



本期关注

☆ 不负韶华·共创未来—SAMPE 先进复合材料技术培训周如期举办	02
☆ 2020 SAMPE 走进中国科研院所系列活动圆满收官	03
☆ 展位预定 第十六届先进复合材料制品、原材料、工装及工程应用展览会	04
☆ SAMPE 中国 2021 年会国际学术会议征文通知	07
☆ 2020 复合材料自动铺放装备与技术研讨会在杭州成功举办	09
☆ 会员风采	10
☆ 行业资讯	17
☆ 民机复材机翼翼盒结构适航符合性验证方法研究	21
☆ THERMOPLASTIC COMPOSITE BLANKS	32

不负韶华 · 共创未来—SAMPE 先进复合材料 技术培训周如期举办



10月23日，由国际先进材料与制造工程学会（SAMPE）北京分会主办，上海恩眠机电科技有限公司、盛科技股份有限公司、HEATCON公司协办的SAMPE先进复合材料技术培训周在成都成功举办。

加工、检验、维修的技术流程，解决学员在实际工作中的困惑，提升复材应用单位的技术开发能力和产品竞争力。另一方面培训周为复材行业搭建了一个跨学科、跨专业的交流平台，通过培训既学习了专业知识也拓宽了行业视野，让每一位参加培训的学员收获满满，不虚此行。



本次培训为期三天，邀请了SAMPE全球理事长，宁波诺丁汉大学益小苏教授等十位行业知名专家讲授先进复材的理论知识、技术经验和相关案例，培训内容包括：复合材料系统知识、结构设计、液态成型工艺、连接技术、无损检测、力学性能与表征、复合材料结构维修技术。涉及复合材料设计、生产、检测、维修的各个领域的前沿技术。



来自中国商飞上海飞机制造有限公司复合材料中心、北京空天技术研究所、重庆长安工业集团有限责任公司、株洲时代新材料科技股份有限公司等单位近150名学员参加了培训。通过本次技术培训周的举办一方面创造了一线工程技术人员与专家讲师面对面学习交流的机会，全面、系统地帮助学员理清复材产品测试、设计、

今年复材行业虽然受到疫情影响但是长期向好的趋势没有改变。我国高端制造业的迅猛发展为复合材料行业带来了广大的市场空间，以连续碳纤维增强树脂基复合材料为代表的先进复合材料在国产大飞机、高铁等高端装备的应用比例不断提高。当前复材产业正向着自动化、智能化、绿色可持续的方向发展，技术更新速度不断加快，需要我们不断学习跟上技术发展的步伐。国际先进材料与制造工程学会（SAMPE）北京分会长期致力于本行业技术人员的培养，希望和行业同仁共同努力为先进复合材料产业的学术交流、开拓创新、深度合作贡献一份力量。

2020 SAMPE 走进中国科研院所系列活动圆满收官



12月17-18日，随着2020 SAMPE走进中国科研院所系列活动在苏州、常州两地成功举办，由国际先进材料与制造工程学会（SAMPE）中国大陆总会主办，天氏欧森测试设备（上海）有限公司、上海波客实业有限公司、耐驰科学仪器商贸（上海）有限公司协办，中国科学院化学所、中航复合材料有限责任公司、海鹰空天材料研究院（苏州）有限公司、长三角先进材料研究院、北京化工大学常州先进材料研究院承办的2020 SAMPE走进中国院所系列活动圆满收官。



空天材料院总经理张天翔对各位嘉宾的到来表示欢迎，同时也对SAMPE组织的本次“走进科研院所”活动表示了感谢，希望通过本次活动，大家能够分享和交流先进复合材料领域的技术与经验，开拓合作共赢点，共同助力先进复合材料繁荣发展。本次活动邀请了全国多名科研院所和企业的专家。中国航发北京航空材料研究院研究员何鲁林围绕复合材料系统知识做了精彩的主题报告；长三角先进材料研究院碳纤维复合材料事业部首席专家沈真就先进复合材料用得起、用得好的设计与制造技术做了精彩报告，同时也详细介绍了复合材料力学性能测试标准（ASTM标准）；原沈阳飞机设计研究所研究员朱珊就复合材料结构设计做了精彩报告；其他专家也围绕复合材料的力学测试解决方案、复合材料固化工艺路线设计与优化等内容进行了精彩分享。参会人员与专家互动交流热烈，就关心的问题进行了深入的探讨，并取得了很好的效果。活动期间参观了海鹰空天材料院建设现场和长三角材料院。



12月17日，2020国际先进材料与制造工程学会（SAMPE）走进中国科研院所系列活动在苏州举办，本次活动由海鹰空天材料研究院和长三角先进材料研究院共同承办。海鹰空天材料研究院、长三角先进材料研究院、中国科学院苏州纳米所、苏州芳磊蜂窝复合材料有限公司、上海海逸科贸有限公司等单位40多位代表参加了本次活动。



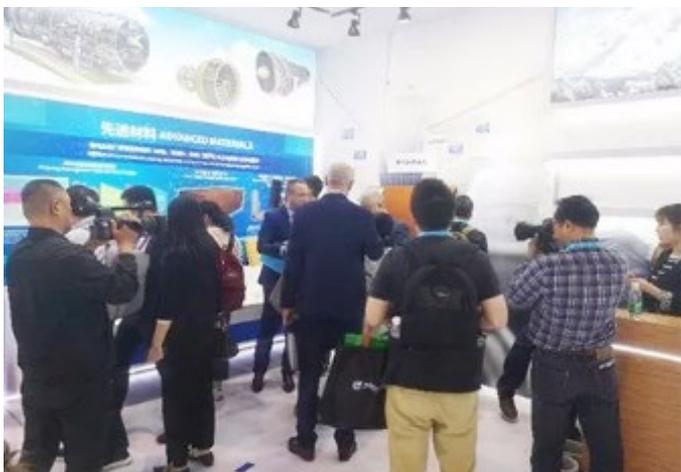
12月18日，走进科学院所常州站活动在北京化工大学常州先进材料研究院举办。常州技术局李振华处长、北京化工大学常州先进材料研究院马贵平院长出席活动并致欢迎辞，常州华创航空科技有限公司、常州帝威复合材料有限公司等单位90多位代表参加了本次活动。

学术交流环节中，中国航发北京航空材料研究院何鲁林研究员介绍了树脂基复合材料发展概况，详细讲解了树脂基复合材料的成型工艺、质量控制、配套技术及应用案例。北京化工大学刘杰教授讲解了碳纤维及其复合材料制备的关键技术和发展趋势。耐驰科学仪器商贸（上海）有限公司曾智强博士、上海波客实业有限公司的王招经理、天氏欧森测试设备（上海）有限公司黄安超经理分别围绕复合材料固化工艺路线设计与优化方法、基于Fibersim的复合材料数字化设计与工艺、复合材料的力学测试解决方案这三个主题进行详细的讲解，并现场演示了复材结构设计/模拟仿真软件、复合材料力学性能测试技术和热分析技术。



2020 SAMPE走进科研院所系列活动是继去年走进大学校园活动之后，SAMPE中国大陆总会举办的又一公益性复材技术交流活动，通过组织行业专家和企业代表到复材院所实地参观、交流座谈、技术展示，促进了复材行业产、学、研、用的融合发展。今年在北京、苏州和常州三地共举办了4次，300余位复材行业从业人员参与了交流。SAMPE学会将持续举办相关活动，欢迎更多的行业同仁及复材企业参与进来，共同为先进复材的学术交流和行业发展做一份贡献！

展位预定 | 第十六届先进复合材料制品、原材料、工装及工程应用展览会



组织机构

主办单位：

SAMPE 中国大陆总会

中航复合材料有限责任公司

中国化学纤维工业协会

先进复合材料重点实验室

结构性碳纤维复合材料国家工程实验室

协办单位：

SAMPE 北美总会

SAMPE 欧洲总会

SAMPE 日本总会

SAMPE 韩国总会

SAMPE 台湾总会

SAMPE 巴西总会

SAMPE 墨西哥总会

SAMPE 马来西亚总会

中航复材（北京）科技有限公司

支持单位：

中国商用飞机有限责任公司

中国航空制造技术研究院

承办单位：

北京盛世联盟会展有限公司

活动安排

展览搭建：

2021年6月21日-22日，特装搭建

2021年6月22日，标摊搭建

展览展示：

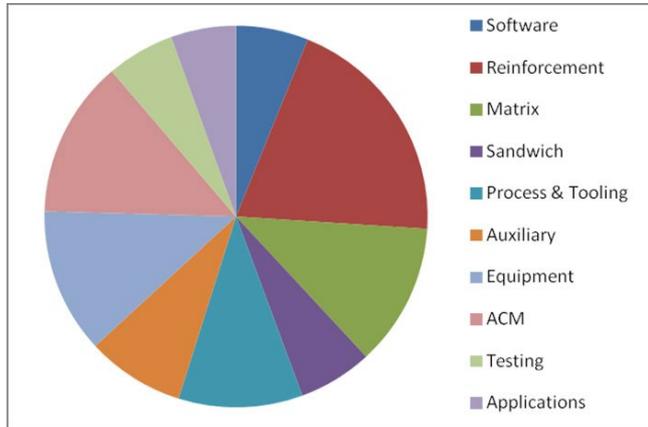
2021年6月23日-25日

会议注册：

2021年6月22日

学术会议：

2021年6月23日-25日



活动亮点

○这是 SAMPE 在中国大陆连续 16 年举办的高端盛会。展会定位于包括数字化设计、模拟仿真技术、高性能增强材料、基体材料、夹芯材料、辅助材料、工装、加工设备、先进复合材料、测试、分析、维修及回收技术全产业链与工程应用。

○4 个展馆，近 12,000 平米的展示面积。

○预计 220 家国内外展商，6000 多位行业专业买家。

○行业专业展览会+国际学术会议+下游用户对接+技术培训+企业新品发布+学生竞赛+创新零配件大会。

料，纳米复合材料，天然纤维复合材料，生物复合材料，智能复合材料，功能复合材料等）。

2、先进复合材料结构设计服务，数字化技术与 CAE 工具（结构设计、模拟仿真技术、建模分析技术及其软件、数字化设备、数据库等）。

3、高性能复合材料原材料，辅助材料及中间产品（增强纤维、基体材料、夹心材料（泡沫、蜂窝等）、织物、预浸料、成型用辅助材料、粘接剂、涂层材料等）。

4、先进材料制造技术，增材制造、高性能复合材料制备技术与工艺装备（工艺成型技术与设备、工装设计与模具、低成本技术、自动化裁切、铺丝、铺带、缠绕、缝编、预成型体制造、机器人、机床等）。

5、高性能复合材料结构性能测试与检测技术（力学、热学、物性测试、无损检测、表征技术与仪器设备等）。

6、复合材料加工与装配（刀具、连接设备等）。

7、高性能复合材料工程与应用（航空航天、国防、舰船、高速列车、汽车、能源、电子、体育休闲等）。

8、先进复合材料维修技术（材料维修服务及设备）。

9、复合材料回收技术与装备。

凡从事上述 9 大类别产品的开发、研制、生产、销售、代理、经营，已在工商机关注册的企业事业单位，科研单位、大专院校及中外合资、合作企业、外商独资及国外和港澳台地区厂商均可报名参加。

专业买家团

SAMPE 中国近几届展览会参观买家团跟踪分析

○参观观众主要来自于中国、日本、韩国、印度、新加坡、泰国、俄罗斯、德国、法国、英国、奥地利、以色列、马其顿、美国、加拿大、中国台湾等国家和地区。

○就参观者的职位分析，28% 的参观者具备技术合作或者采购决策权。

○参观目的统计的前三位是：技术交流，产品采购和洽谈合作。



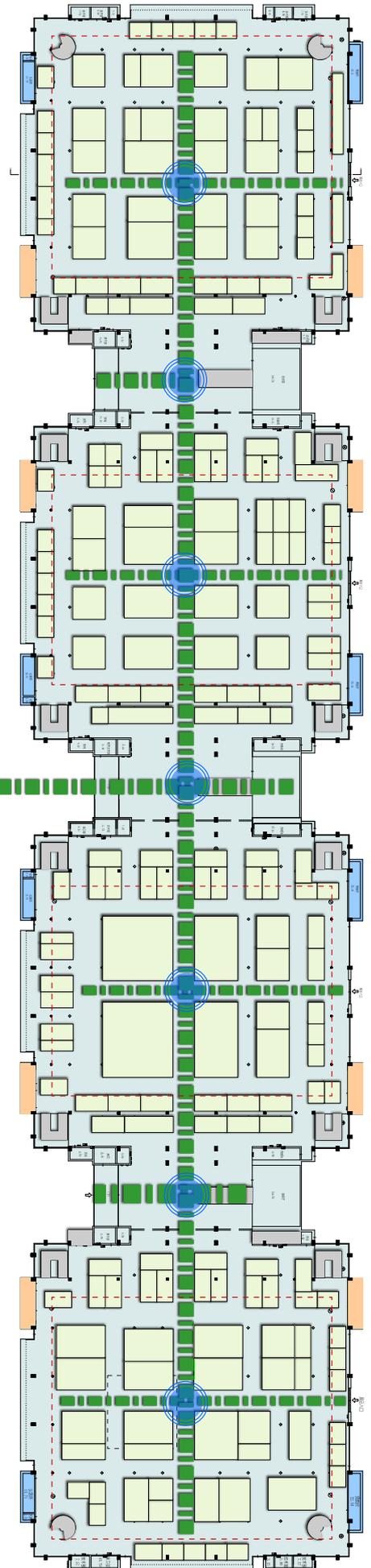
展品范围

1、先进材料（高温材料、纳米材料、石墨烯），先进复合材料结构件（树脂基、金属基、碳碳、陶瓷基复合材

SAMPE 中国 2021 年会

第十六届先进复合材料制品、原材料、工装及工程应用展览会
SAMPE CHINA 2021 CONFERENCE & EXHIBITION

2021年6月23-25日 中国国际展览中心（静安庄馆）北京
June 23-25, 2021 China International Exhibition Center, Beijing



展位图 / Floor Plan

SAMPE 中国 2021 年会国际学术会议征文通知



各有关单位：

第十六届 SAMPE 中国年会将于 2021 年 6 月 23 日至 25 日在北京举办。本届年会的主题是“先进复合材料，引领绿色产业创新发展”。为期三天的国际学术会议和展览会将围绕这一主题就先进复合材料的结构设计、原材料稳定制备、工装设计、工艺制造、质量管理、规模化生产、低成本技术、测试与表征、加工与装配、工程应用、可持续发展等相关技术和产品的应用现状及机遇，国际发展趋势等展开交流和研讨。从而，推进先进复合材料服务于更轻，更强，更节能，更环保的绿色产业创新发展。

作为国际先进材料与制造工程学会 (SAMPE) 在亚洲地区最大规模的活动，SAMPE 中国年会已经成为引领我国在尖端制造领域的技术升级，产品更新换代，推动先进复合材料工程应用，促进产、学、研、用合作及交流的品牌性国际活动。由于受疫情影响，第十五届 SAMPE 中国年会国际学术会议分为线上和线下两部分举办。其中，线上会议于 2020 年 7 月 27 日至 29 日举办。三天的时间，来自中国、美国、德国、英国、法

国、以色列、韩国、泰国 8 个国家的 20 位特邀专家在线上作报告，大约 1200 多人参加了会议并积极进行了互动交流。线下会议于 2020 年 9 月 23 至 25 日在江苏镇江举办，3 天的学术会议共邀请 8 位专家做大会特邀报告，21 个主题分会场，198 篇研究报告在会议期间进行分享。来自航空、航天、汽车、船舶、轨道交通、风电、军工、基础设施建设等领域的 600 多位专家学者及企事业单位的代表参加会议。

我们热情邀请同行业企事业单位、科研院所，专家、学者们投稿、参加 SAMPE 中国 2021 年会，报告最新科研成果、产品和服务，共同打造国际高性能复合材料技术交流与产业合作的平台。有关学术会议的征文通知如下：

一、会议组织机构

主办单位：

SAMPE 中国大陆总会
中航复合材料有限责任公司
中国化学纤维工业协会
先进复合材料重点实验室
结构性碳纤维复合材料国家工程实验室

协办单位：

SAMPE 北美
SAMPE 欧洲
SAMPE 日本
SAMPE 韩国
SAMPE 巴西
SAMPE 台湾
SAMPE 马来西亚分会
中航复材 (北京) 科技有限公司

支持单位：

中国商用飞机有限责任公司
中国航空制造技术研究院

承办单位：

天津莱特沃德会展有限公司

二、会议主题范围：

1. 碳纤维及其他高性能纤维材料及制备技术，基体材料及加工改性技术，高性能夹芯材料，界面，粘结技术等；
2. 结构-功能一体化，智能复合材料，包括：纳米复合材料，热塑性复合材料，热固性复合材料，陶瓷基复合材料，炭炭复合材料，金属基复合材料，纺织复合材料，绿色复合材料等；



