股份公司正在研发高压RTM自动化成型设备；上海悦曼智能设备有限公司正在开发一种汽车零部件快速成型RTM自动化生产线。

2．汽车零部件预浸料模压生产技术与自动化年产线成套装备

**国内外现状：**日产汽车公司2014款NissanGT-R跑车的行李箱盖是利用预浸料模压生产出来的，这也是预浸料模压成型工艺首次商业化应用，它是一种可在传统模压机上加工碳纤维增强塑料复合材料部件的技术（2~4min）。

**目标与研究内容：**建立预浸料快速模压成型汽车零部件生产技术与装备体系。研发碳纤维预浸料自动化裁剪、铺层、快速固化工艺及其自动化脱模设备；研发水切割、激光切割等自动化修边打孔技术与设备；开展工程集成，建立快速RTM成型技术与装备体系。

3．热塑性复合材料汽车零部件制造技术（预浸料及其模压成型、连续纤维增强注塑）与装备

**国内外现状：**连续纤维增强热塑性复合材料具有成型周期短，生产节拍快，冲击韧性好，可回收等优点，是汽车零部件发展的主要方向。近年来出现了各种形式的热塑性复合材料成型新方法。

2014年德国拜耳（Bayer）公司收购ThermoplastCompositeGmbH公司，从而进入高性能的连续纤维增强PC热塑性复合材料（片材）生产，制造具有密度小、超薄化、轻量化的连续纤维热塑性预浸料（CFT）；2014年日本东丽碳纤维公司（Toray）与美国通用汽车公司（GM）合作开发了CFRT汽车部件，正在投入量产前的最终测试。

2013年，注塑机制造商恩格尔（Engel）成功研发原位聚合反应的注射浸渍成型技术实现自动化、可控化、高效率的融熔浸渍过程与复合成形过程一体化，从而减少工艺流程、提高产品性能。

2014年3月德国C.Hopmann教授发明的反应注射加压间隙浸渍成型技术，适合热固性/热塑性树脂基体（Resin）复合体系，成型时间快（2~5分钟）、成型温度低（120~150℃）、模具加压压力大（>25bar），同时操作相对简易、可控性好、稳定性好，设备投资成本低，易于制件实现大批量自动化生产，生产效率高，较适用于制造光滑曲面要求，又是非复杂3D结构的汽车结构零部件。

连续纤维增强技术在汽车FRT应用需求巨大，特别是CFRT更加广泛，巴斯夫（BASF）、塞拉尼斯（Celanese）、RTP、普立万（Polyone）、沙伯基础工业、帝斯曼（DSM）、杜邦（Dupont）、艾曼斯（EMS）、米拉克龙（Milacron）、阿博格（Arburg）、恩格尔、克劳斯玛菲、Diffenbacher、Vision等国际化工、成型设备、模具、在线检测、产品设计公司等分别或联合推出FRT（GFRT和CFRT）汽车零部件、产品在线检测工具，并且形成一个完整的从技术研发、自动化生产与装备、在线测试、产品设计等系列配套的完整产业链。

**目标与研究内容：**建立我国连续纤维增强热塑性预浸料、模压成型、混杂注塑成型等力学纤维增强热塑性复合材料汽车零部件生产技术与装备。

连续纤维增强热塑性预浸料制备过程熔体浸润与孔隙率控制；预浸料模压成型过程纤维织物变形断裂破坏控制；热塑性预浸料模压过程内应力控制；连续纤维增强热塑性复合材料注塑成型技术；连续纤维预浸料与长纤维切片注塑成型制备混杂增强热塑性复合材料零部件技术。

**现有基础与优势单位：**我国俊尔、杰士杰、金发等开发了碳纤维单向排列增强热塑性复合材料（CFRT）预浸带生产线。

海源机械于2010年成功开发高性能热塑型复合材料模压机，填补了国内空白，并于2012年成功研发出具有自主知识产权的直接在线全自动长纤维增强热塑型复合材料（LFT-D）模压生产线，可将热塑型复合材料的最快成型周期压缩至1分钟之内；同时，海源机械、海源新材料正与国内部分主要汽车厂商开展复合材料在车身轻量化方面的研发、生产制造等一系列工作。

