

■ 上海大众动力总成有限公司/朱正德

工程塑料在汽车零部件轻量化领域的应用潜力

轻量化已成为趋势

世界铝业工程协会的一项研究表明，乘用车整车重量每减少10%，至少可降低油耗8%，甚至10%或更多，并使燃油效率提高5.5%，排放降低5%~6%；若汽车整体重量每台能减少100kg，则每百公里的燃油消耗可降低0.3~0.6L。对于作为汽车最重要大总成的发动机，减重的意义也很大。以一台诞生于21世纪10年代初期的新一代小排量汽油发动机与其前一代同类产品的对比为例，前者更多地采用了如铝合金一类的轻质材料，在零部件的模块化和结构优化上也有了很大的突破，其重量轻了22kg，减轻18%，燃油消耗相应下降了8%左右，而且减排效果也很明显，每公里CO₂的排放量约减少10g。

另一个典型的实例是高尔夫（Golf）品牌小轿车，一年前刚推出的最新一代A7与早一代产品Golf A6的对比见表1。

表1 Golf A6 和Golf A7的对比

车型	Golf A6	Golf A7
型号	1.6L 手动舒适版	1.6L 手动舒适版
百公里综合油耗/L	6.9	6.1
整车重量/kg	1275	1210
价格/万元	12.68	12.19

为了增强可比性，表1中的两种车型均为相同款式的“手动舒适版”，二者采用的发动机也为相同的新一代EA111 系列的MPI 1.6L发动机。从表1中可见，尽

管两者重量相差不到70kg，但轻量化及外形等方面的改进所产生的综合效果使油耗降低近12%。在倡导低碳经济的今天，事实上汽车轻量化已经成为行业中产品发展的一种趋势和技术上着重追求的一项目标，目前为实现这一目标主要有以下两个途径：对零部件进行结构优化，对功能相近组件、部件则予以集成化或模块化；选用铝合金、镁合金和工程塑料等轻质材料替代传统材料。

作为主要途径之一，借助采用（或改用）轻质材料来替代传统材料以实现零部件轻量化，尤其是21世纪初以来，以工程塑料为代表的非金属材料在汽车上的应用越来越广泛，如何提升它们在汽车制造轻量化领域的应用水平，可以归纳为两点：1）包括工程塑料类在内的轻质材料的品种、类别很多，而汽车生产厂商在进行具体的选材时，决不应该简单地只考虑轻量化这一点，而需要尽可能地量材录用、量体裁衣，在能满足使用要求前提下，企业应尽量降低选用材料的成本，并全方位考虑提高制造过程的经济性；2）随着提高车辆轻量化程度的实际需求日趋迫切，已有越来越多的企业意识到，需要转变以往那种习惯把轻量化的重点主要放在减少大型零部件质量上的思路和做法，应同时考虑如何有效地降低各种中、小零件的重量，甚至看起来很细小的紧固件也不应被忽视。

从最近投放的一些新款轿车车型可以发现，其中所耗用的钢铁材料的比例已有明显降低。如不久前由

德国奥迪公司推出的新一代Audi A2，其采用的钢铁材料比例已降至34%，而包括塑料复合材料在内的轻质材料则达到52%。在塑料复合材料中，玻璃纤维增强复合材料是较成熟且应用最为普遍的一类，一些工业化国家甚至将其在一辆整车上的用量（即在整车重量上的占比）作为衡量轻量化应用水平的标准之一。从表2中可以看到，复合材料，尤其是玻璃纤维增强复合材料已经在汽车轻量化中得到了普遍的应用，与国外相比，国内的自主品牌轿车在这方面存在着较大差距。

表2 复合材料（以玻璃纤维增强复合材料为主）在汽车上的应用状况

国家	单车用量/kg	应用比例（%）
德国	300-365	22.5左右
美国、法国	220-250	16.5左右
日本	125-150	10.0左右
中国（自主品牌）	90-110	8.0左右

