

文章编号：1002-6673 (2010) 02-014-02

碳纤维复合材料在航空领域的应用

王春净，代云霏

(空军第一航空学院，河南 信阳 464000)

摘要：阐述了碳纤维复合材料的优异性能，重点介绍了其在航空领域的广泛应用，并分析了目前我国碳纤维复合材料的研究进展和应用前景。

关键词：碳纤维复合材料；航空；应用

中图分类号：V25 文献标识码：A doi:10.3969/j.issn.1002-6673.2010.02.006

Application of Carbon Fiber Composite in Aerospace

WANG Chun-Jing, DAI Yun-Fei

(The First Aeronautical Institute of Air Force, Xinyang Henan 464000, China)

Abstract: This paper introduces the excellent performance of carbon fiber composite, and then introduces its concrete application in aerospace. The research progress of carbon fiber composite is mainly described in this paper. At last, the prospect of developing trends on carbon fiber composite is given, too.

Key words: carbon fiber composite; aerospace; application

0 引言

碳纤维复合材料是 20 世纪 60 年代中期问世的一种新型结构材料，近年来，与之相关的研究与应用日益受到世界各国的普遍重视，美国、日本及欧洲各国等工业发达国家均将其列入国家优先重点发展计划。碳纤维复合材料凭借其它复合材料无法比拟的优良性能，在军事及民用工业的各个领域得到广泛应用，其在航空领域的光辉业绩尤为引人注目。

1 碳纤维的发展

碳纤维应宇航工业对耐烧蚀和轻质高强材料的迫切需求发展起来，它主要是由碳元素组成的一种特种纤维，是继玻璃纤维之后出现的第二代纤维增强塑料。碳纤维的含碳量在 90% 以上，具有优异的力学性能，与其它高性能纤维相比具有最高比强度和最高比模量。在 2000°C 以上高温惰性环境中，碳纤维是唯一一种强度不下降的物质。此外，它还兼具其它多种得天独厚的优良性能，更可贵的是，碳纤维与其它材料具有很高的相容性，兼备纺织纤维的柔软可加工性，并且容易复合，具

有很大的设计自由度。这就使得碳纤维成为纤维增强材料中发展最迅速、应用范围很广、适于不同领域要求的纤维材料。

研制大型飞机要突破许多关键技术，其中一项是“先进复合材料结构设计技术”，这项技术离不开碳纤维。世界碳纤维的需求在各用途领域都不断增长，特别是急速增长的航空航天领域拉动了碳纤维全体的增长。

碳纤维的主要用途是与树脂、金属、陶瓷等基体复合，制成结构材料。自玻璃纤维与有机树脂复合得到的玻璃钢问世以来，碳纤维、陶瓷纤维以及硼纤维增强的复合材料相继研制成功，而且性能不断得到改进，使复合材料领域呈现出一派勃勃生机。碳纤维复合材料与铝合金、钛合金、合金钢一起成为飞机机体的四大先进结构材料。

2 碳纤维复合材料在航空领域的具体应用

碳纤维复合材料因其独特、卓越的性能，在航空领域特别是飞机制造业中应用广泛。统计显示，目前，碳纤维复合材料在小型商务飞机和直升飞机上的使用量已占 70%~80%，在军用飞机上占 30%~40%，在大型客机上占 15%~50%。

2.1 碳纤维树脂基复合材料

碳纤维增强树脂基复合材料 (CFRP) 具有质量轻等一系列突出的性能，在对重量、刚度、疲劳特性等有

收稿日期：2009-11-05

作者简介：王春净，女，教员。主要从事航空材料的教学与科研；代云霏，男，教员。主要从事航空机械维修的教学与科研。

严格要求的领域以及要求高温、化学稳定性高的场合，碳纤维复合材料都具有很大优势。

碳纤维增强树脂基复合材料已成为生产武器装备的重要材料。AV—8B 改型“鹞”式飞机是美国军用飞机中使用复合材料最多的机种，其机翼、前机身都用了石墨环氧大型部件，全机所用碳纤维的重量约占飞机结构总重量的 26%，使整机减重 9%，有效载荷比 AV—8A 飞机增加了一倍。数据显示采用复合材料结构的前机身段，可比金属结构减轻质量 32.24%。用军机战术技术性能的重要指标——结构重量系数来衡量，国外第四代军机的结构重量系数已达到 27~28%。未来以 F-22 为目标的背景机复合材料用量比例需求为 35%左右，其中碳纤维复合材料将成为主体材料。国外一些轻型飞机和无人驾驶飞机，已实现了结构的复合材料化。

