



## 加快复合材料技术发展 助力国产航空动力研制

### Accelerating the Development of Composite Materials for Promoting the Research & Development of China Aero Engine Industry

■ 焦健 / 中国航发航材院

“材料是航空发动机研制的基础，发动机性能的改进一半靠材料”。随着航空发动机部件向着轻量化、耐高温、高可靠性的方向发展，大量采用性能优异的复合材料已是必然之选。例如，树脂基复合材料因其具有高比强度、高比模量、优良的耐疲劳及耐腐蚀性能，可广泛用于发动机冷端部件（如机匣、风扇叶片、短舱等）；金属基复合材料则融合了陶瓷高强度、耐磨损和金属材料的高韧性等性能优势，可用于压气机叶环、涡轮轴等部件；陶瓷基复合材料在采用陶瓷纤维对陶瓷基体进行补强增韧后，克服了陶瓷脆性大、对裂纹敏感等不足，使其具有类似金属的“假塑性”断裂行为，其密度仅为传统高温合金的1/4 ~ 1/3，而耐温能力则高出约200℃，在减轻结构质量和提高燃烧效率方面具有无可比拟的优势，尤其适用于发动机燃烧室、涡轮、喷管等热端部件。

目前，先进的航空发动机无不大量使用各类复合材料，如推力最大的GE9X商用发动机，采用树脂基复合材料制备的风扇叶片厚度薄、质量轻、数量少，使风扇运行更高效，耗油率大幅降低；而可用作美国第六代战斗机提高动力的XA100自适应循环发动机，其关键技术之一即是在热端部件大量使用了轻质耐温的陶瓷基复合材料，由此奠定了GE公司在军用发动机竞争中的优势地位。

对标国际先进水平，复合材料在国产发动机上的应用范围和占比均存在较大差距，严重制约了发动机性能的提升。为加快航空发动机用复合材料技术发展，建议从以下几个方面突破。

一是大力推进材料制造与部件设计的深度融合，创新管理办法，建立联合研发团队，形成长效联动机制，增强协同攻关能力，实现制造工艺和设计技术水平的双向提升。

二是建立完善发动机复合材料谱系和性能数据库，进一步梳理材料体系，优选牌号类型，系统开展“积木式”验证试验，明确测试评价与考核验证方法，掌握复合材料损伤失效模式，建立复合材料构件的设计准则。

三是系统策划全产业链布局，持续推进关键原材料（如陶瓷纤维）的性能优化升级，并推动关键制造工艺装备的国产化，确保自主保障能力，同步发展低成本短周期制造技术、高效精密加工技术、复合材料连接装配技术、高性能涂层技术、检测评价技术等，形成多管齐下、齐头并进的发展局面，实现航空发动机用复合材料产业链的全贯通和全覆盖。

**航空动力**

（焦健，中国航发航材院，研究员，主要从事陶瓷基复合材料研究）