国内进气歧管轻量化的现状

自20世纪80年代中后期起，以上海大众生产的桑塔纳轿车为代表，在其结构紧凑的发动机中，铝合金材料在大到缸盖、进气歧管，小到水管接头等小零件都得到了应用。近年来，随着汽车轻量化日益受到重视和技术上的快速发展，在零部件的生产中利用轻质材料替代传统材料已取得很大进展。需指出的一点是，在金属（合金）和工程塑料这两大类轻质材料中，后者在汽车上的应用势头更猛。这是基于以下几个技术方面的考虑：1）相比传统材料，在保证零部件需要满足的功能的基础上，应用工程塑料，特别是其中的增强纤维复合材料（FRP），不但能明显的降低整车或总成重量，还具有较高的综合性能。玻璃纤维增强复合材料密度小、强度高的优势十分明显，虽然其刚度低于金属材料，但只要用于合适的汽车零部件，就将获得极佳的轻量化效果；2）塑料复合材料可以采用注塑或模压等一次性整体成形方法，大大减少了后续金属加工过程，与金属材料的成形工艺相比要简单得多；3）可方便地成形复杂曲面，并能实现相关零部件的集成化，即提高了整车和总成的模块化程度；4）降低了材料自身和制造的成本。

以发动机所配的进气歧管为例，对当今汽车零部件如何发挥轻质材料、特别是塑料复合材料的作用，及提升其应用水平进行探讨和分析。通过近期一项以

进气歧管为研究对象的汽车零部件轻量化的行业调研获知，迄止20世纪90年代末，包括上海大众、一汽大众、上海通用等主流企业在内的绝大多数国内汽车厂，生产的发动机所配的进气歧管材质仍然与之前的相同，即采用铝合金。然而，仅在短短的10年内，情况就发生了根本的变化。调查结果表明，早在几年前，进气歧管的材质就已基本完成了由铝合金向纤维复合材料的过渡，现今已仅有极少数企业的个别型号发动机尚在应用铝合金进气歧管，如奇瑞汽车现有两款产品（分别为481/484和272）采用铝合金（见图2），另外372等三款都只有部分尚在应用，最低的仅10%，转变为工程塑料已不需要太长时间；像江淮汽车、长安铃木等都只剩下一两种发动机还在用铝合金进气歧管。事实上，在大众系统等少数企业，基本上在产品换型、换代时才出现发动机内已整体更换（包括工程塑料进气歧管在内）的新零部件，老款发动机的基本状态（如某些零部件的材质）往往保持到最后换代前。如上海大众、一汽大众所生产多年的EA827、EA113等发动机系列产品，在被新一代的产品EA888、EA111完全取代前，其上配装的进气歧管仍然是铝合金的，而新一代的发动机则完全改成了纤维复合材料。但多数合资或自主品牌产品生产厂还是选择了通过对原有产品（包括发动机）材质、制造工艺的修改来达到既定的目标。除了奇瑞汽车外，吉利汽车已于2007年完成了对现生产的所有发动机的进气歧管由铝合金改为工程塑料的进程，而比亚迪则稍迟些，约在2010年初完成了对最后一款产品进气歧管的材质变更。与国外工业发达国家的主要汽车制造企业的产品相比，这一具有代表性的轻量化举措我国有近10年的时差。

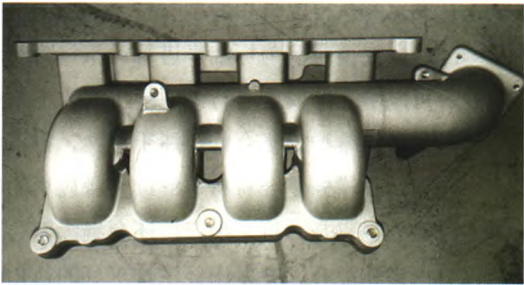


图1 铝合金进气歧管

在此次调研中，发现所有被调查到的企业所生产发动机配的进气歧管的材质，几乎都采用同一种“纤维增强复合材料(FRP)”类工程塑料，代号为：PA6+GF30，即尼龙6 +30% 玻璃纤维增强材料，也有

