

复材与增材制造在国产民机上的应用

本报记者 郑宇航

近日，第八届航空材料与制造工艺国际论坛（下文简称航材论坛）在厦门市召开。

本届论坛以“聚焦先进航空材料数字化加工技术发展”为主题，共分为行业政策引导、复材应用与发展、航材先进技术研究进展三大板块。

在2天的日程里，来自工信部赛迪研究院、民航上海审定中心、中国商飞、航空工业、中国航发、中国建材、厦门航空工业、波音、厦门大学等单位的20余位嘉宾纷纷发言，带来了高密度的信息输出，这也让台下笔者的笔记记得满满当当。

其中有一组围绕航空材料与制造工艺的行业关键词，有一些近年业内数据、科研进展的披露，有可喜的成绩、有技术上的首次突破，也有行业专家、技术总师们面对目前国内行业中存在的多方面症结与问题，提出的关键性技术、待补齐的短板以及未来趋势挑战等。

而这些一并描绘出了以复合材料、增材制造等为代表的先进航空材料与制造工艺产业的全貌。

复合材料（以下简称“复材”）、增材制造，已在近年来成为了家喻户晓的名词，二者也常被代之以“碳纤维”和“3D打印”等更具象的称呼。也许因其高曝光度，似乎提到这些名词，只知道他们代表着“先进”一词就够了。

但航材论坛的主题之一，就是将先进航空材料置于业界专家的显微镜之下“庖丁解牛”。这也让我们这些业内人士得以“管中窥豹”一番。“以产品型号命名的任何一款飞机（以及其他国防装备），都是由成千上万个零部件‘器官’有机组合而来。”此次借航材论坛之机，则是进一步获得了更微观的视角，看到了显微镜之下这些零部件的“器官”——航空材料。

一架飞机由成千上万个零部件组成，而在显微镜之下对这些零部件进一步微观，我们能看到的“器官”是航空材料。

一边工艺创新，一边过程控制

目前复合材料在航空领域的使用量不断增长已是行业大趋势，而在这一过程中与材料相伴的制造工艺也在不断迭代，可谓是“常用常新”。

相对而言，传统、经典的手工铺贴+热压罐成型的工艺，在生产成本、

能耗、模具、效率、性价比上存在一定的先天不足。而当正热的复材制造新材料、新工艺，一种是俄罗斯MS-21客机、空客“明日之翼”（Wing of Tomorrow）等项目上，机翼壁板、机翼梁所采用的液体成型工艺。这一工艺提高了部件的整体性，减少了零件数量，能大幅度降低成本，提高生产效率，这也标志着复材开始被应用在大尺寸主承力结构上。

另一热门新材料则是热塑性复合材料，工艺上不再需要使用热压罐，而是自动铺放，能够降低成本、提高



生产效率，也有望实现复材如传统材料那样的零件焊接。

不过当前民机的复材结构件大多还是采用热压罐成型技术来制造的，因此也就少不了加工环节——通过修边或表面加工来达到装配精度，这也是复材零件制造的最后一道工序。

因此，加工的质量直接决定着复材零件的质量，直接影响到部件装配精度。但复材的先天特性也注定，在加工环节中会伴有常见的损伤和缺陷，机械损伤（分层、毛刺、纤维拔出）、热损伤（纤维烧灼、树脂基体融化）、化学损伤（裂纹、分层）等。

可以看到，从复材制造到加工，贯穿这一复杂流程的各个环节里都存在潜在“变量”（如生产缺陷、加工误差等），并关乎着产品质量的好坏，直接影响产品的质量稳定性、生产效率、生产成本等。

所以，航空材料在生产过程中要借助PCD文件（“材料生产过程控制文件” Process Control Document）来对材料生产全流程进行管控，保证材料的稳定生产，特别是大批量生产交付中的产品质量稳定。而这里的PCD概念也是贯穿论坛上诸多专家报告的一个重点关键词。



国产民机上的应用稳步提升

航材论坛上，来自中国商飞的专家披露了一份报告，报告数据显示，复合材料在ARJ21上的应用只有2%，而到目前的C919已上升到12%……未来，CRJ929上这一数字将超过51%。