3. 先进复合材料低成本制备技术，工装设计与制备技术，快速成型技术，自动化生产、规模化生产，非热压罐技术等；
4. 先进复合材料结构设计，计算分析，模拟与仿真；
5. 结构性能测试，检测，表征与数据技术等；
6. 先进复合材料连接装配技术；
7. 先进复合材料在航空航天、发动机、无人机、舰船、海洋工程、绿色能源、安全防护、医疗、压力容器、电缆芯、家用电器、轨道交通、汽车、基础设施及土木工程及其他工业领域的应用；
8. 石墨烯及其复合材料；
9. 增材制造技术；
10. 先进复合材料的维修技术，回收技术等。

三、征文要求：

1、SAMPE 中国 2020 年会国际学术 1、SAMPE 中国 2021 年会国际学术会议征文包括中英文两种语言的研究论文全文。经评审推荐的论文将在大会上口头宣读；一经评审录用，大会口头报告论文和不在大会宣读的论文将发表在“SAMPE 中国 2021 年会国际学术会议”论文集内出版（U 盘形式，经专家审核的优秀论文可推荐在专业杂志，包括：《高科技纤维与应用》《纤维复合材料》和《Composites Part B》发表）。研究论文（全文）一般不超过 6000 字，综述约 8000 字（含图表）；论文的标题用中文和英文、表中各档目和注释文字均用英文，图解用中文和英文，图注用英文；文前要有 200 字左右的中文摘要，内容包括背景、方法和结果；文后给出英文标题、汉语拼音姓名，英语单位名

称以及英文摘要；中英文摘要后分别给出中、英文关键词 3-5 个。投递稿件时务必注明是否希望口头报告。

2、论文撰写规范

- a. 题目三号黑体，一般不超过 20 个字，段前 12 磅，段后 10 磅；
- b. 作者小四号仿宋，一般不超过 5 人；
- c. 单位小五号宋体，应著录全称，及省市名称和邮政编码；
- d. 摘要六号宋体，500 字；
- e. 关键词六号宋体，5 个左右，名词之间空格分隔；
- f. 正文五号宋体，文中一级标题四号黑体，段前、段后各加 0.5 行，二级标题小四号黑体，三级标题五号黑体，序号分别用“1”，“1.1”，“1.1.1”，顶格；表标题小五号宋体，在表上方，上空一行；图标题小五号宋体，在图下方，下空一行；表、图注：小五号宋体，在表、图下方，下空一行。图表中文字六号宋体；
- g. 参考文献六号宋体，一般只引正式出版过的文献，按在正文中被提及的先后排列各篇参考文献的序号，所有参考文献均应在正文中提及；
- h. 文章版式和页面设置：用 Word2003 或一下版本排版，通栏写作。A4 竖排，页边距：上 3.5cm、下 2cm、左 2.5cm、右 2.5cm；页眉 1.5cm，页脚 1.75cm；文档网格：行固定，行 38，18 磅。全文单倍行距。

3、所有投稿请用 E-mail 发至 service@sampe.org.cn（请注明“SAMPE 中国 2021 征文”）。杂志发表的论文需交版面费，每篇研究论文全文 1500 元。

4、凡内容符合活动主题范围，未在国内外正式刊物或其他会议上发表的论文均可应征，稿件内容应执行国家和有关部门的保密规定；引用他人研究成果应按《著作权法》规定指

明出处，并列于文后参考文献。

5、请提供稿件“作者简介”的各项内容（姓名、出生年、性别、学位、职称）以及详细通讯地址、联系电话及 Email。

6、活动设有企业创新产品发布专场，针对最新材料技术、最新工艺成型技术、最新设计技术、最新检测技术、最新应用技术等，报告演讲时间为 20 分钟，5 分钟答辩时间。每篇演讲费用 3000 元。演讲论文全文需在 5 月 25 日前提交给大会组委会。

7、重要时间：

- 1) 论文摘要提交时间：2021 年 5 月 15 日
- 2) 全文提交截止日期：2021 年 5 月 28 日
- 3) 论文集光盘 / 杂志专刊出版日期：2021 年 6 月

8、分会场承办单位：

我们热情邀请在先进复合材料各专业领域处于领先地位的企业、科研院所和大学院校在 SAMPE 中国年会期间承办并组织分会场。详细方案请联系我们，另有说明。

分会场申请截止日期：2020 年 12 月 30 日

四、联系我们

SAMPE 中国大陆总会

电话：022-59675387/59675378

邮箱：service@sampe.org.cn

2020 复合材料自动铺放装备与技术研讨会在杭州成功举办



2020 复合材料自动铺放装备与技术研讨会于12月15日在杭州钱塘新区成功举办。

来自全国高等院校、科研院所、企事业单位及政府部门共200余人齐聚一堂，共享行业前沿新技术，共谋投资合作新机遇，共创产业发展新未来。

本次会议聚焦高性能复合材料成型制造技术与装备，由杭州艾美依航

空制造装备有限公司总经理马晓冬致开幕词，浙江大学航空制造工程研究所所长董辉跃、钱塘新区管委会王永芳副主任分别代表主办单位及政府致辞。王永芳副主任在致辞中表示，本次会议旨在为提升我国复合材料自动铺放在航空航天领域的应用水平，提供一个“产业化、高标准、重应用”的交流平台。

会议特别邀请了国内复合材料领

域代表性单位及资深专家做复材自动铺放装备及技术的相关主题报告。针对当前国内航空航天等领域对自动铺放装备的迫切需求，与会代表共同探讨了复合材料自动铺放技术及装备在应用中存在的问题以及解决方案，认为只有材料、工艺、技术装备等国内相关行业携起手来，发挥各家之长，齐心协力才能保证我国复合材料相关技术装备的成功应用。

会议精心安排了现场参观，动态展示了大型龙门铺丝机、卧式铺丝机以及双机器人铺丝机的铺放性能，展现了浙大艾美依航空团队在高性能复合材料制造技术与高端装备领域的研发实力和工程化应用成果。

以这次会议为契机，在与会代表见证下，航天海鹰（镇江）特种材料有限公司与杭州艾美依航空制造装备有限公司签署了战略合作协议，携手共同推广国产自动化装备在民机领域的应用。双方将以国产民机型号为牵引，项目任务为导向，自动铺放和自动化装配技术为依托，开展紧密的战略合作，实现共赢！

本次研讨会由杭州艾美依航空制造装备有限公司、航空制造技术及高端装备教育部重点实验室、浙江大学航空制造高端装备研究中心主办；国际先进材料与制造工程学会（SAMPE）北京分会、天津莱特沃德会展有限公司承办；杭州江东芯谷管理办公室、杭州前进智造园管理办公室协办。



江苏奥派交通股份有限公司

江苏奥派交通装备股份有限公司成立与2001年，公司业务主要涉及汽车、轨道交通、航空及船舶行业，主要产品有汽车仪表台总成、保险杠总成、轨道车辆司机室操纵台总成、货运集装箱、飞机储物柜等，公司自成立以来一直致力于新材料的研发及应用，在聚氨酯材料、工程塑料及碳纤维复合材料方面有一定的研究，并成功运用各交通行业，也是国内首家制作聚氨酯材质制作高铁司机室操作台面板的厂家。

“复兴号”司机室操作台面板车辆司机室操纵台，产品满足高铁相关技术要求，在原有玻璃纤维复材制件及聚氨酯制件的基础上减重35%。芳纶蜂窝复合板，相对密度较低，平均面密度0.2-0.5kg/m²。其中芳纶蜂窝作为主要的芯部材质，表面采用玻璃纤维、碳纤维或玄武岩纤维作为蒙皮层，同时为了使芳纶蜂窝复合板达到各类产品要求的性能状态，可以采用不同的材质蒙皮及不同边长和密度的蜂窝芯进行配合使用，达到制品强度要求。芳纶蜂窝复合板可以按照要求做到阻燃、绝缘、隔音、承载等要求性能。



青岛华博机械科技有限公司

青岛华博第一台复材热压成型机于1989年10月研制成功；HBSCR系列智能热压机已取得欧盟CE认证及质量体系认证，并申请了14项热压机的发明专利和实用新型专利。

青岛华博科技公司到目前为止已有31年历史，已经开发出用途各异的智能型真空高温热压机100多款，压力范围25-8600吨，温度：室温-450℃-800℃，工作台最大台面3x12M；

适合高分子材料（PI\PEEK\PEKK\PP0\PBO\LCP等）、碳纤维复合材料、玻璃纤维复合材料、玄武岩纤维复合材料、金属基复合材料的生产，在航空/航天、电力/电子等领域的高性能产品及汽车零件等领域得以广泛应用；已经在北京玻璃钢研究院、北京火箭技术研究院、中国科学院（长春应化所、宁波材料所、福州结构所、太原煤化所、苏州纳米所、大连化物所等）、北京ABB研究院、清华大学、北京大学、北京航空航天大学、北京理工大学、哈尔滨工业大学、大连理工大学、湖南大学、同济大学、武汉大学、武汉科技大学、四川大学、重庆大学、西安交通大学、西北工业大学、中国航天科工集团、中国航天科技集团、中国航空工业集团（哈飞、商飞等）、中国船舶工业集团、中核工业集团等地区和国家。



精功碳纤维及复合材料产业基地

精功碳纤维及复合材料产业基地位于绍兴市柯桥区滨海工业园，产业占地600亩，产业启动于2013年，是绍兴市柯桥区政府引导产业基金首个投资项目，产业针对于航空航天、轨道交通、工程机械、船舶工程等领域，为不同领域客户提供碳纤维、树脂、预浸料基础材料与

高性能复合材料产品的研发、生产制造。产业拥有浙江精功碳纤维有限公司和吉林精功碳纤维有限公司（碳纤维制造）、精功（绍兴）复合材料技术研发有限公司（复合材料技术研发）、精功（绍兴）复合材料有限公司（复合材料制造）三大板块。为客户提供碳纤维基础材料到碳纤维复合材料设计、研发、制造的完整产业体系解决方案。



武汉鑫友泰光电科技有限公司

武汉鑫友泰光电科技有限公司，是一家集研发、生产、销售于一体的高新技术企业，生产经营：石英玻璃纤维及制品（包括石英玻璃纤维纱、石英玻璃纤维布、石英玻璃纤维套管、石英玻璃纤维带、石英玻璃纤维棉、

石英玻璃棉毡等）；石英玻璃及制品（包括石英玻璃管、石英玻璃棒、石英玻璃法兰、石英玻璃筒、石英玻璃钟罩等）；特种电光源用石英玻壳（石英球型、鼓型、异型玻壳）等产品，为航天航空、光纤制造、半导体制造、特种电光源等行业配套提供高科技新材料。

公司现建设有1座产品研发中心，2栋综合生产大楼和11座标准化工业厂房及辅助设施，总建筑面积约30000。拥有主要生产设备350余台（套）。每年可生产石英玻璃纤维及制品150吨、石英玻璃及制品800吨、特种电光源用石英玻壳100万支。公司于2010年通过ISO9001质量管理体系认证，2014年获得国家级高新技术企业认定。

美洲豹®

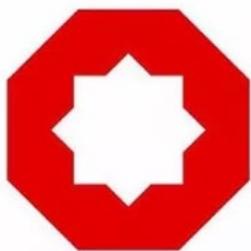
Catamount

浙江美洲豹特种设备有限公司

浙江美洲豹特种设备有限公司是致力于先进复合材料成型设备的研发设计、生产服务于一体的民营高新技术企业。公司成立于1995年，注册资金2080万。公司主营业务涉及航空航天、电子通讯、国防武器、轨道交通、高性能赛车、运动帆船、风机叶片、真空处理、木材改性、橡胶、建筑等诸多领域。

我公司研发的热压罐产品结合了我公司多年来生产的同类产品设计、制造和安装调试经验同时根据航天、航空和电子工业的热压罐工艺技术特点，借鉴国外同类设备当今发展最新技术于一身。

同时我们也可按照客户的需求在第一时间为客户提供最佳、最优产品系统方案，并提供上述产品的规划、设计、制造、销售、安装、调试、售服保养等一条龙服务。



中国建材

中复神鹰碳纤维有限责任公司

中复神鹰碳纤维有限责任公司(以下简称中复神鹰)成立于2006年，注册资本61498.8413万元，目前累计投资20亿元，隶属于国务院国资委管理的世界500强企业——中国建材集团有限公司。

中复神鹰是集碳纤维及其原丝研发、生产、销售、碳纤维复合材料制品研发为一体的国家高新技术企业，已经系统掌握T700级、T800级千吨级技术和M30级、M35级百吨级技术以及T1000级的中试技术，在国内率先实现了干喷湿纺的关键技术突破和核心装备自主化，建成了国内首条千吨级干喷湿纺碳纤维产业化生产线，2018年1月，《干喷湿纺千吨级高强/百吨级中模碳纤维产业化关键技术及应用项目》荣获2017年度国家科学技术进步一等奖。目前，国产T700、T800、M30级碳纤维已实现批量市场供应，在国产碳纤维市场的占有率保持在50%以上，打破了国外高性能碳纤维垄断的市场格局，促进国内碳纤维复合材料产业的发展。

公司始终坚持“创新、融合、奋进、责任”的发展理念，勇于承担国家责任，积极参与国际竞争，致力于打造具有全球竞争力的世界一流碳纤维企业。

ZYDM

郑州中远防务材料有限公司

郑州中远防务材料有限公司位于河南省郑州市高新技术开发区金梭路25号，是一家专注于超高分子量聚乙烯薄膜(UHMWPE FILM)防弹材料研发和创新应用的高新技术企业。公司已通过了河南省高新技术企业认证、GB/T19001-2016/ISO9001:2015《质量管理体系要求》认证、GJB9001C-2017《质量管理体系要求》认证等。截止到2019年底，公司国内授权专利共计16件，国外授权专利共计17件，具有完善的知识产权保护体系。

公司拥有独立的研发中心和专业团队，基于高效研发的创新是我们重要的增长引擎。利用我们的专利技术，采用全产业链的创新工艺及生产能力。从气体到聚合物原料合成，以产品需求为导向，生产不同强度要求的防弹材料和防弹制品。不仅提供出色的防弹材料和产品，而且还具有无与伦比的工艺开发能力，可以向用户提供防弹材料应用服务规划及完整的解决方案，包括材料开发、样品设计、样品试制、防弹打击测试和可持续的收益率提高等。

公司UHMWPE薄膜防弹材料的研发始于2005年，历时十余年，突破了聚合、牵伸、成型等无溶剂法的三大技术壁垒，开发出了适用于UHMWPE材料的固态加工工艺。目前已建成多条专业生产生产线，产能1000吨/年。我司是国内外为数不多的拥有UHMWPE薄膜材料全产业链公司的其中之一，材料在断裂强度(>25cN/dtex)、弹性模量(>1550cN/dtex)、断裂伸长率(<2.5%)等方面表现出明显的优势。以UHMWPE薄膜材料制备的防护产品通过中国兵器装备集团兵器装备研究所测试实验中心、总后军需装备研究所及中国兵器工业集团第五三研究所等权威部门测试，具有抗弹道冲击能力强、背凸变形量小等独特优势，在空军、海军、陆军、维和等多个部门得到认可。



宜兴市宜轻机械有限公司

宜兴市宜轻机械有限公司始建于1954年，提供复材成型整体解决方案。公司主要产品为FCC系列复合材料成型机械，锁模力10~10000吨，工作面积300*300mm~4200*10000mm，最高工作温度500℃，工作层数1~20层。设备采用伺服控制，适用于多种复合材料，具有曲线加温加压，恒压保压，真空压制，快速加热、冷却等功能，广泛应用于航空航天等科研院所，以及民用生产型企业。公司同时生产GJB系列高压均质泵，以及平板硫化机系列产品。



中航工程集成设备有限公司

中航工程集成设备有限公司为中国航空规划设计研究总院有限公司全资子公司，航空工业集团公司成员单位，简称航空工业设备工程。始建于1951年，前身为第三机械部第四设计研究院设备设计所。

经过近七十年的发展，我公司承载着航空地面支持专用设备的研发、制造、销售及相关工程服务的使命。以军品技术为依托，研发复合材料、热能工程、精密铸造、表面处理等相关业务。其中复合材料专业能够提供复合材料行业高端咨询、可研初设、勘察设计、工程设计、工程总包、设备总包、智慧工厂等全价值链服务。

我公司专业设置齐全：包括工艺咨询、热能工程、机械设备设计、表面处理、工业噪声治理、电气控制、自动化、压力容器、压力管道设计、信息工程（软件）、采集软件及硬件集成、工程咨询、设计、项目管理等十余个专业。



