



128

大飞机 JETLINER

回顾与展望

- 民航强劲复苏 民机提产艰难
- 全球电动航空发展分水岭将至
- 沙特航空市场的扩张之路



C919
全球最新一代大型客机
复合材料占比11.5%



* 右图为C919复材切片模型镜框

大飞机

JETLINER

02 February

2025.02 | 总第128期

ISSN 2095-3399



2025.02





05 卷首语	08 封面文章	29 航空制造	45 航空运输	64 人物	79 云端书屋
05 AI 为中国大飞机带来机遇 欧阳亮	08 民航强劲复苏 民机提产艰难 杜婷	29 全球电动航空发展分水岭将至 纪宇晗	45 沙特航空市场的扩张之路 王鹏	64 机长转身，开辟商飞新“航线” 张帅	79 旧中国对航空技术的探索（上）——《腾飞之路——中国航空技术的发展与创新》（摘编） 汪亚卫
06 资讯	15 老巨头稳固市场 新能源分头突进——2024 年民用航空动力市场与技术回顾 李蕴 朱靖	33 霍尼韦尔“一分为三” 魏君	50 从上市航司运营数据看民航客运市场供需再平衡 林雅晴 丛玮	69 漫话航空	
	20 民航客运：复苏与破局 柴雨丰	37 空客推迟氢能飞机计划 张晋	55 六大上市机场：“破局”增收仍有挑战 丁一璠	69 英国商用飞机发展之路 王思磊	
	25 低空经济：向“六化”迈进 马杰	41 航空业提产需各方通力合作 任治潞	60 精英会籍匹配：高价值客户市场的争夺战 王双武	74 飞了 100 年的“蛾” 王钟强	



▼ 本期导读

刚刚过去的 2024 年，全球民航市场可以用“强劲复苏”来形容。根据国际航空运输协会（IATA）的数据，2024 年全球航空客运量（以收入客公里衡量）较 2023 年增长了 10.4%，超过了 2019 年疫情前的水平，达到了历史新高。2024 年全球航空货运需求同比增长 11.3%，同样创下了历史新高。同时，IATA 还预测，2024 年全球航空运输业净利润将达到 305 亿美元，盈利能力显著提升。

然而，与全球航空运输业的强劲复苏相比，全球商用飞机制造商的新飞机交付量尚未完全恢复，这主要是由于疫情后，在地缘政治、贸易争端等多重因素的影响下，全球航空供应链仍难以满足需求。全球航空运输业的强劲复苏，在新飞机的需求与制造商的产能提升之间，仍有亟需逾越的鸿沟。



- 关注我们 -
FOLLOW US

本刊声明：

- 稿件从发表之日起，其专有出版权和网络传播权即授予本刊，同时许可本刊转授第三方使用。
- 本刊作者保证，来稿中没有侵犯他人著作权或其他权利的内容，并将对此承担责任。
- 本刊支付的稿费已包括上述使用方式的稿费。

大飞机

2025 年第 02 期 | 总第 128 期 | 02 月 28 日出版

中国标准连续出版物号

ISSN 2095-3399 CN 31-2060/U

主管主办 中国商用飞机有限责任公司

出版发行 上海《大飞机》杂志社有限公司

编委会

主任 贺东风
常务副主任 沈 波
副主任 罗 晓
委员 戚学锋 于世海
罗兴平 李 玲
学术顾问 吴光辉

上海《大飞机》杂志社有限公司

总经理 程福江
副总经理 徐显辉

主编 欧阳亮
执行主编 庄 敏 林 喆
副主编 柏 蓓
文字编辑 哲 良 张凯敏
美术编辑 刘晓雨

采访主任 陈伟宁
记者 王脊梁 李 琰 管 超

商务总监 刘 影 021-20887168
发行主管 颜康植 021-20887121

国内发行 上海市报刊发行局
国内订阅 全国各地邮局
邮发代号 4-883
地 址 上海市浦东新区世博大道 1919 号
邮 编 200126
电 话 021-20887197
网 址 www.comac.cc
电子邮箱 dfj@comac.cc
定 价 人民币 20 元
印 刷 上海申江印刷有限公司
法律顾问 上海大邦律师事务所



AI 技术即将为全球民机制造产业带来革命性变革。全球航空巨头早已敏锐察觉到这一点，并已付诸行动。

卷首语

AI 为中国大飞机带来机遇

文 | 欧阳亮

随着经济的发展，各个产业的市场竞争愈发激烈，后发企业超越本行业巨头的难度与日俱增。然而，新技术的兴起，往往能为该产业带来重新洗牌的契机。例如，当年诺基亚、摩托罗拉在手机行业风头正盛，苹果借助智能手机新技术一举实现超越；中国汽车产业在历经 30 年的艰难追赶后，凭借新能源技术、智能驾驶技术成功实现逆袭。

在民机制造产业领域，当年欧洲一众主制造商因无法与美国的波音、麦道抗衡，被迫整合为一家公司——空中客车。空客推出 A300 机型时，市场反响平淡。但全球首款采用电传飞控系统的大型民用客机 A320 一经问世，立即大放异彩。经过持续优化，A320 至今仍是全球民用航空市场的主流机型。2024 年，空客交付了 766 架飞机，其中 602 架属于 A320 系列，远超竞争机型。

如今，AI 技术正迅速向各行各业渗透，为民机制造产业带来了同样的机遇。在飞机设计环节，AI 能够通过收集、分析历史数据，助力设计师优化飞机的结构与性能。例如，从历史案例中提取有效知识，提升飞机设计的精度与效率；预测飞机在不同条件下的性能，进而优化飞行参数；甚至还能协助设计师开展创新设计。

在飞机制造过程中，AI 能够大幅提升生产过程的自动化与智能化水平，从而提高生产效率与产品质量。这方面的应用案例在中国诸多行业已屡见不鲜，如众多行业已投入运行的“黑灯工厂”。这类工厂借助先进的机器人、自动化设备和智能控制系统，实现了无人化生产。据重庆电视台报道，长安汽车的数智化工厂每 60 秒就能组装一台汽车。民机制造业由于产业链极为漫长、零部件数量庞大，在引入 AI 对生产线进行重整后，必将实现生产效率与产品质量的飞跃。

在航班运营与乘客服务方面，AI 同样能发挥重要作用。例如，通过对各类条件的分析，精准预测航班需求，或优化航线规划，助力航空公司提前调整航班计划，降低燃油消耗与运营成本。AI 还能依据乘客的喜好和需求，为其推荐合适的航班、座位、餐饮和娱乐选项，极大地提升乘客满意度。

AI 技术即将为全球民机制造产业带来革命性变革。全球航空巨头早已敏锐察觉到这一点，并已付诸行动。2020 年，空客通过其自主起降滑行项目，成功展示了在 AI 视觉识别辅助下全阶段自动飞行的潜力。2024 年，波音利用人工智能对 747 的机身横截面展开深入分析，以便准确预测在不同飞行条件下，机身所承受的应力及可能出现的疲劳点。在未来的飞机设计中，该技术将大幅提升飞机的安全性，并延长飞机的使用寿命。

机遇就在眼前，中国大飞机，加油！



01

01 2025 年中国民航春运数据创历史新高

2025 年春运期间（1 月 14 日—2 月 22 日），中国民航累计运输旅客 9020 万人次，日均 225.5 万人次，较 2024 年春运同期增长 7.4%；累计保障航班 73.9 万班，日均 1.85 万班，比 2024 年春运同期增长 8.3%，旅客运输量和航班数量均创历史新高。全国航班正常率 94%，比 2024 年春运同期增加 7 个百分点。

02 空客 1 月交付 25 架飞机

1 月，空客新增订单 55 架（26 架 A320、10 架 A330、19 架 A350；其中 8 架为 A350F），调减 4 架（1 架 A220、3 架 A320），净订单 51 架，交付 25 架（3 架 A220、20 架 A320、2 架 A350）。截至 1 月底，商用飞机储备订单量为 8684 架。

03 波音 1 月交付 45 架飞机

1 月，波音共获得新订单 36 架，包括 34 架 737 MAX 和 2 架 777 货机；共交付 45 架，包括 40 架 737 MAX、1 架 777 货机、3 架 787-9 和 1 架 787-10。



04

04 第 100 架 767-300BCF 改装货机交付

2 月 20 日，波音完工的第 100 架 767-300BCF（波音改装货机）已交付顺丰航空；顺丰航空现在全球最大的 767-300BCF 客户。

05 EASA 为搭载普惠 GTF 发动机的 A321XLR 颁发 TC

2 月 21 日，欧洲航空安全局（EASA）为搭载普惠 GTF 发动机的空客 A321XLR 颁发了型号合格证。此前，搭载 CFM 国际 LEAP-1A 发动机的 A321XLR 已于 2024 年 7 月获得认证。



06

06 霍尼韦尔明年将“一分为三”

2 月 6 日，霍尼韦尔宣布，将根据业务范围拆分为 3 家独立运营公司，分别专注于航空航天、自动化和先进材料领域。拆分将于 2026 年下半年完成。

07 巴航工业计划未来 5 年投资 35 亿美元

2 月 12 日，巴航工业宣布计划到 2030 年投资约 35 亿美元，助力公司增加飞机产量、扩大国际市场业务、开发可持续技术，并实现航空低碳经济目标。

08 巴航工业 E 系列货机获得 EASA 适航批准

2 月 10 日，巴西航空工业公司宣布：继 2024 年获得巴西国家民航局（ANAC）颁发的型号合格证和美国联邦航空管理局（FAA）的适航批准后，E 系列货机 E190F 现已获得欧洲航空安全局（EASA）的适航批准。E 系列货机于 2024 年 4 月在巴西成功首飞，并于 2024 年 7 月在范堡罗航展上首次公开亮相。



08

09 赛峰集团 2024 财年业绩增长强劲

2024 财年，赛峰集团调整后营收 273.17 亿欧元，同比增长 17.8%；调整后经常性营业利润 41.19 亿欧元，同比增长 30.1%；自由现金流 31.89 亿欧元；总研发费用为 19.8 亿欧元，其中自筹研发费用为 13.48 亿欧元。

10 电动飞机初创公司 Eviation 可能面临破产

2 月 15 日，以色列的电动飞机初创公司 Eviation 表示已濒临破产。该公司创立于 2015 年，2019 年 6 月在巴黎航展上首次展示了名为“爱丽丝”的首个全尺寸模型。2022 年 9 月 27 日，“爱丽丝”11 座双发电动飞机原型机首飞。该机此前宣布已经获得 130 多架意向订单。

11 PD-14 发动机获准在高寒环境下运行

2 月 12 日，PD-14 发动机获得俄罗斯联邦航空运输署（FATA）认证，可在 -10°C 以下环境运行。UAC 表示，前期试验证明 PD-14 可在极端低温环境下稳定运行，这对于在俄北方运行至关重要。PD-14 发动机于 2018 年获得型号合格证。

12 NASA X-59 发动机测试成功

2 月 11 日，NASA 宣布，X-59 静音超声速研究机首飞前发动机性能测试圆满完成。发动机为经改装的 F414-GE-100，与 F-18 超级大黄蜂的发动机类似。X-59 发动机安装在飞机顶部，以降低传至地面的噪声水平。X-59 在 5.5 万英尺（1.67 万米）高空可达到 1.4 马赫的理想巡航速度。



12

民航强劲复苏 民机提产艰难

文 | 杜婷

刚刚过去的 2024 年，全球民航市场可以用“强劲复苏”来形容。根据国际航空运输协会（IATA）的数据，2024 年全球航空客运量（以收入客公里衡量）较 2023 年增长了 10.4%，超过了 2019 年疫情前的水平，达到了历史新高。2024 年全球航空货运需求同比增长 11.3%，同样创下了历史新高。同时，IATA 还预测，2024 年全球航空运输业净利润将达到 305 亿美元，盈利能力显著提升。然而，与全球航空运

输业的强劲复苏相比，全球商用飞机制造商的新飞机交付量尚未完全恢复，这主要是由于疫情后，在地缘政治、贸易争端等多重因素的影响下，全球航空供应链仍难以满足需求。全球航空运输业的强劲复苏，

在新飞机的需求与制造商的产能提升之间，仍有亟需逾越的鸿沟。

市场复苏 VS 交付不及预期

根据国际航空运输协会的数据，2024 年全球航空客运总运力（按照 ASK 可用座公里计算）同比增长 8.7%，全年载客率达 83.5%，创历史新高。其中，国际全年客运量同比 2023 年增长 13.6%，运力增长 12.8%；国内全年客运量同比增长 5.7%，运力增长 2.5%。2024 年 12 月，全球航空客运量以强劲数据收官：需求同比增长 8.6%，运力增长 5.6%；国际需求增长 10.6%，国内需求增长 5.5%，载客率达 84%，创历年同期新高。

货运方面，根据国际航空运输协会的数据，2024 年全球货运总需求（按货运吨公里，CTKs）同比 2023 年增长 11.3%，全年货运需求超过 2021 年的峰值纪录。2024 年，全球航空货运运力（按可用货运吨公里，ACTK）同比 2023 年增长 7.4%。与客运一样，2024 年 12 月，全球航空货运市场也以亮眼成绩收官：全球需求同比 2023 年 12 月增长 6.1%，全球运力同比 2023 年 12 月增长 3.7%，货运收益率同比 2023 年 12 月增长 6.6%。

然而与航空运输市场的强劲复苏形成反差的是，波音和空客所获得的新订单及飞机交付数量却不及预期。对于波音来说，2024 年是一个极其艰难的年份。2024 年 3

▼ 图 | Getty Images



月，一架 737MAX9 飞机在飞行过程中发生门塞脱落事件，导致机舱失压，再次引发了市场对于 737MAX 机型安全性的担忧。在此之前，美国联邦航空管理局（FAA）就曾以安全和质量问题为由，限制了 737MAX 的月产量。2024 年 9 月，约 3.3 万波音工人因对薪资和福利不满而发起罢工，最后经过长达 7 周的谈判，工人获得了一份新的劳资合同，未来四年内将获得 38% 的薪资增长和 1.2 万美元的签约奖金。此后，波音表示，会更加严谨地对待后续飞机产能的规划，并进一步加强对工人的培训。此后，直到 12 月，波音才全面重启了各机型的生产，并在 12 月当月总计交付 30 架新飞机。但总体来看，2024 年在多重不利因素的综合影响下，波音新飞机交付量创 2019 年以来的新低，全年交付新飞机 348 架，其中包括 260 架 737MAX、51 架 787、18 架 767 和 14 架 777，总交付量较 2023 年下降 34%。订单方面，公司全年共获得 569 架新订单，其中，12 月单月获得 142 架新飞机订单，较 2023 年的 1456 架大幅下滑。值得一提的是，在 569 架新订单中，净订单仅为 317 架。截至 2024 年 12 月，波音储备订单为 5595 架，与竞争对手间的差距被进一步拉大。但进入 2025 年，波音的生产速率正在逐步恢复。数据显示，2025 年 1 月，波音共交付新飞机 45 架，创下了自