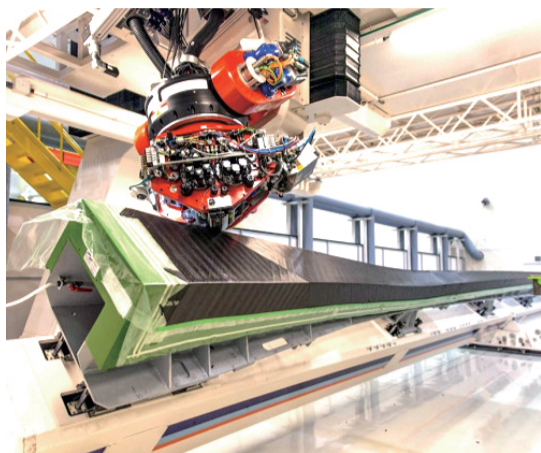
具体来看，在ARJ21上，只有方向舵、翼梢小翼、襟翼、整流罩等部件使用了复合材料。而C919上，垂尾、平尾、后机身、雷达罩、活动面（如扰流板、副翼、舱门）等已经

到中国商飞围绕CRJ929项目复合材料的应用所开展的试验件试制成功的新闻。

在航空领域前景广阔

说完复材在国产民机上的应用，那么论坛上的另一热门话题词就是“增材制造”在国产民机上的应用情况。

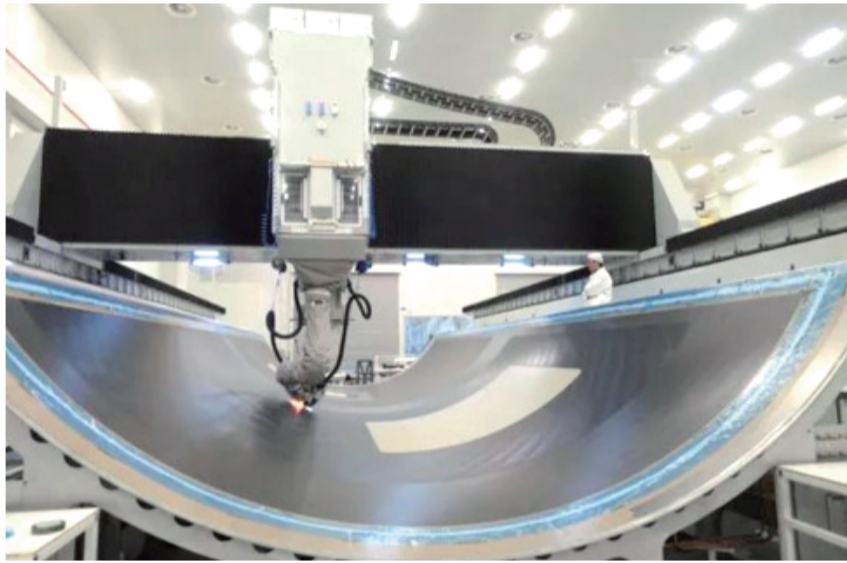
在航空领域中，由于航空零部件通常为高度定制化产品，具有小批量、高标准等特点，这就使得增材制造能够快速制造的独特优势不断凸显。在



设计方案发生多轮优化迭代时，增材制造技术能快速试制、快速验证全新设计。加之增材制造在快速生产轻量化、异形、超规格、复杂结构部件上的优势，因此，增材制造技术有望在军机的结构快速修理上发挥潜能。