A Member of  MISTRAS
A World of NDT Solutions

美国物理声学公司 (PAC) 北京代表处

美国物理声学公司 (PAC) 始创于1978年，它的创立者是来自于Bell实验室的科学家Sotirios J. Vahaviolos博士。作为一家高科技公司，PAC公司依靠声发射领域众多卓越的人才和不断创新的技术而使公司得以迅速发展和壮大，专门从事声发射及自动超声C-扫描检测系列产品的研发、生产与技术服务。PAC掌握从产品开发、设计到工艺、制造等全过程的核心技术。产品的应用领域包括石油化工、电力、航空航天、冶金、建筑、交通等。美国物理声学公司致力于为全球用户提供高质量、高性能的声发射与自动超声检测设备。PAC公司已成为全球有数十家子公司及办事机构，员工总数近5000人的全球性公司。不仅是世界声发射技术的领导者，而且已经发展成为无损检测领域全球最大的公司之一。



苏州挪恩复合材料有限公司

苏州挪恩复合材料有限公司成立于2017年5月，公司专注先进纤维增强复合材料研发及其制品生产，主要服务于为汽车、军工、航空航天、智能装备、医疗等领域，在碳纤维复合材料箱体、碳纤维机器人手臂、热塑性碳纤维复合材料、功能性复合材料领域有独创性的技术能力。公司技术团队涵盖材料开发、结构设计、CAE模拟、模具设计与加工、制品生产等全制程领域。并引进国外知名大学教授、海归材料学专家等高层次人才，可为客户量身定制最优产品。

梅特勒 - 托利多

梅特勒-托利多是世界上最早和最主要的热分析仪器制造商之一，她所制造的差示扫描量热仪DSC、同步热分析仪TGA/DSC、热机械分析仪TMA和动态热机械分析仪DMA，都是世界上灵敏度超高的热分析仪器。

作为全球热分析技术领域的领导者，梅特勒-托利多公司一直致力于提供更完美的热分析技术解决方案。公司还致力于热分析技术的普及和推广，作为仪器制造商，梅特勒-托利多是唯一一家拥有公开发行刊物的厂家，目前发行的热分析系列丛书总共有8本，有《热分析应用基础》，《热分析简明教程》，《弹性体》，《热固性树脂》，《热塑性树脂》，《药物和食品》，《逸出气体》，《热分析验证》等，是难得的专业书籍，在热分析领域引起不小的轰动。如同建立了世界级天平标准一样，梅特勒-托利多也树立着热分析仪器的权威性新标准。



惠柏新材料科技 (上海) 股份有限公司

惠柏新材料科技 (上海) 股份有限公司于2010年在江桥镇成立，是一家致力于专业应用领域环氧树脂系列产品研发、生产和销售业务的高新企业，拥有多年的环氧树脂加工行业经验及技术基础。目前公司主要产品包括风电叶片用环氧树脂系列、HP-RTM快速成型用的环氧树脂、阻燃快速固化预浸料环氧树脂以及其他新型复合材料用环氧树脂系列，广泛应用于能源行业、轨道交通、军工、航空航天、船舶等领域。公司产品架构丰富，在新能源汽车、汽车内饰、轨道交通领域都有实际应用销售。并于近期通过ISO/TS 16949及AS/EN 9100审核，并顺利取得证书。ISO/TS 16949代表着目前国际汽车质量管理体系的较高水平，而AS/EN9100是一种适用于设计、开发和生产航空、航天以及防御产品的国际质量体系标准。在航空界，获得AS/EN9100质量管理体系认证是成为供应商准入的先决条件之一。惠柏新材在立足于满足中国市场需求的的基础上，将迈向国际市场拓展，为国内外客户量身定制提供高端复合材料一站式整体解决方案。



倍珞蒂机床公司 (中国) 分公司

意大利倍珞蒂公司在机加工、高速水射流切割系统的三轴和五轴设备生产制造方面有超过40年的经验。

与自身专业知识相结合的新技术和先进解决方案的研究热情是公司成功和发展的支柱。

继1977年第一台设备推出市场，我们持续推出的生产加工中心，深受全球客户的欢迎。

如今，倍珞蒂公司的铣削、水射流切割具有多种型号，满足多元化的市场需求。我们的加工中心的特点是：生产效率高，质量可靠，保证加工的可靠性和灵活性，使客户获取最好的性价比。满足最苛刻的安全和工艺环境要求方面的要求标准。

技术支持和售后：通过开设用户培训课程，使用户掌握模板和程序的实现过程，提供测试和技术咨询。通过迅速有效的售后服务网络，在世界各地提供及时有效的备件供应。结合产品优异质量品质，保障了公司的良好信誉，在全球市场发挥了积极作用。

倍珞蒂公司是一家具有高度责任感的国际专业技术公司，在过去的几年中，我们的销售遍及全球越来越多的领域，我们生产制造的加工中心，其中75%出口到世界各地。产品自身的品质、质量是客户满意的首要保证，结合公认的能力和口碑极大地支持了我们的产品销售到全球，倍珞蒂公司多年来在重要技术和商业领域不断加强与合作伙伴和渠道商进行合作，目前在国际市场赢得良好的口碑。

为此，在2014年5月，倍珞蒂公司在上海成立了分公司负责亚洲的销售业务及技术支持，目标是使倍珞蒂公司更接近亚洲客户并提供一流的服务。我们上海分公司，拉近了与客户的距离，使我们能直接服务我们的亚洲客户，了解并融入客户的语言和文化。

结合我们在复合材料机加工行业的丰富经验，我们非常期待服务亚洲不断增长的市场，这是我们非常值得骄傲的项目，它让我们的公司走向未来，越来越国际化。



卡奔碳纤维技术 (东莞) 有限公司

卡奔碳纤维技术 (东莞) 有限公司是一家中奥合资企业，融合了Hintsteiner集团35年的欧洲高端碳纤维制品技术经验和深圳RPS数十年的3D打印、快速成型、快速模具设计制造经验，将欧洲领先的碳纤维技术用于中国市场，致力于提供高端碳纤维轻量化解决方案。专注于航空、汽车、赛车、医疗以及军工领域，目前主要在产项目有无人驾驶航空器、碳纤维新能源汽车、高铁以及类似的复杂结构件。卡奔从产品试制到中小批量生产，采用稳定可靠的热压罐工艺、模压工艺。成型设计、模具技术、复材连接技术是我们的优势，已为数家国内外高端客户实现了零件轻量化目标。



中航飞机股份有限公司

中航飞机股份有限公司是国内少数几个进行复合材料生产的大型工厂之一，具有完备的复合材料制件研制技术队伍-复合材料制造技术研究所，研究所共有150余名工艺技术人员，由负责产品制造的工艺技术研究、自动化加工工艺、工装设计等组成。复材厂有以复材成型单元、复材加工单元、金属交接单元等组成的高技能生产团队。团队成员具有长期生产复合材料的经验，技能人才队伍素质、技能高。复材厂整体具备各类航空、航天产品基础研制能力。具有成熟的：复合材料机翼、前缘、壁板、加强肋、整体梁、雷达罩等产品。同时还承担了：神舟五号、神州六号、神舟七号、神州八号北斗导航系统，尼日利亚通信卫星、中星十一通信卫星等多项大型航天复合材料制品。



青岛汇智领先新材料科技有限公司

青岛汇智领先新材料科技有限公司成立于2017年，公司作为哈尔滨工程大学海洋先进材料研究院成果转化基地，近几年来依托高校深厚的科研实力，坚持产学研一体化的发展理念，公司发展势头迅猛。主要从事功能性复合材料，特种功能材料，电磁兼容材料及特种乳液的研发，生产，销售，公司产品已广泛应用于船舶海洋工程，航空航天，轨道交通等诸多领域。

作为山东胶州市政府重点培育引进的创新性企业，公司秉承“务实，研究，创新，精益求精”的经营理念，短短成立两年来，攻克了舰船轻量化，多功能化等一系列技术难题，获得了相关单位一致的好评，研制出多种减振隔声复合材料，填补了国内空白。



Beyond Lightweight

中国恒瑞有限公司

作为复合材料制品领域的领军企业，中国恒瑞有限公司是一家创新型高科技公司，拥有最为先进的多种复合材料加工技术及设备，最前沿的国际化专家团队，面向汽车制造等多个行业，提供专业而全面的轻量化复合材料解决方案。中国恒瑞也是德国弗劳恩霍夫化研院的长期战略合作伙伴，双方将共同建立中国首个以汽车轻量化为目标的先进复合材料技术中心。中国恒瑞的生产基地位于江苏常熟，在中国及欧洲等多地设有销售或研发等直属分支机构。



上海恩眠机电科技有限公司

上海恩眠是专业的三维数字化高科技企业，致力于把控产品外部尺寸及内部缺陷。

公司开发出一系列具有自主知识产权、国内外领先的3D数字化设备，包括三维扫描仪、金属3D打印机等，已成为美国VJ(自动化无损探伤)、德国MORA(三坐标和油泥洗剂)、奥地利ALICONA(纳米级光学3D测量仪)、德国Schneider(轴类测量仪和白光干涉仪)在中国的战略级合作伙伴。

公司先后与航空工业、中电科、中科院、中科大等科研院所及知名高校开展产学研合作，进行三维数字化前瞻性和关键技术的共同研发。

上海恩眠的使命是为全社会提供，能够提高生产力的、最前沿的、三维数字化测量分析和3D快速成形的技术服务与设备。通过我们专业知识及全体员工的奉献精神，帮助制造企业无缝地实现在3D模式下的创建、模拟、验证和协作，从而大幅地压缩产品开发及上市时间并提高盈利能力。



江苏科达车业有限公司

江苏科达车业有限公司自1993年成立伊始，始终坚持“诚信、敬业、创新、感恩”的企业精神，积极贯彻质量和品牌战略。公司现已形成专业化汽车内外装饰件、模塑制品件的研制、生产，年生产能力100万台套以上，现已为一汽集团、长安集团、长城集团、江铃集团、北汽集团等主机厂家提供配套服务。



芜湖创联新材料科技有限公司

芜湖创联新材料科技有限公司成立于2020年4月2日，是一家集高性能低成本复合材料、芳纶纸蜂窝芯材等新材料产品设计、研发、生产、销售、服务于一体的高新技术企业。公司以军、民用航空复合材料零部件研制、修理及芳纶纸蜂窝芯材研制业务为核心，拓展3D打印复合材料技术研发、复合材料回收再利用的研究方向，同时提供优质复合材料技术咨询，努力打造产学研三位一体的研制基地和创新平台。

公司园区占地面积80000m²，建筑面积达96000m²，设有研发中心、复合材料研制中心、芳纶纸蜂窝芯材研制中心和新材料重点实验室，公司现已形成以安徽省技术领军人才为首，中高级工程技术人员为骨干的研发团队，研究领域覆盖复合材料产品与原材料设计、研发、制造、检测与验证。

公司贯彻以人为本、创新驱动的发展原则，致力于国防军工、航空航天、轨道交通、风电、生物医药等领域复合材料的研发与制造，秉承诚信、创新、顾客至上的理念，全面提升核心竞争力，努力打造国际一流的科研与技术平台。



常州启赋安泰复合材料科技有限公司

常州启赋安泰复合材料科技有限公司(简称:安泰复材,英文名称缩写:ATCC),成立于2017年,发起股东包括安泰科技、国家先进制造业基金、中关村母基金、中国钢研大慧九鼎、常州市政府投资基金、常高新集团等,注册资本人民币十亿元。

公司于2018年5月全资收购了德国COTESA GmbH公司(空客波音复材供应商)和德国EC公司(欧美超豪车复材部件供应商)。现拥有三基地、两中心(德国Mittweida基地、德国Mochau基地、常州工厂(I、II期)、德累斯顿研发中心以及中德联合工程技术中心)。公司核心业务是航空级碳纤维复合材料结构件,业务覆盖航空航天、轨道交通、新能源汽车等领域。

作为一家国际化的跨国企业,安泰复材始终坚持引进、消化、吸收再提升的集成创新战略路线,秉持“德国血统+中国智造”的初心,整合国际供应链整体资源,以德国先进技术服务国家重大工程和重点项目,并不断深耕国内增量市场机会,致力于成为突破碳纤维复材部件关键核心技术、市场认可度高的碳纤维复材科技跨国创新企业。



青岛瑞高新材料有限公司

青岛瑞高新材料有限公司致力于国内外高性能复合材料产品、工艺技术的开发应用。公司注重产品品质和技术创新，为轨道交通、新能源汽车、航空航天等领域量身打造高品质的产品及技术解决方案！

主营业务：原材料供应，模具、工装、检具设计及开发，复材成型工艺技术支持。

原材料：

真空泵系统环氧树脂、碳纤维布、玻璃纤维、碳纤维预浸料、玻璃纤维预浸料、

结构芯材（PVC/PET/芳纶纸蜂窝/PMI）、真空辅料、耐高温真空辅料、模具维护产品、碳纤维基材表面处理剂



深圳市零壹创新科技有限公司

深圳市零壹创新科技有限公司是一家极具创新力，高端电子消费品牌公司，PITAKA是深圳市零壹创新科技有限公司孵化的第一个品牌。PITAKA致力于通过将高科技复合材料（芳纶纤维、碳纤维等）与创新技术相结合，利用设计美学，持续打造创新和实用的产品。在挑战全新审美可能性的同时，为用户构建一种便捷、极简、独特的生活方式。PITAKA现已成为芳纶纤维硬件产品领域NO1，品牌创立至今获得国内外客户的良好口碑。通过这些极具创新性和实用性的设计，PITAKA在海外吸引了批粉丝多达百万，包括很多行业意见领袖、明星都成了其忠实客户。公司旗下产品热销全球各地，销售覆盖全球108个国家及地区。已入驻部分苹果官方店，且拥有全球范围线下代理商（顺电，北京80家APR店铺）；芳纶手机壳品类蝉联NO.1，并为中东皇室成员以及高尔夫球VIP，银行VIP成员提供高端的定制服务。



中车工业研究院有限公司

中车工业研究院有限公司是中国中车的直属特设机构和战略支撑单位。立足轨道交通行业及新产业发展，中车研究院是中国中车经济研究、技术研究、产业发展的平台，以重构未来中车技术创新体系和经济研究体系。通过创新资源的“全球化配置、集约化运行、协同化发展”，实现中车自主创新能力极大提升，科技成果产业化迅速增长，市场竞争力显著增强，形成“科技支撑产业，产业反哺科技”的良性发展格局，支撑中车健康、持续发展。中车研究院负责组织推动基础性、前瞻性、共性技术研究及科技成果商品化、产业化等工作，技术研究领域包括新材料、新能源、智能制造、人工智能及产品平台等。



精益求精 守正出新

江苏奥琳斯邦复合材料有限公司

江苏奥琳斯邦成立于2004年，致力于新能源与新材料领域，是一家集研发、设计、生产、销售、服务于一体的环保型企业。奥琳斯邦始终注重核心产品的研发创新，历年来被评为国家高新技术企业、民营科技型企业等，拥有能源工程技术研发中心，压力容器制造许可证，美国ASME、NB认证，加拿大CRN认证，欧盟CE认证等，取得中国船级社ISO9001质量管理体系认证，150余项中华人民共和国授权专利。公司主营产品为蒸压釜、玻璃釜、热压罐（碳纤维釜）及碳纤维复合材料制品，远销海内外80多个国家，广泛应用于绿色装配式建材、碳纤维成型工艺、玻璃深加工、航天航空、轨道交通等高精尖行业。

奥琳斯邦研发生产的热压罐，是复合材料（碳纤维/树脂芳纶/树脂等）结构件高温固化成型的关键设备，公司拥有完整成熟的技术、先进可靠的设备，专业的人才梯队以及严格有序的管理，目前已为国内外百余个行业标杆企业定制专用规格热压罐以及碳纤维制品。

奥琳斯邦坚信“为客户创造价值，为员工创造机会”的企业使命，坚持“诚信务实，开拓进取”的质量方针，在新能源新材料领域深耕细作、持续发力，通过差异化竞争、自动化升级、智能化应用、数字化战略等一系列举措，加速企业转型升级，增强核心竞争力，竭诚为新老客户提供更为优质的产品与服务，成为一家能持续发展并回馈社会的百年企业。

