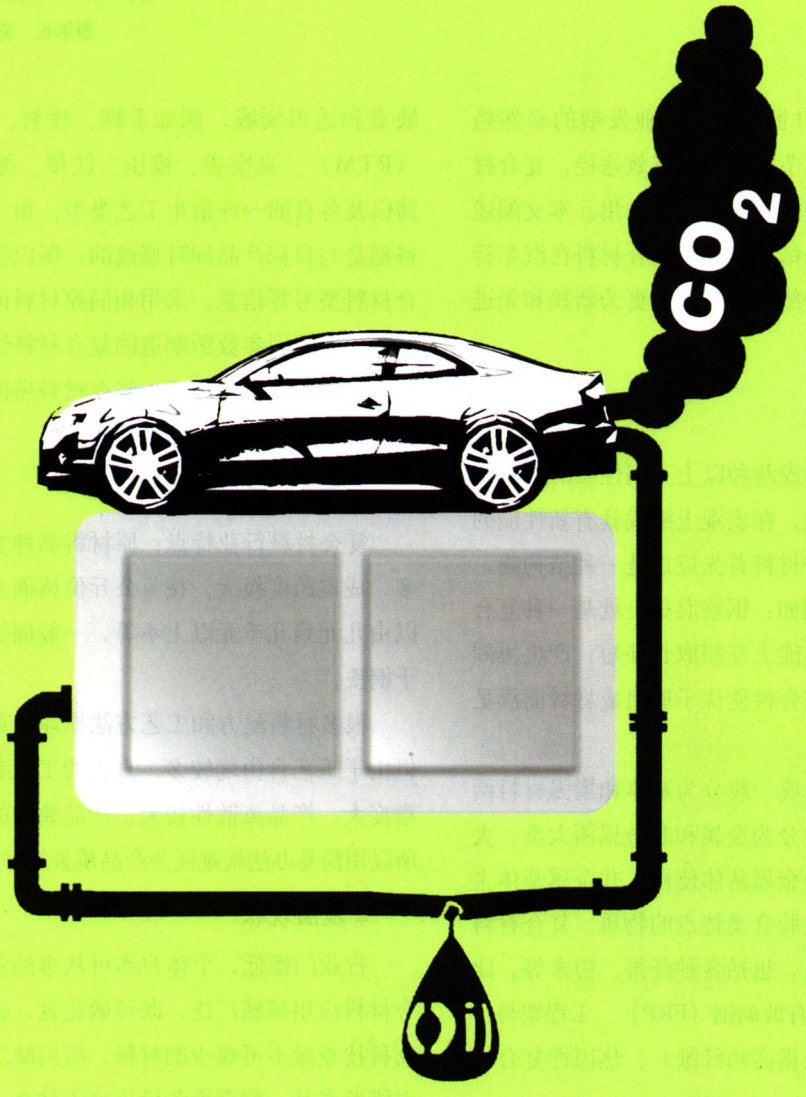
# 节能减排

面对全球资源日益减少和保护环境的压力，一系列关于能源与环境保护的法律法规陆续颁布实施，排放标准不断升级，节能减排的要求给汽车工业提出了不小的难题。发动机降低排量，整车减小尺寸，选用新能源，提高燃烧效率，采用新技术，各种能够实现节能环保的措施被重点研究并在制造过程中不断完善改进。

策划：于永初



■ 北京中材汽车复合材料有限公司/凌　静　王庆明

# 复合材料部件在汽车轻量化中的应用

北京中材汽车复合材料有限公司
董事长　凌　静

节能、环保成为21世纪汽车工业发展的必然趋势，汽车轻量化是实现节能环保的有效途径，复合材料在汽车轻量化的进程中起到了重要作用。本文阐述了复合材料的特点，总结了近年来复合材料在汽车行业的应用情况，同时介绍了一些目前更为新颖和先进的技术应用情况。

## 复合材料概述

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料，通过物理或化学的方法，在宏观上组成具有新性能的材料。确切地说，复合材料首先应该是一种结构物，其次才是一种材料（例如：钢筋混凝土就是一种复合材料）。各种材料在性能上互相取长补短，产生协同效应，使复合材料的综合性能优于原组成材料而满足各种不同的需求。

复合材料的主要组成一般分为基体和增强材料两大类，其中基体材料又分为金属和非金属两大类。大多常用金属都可以作为金属基体使用。非金属基体主要是指各种树脂等具有胶合类特点的物质。复合材料的增强材料也种类繁多，包括各种纤维、粉末等。比较常见的几种复合材料有玻璃钢（FRP）、工程塑料、先进复合材料（一般是指高档纤维）、热固性复合材料和热塑性复合材料等。