2024 年，巴航工业共交付 206 架飞机，与 2023 年的 181 架交付量相比增长 14%。其中，公务航空部门全年交付飞机 130 架，商用航空部门交付 73 架。

2023 年 12 月以来最高的单月交付量。

2025 年 2 月 20 日，空客发布 2024 年财报，公司全年共交付 766 架商用飞机，收入 692 亿欧元，调整后息税前利润 54 亿欧元。订单方面，空客民用飞机业务共获得 878 架订单，其中净订单为 826 架，相比之下，2023 年空客民用飞机订单数为 2319 架，净订单为 2094 架。截至 2024 年 12 月，空客民用飞机储备订单为 8658 架。

对于这份成绩单，空客总裁傅里表示，2024 对于空客来说也是充满考验的一年，公司全年将重点放在了产能提升和防务与航天业务的转型上，并克服种种困难，圆满完成了年初制定的目标。公司民用飞机订单交付比远大于 1，说明了市场对于空客产品和服务的强劲需求。

具体来看，空客 2024 年交付 766 架民用飞机，分别为 75 架 A220 飞机、602 架 A320 系列飞机、32 架 A330 飞机和 57 架 A350 飞机。2023 年，空客共交付民用飞机 735 架，因此今年交付量的增长也为公司民机业务带来了 6% 的收入增长。2024 年，空客年初制定的交付目标为 800 架，但之后由于受到供应链的影响，此后公司曾下调年交付目标至 770 架，但最终 770 架的交付目标也未能实现。

与波音、空客两大飞机制造商交付量不及预期有所不同，2024 年巴航工业的表现不俗，这主要得益于其公务机业务的增长。值得一提的是，2024 年第四季度巴航工业以非常亮眼的成绩为全年画上了句号。从交付成绩来看，2024 年第四季度巴航工业共交付了 75 架飞机，与第三季度 59 架的交付量相比增长 27%，其中商用航空部门交付 31 架飞机，公务航空部门交付 44 架飞机。订单方面，2024 年第四季度巴航工业各业务条线多点开花。其中，商用航空部门 2024 年第四季度订单储备价值达到 102 亿美元，同比增长 15%，订单出货比

为 1.6，继续保持强劲势头。公务航空方面，2024 年第四季度该部门订单储备价值达 74 亿美元，同比增长 70%，环比增长 67%，创下了该业务部门的历史新高。2024 年，巴航工业公务航空订单出货比为 2.7，继续保持行业领先地位。公司 2024 年第四季度公务航空订单的增长主要得益于与 Flexjet 签署的一项采购协议。该协议包括 182 架飞机确认订单，机型涵盖飞鸿 300E、领航 500 和领航 600 公务机，飞机交付时间为 2026 年至 2030 年；此外，订单中还包含 30 架领航系列公务机的选择权。

巴航工业服务与支持部门订单储备价值同样在 2024 年第四季度创历史新高，达到 46 亿美元，同比增长超过 50%，环比增长超过 30%。这主要得益于与 Flexjet 在公务航空领域达成的长期合作，以及与塞尔维亚航空、波兰航空和 CommuteAir 在商用航空领域的合作。商用航空领域签署的合同包括航材共享计划和零部件交换计划，并旨在通过提供各种可维修部件、量身定制的库存管理和维修服务为航空公司的 E 系列机队提供支持。此外，零备件及交换部件、技术出版物、技术服务、培训和改装等方面的贡献，对这一成果至关重要。服务与支持部门 2024 年订单出货比为 1.9，保持行业领先。

新机型研制喜忧参半

2024 年 7 月，空客 A321XLR 获得欧洲航空安全局（EASA）颁发的型号合格证；11 月，空客向启动用户西班牙伊比利亚航空交付全球首架 A321XLR 飞机（选装 LEAP-1A 发动机）；12 月，该型号获得美国联邦航空管理局（FAA）颁发的型号合格证；2025 年 2 月，选装 GTF 发动机的 A321XLR 获颁欧洲航空安全局型号合格证，意味着空客完成了对这一款超远程窄体客机的研

从 A321 到 A321neo，从 A321LR 再到 A321XLR，在成熟的现有机型基础上，进一步提升产品性能，以最小的研发改进成本开拓更广阔的市场，是这些年来空客逐渐在窄体客机市场赶超老对手波音的“拿手绝活”。

制工作，飞机正式进入商用运营阶段。

2019 年空客在巴黎航展宣布启动 A321XLR 项目，如今已收到了全球 20 多家用户的 500 多架订单，这无疑是一个不错的订单成绩。对于空客来说，A321XLR 的问世意味着率先占领了 200～250 座级这一细分市场。针对这一细分市场，波音曾想推出全新的新中型飞机（NMA），最终这一设想由于种种原因无疾而终。

当前，A321XLR 完美契合了当今盈利水平最高和客运需求最大的跨大西洋航线市场。在枢纽机场日渐饱和、长途廉航崛起的今天，A321XLR 可以很好地服务一批 6～8 小时的次级洲际航线。同时，得益于客舱产品的不断进化，即便是全服务航空公司也可以利用 A321XLR 在这些航线为旅客提供更好的两舱服务。值得一提的是，A321XLR 为窄体客机挖掘高端商务市场的潜力提供了可能。得益于 A321XLR 所标配的“飞行空间”（Aerospace）客舱，可以根据航空公司的需求，在不同的客舱密度下保证乘客的乘坐舒适性。未来，在需求量庞大的中远程航线上，A321XLR 的加入将有机会让更多的航空公司开发出窄体客机全商务舱的高端飞行产品，对于航空公

司和旅客来说，都多了一种选择。

与客机略有不同，空客货机项目 A350F 的研制进度并没有那么顺利。2021 年 7 月，空客宣布将启动全新的 A350F 货机项目，这是继空客启动 A380 货机项目后，时隔 20 年再次推出大型货机项目。2023 年，A350F 项目进入部件生产阶段。2024 年 12 月，空客宣布，A350F 货机的首批大部件已经在法国空客大西洋公司和德国空客航空结构件公司完工，同时位于图卢兹的总装线也已完成了总装相关的准备工作。根据计划，A350F 将进入总装阶段。从订单量来看，截至 2024 年年末，空客共获得 55 架 A350F 订单，其中新加坡航空为启动用户，计划于 2025 年接收首架 A350F，但由于受到供应链的影响，这一交付计划或将推迟到 2026 年。

2024 年，由于势必锐航空系统公司无法按时交付部件，A350 的产能提升计划受到了影响，包括 A350 货机项目。根据现有货机机队情况来看，未来几年全球市场将迎来宽体货机的更新潮，而目前市场上 777 货机机队的机龄较小、747F 和 MD-11F 等老旧客改货飞机将陆续需要更新，市场需求十分可观，A350F 能否抓住这个机遇，是能否在宽体货机市场获得更大份额的关键。尽管启动用户已经敲定，但目前空客并没有更新 A350F 的研制和交付计划。

2024 年，波音 777X 的研制依然“命运多舛”。8 月 19 日，777X 在试飞中发现结构出现裂缝，波音随即暂停了测试机队的所有试飞工作，更换故障部件并查明问题原因。之后波音表示，出现裂缝的部件是发动机和机体之间的结构部件，并将相关情况汇报给了美国联邦航空管理局和相关客户。在经过一段时间的调查之后，波音发布公告表示，已查明问题原因，并表示出现问题的结构部件是 777X 所独有的，即推力连杆的性能不符合设计要求，公司

已经更换了所有 4 架主要测试飞机上的推力连杆部件，并对推力反向器组件进行了返工。正因为这些计划之外的返工以及公司此前长达 7 周的罢工，波音不得不再次推迟 777X 的交付时间至 2026 年。

多次推迟交付对 777X 的订单产生了负面影响。截至 2024 年 12 月，777X 的订单数为 540 余架，相比之下竞争对手空客的 A350 系列飞机的订单数已是其 2 倍之多。在已有订单中，大多数客户来自阿联酋航空、卡塔尔航空、国泰航空、汉莎航空、新加坡航空等传统老客户，这些客户原本是计划用 777X 替代机队中的上一代 777 机型，但 777X 的推迟交付显然已对客户的机队规划产生了一定的影响。以国泰航空为例，公司已订购 21 架 777X，原计划 2025 年接收首批 2 架飞机用于机队更新，但显然这一计划已经无法实现。此外，除了上述老客户已经订购了 777X 之外，仍有一部分上一代 777 的客户至今仍未“下单”777X，如美联航、美国航空、日本航空等，其中一些航司甚至已经选择了 A350 或 787 等机型。

2025 年 1 月，一架波音 777X 从西雅图金镇国际机场起飞，飞经华盛顿州和俄勒冈州后返回西雅图机场，标志着自 2024 年 8 月暂停试飞后，波音正式恢复 777X 的试飞工作。今年 777X 的进展将直接决定其最新的交付目标能否实现。

2024 年，俄罗斯民机产业的发展依旧布满荆棘。2024 年，俄罗斯联合飞机公司共完成了 11 架量产 SJ-100 飞机机身总装，后续计划加装国产系统。2024 年 3 月，第一架全新的伊尔 -114-300 涡桨支线飞机完成首飞，按计划将在 2025 年取得适航证，2026 年投入商业运营。2024 年 4 月，俄罗斯启动 MC-21-210，试图解决 MC-21-310 国产化所面临的问题。

根据规划，MC-21-210 从设计阶段就



图 | livefromalounge.com

会以使用国产航电系统等国产化系统、部件为前提。2024 年 11 月，俄政府宣布，拟于 2024 ~ 2025 年拨款 19.4 亿卢布（约合 1.3 亿人民币），用于 MC-21-210 飞机的初步设计。其中，2024 年投入 7.5 亿卢布，2025 年投入 11.9 亿卢布。

2024 年巴航工业完成了 E190F 货机的研发工作。2022 年，巴航工业宣布正式启动 E 系列货机项目。E 系列货机的航程是大型涡桨货机的 3 倍，且载货体积可增长 40% 以上，与窄体喷气货机相比，E 系列货机的运营成本可减少 30%。2024 年 4 月，首架客改货 E190F 实现首飞。2024 年 7 月，E 系列货机获得巴西国家民航局（ANAC）颁发的型号合格证。两个月后，获得美国联邦航空管理局的适航批准。2025 年 2 月，E190F 获得欧洲航空安全局的适航批准。今年，E190F 货机将陆续交付市场投入使用。对于中国货运市场，巴航工业相关负责人表示，当前中国航空货运市场商业模式正在发生改变，出现了鄂州花湖机场这样的货运机场，同时中国市场一批 737-300 货机也将进入集中退役的窗口期，这些对于 E 系列货机来说，都意味着新的市场机遇。

对新一代飞机的不同探索

为了实现航空业绿色环保的要求，近两年来，围绕电动飞机、氢能源飞机等，飞机制造商与产业链供应商一起合作启动了多个项目，但如今，一些项目由于种种原因被暂停。

2024 年 1 月，空客宣布将在完成所有试飞项目后，暂停 City Airbus NextGen 电动垂直起降（eVTOL）项目。空客公司 2021 年 9 月正式发布这一项目，2024 年 3 月，发布该项目原型机，2024 年 11 月该原型机实现首飞。

在分布式电推进技术的研发上，2024 年空客与合作伙伴一起取得了突破性进展。2024 年 12 月，由达赫集团（Daher）、赛峰集团和空客公司联合研发的分布式混合动力推进飞机验证机 EcoPulse 项目顺利完成 100 小时试飞，标志着该项目完美收官。三方共同表示，这一创新性项目突破了诸多技术难关，成功完成试飞，意味着分布式电推进技术首次从纸面变为现实，这对于电动飞行领域来说意味着重大的技术突破。

图 | livefromalounge.com



EcoPulse 项目由法国民用航空研究委员会 (CORAC) 支持, 并由法国民用航空总局 (DGAC) 通过“法国复兴”和“下一代欧盟”项目共同出资, 由达赫集团、赛峰集团和空客公司三方共同研制。这一验证机项目融合了空客早先的全电验证机项目 E-FanX 以及赛峰与贝尔直升机公司合作研发的混合电推进垂直起降飞行器项目 Nexus 的技术特点。相关试飞取得了多项重要成果, 包括对混合动力技术成熟度的客观评估、飞机集成后的性能评估, 以及对运行限制的确定。顺利完成试飞也意味着 EcoPulse 明确了航空业脱碳的一些关键挑战有望得以突破, 例如电动和混合电动架构、电池 (性能和运行范围) 和高压管理系统 (高于 400 伏) 等关键部件的研发等。

2024 年 6 月, 巴航工业宣布对 Energia 系列飞机的研制范围扩大至 50 座级, 并在此前混电和燃料电池技术之外, 增加氢燃料涡轮发动机 / 双燃料涡轮发动机技术。对于 Energia 系列飞机的“新”概念, 巴航工业将其主要归纳为更先进的气动、结构设计和系统集成方案; 更卓越的客舱舒适性; 更安静的客舱环境。在混电技术

的研发方面, 巴航工业致力于并联混合动力推进系统的研发, 搭载下一代热能发动机和小型电机, 以最大限度提升热能发动机的使用效率; 实现推进系统电气化, 并与飞机上越来越多的电气化分系统完美结合; 使用体积更小、经济性更好的电池。在燃料电池研发方面, 力争燃料电池推进系统可以实现零碳、零氮氧化物和零烟尘排放, 相比小型涡轮发动机更高效; 先进的推进系统装机方案, 兼顾热管理、重量和阻力方面的最优化策略。在氢燃料涡轮发动机或双燃料涡轮发动机方面, 当使用双燃料时, 主航程任务使用氢燃料, 为应对延程和备用任务使用预留的可持续航空燃料或传统航油; 当仅使用氢燃料时, 全航程使用飞机上携带的液态氢燃料。对于这一系列创新技术的研发, 巴航工业认为, 未来 Energia 系列将成为一系列新技术验证的重要平台, 而巴航工业在新机型研发、取证、运行支持等方面的经验也将有助于公司进一步探索具有颠覆性意义的绿色技术的研发。如果进展顺利, 巴航工业希望 Energia 系列的相关技术和产品能够在未来 10 年内陆续投入使用。■

老巨头稳固市场 新能源分头突进 —— 2024 年民用航空动力市场与技术回顾

文 | 李蕴 朱靖

2024 年, 全球民用航空动力领域呈持续复苏向好态势。市场方面, 航空运输业增长带动新飞机和发动机需求增加, 主要发动机制造商提升产能并强化供应链管理; 可持续航空燃料市场由于成本较高, 产量不及预期。技术方面, 由于燃气涡轮发动机仍将是干支线客机的主要动力形式, GE、普惠、罗罗等传统航空动力巨头也将主要资源投入在此领域, 而以 ZeroAvia 为代表的初创公司则将主要精力放在新能源动力的开发上, 相关市场与技术进展呈现分化态势。