主营产品：碳纤维制品 carbon fiber products, 热压罐 Composite Autoclave, 玻璃釜 Glass Autoclave

商标 LOGO：奥琳斯邦 OLYMSPAN



威格斯公司

威格斯公司是一家创新型世界领先的高性能聚合物解决方案提供商，致力于汽车、航空航天、能源、电子和医疗等战略性市场。每天，有数以百万计的人们在使用含有我们聚合物的产品或应用，所涉及的范围包括智能手机、飞机、汽车、油气行业运营和医疗器械等。凭借超过40年的经验，我们在PEEK和PAEK聚合物、半成品和成品零部件方面开发出世界领先的解决方案。在航空领域，VICTREX PEEK在商业飞机上的应用已经超过25年了。我们知道，最好的解决方案来自与我们与客户一起合作来定义未来的航空航天性能。我们与众多大企业合作，提供用于取代金属、热固性塑料和其他塑料材料的聚合物解决方案，截至目前为止，已有超过15,000架飞机采用了PEEK聚合物材料。立足于我们的尖端聚合物解决方案和专业技术经验，让我们精诚合作突破壁垒，共同创造更美好的明天。了解更多详情，请访问 www.victrex.com。



广东瑞洲科技有限公司

广东瑞洲科技有限公司成立于2004年，是国家火炬计划重点高新技术企业。专业从事计算机辅助设计CAD系统、辅助制造CAM设备的研发及生产和销售，产品主要应用于复合材料、服装、箱包手袋、航空座椅、灯具的设计，皮革、纺织、纸质、低厚度塑胶制品行业、制鞋等柔性材料切割等行业和领域。致力为传统制造业提供信息化、自动化的设计与生产解决方案，实现信息化与工业化的两化融合，最终实现从“中国制造”到“中国智造”的互联网+产业转型升级。

电话：0757-86778345

网址：<http://www.ruizhou.com.cn>

地址：佛山市南海区桂城街道深海路17号瀚天科技城



广东博汇新材料科技股份有限公司

广东博汇新材料科技股份有限公司成立于2006年，公司在高性能环氧树脂改性配方设计及使用加工工艺方面具有丰富的实践经验。能提供与欧洲市场同步的环氧树脂系列产品。我们致力于高性能环氧树脂和固化剂改性的配方设计研发和生产，为环氧树脂在复合材料、风电叶片、航空航天、轨道交通、船舶、轻量化汽车、体育器材等应用领域提供专业解决方案。

企业现状：

→ 欧洲技术背景，强大技术支持

→ 是一家同时参与国防，军工，风电，高铁等国家高精尖项目的企业

→ 国家级高新技术企业，多项发明专利

→ 发展迅速，每年销售额增长幅度在30%左右，人均产值800多万

公司生产车间拥有环氧树脂生产自动控制配料系统，整个生产过程从进料、称重计量、反应、输送、包装全电脑控制，确保产品质量的稳定性。生产车间共30余条生产线，年产各类树脂8万余吨，在同行业中位居前列。

公司的研发中心有一千多平方米，根据不同的实验功能设定二十余间实验室，引进美国、德国、日本及国内各类先进检测设备及测试验证试验设备，在环氧树脂的耐高温、高导热、高韧性、矿物填料添加、阻燃改性等领域具有独到的经验和技能，开发出了具有业内领先水平的碳纤维叶片灌注树脂，TG高达200度且韧性优良，阻燃达到航空标准且适于灌注工艺的环氧体系。拥有“广东省环氧树脂复合材料工程技术研究中心”资质称号，同时公司还获得“广东省守合同重信用企业”、“广东省高成长企业”、“肇庆市创新百强企业”等荣誉资质。



北京兴信易成机电工程有限公司

北京兴信易成机电工程有限公司致力于为客户提供个性化涂装和流体处理设备解决方案，是一家集开发、设计、制造、配套、安装、调试为一体的系统工程公司。企业在不断吸收国内外设备技术的基础上，强化系统工程设计经验的积累，整合自身优势资源，为客户提供完整的流体输送及控制设备和涂装解决方案。公司服务于汽车业、汽车零部件、工程机械、能源、木材与金属处理、重防腐、印刷、食品饮料化妆品、家具、3C、建材、航天航空等不同领域客户的个性化需求。

公司秉承“为国内外客户提供更环保、更节能、更适用的高品质系统应用”的社会使命，以诚信、和谐、创新、发展为宗旨，努力打造民族品牌，以优质的产品 & 系统解决方案与专业的技术服务，赢得众多对产品质量有较高要求的用户认可。



IMA

IMA 是一家全球领先的测试服务供应商，总部位于德国东部的第二大城市德累斯顿。公司历史可追溯至上世纪30年代，从飞机制造到材料轻量化应用技术研究，直到1993年成为独立的第三方检测实验室。IMA 承担了德国第一架喷气式客机，以及空客A380的全尺寸静态及动态测试。2017年，IMA上海正式成立，目前上海实验室可以提供复合材料静态及疲劳测试服务，并拥有 IMA 专利设计，ZwickRoell 制造的 HCCF 液压夹具，可提供大力值压缩测试。

IMA 下设多个行业级专业实验室，如复合材料，医疗，金属，建筑，管道等；其中复材测试领域覆盖了航空航天，风能，轨交与汽车行业需要。为各行业的结构轻量化方向提供材料级测试，关键结构元素测试，部件级测试至整机测试。

IMA 拥有专业的复合材料力学性能及理化性能测试能力及团队，致力于为客户解决复合材料专业领域所涉及的各种研发类及认证类测试需求。

实验室资质：DIN EN ISO/IEC 17025, DIN EN ISO/IEC 17020, DNVGL, NADCAP 以及空客、罗尔斯-罗伊斯、沃尔沃等企业级认证资质。

IMA 为客户提供一站式测试服务，从测试标准解读，样品制备，力学测试至测试结果分析答疑。通过对各环节细节把控，为客户提供真实的测试数据和精准的测试报告解读，同时满足客户定制化测试方案等需求。

IMA 提供的复材测试内容包括热性能测试，静态及动态测试（含高低温），许用值测试，蠕变测试等。

如果您有任何测试需求，欢迎随时和我们联系，IMA 团队期待与您的合作！

新树脂材料直接 3D 打印隐形牙套，齿科迎来重大变化：2020 年 12 月 7 日，有一家公司开发出了永久牙假体材料和透明矫治器材料，可以用于 3D 打印，而且这两种材料都能满足性能要求。这家公司就是韩国的 Graphy 公司（CEO: Sim Un-seob）。Graphy 公司是一家 3D 打印用光聚合物树脂的制造商，它开发了 "S Plastic" 以及牙科 3D 打印材料品牌 "Tera Harz"。据悉，Tera Harz TC-85 是一款生物相容的光敏聚合物材料，已经获得 CE, FDA 和 KFDA 医疗设备认证。有两种颜色可供选择：透明和白色。TC-85DAC（透明）作为正畸治疗仪是完全透明且耐用的。TC-85DAW（白色）强调耐用性和美观性。



俄罗斯科学家研发新型材料 可有效促进人体组织再生：来自俄罗斯托木斯克工业大学的科研人员，利用化学重氮处理压电聚羟基丁酸酯支架表面以促进成骨细胞生长的技术，开发出一种可有效再生骨骼、皮肤和神经组织的新型材料。

长三乙改五火箭圆满首飞！成功发射高分十四号卫星：12 月 6 日 11 时 58 分，长征三号乙运载火箭在西昌卫星发射中心点火升空，随后将高分十四号卫星送入预定轨道，发射取得圆满成功。



航天科技集团六院为此次发射用运载火箭提供助推、一级、二级、三

级发动机及姿控动力系统。这是长征三号乙改进五型运载火箭首次发射，也是长征三号甲系列运载火箭首次发射太阳同步轨道卫星。此次发射的长三乙改进型火箭，在长三甲系列火箭统一构型总体设计构架下，相对于长三乙 / 远征一号火箭采用 4.2 米同直径加长版整流罩，该状态火箭全长约 58 米，全箭起飞质量约 456 吨。

回收航空级碳纤维制成的运动长椅应用于水上运动中心：美国复合材料回收技术中心（CRTC）于 11 月 19 日宣布推出 Trident Bench，该公司声称这是世界上第一个由回收航空级碳纤维制成的运动长椅。

该长椅是由华盛顿州安吉利斯港的海岸水上运动中心（SAC）进行的一项 2000 万美元改建项目的一部分，SAC 购买了 400 延长英尺（约 122 延长米）的 Trident Bench 长椅产品，用于水上运动中心设施的泳池区和更衣室。



碳纤维风帆鳍采用生物树脂环氧树脂制成：Sonntag 鳍是为每位帆板激流回旋选手，赛车手或速滑手下订单量身定制的，特别根据骑手的身材，骑行风格以及骑手的要求和感觉而量身定制。最新的碳纤维鳍片具有亮绿色的光洁度，采用生物基树脂环氧树脂制成。

Sonntag 已经合作开发了鳍片，并在环氧树脂方面取得了巨大成功，但希望为新型碳纤维鳍片寻找一种更具可持续性的环氧树脂体系。



贝特瑞旗下深瑞墨烯 40 万平方米石墨烯导热膜项目正式投产：12 月 5 日上午，贝特瑞集团旗下深瑞墨烯 40 万平方米石墨烯导热膜项目在福建永安市石墨和石墨烯产业园正式投产。三明市政协副主席、永安市委书记蒋先东，市长温欣传，永安市政协副主席林海，贝特瑞集团执行总经理黄友元，深瑞墨烯公司执行总经理林锦盛等出席投产仪式。



东方汽轮机承担的国家科技重大专项课题顺利通过验收：11 月 25 日，东方汽轮机承担的国家科技重大专项——“高档数控机床及基础制造装备”子课题“超重型核电转子专用数控轴向轮槽铣”项目顺利通过专家组验收。由国家工信部产业发展促进中心牵头，来自四川省经信厅、自贡市经信局、四川长征机床集团有限公司、武汉华中数控股份有限公司和西南科技大学等单位的 12 名专家，通过听取汇报、资料审核、现场考察等方式对整个项目进行了全面评估，一致认为：项目关键技术指标全部完成，经费使用合理合规，同意项目通过验收。



中国核聚变发展重大突破！新一代“人造太阳”装置首次放电：中国核聚变发展取得重大突破！从中核集团获悉，2020 年 12 月 4 日 14 时 02 分，新一代“人造太阳”装置——中国环流器二号 M 装置（HL-2M）在成都建成并实现首次放电，标志着中国自主掌握了大型先进托卡马克装置的设计、建造、运行技术，为我国核聚变堆的自主设计与建造打下坚实基础。

中国环流器二号 M 装置是我国目前规模最大、参数最高的先进托卡马克装置，是我国新一代先进磁约束核聚变实验研究装置，采用更先进的结构与控制方式，等离子体体积达到国内现有装置 2 倍以上，等离子体电流能力提高到 2.5 兆安培以上，等离子体离子温度可达到 1.5 亿度，能实现高密度、高比压、高自举电流运行，是实现我国核聚变能开发事业跨越式发展的重要依托装置，也是我国消化吸收 ITER 技术不可或缺的重要平台。



好事成双：普惠在华新增第二座 GTF™ 发动机 MRO 中心：今天，GTF 发动机客户再度迎来好消息！普惠公司已与珠海摩天宇航空发动机维修有限公司（珠海摩天宇）举行线上云签约仪式，宣布珠海摩天宇加入全球普惠 GTF 发动机维护供应商网络。这是继今年 9 月北京飞机维修工程有限公司（Ameco）签约加入普惠 GTF 发动机维护供应商网络后，普惠公司在华新增的第二座 GTF 发动机维护、维修与大修（MRO）中心。未来，国内外的 GTF 发动机客户将可在北京与珠海两个战略性地点更为便捷地获得世界级的 GTF 发动机维护。



罗尔斯 - 罗伊斯推出 VR 软件，帮助工程师维修航空发动机：近日，英国航空发动机制造商 Rolls-Royce（罗尔斯 - 罗伊斯）发布视频，详细演示了利用 VR 软件来培训维修人员，模拟航空发动机维修。这款涡轮螺旋桨发动机型号为 AE2100，用于美军 C-130 超级大力神运输机。根据视频，此款 VR 软件能够清晰地对每一个发动机零件进行透视查看，利用 VR 控制手柄进行拆解。使用者可以用控制手柄在三维空间中进行绘制，添加注释。

大疆又创一纪录、彩虹-5 换装新型发动机航程达 1 万公里：最近，我国在无人机上又取得了重大突破。根据相应报道显示，我国彩虹-5 最新改进型号实现战备巡航时间从原先 60 小时提升到了 120 小时！随着续航时间的提升，彩虹-5 的最远航程也延伸到了 10000 公里左右，彩虹-5 性能一夜之间提升如此之多，其实多亏了我国科研人员为其装备了重油发动机。比起原先的传统发动机，重油发动机可以精确利用每一滴燃料，雾化后的燃料可以与空气充分燃烧，其提供的能量自然是要远远超过之前的传统发动机。同时，采用这一设计后，彩虹-5 改进型号的载弹量也提升到了 1400 千克左右。



普惠在华新增第二座 GTF™ 发动机维护、维修与大修设施：普惠公司 12 月 3 日宣布将拓展其全球普惠 GTF™ 发动机维护供应商网络以新增珠海摩天宇航空发动机维修有限公司（珠海摩天宇）。珠海摩天宇是德国 MTU 航空发动机公司与中国南方航空股份有限公司组建的合资企业，将为空客 A320neo 系列飞机使用的 PW1100G-JM 发动机提供维护服务。珠海摩天宇将成为 MTU 公司在 GTF 维护、维修与大修（MRO）网络中的第三座具有全面拆分、组装与测试能力的发动机维护设施。

普惠公司商用售后市场副总裁大卫·埃默林（Dave Emmerling）表示：“我们与我们来自国际航空发动机公司的同事为不断引入能力拓展我们世界级的全球 MRO 网络，从而服务我们持续增长的 GTF 机队而激动。随着珠海摩天宇的加入，我们迎来一位极富经验的维护供应商，将为我们本地区的客户提供卓越的服务与支



凯飞民用航空结构件生产制造合

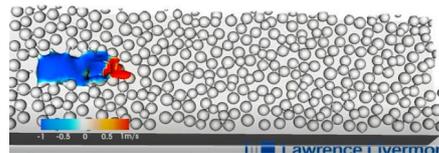
资项目靖江签约奠基：11 月 25 日上午，总投资 52 亿元的凯飞民用航空结构件生产制造合资项目在靖江经济技术开发区举行签约奠基仪式，标志着靖江与中国商飞、吉凯恩航空、中航国际的合作结出阶段性硕果，开启携手打造航空零部件制造基地的崭新篇章。

中国商用飞机有限责任公司董事长、党委书记贺东风，江苏省政府副省长马秋林，泰州市领导史立军等，靖江市领导张长平等出席活动。中国商飞、上飞公司、中航国际、中航国际供应链、吉凯恩航空公司的有关嘉宾以及英国驻华领馆官员应邀出席活动。



清华大学于顶刊《科学》发表金属 3D 打印中匙孔气泡缺陷的起源：

11 月 27 日，清华大学机械工程系助理教授赵沧与卡内基梅隆大学和弗吉尼亚大学的学者合作发布了关于金属激光 3D 打印的最新成果。该项研究起于宏观工艺，立于微观细节。宏观层面上，在激光功率 - 扫描速率空间中，匙孔气泡缺陷区域的边界清晰而平滑，且受金属粉末加入的影响甚微。在微观层面上，这些气泡缺陷的形成与匙孔根部的临界失稳有关；后者可以在熔池中释放出声波（冲击波），进而驱动气泡快速远离匙孔、并被凝固前端捕捉。



国内自主研发的 EINSENSE Q 3D 数字化检测软件面世了：天远三维子公司杭州宏深科技有限公司发布了自主研发的 EINSENSE Q 3D 数字化检测软件，这是国内为数不多的自主研发检测软件，现在让我们一起了解其应用及优势。

EINSENSE Q 3D 数字化检测软件是宏深自主研发的一款专业高精度检测软件，与三维扫描仪配合高效完成工件的检测。2020 年 11 月，EINSENSE Q 3D 数字化检测软件获得了德国物理研究院（PTB）精度认证，为软件的精度建立权威背书。

研究人员开发独特的聚合物纤维重量轻且弹性强：近日，在德国哈雷-维滕贝格大学 (MLU) 研究人员的帮助下，来自拜罗伊特、南昌和苏黎世的专家成功开发出全新的聚合物纤维，其独特之处在于弹性极强，同时非常轻巧，有望被应用于汽车等行业。

MLU 物理研究所微观结构材料设计研究小组利用设备进行高分辨率三维 X 射线计算机断层扫描，以描述纤维特征。在这项技术的基础上，科学家们能够为小样本创建高度细节化的 3D 图像，并在进行纤维建模时首次发现，每根纤维内的纤丝几乎均沿同一纵向排列。研究人员表示：“只有在以一定量的多叠氮化物作为相互连接的分子的情况下，通过拉伸和回火实现高度纤维化取向，才能让轻质材料具有高强度和韧性并高结晶度。”



