

# 碳纤维在汽车轻量化设计中的运用

王保中,李新乐,黑中垒,刘景阳

(黄河交通学院 河南 焦作 454950)

**摘要:**近些年来,我国人均汽车保有量持续增长的同时,节能减排等绿色环保理念也促使汽车的经济性和环保性要求持续提升。在此背景下,推进汽车轻量化发展已经成为当前解决相关问题的重要因素。在此过程中,运用低质量、高强度、强减震、耐腐蚀、抗疲劳材料更是重中之重。据此,本文将以碳纤维材料为例,基于碳纤维材料在汽车领域中的运用历程,分析新能源汽车轻量化设计现状,指出其中的优势及不足,进而对未来碳纤维在新能源汽车轻量化设计中的运用进行合理展望。

**关键词:** 新能源; 轻量化; 碳纤维

中图分类号: TQ342

文献标志码: B

文章编号: 1006-0006(2022)05-0006-03

## Application of Carbon Fiber in Automobile Lightweight Design

WANG Baozhong, LI Xinle, HEI Zhonglei, LIU Jingyang

(Huanghe Jiaotong University, Jiaozuo 454950, China)

**Abstract:** In recent years, the per capita car ownership in China has been increasing continuously. At the same time, the green environmental protection concepts such as energy saving and emission reduction have also promoted the requirements of economy and environmental protection of automobiles. Under this background, promoting the development of automobile lightweight has become an important factor to solve related problems at present. In this process, the use of materials with low quality, high strength, strong shock absorption, corrosion resistance and fatigue resistance is the most important thing. Accordingly, this paper will take carbon fiber materials as an example, based on the application history of carbon fiber materials in the automotive field, analyze the current situation of lightweight design of new energy vehicles, point out its advantages and disadvantages, and then make a reasonable prospect for the future application of carbon fiber in lightweight design of new energy vehicles.

**Key words:** New energy; Lightweight; Carbon fibre

汽车轻量化发展要求汽车能够保持现有质量的情况下,最大限度降低汽车整备质量,以此来保障汽车的动力性能,降低能耗、排放、提高汽车续航。结合实际情况来看,当前汽车轻量化发展主要是采用轻量化材料、改变制件结构以及采用轻量化技术等方式来实现。相对于其他材料,碳纤维材料具有密度小、强度高、吸能性优秀等优势,在当前汽车轻量化发展中有着良好的运用成效。因此,对碳纤维在汽车轻量化设计中的运用进行研究分析,将有着一定的现实意义。

### 1 碳纤维在汽车领域中的运用历程

上世纪七十年代末,美国福特公司率先将碳纤维材料运用到汽车轻量化设计中,并取得了良好的运用效果。世界上首款碳纤维汽车出现于上世纪八十年代初,是迈凯伦公司所生产的McLaren MP4-1

型汽车,其被认为是碳纤维材料首次成为汽车重要生产材料的代表。此后,美国道奇蝰蛇、雪佛兰、日本帝人公司、东丽公司、德国戴姆勒股份公司、大众、宝马、中国江苏奥新新能源汽车有限公司、北京现代汽车、奇瑞汽车等公司和品牌均对碳纤维在汽车轻量化设计中有着一定的运用。

其中,美国两家汽车公司通过碳纤维材料制作汽车零件及汽车发动机罩,并发现通过碳纤维材料替代传统材料后可以有效降低汽车自重;日本帝人公司作为美国通用汽车和日本丰田汽车的重要材料供应商,其对于碳纤维材料给予高度重视,并逐步加大碳纤维材料的实际产能,以期能够满足各汽车公司的材料需求;东丽公司在与戴姆勒公司合作后,将碳纤维材料运用到汽车零件生产过程中,并专门研制出一种专用于汽车零件的碳纤维复合材料;德

国大众汽车通常在汽车生产中引入碳纤维材料,并在具体应用过程中发现碳纤维材料可以有效实现汽车顶棚减重 18~20 磅的效果;德国宝马 7 系列中引入碳纤维材料后,可减重 230 kg。

2015 年,中国江苏奥新公司首先推出了新能源碳纤维汽车,其预示着碳纤维材料开始逐步进入到新能源汽车生产领域;此后,北京现代汽车将碳纤维材料引入汽车发动机零部件生产过程中,并发现引入碳纤维材料后不仅可以保障发动机材料质量,还能够降低发动机自重,为后续汽车轻量化发展提供重要支持;奇瑞汽车充分利用碳纤维材料的轻量化特点,专门开发出一款以碳纤维材料为主体材料的新能源汽车;长安汽车在“新能源汽车”专项项目中研发出一款以碳纤维材料和铝合金材料为主体的新能源汽车,此汽车已经于 2020 年顺利试制下线;包括中国恒瑞有限公在在内的 12 家新能源汽车产业链上的优秀企业及团队共同参与到新能源汽车领域碳纤维材料运用研发中,为后续我国新能源汽车碳纤维材料的大规模运用提供了重要基础依据。