此外，增材制造技术在民机上的应用范围不断扩大也同样是基于增材制造的这些独家优势。

根据中国商飞专家的介绍，国产民机上增材制造的应用也有了技术储备和一定的装机应用。增材制造在



T800级高强碳纤维，在机身壁板就采用了共固化、自动铺带、热隔膜成型和过程控制手段，保证了批产中产品质量的稳定。

未来在宽体客机CRJ929上，材料和工艺上正在进一步引入当前行业热门的液体成型树脂、热塑性复合材料、碳纤维缝编预成型体、自动检测技术等。

而且目前中国商飞也已开展了相关应用的前期研发、测试、验证等工作，进行了从工艺方案筛选到全尺寸级试验件的制造，完成了关键技术点的工艺研发。

过去几年的公开报道中，可以看

到中国商飞围绕CRJ929项目复合材料的应用所开展的试验件试制成功的新闻。

在运力方面，沙特重视机场和航空公司建设。沙特航空战略计划建设以利雅得和吉达为全球链接枢纽的机场网络。去年11月，沙特宣布将利雅得哈利德国王国际机场扩建成为世界最大机场之一，并改名为萨勒曼国王国际机场。根据规划，新机场将占地57平方公里，包含6条跑道，12平方公里的配套住宅、娱乐、商业和物流设施，以及当前机场中已有的航站楼。其目标是到2030年，该机场旅客吞吐量达1.2亿人次，到2050年旅客吞吐量达1.85亿人次，货物吞吐量达350万吨。

近日，沙特王储兼首相穆罕默德·本·萨勒曼宣布成立新的国家航空公司——利雅得航空，他在声明中表示，利雅得航空公司将由沙特公共投资基金全资持有，该航空公司的成立也将进一步推动沙特非石油经济发展，预计将创造超过20万个直接和间接就业岗位。

在航线方面，沙特重视整合资源和拓展业务。沙特2021年启动航空连接计划，旨在开发现有和潜在的航空线路，推动沙特旅游业发展。该计划整合了沙特的旅游业生态系统，便于航空、旅游、投资等领域的公共和私营部门参与者相互协调。去年，航空连接计划与沙特航空、纳斯航



波音：已恢复787交付

据路透社消息，波音3月16日证实，其已向德国汉莎航空交付了一架787客机，这是自2月下旬该公司披露部件数据问题后停止交付以来的第一架飞机。

美国联邦航空管理局（FAA）上个月证实，由于飞机前部压力舱

壁相关的数据分析错误，波音公司已暂停交付，波音在审查认证记录后发现了这一点。

FAA表示，对该问题得以解决感到满意，并批准波音恢复交付787飞机。据消息人士透露，预计波音不久将向美航交付另一架787。

沙特加快发展航空业

据经济日报报道，沙特阿拉伯将发展航空业作为推动非石油经济发展、实现2030愿景的重要一环。根据沙特国家运输和物流战略以及沙特航空战略的目标，沙特计划建设成为全球航空枢纽，到2030年将国际航线目的地数量增加至250个，将旅客吞吐量提升至3.3亿人次，货物吞吐量提升至450万吨。沙特交通和物流服务大臣萨利赫·贾希尔在去年5月举行的未来航空论坛上表示，到2030年沙特将向航空业投资1000亿美元。为实现战略目标，沙特航空领域各部门积极推动行业发展，成果不断涌现。

在运力方面，沙特重视机场和航空公司建设。

沙特航空战略计划建设以利雅得和吉达为全球链接枢纽的机场网络。去年11月，沙特宣布将利雅得哈利德国王国际机场扩建成为世界最大机场之一，并改名为萨勒曼国王国际机场。根据规划，新机场将占地57平方公里，包含6条跑道，12平方公里的配套住宅、娱乐、商业和物流设施，以及当前机场中已有的航站楼。其目标是到2030年，该机场旅客吞吐量达1.2亿人次，到2050年旅客吞吐量达1.85亿人次，货物吞吐量达350万吨。

近日，沙特王储兼首相穆罕默德·本·萨勒曼宣布成立新的国家航空公司——利雅得航空，他在声明中表示，利雅得航空公司将由沙特公共投资基金全资持有，该航空公司的成立也将进一步推动沙特非石油经济发展，预计将创造超过20万个直接和间接就业岗位。

在航线方面，沙特重视整合资源和拓展业务。

沙特2021年启动航空连接计划，旨在开发现有和潜在的航空线路，推动沙特旅游业发展。该计划整合了沙特的旅游业生态系统，便于航空、旅游、投资等领域的公共和私营部门参与者相互协调。去年，航空连接计划与沙特航空、纳斯航

空、维兹航空等合作开通数十条国际航线。本月初，航空连接计划、沙特航空沙特机场控股公司和沙特旅游局合作推出了北京、伯明翰、卡诺和约翰内斯堡四大新国际目的地。



航空连接计划首席执行官阿里·拉杰卜表示，新航线的开通是沙特旅游与航空系统强强合作的结果，将为沙特提供多样化的旅行机会。沙特航空首席执行官易卜拉欣·科希（Ibrahim Koshi）强调了提高国际市场份额、简化旅行程序、提升旅行体验的重要性，称这些举措除了增加航空连通性之外，还有助于发展新兴旅游业，改善现有的旅游网络。