NREL 将热塑性复合材料风电叶片推向可回收性：近美国能源部国家可再生能源实验室 (NREL) 的研究人员展示了一种用于建造风力涡轮机叶片的新材料，该材料可以回收再利用，最终可以改变风能产业。NREL 研究人员与宾夕法尼亚州的阿科玛公司合作，证明了热塑性树脂的可行性，并在 NREL 生产的热塑性复合材料叶片上验证了其结构完整性。

目前，叶片是使用热固性树脂制造的，这需要在制造工厂中消耗更多的能源和人力，并且最终产品通常最终被填埋。改用热塑性树脂将使风力涡轮机叶片更易于回收，并且还可以使叶片更长，重量更轻且成本更低。



改装版奥迪 Q8 内外部大量采用碳纤维复合材料：曼苏里 (MANSORY) 在今年年初成功改装了奥迪 RS6 小型客车，并配上了野性的车身套件，引起了不小轰动。这次曼苏里再次通

过使用碳纤维成功改装了奥迪 RS Q8 豪华 SUV，RS Q8 基于 RS6 的风格打造，碳纤维大量使用使其风格愈加激进且外观更具侵略性。MANSORY 通过使用碳纤维对车身部件进行改进，从而改善了车辆的空气动力学性能和下压力。经过改进设计后，RS Q8 的前裙板和侧裙板均采用了碳纤维，而车辆的后裙板则采用可见碳纤维制成。SUV 的外观为黑色，并带有红色条纹和点缀，增添了运动感。



国内首台 F 级 50MW 重型燃气轮机顺利实现满负荷稳定运行，100% 纯国产：11 月 27 日，东方电气集团自主研发的国内首台 F 级 50MW 重型燃气轮机顺利实现满负荷稳定运行。标志着我国突破了关键技术，具备自主生产和替代进口的能力。



珠海摩天宇三期扩建竣工暨第 3000 台发动机出厂：11 月 26 日，珠海保税区摩天宇航空发动机维修有限公司双喜临门：三期厂房扩建工程顺利竣工，产能提高 50%，年维修发动机能力增至 450 台；公司成立以来完成大修的第 3000 台发动机，顺利出厂交付客户。



我省自主研发重油航空发动机成功首飞：11 月 27 日，安徽航瑞航空动力装备有限公司 DB416 型重油航空

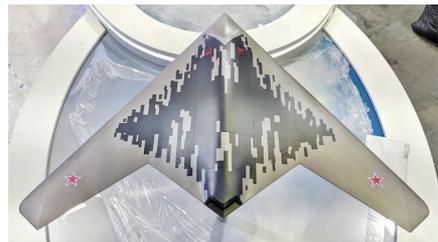
发动机搭载中国航空工业直升机所 AR-500B 舰载型直升机在潘阳基地成功首飞，实现了国内首款重油舰载无人机的产品化开发，填补了国内无人直升机舰载领域的空白。芜湖市政协副主席方国华参加首飞仪式。



中国高超音速发动机“突破美国研究遇到的瓶颈”：2020 年 12 月 5 日，中国科学院的研究团队在北京完成了风洞试验，新型发动机在风洞中模拟 9 倍音速的飞行速度，使发动机的推力，燃油效率和稳定性都得到了验证。



俄专家披露猎人隐身无人机作战模式：俄罗斯卫星通讯社 12 月 2 日报道称，俄军已经开始 S-70 “猎人”无人战机的飞行试验。俄军事专家维克托·穆拉霍夫斯基对此表示，“猎人”无人机对敌机发射航空导弹的决定将由苏-57 长机飞行员下达。



聚焦聚力项目建设 山东省碳纤维创新产业基地：11 月 27 日，下半年德州市高质量发展现场观摩团在齐河现场查看了山东省碳纤维创新产业基地、齐河动物标本博物馆、山东中品智能生产线制造项目、闽商食品产业园等项目。在山东省碳纤维创新产业基地——热塑性碳纤维预浸织物产业项目现场，目前，项目部分车间主体已经完工，预计 2021 年年底项

目全部建成。



宝马批量 3D 打印零件，实现产品开发与制造的系统化集成：根据来自德国慕尼黑宝马集团 2020 年 12 月 3 日的最新消息，宝马集团正朝着工业 3D 打印流程的系统集成迈出下一步。正如 3D 科学谷在《打造汽车 3D 打印产线，宝马牵头的 IDAM 计划发展情况如何？》一文中所提到的，宝马发起的 IDAM 旨在为增材制造业进入汽车应用的产业化批量生产铺平道路，并为德国在下一轮工业革命中的制造强国地位奠定重要基石。随着项目实施的开花结果，目前宝马已经获得了阶段性的成功。这主要包括将 3D 打印 - 增材制造技术用于车辆的开发和生产方面。宝马集团希望充分利用 3D 打印技术的优势 - 例如组件的快速可用性、实现创新设计和制造中的灵活性。

根据宝马集团生产整合和中试工厂负责人 Daniel Schäfer，增材制造有助于宝马集团加快产品开发周期，从而使车辆开发更快地达到系列成熟度。借助 3D 打印，组件的生产时间也更短，同时可以满足高质量的要求。



LG 新能源正式成立，开启未来之路：12 月 1 日，LG 新能源 (LG Energy Solution) 正式成立，原 LG 化学电池事业本部总裁金钟现出任公司 CEO。新公司的中文名称为“LG 新能源”，旨在“提供多元化能源解决方案，开创更美好的未来。”

CEO 金钟现在成立致辞中表示，LG 新能源以不屈不挠的挑战精神，在逆境中前行，披荆斩棘，在行业中率先奠定了实现结构性盈利的基础。今后，为了实现更大的梦想，我们成功完成了分拆，并开启了一段伟大的旅程。LG 新能源将以卓越的技术和品质，为客户提供超越期待的价值，致力于实现人类更美好的生活，打造引领环保的企业。最重要的是，我们

的成员将和公司一起成长，为公司感到自豪，同时带给大家最高的价值，这就是 LG 新能源的未来之路。



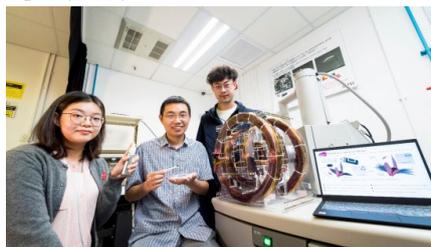
中复神鹰碳纤维股份有限公司创立大会圆满召开：2020 年 11 月 24 日，“长五”飞天，“嫦五”奔月，开启了我国首次地外天体采样返回之旅。值此之际，中复神鹰也迎来了属于他的重大时刻，中复神鹰碳纤维股份有限公司创立大会暨第一次董事会、监事会在江苏连云港召开。股份公司全体发起人，拟任董事、监事候选人，高级管理人员候选人以及中介机构人员列席参会。会议由中复神鹰董事长张国良主持。在与会人员的共同见证下，会议选举产生了第一届董事会、第一届监事会以及高级管理人员。

中复神鹰碳纤维股份有限公司创立大会的成功召开，是中复神鹰历史上又一里程碑事件。中复神鹰从 2019 年 8 月开始筹备股改工作，如今已顺利完成股改。未来，中复神鹰将进一步完善治理结构，规范公司经营活动，为公司上市做好积极准备，借助资本市场的力量实现企业跨越式发展，开启新的征程。



新型电磁喷雾可将任何物体变成机器人，有望在生物学领域应用：近日，香港城市大学生物医学工程系 (BME) 副教授申亚京博士与中国科学院深圳先进技术研究院 (SIAT) 合作，成功开发出了一种制造毫米级 (Millirobots) 机器人的方法。

该方法只需要在毫米机器人表面喷涂磁性喷雾剂，在磁场驱动下，被涂物体就能在不同的表面上爬行、行走或者滚动。



新起点！AC312E 开始在天津总装生产：近日，航空工业 AC312E 直升机天津生产开工仪式在航空工业天津举行，标志着 AC312E 直升机开始在天津总装生产。这是航空工业响应国家京津冀协同发展战略布局、落实与天津市战略合作协议的重要部署，也是充分利用天津滨海新区区位优势振兴民用直升机产业、促进企业高质量发展的关键举措。

天津市工信局、天津港保税区、航空工业哈飞、航空工业天直、航空工业直升机所、航空工业津电、航空工业服务保障、天津滨江等单位领导出席开工仪式，航空工业哈飞、航空工业天直员工代表参加仪式。



开发碳纤维飞机门边梁 Fraunhofer ICT 携手 HRC 共同推动 HP-RTM 在航空领域的应用：日前，由 Fraunhofer ICT 和 HRC 共同发起，ACTC (先进复合材料技术中心) 主导，SGL Carbon、Alplex Technologies, Huntsman, Krauss Maffei 及 Hufschmied 等复合材料成型供应链条上多家国际优秀企业联合参与开发的碳纤维飞机门边梁预研项目的产品试制及工艺验证已在 Fraunhofer ICT 位于德国 Pfingztal 的总部完成。该项目旨在验证及探索高压树脂传递模塑成型 (HP-RTM) 技术在航空结构件上的应用场景及前景，以应对日益激烈的市场竞争。

该项目具体由 Fraunhofer ICT 及 HRC 的战略合作成果，国内首个以复合材料量产成型技术为主要研究方向的开放式研发平台 - ACTC (先进复合材料技术中心) 主导，从材料选型、工艺优化、模具功能优化以及高度自动化的设备创新设计集成入手，整个成型周期较传统制造工艺缩短 70%，展示了多家企业组成的联合体杰出的量产工艺开发以及制造难点解决能力。



民机复材机翼翼盒结构适航符合性验证方法研究

蓝元沛^{1,2}, 王栋^{1,2}, 刘传军^{1,2}, 李东升² | 1、中国商飞上海飞机制造有限公司, 复合材料中心, 上海, 200123; 2、中国商飞北京民用飞机技术研究中心, 民用飞机结构与复合材料北京市重点实验室, 北京, 102211

摘要: 本文针对复合材料机翼结构的特点, 通过分析美国 FAA 发布的 AC 20-107B 咨询通告, 提出民机复合材料机翼结构强度适航符合性验证需要解决的难点, 包括许用值与设计值、静强度、疲劳与损伤容限、环境影响、热应力、气动弹性、防火和闪电直接效应等 8 个专题, 并列出了相应的适航条款和专用条件。依据 AC 20-107B 及其它相关咨询通告、研究报告, 给出上述 8 个专题的适航符合性验证思路和方法, 确定相应的“积木式”试验验证规划, 并完成主要试验验证。确定的复合材料机翼结构适航符合性验证方法和试验规划可以指导民机复合材料机翼结构适航符合性验证工作。

关键字: 复合材料结构; 机翼结构; 适航符合性; 湿热环境; 热应力; 防火; 闪电直接效应

适航规章是民机安全性的最低要求, 适航规章的制定是为了确保飞机每百万飞行小时不发生一次严重事故, 避免飞机空难会造成及其巨大的人员伤亡和财产损失。民机结构适航需要考虑诸如突风、操纵系统引起的结构强迫振动、地面载荷等异常事件的静强度, 为了实现长寿命、抗腐蚀的耐久性, 以及在紧急着陆、水上迫降、急速失压、颤振和意外危险(如失火、雷击、鸟撞等)情况下的结构安全性等^[1]诸多方面。

复合材料高比强、高比刚、可设计、抗疲劳和耐腐蚀的性能特点恰能满足民机的发展需求^[2]。但复合材料由于结构与材料同时成型而容易产生制造缺陷, 导致性能分散且影响因素复杂。此外, 复合材料具有环境(温度、湿度)敏感性, 因叠层结构的形式而对意外冲击损伤敏感, 因低导电性而带来闪电防护和电磁兼容问题, 因热膨胀系数与金属不同而产生热应力。这些都是制约复合材料在民机上应用的因素。

在民机复合材料结构验证方法方面, CMH-17 是一份得到美国联邦航空局 (FAA) 认可的权威文件。CMH-17 给出了“积木式”试验验证方法, 将复合材料结构验证分成试样件、元件、典型结构件、次部件和部件等 5 个层级。“积木式”试验验证方法已经成为民机复合材料结构验证中广泛使用的方法^[3]。

美国 FAA 于 1984 年颁布了咨询通告 AC20-107A。作为专门针对复合材料适航审定较为系统和全面的咨询通告, AC20-107A 主要包含环境要求(材料许用值、结构设计值、冲击损伤)、静强度要求(重复载荷、试验环境、工艺控制、材料分散性、冲击损伤)、疲劳和损伤容限要求等。但随着民机复合材料用量的不断扩大, 一些新的问题逐渐暴露出来。为此, 美国 FAA 对 AC 20-107A 进行修订, 于 2009 年颁布了 AC 20-107B^[4]。

目前, 已经投入市场运营的波音 787 和空客 A350XWB 复合材料用量已经突破 50%, 复合材料用量的不断提高给适航符合性验证带来了新的挑战。波音 787、空客 A350XWB 和俄罗斯 MS21、空客 A220 (加拿大

庞巴迪 C 系列), 均采用了复合材料机翼结构技术, 这表明复合材料机翼已经成为新一代民机的“标配”。本文针对复合材料机翼结构的特点, 总结民机复合材料机翼结构强度适航符合性验证需要解决的难点和相应的适航条款; 通过分析 FAA 发布的 AC 20-107B^[5] 和其它相关咨询通告, 参考国内外民机复合材料结构符合性验证工作, 按照 AP-21-AA-2011-03-R4^[6] 要求给出民机复合材料机翼结构适航符合性验证了的一种或多种符合性验证方法 (MC0-MC9), 以及相应的“积木式”试验验证规划。

1 复合材料机翼结构适航符合性验证专题

根据 AC 20-107B, 确定复合材料机翼结构适航符合性需要验证的专题包括: 许用值与设计值、静强度、疲劳与损伤容限、环境影响、热应力、气动弹性、防火和闪电直接效应等。上述 8 个专题相应的 CCAR-25-R4 适航条款^[7] 和专用条件^[8-9] 如下。

1.1 许用值与设计值

CCAR 25.603 “材料”和 CCAR 25.613 “材料的强度性能和材料的设计值”等。

1.2 静强度

CCAR25.305 “强度和变形”、CCAR25.307 “结构符合性的证明”、CCAR25.603 和 CCAR25.613 等。

1.3 疲劳与损伤容限

CCAR 25.571 “结构的损伤容限和疲劳评定”、CCAR 25.305 和 CCAR 25.307 等。

1.4 环境影响

CCAR 25.305、CCAR 25.571 (a)、CCAR 25.603 (c)

和 CCAR 25.613(c) 等。
CCAR25.629 “气动弹性稳定性要求”和 CCAR25.343(b)
(3) “设计燃油和滑油载重”等。

1.6 热应力

CCAR 25.305 和 CCAR 25.571 等。

1.7 防火

CCAR 25.867(a) “其他部件的防火”、FAA 专用条件 No.25-348-SC^[8] 和 No. 25-538-SC^[9] 等。

1.8 闪电直接效应

CCAR 25.581 “闪电防护”、CCAR 25.954 “燃油系统闪电防护”、CCAR 25.981(a)(3) “燃油箱点火源防护”和 CCAR 25.981(d) “燃油箱点火源防护”等。

2 复合材料机翼结构适航符合性验证方法

2.1 许用值与设计值

根据 AC20-107B: 许用值是在概率基础上由层压板或单层级试验数据确定的材料值; 设计值是为保证整个结构完整性具有高置信度, 由试验数据确定并被选用的材料、结构元件和结构细节的性能, 用于计算安全裕度。建立许用值, 需要以建立稳定、成熟的材料规范 (MC1) 和工艺规范 (MC1) 并得到局方批准为前提。在此基础上, 根据 DOT/FAA/AR-03/19 [10] 等文件提供的试验矩阵 (MC4) 和统计方法 (或者经局方批准的其它等效统计方法), 经过试验 (MC4) 数据处理得到材料许用值和设计许用值 (MC2)。

材料许用值确定需要完成的试验包括: 0 度拉伸 (经向)、90 度拉伸 (纬向)、0 度压缩 (经向) 和纵横 (面内) 剪切等; 设计许用值确定需要完成的试验包括: 典型铺层无缺口层合板、含缺口层压板、含冲击损伤层压板和连接强度等^[3, 10]。

设计值确定主要通过试验 (MC4) 或试验支持的分析方法 (MC2、MC4) 来验证, 需要考虑最严重的环境影响, 以及偏轴、沉头、孔径影响等系数, 并给出相应的环境补偿系数。重要的连接接头和细节部位设计值的确定还要采用细节节点设计^[3]。

2.2 静强度

根据 AC20-107B^[5], 复合材料机翼结构静强度符合性验证, 应考虑所有的临界载荷情况和相关的破坏模式, 并考虑以下因素影响:

(1) 重复载荷和环境暴露引起的材料性能衰退影响。可以用开孔和含冲击损伤试验件的疲劳试验 (MC4) 来确定复合材料结构的疲劳性能^[3]; 通过不同环境状态下材料许用值对比分析 (MC2), 得到环境补偿系数, 再通过典型结构件和典型盒段级试验静强度试验 (MC4) 来验证环境补偿系数^[11];

(2) 制造过程中的结构残余应力。采用试验支持的分析方法 (MC2) 确定复合材料结构制造过程中的残余应力;

(3) 材料和工艺变异性。在许用值确定时已考虑材料和工艺的变异性。其次, 还可以用重复的点设计试验和 / 或部件超载系数来覆盖材料和工艺的变异性;

(4) 制造验收技术条件允许的缺陷。通过复合材料机翼结构制造验收技术条件 (MC1) 规定最大允许的

制造缺陷和损伤, 确保静力试验件与生产构型保持一致的状态;

(5) 用典型结构件和典型盒段试验来验证局部应变和破坏模式的分析方法。

经过分析和试验验证表明湿热环境不会导致新的危险破坏模式的前提下, 最后可通过大气环境下考虑环境补偿系数的全尺寸盒段静强度试验 (MC4) 来进行结构验证。

2.3 疲劳与损伤容限

AC20-107B 和 AC 25.571-1D^[12] 分别给出了复合材料结构和金属结构推荐的符合性验证方法。

复合材料机翼的复合材料结构 (翼梁、壁板等), 适航符合性验证需要完成^[1, 5, 13]:

(1) 损伤危害性评估。根据复合材料结构的具体位置、结构特征及所采用的工艺方法, 通过统计及分析 (MC2) 确定复合材料结构的损伤源、损伤形式和损伤类型等; 通过试验 (MC4) 和分析 (MC2) 确定各部位的能量截止值, 对比各类损伤情况及损伤对强度的影响, 确定各种损伤的模拟及覆盖方法;

(2) “损伤无扩展”验证 (MC2、MC4)。目前主要有确定性方法和概率 / 半概率方法两类方法。由于确定性方法设置检测间隔时没有考虑损伤的严重程度或冲击威胁, 导致确定性方法比概率 / 半概率方法保守, 结构重量代价偏高 [3], 因而推荐概率 / 半概率方法;

(3) 典型结构件损伤容限分析 (MC2) 和试验 (MC4)。通过对复合材料结构的典型结构损伤特性分析和试验来验证含 BVID 损伤情况下能满足全寿命疲劳载荷要求, 并且其剩余强度能满足极限载荷要求; 含 VID 损伤的情况下能满足相应检查间隔要求, 并且其剩余强度能满足限制载荷要求; 在遭遇大 VID 损伤的情况下, 复合材料结构能满足限制载荷要求; 在遭遇离散源损伤或鸟撞的情况下复合材料结构满足剩余强度要求; 噪声载荷作用下的声响应分析、声疲劳寿命分析和试验验证^[14];

(4) 典型盒段和全尺寸盒段疲劳与损伤容限试验 (MC4)。通常全尺寸盒段疲劳 / 损伤容限试验验证复合材料机翼结构的疲劳 / 损伤容限性能。在此之前, 为了验证声疲劳强度并降低全尺寸盒段试验的风险, 通常还需要进行典型盒段试验验证^[15];

(5) 对于复合材料结构损伤后的修理, 应在设计原则中考虑可检性和可维修性 (MC1) 并通过分析进行验证 (MC2); 对于 AC 20-107B 定义的第 2-5 类损伤修理, 应通过典型结构件级极限载荷试验进行验证 (MC4), 并通过刚度评估 (MC2) 确定对复合材料机翼气动弹性的影响。

2.4 环境影响

CCAR 25.603、CCAR 25.613 条款主要针对材料本身需要考虑环境条件的影响, 包括材料规范、材料许用值应该包含预期考虑的环境条件影响要求。而 AC 20-107B 在复合材料结构静强度、疲劳与损伤容限验证中均提出复合材料需要考虑的湿热环境条件, 以满足 CCAR 25.305、CCAR 25.571 要求。其适航符合性验证方法^[3, 11]如下:

(1) 确定最严重环境状态

考虑因素包括^[16, 17]: 飞机运行温度包线, 发动机排气影响, 空调、防冰 / 除冰和燃油等系统影响, 太阳辐射及辐射视角, 结构之间的相互辐射, 地面辐射, 面漆颜色 (吸收率及发散率), 大气温度和大气对流, 以及滑跑、起飞和爬升时的冷却效应等 9 个方面。

文献^[11]给出了在没有实测数据的情况下结构的最

高使用温度和最低使用温度范围。

(2) 确定材料工作限制 (MOL, 或称最高使用温度限制) 推荐采用以下公式确定^[3]:

$$MOL = T_g - \Delta T \quad (1)$$

式中:

T_g ——参照 ASTM D 7028-07^[18] 进行测量;

ΔT ——对于环氧树脂基体复合材料通常取 28℃。

(3) 定义试样级试验件有效吸湿平衡状态

推荐采用 DOT/FAA/AR-03/19 [10] 第 3.2 节的方法, 即: 当伴随试件的平均吸湿量, 在跨距 7 ± 0.5 天内的其相继两个读数的变化小于 0.05% 时, 就达到有效的吸湿平衡^[3]。

总的来说, 环境影响的适航符合性验证, 首先通过试样件级、元件级试验 (MC4), 确定最严重环境对复合材料结构性能的影响; 通过典型结构件级和典型盒段级试验 (MC4) 确定最严重环境对复合材料结构性能和失效模式的影响, 并确定环境补偿系数, 最终通过全尺寸盒段试验 (MC4) 进行验证。

2.5 气动弹性

根据 AC 20-107B, 复合材料机翼要进行气动弹性评估, 包括颤振、操纵反效、发散以及结构受载与变形引起的稳定性和操纵性丧失。

根据 AC 25.629-1B^[19], 适航符合性验证需要完成:

(1) 结合复合材料机翼结构布局和特点, 确定复合材料机翼气动弹性设计原则 (MC1), 作为复合材料机翼气动弹性设计的指导文件, 并给出复合材料机翼气动弹性稳定性包线定义 (MC1);

(2) 通过分析 (MC2), 获得复合材料机翼结构在正常状态和各种损伤、故障或失效等状态下的颤振特性、气动伺服弹性特性和静气弹特性;

(3) 通过复合材料机翼低速颤振模型、高速颤振模型等风洞试验 (MC4), 表明复合材料机翼结构的颤振特性满足适航条款要求;

(4) 通过全机地面共振、全机地面结构模态耦合等飞机地面试验 (MC5), 获得复合材料机翼固有振动特性及伺服弹性稳定性特性, 依据试验结果对理论计算模型进行修正;

(5) 通过复合材料机翼颤振、气动伺服弹性等飞行试验 (MC6), 获得复合材料机翼在正常状态下的颤振特性和气动伺服弹性特性, 表明复合材料机翼对 CCAR 25.629 (a)、(b)、(e) 等条款的符合性;

(6) 通过分析 (MC2), 评估修理对复合材料机翼刚度的影响。

此外, 25.343 (b) (3) 的颤振要求可通过分析 (MC2) 和地面振动试验 (MC5) 方法, 来表明包括零油情况下气动弹性的符合性。

2.6 热应力

AC 20-107B 提出, 在考虑环境影响时, 应考虑相连接不同材料热膨胀系数的差别; 在进行损伤容限评估时, 应考虑重复载荷循环期间环境温度下复合材料与金属之间的残余应力。

热应力适航符合性验证方法如下^[16]:

(1) 确定材料热性能参数

通过试验 (MC4) 获得材料热膨胀系数, 重点是复

合材料, 需要考虑材料和铺层的影响。

(2) 确定结构整体和局部环境温度

以 2.4 节确定的最严重环境状态作为热应力分析的输入, 考虑系统对结构温度可能的影响、温度梯度影响等, 需要根据复合材料机翼设计特征具体分析 (MC2)。

(3) 热应力和热疲劳分析方法验证

建立热静强度分析方法, 并通过考虑环境条件的典型结构件级试验验证 (MC4), 典型混合结构包括翼根连接、壁板对接、翼梁对接和翼肋区连接等。

通过典型盒段试验 (MC4), 验证热疲劳载荷分析方法, 为全尺寸盒段疲劳与损伤试验载荷谱确定 (MC2) 提供输入。

(4) 全尺寸盒段热应力分析 (MC2)

在全尺寸盒段静力试验中仅考虑复合材料结构载荷和环境影响系数, 对其中的混合结构区域, 采用经过试验验证的分析方法表明叠加热应力后的符合性; 采用经过验证的热疲劳载荷分析方法, 确定全尺寸盒段试验的热疲劳载荷谱。

2.7 防火

由于传统铝合金优良的导热性可以使机翼下蒙皮在发生地面燃油火灾时保持结构的完整性, 从而延缓蒙皮坍塌或者被烧穿的时间, 且通常大于应急撤离所需要的时间, 而机翼和油箱结构主要由复合材料制造的飞机没有充分的服役经验和试验数据表明其在坠撞后发生火灾的情况下机翼和油箱结构的安全性水平^[20]。因此, AC 20-107B 提出, 复合材料机翼要考虑飞行中和坠撞后的防火安全要求, 且需要为运输类飞机复合材料机翼结构制定坠撞后防火的专用条件。

FAA 针对波音 787-8 和空客 A350-900 飞机制定的专用条件^[8-9]指出, 除 FAR 25 部现有的对于燃油箱、机翼和短舱的防火要求外, 必须证明在遭受坠撞后燃油池火的情况下, 复合材料机翼及油箱能提供可接受的乘员存活性。必须证明复合材料机翼结构和油箱能够经受外部燃油池火至少 5 分钟, 并考虑最小燃油载荷 (不比低于不可用油量)、最大燃油载荷以及可识别出的其他临界燃油载荷。应考虑油箱的可燃性、烧穿阻抗、结构剩余强度以及在经受所要求地面燃油池火期间被点燃的威胁。因此, 相应的适航符合性验证方法如下:

(1) 复合材料可燃性试验验证 (MC4)

通过 CCAR 25 部 [4] 附录 F 第 IV 和 V 部分规定的材料热释放速率和发烟特性试验 [21] 来验证材料的可燃性, 具体试验方法见文献 [22]。

(2) 烧穿阻抗试验验证 (MC4)

通过 CCAR 25 部附录 F 第 VII 部分规定的抗火焰烧穿试验来验证 CCAR 25.856 (b) “隔热/隔音材料”的抗烧穿性^[5], 可采用 AC 25.856-2A^[23] 推荐的试验设备和试验方法进行试验。

由于一般民机属于发动机翼吊布局, 为验证 CCAR 25.867 (a), 应就发动机短舱后面距短舱中心线一个短舱直径范围内的机体表面区域 (机翼下表面蒙皮、长桁等) 所用材料的防火性能和发动机尾喷管及延伸管所喷出的废气的最高温度进行说明 (MC1)。特别地, 复合材料机翼还应通过实际构型的下壁板抗烧穿试验来表明整体油箱直接受火表面的抗燃烧穿透性能的符合性, 试验装置和试验方法可按照 AC 20-135^[24]。

(3) 机翼油箱可燃性验证

复合材料机翼整体油箱需要采用惰化系统来限制油箱的可燃性,以满足CCAR 25.981“燃油箱燃烧防护”的需要。目前,FAA采用的3种试验方法^[25]包括:
1)环境箱油箱缩比试验(MC4)并考虑尺寸效应^[26];
2)机翼典型油箱风洞试验(MC4);
3)飞行试验(MC6)^[27]。

2.8 闪电直接效应

民用飞机闪电直接防护一般涉及全机机体结构、燃油系统和除燃油系统外其它系统外露设备等三方面的闪电直接防护。机翼兼做整体油箱,需要兼顾结构闪电直接防护和燃油箱闪电直接防护。

根据AC 20-107B,复合材料机翼结构主要验证被闪电击中后的结构完整性和不产生点火源。根据AC 20-107B推荐的SAE ARP5577[28],复合材料机翼结构闪电直接效应适航符合性验证方法如下:

- (1)依据SAE ARP 5414^[29],确定闪电分区(MC2);
- (2)依据SAE ARP 5412^[30],确定作用在飞机表面的经过综合处理过的电流组分波形和与先导附着阶段相应的代表电场效应的电压波形(MC2);
- (3)参考AC25.571-1 D^[12],确定闪电安全性分类(MC2),包括传导闪电电流的飞机结构、系统和部件,以及连接各结构的搭接线,形成被闪电直接效应导致灾难性故障的结构、系统和部件的详细清单;
- (4)根据闪电安全性分类中给出的飞机结构、系统和元件等清单,从飞机结构、系统和元件承受闪电直接附着、闪电电流传导和电磁力性能等方面,进行闪电危害性评估(MC2);
- (5)根据可接受准则进行闪电防护设计(MC1)。对于复合材料机翼,主要采用铜网、密封、表面处理、树脂防护、衬套螺栓、玻璃布等6类防护措施,完成复合材料机翼典型盒段、全尺寸盒段试验件的闪电防护设计;
- (6)分析失效模式对闪电防护特征的影响(MC2),考虑设计、制造、安装和维护等方面,定义失效模式,并说明没有失效模式能够同时使多层闪电防护措施失效,同时分析出严重的失效模式,并进行典型结构件级试验验证(MC4),验证复合材料机翼结构不产生点火源;
- (7)电磁参数测试(MC4),获取复合材料电导率张量、连接界面的阻抗、不同电流激励等级下所有参数的非线性,为电磁环境仿真提供输入;
- (8)针对简化盒段,开展高电平闪电试验(MC4),根据试验数据建立仿真分析方法,用于支持全尺寸盒段仿真;
- (9)针对全尺寸盒段,开展低电平试验(MC4)。依据试验结果,建立可靠的仿真分析模型,并计算高电平情况下,盒段各区域的电磁环境(MC2),包括电压和电流等;
- (10)结合闪电电流密度和闪电电流通过分析,进行试验室试验(MC4)符合性验证。

3 复合材料机翼结构“积木式”试验验证

按照AC 20-107B“积木式”验证试验思路,对本文第2部分分析得出的试验室试验(MC4)进行层级划分,得出复合材料机翼结构“积木式”验证试验规划如表1所示。

按照表1完成的主要试验包括:

- (1)试样件级:材料性能试验,材料许用值试验^[31],疲劳门槛值试验,冲击损伤威胁和能量门槛值试验等;
- (2)元件级:设计许用值试验,铺层递减试验,长桁剖面参数选型试验,紧固件连接拧紧力与预紧力关系及拧紧力限制试验^[32]等;
- (3)典型结构件级^[33-37]:典型复合材料结构试验,典型复合材料、金属连接结构试验,闪电防护试验,耐火试验等;
- (4)次部件级:低速、高速颤振模型风洞试验^[38],典型盒段静力与损伤容限试验^[39]等;
- (5)部件级:全尺寸盒段静力、疲劳与损伤容限试验^[40]。

4 结论

针对复合材料机翼结构的特点,通过分析美国FAA发布的咨询通告AC 20-107B及其它相关咨询通告和研究报告,提出民航复合材料机翼结构强度适航符合性验证需要开展验证的8个专题,包括许用值与设计值、静强度、疲劳与损伤容限、环境影响、热应力、气动弹性、防火和闪电直接效应等。

复合材料机翼结构适航符合性验证方法可以归纳为:试验(如:材料性能、许用值等)、试验支持的分析方法(结构验证)和分析支持的试验(如:闪电直接效应)等方法。

按照AC 20-107B“积木式”验证试验思路,给出复合材料机翼结构“积木式”试验验证规划,并照此开展主要试验验证。

参考文献

- [1] Jean ROUCHON. Certification Of Aircraft Composite Structures. Europe: EASA, 2006. (2007-05-10) [2018-03-05]. <http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Airbus-2007-Certification-of-Aircraft-Composite-Structure-English.pdf>.
- [2] 杜善义, 关志东. 我国大型客机先进复合材料技术应对策略思考[J]. 复合材料学报, 2008, 25(1): 1-10.
- [3] 沈真, 张晓晶. 复合材料飞机结构强度设计与验证概论[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.
- [4] 赵越让. 适航理念与原则[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2013.
- [5] Federal Aviation Administration. AC 20-107B Composite aircraft structure[S]. USA: FAA, 2009.