4．复合材料黏结技术与自动化生产线装备

**国内外现状：**连接是复合材料汽车的关键技术之一，不仅考虑碳纤维复合材料与复合材料连接，而且考虑复合材料与金属连接。宝马i3、i8、7系、5系等均采用结构胶黏结与铆钉定位相结合，从工装、涂胶、固化实现高度自动化。

**目标与研究内容：**建立复合材料与多材料连接技术与自动化生产装备，包括自动化工装、表面处理、定位、涂胶、固化等自动化过程。

黏结表面（复合材料、钢、铝合金、塑料）活化处理技术与自动化装备；快速固化高强度结构热熔胶的研发，满足汽车总装生产线的节拍；自动化定位工装；自动化涂胶；自动化加压固化等装备。

（三）轻量化复合材料汽车及其零部件设计、制造与评价技术专项

1．非承载式碳纤维复合材料车身

**国内外现状：**宝马i3、i8成功实现了电动车底盘与车身分离制造的设计，非承载式碳纤维车身作为载人舱，充分发挥碳纤维抗冲击性能，保护人的安全。

中国奥新同步研发了新型非承载式碳纤维车身，其车身与底盘分离，而车身采用铝合金骨架与碳纤维复合材料覆盖件混杂。与宝马i3碳纤维车身比较，重量更小。

**目标与研究内容：**优化这种金属骨架与碳纤维覆盖件混杂结构车身的设计、制造与评价，建立相关标准，成为具有中国特色的碳纤维车身结构，并在行业中推广。

车身金属骨架结构的优化设计；碳纤维增强金属骨架结构设计，特别是碳纤维覆盖件与金属骨架增强一体化；提高覆盖件零部件结构集成度及其可制造程度，减少零部件生产、装配、维修等综合成本；碳纤维、玄武岩纤维、玻璃纤维、芳纶纤维、麻纤维等多种纤维混杂增强结构设计与制造技术研发。

**现有基础与优势单位：**江苏奥新新能源汽车有限公司研发成功了中国第一辆碳纤维车身电动车，2016年2月通过测试，获得生产许可证，已经建立2万辆生产线。奥新碳纤维新能源乘用车创下三个“中国第一”：中国第一个2万辆碳纤维纯电动汽车制造工厂，中国第一条电动汽车铝合金底盘机器人焊接线，中国第一条高温高压真空辅助碳纤维成型车身生产线，抢占了战略制高点。

奥新公司已经建成两万辆碳纤维纯电动汽车生产阵地及关键零部件厂，总投资11亿元。每年生产A0级别碳纤维纯电动汽车产值达40亿元，车用碳纤维年用量可达1千吨。车用复合材料研究所与各大知名高校企业合作，包括东华大学、江苏固诺新材料科技有限公司等。目前研发课题项目主要以“复合材料编制、预浸料、成形自动化”等方面。

2．承载式碳纤维复合材料车身底盘一体化结构

**国内外现状：**兰博基尼等研发了车身底盘一体化的承载式白车身，与金属白车身一样，车身与底盘一体化。已经成功应用于其高端车的批量生产。

英国Far公司，研发了以抗冲击性能很好的碳纤维方管代替钢方管，作为汽车骨架，减重效果明显。而且这种碳纤维方管容易实现自动化量产，碳纤维利用率高达98%，目前已批量生产1000多辆车。

**目标与研究内容：**研发车身底盘一体化结构设计、零部件低成本制造、评价技术及其标准。

建立基于各向异性碳纤维复合材料的“黑车身”结构设计方法、材料数据库、零部件设计方法、零部件制造方法及其测试标准。

**现有基础与优势单位：**东华大学与奇瑞、北汽公司等分别研发碳纤维汽车前地板主承力结构件，达到金属材料性能要求，减重40%以上，为承载式车身研发积累了经验。北汽、上汽、长安、奇瑞、中山大学、东莞中山大学研究院等单位都在积极考虑碳纤维车身研发。

3．碳纤维复合材料增强金属混杂结构车身

**国内外现状：**宝马公司开发了碳纤维增强普通钢，代替高强钢的设计技术；成功应用于宝马7系、5系白车身的生产，减重效果明显，但成本与高强钢相当。由于可以继续使用金属汽车的生产流程和生产设备，汽车企业不需要大规模投入建设新型设备，因此这是碳纤维最有可能大规模应用于汽车轻量化的技术途径。