图 | unsplash.com



多措并举提升供应链能力

2024 年，GE、罗罗等主要 OEM 制造商多措并举，提升发动机产能，积极处理由于疫情和经济因素导致的大量积压订单。同时，普惠 PW1000G 系列发动机高压涡轮部件质量问题波及众多航空公司，带来较大经济损失，相关企业开始强化其供应链管理。此外，完成拆分的 GE 航空航天公司于 2024 年 4 月在纽交所独立上市，2024 年全年营业利润较 2023 年增长 17 亿美元，其中商用发动机订单增长 38%，利润增长 25%。

窄体客机动力方面，CFM 国际公司的 CFM56 与 LEAP 系列发动机占据了全球窄体客机动力市场的 75%。但截至 2024 年底，该公司积压订单总数已超过 10000 台，价值约 1540 亿美元。因此，两家公司聚焦发动机产能提升。其中，GE 航空航天投资 6.5 亿美元用于购买设备与升级设施，涉及美国的 22 家工厂与其他国家的国际工厂，以提升全供应链产能，还通过长期投资增强了内部与第三方 MRO 能力；赛峰集团在法国投资新建大型涡轮叶片工厂，以解决现有 LEAP 系列发动机涡轮叶片产能不足问题，预计 2027 年投产。

宽体客机动力方面，罗罗公司市场占有率约为 36%。2024 年，其投资 7010

万美元用于提升英国德比总部和德国达勒维茨工厂的遑达发动机生产、测试与维修能力，预计在 2025 年底，遑达系列发动机维修能力将较 2023 年增加 50%。GE 航空航天公司的 GE9X 发动机需求持续增长，订单总数已超过 950 台，该公司已于 2024 年 7 月向波音公司交付了首批 GE9X 发动机。

供应链方面，GE 航空航天公司的高压涡轮耐久性套件获得了 FAA 与 EASA 认证，有望将 LEAP 系列发动机在翼时间提高一倍以上。罗罗公司正在利用其在超扇发动机开发的新技术，升级遑达 XWB-84、XWB-97、遑达 1000 与遑达 7000 发动机的热端部件，并采用新型合金涡轮盘，多措并举将发动机在翼时间与目前相比提高 80% 以上。普惠公司在承认 PW1000G 系列发动机高压涡轮部件存在质量缺陷后，已在全球超过 40 家航空公司或租赁公司召回约 1200 台发动机。该公司加速了检查与换件速度，并采取措施优化供应链管理以确保后续产品质量。此前，普惠母公司 RTX 公司预计此次质量问题将导致其损失 60 亿~70 亿美元。

可持续航空燃料市场不及预期

使用可持续航空燃料（SAF）替换传统航空煤油是目前唯一可行的航空业深

度脱碳措施。然而，据 EASA 最新数据，2024 年，欧洲传统航煤市场价格平均为 734 欧元 / 吨，生物质 SAF 市场价格平均最低为 2085 欧元 / 吨，是传统航煤的 2~3 倍，而合成 SAF 的市场价格更是超过 7500 欧元 / 吨，极大影响了燃料公司与航空公司的生产、使用积极性，英国石油公司、壳牌公司等企业也暂停建设新的 SAF 生产设施或推迟了 SAF 产能提升计划。

据国际航空运输协会（IATA）估算，2024 年，全球 SAF 产量约为 100 万吨（13 亿升），占全球航空燃料产量的 0.3% 和全球可再生燃料的 11%，是 2023 年 50 万吨（6 亿升）的两倍。但这一数字与此前预测值 150 万吨（19 亿升）相比差距较大，直接影响因素即 SAF 成本过高，这可能会降低航空公司本就较低的利润率（2024 年航空公司利润率约为 3.6%）。

另据 IATA 计算，为达到 SAF 远期使用目标，至 2050 年，需要新建炼油厂总数为 3016 ~ 6658 个，资本支出达到 3.9 万亿~8.1 万亿美元。因此，需要政府提供强激励，从制度、资本、市场、技术等多方面扩大 SAF 的持续生产。

与此同时，以美国能源部为代表的国家机构和相关企业大力开展技术创新，缓解 SAF 高成本困境。美国能源部太平洋西北国家实验室和 LanzaJet 公司合作，开发了醇喷合成工艺，2024 年，第一家工厂已在美国正式投产，并计划在加拿大、英国、澳大利亚、印度等国新建 SAF 工厂，且该公司正在持续开发更低成本的工艺。美国能源部生物能源技术办公室和 Saffire 可再生能源公司合作，将玉米秸秆转化为纤维素乙醇，开发出了低成本工艺，该工艺正在转化为实际产能，预计 2025 年底投产。美国能源部阿贡国家实验室利用新型甲烷抑制厌氧消化（MAAD）技术，将有机废水转化为挥发性脂肪酸以



▲ Saffire 可再生能源公司在美国堪萨斯的新建工厂（图片来源：美国能源部）



▲ 开式转子发动机风洞试验（图片来源：GE 航空航天公司）

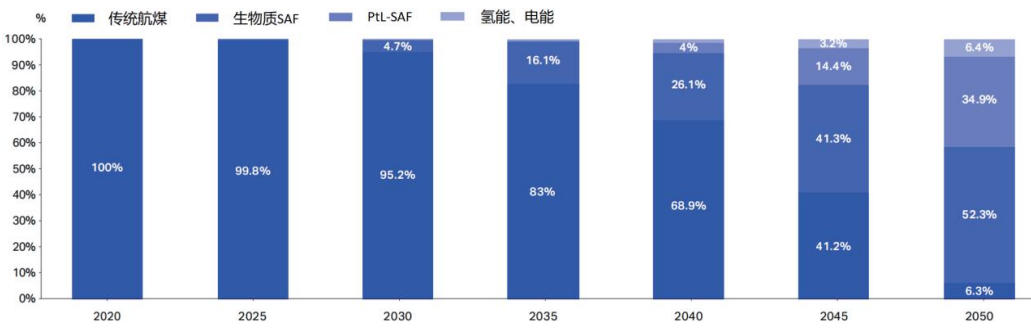
制备 SAF，减排量高达 70% 且具有成本竞争力。此外，美国 Terragria 生物燃料公司获得 600 万美元融资，利用一种新型嗜热细菌工艺分解纤维素生物质并将其转化为乙醇，该工艺通过物理过程代替了原工艺的热化学预处理过程，成本更低。

下一代民用涡扇发动机加速研制

由于新能源航空动力在技术、市场方面距离成熟还有很大差距，传统航发巨头仍将投入大量资源开发下一代民用涡扇发动机。

开式转子发动机聚焦风洞测试与集成研究。CFM 国际公司“可持续发动机革命性创新计划”（RISE）的开式转子发

IATA 预测的航空能源需求占比，其中 SAF 呈指数级增长，至 2050 年占比超 87%
图 | IATA Finance Net Zero CO₂ Emissions Roadmap
2024 年 9 月发布



动机于 2024 年开展了首轮风洞测试，采用五分之一缩比演示发动机，安装在同比例缩小的机翼上，评估发动机的空气动力学和声学特性，收集巡航状态的高速空气动力学数据，由此校准数值工具并评估安装方式对风扇性能的影响。开发团队在未来两年内将不断演进，最终开展全尺寸发动机的风洞测试。

该工作的一大特点是深度利用超级计算机，由 GE 航空航天公司、波音公司、NASA 和美国能源部橡树岭国家实验室联合攻关，总计算小时将超 84 万个，完成全尺寸开式风扇叶片及相关静子叶片的性能和噪声水平、模拟飞行条件下的空气动力学性能、迭代不同模型模拟集成性能等多项研究，以优化发动机设计，提高效率、噪声和其他性能。

下一代齿轮传动涡扇发动机开发关键部件。MTU 公司联合 GKN 航宇公司、德国航空航天中心（DLR）研发了两套试验台，分别为 EMVAL 和双轴压气机试验

台，开发了低压涡轮和高压压气机部件，将用于下一代齿轮传动涡扇发动机。新技术主要优化了组件间的协同工作，改进了空气动力学，开发并使用了更轻、更耐高温的新材料，使用了新制造工艺。

超扇发动机则重启飞行测试计划。罗罗公司由于未来市场不确定、自身经营等因素，一度暂停了超扇发动机的测试计划。2024 年 7 月，其宣布将与空客公司合作，重启超扇发动机的飞行测试工作，并验证其同时适用于单通道飞机。罗罗公司已经完成了第二台超扇验证机的零部件采购，将于 2025 年组装第二台验证机。

新能源航空亮点纷呈

2024 年，新能源航空取得了一些重要技术突破，但也有公司由于资金链断裂导致破产清算，总体上，该领域呈现出竞争分化加剧之势，未来不确定性加大。

2024 年 3 月，英国氢能航空联盟（HIA）发布了《里程碑交付报告》，分为启动氢能动力航空、航空制氢、机场用氢、做好飞行准备四部分，全面阐述了英国发展氢能航空所需的技术、监管、基础设施、金融政策和氢能供应等关键步骤和时间框架，提出了一系列发展建议，具有一定参考借鉴意义。

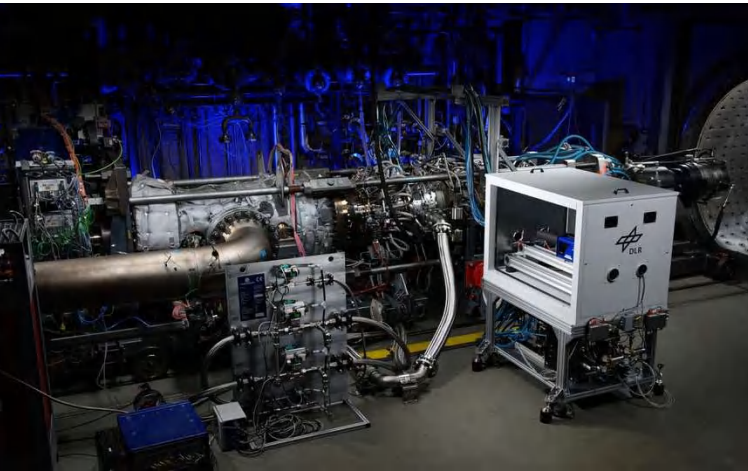
6 月，美国环球氢能公司由于融资失败宣告破产，该公司此前开展了一系列飞行测试并曾创造氢燃料电池最远飞行距离的世界纪录。该公司计划在 2024 年开展 10 次新的飞行测试，但由于资金短缺且无法筹集更多新投资，无法维持运转。但几乎在同一时间，美国航空公司与美国 ZeroAvia 公司签署了 100 台氢电系统的有条件购买协议，为支线喷气式飞机提供动力系统。此外，美国航空公司还将参与 ZeroAvia 公司的 C 轮融资，为该初创公

司的发展持续注资。

在上述不确定的大背景下，德、日政府加大投入开发氢能航空。德国致力于在 21 世纪 30 年代初实现氢燃料电池的商业化应用，其联邦数字和交通部启动了 BALIS 2.0 项目，由 H2FLY 公司牵头，DLR 和 Diehl 航宇公司提供支持，开发 350 千瓦氢燃料电池系统，为 40~80 座支线飞机提供推进系统，并最终实现未来 2 兆瓦氢燃料电池系统的商业化。日本在放弃国产飞机 SpaceJet 开发项目后，将目光投到未来氢电客机上，宣布启动 4 万亿日元投资包括氢电推进系统、氢燃料电池核心技术、功率控制 / 热管理 / 空气管理集成技术在内的氢能航空技术，目标是在 2029 年技术成熟度达到 6，为 40 座以上的飞机提供动力，抢占未来市场。

在氢能动力技术方面，DLR 和罗罗德国公司继续开展氢燃烧的研究工作，在模拟发动机真实工况环境下首次开展了发动机燃氢的光学观察和测量，旨在了解、预测并最终控制氢燃烧过程。此外，普惠加拿大公司也确认将使用 PW127XT 涡桨发动机演示氢燃烧技术。美国乔比航空公司完成了世界首次液氢燃料氢电力垂直起降技术验证机试飞，飞行距离约 841 千米，并剩余 10% 燃料。

在电推进领域，多家单位聚焦支线客机，开展混合电推进系统的地面测试，在不同测试环境下模拟混合电推进的实际工作性能，持续提升功率与安全性。其中，NASA 与 MagniX 公司完成混合电推进系统的首轮高空模拟试验，模拟高度约 8382 米，主要开展了放电安全性、可靠性与热管理系统研究。空客直升机公司在其“先锋实验室”验证机（用 H145 双发轻型直升机改装的试验平台）上探索混合动力架构，移除其中一台发动机，并用一台 500 千瓦的电动机取代，总目标是将直升机的



▲ DLR 与罗罗德国公司开展的氢燃烧试验（图片来源：DLR 官网）

油耗和碳排放减少 30%。莱特电气公司准备测试 2.5 兆瓦电动机，目标是为 100 座级客机以及军用飞机开发电推进系统，目前正处于开发与评估阶段。

结语

2024 年，全球民用航空动力领域在复苏中展现出韧性与变革特点，传统动力巨头通过产能优化与技术创新稳固市场地位，新能源技术则在分化竞争中探索突破路径。尽管 SAF 因成本高昂而面临商业化瓶颈，但多国政府与企业正通过政策引导与工艺革新加速破局。下一代民用发动机的研发与氢能、电推进技术并行发展，既凸显了行业对市场、效率与低碳的多重追求，也揭示了技术路线发展的复杂性。

展望 2025 年，随着供应链能力持续增强，积压订单的消化有望缓解行业压力，为市场注入新活力。SAF 领域的技术突破与扩大生产或将开始拉低成本曲线，推动其从政策驱动转向市场化发展。开式转子、超扇等下一代动力与新能源航空动力的测试与验证，也会持续推动航空业向更经济、更低碳方向发展。■

▼ 《里程碑交付报告》提出的氢能航空分阶段发展关键建议

● 持续稳定的政策支持 ● 吸引长期资本进驻投资 ● 吸纳全球科研与技术人才	
近期（2024年~2026年）	
● CAA应增加资金投入制定法规、标准	● 筹划建设氢能示范机场
● 增加本土液氢供应支撑开发测试	● 加速私企对机场氢能基础设施的投资
● 融资机制改革	● 允许TRL6以上的公共投资加速技术规模化
● 估算航空用氢需求	● 在2025年前建成国家氢能学院
● 开展电力系统改革降低绿氢成本	● 确定未来劳动力需求并开发培训课程
● 机场与各方合作规划未来氢能供应、储存、分配与加氢设施建设	● 为“未来飞行挑战”或类似技能提升项目提供额外资金支持
中期（2027年~2030年）	
● 相关法规、标准基本成熟	● 研究提升氢能飞机的价格竞争力
● 为航空公司与机场设立氢能过渡资金	● 初步建成氢能机场网络
● 保证至少10年的稳定资金投入	● 研究确定氢能车辆-管道运输“临界点”
● 明确2030年后的可再生能源、碳捕集、核能、氢能发展目标	● 成立“2035-2050”工作组评估未来低碳（或无碳）氢产能
远期（2031年~2050年）	
● 建成并运营氢能机场网络	● 提供足够的可再生电力用于制氢与氢气液化