极个别工厂采用的是PA6+GF35，即“尼龙6 +35% 玻璃纤维增强材料”，这两者的差别不大。“FRP”已成为用于机动车辆上的工程塑料的主流。

“量材录用”原则

以玻璃纤维增强复合材料取代铝合金作为进气歧管的基体材料是实施汽车轻量化中的一个很大的成果。首先是零部件轻量化的效果，进一步减重50%左右；其次，虽然各企业间因加工方法会稍有些差异，但材料自身和制造成本至少可减低一倍；第三，在确保零部件基本功能的前提下，进一步提高零部件的减振性和吸能性。

当然，相对于FRP家族中的另一种性能更优越的品种“碳纤维增强复合材料（CFRP）”，玻璃纤维增强复合材料差距还是很大的。CFRP的主要性能指标甚至超过了钢，它是机动车辆、尤其是轿车的车身（包括“四门二盖”）和底盘（车架、悬挂等）等有很高的要求的部件惟一适用的复合材料。然而，即使在汽车轻量化发展和应用水平最高的德国，CFRP也尚处于起步阶段，近年不断有报道各国大的汽车厂推出采用CFRP车身的概念车，但迄今也只有奥迪、宝马等企业以小批量方式生产一两款跑车等非主流车型。根本原因还是由于在碳纤维材料技术和工艺成形技术等方面所遇到的诸多难题，特别是由此将涉及到的成本、价格问题。众所周知，汽车、特别是轿车是一种面向广大公众市场的消费类产品，具有大批量生产的特点，尽管现今人们对节能减排、安全性等的认可、重视程度已大大提高，但“生产厂必须按照具有竞争力的成本来制造产品”的基本原则还得是同样遵循。这就决定了企业在制定和执行以采用新型材料实现汽车轻量化的规划时，以规模经济为标准来进行轻质材料的选择，以能否可以承受的成本进行大规模生产为主要标准。即使今后碳纤维增强复合材料臻于成熟，也不会改变上述玻璃纤维增强复合材料等继续大量应用的情况。更需指出的一点是，汽车生产厂还会继续努力与原材料供应厂商相配合，开发出经济性更好的适用材料，以进一步降低制造成本。近年来，德国大众配合知名的材料供应厂商巴斯夫和博禄，通过聚丙烯的增强改性，成功地用于部分轿车车型的进气歧管，替代了原来的玻璃纤维增强复合材料PA6+GF30，即是一个

典型的案例。

广泛应用于工业产品、日用品和包装材料等场合的热塑性塑料又可分成通用塑料和工程塑料两类，两者之间主要差别在能适宜的工作温度，普通塑料适合的工作环境温度要比工程塑料为低。总的来讲，通用塑料中如PP（聚丙烯），PVC（聚乙烯）等品种都属于有机化学中的聚烯烃范畴，其综合性能稍差，除了工作环境温度的适用区较窄外，力学性能和尺寸稳定性等指标也较低，因此只能在一部分工作环境要求不太高的汽车零部件上获得应用。但将某一种聚烯烃通过填充、增强和增韧等方式针对性的改性后，明显提高它们的各项性能，从而极大地扩大了其适用范围，甚至可用于一些汽车结构件，此时往往就称之为聚烯烃工程塑料。其中改性聚丙烯材料（用代号PP表示）是最重要的一种。而利用玻璃纤维的增强改性产生的复合材料PP+GF35，即“聚丙烯加上35% 玻璃纤维增强材料”，又颇有典型性。

材料的弹性模量E作为力学性能的一个表征，而为了适应进气歧管在机动车辆内的工作环境，还必须强调耐温这项指标，即能满足发动机的长期工作温度要求，多数情况下温度在-40~140℃。图2反映了三种玻璃纤维增强复合材料弹性模量E的对比，其中蓝色线表示复合材料PA6+GF30（已为众多国内外企业的应用实践所充分验证其可行性）的在工作环境下的变化，达到140℃时，E值仍比3000稍高。黑色线是“普通”型的聚丙烯玻纤增强材料PP+GF30的情况，曲线的走势表明该材料无法满足所需的使用环境，即使在100℃时已很勉强。为此，供应厂商专门研制了能适用于耐温要求的复合材料PP+GF35，从图2的红色线可以看出，在140℃时，与蓝色虚线的对应值差别也不大，完全能满足需求。经过自2009年起在欧洲、2012年起在

