



杜善义,辽宁大连人,力学和复合材料学家,中国工程院院士。哈尔滨工业大学教授,航天科技集团高级技术顾问,中国复合材料学会理事长。第十届、第十一届全国人大代表;总装备部科技委兼职委员,国家国防科技工业局科技委委员,国家安全重大基础研究计划专家顾问组成员,国家重点基础研究发展计划专家咨询组成员,中国商用飞机有限责任公司专家咨询组成员,国家自然科学基金委员会重大研究计划指导专家组组长等。

卷首语 Foreword

科技导报 2013, 31(7)

复合材料与战略性新兴产业

复合材料是 20 世纪最重要的人工材料之一,也是继金属、陶瓷、高分子材料之后的第 4 类材料。复合材料是由 2 种或 2 种以上材料复合而成的,组分材料间具有明显界面,能够充分发挥组分材料各自的优势,并能获得各组分材料所不具备的性能。复合材料的发展源于国防、航空航天领域需求的牵引,经过研发与应用水平的提高而不断更新换代后,被推广到舰船、交通、能源、建筑、桥梁以及休闲等领域。从“二战”时期,玻璃纤维增强复合材料应用开始,到目前以碳纤维增强复合材料为代表的各种先进复合材料,均以其优越性能和可设计性等突出优点,备受关注。

21 世纪,先进复合材料将成为新材料发展的重要方向。新材料本身就是高新技术之一,同时又是其他高新技术的基础和先导。而材料复合化又是新材料技术发展的重要趋势。从航天航空领域来看,只有复合材料才有可能在现有材料基础上将其性能提高 20%~25%。这是因为复合材料热稳定性好,比强度、比刚度高,可用于制造飞机机翼和前机身、卫星天线及其支撑结构、太阳能电池翼和外壳、大型运载火箭的壳体、发动机壳体、航天飞机结构件等。其次,从汽车制造来说,汽车材料技术发展的主要方向是使汽车轻量化,减轻汽车自身重量是降低汽车排放、提高燃油效率的最有效措施之一。汽车的自身重量每减少 10%,燃油的消耗可降低 6%~8%。预计在未来 10 年内,轿车自身重量还将继续减轻 20%。汽车轻量化重要的手段是新型轻量化塑料材料的开发与应用。目前“以塑代钢”已经从汽车结构件扩展到整个汽车的内外饰件。但这一切成果的取得必须通过材料复合化才能实现。

具体来看,复合材料的性能优势主要体现在 3 个方面:首先是提高结构效率。复合材料具有高比强、高比模等突出优点,它的应用可显著减轻装备结构重量,从而增加有效载荷,节约能量消耗或提高效率;其次是结构/功能一体化,可实现特殊功能,提高抗极端环境能力,进一步提高结构的安全性和功能性;最后是智能化,可提高材料对服役环境的感知和适应能力,并产生革命性的效果。事实证明,目前先进复合材料的应用水平和用量成为衡量新一代装备先进性的重要标志。

中国复合材料及相关产业一定会经历一个快速发展过程,未来市场潜力巨大。之所以做出这种判断,主要基于以下几方面原因:首先,先进复合材料在装备中的应用范围越来越广,不仅在航空航天领域进一步扩大,也逐步拓展到陆地、海洋、信息等各个领域。近年来,耐高温陶瓷基复合材料在航空发动机一些热端部件的应用取得了进展,如 F-35 发动机(F136)的第三级涡轮导向叶片,耐高温可达 1200℃,但是重量比传统材料部件明显减轻。另外,树脂基复合材料在航空发动机的较低温区应用效果明显,大幅减重和降低成本,如发动机风扇叶片和风扇机匣等位置,比如 GE 公司的 F404 发动机外涵机匣重量和成本均降 30%。现代信息化海战对舰船的高隐身、高机动和长寿命提出更高要求,复合材料舰船结构技术将为提升装备生存能力和寿命期可承受成本作出重要贡献。美国加利福尼亚大学教授 Robert Asaro 说:“同一个多世纪以前船舶结构中用钢铁代替木材一样,这也将是一场技术革命。”而复合材料在化工、纺织和机械制造领域也颇受欢迎。

其次,先进复合材料在装备中从非承力、次承力结构向主承力结构和全复合材料结构方向发展迅速,其用量越来越大。欧洲 A400M 运输机可以进行空中加油,完成长距续航,同时在 2 小时内,该机可改装作为空中加油机使用。该机复合材料用量达 35%~40%,其碳纤维复合材料机翼占翼结构重量的 85%,减重 20%~25%,开创了大型复合材料运输机翼的先例。

最后,随着装备向小型化、高性能化、高可靠性等方向发展,其服役环境越来越恶劣、要求越来越苛刻,许多新技术和创新思想受限于材料技术而难以实现。军用复合材料成为大幅度提高性能、拓展服役条件最为重要的技术途径,需求越来越强烈。长时间超高温结构完整性要求,是高超声速飞行器关键部位热防护系统设计首先要解决的技术瓶颈问题。陶瓷基复合材料体系最有望成为解决此问题的有效技术途径。

除市场发展的需要之外,复合材料本身的发展也越来越刺激市场的需求。过去,我们用玻璃纤维做出了复合材料玻璃钢,后来又用碳纤维做成了性能比玻璃钢高得多的复合材料,甚至可以跟铝合金相比。现在,科学家正在努力想办法把复合材料纳米化,即纳米复合材料。这种复合材料类似碳纤维,但我们将想办法将其做成比碳纤维性能更高的一种增强复合材料,这也必将进一步刺激市场需求。

目前,复合材料作为国家战略性新兴产业中的三大材料之一,得到了国家的重视和支持。未来,复合材料还将以其优异特性在节能环保产业、高端装备制造产业、新能源产业、新能源汽车产业发挥巨大的推动作用。

(哈尔滨工业大学复合材料与结构研究所,哈尔滨 150001)