民航客运：复苏与破局

文 | 柴雨丰

2024 年全球航空业延续了上一年度的盈利态势，国际航协 12 月预估 2024 年净利润将达到 315 亿美元。2024 年中国民航从疫情后的爆发式复苏回归为自然增长，在客运量大幅增长的带动下，结束了连续四年亏损的局面，全年航空公司整体盈利 44.7 亿元，比上年减亏增盈 102 亿元，有 20 家航空公司实现盈利。但航司的盈利基础仍不牢靠，改善效益状况是各航司当前最为迫切的任务。

不平衡复苏

首先，国内市场“加量不加价”，运输量虽然增加了，但收益率不理想。2024 年，国内航线客运量创历史新高，其中全年旅客运输量 6.65 亿人次，同比 2023 年、2019 年分别增长 12.6%、13.5%；旅客周转量 10200.8 亿人公里，同比 2023 年、2019 年分别增长 12.4%、19.7%。但国内票价水平表现不理想，据航班管家的统计，2024 年经济舱平均票价约为 767 元，同比 2023 年、2019 年分别下降 12.1%、3.8%。尽管民航局采取了控制航班时刻总量等措施来调节供需关系，但在运力相对过剩、面对高铁冲击准备不足应对乏力的共同作用下，行业内卷现象十分普遍。

▼ 图 | chinadaily.com



出现这种现象的原因在于国内缺乏持续的高收益热点市场，民航打零工、赚快钱、机会市场的特征明显。全年价格波动幅度大，考验航司的生产组织与销售，比如节前机票价格高，临近节日及节中、节后票价大跳水等情况屡次出现。

其次，国际市场复苏不平衡。国际航线全年旅客运输量 0.65 亿人次，同比 2023 年、2019 年分别增长 125.6%、-11.7%；旅客周转量 2713.9 亿人公里，同比 2023 年、2019 年分别增长 120.8%、-14.7%。客公里收入水平同比 2019 年增长约 8%，国际航线较 2019 年量降价增，仍处于恢复增长的阶段。中国政府拿出了足够的诚意和实实在在的举措，连续出台了若干单向免签国待遇政策，各机场口岸推出了便利支付行动方案。据航班管家统计，截至 12 月航班量恢复率为 74.8%，其中国内航司恢复率为 87%，国外航司恢复率为 57.6%，国内航

为迎合该市场特点，部分国内航司开始将高舱座位更改为更多座位数的经济舱，收入结构和收益品质较历史同期均发生较大变化。

司的航班量占比由 2019 年的 59.1% 提升至 2024 年的 68.5%。受北美及欧洲的局部市场恢复不理想的影响，平均航距较 2019 年下降约 3.5%。国际航线处于“四处找食”的状态，而非传统市场支撑了国际航线的门面，各航司退而求其次，新开航点基本覆盖了“一带一路”共建国家，一些疫情前想开通而未开通的航线实现通航。国际航线的恢复受国际关系、全球经贸往来等多重因素的影响，冰冻三尺非一日之寒，不是一朝一夕的事情。

第三，盈利基础出现重大改变。全球主流航空公司在 2023 年开始均实现大幅盈利，而国内航司连续盈利状况不佳发人深思。2024 年春秋航空、九元航空等低成本航空公司异军突起，领跑行业的效益增长，而传统航空公司延续效益颓势。全行业面临着运力过剩、资源利用效率低下的挑战。2024 年底中国民航运输飞机约 4390 架，较 2019 年底净增加约 570 架。而飞机日利用率为 8.9 小时，较 2019 年下降 0.4 小时，较美国航司的日利用率低 1 小时左右，无法摊薄高昂的固定成本。特别是 2024 年底还有 466 架宽体机，而宽体机是为长航线而生，大量的宽体机投放到国内航线，进一步提高了单位成本水平。

在供大于求、消费降低的大背景下，全行业依靠低价位、高运量来维系发展。全年客座率 83.3%，淡旺季客座率的差距在收窄，而平均票价高低成为判断淡旺季

的最重要参考依据。窄体机是新开中远程国际航线的新宠，比如国航乌鲁木齐至莫斯科、南航广州至亚莫尔兹比港等航程在6小时以上的航班均使用窄体机试水经营。国产客机机队规模继续壮大，为航司和乘客提供了另一种选择。

第四，高铁对国内航线的冲击不容小觑。乘客对选择航空出行爱恨交加。一方面是充分享受了航空出行快、票价大幅折扣等带来的出行饕餮盛宴，另一方面是国内航空出行在总时长、复杂天气下的准点率等指标并不完全占优势。而随着铁路路网的建设、高铁的提速、铁路运行图的优化和配套便民服务软实力的不断提升，铁路的竞争优势得以变现。高铁一等座、二等座的客公里收入分别为0.74元、0.46元，而三大航2024年半年报的客公里收入（含两舱）约为0.53元，高铁与民航的票价水平已十分接近。国内高铁运输竞争实力强劲，而民航对高铁的出现应对乏术。所以在双方重合市场上节节败退，“铁进航退”情况比较普遍。在淡季，多数机票价格已经低于同期的高铁票价，空铁票价倒挂将成为常态。

第五，成本要素喜忧参半。航油在成本结构中占比在30%以上。2024年油价较为平稳，原油价格重回2008年高位的可能性并不大，因此航油对行业效益的冲击在减弱。全年央行实施了两次全面降准、三次下调贷款市场报价利率等一系列操作，各企业能以更低的融资成本筹措到更多的发展所需资金。但全年美元汇率波动起伏，使得以美元为主要国际结算方式的航司承受巨大的汇兑风险，以上市航企2024年半年报的美元负债为基础，预计全年汇兑损失不低于50亿元。受供应链短缺影响，航司的维修成本迅速上涨，维修交付周期被迫延长。其中飞机大修成

2024 年铁路旅客发送量较 2019 年增速高于民航国内旅客运输量增速，特别是小长假以旅游出行为主，对时间衔接的要求特别苛刻，双方的运量增速差距更大。

本多采用资本化处置，其成本增量对未来的效益形成压力。2024年国外已有其他航司出现因供应链问题导致被迫停飞的情况，不过国内因运力相对过剩，维修供需矛盾暂时被掩盖，未来两年不利影响或将浮出水面。

第六，突发事件考验民航应对能力。极端天气是考验民航的大杀器，2024年民航面对的极端天气多、应对难度大、持续时间长、影响范围广、效益损失惨。比如三四月份的广东强暴雨强对流天气、9月登陆海南的摩羯台风等，面对此类极端天气，民航只能以取消航班、返航备降等方式应对。民航生产运行过程中的任何环节都可能在网络媒介的加持下被放大发酵，并进而承担一些不应该承担的责任。面对突发事件下的服务投诉事件，由于运输环节和责任判断的复杂性，航司往往只能以赔钱等方式息事宁人，也助长了一些不合理诉求。

破解发展难题的重点

首先，要积极深化改革破解发展难题。当前民航业处于大体量下的低速增长阶段，同时与铁路存在国内市场重合。

必须要发挥大交通体系下的大规划协同，认真组织国内中远程市场“十五五”规划和“十六五”展望，民航规划与铁路规划要一揽子考虑，避免低效、重复的投资建设。民航内部对市场容量、机队规模、航网布局、机场建设、空域保障能力等进行通盘考虑，按照木桶原理匹配增长预期。断舍离，坚决去低效产能。不贪大，聚焦民航的优势市场。不遗余力地抓机会市场和区域热点市场，通过内部挖潜、申请政策偏离等最大化释放供给弹性。进一步做强民航社会责任履职能力，对于重保任务、抢险救灾任务等要不折不扣地执行。针对目前市场参与主体较多、运力分散、打价格战等问题，应鼓励引导合并重组，让安全水平好、服务评价高的航司有更多的增长空间。采取灵活的飞机引进监管机制，从国家资产安全、战略储备、缓解供应链紧张的角度考虑，在引进批文方面给予更多的灵活性，将境外采购飞机尽快引进到位。对于空管、机场等保障单位，研究服务评价机制和根据服

2025 年对民航客运将是极不寻常的一年，供应链问题、汇率走势、高铁冲击、居民购买力及消费意愿、地缘政治变化等外部环境错综复杂，行业竞争将持续发酵，跨界合作诉求日益高涨，2025 年民航客运工作任重而道远。

务质量执行动态收费标准的可行性。鉴于我国民航已步入低速发展阶段，建议降低或取消对旅客征收的国内客票民航发展建设基金，为旅客出行减负，提高航空出行方式的性价比。

其次，要加强行业合作，形成发展合力。旅客的便利出行体验是检验民航运输工作的重要参考标准。而民航无效运输占用时间比较突出，比如枢纽机场地面滑行时间普遍较长、空域开放不合理等原因导致的航线非直线系数偏大，并没有充分发挥航班飞得快、飞得直、飞行准点的优势。根据全国政协委员赵东的分析，如果将我国空域航路效率提升至欧美水平，有效减少飞机在空中绕飞，每个航班可节约飞行时间13分钟，并可间接减少存量飞机保有量，降低票价水平。根据《机场商业评论》的研究，2023年中国机场航站楼总面积比美国少4.7%，但服务旅客数量较美国少33%。其中不乏机场设计不合理导致旅客出行体验差的原因。民航运行效率不高，有技术方面的掣肘，也有跨部门合作带来的效率损耗。民航业是最早市场化运营的行业，飞行器、航站楼、停机位、航路、航线时刻资源、其他各类保障资源等均由不同的市场参与主体来控制或管理，各主体间有不同的管理要求和利益诉求，全行业的合力效果容易发生折损。全民航要有“民航一家”的情怀和唇亡齿寒的危机感，抛开本位主义，集中精力研究如何让旅客出行更便利。在安检、值机结载时限、最低过站时长、停机位分配、进离港程序、申请临时航路等方面合作挖潜，各参与单位要主动领任务、扛考核指标，全力保障旅客便捷出行这一终极目标。

第三，尝试向低成本运营的转型。在经济前景不明朗、供大于求、出行替代方案竞争分流的作用下，消费降级的趋势

明显，而国内低成本航空在此轮消费降级中效益表现抢眼。飞机引进成本逐年递增，而适当增加客舱座位数可摊薄固定成本。减少非必要的服务流程，可压缩成本开支和节约服务保障时间。欧洲航司也在简化客舱布局、减少乘务员配置、取消餐食等方面进行改革尝试。因此国内有条件的航司可考虑向低成本航空转型。或减少现有飞机的公务舱座位数，变更为数量更多的经济舱座位。低成本运营的道理很简单，但实施起来同样面临着诸多未知风险。比如，当低成本航空达到一定规模时，需要适当增加选型方案来分散风险，与其单一构型的宗旨相违背。资本市场上并不缺钱，而是缺少能带来协同发展、带动重大经营转型的战略投资者。民航要主动放下身段去攀高枝，找到对自身业务增长有协同作用的战略投资者，利用其技术、客户资源优势来实现营销转型，变现流量创收。互联网零售型科技企业具备开展低成本航空的内在基因，不排除其通过借壳上市、收购现有航司股权等方式进军低成本航空。如果国产大飞机的交机量有保障，将进一步助力国内低成本航空的发展。

第四，统筹兼顾国际航线的全面恢复。在国内国际双循环相互促进的新发展格局下，国际航线能否全面恢复对航空公司的业绩增长至关重要，特别是宽体机占比较高的公司。但国际航线的新开或恢复背后依赖于双边政治、经济活动的交往程度，特别是高级别的政府、商贸活动才是保证国际航线效益的压舱石，单纯靠旅游、民间往来等不足以支撑国际航线的长远发展。因此各航司要坚持市场培育和效益兼顾的原则，避免各航司扎堆开航某个航点，可采用窄体机试水经营。对个别国际航线挤牙膏式的恢复情况要有打持久战、拉锯战的准备。总体运力过剩的问题将继续存在，要有机动灵活的应对方案，比如南航

发布拟出售波音 787-8 飞机公告、国航对老旧空客 A330 进行客改货。北美及澳洲航线复航率低、俄罗斯领空禁飞等将带动日韩、中东及土耳其等航司的中转业务，国内各航司要加大对航权的研究和与外航的合作力度，寻求更多的国际市场突破口。

第五，基于便利出行的空铁深度合作。与高铁的并存发展是中国民航的一大特色，民航人必须要清楚地认识到铁路运输的强大竞争力，必须要以时不我待的紧迫感和方便旅客便利出行为出发点，与铁路部门开展深度业务合作。目前困扰空铁合作的主要问题是机场与高铁站相距甚远，两地间没有直连交通运输服务，旅客跨界中转并不方便，空铁合作的愿景不足以让双方坚定决心和行动。对于机场、高铁非一体化的空铁联运，应考虑城市航站楼值机、免费中转巴士、托运行李直挂及安检互认、便捷中转通道等合作项目。即便是机场、高铁并存的一体化交通枢纽，往往也是一强一弱，铁路的发车量和通车站点并不多，不能高效、多时段地支撑空铁联运。双方的合作范畴不仅仅是一站式购买空铁两段的客票，后续空铁合作的便民举措还需要进一步丰富、细化落地，比如该机场要打造进出港的航班波，该高铁站要围绕进出港航班波进行适当的铁路运行图调图，空铁联运产品明确合理的最短衔接时间。当空铁一方延误导致旅客无法按原计划中转时，要有免费签转的保障。空铁双方要保持联运产品的供给比例和优惠力度，通过联程产品来引导旅客出行习惯，不能因为旺季保高收益就降低联运产品的供给比例。推动空铁交叉持股，以股权为纽带形成利益共同体，促进业务的深度合作。■

低空经济：向“六化”迈进

文 | 马杰

2024 年是我国低空经济全面起势的元年：从管理端看，治理架构持续完善，地方专项规划和实施方案密集出台，空域管理改革和新型基础设施建设有序推进，示范和试点工作取得积极进展，为低空经济发展构筑了保障体系；从行业端看，各类主体竞相布局，跨界融合发展催生多元业态，新技术、新产品、新场景持续涌现，核心赛道赢得资本青睐，为低空经济发展注入了创新活力；从公众端看，社会认知度逐步提升，业界信息传播的广度和舆论热度保持在较高水平，经济社会效益和产业发展前景获得广泛认同，为低空经济发展培育了市场潜力。

