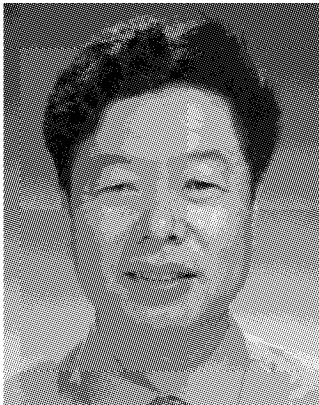


先进复合材料创新研究和工程化平台

——先进复合材料国防科技重点实验室和结构性碳纤维复合材料国家工程实验室



益小苏主任



陈祥宝主任

先进复合材料国防科技重点实验室由国防科工委批准立项，1996 年 8 月通过国家验收并正式运行，2004 年重点实验室拓展提高计划得到国防科工委的正式批复。结构性碳纤维复合材料国家工程实验室于 2008 年由国家发改委批复建立。先进复合材料国防科技重点实验室和结构性碳纤维复合材料国家工程实验室(以下简称重点实验室和工程实验室)依托于中国航空工业集团公司北京航空材料研究院，主要目标是通过技术原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新，构筑先进复合材料的共性研究平台和应用技术平台；针对航空等领域所需复合材料的发展要求，建立高性能结构性碳纤维复合材料研究开发与工程化平

台。重点开展高性能树脂基体及复合材料，金属基和陶瓷基复合材料，低成本自动化成型技术和整体制造技术，复合材料及结构表征、试验、评价及性能优化设计等关键共性技术研究；发展新型复合材料及制备技术，提高我国复合材料研究的自主创新能力；开展复合材料相关产业关键技术攻关、重要技术标准研究制定，促进复合材料产业的发展。

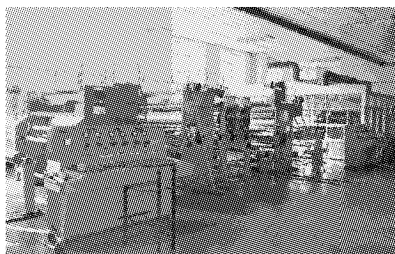
1 科研团队与装备条件

先进复合材料国防科技重点实验室主任由益小苏教授担任，结构性碳纤维复合材料国家工程实验室主任由陈祥宝研究员担任。目前两实验室共有科研人员约 90 人(具有博士学位的人员 25 人，具有硕士学位的人员 36 人)，其中正高级职称 17 人，副高级职称 31 人。组成了结构合理、高素质高水平的科研团队，形成了“敢为人先的创新意识，渴求新知的学习欲望，认真严谨的科研作风，激情进取的团队精神”的实验室文化，吸引和培养了一批高层次科研人才。

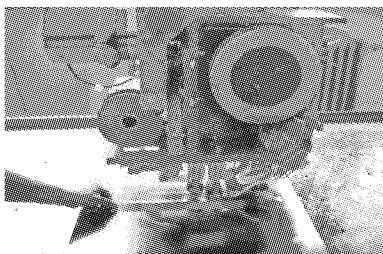
重点实验室和工程实验室拥有固定资产约 2 亿元。厂房面积约 2 万平方米，设备约 1100 台。主要仪器设备见表 1，包括树脂及复合材料微观分析、理化性能测试仪器和设备，树脂与预浸料及蜂窝研制和工程化设备，复合材

表 1 实验室主要仪器设备情况

仪器设备分类	仪器设备名称
材料分析测试仪器	DMA, DSC, HPLC, FT~IR, Romen 光谱, IR 显微镜, 光学显微镜, SEM, TEM, 介电分析仪, 流变仪, 材料试验机等
树脂研制设备	5~250 L 反应釜, 低温粉碎设备, 粉末分级设备等
预浸料设备	12", 48"热熔预浸机, 溶液预浸机, 粉末预浸机, 窄带预浸机等
裁剪铺叠设备	自动裁剪设备, 激光投影系统, 自动铺放试验系统
热压罐	φ5 m×17 m, φ3 m×6 m, φ1.5 m×3 m, φ1 m×1.8 m 热压罐
纺织/RTM 工艺设备	二维三轴编织机, 中温 RTM 注射机, 高温 RTM 注射机, RTM 综合试验集成平台
无损检测设备	超声 C 扫描, 超声 A 扫描, X 射线设备, 复杂型面实时超声成像检测系统, 激光散斑, 红外热波等
蜂窝生产设备	Nomex 蜂窝自动涂胶机, 浸胶机, 拉伸机, 蜂窝片切机
分析和模拟软件	Ansys, patran, fibreSIM, PAM-RTM PAM-FORM, sysply 等
金属基, 陶瓷基复合材料制备设备	高温真空熔融金属浸渗设备, CVD 纤维制备设备, PVD 设备, 石墨化炉等