**目标与研究内容：**研发出一套适合中国汽车产业特色的碳纤维增强金属白车身技术体系，包括针对不同级别车型的碳纤维增强部位和碳纤维用量。

针对中国不同级别的车型，研究碳纤维增强部位及其零部件设计；研发碳纤维增强车身结构的设计、制造、评价技术体系；建立减重效果、碳纤维用量、全生命周期综合成本评价方法体系；

**现有基础与优势单位：**上海汽车、奇瑞汽车、奥新等正在积极研发碳纤维增强金属车身结构的技术体系。上汽在轻量化技术研究与应用方面具有不同层面的团队，不仅包括量产应用开发团队，而且包括前瞻技术研究团队，他们为上汽自主品牌轿车的轻量化研究与产业化做出了巨大贡献。

4．碳纤维复合材料汽车覆盖件

**国内外现状：**汽车大型覆盖件轻量化是汽车轻量化的主要内容。国内外有很多企业开展覆盖件盖研发。北京汽车率先在量产车型使用碳纤维复合材料发动机盖，减重效果明显。

**目标与研究内容：**建立复合材料车门结构、制造、评价与标准，在整个行业推广，同时尽快研发热塑性复合材料车门。

研发复合材料车门、发动机盖、后举门等大型覆盖件的结构设计、评价及其标准；研发车门金属铰链与复合材料的连接技术；研发车门自动化量产技术与装备；研发连续纤维增强热塑性复合材料制备车门技术与装备。

**现有基础与优势单位：**北汽某款运动型轿车采用了碳纤维增强复合材料前格栅和尾翼；某款越野车使用了玻纤、碳纤混杂复合材料车顶盖；传统罩盖为钢制，由内板、铰链加强板（左、右）、锁钩加强板、前加强板、涂装卡具加强板、外板7个钣金件组成。钣金件之间通过焊接、螺栓等连接，工艺复杂，总重量在16~20公斤。碳纤维复合材料发动机罩盖由内板和外板两层结构组成，局部有加强。初步估计重量6~10公斤左右，减重率可达50%。

5．碳纤维复合材料汽车通用零部件制备技术

**国内外现状：**传动轴、轮毂、方向盘、悬挂摆臂、弹簧、板簧、座椅骨架为汽车通用件，不同车型结构相近，国内外有大量的企业正在研发这些碳纤维通用零部件，可以在量产车型应用，也可以在改装和维修市场应用。这是碳纤维在汽车轻量化应用的重要方面。

**目标与研究内容：**建立这些碳纤维复合材料零部件的结构设计、制造、评价和标准等技术体系，形成自动化量产生产线，培育一批汽车轻量化碳纤维复合材料零部件企业。

建立碳纤维复合材料汽车零部件设计、评价方法与标准；建立传动轴、轮毂、方向盘、悬挂摆臂、弹簧、板簧、座椅骨架等碳纤维复合材料零部件自动化量产技术与装备。

**现有基础与优势单位：**一汽、东华大学等研发了碳纤维汽车传动轴、汽车板簧等零部件；东华大学研发了碳纤维轮毂。

6．汽车碳纤维复合材料汽车维修、回收与循环利用

**国内外现状：**宝马采用更换零部件的维修方式；宝马公司碳纤维零部件回收现有技术采用燃烧等方法去除树脂，碳纤维可以制备成为无纺布毡，回收使用。回收利用碳纤维可降低能耗、节约能源，主要方法有高温热解法、流化床分解法和超/亚临界流体法。

**目标与研究内容：**建立适合我国国情的碳纤维复合材料汽车维修、回收和循环使用技术体系。研发设计合理车身结构，在碰撞中破坏局限在一定零部件区域，可以通过更换零部件解决维修问题；研发复合材料现场修补技术体系；研发碳纤维零部件回收及其循环使用技术。

**现有基础与优势单位：**上海交通大学科研团队成功开发了国内第一项拥有完全自主知识产权的碳纤维复合材料废弃物新型裂解回收技术和装备，已达到具有国际水平的规模化生产能力，填补了国内该领域的空白，年处理能力超过200吨。中科院山西煤化所研究团队也实现了热固性树脂基复合材料的高效降解和全成份回收。