▼ 图 | 亿航智能



过去的一年，在系统指引与统筹推进下，我国低空经济在政策体系构建、产业链条培育、设施底座建设等方面取得了显著成效。

政策体系构建有力， 制度创新赋能行业发展

在顶层设计方面，“低空经济”被写入中央全面深化改革的重要文件和《政府工作报告》，战略地位不断提升；国家发改委成立低空经济发展司，工信部成立低空产业发展领导小组，民航局成立促进低空经济发展领导小组，低空经济基础设施建设纳入地方政府专项债券支持范围，《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》等行业政策出台，战略部署加速落实；《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》等文件正式施行，《通用机场管理规定》出台，法规体系日益完善。

在地方实践方面，广东、上海、重庆、北京等地相继出台低空经济产业高质量发展行动方案，安徽、山西、河北、湖南等地先后发布支持低空经济发展的若干措施，明确未来3至5年的具体发展目标和支持举措，进一步细化落实产业政策；天津、浙江、广东、湖南等地陆续组建低空经济平台公司，深圳、苏州、杭州、成都等地纷纷设立低空经济产业基金，充分调动人才、资本等资源要素，保障产业政策落地实施。

在监管创新方面，重庆、内蒙古、海南等地提出低空空域管理改革相关方案，探索构建“军地民”协同的运行管理机制，有序释放低空空域资源，空域监管更加灵活和高效；《通用机场管理规定》出台，最大限度为通用机场发展松绑减负，建设和运营监管进一步简化流程、减少干预；《民用无人

驾驶航空器系统适航安全评定指南》发布，适航审定主动对接新型航空器前沿技术，在守好安全底线的前提下，为产品设计和研制打开空间，产品监管规章体系不断完善。

产业链条培育加快， 新兴赛道激活增长潜能

在市场规模方面，各项数据显著增长。自2023年12月中央经济工作会议将低空经济列入战略性新兴产业以来，涉及低空经济发展的政策利好持续释放。据行业机构预测，2024年我国低空经济规模突破6000亿元，民用无人机出口额突破20亿美元。

在装备制造方面，新型号研制方兴未艾。亿航EH216-S获得民航局颁发的生产许可证，成为全球首个获得型号合格证、标准适航证和生产许可证“三证”的eVTOL产品。峰飞V2000CG获得民航局颁发的全球首张2吨级eVTOL型号合格证，大疆DJI Fly Cart 30获得民航局颁发的全球首张中型多旋翼运载无人机型号合格证，RX4E取得民航局颁发的我国首款正常类电动飞机型号合格证。航天彩虹-4获得民航局颁发的国内首张大型民用无人驾驶航空器特殊适航证。广汽GOVE获得民航局颁发的特许飞行证。中航工业AG60E和HH-100等型号成功完成首次飞行，AR-500C大型无人直升机交付湖南省应急厅，开展试运行。

在场景运营方面，“低空+”服务蓬勃发展。跨城、跨江、跨岛、跨海等特色航线日益丰富，城市空中交通体系不断完善。重庆五地低空短途运输、昆山—浦东机场、白云机场—海心沙、临港—嵊泗、崂山—胶东机场、海口—湛江等低空快线启动并成功实现首飞。低空配送实现规模化、常态化和特色化运营，美团无人机

2024年完成订单超20万单，顺丰丰翼无人机运输货物超520万件、黄山景区低空物资运送单日最大运输量突破6吨。无人机商业表演市场持续火热，深圳湾公园上空上演10197架无人机编队飞行，创下两项吉尼斯世界纪录。低空救援在应急体系中的重要作用不断显现，在广东、广西、安徽、贵州等地，应急管理部调动无人机开展汛期应急监测工作，充分发挥无人机优势支撑灾害风险防范和应急救援工作。

在产业布局方面，四大区域各具特点。京津冀地区：在企业招商上，三地签署《低空经济产业发展战略合作协议》，成立京津冀低空经济产业联盟并签约33个项目；在载体建设上，天津低空经济创新产业园、北京中关村低空经济产业园先后设立，石家庄装备制造产业园成功获批华北地区最大无人机试飞空域；在科研创新上，充分利用了京津冀高等教育资源和人才优势，北京航空航天大学获批全国首批“低空技术与工程”本科专业，中国民航大学新增“飞行器运维工程”和“无人机驾驶航空器系统”等专业。长三角地区：在企业招商上，通过“靶向招商”策略吸引峰飞航空、亿航智能等头部企业落户；在载体建设上，苏州设立了7个低空经济先导产业园，民用无人机试飞运行基地获授牌，合肥、芜湖、嘉兴等地产业载体加速推进；在科研创新上，由工信部支持、南京航空航天大学牵头的低空经济创新发展研究院成立，《长三角低空产业协同创新发展苏州共识》发布。粤港澳大湾区：在企业招商上，发挥大疆、顺丰丰翼、中航工业通飞等龙头企业的产业链吸引作用，吸引上下游企业集聚发展；在载体建设上，珠海横琴推动首个城市级全空间无人体系管控中心建设，深圳启动低空智慧物流中心建设；在科研创新上，成立香港科技大学（广州）低空经济研究院，成立广东省低空经

据民航局统计，2024年我国新增通航企业145家、通用机场26个，新增实名登记无人机110.3万架，累计完成无人机飞行2666万小时，同比增长15%。

济标准化技术委员会，推动技术创新与标准建设。成渝地区：在企业招商上，发布《场景赋能低空产业城市机会清单》，促成项目、场景、技术、需求有效对接，签署全国首个跨省（市）低空合作备忘录，携手做大区域低空运输市场；在载体建设上，依托两地强大的航空制造业基础，吸引低空装备制造企业和低空智联设备企业集聚，不断做强两江、自贡、金堂、梁平等航空产业园区；在科研创新上，依托重庆大学、中国民用航空飞行学院等高校，成立低空经济产业研究中心、低空经济高质量发展研究中心等科研机构。

设施底座建设加快， 自主产品引领国际标准

在通信系统方面，融合通信、感知等多种能力于一体的5G-A技术，让通信网络具备类似雷达的空间探测和追踪能力。中兴通讯等公司自主研制的5G-A产品在探测精度、感知算法、覆盖范围等方面均达到了国际领先水平，极大提升了对低空飞行器的跟踪和管理水平，目前已开始在地试点验证。基于5G-A设备，中国移动首创的鱼鳞新型组网、莲花波束覆盖、专用飞控保障等关键技术，为打造全球最大规模低空通信网奠定了技术基础。

在导航系统方面，5G+ 北斗融合导航技术为低空飞行提供厘米级高精度动态定位服务，可与国际同类先进定位技术相媲美。借助该技术能够使无人机精准执行低空物流配送、应急救援、作业飞行、测量测绘等任务，丰富低空经济使用场景。此外，我国已建成全球最大规模的 5G+ 高精定位网，为打造低空动态三维数据底座奠定了坚实的基础。

在飞服系统方面，广东深圳低空运行管理中心、安徽合肥低空联合飞行服务中心、湖南株洲低空综合服务中心、四川自贡低空运行管理服务中心、山东滨州低空飞行服务中心、江苏苏州低空飞行服务中心等市级低空飞行服务设施，以及江苏省低空飞行服务中心、安徽省低空无人机航行服务中心等省级低空飞行服务设施相继投入使用。此外，全国多地积极推进低空起降设施建设，深圳预计到 2025 年底建成超 1000 个起降场，苏州计划到 2026 年建成 1～2 个通用机场、200 个以上垂直起降点，无锡计划到 2026 年建成 200 处各类起降设施，合肥计划在未来三年建设超 30 个 eVTOL 起降点，广州计划到 2027 年建成 1 个跑道型通用机场、5 个枢纽型垂直起降场和 100 个常态化的起降点，嘉兴计划到 2027 年建成各类低空航空器起降场 150 个以上，全国飞服系统的短板正在加速补齐。

未来发展三方向

在过去一年中，低空经济的新质生产力潜能逐步释放，成为经济发展的新亮点，社会各界对其前景充满期待。展望未来，在未来两到三年，低空经济在空域管理、试点建设、行业治理等方面或有更多创新突破。

空域管理将更加精细化和智能化。随着监视、通信、导航、气象等设施建设进

一步完善，低空飞行“看不见、联不上、管不住”的问题将逐步解决，地方将逐步具备协助管理低空飞行活动的的能力，G、W 类空域将加快释放，低空空域资源利用将在分类、分级、分区、分时上达到更加精细化的程度。此外，随着通感一体、融合感知、AI 调配等技术进一步成熟，城市低空空域逐步实现智能化管控，为海量低空飞行提供更加安全高效的管控服务。

试点建设将更加示范化和特色化。未来几年将是试点城市建设的关键阶段，一方面试点城市将在空域利用、设施建设、运营场景、飞行服务等方面积累经验，形成具备全国推广价值的实践成果，为低空经济发展“打基础”；另一方面，试点城市将在技术创新、产品孵化、标准制定等方面加大投入，形成达到国际领先水平的解决方案，为低空经济发展“树标杆”。此外，试点城市建设将更加因地制宜、因势利导，各地将结合自身资源禀赋和产业基础，在低空出行、低空消费、低空装备、低空安防等维度形成特色化的发展路径，避免同质化发展。

行业治理将更加系统化和多元化。高水平安全是高质量发展的前提和基础，低空经济安全治理将面临双重考验，一方面随着空域开放、需求增长，飞行活动将迎来指数级增长；另一方面非合规行为和安全隐患难以避免。因此，有关低空运行的法律法规需加快出台，民航、公安、交通等部门的管理责任将加快明晰，形成更加健全的监管服务体系。此外，与运输航空和通用航空相比，低空经济将面向更为广泛的社会用户群体，因此由政府、企业、社会组织、公众等多元主体共治的体系将成为未来低空经济行业治理的方向。

2024 年，我国低空经济发展已经全面起势，在政策、市场和主体的同频共振下，将以蓬勃之姿迈向更加广阔的新阶段。■

全球电动航空发展分水岭将至

文 | 纪宇晗

在过去的 2024 年里，中国低空经济蓬勃发展，欧美 eVTOL 企业加快推进适航取证和商业运营，全球电动航空产业不断取得新成就，但暴露出的问题也日益凸显。回望过去，放眼未来，2025 年可能是各家企业交出“答卷”的成败之年。

国内发展回顾

eVTOL 适航取证稳步推进。2024 年，我国多家初创企业在 eVTOL 领域开展了广泛探索，亿航 EH216-S 获颁型号合格证（TC）、单机适航证（PC）和生产许可证（AC），三证均为全球首张，实现了“从 0 到 1”的突破。2024 年 7 月，中国民航局正式受理了合肥合翼航空递交的运营合格证（OC）

▼ 图 | global.chinadaily.com



申请。获得运营合格证后，合翼航空可以开展 EH216-S 航空器的商业运营。截至目前，我国另有 6 型 eVTOL 的 TC 申请获得受理，包括 2022 年受理的沃飞长空 AE200 倾转旋翼型，2023 年受理的沃兰特 VE25-100 复合翼型、时的 E20 倾转旋翼型，2024 年受理的小鹏汇天“陆地航母”多旋翼型、峰飞“盛世龙”复合翼型和零重力 ZG-ONE 多旋翼型。我国 eVTOL 航空器的适航工作持续推进，正在实现“从 1 到 10”的跃升。

全倾转旋翼构型取得突破。全倾转旋翼构型是 eVTOL 行业中门槛较高、技术相对复杂的一种技术方案。目前仅有以美国 Joby 公司 Joby S4-1 型为首的少量型号完成了样机制造与试飞。美国 Archer 公司 Midnight 以及我国沃飞长空 AE200、时的 E20 等型号均为部分倾转构型。2024 年 12 月，我国有两型全尺寸全倾转旋翼 eVTOL 完成了总装下线和首飞测试——华羽先翔 MARK1 和蔚蓝空间“云帆-2”eVTOL 航空器，实现了技术发展的里程碑。全倾转旋翼可以全部提供升力或巡航推力，动力单元可复用，具有载重比更高、飞行速度更快、理论航程更大等特点，在城市空中交通、应急救援等场景中具有更强的竞争力。但缺点也同样突出，额外增加了倾转机械结构和控制组件，飞控难度增加，对航空器整体设计的要求更高。

支线货运无人机加快推进商业化。支线货运无人机在我国的市场需求日益明确。随着低空经济逐渐受到商业市场的关注和无人机制造技术的发展，我国各家企业竞相发力，推出了多款吨级支线货运无人机。其中大多数采用传统发动机动力方案，少部分选择了涡轮电混合动力、纯电动力或氢燃料电池方案受限于技术发展水平以及电池价格等因素，仍处于探索阶段。2024 年 6 月至今，国内有多款新产品推出

或实现首飞。例如中航西飞 HH-100 货运无人机，采用传统动力，商载 700 公斤，设计航程 520 公里，飞行速度 300 公里/小时；白鲸航线 W5000 货运无人机，采用传统动力，商载 5 吨，设计航程 2600 公里；翊飞航空 ES1000 货运无人机，采用涡轮电混合动力，商载 1.5 吨，设计航程 1200 公里。低成本、高时效性是货运无人机的核心优势，我国制造企业正在加速推动货运无人机的商业落地。

分体式飞行汽车开创新发展方向。飞行汽车作为一种独特的产品类型受到了市场的格外关注，尤其是来自汽车行业的参与者对其尤为追捧。飞行汽车被定义为同时具备在地面行驶和空中飞行能力的一种航空器，早期的飞行汽车大多采用传统燃油动力和可折叠机翼，近些年随着电池、电机、飞控等技术的发展，飞行汽车开始广泛采用垂直起降方案。但无论技术如何发展，飞行汽车的安全认证和商业化推广仍困难重重，导致其长期以来一直是兜售“概念”的橱窗展品。随着城市空中交通（UAM）、先进空中交通（AAM）等概念在欧美国家兴起，我国也将低空经济作为发展新质生产力的重要方向，多家汽车企业开始将注意力放到飞行汽车这一结合了航空器与车辆双重属性的跨界产品上。分体式飞行汽车作为新方案被提出，飞行舱在起飞后和汽车底盘分离，任务结束后再降落到汽车底盘上。2023 年 6 月，广汽推出的飞行汽车 GOVE 是我国首款分体式飞行汽车，飞行舱采用了 6 轴+12 桨的多旋翼布局。2024 年 10 月，奇瑞发布了一款新型分体式飞行汽车，飞行舱采用复合翼构型，可以在引导装置的协助下重新降落到汽车底盘上。

