

专注超薄、超轻复合材料研究， 引领中原先进复合材料发展

——走进河南省碳纤维复合材料国际合作实验室

Focus on Ultrathin and Ultralight Composites, Leading Development of
Zhongyuan Advanced Composites

[编者按] 超薄、超轻先进复合材料具有力学性能好、对薄壁及复杂型面适应性好、节省材料消耗、减重效果显著等优点，被视为下一代航空航天复合材料的重要组成部分，也是海洋、通信、新能源等其他高端制造领域的重要的轻量化材料之一，对减少碳排放，减轻全球变暖具有重要意义。河南省碳纤维复合材料国际合作实验室依托河南工业大学“机械工程”一级学科博士点及博士后科研流动站、“机械设计及其自动化制造”国家一流本科专业，立足河南，面向国家战略新兴产业主战场，是河南省碳纤维复合材料的科学研究基地，也是国内以超薄碳纤维纱、带、织物增强树脂基复合材料为研究特色的国际合作实验室。围绕该研究方向获国家授权发明专利 12 项。

总体定位与研究方向

实验室以航空、航天、航海领域新产品开发对轻质高强碳纤维复合材料需求为牵引，开展超薄碳纤维纱、带、织物增强树脂基复合材料及其功能化的应用基础理论研究，探索碳纤维复合材料高性能化、功能化的关键科学与技术问题。通过国际合作，取得国际领先、对我国复合材料行业进步具有推动作用的理论研究和技术创新成果，形成“基础理论研究—技术创新—研究成果转化”的新型创新体系，促进国际交流，推进科研成果转化。

实验室特色鲜明的研究方向包括：

(1) 超薄、超轻碳纤维纱、带、织物增强树脂基(特别是热塑性树脂)复合材料高性能化及功能化微观、细

观结构调控关键基础问题；

(2) 超薄碳纤维增强树脂基复合材料结构—功能一体化设计理论及设计方法。

河南工业大学实验室总面积 1500m²，科研仪器设备总价值 3000 余万元，其中 20 万元以上设备超过 20 台。除常规的复合材料力学性能测试、内部缺陷无损检测平台外，实验室自主设计、建设了 3 个特色实验平台，开展了高性能纤维超薄化展纱工艺、超薄碳纤维热塑性复合材料成型工艺以及超薄碳纤维预浸料层合板特种环境下的性能衰减方面的研究。

关键技术突破

在钢铁材料中利用细晶强化机制获得超高强度钢已得到广泛应用。如何在碳纤维复合材料中构筑精细

微观结构，大幅提高其力学性能，对于发挥碳纤维的力学性能潜能，提高复合材料性能，降低复合材料使用成本具有重要意义。本实验室交叉、融合了金属材料微观结构调控与强化理论，不断丰富、创新复合材料基础理论研究。

实验室采用碳纤维超薄化精确排列构型调控技术，减少了纤维偏转、屈曲带来的力学性能折损，有利于获得均匀、细小的树脂微观分布状态，提高裂纹扩展功能，显著提高复合材料的力学性能，使碳纤维拉伸强度利用率达到 90% 以上。与常规热固性碳纤维预浸料层合板相比，在相同纤维体积分数条件下，超薄碳纤维复合材料拉伸性能提高了近 20%。与常规热塑性碳纤维预浸料层合板相比，其拉伸性能提高了 30%。

实验室引入碳纤维空间排列因

子,修正了复合材料细观力学的经典理论:两项混合律。从细观力学的角度揭示了超薄化碳纤维复合材料的强化机制。

突破的关键技术方面包括:

(1)建立了流-固力场作用下,碳纤维超薄化宽展过程中的均匀、稳定、精确排列的工艺参数优化及控制条件,为碳纤维高速、稳定超薄宽展提供了产业化应用基础。

(2)建立了超薄碳纤维热塑性预浸料混杂编织的新工艺,自主开发了相应的编织机,为开发较复杂构型的碳纤维热塑性编织预成型体提供了基础。

► 科研成果及转化 ▼

(1)与悉尼大学航空机电学院合作开发了结构电池无人机。该无人机的主承载板采用超薄碳纤维复合材料层合板结构与动力电池组成的结构-功能一体化设计,在原设计的基础上减重31%,续航里程增加54%。由于超薄碳纤维复合材料优异的力学性能,结构电池的抗挤压、弯曲、冲击性能均有不同程度的改善。

(2)与安徽卓尔航空科技有限公司合作进行超薄预浸料在航空螺旋桨中应用研究及其性能评估。

该螺旋桨直径较大,厚度较小,截面扭角较大,通过引入一定比例的超薄预浸料铺层,提高了该产品的抗疲劳性能和可靠性。

► 实验室建设 ▼

实验室负责人为吴海宏教授、博士生导师,学术顾问为中科院院士申长雨教授。实验室现有研究人员35人,其中教授8人,副教授19人,具有博士学位研究人员31人。

实验室现有5个合作研究团队:(1)河南工业大学吴海宏教授带领的航空复合材料研究团队,负责开展超薄碳纤维细观结构调控理论及其

预浸、编织、层合板制造工艺及性能评价研究;(2)郑州大学国家橡塑模具工程研究中心刘春太教授带领的轻量化设计团队,负责开展复合材料性能计算的力学建模研究;(3)澳大利亚悉尼大学航空机电学院全立勇教授带领的结构设计团队与河南工业大学联合开展结构-功能一体化设计研究;(4)美国威斯康辛-麦迪逊分校童立生教授负责的团队与河南工业大学、江苏科技大学周应国教授团队联合开展三明治发泡结构制造及性能评价研究;(5)意大利COMI公司与河南工业大学合作研究热塑性层合板制造装备设计研究。

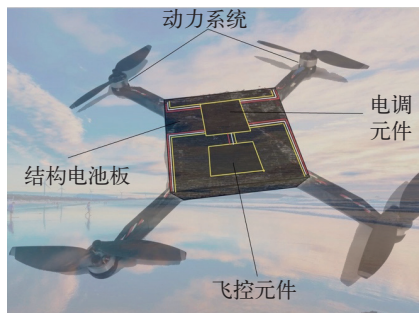
自成立以来,实验室积极组织和参与各类学术交流活动,主办国际会议1次,协办国际会议2次,参会人数超1000人次。实验室20人次参加国际学术会议,其中15人次做大会主题报告,10人次做特邀报告。60人次参加国内学术会议,其中20

人次做大会主题报告,15人次做特邀报告。10人次出国进修或访问。

实验室多次参加全国复合材料大赛,连续三次获得超轻机翼比赛项目目前两名、复合材料桥梁第三名的好成绩,是本科生、硕士研究生的课后创新实践平台。依托实验室及其相关项目培养的部分本科生、硕士研究生已经成为C929、彩虹号无人机、高速动车等国家重大项目组成员。

实验室与清华大学、大连理工大学、西安交通大学、浙江大学及都灵理工大学、堪萨斯州立大学、曼尼托巴大学、悉尼大学、威斯康星-麦迪逊分校、郑州机械研究所、郑州磨料磨具磨削研究所等国内外知名院校和科研院所建立了合作关系,共同推进产、学、研协同创新。

实验室与光威复材、南京玻璃纤维设计研究院就T800碳纤维、高强玻璃纤维的展纱工艺及其性能评价开展了合作探索研究。(采访 大漠)



结构电池无人机



航空螺旋桨



超薄热塑性碳纤维编织布