在管理方面，沙特重视发挥私营部门作用。

沙特目前正在推动新一轮机场私有化进程。沙特民航总局已将民用机场移交其子公司沙特机场控股公司，由其负责机场的建设、运营和管理，而民航总局将转变为立法者和监管者，这些机场后续将被转移到公共投资基金实现私有化。目前沙特机场控股公司正在以公私合营的方式推进艾卜哈新建机场航站楼的设计、融资、建设和运营，塔伊夫、哈伊勒、卡西姆等机场公私合营项目也在进行中。

沙特鼓励私营部门投资航空业，民航总局局长阿卜杜勒阿齐兹·杜埃利吉此前表示，沙特的航空领域前景广阔，无论是在机场航空的运营管理方面，还是在运输、餐饮、维修和地勤等配套服务方面，对于国内外投资者都存在大量投资机会。

英国希思罗安保人员机场举行罢工

综合英国媒体报道，当地时间3月17日，因薪酬争议，英国伦敦希思罗机场的1400多名安保人员将从3月31日开始罢工，罢工将持续10天。

联合工会表示，罢工行动将使希思罗机场的航班出现严重的延误和中断。但希思罗机场的一位发言人表示，乘客可以放心，机场已经制定了“应急计划”。



巴西LATAM公司公布“女飞”招聘流程



据Simpleflying消息，巴西LATAM航空公司推出了招聘女飞行员的独家选拔程序。该公司正在寻求促进性别平等，注重多元化和包容性，预计到12月至少填补50个职位空缺。

研究表明，截至2020年7月，女性在所有航空公司飞行员中的比例仅为5.25%，在航空公司机长的比例为1.42%。专家们预测，受新冠疫情影响，由于航空公司被迫“休假”和破产，这一数字还会进一步下降。然而，为了改变这一趋势，航空公司将邀请更多女性加入他们的行列。

3月13日，LATAM公司宣布已开启专门的女性选拔流程，以填补空客A320副机长职位。候选人可以在3月17日之前在公司网站上申请选拔程序。LATAM计划到今年12月填补至少50个职位空缺。

大韩航空：中国市场不可或缺



据民航资源网报道，随着韩中两国日前互相放开入境政策，韩国各家航空公司加速恢复赴华航班运力。就疫情后航线网络布局等热点问题，韩国最大航空公司大韩航空中国地区本部长朴耀翰3月15日接受韩联社书面采访。

朴耀翰强调中国市场依然不可或缺。他指出，中国市场在大韩航空客

货运输量中的占比都相当大。疫情暴发后，此前每周230多班的客运航班量被砍至3班，直到去年10月才增至9班。受此影响，该公司2022年中国区旅客运输收益较2019年疫情前减少74%。

据朴耀翰介绍，大韩航空正根据两国政府达成的协议，积极制定恢复及增班计划。公司计划3月17日起

执行增班计划，月底将往返两国的航班量从每周13班增至84班，总体恢复至疫情前的38%，截至5月底增至103班，恢复至疫情前的44%，覆盖北京、上海、广州、沈阳、大连、天津、青岛、南京、延吉、深圳、西安、厦门12个城市。公司还计划5月1日重启济州往返北京航班。

旅客需求方面，朴耀翰表示，随着中国防疫政策转段，去年10月至今年2月，中国地区航线（沈阳、广州、天津、大连、上海、南京、青岛）旅客运输增加，但65%以上仍以侨民留学生、商务出行为主。他预测，随着两国互相放开疫情管控，探亲访友、旅游购物等出行需求将集中释放。

就韩国飞中国机票“一票难求”的问题，朴耀翰表示，当前航空出行的需求得到提振，但航班供应量跟不上。预计随着两国达成航空协议，各家航空公司逐步恢复航班至疫情前水平后，该问题有望迎刃而解。

朴耀翰还指出，目前中国区航空货运服务需求持续增加，大韩航空今后也将根据航空物流市场的变化作出及时反应，致力于提升中国当地企业的出口竞争力。