复合材料工艺方法多种多样，各自有不同的优缺点和适用领域，例如手糊、喷射、树脂转移模塑（RTM）、真空袋、模压、注塑、缠绕、拉挤、浇铸以及各自的一些衍生工艺类型。由于大部分复合材料都是与目标产品同时形成的，所以很少有固定的复合材料型号等信息，采用相同原材料而不同种工艺或同种工艺不同参数所制造的复合材料性能也会有所不同，如果抛开成本因素，复合材料所涉及的专一方面性能指标比金属还要宽泛。

### 1.行业特点

复合材料行业特点：原材料品种多，工艺方法繁多，成本跨度极大。按每公斤价格而言，复合材料可以由几元到几千元以上不等，一般同等重量成本均高于钢铁。

很多材料配方和工艺方法原理简单，容易上手，但由于工艺自由度较多，真正的工艺参数系统性控制难度大，产品离散性较大，产品缺陷的可探测性差，所以用简易办法较难区分产品质量的好坏。

### 2.发展现状

行业门槛低，个体户亦可从事经营生产活动；复合材料应用领域广泛，既可做花盆，也是航空航天等高科技领域不可缺少的材料。国内缺乏高技术含量自主研发产品，配套设备设施也不健全，限制了复合材料行业的发展。

复合材料以其质量轻、强度高的特点，在汽车工业方面具有典型的应用，并占有突出的三大优势：一是自身减重；二是集成化功能，使系统减重；三是使系统的制造、安装和维修简化。而且，大部分复合材料部件具有减振降噪的效果。从复合材料的内在特点而言，所有纤维增强复合材料，特别是连续纤维增强的复合材料部件，对微裂纹及轻微外伤的敏感性都非常弱。采用这种复合材料制作结构件，安全性更高，可有效降低二次伤害的可能性和程度。

## 复合材料在汽车上的应用

自开始制造汽车以来，复合材料便以各种形式应用于汽车中，树脂基复合材料正式应用于汽车中始于1953年。世界上第一辆全复合材料车身的Corvette车由手糊工艺生产（见图1）。复合材料在汽车上的应用分为几大类：覆盖件（内外饰）、结构件（以其力学性能为主要应用）、功能件（以其某些方面特殊性能为主要应用）。当然，更多情况下都是多种性能同时应用的，只是在不同的场合中个别性能稍有突出而已。

图1　世界上第一辆全复合材料车身的Corvette车

复合材料在汽车上的应用是从覆盖件开始的，也是用量最大的一个类别，主要采用SMC（片状模塑料）、RTM和手糊等工艺制造。复合材料用于覆盖件的优点是耐冲击性、耐候性、耐腐蚀、阻燃、行人保护以及丰富的造型设计等。

对覆盖件的要求主要集中在外观和尺寸以及成本上，而对材料本身等性能要求不高，导致这个领域竞争极其激烈，结果是成本下降的同时，质量也受到影响，在某种程度上这也是复合材料名声不好的原因之一。

结构件的应用在国内发展较缓慢，主要是由于这类部件的技术要求相对较高，不易掌握，企业缺乏相关设计以及验收标准和测试验证能力，在没有足够证据证明新材料、新部件符合要求的情况下，主机厂只能延用原来的材料。初期开发需要一定的投入，在国内，开发投入基本都由供应商承担，开发成功后，其成果又很容易被窃取，这也是阻碍汽车用复合材料发展的因素之一。

功能件的应用状况与结构部件有相似之处，目前应用虽然很多，但多数是合资车型，延用国外原有设计。国内缺乏自主设计能力以及相关的验证能力，也缺乏相关标准。设计原型在国产化过程中，迫于技术水平所限或成本压力，其材料体系、工艺技术有时也会发生变化，引起部件质量下降，最后很可能被归结为材料本身的原因。

中国的汽车用塑料平均每辆车在100kg以下，占塑料总产量的10%以下，而美国占15%，德国占18%，并且逐年增长。汽车塑化是目前比较热门的话题，但我们知道，汽车也不可能被完全塑化，最终会达到一个理想的平衡状态。

### 1.轿车上的应用

复合材料在轿车上的应用以SMC产品为主要代表，主要应用于车顶板、车顶外延板、侧裙板、翼子板、机舱盖板、保险杠、仪表板和内饰板等。应用实例如图2～图6所示。其中图2富康行李箱盖为粘接结构，RTM工艺成形。图3奇瑞A5行李箱盖为粘接结构，其外板采用SMC工艺，内板采用RTM工艺。图4和图5所示的零部件均采用SMC工艺成形。图6中的宝来喜登2002年5月在东风出产，采用RTM工艺全塑车身，为国内全复合材料车身产品，整车使用复合材料136.5kg，外观蓝色部件全部为复合材料制造。