分体式飞行汽车将飞行舱与汽车底盘分离，极大减少了起飞重量，是飞行汽车产品向商业化迈进的重要创新。在此之上，

我国汽车企业从“汽车产品思维”的角度也进行了其他的大胆尝试，例如小鹏汇天推出的“陆地航母”分体式飞行汽车，汽车部分既是机舱、起降平台，也是充电站，eVTOL 航空器几乎与汽车完全独立。汽车行驶到指定地点后将 eVTOL 航空器推到地面，完成飞行任务后再收回。小鹏汇天“陆地航母”计划在 2025 年 10 月取得型号合格证，2026 年上半年正式量产交付。“陆地航母”是一种全新的产品形态，如果该产品能够顺利完成取证并得到市场的认可，在低空经济甚至整个航空产业发展中都将具有划时代意义。

国外发展回顾

美国和欧洲的 eVTOL 产业逐渐拉开差距。随着欧美国家首批 eVTOL 航空器预计在 2025 年底完成适航取证，大西洋两岸的初创企业似乎正在走向不同的方向。在过去的一年里，eVTOL 初创企业在日益紧张的资本市场中越来越难以筹集资金，但 Joby、Archer 和 Beta 三家美国头部企业仍在近期融资了数亿美元。8 月，Archer 获得了一笔 2.3 亿美元的私募股权投资；10 月，Beta 获得超过 3 亿美元的 C 轮融资；Joby 和 Archer 分别与斯特兰蒂斯和丰田汽车公司达成协议，在未来数年内追加数亿美元的投资。融资的成功使得三家美国初创企业获得了充足的现金流，经营状况整体良好。在此基础上，这三家企业稳步推进大规模生产和适航取证计划。Beta 计划在 2025 年底完成电动常规起降飞机的适航取证，2026 年完成 eVTOL 适航取证，佛蒙特州工厂已于 2023 年底开业，预计年产量 300 架；Archer 和 Joby 则计划在 2025 年底前在阿联酋开展 eVTOL 客运业务，Archer 乔治亚州工厂和 Joby 俄亥俄州工厂预计在 2025 年初开业，理论年产

量分别为 650 架和 500 架。

在大西洋的另一侧，欧洲国家的电动航空企业日子并不好过，三家头部初创企业 Lilium、Volocopter 和垂直宇航均陷入了困境。德国 Lilium 公司自 2017 年以来筹集了超过 14 亿美元，但在最后一次获得政府贷款担保失败后，该公司于 10 月申请破产。虽然 Lilium 在 12 月 25 日又找到了新的投资者并起死回生，给行业表演了一次“圣诞奇迹”，其面临的根本性问题仍未得到解决，即产品研发的难产和性能水平的不达标。在本轮投资用光之后，Lilium 还能再次上演“圣诞奇迹”吗？另一家德国初创企业 Volocopter 也步其后尘，在现金储备耗尽、申请政府资助遭到拒绝后于 12 月 30 日宣布破产。不过有 Lilium “仰卧起坐”的案例在前，Volocopter 的命运仍然存在变数。该公司计划在破产程序期间继续业务运作，同时寻求额外融资。曾有消息称，吉利汽车公司考虑以低于 1 亿美元的估值收购 Volocopter 多达 85% 的股份。

另一方面，英国垂直宇航公司 11 月宣布获得了 5000 万美元新融资，现金流可以维持到 2025 年底，但代价却是公司极低水平的日常研发支出。垂直宇航计划在 2028 年获得适航取证，推进适航工作就势必加大资金投入，进而导致现金流的快速耗尽，而如果不推进适航工作，又难以获得新一轮的融资，垂直宇航似乎已经陷入了死循环之中，它的未来可能会十分艰难。

与此同时，巴航工业子公司 Eve Air Mobility 计划在 2025 年初完成 eVTOL 首飞。该公司在 2024 年上半年通过股本筹集了 9600 万美元资金，下半年从巴西国家开发银行和花旗银行获得了近 1.74 亿美元的银行贷款，旗下圣保罗陶贝特工厂 eVTOL 年产量预计为 120 架。但 Eve 的整体研发进展较为缓慢，如果 2025 年初

不能按期完成首飞，其在 2026 年实现适航取证的计划将十分渺茫。同样活跃在电动航空领域的还有韩国现代集团旗下的 Supernal 公司和日本初创企业 SkyDrive。2024 年 8 月，SkyDrive 宣布在 C 轮融资中筹集到 80 亿日元，并提出在 2025 年大阪世博会之后开展大阪地区的 eVTOL 商业运营。

根据 SMG 咨询公司的预测，一架 eVTOL 从设计到完成适航取证的研发投入在 10 亿美元以上，并非所有的初创企业都能筹集到如此巨量的资金。在当前的全球经济环境下，稀缺的资本投资更愿意向美国市场的头部企业集中，因为这意味着更低的风险和更高的投资回报率。如果没有足够强大的背景，欧洲等地区的初创企业可能会越来越艰难。2025 年，电动航空舞台上玩家之间的差距还会进一步扩大，美国有可能在未来几年完全超过欧洲的 eVTOL 行业。

2025 年展望

与欧美国家的同行相比，我国电动航空企业可以享受到电动汽车（EV）和无人

机（UAV）产业建立起的强大供应链体系和技术优势。我国的无人机产业在全球占据了主导地位，电动汽车产业也取得了举世瞩目的成就，极大促进了电池、电机、飞控等关键技术的进步。小鹏、吉利、奇瑞等汽车企业直接或间接参与到电动航空产品的研发中，为行业的发展注入活力。

根据 SMG 咨询公司等国外机构的预测，我国单个型号 eVTOL 的全周期开发成本约为 10 亿人民币（1.4 亿美元），而这一数字在欧美国家要 10 亿美元以上，我国的开发成本仅为外国同行的七分之一，具有较强的时间和成本优势。我国庞大的市场需求提供了足够的内需动力，低空经济产业的后发优势明显，尤其是在航空物流配送、城市空中交通等新兴领域具有全球独一无二的市场需求。货运业务可能是未来一段时间内增长最快的应用方向，在布满河流、岛屿的东部沿海地区以及广袤的中西部地区，各种类型的无人货运航空器有着广阔的市场空间。

我国在国家和地方层面高度重视低空经济的发展，各地方政府出台了许多实质性的激励政策。据不完全统计，从 2022 年至今，全国各地共出台低空经济直接相关政策文件近 160 部。以深圳市为例，目前在市辖区内已规划了三个低空经济研发基地，八个无人测试场 / 飞行试验区，目标到 2025 年商用低空航空器同时在空 1000 架以上，低空商业航线突破 1000 条。在政策、市场、供应链、技术等多重优势的加持下，我国 eVTOL、货运无人机等电动航空器的发展逐渐提速，2025 年有望迈向新的高度。但我们也应注意到，电动航空的发展目前仍以无人应用场景为主，载人空中飞行尚不完全成熟，尤其是城市空域的开放和适航取证需要更多时间，我们畅想中的城市空中交通未来图景至少要到 2028 年之后才有可能迈向现实。■

霍尼韦尔 “一分为三”

文 | 魏君

2025 年新年伊始，工业巨头霍尼韦尔公司的拆分计划终于尘埃落定。在经过一年多的全面业务组合评估后，公司将分拆自动化业务和航空航天业务，加上早前已经剥离的高性能材料业务，未来霍尼韦尔将成立三家拥有不同战略和增长动力的独立上市公司。这项分拆计划将在 2026 年下半年完成，并以对霍尼韦尔股东免税的方式执行。对于站在发展十字路口的行业巨头而言，霍尼韦尔的这场拆分或将是一场及时雨。

不断尝试业务调整组合

从欧美大型工业企业的发展史不难发现，技术和资本犹如一对孪生兄弟，只有两者都强大，才有可能基业长青。纵观航空业百年的发展史，企业间的兼并、重组以及不断的业务组合调整更是“家常便饭”。

1999 年，美国联信公司与霍尼韦尔公司为了实现资源的优化组合，决定两家企业以合并的形式实现强强合作，合并后的公司沿用霍尼韦尔这个名字，并成功坐上了美国航空业供应商的“第一把交椅”。此后的 20 多年里，作为一家多元化科技公司，霍尼韦尔通过收购不断扩展其业务和技术领域。

其中在航空航天领域最具影响力的要数 2016 年 2 月，霍尼韦尔公司曾试图向美国联合技术公司（UTC）发起收购。当时霍尼韦尔公司的设想是，如果收购成功，其总市值将达到 1600 亿美元，成为覆盖航空电子系统、动力、材料、零部件等领域的“超级巨无霸”，但这笔收购最终因为反垄断监管而未能成功。

与很多企业一样，在经历了由于疫情导致的行业低迷之后，霍尼韦尔也在寻求转变，开启转型的新篇章。2023 年公司宣布，将调整业务组合，并聚焦自动化、未来航空和能源转型三大发展趋势。公司表示，更新后的组织架构将包括四个业务集团，以霍尼韦尔加速器（Accelerator）运营系统和霍尼韦尔企业智联（Honeywell Connected Enterprise）集成软件平台为依托，赋能霍尼韦尔更好地为客户提供服务，并使公司在任何环境中都能取得出色表现。

四个业务集团分别是霍尼韦尔航空航天科技集团 (Aerospace Technologies)，作为知名的一级供应商，霍尼韦尔的航空航天产品几乎应用于全球所有商用飞机平台，业务调整后将着重推动先进空中交通和通过飞机电气化实现更大程度的可持续发展。智能工业科技集团 (Industrial

▼ 图 | linkedin.com



Automation)，其定位是依托在工业自动化领域超过 50 年的深厚历史，赋能流程工业运营，打造领先的传感器技术，促进供应链自动化，使仓库更加智能，并提升工人安全。基于在控制和自动化技术方面的核心优势，该组合业务将助力客户取得更好的商业成果，并促进霍尼韦尔的业绩增长。智能建筑科技集团（Building Automation），其定位是通过硬件、软件、传感器和数据分析，助力客户将建筑转变为集成、安全、更可持续的资产。公司的解决方案和服务已应用于全球 1000 多万栋建筑，智能建筑科技集团将继续夯实霍尼韦尔在医院、机场、教育设施和数据中心等终端市场的地位。能源与可持续发展技术集团（Energy and Sustainability Solutions），数十年来，霍尼韦尔专注于可持续发展领域，助力推动能源转型，提升韧性和效率，减少温室气体排放，并促进循环经济发展。霍尼韦尔在这一领域的专长将继续在各终端市场助力解决最为严峻的全球性挑战。

在这次业务调整中，霍尼韦尔曾表示，公司致力于实现差异化的盈利增长。在全面检视公司业务组合之后，未来霍尼韦尔将围绕三大强劲的关键趋势开展业务，每个业务板块都以数字化能力和解决方案作为支撑。简化后的架构将使霍尼韦尔实现协同效应，从而加快创新进程，并充分利用财务优势，通过霍尼韦尔加速器运营系统释放出更大的价值。

战略收购 + 业务剥离

此后的 2024 年，霍尼韦尔围绕 2023 年提出的业务调整，完成了多项战略性收购，实现了 90 亿美元的资本部署，并简化投资组合，宣布了两项关键的业务剥离。

2024 年 4 月，霍尼韦尔收购了空气产品公司（Air Products）的液化天然气（LNG）工艺技术及设备业务，这笔收购进一步巩固了公司在能源转型领域的地位。2024 年 5 月，霍尼韦尔以 19 亿美元收购了 CAES 系统公司，这笔收购增强了公司在高端航空航天和国防技术领域的实力，拓展了其在关键任务系统和电子设备方面的业务。2024 年 6 月，霍尼韦尔以 49.5 亿美元收购了开利全球（Carrier Global）的安防业务，此次收购增强了公司在云服务和解决方案方面的创新能力，收购后，霍尼韦尔的产品组合新增了 LenelS2、Onity 和 Supra 等知名品牌。

2024 年 11 月，霍尼韦尔以 13.25 亿美元将其个人安全防护设备业务进行了出售，进一步聚焦主业。同时，霍尼韦尔还宣布将其高性能材料和技术业务（HPS）进行拆分，拆分后的公司将独立上市。霍尼韦尔的高性能材料和技术部门是其重要的业务之一，主要包括先进材料，如用于半导体、光伏、电子、汽车和航空航天等行业的高科技材料；特种化学品，如高效的化学品、涂料、密封剂、清洁剂等；过滤和催化产品，如用于能源、环境、工业应用的高性能产品。通过分拆可以实现三方面的好处。一是有助于公司专注增长领域，更关注于数字化、智能建筑、航空航天等高增长行业的投资和创新。二是增强公司的市场价值，分拆后的公司独立上市后能更有效地反映其业务价值，并吸引更多专注于该领域的投资者。第三则是对于股东的回报。分拆后，霍尼韦尔预期可以给股东带来更大的长期价值，同时新公司也能获得更多的财务灵活性。

2025 年 1 月，霍尼韦尔发布全年业绩报告，报告显示公司 2024 年全年实现 384.98 亿美元销售额，同比增长 5%，内生式销售额增长 3%（剔除庞巴迪协议的

影响后内生式增长 4%），超出此前的预期。营业收入增长 5%，营业利润率保持不变，而部门利润增长 1%（剔除庞巴迪协议的影响后为 6%），部门利润率收缩 90 个基点（剔除庞巴迪协议的影响后为 20 个基点），这得益于工业自动化的长周期业务又一个季度的强劲表现。全年每股收益为 8.71 美元，同比增长 3%。调整后每股收益增长 4%，至 9.89 美元；剔除庞巴迪协议 0.45 美元的影响，调整后每股收益增长 9%，至 10.34 美元。

靴子落地

对于这份业绩报告，霍尼韦尔董事长兼首席执行官柯伟茂表示，“2024 年在充满变化的运营环境中，公司在业务组合方面取得了重大进展，尤其在第四季度，公司销售额和调整后每股收益，均超过指导范围上限。同时，公司董事会已完成全面的业务组合评估，决定将分拆自动化和航空航天业务。此次分拆，加上此前宣布的高性能材料业务分拆计划，将产生三家具有行业领先优势的上市公司，拥有独特的战略和增长动力。柯伟茂强调，这三家独立的、具有领先优势的公司，建立在我们奠定的坚实基础之上，每家公司都追求适合自身的成长战略，并为股东和客户释放巨大价值。过去的 2024 年，霍尼韦尔的简化进程迅速推进，并通过重塑投资组合，为股东创造更大的价值。如今，进一步的拆分计划将更有助于公司的长远健康发展。

霍尼韦尔表示，在拆分和业务重组的过程中，公司将依托数十年的创新传承，利用过程技术、软件和人工智能赋能的自主解决方案，打造面向未来的建筑和工业基础设施，助力客户在生产力、可持续性和安全性方面实现飞跃。作为一家运营结

构简化、重点突出的独立公司，霍尼韦尔将更充分地顺应全球发展趋势，支撑其业务的全力发展——从能源安全、可持续到数字化、人工智能。

对于在此时将航空航天业务独立，霍尼韦尔特别强调，伴随着航空业新格局的形成，现在是时候将这一业务独立发展了。作为航空航天业重要的供应商，多年来霍尼韦尔通过不断的技术创新为航空业带来了革命性的变化，独立拆分意味着公司这一业务将开启新篇章。

