

中国商飞积极探索碳减排创新实践

减阻减重减排降噪 努力实现“绿色飞机”

□ 万宏雷

民用航空 减碳先行

“航空业并非碳排放的超级大户，但却是减排的‘困难户’。在这种技术因素背景下，民航业领先行业之先对于减碳议题形成全球行动机制，非常可贵和先进。”资深民航业管理咨询顾问于占福说。

以中国商飞为例，“中国商飞在绿色发展方面进行了创新实践。”上海市府参事、中国商用飞机有限责任公司首席专家沈卫国说，“绿色商飞”正通过减阻、减重、减排、降噪，力争在C929大型宽体飞机上实现“绿色飞机”。根据中国商飞的计划，C929大型宽体飞机复合材料比例将达到51%左右，减排主要依靠发动机。

从产业链情况来看，据航空产业网对国内外百家绿色航空制造业企业统计显示，这些企业所在的产业链细分领域主要有：适用于传统涡轮动力的可持续航空燃料(SAF)、包含电动垂直起降飞行器(eVTOL)在内的电动航空器、氢能航空器等航空器整机与新一代的航空动力装置、热塑性复合材料等环保减重技术以及新一代电动化智能化机载设备等。

“目前可以说，eVTOL是最受瞩目的绿色航空器，且逐步呈现中美两强的格局。”航空产业网创始人阎振宇透露，除了初创公司，传统飞机巨头与汽车行业企业也纷纷加入，特别是低空经济成为我国的国家战略后，不少中国汽车企业也对eVTOL表现出极大的热情与关注。

从绿色航空制造业产业链企业的地区分布上看，上海、广东、江苏、四川、浙江位列前五；从企业所有制类别分析，绿色航空制造业产业链企业中民营企业占比57%。

可持续航空燃料 成本之殇

控制减少燃油消耗、积极推动航空脱碳是民航全面推进绿色低碳转型的主攻方向。目前空客、波音、巴西航空工业公司等飞机制造商都选择了一个共同的切入点：可持续航空燃料。

相比于从石油制成的航空煤油，可持续航空

燃料按1:1比例与其混合使用时，不需要颠覆现有的飞机硬件体系。对于机场和航空公司周边航油的输送管道、储存设施的承接性、技术一致性影响也最小。这是目前航空减排的最优选择。

不过，虽然航空业的供应商都将可持续航空燃料视为减碳首选，技术层面也屡有突破，但总体来看，可持续航空燃料普及难度还是很大。据国际清洁交通委员会统计，2023年全球每年消耗的航空燃料中只有0.2%是可持续航空燃料。“究其原因，首先，可持续航空燃料生产涉及复杂的化学转化过程，目前主要有两条技术路线：一是以废弃油脂为原料的HEFA工艺；二是以生物质为原料的FT合成路线。两种路线都存在技术瓶颈：HEFA工艺受限于原料供应，而FT合成则面临能源效率不高的问题。要实现大规模生产，还需要技术有突破性的进展。”于占福解释说，“其次，由于原料采购成本高、生产工艺复杂、规模效应不足，目前可持续航空燃料的生产成本是传统航油的3~5倍。这种成本差距在当前市场环境难以被航空公司和旅客接受，也很难完全通过票价传递到旅客端。”

“可持续航空燃料需要建立完整的原料收集、加工、运输和储存体系。国内要满足全行业

10%的可持续航空燃料使用比例，每年就需要处理数百万吨的生物质原料。这要在全国建立高效的原料收集网络，整个过程可能需要5~10年。”于占福补充，“可持续航空燃料的生产和使用需要严格的质量标准和认证体系。目前，国际上通用的ASTM D7566标准允许最高50%的可持续航空燃料掺混比例。如何突破这个限制，实现更高比例使用，还需要大量的适航验证工作。”

电动飞机 短途新宠

目前，全球范围内具有较高共识性的技术创新路线主要有两种：一种是以电为能源基础的纯电动或电油混动飞机；一种是以氢为能源基础的氢能飞机，包括氢能电池以及直接以氢为动力燃料的两种具体技术路线。

“飞机使用的电池对于储能要求非常高。目前市场上商业化动力电池的能量密度普遍集中在150~250Wh/kg，即便电池技术进一步发展，其能量密度依然达不到等量航空煤油能量的4%(12kWh/kg)。当然，提高输出功率可以在一定程度上弥补电池能量密度的不足，但是设计出兼具高能量密度、小体积、轻量化和高动力