7．碳纤维复合材料汽车及其零部件设计与评价方法（设计方法与仿真软件公共平台、关键原材料数据测试公共平台）

**国内外现状：**国外宝马、Audi、大众等公司已经建立碳纤维复合材料汽车设计、评价方法；国内也有一批企业和研究人员开展工作，但国内目前研究工作零散，没有形成体系，还没有形成可复制推广的技术体系。

**目标与研究内容：**目前国内外汽车行业成熟的设计方法、材料数据、评价方法都是基于各向同性的金属材料，对各向异性的复合材料不能适应。对各向异性的复合材料需要建立设计方法及其软件，需要建立材料数据库。

现有汽车与零部件结构设计方法体系是基于各向同性的金属材料，对各向异性的碳纤维复合材料结构设计缺乏方法体系，包括刚度、强度、模态、冲击碰撞、疲劳失效、寿命预测等。

**现有基础与优势单位：**奥新、北汽、奇瑞、长安、长城华冠、上汽、一汽等已经开展大量研发工作。

8．标准建设（碳纤维复合材料整车标准、零部件标准、材料标准及其测试）

（1）建立碳纤维复合材料车身、零部件和整车标准及其测试方法体系；

（2）建立碳纤维复合材料汽车维修标准及其规范示范体系；

（3）建立碳纤维复合材料汽车零部件回收循环使用技术体系；

（4）建立材料标准及其检测方法；包括碳纤维、玄武岩纤维、多轴向织物、混杂织物。

三、高性能纤维与轻量化产业发展建议

综上所述，发展轻量化产业对能源、环境、制造业、新能源汽车战略新兴产业和新材料战略新兴产业具有重要意义。我国汽车保有量约为1.5亿辆，70%的成品油用于机动车燃料，预计到2025年为3亿辆，国家能源发展战略难以满足这一增长需求；汽车排放造成雾霾等环境恶化亟待解决；新能源汽车的续航里程亟待提高。轻量化技术是汽车降低油耗，减少排放、提高电动汽车续航里程最有效工程途径之一，也是“中国制造2025”核心技术和核心竞争力之一（如高铁、大型客机、机器人、海洋化工等），轻量化技术对国家能源、环境、制造业等领域的发展具有重要战略意义。

鉴于轻量化产业对国家能源、环境、制造业、新能源汽车和新材料战略新兴产业发展的重要性，借鉴国外发展经验，结合国情，提出如下建议：

（一）建立若干“高性能纤维与轻量化产业链示范工程”，形成产业链各环节具有合理开工率、连续稳定运行、合理企业利润的完整示范工程

建立完整高性能纤维与轻量化产业链生产能力的示范工程。建立碳纤维复合材料电动汽车生产线、碳纤维增强金属混杂结构汽车生产线、复合材料汽车零部件及其在量产汽车应用等轻量化应用示范生产线；并建设与之相匹配的完整产业链生产能力，包括车用零部件自动化量产、混杂织物、预浸料、快速固化树脂、泡沫、蜂窝、黏合剂、模具、大丝束碳纤维及其他车用高性能纤维等生产线。

建立理事会、专家委员会等示范工程运行机制。总结示范工程经验，利用示范工程建立的产业链关键技术和生产能力，逐步推广到汽车行业、其他制造业（如高铁）和其他高性能纤维（如芳纶、玄武岩纤维等）产业链；使产业链各企业形成规模效益，提高品质，降低成本，提高竞争力，培育龙头企业，参与国际竞争。

（二）培育行业龙头企业，提高规模效益，参与国际竞争

发挥中国制造业大容量市场优势，集中培育万吨级碳纤维及其轻量化产业链规模化企业龙头，争取率先在国际上建立规模化的高性能纤维与复合材料轻量化新型战略产业。总结示范工程经验，利用示范工程建立的产业链生产能力，扩大生产规模，推广到其他制造业，提高制造业轻量化水平；集中提高产业链的企业规模，形成规模效益，降低成本，提高竞争力，防止低水平小规模恶性竞争。建议适时设立如下推广专项，建立专项运行机制，尽可能利用示范工程建立的产业链产品，避免不必要的小规模、低水平重复建设和恶性竞争。