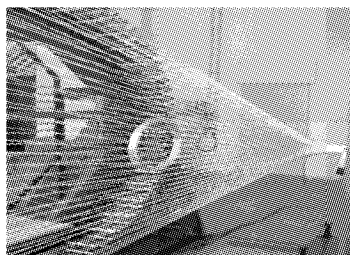
48"高精度热熔预浸机



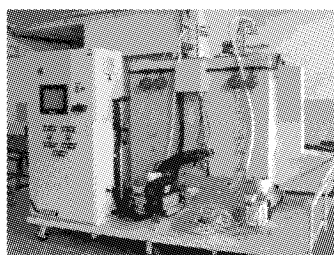
自动铺带机



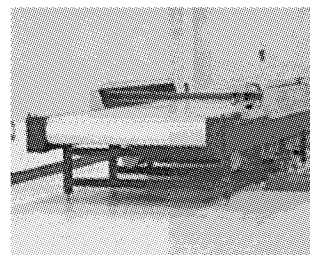
激光投影系统



三轴编织机



高温 RTM 注射机



自动裁剪设备

料制造工艺研究和工程化设备, 复合材料及结构无损检测设备, 金属基和陶瓷基复合材料研究和工程化设备等。

2 研究工作和成果

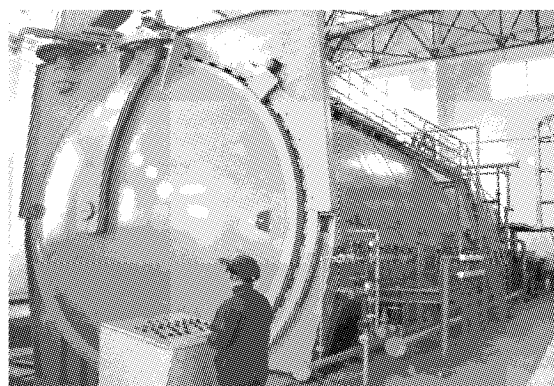
重点实验室和工程实验室紧紧围绕国家和国防对复合材料的重大需求, 开展先进复合材料基础研究、应用研究和工程化应用研究, 经过长期的研究积累, 形成了多项支撑我国复合材料发展的科研成果, 推动了复合材料技术和应用的发展。“十一五”期间承担国防 973 项目(首席)1 项, 国家 973 项目(首席)1 项, 863 计划 5 项, 武器装备预先研究 13 项, 国防基础科研 2 项, 国家自然科学基金、总装创新基金等各类基金项目约 40 项, 国家合作项目 9 项, 型号技术攻关项目约 30 余项。2008 年科研经费达到 1.56 亿元。“十一五”期间共获得部级以上科研成果 20 余项, 其中国家发明二等奖 1 项, 国家科技进步二等奖 1 项, 国防科技进步一等奖 5 项, 国防科技进步二等奖 7 项。2005 年以来授权国家和国防专利 51 项, 其中发明专利 47 项, 新型实用专利 4 项, 申请并授权国际发明专利 1 项。“十五”期间, 复合材料研究方面共发表论文(专著)322 篇(部), 其中被 SCI 收录 54 篇, 国际大会特邀报告 23 次。

(1) 重大基础研究

在复合材料高效增韧机理和技术方面, 发展了不依赖于树脂化学成分、适用于预浸料和液体成型工艺的“离位”增韧技术, 在不影响复合材料其它性能的前提下大幅度提高了复合材料的韧性, 形成了系列化的国家发明专利和国际发明专利, 并向外国公司授权使用。在国防“973”的支持下, 针对热压罐成型技术中复合材料固化反应放热、体系的相变、体系内外的传热、气孔形成、多相流动与组分扩散、复合材料中残余应力的形成等进行了深入研究, 建立了“先进树脂基复合材料制造过程模拟分析系统”, 为复合材料制造过程控制和工艺优化提供了有效的工具, 将复合材料研究从“实验摸索”推进到“理论模拟和实验验证”相结合的新时期。相关研究成果获得 2008 年国家科技进步奖二等奖。