层级	试验项目	试验目的	数量 (件)
部件	复合材料机翼全尺寸盒段试验	验证考虑环境影响的复合材料结构静强度、疲劳与损伤容限性能	1
次部件	翼根、主起落架、吊挂等主要连接区试验	验证热应力分析方法	4-6
		验证环境影响因子	
		验证声疲劳性能	
		降低全尺寸盒段试验风险	
		验证闪电/静电防护、防火等性能	
		验证复合材料机翼结构颤振特性	
典型结构件	整体油箱试验	验证闪电/静电防护、防火等性能	300-500
		验证复合材料机翼结构颤振特性	
		验证典型结构闪电电弧引入、闪电电流传导等闪电防护功能	
		闪电防护试验	
		耐火试验	
		典型复合材料、金属连接结构 (如: 翼根对接、壁板连接、翼梁对接、翼肋连接等) 试验	
元件	离散源损伤剩余强度试验	验证结构遭受鸟撞、转子爆破、冰雹冲击和雷击等损伤之后的剩余强度	2000~5000
		验证典型复合材料结构环境影响因子	
		验证典型结构疲劳与损伤容限性能	
		验证机械连接、梁缘条R区等设计许用值 (考虑环境影响)	
		验证长桁剖面参数、紧固件连接拧紧力与预紧力关系及拧紧力限制等	
		验证铺层递减性能等	
试样件	冲击损伤威胁和能量门槛值试验	验证铺层递减性能等	10000
		验证冲击威胁和能量门槛值	
		验证面内“损伤无扩展”性能	
		验证材料许用值	
		验证疲劳门槛值试验	
		验证材料许用值试验	
材料性能试验	材料性能试验	验证复合材料热膨胀系数、热传导率、高温弹性模量、玻璃化转变温度、热释放速率、烟密度等性能	

表 1 复合材料机翼结构“积木式”试验验证规划

- [6] 中国民用航空局航空器适航审定司. AP-21-AA-2011-03-R4 航空器型号合格审定程序 [S]. 北京: 中国民用航空局航空器适航审定司, 2011.
- [7] 中国民用航空局. CCAR-25-R4 运输类飞机适航标准 [S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
- [8] Federal Aviation Administration. Docket No. NM366 Special Conditions No.25-348-SC Special Conditions: Boeing Model 787-8 Airplane; Composite Wing and Fuel Tank Structure--Fire Protection Requirements[S]. USA: Department of Transportation, 2007.
- [9] Federal Aviation Administration. Docket No. FAA-2013-0908 Special Conditions No. 25-538-SC Special Conditions: Airbus Model A350-900 Series Airplane; Airplane Level of Safety Provided by Composite Fuel-Tank Structure: Post-Crash Fire Survivability[S]. USA: Department of Transportation, 2014.
- [10] John S. TOMBLIN, C. Ng YEOW, K. Suresh RAJU. Material qualification and equivalency for polymer matrix composite material systems: updated procedure, DOT/FAA/AR-03/19[R]. Federal Aviation Administration, 2003.
- [11] 刘晓华. 复合材料环境影响的适航分析 [J]. 航空标准化与质量, 2013, (1): 32-34.
- [12] Federal Aviation Administration. AC 25.571-1D Damage tolerance and fatigue evaluation of structure[S]. USA: FAA, 2011.
- [13] 王爱军. 民用飞机复合材料主结构适航符合性研究 [J]. 民用飞机复合材料柱结构适航符合性研究, 2011, (4): 24-27.
- [14] 朱广荣, 宋春艳. 民用飞机结构动力学设计与适航验证技术 [C]. 中国振动工程学会. 第十届全国振动理论及应用学术会议论文集. 南京: 中国振动工程学会, 2011: 1119-1129.
- [15] 郑晓玲. 民用飞机复合材料飞机结构设计与验证 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.
- [16] R. B. ANIVERSARIO, S. T. HARVEY, J. E. MCCARTY, J. T. PARSONS, etc. Design, ancillary testing, analysis, and fabrication data for the advanced composite stabilizer for Boeing 737 aircraft, NASA Contractor Report 166011[R]. Hampton Virginia: NASA Langley Research Center, 1982.
- [17] 路遥. 民用飞机复合材料结构适航验证概论 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2013.
- [18] ASTM International. ASTM D7028-07 (2015) Standard test method for glass transition temperature (DMA Tg) of polymer matrix composites by dynamic mechanical analysis (DMA) [S]. USA: ASTM, 2015.
- [19] Federal Aviation Administration. AC 25.629-1B Aeroelastic stability substantiation of transport category airplanes[S]. USA: FAA, 2014.
- [20] 高远, 马立敏. 运输类飞机复合材料结构适航专用条件应用研究 [J]. 航空工程进展, 2016, 7(4): 496-502.
- [21] James G. QUINTIERE, Richard N. WALTERS, Sean CROWLEY. Flammability properties of aircraft carbon-fiber structural composite, DOT/FAA/AR-07/57[R]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2007.
- [22] April HORNER. Aircraft materials fire test handbook, DOT/FAA/AR-00/12[R]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2000.
- [23] Federal Aviation Administration. AC 25.856-2A Installation of thermal/acoustic insulation for burnthrough protection[S]. USA: FAA, 2008.
- [24] Federal Aviation Administration. AC 20-135 Powerplant installation and propulsion system component fire protection test methods, standards, and criteria[S]. USA: FAA, 1990.
- [25] William M. CAVAGE, Steven SUMMER. A study of the flammability of commercial transport airplane wing fuel tanks, DOT/FAA/AR-08/8[R]. Washington DC: Federal Aviation Administration, 2008.
- [26] Timothy R. MARKER, Louise C. SPEITEL. Evaluating the decomposition products generated inside an intact fuselage during a simulated postcrash fuel fire, DOT/FAA/AR-09/58[R]. Federal Aviation Administration, 2011.
- [27] Dhaval D. DADIA. Modeling wing tank flammability, DOT/FAA/AR-TT09/48[R]. Federal Aviation Administration, 2009.
- [28] Society of Automotive Engineers. SAE ARP 5577 Aircraft lightning direct effects certification[S]. USA: SAE, 2002.
- [29] Society of Automotive Engineers. SAE ARP 5414A Aircraft lightning zoning[S]. USA: SAE, 2005.
- [30] Society of Automotive Engineers. SAE

ARP 5412B Aircraft lightning environment and related test waveforms[S]. USA: SAE, 2013.

[31] Bo LI, Lin CHEN, Ye ZHANG, Chuanjun LIU. The Variability Control Of Some CFRP Materials By Nested Method[C]. International Committee on Composite Materials. 21st International Conference on Composite Materials, ICCM 2017. Xi' an: International Committee on Composite Materials, 2017.

[32] Li CUI, Huaizhong SU. The Influence Of Pre-Tension Load In The Composite Laminate Fastener Connection During Repeat Installation[C]. International Committee on Composite Materials. 21st International Conference on Composite Materials, ICCM 2017. Xi' an: International Committee on Composite Materials, 2017.

[33] Jianzhuo SUN, Qun ZHAO, Peng SHI, Hainan YANG, Chuanjun LIU. An Experimental Study Of Stiffened Open-Hole Composite Panel With BVID Under Uniaxial Compression[C]. International Committee on Composite Materials. 21st International Conference on Composite Materials, ICCM 2017. Xi' an: International Committee on Composite Materials, 2017.

[34] Peng SHI, Qun ZHAO, Jianzhuo SUN, Chuanjun LIU. An Axial Tensile Test Of Composite Stiffened Panels With Two Man-Holes After Impact[C]. International Committee on Composite Materials. 21st International Conference on Composite Materials, ICCM 2017. Xi' an: International Committee on Composite Materials, 2017.

[35] Wenxuan XIE, Fa ZHANG, Jubin GAO, Zhipeng XIAO. Numerical Analysis On Bearing Behavior Of Composite Beam With Open-Hole[C]. International Committee on Composite Materials. 21st International Conference on Composite Materials, ICCM 2017. Xi' an: International Committee on Composite Materials, 2017.

[36] Cheng CHEN, Lin CHEN, Ye ZHANG, Chuanjun LIU. Application of LEF approach in the certification of aeronautical composite structures[C]. International Committee on Composite Materials. 21st International Conference on Composite Materials, ICCM 2017. Xi' an: International Committee on Composite Materials, 2017.

[37] 李星, 季少华, 张田, 刘传军. 复合材料主承力连接结构强度预测及影响因素[J]. 航空材料学报, 2016, 36(2): 65-73.

[38] 曾杰, 钱文敏, 肖志鹏, 刘传军, 李东升. 复合材料机翼结构的气动弹性优化设计与风洞颤振试验[J]. 航空科学技术, 2019, 30(9): 120-129.

[39] 中国商飞公司新闻中心. 中国商飞完成我国首次干线飞机级复合材料机翼盒段静力和损伤容限试验. <http://www.comac.cc/xwzx/gsxw/201806/23/t20180623-6418244.shtml>, 2018年06月23日.

[40] 蓝元沛, 熊美蓉. 国内首次T800级复合材料全尺寸机翼盒段2.5G试验顺利完成. “望眼民航”微信公众号, 2019年09月03日.

作者简介:

蓝元沛(通讯作者) 男, 博士, 高工。主要研究方向: 复合材料结构适航符合性技术。

Tel: 010-57808911

E-mail: lanyuanpei@comac.cc

王栋 男, 博士, 研究员。主要研究方向: 飞机复合材料结构设计。

E-mail: wangdong1@comac.cc

刘传军 男, 博士, 研究员。主要研究方向: 飞机复合材料结构分析。

E-mail: liuchuanjun@comac.cc

李东升 男, 博士, 研究员。主要研究方向: 飞机复合材料结构与强度。

E-mail: lidongsheng@comac.cc



THERMOPLASTIC COMPOSITE BLANKS

Processing Technology for the Fully Automated Production of Tailored Thermoplastic Composite Blanks

Norbert Müller, Philipp Seinsche
Engel Austria GmbH
St. Valentin, Austria

ABSTRACT

An approach for the processing of thermoplastic composites tapes is presented where the pick-and-place technology for the stacking is combined with sophisticated vision measuring technology. This ensures that the gap and overlap width can be minimized, even when tape cutouts with limited precision of the outer contour are used. The consolidation equipment, which is utilized directly downstream, is based on a heating-and-cooling approach where the actual melting and consolidation of the stack is carried out between thin sheet metal dies. This allows maintaining the outer contour as well as the desired thickness variations within the stack and the blank, resp.

INTRODUCTION

The major benefit of composites with thermoplastic matrix is their superior efficiency upon processing. Whilst with thermoset matrix, a processing time of at least several minutes is very common, the processing of thermoplastic composites materials usually is done in the range of a one-minute cycle time. This involves heating of a thermoplastic composite blank in an infrared oven, transport of the pre-heated material to the injection moulding mould, shaping by means of mould closing, and overmoulding with ribs and

detailed geometry.

After a short cooling time in the injection moulding mould, the thermoplastic composite component is removed from the mould, ready for use in service. This one-step processing route is well established for thermoplastic composite blanks containing woven fabrics or thermoplastic composites laminates made from tapes that already have the desired final thickness – which is usually at least 0.5 mm.

Utilizing thermoplastic composite tapes instead of thermoplastic semi-finished plates as a starting point

delivers new benefits, but also leads to new challenges with respect to the processing. Thermoplastic composite tapes are thin, foil-like materials with unidirectional reinforcement and a thickness in the range of as little as 0.1 to 0.3 mm. Therefore, to end up with a plate suitable for a processing as described above, one needs to combine several tape layers and convert the tape stack into a solid blank. This involves tape stacking and consolidation.

The award-winning technology presented in this paper exposes several benefits that primarily yield from a two-step-approach for the stacking and the consolidation¹. For the stacking, a plate-like base layer can be used that already contributes a major fraction of the composite material. But there is no need for. The stacking can also start with a thin tape layer. Materials can be mixed, e.g. combination of glass-fibre reinforced based layer with carbon-fibre reinforced tapes. The stacking can be conducted net-shape, this means that the outer contour is already final after the stacking. During the stacking, desired thickness variations can be introduced that contribute to optimum lightweight performance at the final part.

Upon consolidation, it is important to maintain the thickness variations, which is possible in the utilized approach. Furthermore, the outer net-shape contour is also kept. However, the most important benefit is that the duration of consolidation is basically independent of the stack's dimensions. As soon as the approach is capable to finalize the consolidated blank of a specific thickness in a given time, the outer dimensions of the stack are not any longer of concern. This is different in one-step technologies for the stacking and consolidation, where consolidation time increases almost linearly with stack dimensions, assuming the tape width stays unchanged.

The stacking is a pick-and-place approach while the consolidation is a heating-and-cooling approach. Both processing modules are fully automatized and rely on sophisticated utilization of sensors and process control. The system is desired for processing of glass- as well as carbon-fibre reinforced thermoplastic composite tapes. The polymeric matrices involved in extensive investigations up till now were PP, PA, PC, and PEEK.

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

The guiding value for the development of the machinery for the processing of thermoplastic composite tapes was the typical cycle time of an injection moulding machine². For technical parts as used, e.g., in automotive applications, this often ranges between 30 and 80 s. For a demanding technical part, a cycle time around one minutes usually is considered to be acceptable.

Therefore, any machinery which is arranged preceding the injection moulding with respect to the processing should be capable achieving a similar cycle time. This does not mean that these modules need to be operated necessarily directly in-line, but the stacking as well the consolidation

are supposed to deliver a final stack or blank within about one minute, resp.

Tape Stacking Cell

Thermoplastic composite tape is produced at specific width, where common standards are 300 mm, 500 mm, and 600 mm. However, also tape width of 1.000 mm and even 1.400 mm is seen. For a large part it is reasonable to use a wide tape and to preferably use it in one piece. Even at 45°-angle, layers can be arranged from two or three tape cutouts at beneficial cut-off conditions. First, slitting the wide tape roll and then combining a single layer from several tape strips usually is considerably less efficient.

The tape stacking cell can be operated with cutoffs, which directly come from a tape roll, or with cutouts. These are pre-cut from the tape roll, mostly by means of stamping. The latter are fed to magazines. A stack consists of several, e.g. 15 to 30 cutoffs and/or cutouts from the tapes, each one as large as possible and useful. Furthermore, a base layer, like a conventional organo sheet, can replace the first set of tapes, which gives increased output rate (kg/h).

In order to finish a tape stack at around one minute, a tape cutout needs to be added to the stack every few seconds. For that purpose, two high-speed, high-precision articulated robots where arranged that carry out several operations in sequence - picking, measurement, placing, and welding, Figure 1. Whilst they are on the move, correction data from the visual measuring unit is sent to the robot's control that leads to the desired superior stacking precision.

Precision in tape stacking primarily means control over the resultant gap or overlap between adjacent tapes. Typical requirements are +/- 1.0 mm or, at advanced prerequisites, even +/- 0.5 mm³. In aviation industry, another concept is discussed; no overlap and specified max. gap. Utilization of mechanical guiding elements is very limited concerning usability and reliability. The result can only be as precise, as the width of the tape used for is precise. These limitations are overcome when a high-resolution optical measurement system is used in combination with precise articulated robots. The readings from the camera systems not only deliver information on the actual geometry of the tape cutouts, but also establish a basis for correction data and quality assurance.



Figure 1. Tape stacking cell with high-speed articulated robots.

Consolidation Unit

The most common industry standard for the consolidation of thermoplastic composites is the usage of double belt presses. These systems are highly efficient when continuous production at constant thickness of the product is the concern. However, if desired thickness variations in the semi-finished parts are to be realized, the usability of double belt presses is very limited. Consolidation of stacks with thickness variations in a double belt press is possible only with extra means and at reduced productivity.

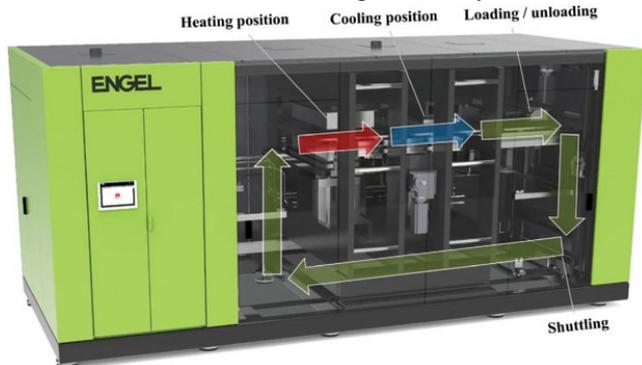


Figure 2. Consolidation unit using a heating-and-cooling approach.

Intermittent heating and cooling of the stacks between thin metal dies is more beneficial for that purpose, Figure 2. Within the scope of this heating-and-cooling approach, the stack is placed between metal plates, heated and molten by conduction, and subsequently chilled significantly below the crystallization temperature (in the case of semi-crystalline thermoplastics, e.g. PP and PA), or below the glass transition temperature (upon processing of tapes with amorphous thermoplastics, e.g. PC).