在公司最新发布的公告中，对未来三家独立公司都进行了初步规划。第一家独立公司是霍尼韦尔自动化，公司希望通过拆分独立后，这家独立子公司能够成为工业领域从自动化向自主化转型的全球领导者之一，拥有助力客户提升生产力的全方位技术、解决方案和软件组合。同时，霍尼韦尔自动化将继续保持全球化运营，其 2024 年营收约为 180 亿美元。未来，霍尼韦尔自动化将通过资产、人员和流程的一体化推动数字化转型，依托数十年的技术领先地位、深厚的行业经验和庞大的已有客户基础，服务一系列高增长的垂直行业。

▼ 图 | 霍尼韦尔



第二家独立公司霍尼韦尔航空航天，这也是其所有业务中最赚钱的板块，该业务板块 2024 年营收超 150 亿美元。目前，全世界几乎每一架商用飞机上均有霍尼韦尔航空航天的各类技术和解决方案，包括飞机推进系统、驾驶舱系统和导航系统以及辅助动力系统。凭借庞大的遍布全球的客户基础，独立后的霍尼韦尔航空航天将凭借其在技术和系统方面的领先优势，继续通过提高飞行电气化和自主化来打造未来航空业务板块蓝图。

第三家则是早前已经宣布分拆的霍尼韦尔高性能材料公司，该板块 2024 年营收近 40 亿美元，提供的技术包括具有突破性的低全球变暖潜值 Solstice® 氢氟烯烃（HFO）技术等。未来，该独立公司将成为专注于可持续发展的特种化学品和材料业务，力争在氟产品、电子材料、工业级纤维和医疗包装解决方案领域处于领先地位。未来，作为一家拥有大规模制造基地的独立公司，霍尼韦尔高性能材料公司将受益于其具有吸引力的投资组合和更灵活、更优化的资本部署策略。

具体交易方面，霍尼韦尔也已披露了一些信息。其中，自动化和航空航天业务的分拆计划预计将以对霍尼韦尔股东免

图 | 霍尼韦尔 ▼



税的方式实现，计划于 2026 年下半年完成，但须符合某些惯例条件，包括但不限于向美国证券交易委员会提交适用文件（包括表格 10 注册声明）及其有效性、获得分拆后对霍尼韦尔股东免税的常规确认、收到适用的监管批准和其他例行批准，以及霍尼韦尔董事会的最终批准。

同时，霍尼韦尔正在继续执行其先前宣布的高性能材料业务的分拆进程，该业务预计于 2025 年底或 2026 年初完成。未来，这三家独立公司将拥有充足的资本和财务灵活性，以抓住未来的增长机会。霍尼韦尔自动化和霍尼韦尔航空航天预计将保持强劲的投资级信用评级。同时，公司也强调，到 2025 年，霍尼韦尔将超过其之前承诺，计划投入至少 250 亿美元用于高回报资本支出、股息、机会性股票购买和增值收购，公司将在分拆过程中继续其业务组合的转型，以增强每项业务的价值主张。

对于 2025 年的业绩，公司也在宣布分拆后一并进行了预测信息发布。霍尼韦尔预测，2025 年，公司预计销售额为 396 亿至 406 亿美元，内生式销售额同比增长 2% 至 5%。部门利润率预计将在 23.2% 至 23.6%，部门利润率增长 60 至 100 个基点。调整后每股收益预计为 10.1 至 10.5 美元之间，同比增长 2% 至 6%。运营现金流预计为 67 亿至 71 亿美元，自由现金流为 54 亿至 58 亿美元。剔除庞巴迪协议的影响，公司预计内生式销售额将同比增长 1% 至 4%，部门利润率同比下降 10 至 30 个基点，调整后每股收益同比下降 2% 至增长 2%。指导假设已宣布的个人安全防护设备业务的出售将在 2025 年年中完成。■

空客推迟氢能飞机计划

文 | 张晋

2025 年 2 月 6 日，空客公司正式对外宣布，由于受到氢能技术成熟度不够、相关产业链和基础设施尚未成熟等一系列因素的综合影响，公司决定将氢能飞机问世的时间从 2035 年推迟，具体各项目的推迟时间略有不同。与之相对应的，空客还将下调与氢能飞机相关的预算经费，并暂停基于 A380 的氢燃料电池测试计划。而就在推迟氢能飞机研制前不久，空客还宣布了由于电池技术研发难以满足商业运营的要求，公司决定暂停其 2024 年启动的“City Airbus NextGen”项目，即业界所熟知的空客“空中出租车”项目中的最新型号。从空客接连暂缓和叫停新能源飞机项目中，我们不难看出，一方面新能源的使用绝非一家企业所能主导，它需要整个产业链乃至国家、地区的大力支持与配合。另一方面，处于航空业产业格局重塑的关键时刻，空客选择了将更多资源投向传统领域。

▼ 图 | autoevolution.com



宏伟蓝图

2020 年 9 月，空客对外公布了一份宏伟的氢能航空发展规划和三个零排放的商用飞机概念方案，并表示最快将于 2035 年开始向客户交付使用氢能源的零排放商用飞机。

空客的这一方案一经发布就引起了业界的热议。这些热议不仅仅是围绕空客这一宏伟规划展开，更重要的是，业界普遍意识到了，空客发布的这份规划，不单单是一个简单的新机型规划，更是欧盟能源结构战略转型这一重大战略布局的非常重要的组成部分。从这个角度来看，此次空客发布的这份氢能源飞机计划，体现的是欧盟的雄心，即将欧洲打造成低碳航空运输和能源转型的全球领导者。

空客发布的零排放飞机概念机的代号为 ZEROe，包括三个不同类型的产品。第一款概念机型的外观类似于传统的涡轮喷气发动机机型，但机身更长，载客量为 120 人到 200 人，相当于目前 A220 或 A320 机型，航程超过 3500 公里。这款飞机依靠氢能驱动的涡轮发动机提供动力，而氢能则储存在位于飞机后部的燃料舱内。该机型只需在现有机型基础上做小幅改动，加装一块同样使用氢能的燃料电池，以便在需要时为发动机提供额外推力。第二款概念机型是使用涡轮螺旋桨发动机的支线飞机，载客量为 100 人左右，航程为 1800 公里。涡轮螺旋桨发动机同样由氢燃料驱动，适用于短途飞行任务。第三款概念机采用翼身融合的方案，航程可达到 3700 公里。翼身融合构型可以灵活设计客舱布局与氢燃料存储，载客量可达到 200 人左右。

从技术层面来看，空客发布的这三款氢能源飞机，前两个机型的设计是基于现有支线和干线机型的动力改装，与完全使用电驱动的一些预研设计相比，技术难度明显降低。也正因为如此，当时空客就在方案上明确提

到，实现这个氢能航空计划最大的难点并不是在技术上，而是希望得到政府更多的支持，如基础设施、产业链建设等。此后的几年里，空客围绕氢能飞机的技术研发、基础设施和产业链建设等方面，与各界开展合作，并取得了一些初步的成果，但这些成果与实现氢能飞机的大规模商业运营所需的条件相比，仍相去甚远。

探索实践

为了按既定时间表推进氢能飞机的研制，过去几年里，空客通过利用美国和欧洲发动机制造商的专业能力推动氢燃料技术向前发展，而这也是空客 ZEROe 项目的核心所在。

2020 年 12 月，赛峰、空客和阿丽亚娜集团在法国政府的未来投资计划（PIA）的支持下，共同开展了一个名为 HyPERION 的联合研究项目。HyPERION 的目标是探索安全和高效的氢气推进技术解决方案，在 2035 年前为商业航空提供化石燃料的替代品。HyPERION 项目涵盖了从燃料离开油箱到喷出点燃气体的整个过程。分配电路的定义在很大程度上借鉴了阿丽亚娜集团在阿丽亚娜发射装置上的燃料行为经验。氢气以液体形式储存，然后进行调节，使其在发动机中达到最佳温度和压力。

2023 年 5 月，阿丽亚娜集团在其弗农测试设施成功地进行了概念验证测试，为航空燃气轮机提供氢气调节系统；这一首次实验是通过重新使用最初为空间应用设计的设备（电动泵、燃气发生器、换热器）而实现的。这一演示是将阿丽亚娜集团的空间技术扩展到航空应用的第一步。

在 2020 年发布了 ZEROe 项目的三款产品后，2022 年年末，空客又发布了 ZEROe 项目的第四种构型产品——100 座级的高翼支线客机，其发动机吊舱上装有 6 个八叶螺

旋桨，这也是空客的一项专利构型。虽然从外表上看类似于涡轮螺旋桨发动机，但这些吊舱实际上包含氢燃料电池，这些氢燃料电池通过电化学反应为电动机提供动力。此前空客的设想是推出功能完备的兆瓦级燃料电池发动机和验证机，从而能够在 2026 年左右进行飞行测试。同时，空客还宣布该原型机将采用其多模式飞行测试平台，即标志性的 A380 MSN001 号原型机。

2022 年空客与 CFM 国际公司共同发布公告，双方将合作以 A380 飞机为平台，开启氢动力飞行的新时代，并最终在 2025 年左右共同启动一项氢示范项目。该项目旨在对氢燃料发动机进行地面和飞行测试，为 2035 年前将一款零排放飞机投入使用做好准备。该示范项目将使用一架 A380 测试飞机作为飞行测试平台，配备由空客在法国和德国的工厂准备的液氢罐。空客还将负责制定对氢推进系统的要求，监督飞行测试，并提供 A380 平台在巡航阶段对氢燃料发动机进行测试。

为了能够采用氢燃料运行，CFM 国际公司将对 GE Passport 发动机的燃烧室、燃料系统和控制系统进行改造。该发动机在美国组装，因其物理尺寸、先进的涡轮机械和燃油流动能力而被该项目所选用。它将被安装在飞行测试平台的后机身段上，以便对发动机的排放（包括尾迹）与为飞机提供动力的发动机的排放进行独立监测。CFM 将在 A380 飞行测试之前完成大量的地面测试。

同时这架计划用于飞行试验的 A380 飞机还将进行外部改装，加装携带燃料电池的发动机吊舱。同时，飞机机身后部的客舱里将安装一个独特的低温储罐，以储存液氢。然后，通过与储罐相连的供应管线以及机身外部的空气动力学承重支撑结构与发动机吊架接口相连，最后分配到燃料电池中。在燃料电池内，还有通过受控空气流（来自周围大气）提供的氧（O₂）分子。因此，燃料电

池内部会发生反应，产生直流电（DC），然后再通过逆变器转换成交流电（AC）。之后，吊舱前部附近的电机通过将扭矩传递给减速齿轮箱，将电能转化为机械能。在推进链的末端，由螺旋桨提供推力。燃料电池产生的热能通过液体冷却系统输送到热交换器，随后散发到周围空气中。水也会作为电化学反应的副产品产生，并从吊舱后部的出口排出。

之后，这一创新的燃料电池系统在位于德国慕尼黑的电动飞机系统测试室（EAS）进行了测试，并在 2023 年上半年实现了 1.2 兆瓦的燃料电池全功率运行纪录。但空客此次公布的信息中，未来计划在 A380 飞行试验台上进行的燃料电池动力系统飞行测试也将被取消。

除了这些技术上的探索之外，空客还与多方围绕基础设施和产业链建设等开展合作探索。在氢气基础设施建设方面，空客与多方围绕氢气的生产、存储、运输和加注技术等开展了一些技术研究，并先后与亚洲、欧洲和北美洲的多个机场签署了协议，计划在这些机场建设加氢站。

例如，2024 年空客与日本关西机场和川崎重工签署谅解备忘录，共同推动氢气基础设施建设工作。计划在关西国际机场建立氢气供应链，以支持未来氢能飞机的商业运营。与加拿大蒙特利尔 - 特鲁多国际机场、多伦多皮尔逊国际机场、温哥华国际机场等合作，围绕氢气的生产和配送等方面开展合作。与全球知名的工业气体公司林德（Linde）开展合作，希望能够在全球范围内开发氢气供应和存储基础设施。根据当时的规划，这项合作涵盖从氢气生产、存储到机场加注站的各个环节。

任重道远

近年来，氢能源的利用之所以如此受到重视，除了节能环保方面的考虑之外，能源

结构的转型或许是更深层次的考虑。当今，国际形势变幻莫测，俄乌冲突、巴以冲突等都让各国进一步意识到，提高能源自给保障能力、提升能源战略安全的重要性。因此，空客在 2020 年推出氢能飞机计划的同时，一个很重要的背景就是欧盟对它的大力支持。在空客发布氢能飞机计划的三个月前，法国已经出台了高达 150 亿欧元的航空业支持计划。计划明确提出，政府在未来 5 年内将每年投入 15 亿欧元资助企业进行技术研发，而最具优先权的项目就是 2035 年实现零碳排放的绿色飞机计划。根据法国政府的计划，这一“绿色飞机”发展计划希望空客在 2030 年左右能够推出 A320 系列飞机的继任者，技术目标是实现燃油消耗降低 30%，2035 年左右推出零排放的氢能飞机。从这个角度来看，空客当时推出氢能飞机计划完全契合了政府的要求。但现实却远比设想要复杂得多。对此空客首席执行官坦言，氢能飞机项目高度依赖多个关键因素，其中氢气的广泛应用和基础设施建设是核心要素之一。

氢能飞机要取代传统燃油飞机实现大规模商业运用的一个重要前提就是基础设施建设，这项工作耗资巨大，绝非一家企业可以实现。以美国为例，全美共有 11 万个汽车加油站和 6000 个卡车加油站，与之相比，85% 的商业航班集中在 40 个机场，剩余的 15% 的航班则分布在 450 多个机场。能源加注的网络越大，整体更换它的难度就越大，成本也就越高，各个更小的站点需要更复杂的燃料后勤保障体系，并且每分配 1 千克燃料将产生更高的摊销成本。在这个对比中，商业航空运输的燃料加注网络就具有很大的优势，由于网络更集中、单个站点更大，因此可以相对容易地升级燃料保障体系。同时，燃料系统的整体更新换代需要大量资金投入和人力投入，没有地方政府的支持，是很难见效果的。对此，国际航空运输协会（IATA）早前就曾指出，若政府不主导投资，氢能飞

机最终只能沦为“纸上蓝图”。纵观全球，目前也只有挪威奥斯陆机场等少数站点启动氢能试点，大规模推广遥遥无期。

此外，氢燃料的生产和储存问题也是一个全球性的问题。几十年来，航空业已经对涡轮、涡扇发动机所需的煤油燃料有了全面的认识，对安全存储、运输、使用这些传统燃料积累了丰富的经验。但是，氢燃料与传统燃料有着本质的区别。因此，如何安全、有效地使用氢燃料，还需要政府监管机构、研制厂商等共同协作，实现管理措施、关键技术等方面的创新突破。但就目前来看，氢能源的相关理论、知识、应用等研究课题还都存在着很多未知的领域。