## 2 碳纤维在汽车轻量化设计中的运用现状

### 2.1 碳纤维在汽车轻量化设计中的运用比例

根据现有研究显示,汽车自重与汽车油耗、汽车排放量之间呈现正相关关系,即汽车自重越大,油耗和排放量越高。因此,想要实现节能减排目标,就需要推进汽车轻量化发展。现有的碳纤维密度仅有钢材密度的 1/4,但却具有极为优秀的力学性能、环境耐受性以及尺寸稳定性,并且还具密度小、强度高、吸能性优秀等优势,是未来汽车轻量化发展的重要基础材料之一。结合当前实际情况来看,碳纤维材料在汽车轻量化设计中的运用比例如图 1 所示。

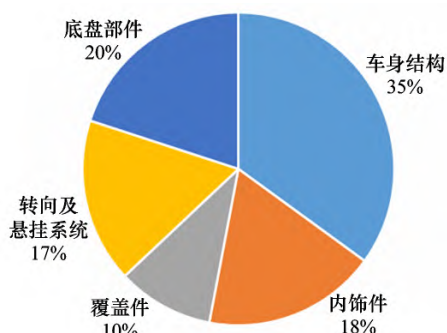


图 1 碳纤维材料在汽车轻量化设计中的运用比例  
Fig. 1 Application Proportion of Carbon Fiber Material in Automobile Lightweight Design

### 2.2 碳纤维在新能源汽车轻量化设计中的具体运用

#### 2.2.1 车身构件

车身构件是碳纤维材料在新能源汽车领域中运用最多的部位,常见的碳纤维车身构件如车架、引擎

盖、车顶框架等。现有的碳纤维材料的比强度和比刚度相比较普通钢更高,而密度却仅有钢材的 1/4,所以在保障车身结构强度的情况下,采用碳纤维材料后车身重量要远低于采用普通钢材后的车身重量,一般可以减重 50% 左右,可以有效降低新能源汽车整体自重,提高汽车动力学性能,此种特点在竞速型汽车中表现尤为明显。

现阶段,碳纤维材料在新能源汽车车身方面的最经典运用就是宝马汽车所推出的 MegaCity 车型新能源汽车,该汽车主体材料采用碳纤维材料配合铝合金材料结构,可以在实现轻量化目标的同时,保障实际质量。具体统计分析,碳纤维轻量化可以将车身整体自重降为 1 195 kg,相比较传统新能源汽车来说,此型汽车的自重下降了约 300 kg,为后续新能源汽车轻量化发展提供了重要参考。在国内方面,奇瑞汽车所推出的艾瑞泽 7 型混动动力汽车是我国第一台将碳纤维材料作为车身主体材料的车型<sup>[1]</sup>。

#### 2.2.2 刹车片

除了上文中的优点,碳纤维材料还具有以下几点优势:第一,碳纤维材料的摩擦系数为 0.35~0.40,此摩擦系数较适用于汽车刹车片制造中,可使汽车制动过程更加平稳安全;第二,碳纤维材料不存在传统金属材料的热损耗问题<sup>[2]</sup>;第三,碳纤维材料具有耐油、耐水、耐热、耐腐蚀、不易老化等特点。综合来说,碳纤维材料是制造新能源汽车刹车片的最理想材料之一,所以碳纤维材料得到广泛运用,例如保时捷系列汽车中的新能源汽车 Cayenne 便采用的碳纤维-陶瓷制动盘,并表现出较为有效的制动效果。

#### 2.2.3 轮毂

轮毂作为新能源汽车重要零部件之一,其不仅需要承担整辆新能源汽车的实际自重和载重,而且还肩负着传递汽车驱动和扭矩的作用,所以一直以来都是新能源汽车设计的关键点之一<sup>[3]</sup>。结合当前实际情况来看,轮毂不仅需要具有较强的抗冲击性能,还需要具有良好的耐热性、耐久性以及安全性。而碳纤维材料不仅可以满足新能源汽车轮毂的一系列要求,而且由于碳纤维的密度特点,还能够促使轮毂轻量化发展。例如,福特野马 Shelby GT350R 的轮毂引入了碳纤维材料,促使此轮毂的实际重量仅有 8.6 kg,而常见的铝合金制轮毂的重量却有 15 kg,实际重量下降 42% 左右。国内哈尔滨玻璃钢研究院与戴卡公司合作后,共同研发出一款使用真空高压技术的碳纤维复合材料,并将此材料运用到汽车轮毂,在实际测试过程中表现有良好的运用成效。