图2　富康行李箱盖

图3 奇瑞A5行李箱盖

图4 切诺基213行李箱盖

图5 悍马2的发动机舱盖

图6 国内全复合材料车身产品——宝来喜登

碳纤维具有绝佳的韧性和抗拉强度，且重量只有钢的1/4。轻量、高强的特性正是高性能汽车所需的。轿车前端模块，采用LFT-D在线混炼压制或LFT-D在线注塑工艺，可节省材料成本25%，如图7所示。备胎舱采用LFT或GMT材料，具有良好的抗冲击性和防腐性，单件减重可达45%（约4kg左右），设计自由度高、可制作出较复杂的形状和结构。

图7 碳纤维备胎舱

2009年，宝马集团与西格里集团合资，建立了西格里汽车碳纤维公司，首款产品4门宝马i3的碳纤维复合材料车厢采用RTM工艺成形（见图8）。兰博基尼的Aventador超级跑车车厢也由碳纤维复合材料制成。

图 8

## 2.客车上的应用

复合材料在客车上的应用主要包括前后围、保险杠、顶围、行李箱门板和整个车身等（见图9和图10）。

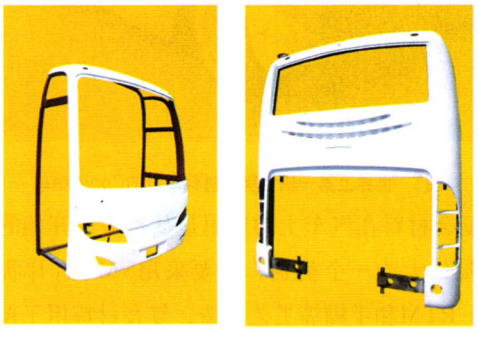


图9 复合材料前后围

图10 真空成形，整体复合材料车身

### 3.载货汽车上的应用

复合材料在载货汽车上的应用，主要包括高顶、面罩、保险杠、传动轴、脚踏板、板簧、侧裙板、翼子板、导风罩、导流板和导流罩等。

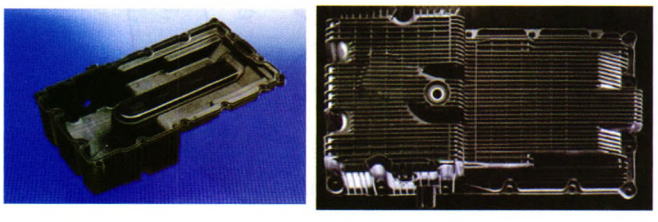
国内自主研发8.6m自卸车车厢通过采用复合材料（见图11），车的质量从原来的6.8t减至4.5t，承载50t以上，每年可为用户增创7万元左右的利润。

图 11

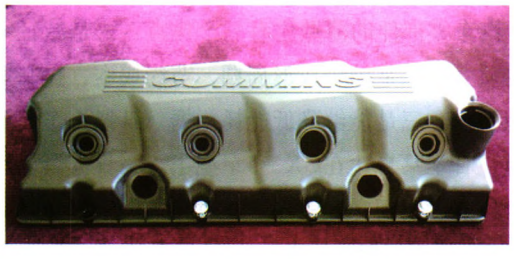
## 复合材料的新应用

除以上所述，复合材料在其他汽车零部件上的应用也很多。例如，发动机的气门室罩、齿轮室罩和油底壳等，都可以用复合材料制造（见图12）。

复合材料在汽车上的应用日益广泛，随着技术的发展，复合材料正在向新的种类发展（见图13）。



(a) 纤维增强尼龙油底壳



(b) 气门室罩

图 12

图13 复合材料正在进军的零部件类型

## 复合材料的回收

对于树脂基复合材料而言，定义为可回收材料是毫无疑问的，无论是热固性还是热塑性复合材料，回收技术上并不存在问题，只是回收方式不同。所有复合材料的回收难度普遍要比单一材料大，回收的利润率更小。

热固性材料更适用于化学回收，比如裂解或燃烧；热塑性材料更适用于物理方法回收。由于物理方法更容易被掌握，所以公众普遍认为热塑性材料可回收性更好。目前，复合材料的回收产业链的形成还需时日，这也依赖于全行业的共同努力以及国家相关政策的引导。

## 结语

希望有一天，汽车工业能像制造波音787飞机一样，甚至更大比例采用复合材料，这将从节能、环保、安全和舒适性方面，对汽车工业产生重大的影响。

关键词：
复合材料 轻量化 汽车
（收稿日期20121219）