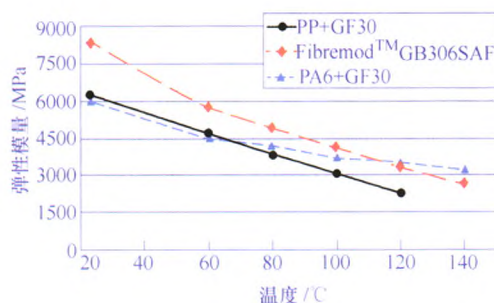


图2 三种复合材料的弹性模量E在工作环境下的对比

中国的一些主流企业的实践,证明了其可靠性,鉴于厂商已将这种材料申请了专利,故既用PP+GF35,也可称Fibremod TM GB306 SAF。图3所示进气歧管是已成功地应用于大众(VW)和斯柯达(Skoda)旗下多款车型,如Polo、Golf、Jetta、Fabia等车型的1.4L和1.6L发动机上所配用的就是PP+GF35改性复合材料进气歧管。



图3 PP+GF35 改性复合材料进气歧管

现今,已有越来越多的聚丙烯及改性复合材料被用于汽车零部件,对汽车业界来说,无论是从生产企业的降本增效,还是从汽车轻量化这一产品的发展目标,这一趋势都有着十分积极意义。原因如下:

1) 聚丙烯的原料来源丰富,采用的聚合工艺相对高效且简单,而形成的复合材料也易于成形加工,整个制造成本比较低。以进气歧管为例,相比PA6+GF30,改为采用聚丙烯改性复合材料后,整个成本下降了20%。

2) 研究和试制表明,通过多种多样的改性手段,如填充、增强或增韧,以及特殊的添加剂体系,将可获得长期耐热老化性等优异的物理和力学性能,从而扩大了应用范围。

3) 聚丙烯在所有的聚合物中,其密度是最低的,仅为 0.9g/cm^3 ,即使经过改性后,也只在 $1.1\sim 1.2\text{g/cm}^3$,相比其他复合材料,减重效果提高了15%左右。

4) 较之其他的工程塑料,其减振和吸振效果更好。以进气歧管大量采用的PA改性复合材料为例,在改用了PP+GF35后,噪声可下降5dB。

5) 聚丙烯的耐化学药品性好,不会与添加剂和填料发生反应。

6) 无论聚丙烯自身还是其改性复合材料,均为环境友好材料,可以多次循环使用。

结语

实现汽车轻量化已成为当今国内外汽车产业界的

一个战略目标,而作为轻量化的主要方式之一,借助车身、各大总成和零部件采用轻质材料来减重,已经取得了长足的进步。但客观地说,这一领域不但尚有诸多技术难题有待攻克,对于一些国内企业来讲,还需解决若干理念上的问题。其中之一就是在实施轻量化过程中务必同时考虑制造成本等涉及工厂运行的核心问题,若为了取得有限的节能减排的效果而付出了过高的成本代价,甚至影响到产品的安全性,那显然是不可取的。因此,在确保轻量化零部件基本功能的前提下,按量材选用、量体裁衣的原则,选择相对经济、适用的复合材料才是正确的途径。

关键词:

工程塑料 轻量化 量材选用

(收稿日期20140223)

《现代零部件》 微信、微博回馈粉丝计划

活动名称: 欢乐新年月,
MC微信、微博送好礼

活动时间:

第一期 时间2014.6.15~2014.6.30

第二期 时间2014.7.15~2014.7.30

第三期 时间2014.8.15~2014.8.30

奖项设置:

一等奖1个: 一年免费杂志

二等奖3个: 多功能读卡器

三等奖5个: 当期杂志



微信二维码, 关注我们



新浪微博二维码, 关注我们