#### 2.2.4 传动轴

因为碳纤维所具备的密度小、比强度高、比模量

大、比吸能优秀的特点,促使其在新能源汽车传动轴领域中也有一定运用。同传统新能源汽车所采用的钢制传动轴相比较,碳纤维制传动轴不仅可以在保障传动轴质量及性能的情况下,减轻一半以上的传动轴重量,而且还可以在实现同等重量和直径的情况下,将传动轴的扭矩力性能提高至钢制传动轴的170%以上,再加上在同等重量下,碳纤维制传动轴具有更强的耐疲劳性能和耐久性能,所以其在未来传动轴领域将有着较为良好的发展潜力。例如,丰田公司将碳纤维材料引入汽车传动轴生产中,进而研发出一款碳纤维传动轴(The Driveshaft Shop),此传动轴不仅重量更低,而且还具有更强的传动效率;德国奥迪公司的新能源汽车采用了英国GNK公司所生产的碳纤维传动轴,并在具体应用过程中发现应用成效较为优秀<sup>[4]</sup>。

虽然碳纤维材料在当前新能源汽车领域有着较为广泛地运用,但相对于传统材料来说,碳纤维材料抗剪断能力较弱,所以在具体应用过程中必须要进行重叠成型,以此来保障应用后的质量及效果。此种生产工艺促使碳纤维材料具有良好的抗冲击性能,但实际抗穿刺性能却较差,在受力过大的情况下将会出现构件断裂等问题,并且此问题在出现后无法进行修复,仅能够更换处理。此外,碳纤维材料与传统的钢材料及铝合金相比较,其实际加工更为昂贵,部分汽车采用碳纤维材料后,仅车身的材料成本价就高达上万元,部分采用优质碳纤维材料的汽车车身甚至超过2万元<sup>[5]</sup>。之所以会出现此种情况,其根本原因在于,碳纤维材料的生产工艺较为复杂,并且生产报废率较高,综合导致材料成本较高。上述问题若是得不到有效解决,将会影响到碳纤维材料在新能源汽车领域的进一步运用及发展。

### 3 碳纤维材料在汽车领域中的运用展望

当前阻碍碳纤维材料在新能源汽车领域中得到大范围普及运用的关键点在于材料成本、加工工艺以及材料回收再利用等方面,相关情况的存在不仅影响到使用碳纤维材料的新能源汽车的市场价格,也会对新能源汽车的高速连续性生产造成一定影响。

不过结合节能环保角度来看,碳纤维材料作为汽车轻量化发展的重要组成部分,在我国新能源汽车发展过程中,碳纤维材料也将会得到进一步应用和普及,所以必须要对相关技术及问题进行针对性

研发及突破。据科学研究预测,在2022年,碳纤维材料在新能源汽车领域中的需求量将会进一步增加,预计超过2150t,此后碳纤维材料的应用范围也会进一步拓展,预计在2030年,碳纤维材料的使用量将会占据汽车总自重的5%以上<sup>[6]</sup>,可以为碳达峰以及碳中和提供重要支持。

碳达峰作为碳中和的前置条件,只有达成碳达峰的目标,才能够在后续发展过程中实现碳中和。我国碳达峰时间越早,那么碳中和目标的达成时间越早、难度越低,反之则时间越长、难度越大。总体来说,碳达峰与碳中和之间不仅是前后关系,更是手段和目的之间的关系,所以必须要对碳达峰时间进行有效控制,而汽车轻量化发展作为节能减排的重要手段,必须要推动相关技术的快速发展。

### 4 结束语及建议

综上所述,在节能环保的大背景下,轻量化设计作为汽车重要发展方向,其所采用的碳纤维材料在未来将会得到进一步运用及普及。但结合实际情况来看,现有的碳纤维材料仍然存在成本较高、生产工艺复杂、材料回收再利用困难等问题。为能够满足日益增长的实际需求,应不断改进碳纤维材料的生产工艺,严格控制材料生产工艺流程,持续优化生产工艺参数,采用全自动化生产,多维度综合提高材料生产效率,降低报废率,提高材料的可回收再利用能力,进而降低碳纤维材料的运用价格,推动节能环保理念的进一步落实。

### 参考文献

- [1] 袁燊喜,贾宇霖,黄志考,等.大型碳纤维增强汽车尾门注射模设计[J].模具工业,2020(7):47-51.
- [2] None.一种太阳能发电的碳纤维汽车引擎盖及制备方法[J].高科技纤维与运用,2019(2):70.
- [3] 马玲.汽车碳纤维增强塑料翼子板的设计及性能研究[J].塑料工业,2019,47(01):165-167+171.
- [4] 彭博.电动汽车碳纤维复合材料电池箱轻量化设计[D].长春:吉林大学,2019.
- [5] 陈静,唐傲天,田凯,等.碳纤维复合材料防撞梁轻量化设计[J].汽车工程,2020,42(3):390-395.
- [6] 许现哲,刘通,王文丽,等.碳纤维增强聚合物复合材料车身T型接头静态性能与失效机制[J].复合材料学报,2019,36(10):2227-2234.

(编辑 姜洪君)

作者简介:王保中(1968-),男,高级工程师,讲师。