输出功率及稳定性的电油混动架构很难。”于占福分析，换句话说，以现有的电池技术替换燃油，将会在业载、航程和航速之间面对“不可能三角”的巨大挑战。

飞机重量与能量消耗成正比。如果电池密度升高或输出动力增加，在现有技术体系下，势必会加重电池或传动装置的重量，而飞机又对重量非常敏感。如果再对电池充放电速度做出要求，就有更多技术难关需要克服。

根据罗兰贝格的数据，全球目前有约300种不同路线的电动飞机开发项目。其中，纯电推进路线的约占61%，电油混动路线的约占32%，氢能电池的约占7%。而从应用领域来看，UAM/eVTOL设备占据约41%，通用航空场景设备占37%，区域/支线航空约占18%，大型商业飞机的占比则很少，仅为约4%。

在通用航空领域，娱乐和通勤飞行为主要商业业态，主要需求以纯电动飞机为主。飞机的最大起飞重量通常在300~1000kg之间，座位数通常为2~4座级。“电动飞机的技术路线相对成熟，目前已经有多个成功的示范项目。”于占福说。

根据国际航空运输协会(IATA)的预测，从现在到2050年，平均每5~10年将经历一次飞机的

升级换代。2025年左右，eVTOL将实现逐步商用；2025年到2030年，商用小型混合动力飞机将可能进入市场；2030年到2035年，供航空公司使用的支线飞机将可能逐步让位于混动技术；2035年到2050年，纯电动驱动的短途干线飞机有望逐步投入使用。

氢能飞机 零碳未来

在氢燃料电池技术路线之外，直接使用氢能为动力燃料的方式是被讨论最为广泛、且寄予厚望的解决航空碳排放的方案。

“如果说电动飞机在全生命周期中并不能完全实现净零排放，那么氢能飞机则可以完全达到无任何碳排放。”于占福说，行业内对于氢能飞机未来5~10年内能够实现的关键技术节点和技术难点基本形成了共识，主要集中在储氢罐、液氢燃料系统、气氢直燃烧涡轮等环节。

空客ZEROe项目是当前最具影响力的、直接以氢为燃料的飞机计划之一。空客提出了3种不同构型的氢能飞机概念，包括涡轮螺旋桨、混合机翼体和涡扇发动机方案，计划在2035年实现商业化。

中国商飞也有动作。2023年9月，在2023年服贸会北京首钢展区，中国商飞公司展示了中国新一代氢能技术验证机——“朱雀M”，其机身按照加载液氢原料设计。

2024年1月29日，由中国工程院院士、辽宁通用航空研究院首席科学家杨凤田主持研制的4座氢内燃飞机RX4HE原型机(120kW)在沈阳成功首飞。

“氢能和电动飞机这两种技术代表了航空业探索零排放的两个重要方向，各有优势和挑战。”于占福说，从时间维度来看，电动飞机可能会在近期(5~10年内)率先在短途支线航空市场取得突破。而氢能飞机则可能在中期(10~15年后)开始在区域航空市场显示优势，最终在远期(20~30年后)实现大型客机的应用。

未来，两种技术很可能会形成互补关系：电动飞机主导短途市场，氢能飞机服务中远程航线。值得注意的是，混合动力技术可能会成为过渡期的重要选择，既可以积累经验，又能尽早实现减排效益。

据《瞭望东方周刊》

资讯

AG600完成取证前的全部试飞科目

本报讯 2月28日，AG600-1005架机在陕西蒲城完成可燃液体排放表明符合性试飞，标志着大型水陆两栖飞机AG600“鲲龙”取证前所有试飞科目圆满完成，向取得型号合格证的目标迈出关键一步。

据悉，此前AG600飞机历时2年，开展了研发试飞、表明符合性试飞、审定试飞3个阶段的工作，共完成2014个架次、10648个试验点、3560个飞行小时的飞行任务。

全日空与巴航工业签署15架E190-E2飞机确认订单

本报讯 2月26日，全日空(ANA)宣布订购15架巴航工业E190-E2飞机，并保留额外5架优先选购权。这批飞机预计将于2028年开始交付。

巴航工业E系列飞机自2009年起在日本运营。全日空是日本首家订购新一代E2机型的航空公司。目前，E系列飞机和E2系列飞机在全球范围内运营，服务于全球50多个国家80余家航空公司，交付量已超过1800架。

空客获增值电信业务经营许可试点批复

本报讯 2月28日，空客获中国工信部颁发的增值电信业务经营许可，意味着空客将能够以外商独资方式在中国推行、经营并独立使用数字化服务。

2024年，中国政府宣布在北京、上海、海南、深圳4个地区启动“增值电信业务扩大对外开放”试点工作。在获批开展试点的地区，外资企业可“独资所有并经营”互联网数据中心、互联网接入设施及在线数据处理等增值电信业务。空客成为第一批申请并获批的企业。