(2) 高性能复合材料体系

针对目前复合材料应用成本过高的问题, 成功研制了低温固化高温使用的复合材料和低温固化真空成型的复合材料, 实现了复合材料在 70~80℃ 固化成形, 在 80~130℃ 长期使用。低温固化高性能复合材料通过降低固化能耗、应用低成本模具和辅助材料, 明显降低了复合材料构件的制造成本, 已应用于高性能无人机复合材料机翼研



φ5 m×17 m 大型热压罐

制。相关成果获得 2006 年国家技术发明二等奖。

经过长期的研究和积累,已经研制出以环氧、双马树脂和聚酰亚胺体系为主、适合热压罐成型和液体成型(RTM、RFI)的树脂基体系,可满足目前歼击机、直升机和发动机等不同耐温等级与结构承载等级的需求。已完成第二代韧性树脂体系和复合材料($CAI \geq 255 \text{ MPa}$)工程化应用研究,在国内先进歼击机主要承载结构中应用。研制成功综合性能优异的电子束固化树脂基复合材料,拥有全部自主知识产权。电子束固化可实现复合材料的低温快速固化和降低复合材料及其制件的内应力,是一项很有前途的复合材料低成本制备技术。

(3) 结构复合材料制造技术

对先进复合材料真空袋-热压罐成型技术进行过系统的研究,包括工艺技术、辅助材料体系、质量控制规范、模具工装和构件成型技术等,许多技术已经实现在航空工业的推广和应用,为我国先进复合材料制造技术的发展作出了重要的贡献。近期正在开展包括大型结构共固化/共胶接整体成型技术,大厚度差结构成型技术、大型制件变形控制技术、热匹配复合材料模具技术和复合材料质量控制技术等研究,同时针对自动铺放技术,率先在国内联合研制了自动铺放设备,并开展了自动铺放预浸带和铺放工艺研究,为复合材料的自动化制造奠定了基础。在液体成型技术方面,形成了适合液体成型的环氧、双马来酰亚胺和聚酰亚胺树脂体系,开展了大量工艺理论和工艺基础研究,在国内首先研发了液体成型工艺集成测试系统,突破了编织/缝合/粘结预定型等近净尺寸预成型技术、流动浸润控制技术、模具设计和工艺优化等关键技术,成功地研制出关键复杂的复合材料构件,并在装备上得到应用。

(4) 结构-功能复合材料技术

经过长期的基础研究和应用研究,研制出了系列含电路模拟结构吸波/承载一体化隐身复合材料,具有自主知识产权,实现了飞机承力复合材料结构的吸波/承载一体化,为武器装备实现高隐身奠定了结构隐身复合材料技术基础。已经形成较完整的透波材料、制造工艺和检测体系,研制了国内结构复杂尺寸、和耐功率最大的雷达天线罩。

3 对外开放和学术交流

按照重点实验室的运行机制,通过实行实验室基金和客座学者制度,吸引国内外高水平研究人员利用两实验室的装备,开展合作研究,同时与企业建立紧密的合作关系,促进新技术的应用和转化,并为企业提供技术和咨询服务。

重点实验室和工程实验室先后开展了中-俄、中-韩和中-德等合作项目研究,与波音、EADS 和空客等公司签订了战略合作研究协议,并以实验室领先的专利技术,实现先进复合材料的应用和产业化。通过与国外建立联合实验室共同推进先进复合材料的发展和应用,在国际复合材料前沿领域竖起了中国国家重点实验室的品牌。

重点实验室和工程实验室还注重开展多层次的学术交流。如经常邀请国内外著名专家来实验室讲学和相互交流。另外,实验室还是国际先进材料与加工工程学会(SAMPE)的依托单位,经常以 SAMPE 名誉组织国际学术会议开展广泛学术交流。

4 人才培养

根据国家对重点实验室提出的“应该出成果、出人才”的要求,重点实验室非常重视人才培养,建有材料学科的博士后工作流动站、及博士学位和硕士学位授予点,并与许多高校建立了联合培养研究生的合作关系。平均每年都有培养博士 2~3 名来流动站工作,独立培养 3~4 名博士生,6~8 名硕士生,联合培养 5~10 名研究生。使重点实验室成为学术研究的大学校,培养后备人才的大熔炉,为国家输送了大批科研骨干。

(本刊记者)



重点实验室多次主办国际学术会议