车身底盘一体化新型结构碳纤维电动车及其产业链专项；优化设计，提高碳纤维增强效率和制造过程利用率，形成5万辆车5000吨碳纤维产业链。

碳纤维与金属混杂结构汽车及其产业链专项，成本不增加或小增加，对金属结构汽车明显减重，形成10万辆车5000吨碳纤维示范产业链。

碳纤维汽车零部件及其产业链专项，研发生产各种车型通用的碳纤维汽车零部件，作为客户选配件、改装件或为整车配套，实现轻量化，形成5000吨碳纤维产业链。

中间体规模化生产专项，研发快速固化树脂及其预浸料、热塑性预浸料，低成本蜂窝结构、低成本泡沫、黏合剂等中间体材料；建立若干规模化龙头企业。

装备研发专项，建立自动化装备研发集成专业企业，包括复合材料成型自动化生产线装备、复合材料车身连接自动化装备、高性能纤维生产成套生产装备。

大型客机关键原材料国产化产业链示范工程专项，包括T300、T800碳纤维、及其织物、预浸料和干纤维，芳纶及其蜂窝材料，加快大型客机关键原材料国产化，降低大型客机原料过度依赖进口的风险，培育2家碳纤维、2家芳纶、2家织物与预浸料、2家干纤维、2家蜂窝企业，形成中国航空复合材料关键原材料产业群。

高性能纤维与复合材料轻量化技术在能源领域应用产业链示范工程专项，包括风能、核能、高压电网增强等领域的应用；

高性能纤维与复合材料轻量化技术在高铁应用产业链示范工程专项，包括高铁车型、转向架与轮轨、供电系统中的应用，保持高铁的领先水平。

（三）加大科技攻关力度，设立“高性能纤维与轻量化”重点科技专项

持续支持轻量化创新研究和共性核心关键技术研究，包括轻量化复合材料汽车及其零部件结构设计与评价；碳纤维与金属、芳纶、玻璃纤维等多种材料混杂结构设计与评价；复合材料零部件快速成型新技术；热塑性复合材料成型新技术；复合材料结构连接技术；复合材料成型与连接自动化量产装备；新型高性能纤维；高性能纤维、织物、预浸料等原材料产业链高效低成本制造技术及其成套装备；复合材料结构维修、回收与循环利用技术；轻量化产业链制品标准及其检测方法等研发；占领高性能纤维与轻量化产业高地，为汽车轻量化和其他制造业轻量化技术提供支撑。

（四）建立我国高性能纤维与轻量化技术科技体系与人才培养体系

建立“高性能纤维与轻量化技术国家实验室”，开展原创性轻量化技术研究，占领轻量化科技高地，聚集高端人才，开展学术交流，为“中国制造2025”提供高性能纤维与轻量化产业核心技术支撑。建立“高性能纤维与轻量化技术国家工程实验室”，为高性能纤维与轻量化产业链提供关键技术、关键设备与装备、工程集成和工程技术人才。建立面向产业链服务的“高性能纤维与轻量化产业知识服务公共平台”，为产业链提供设计、制造、标准、检测和人才培训等知识服务支撑。

在合适的特色学校，建立相关专业和博士点，培养多学科交叉轻量化专业人才；设立“高性能纤维与轻量化”人才专项，持续支持，培养一批学术带头人和工程技术带头人。

（五）制定我国高性能纤维及其轻量化复合材料产业发展政策，优化负责环境

制定高性能纤维与轻量化产业建设经费与运营经费支持政策及其实施方案，帮助企业不仅建设好，而且运营好，使产业链各环节均有合理的企业利润，保证产业链的稳健运行与发展。并在“高性能纤维与轻量化产业链示范工程”中试行，总结经验，逐步推广。

建立高性能纤维与轻量化产业金融投资优惠政策、税收优惠政策；提高相关产品进口税，倒逼终端客户使用国产高性能纤维及其产业链产品；建立高性能纤维与轻量化创业专项基金，鼓励轻量化领域的创业，培育创新科技公司。推动国内企业的差异化发展，培育行业龙头企业。