空客 A320neo 系列飞机再添新动力

普惠 GTF Advantage 获 FAA 认证，首台量产发动机预计年内交付

本报讯 2月27日，普惠宣布其旗下GTF Advantage 发动机获得美国联邦航空管理局(FAA)型号合格证，为空客A320neo系列飞机提供动力。GTF Advantage 成为齿轮传动涡扇发动机(GTF)系列的最新成员。

在GTF基础上，GTF Advantage 将起飞推力提高4%~8%，为航司提供更多业载、更远航程，开辟更多航线。此次取证包含新增高原推力型，在高原运营中为A320neo提供额外推力。GTF Advantage 在高原机场起飞推力提升可达8%，将为A320neo拓展包括进藏航班在内的高高原航线奠定基础。

普惠商用发动机总裁瑞克·德尤鲁(Rick Deurloo)表示：“GTF Advantage 进一步扩大优势，提供更高推力和耐久性，提升飞机性能，为A320neo系列运营商创造更大价值。在普惠成立百年之际取得这一里程碑，并为年内即将开始的发动机交付做好准备，是我们庆祝普惠世



纪成就，助力未来的绝佳方式。”

普惠中国区总裁刘昊宇表示：“GTF Advantage 将提供更高推力，实现耐久性的显著提升。我们期待其凭借卓越的高高原推力助力

A320neo进藏。超远程型A321XLR用户也将实现单通道飞机前所未有的航程。”

GTF Advantage 发动机采用全面重新设计的时寿件并对整个气路进行技术增强。通过增

加核心机气流流量降低发动机运行温度，通过先进热端部件增加发动机在翼时间，GTF Advantage 构型的耐久性将实现根本性升级。高压涡轮(HPT)的增强包括先进翼型设计及改进热障涂层。HPT和燃烧室的优化还包括冷却孔尺寸、形状及位置，并通过提升冷却孔钻孔技术减少氧化。

为确保发动机服役时的成熟度，GTF Advantage 项目开展了广泛的耐久性测试。与现役GTF发动机相比，GTF Advantage 发动机完成了超过其两倍的测试量，并从GTF项目累积超过10万小时发动机和台架测试以及3800万个在役飞行小时的经验中获益。GTF Advantage 构型的特定元素还可应用于现役GTF发动机以支持增加在翼时间。

市场对GTF发动机需求持续强劲，普惠已在所有飞机平台获得总计1.1万台发动机订单和承诺。

巴航工业公布2024年业绩，储备订单爆发式增长

本报讯 近日，巴航工业公布了2024年业绩。数据显示，作为全球主要商用飞机制造商，巴航工业不仅实现了营收、利润双突破，在订单储备等方面也有突出表现。

2024年，巴航工业实现总收入63.95亿美元(约合人民币462.95亿元)，同比增长21%，达到业绩指引上限。盈利能力方面，全年调整后息税前利润达7.082亿美元(约合人民币51.27亿元)，对应利润率11.1%，若剔除波音仲裁案相关

影响，核心业务利润率则达到8.7%，均超额完成既定目标。

此外，得益于强劲的现金流管理，公司年末净负债与息税折旧及摊销前利润率(Net-Debt-to-EBITDA)为0.1倍，较2023年的1.4倍显著改善，年末净负债(不含Eve)为1.107亿美元(约合人民币8.014亿元)。这一财务表现获得国际评级机构认可，穆迪、标普、惠誉三大机构均授予投资级评级，其中穆迪更将展望调至

“积极”。

在交付端，巴航工业2024年总交付量达206架，同比增长14%。其中，商用飞机交付73架，E2系列交付占比提升至64%(47架)，逐渐成为交付主力；在公务机板块，轻型与中型机型均衡发展，130架交付量中轻型占比57.7%。

2024年，巴航工业在储备订单量上也呈现出爆发式增长。截至2024年末，其确认订单价值达263亿美元(约合人民币1904亿元)，同比激

增40%，环比增长16%，创历史新高。这一数据不仅超过空客A220系列当前订单价值，更相当于其2023年营收的4.1倍。

在全球航空业复苏不均、窄体机市场竞争加剧的背景下，巴航工业通过差异化战略实现了全面增长：聚焦70~150座级细分市场，E2系列相较于E1系列实现25%的燃油效率提升，通过模块化生产线灵活调配商用飞机与公务机产能。(王雪瑶)