直升飞机上碳纤维增强树脂基复合材料的用量更是与日俱增。武装了驻港部队并参加了 2007 年上海合作组织在俄罗斯反恐军演的直-9 型直升飞机，是我国先进的直升飞机。该机复合材料用量已占到 60%左右，主要是 CFRP。此外，日本生产的 OH-1 “忍者” 直升飞机，机身的 40%是用 CFRP，桨叶等也用 CFRP 制造。

在民用领域，世界最大的飞机 A380 由于 CFRP 的大量使用，创造了飞行史上的奇迹。这种飞机 25%重量的部件由复合材料制造，其中 22%为碳纤维增强塑料 (CFRP)。由于 CFRP 的明显减重以及在使用中不会因疲劳或腐蚀受损，从而大大减少了油耗和排放。燃油的经济性比其直接竞争机型要低 13%左右，并降低了运营成本，座英里成本比目前效率最高飞机的低 15%~20%，成为第一个每乘客每百公里耗油少于三升的远程客机。

2.2 碳/碳复合材料

碳/碳复合材料是以碳纤维及其制品（碳毡或碳布）作为增强材料的复合材料。因为它的组成元素只有一个（即碳元素），因而碳/碳复合材料具有许多碳和石墨材料的优点，如密度低（石墨的理论密度为 2.3g/cm^3 ）和优异的热性能，即高的热导率、低热膨胀系数，能承受极高的温度和极大的热加速率，有极强的抗热冲击，在高温和超高温环境下具有高强度、高模量和高化学惰性。凭借着轻质难熔的优良特性，碳纤维增强基体的 (C/C) 复合摩擦材料在航空航天工业中得到了广泛应用。航天飞机轨道的鼻锥和机翼前缘材料，都会选用碳/碳复合材料。另外还大量用作高超音速飞机的刹车片，目前，国际上大多数军用和民用干线飞机采均用碳纤维增强基体的复合材料刹车副。这种刹车副不仅质量轻、抗热冲击性好、摩擦系数稳定、使用寿命长，更为方便的是可设计性强，性能便于调节。还可制作发热元

件和机械紧固件、涡轮发动机叶片和内燃机活塞等。

3 我国碳纤维复合材料发展现状

现代的碳纤维是以聚丙烯腈、人造丝或木质素为原丝，将有机纤维跟塑料树脂结合在一起高温分解并且碳化后得到的，还不能直接用碳或石墨来制取。

据了解，目前全球碳纤维产能约 3.5 万吨，我国市场年需求量 6500 吨左右，属于碳纤维消费大国。在以“高性能聚丙烯腈碳纤维制备的基础科学问题”为主题的第 335 次香山科学会议上，会议执行主席、国家自然科学基金委员会师昌绪院士指出，与国外技术相比，我国碳纤维领域还存在较大差距。2007 年，我国碳纤维产能仅 200 吨左右，而且主要是低性能产品。由于缺少具有自主知识产权的技术支撑，目前国内企业尚未掌握完整的碳纤维核心关键技术。这就使得我国碳纤维在质量、技术和生产规模等方面均与国外存在很大差距，绝大部分高性能增强材料都长期依赖进口，价格非常昂贵，比如标准型 T300 市场价格曾高达 4000~5000 元/千克。由于缺乏创新与集成和应用领域的拓展，极大地制约了我国碳纤维复合材料工业的发展。

意识到我国高性能碳纤维复合材料产业尚不能满足国民经济快速、健康、持续发展的需求，国家发展改革委于 2008~2009 年组织实施高性能纤维复合材料高技术产业化专项，重点支持碳纤维、芳纶纤维、高强聚乙烯纤维及其高性能复合材料的生产技术及关键装备的产业化示范，以满足国民经济以及航空航天等高技术产业发展的需求，培育一批具有国际竞争力的龙头企业。这一举措将为我国从材料大国转变为材料强国奠定坚实的基础。

4 结束语

我国对发展碳纤维复合材料所做的努力是有目共睹的，而且所取得的成绩和进步也是令人振奋的，但如何提高产品品质、降低成本、减少能耗和污染、开拓新的应用领域，将是一项重要而长期的战略任务。

参考文献：

- [1] 贺福.碳纤维及其应用技术[M].北京：化学工业出版社,2004.
- [2] 益小苏.先进复合材料技术研究与发展[M].北京：国防工业出版社,2006.
- [3] 胡保全,牛晋川.先进复合材料[M].北京：国防工业出版社,2006.
- [4] 陈绍杰.聚焦碳纤维[J].高科技纤维与应用,2006,1.
- [5] 黎小平,张小平,王红伟.碳纤维的发展及应用现状[J].高科技纤维与应用,2006,2.
- [6] 张世平.碳纤维/环氧树脂复合材料的应用开发新动向[J].科技信息,2007,24.