The requirement towards the consolidation is the same as in the case of the stacking - every minute, a consolidated blank is expected. This is supposed to work for a stack thickness between 0.6 and 4.0 mm. Heating and cooling of an entire thick metal mould would take a lot of time. Therefore, the thermally dynamic mass, i.e. the thickness of the metal dies, needs to be reduced to the minimum.

For the heating and the cooling, separate compression frames are in use. Furthermore, the machinery has a loading/unloading station and fully automatized drives for the shuttling, lifting, opening, and closing of the metal dies. At least three sets of dies are in operation in the consolidation unit at once, where usually in the lower halves, the thickness variations are depicted.

The removal of the consolidated blanks from the metal die is done at elevated temperature. The residual heat within the metal dies is then used partially for the pre-heating of the next stacks before it enters the heating position. The combination of thin metal dies, individual stations for the heating and the cooling, automated shuttling of the dies, and high precision process control yield the required high

productivity and superior quality of the consolidated blanks.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Tape Stacking Cell For the investigations, a test stack was utilized that consists of 0°-layers, 90°-layers and +/- 45° layers. The overall outer dimension of the stack was 430 x 200 mm. While the 0°-layers are placed as one piece on the stack, the 90°, +45°, and -45°-layers consist of two tape cutouts. This means, there is a characteristic line in these layers where the tape cutouts need to be positioned exactly adjacent to each other.

Trials with the test stack at extensive parameter variations have shown that a stacking precision of +/- 1.0 mm is achieved and even a stacking precision of +/- 0.5 mm is possible. However, the result is dependent on both, the calibration of the end-of-arm tool (EOAT) and the illumination conditions. Precise tool-centre-point settings for the EOAT are achieved with utilization of calibration software.

Back-lighting of the EOAT improves the image quality. Appropriate back-lighting with an illumination foil on the EOAT allows detection of the transition from the tape to the background in a narrow range.

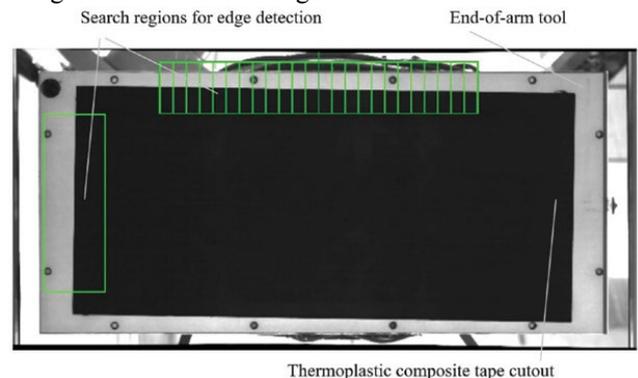


Figure 3. Examples for search regions within the scope of the edge detection.

Each one of the two robots in general works on its own. The picking of the tape cutout from the magazines is completely independent. However, the robots share one camera station and of course, need to place the tape cutouts on the same stacking table.

While one robot, for example, is already in the placing and spot-welding position at the stacking table, at the same time, the other robot is carrying out the measurement of the next cutout, and so on. This means, the two robots are in an alternating operation - where slight modification due to the actual stacking pattern might occur. However, under the conditions of the test stack, it was found that in an average, every 3.4 s a tape cutout was added to the stack.

The measurement with the vision systems involves searching for the tape/background transition at several

locations, Figure 3. With these transition locations, a best-fit line is drawn that represents the tape cutout's edge. Repeating the same procedure with a second edge leads to a corner point. The location of the calculated corner point and the orientation of the relevant edge are data-basis for the correction values. When two edges need to be aligned, this is sufficient information for affecting the robot's regulation and control. However, more complex patterns require additional data to be collected and stored - and all the crucial information needs to be on hand in real time.

The stacking table consists of a vacuum-platen, which keeps the first layer in place. The second and subsequent layers are locally bonded to the layer below by spot-welding, where heated pins are utilized. In order to have repeatable conditions, the welding devices are operated at precise temperature control. By means of vacuum-control devices, it is made sure that each tape cutout indeed is transferred to the stacking. These safety and control features enable a reliably, fully automated production of tailored stacks from thermoplastic composite tapes.

Consolidation Unit

Conductive heating, as it is done in the consolidation unit, cannot be improved by high pressure. Even worse, excessive pressure potentially destroys the stack since fibre-alignment might be affected. The challenge is to generate enough pressure to ensure the best possible heat transfer, while at the same time applying as little pressure as possible to prevent flow movements in the material, Figure 4. This means, the control issues are on very low load values. For the heating, this usually are pressure conditions in a range between 0.02 and 0.1 MPa. Accordingly, the machinery, which is designed in the current version for consolidation of 860 x 340 mm stack's outer dimension, was set-up and qualified. It was realized that a 3.4 mm thick test stack, as it was described in the stacking section, achieved fully molten conditions within 40 s in the heating station. The cycle time between loading of a stack and removal of a consolidated blank was less than one minute under these testing boundaries. However, each individual stack stays for more than one minute within the consolidation unit, since three sets of thin metal dies are in running operation. During the cooling of the stack in the cooling frame, a somewhat higher pressure might be applied. However, this is still in the range of just several 100 kPa. For high temperature materials as for example PEEK, a consolidation pressure of up to 1.0 MPa is within the reasonable range.

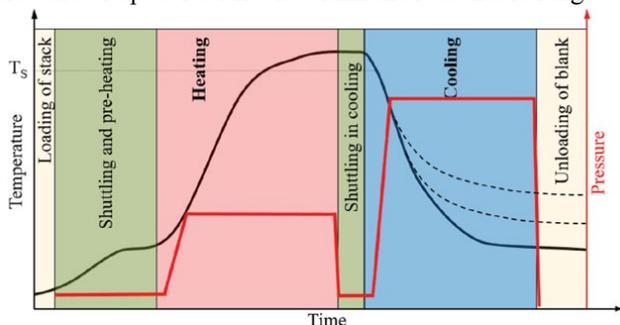


Figure 4. Schematic representation of temperature and pressure profile during consolidation. Dotted lines: temperature in the bulk, TS: temperature of solidification (Tc or Tg).

The predominant reading for the consolidation quality is the remaining porosity, Figure 5. It was found that even at very low pressure, no voids remain between the individual tape layers. However, some porosity, which is already existent within the tape might remain. Consolidation is not a guarantee for healing porosity concerns that are found in the bulk of the tape. Therefore, the initial quality of the tape remains crucial for the final part's characteristic and performance.

Combination of different materials - in the tested example a 2 mm glass fabric reinforced base plate, which was stiffened with carbon fibre reinforced tapes, Figure 6 - were working very appropriately. Some minor warpage effects from shrinkage deviations between the two different material were seen. However, this did not affect the downstream processing towards a 3D-test geometry.

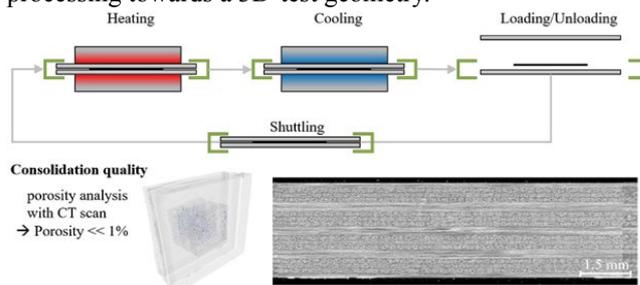


Figure 5. Pre-heating during shuttling of the sheet metal dies into heating position and evaluation of remaining porosity by means of CT scans.

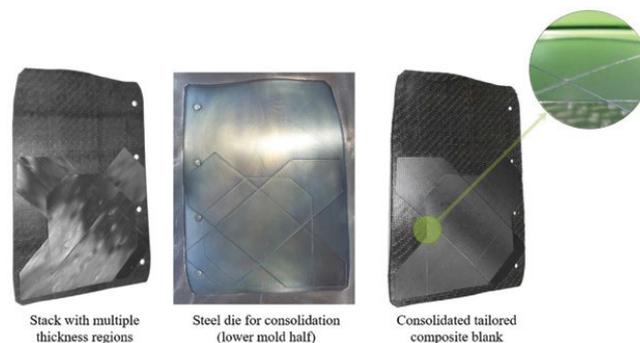


Figure 6. Reinforcement of a base layer with local tape cutouts.

This was done by heating the hybrid blank in an infrared oven and shaping/overmoulding it in injection moulding mould.

Scale-Up to larger Stack Dimensions

The current maximum outer dimension of a blank, which is 860 x 340 mm, fits to an infrared oven that has irradiator arrays of 1.000 x 500 mm. On the one hand larger parts are seen, e.g. for automotive seating applications, on the other hand, the benefits from the approach are as more effective, as larger the stack's dimensions are.

With large stack dimensions, the duration of a single stacking operations might increase slightly, but when the area or weight of tape placed at once increases by several times, the overall output rate increases tremendously, expressed in square-meters or kilograms per hour. Therefore, larger equipment is requested. The current investigations focus on a proof-of-concept for 1.100 x 600 mm maximum stack dimension.

The challenges are not only scale-up of magazines, robots, end-of-arm-tools, and the stacking table. In particular, parallel utilization of at least two cameras for the precise optical measurement is a major change that is associated with the scale-up. The framework of the consolidation unit is already set up for the larger stack dimension, but adjustments with respect to compressive force capabilities, control, and dimensioning of the heating devices are amongst the current development aspects.

CONCLUSIONS

The conversion of thermoplastic composite tapes into a rigid blank that might be processed subsequently with infrared heating, shaping, and overmoulding requires additional processing modules for the stacking and the consolidation. A two-step approach where the stacking follows a pick-and-place concept whilst the consolidation is done in a heating-and-cooling unit between thin sheet metal dies offers both, outstanding precision and superior consolidation quality. Furthermore, since the modules operate

at a typical cycle time in the range of one minute, a productivity is achieved that fits to the conditions typically in presence in injection moulding. The utilization of an optical measurement system allows precise control over gaps and overlaps within the stacks. The stacking as well as the consolidation can be carried out net-shape, i.e. the outer contour is already final during stacking and is maintained during consolidation. Therefore, an extra cutting operation after the consolidation is not necessary in many cases.

Finally, the technology allows desired thickness variations, which enable utmost utilization of weight-saving potential with thermoplastic composites. The industries and products primarily addressed are automotive medium-sized components, sports goods and parts for health-care applications. Nevertheless, as thermoplastic composites rise in importance for the aviation industry and the technology allows advanced process control and parameter documentation, the concept also suits very well for the production of future medium-sized aircraft components.

ACKNOWLEDGMENTS

The laboratory capabilities for the processing of thermoplastic composite tapes were established in close cooperation with FILL Gesellschaft m.b.H., Gurten (A) and the LIT-Factory of the Johannes Kepler University Linz, Linz (A). The authors gratefully acknowledge the contributions of the partners.

REFERENCES

1. Thermoplastische Composites für die Großserien -Engel Austria erhält JEC Innovation Award 2020. *Plastverarbeiter Onlineausgabe*, Hüthig Verlag, Heidelberg, 14.05.2020, <https://www.plastverarbeiter.de/99019/engel-austria-erhaelt-jec-innovation-award-2020/> (2020)
2. Müller, N.: *Converging Technologies - Manufacturing of Thermoplastic*

Composites and Injection Molding of Structural Parts. In: 18th Automotive Composites Conference & Exhibition (SPE ACCE), Conference Proceedings, Society of Plastics Engineers, Novi, USA (2018).

3. Müller, N.; Egger, P.; Zwicklhuber, P.; Steinbichler, G.: *Layer-for-Layer Precision plus High Performance*. *Kunststoffe International* 10/2016, Carl Hanser, Munich, 6-9 (2017).



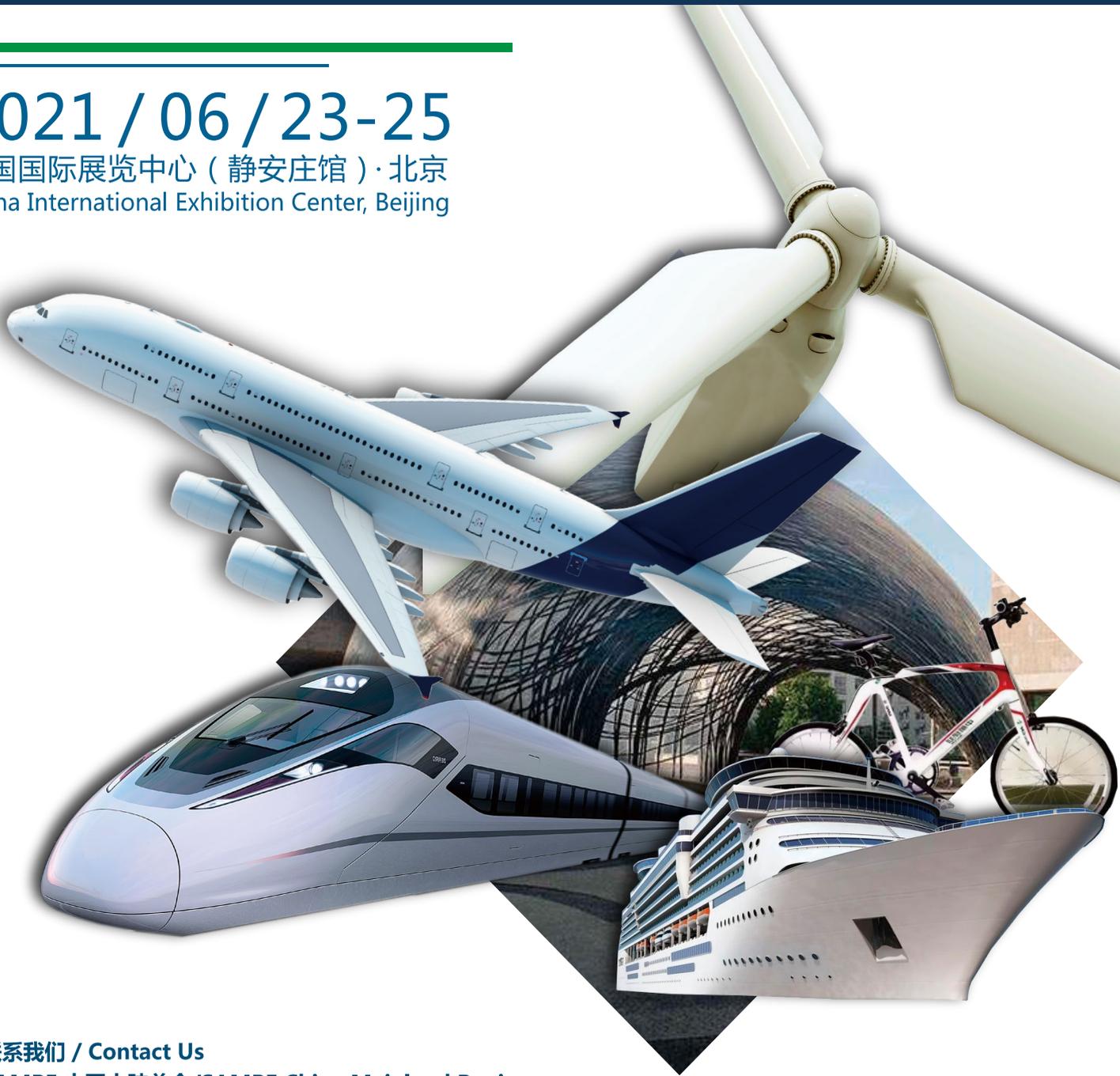
China 2021

SAMPE 中国 2021 年会

第十六届先进复合材料制品、原材料、工装及工程应用展览会
SAMPE CHINA 2021 CONFERENCE & EXHIBITION

2021 / 06 / 23-25

中国国际展览中心 (静安庄馆) · 北京
China International Exhibition Center, Beijing



联系我们 / Contact Us

SAMPE 中国大陆总会/SAMPE China Mainland Region

展位预订/Booth Reservation : 杨帆/Grace Yang

电话/Tel : +86-22-59675383

邮箱/Email : grace.yang@sampe.org.cn

会场组织/Sessions Organization : 刘星/Jane Liu

电话/Tel : +86-22-59675375

邮箱/Email : jane.liu@sampe.org.cn

www.sampechina.org



微信关注公众号
获取行业最新资讯



AVIC
ACC | 纪念航空工业复材
成立10周年
2010-2020

医疗

高铁

汽车

航空

复合材料轻量化解决方案

借助航空领域积累的技术和经验，为汽车、轨道交通、船舶、能源、医疗等工业领域提供材料、设计、工艺、制造、检测、服务等完整的、定制化的应用解决方案。以“低成本、快节拍、智能化”的创新及服务，创造轻快的世界！



中航复合材料有限责任公司

AVIC COMPOSITE CO., LTD.