对于监管方来说，氢能的使用也意味着其监管范围或将从飞行器扩展到航空器以外。从航空器本身来说，氢能飞机由于机体结构、动力系统以及燃料存储方式与现有燃料相比有着显著差异，未来氢能飞机只有在达到同等甚至更高的适航安全标准后，才能真正投入商业运营。除了飞行器本身之外，正如欧洲航空安全局（EASA）在一次媒体发布会上所说的那样，“利用氢能实现绿色转型还需要更多基础设施保障，甚至对于监管机构来说，其监管范围可能还需扩大到航空器以外。”因此，综合多重因素来看，空客此前对于氢能飞机的规划显然是有些过于乐观了。因此在经过了多年的探索，并获得了诸多宝贵经验之后，空客及时调整发展战略也是情理之中。毕竟对于后疫情时代的任何一家企业来说，都需要将有限的资源投入到回报周期更短、回报率更高的领域。显然，当前对于空客来说，如何利用好现有资源，进一步拉大与老对手波音之间的竞争优势更为重要。但空客也强调了，推迟项目的进度并不意味着空客会放弃对氢能飞机的研发，相反通过前期的探索和实践，将为公司未来在新能源飞机研发上进一步夯实基础。■

航空业提产需各方通力合作

文 | 任治潞

一直以来，飞机交付量与订单数是衡量航空业发展的重要指标。过去两年来，由于受到疫情冲击、地缘政治影响和供应链不稳定等多重因素的影响，全球商用飞机交付量有所下降，空客和波音这两大飞机制造商的积压订单数都创下了历史新高。对此，国际航空运输协会（IATA）曾表示，2025 年供应链的稳定性或将继续影响飞机制造商的交付计划，从而对全球航空运输市场造成一定影响。因此新的一年，对于飞机制造商而言，如何与供应链企业一起携手实现产能的稳步提升显得尤为重要。

图 | allerin.com



多重因素影响供应链

与其他行业不同，航空业投资巨大，产业链中的企业数以万计，因此商用飞机的交付绝不是飞机制造商一家所能决定的。在新冠肺炎疫情发生之前，得益于全球航空运输业黄金二十年的发展，以波音和空客为主的商用飞机制造商不断提升飞机交付数量，带动了产业链的蓬勃发展。在疫情暴发前的 2019 年，全球商用航空市场迎来了一个又一个新飞机交付的峰值。然而，一场持续 3 年的疫情为航空业的高速发展按下了“暂停键”。随之而来的是商用飞机产业链中的许多中小企业倒在了这场疫情之下。2024 年，知名咨询公司麦肯锡和《航空周刊》合作，对全球航空业 80 多家供应商进行了一项问卷调查。其中，65% 的供应商认为，目前产业链企业的产能不足以支撑飞机制造商的提产计划，其中发动机和一些关键部件的缺口尤为明显。在这份调查问卷中，有 50% 的企业认为，供应链要恢复到疫情前的水平至少需要 8 ~ 12 个月，30% 的企业认为需要 18 个月的时间，剩下 20% 的预测则较为悲观，他们认为，产业链的完全恢复至少需要 3 年的时间。

总体来看，当前全球航空产业链的供给面临的主要问题包括以下几类：首先是地缘政治带来的风险。全球贸易争端、俄乌冲突等全球性政治问题都在一定程度上对航空供应链造成了负面影响。其次是疫情后原材料成本的上升和人力资源的短缺。2020 年至 2022 年，由于航空市场的萎靡，制造商不得不降低产能，与之相应的供应链配套企业不得不裁员，以“断臂求生”。但由于航空业的特殊性，员工培训周期长，这使得新员工难以快速适应生产任务，从而影响产能的提升。其中任何一个环节的产能无法匹配都会对飞机最终

如今，随着全球航空市场的逐步回暖，飞机制造商想重提产能自然无可厚非，但在这个过程中供应链所承受的压力不容忽视。

的交付产生影响。以空客为例，2024 年初，公司曾制定了年交付 800 架飞机的目标，但在当年年中，由于短期内无法解决供应链的问题，如发动机、起落架等产量难以满足需求，公司将交付目标下调至 770 架。但最终，即便是这个调整过的交付目标，最终也未能实现，全年最终交付 766 架商用飞机。

飞机产能的提升不仅对制造商来说至关重要，对于航空公司来说也同样重要。航空公司需要及时掌握飞机制造商的交付时间表，从而相应地制定自己的飞机引进和退役计划。根据国际航空运输协会的数据，当前全球机队的平均机龄为 14.8 年，高于 1990 年至 2024 年的 13.6 年，全球市场需要更多新飞机来替换老旧飞机。飞机制造商发布的市场预测报告也证实了市场对于新飞机的需求。波音 2024 年发布的一份市场预测报告显示，到 2043 年，全年需要近 4.4 万架新商用飞机，未来 20 年，全球客运和货运机队将增加近一倍，约一半交付飞机将用于替换老旧飞机和提高可持续性。

也正因为如此，过去两年，无论是波音还是空客，都在呼吁产业链企业加大投资，跟上飞机制造商提产的步伐。在 2024 年的范保罗航展上，空客商用飞机首席执行官就曾督促供应商不要过度解读或质疑

飞机制造商的产能提升计划，要对航空业的长远发展有信心。他指出，从过去的经验来看，过度解读飞机制造商的产能计划，往往会让这些企业的生产规划过于保守，如果按照这种保守的解读去组织企业生产的话，可能会导致全球零部件供应不足，从而扰乱整个产业链的有序发展。

积极帮助供应商提高产能

在后疫情时代，航空产业链或多或少经历了一轮残酷的洗牌，此时要提高产能，很重要的一点是要建立起产业链中小企业的信心。为此飞机制造商需要从技术、资金等各方面给产业链企业实质性的支持和帮助，这一点在竞争更为激烈的系统、部件等领域更为明显。

以技术支持为例，在麦肯锡与《航空周刊》的调查报告中，空客曾表示，未来将继续借助信息技术和数字化手段，帮助供应商能够更加精准地对供应链进行管控。一直以来，空客都借助信息化手段对一些一级供应商和关键零部件的二级供应商的生产能力进行实时监控，及时掌握生产情况，并适时提供帮助。在疫情期间，空客就曾用这种技术，及时了解到一些供应商未能按需采购原材料，可能会对生产造成影响。空客及时帮助供应商解决了原材料的采购问题，最终保证了产品的按时交付。未来，空客表示，可以帮助更多的产业链供应商构建这种能力，从而更好地对各级供应商进行管控。对此，空客工业供应链和数字运营主管曾说道：“如果我们不知道，我们就无能为力；如果我们知道，我们可以一起努力。”

波音则表示，公司对供应商一贯的态度是“帮助与分享”。波音希望能够将自己在行业内多年的技术积累和管理经验与供应商分享，帮助供应商解决面临的问题

与挑战。举例来说，波音围绕航空安全与质量建立了一个信息共享的平台，通过这个平台，波音可以与各级供应商分享经验和交流信息。波音希望通过这种形式，能够更加快捷高效地与供应商实时连线，及时发现问题并提供相应的帮助，最终实现提高产业链产能的目标。

除了技术支持之外，波音和空客也在通过并购等形式，解决一些关键供应商生产困难的问题，从而确保供应链的稳定。以势必锐航空系统公司为例，这家 2005 年从波音剥离的企业，借助行业高速发展的东风，在 2019 年新冠肺炎疫情暴发之前已成为众多航空主承包商的顶级结构供应商。波音 737 系列飞机包括机身在内的近 70% 的零部件以及 787 飞机的大部分部件都由其提供。此外，空客 A350 飞机的机身、梁翼等关键核心部件，A220 飞机机翼等也都由势必锐航空系统公司提供。但疫情暴发之后，由于航空业需求的萎靡，公司业务遭受重创，目前不仅深陷经营危机，还在产品质量管控方面出现了问题。

因此，为了后续的提产计划，空客和波音这两家竞争对手正罕见地在围绕势必锐公司的并购业务开展合作。

此外，2024 年空客还就 A320 系列飞机的产能提升问题，与达赫（Dasher）公司进行谈判，希望能够收购该公司承担的 A320 系列飞机的航空结构件相关工作包，并转至空客大西洋公司进行生产。目前，这一谈判仍在进行中。

提产能需要全产业链协同发展

尽管如上文所述，当前波音和空客两大商用飞机制造商的积压订单数已达历史最高水平，但考虑到市场的恢复情况，尤其是供应链面临的困境，飞机制造商已经不再一味地催促供应商加大投资、提高产

图 | public.yocova.com



能。因为对于供应商来说，通过融资来扩大生产需要承担一定的经营风险，这对于经历过疫情的许多供应商来说，并非当下最好的选择。此外，对于供应链企业来说，他们面临的专业技术人员短缺、原材料成本增长的压力，相比主制造商来说更为严峻。因此，当前对于整个行业而言，主制造商与供应商之间已经不再是单纯的客户与供应商的关系了，更多的是合作伙伴的关系，双方之间的沟通协调、及时调整计划显得尤为重要。因此，当下无论是波音还是空客，一方面在给供应商提供各种帮助共渡难关，另一方面则开始重新调整各自的产能提升计划，让提产计划变得更加“温和”。

对此，2024 年空客首席执行官傅里在接受媒体采访时就曾表示对波音面临的一系列麻烦感到遗憾，认为这对整个行业都不利，同时也对空客能在多大程度上加快生产交付速度持有保留态度，毕竟空客同样也在供应链方面存在各种挑战。由于航空业的特殊性，傅里还特别强调，未来空客任何扩大产能的举措都将基于空客“安全、质量、诚信和合规”的核心价值观。此后，空客也进一步调整了各机型的

产能提升时间表。根据规划，到 2026 年，A220 系列飞机月产提升至 14 架，A320 系列飞机月产提升至 75 架。宽体客机方面，A350 的产能希望能从 2026 年的月产 10 架，到 2028 年提升至月产 12 架。但即便是这样的一份产能提升时间表，要按进度实现也已遇到阻碍。以 A350 为例，由于势必锐航空系统公司的机身部件生产难以满足需求，业界预测空客想在 2025 年将产能提升至月产 5 架恐怕难以实现。同样受到影响的还有空客 A350F 货机，尽管这一货机机型目前仍在研制阶段，但按照原计划，A350F 的投入运营时间是 2026 年。

令人感到欣喜的是，在经过近 2 年的恢复之后，一些一级供应商已经开始逐步提升产能，以支持主制造商的提产计划。2025 年，赛峰集团表示，公司计划今年将其最畅销的 LEAP 系列发动机的产能提升 15% ~ 20%。但同时公司也表示，这一产能提升计划仍面临一些不可控因素，如特朗普上台后可能会引发的贸易战，这些都会对本就脆弱的供应链产生重大影响。因此，总体来看，2025 年全球航空产业链的恢复仍不容乐观。■

沙特航空市场的扩张之路

文 | 王鹏

沙特特殊的地理位置决定其石油资源丰富，但长期以来的自然禀赋导致其经济结构单一。高度依赖石油产业的结果是石油收入占财政收入的 85% 和 GDP 的 45%。近年来，由于地缘政治等其他因素造成国际原油波动，对其国民经济造成较大打击。另外一方面，沙特人口结构年轻，青年人口占总人口的 70%。2020 年第二季度沙特失业率高达 9%，这其中青年失业率更超过 16%。面对如此严峻的社会结构矛盾，经济多元化迫在眉睫，沙特“2030 愿景”由此诞生。沙特政府将航空产业作为该项战略计划的切入口，希望通过调动旅游业、酒店业等第三产业，推动沙特实现完全的经济转型。到 2030 年，计划旅游业对 GDP 的贡献率从目前的 4.45% 提高到 10%，并创造 160 万个就业机会。

图 | pasazer.com



沙特航空市场的战略转型与 2030 愿景

为落实 2030 愿景的宏伟蓝图，沙特政府出台了“国家运输和物流战略”、“沙特航空战略”，为沙特民航业指明了发展路径和目标。沙特希望到 2030 年的目标年，旅客吞吐量超过 3.3 亿人次，航空货运量达到 450 万吨；国际航线进一步丰富和便捷，国际航线目标要求超过 250 条。为此沙特民航业积极行动，加大基础设施投资力度，加速引进飞机，提高运力，不断开拓国际航线。利雅得机场改扩建如火如荼展开，朝着 2030 年实现 1.2 亿旅客吞吐量，2050 年达到 1.85 亿人次的目标不断迈进。

沙特航空集团最近和空客公司签订了 105 架飞机的新订单。这意味着，全球在接下来的 5 年会迎来沙特新增的 100 多个目的地。2024 年底，沙特的旅客吞吐量达 1.28 亿人次，国际航线增加到 172 条，航空运输量首次达 100 万吨，同比 2023 年数据，分别增长 14.6%、16.2% 和 8.9%。

民航业对经济带动作用在沙特呈现出强烈效果。2023 年沙特航空业为该国内生产总值贡献了 210 亿美元。在把物流产业链推到前所未有高度的同时，也为沙特的旅游业、酒店业和零售业繁荣注入了新的活力。2024 年沙特国际旅游人

数超过 3000 万。世界旅行和旅游理事会（WTTC）预测，2024 年沙特旅游业为国家带来约 4980 亿里亚尔（约等于 1,330 亿美元）的产值。其中，国际游客消费金额超过 2560 亿里亚尔（约合 683 亿美元），本国游客的消费金额也突破了 1552 亿里亚尔（约合 413 亿美元）。沙特会继续通过开发红海旅游区、尼欧姆旅游项目、齐迪亚旅游项目、重建欧拉古城等旗舰项目持续提升沙特异域风情的旅游魅力，不断提升旅游业对国家经济的拉动力，并在未来 10 年投入超过 1 万亿美元。

沙特四大航司概览

沙特“2030 愿景”宏伟的国家转型计划目的在于通过旅游业吸引更多国际游客，促进国内旅游。沙特国内航空公司成为连接国内外目的地的重要力量。

沙特航空在沙特国内市场占据主导地位，是该国历史最悠久、规模最大的国家航空公司，甚至是全球最大的航空公司之一。沙特航空成立于 1945 年，总部位于吉达，目前运营的飞机涵盖波音 777-300ER、波音 787-9、波音 787-10、空客 A320-200、空客 A321-200、空客 A330-300 等现代化机种 147 架，并预期会在未来计划增购 118 架。2024 年，沙特航空执行航班 19.3 万架次，客运量 3500 万，飞行小时数超过 5.1 小时，准点率 89.1%，净推荐值（NPS）32.7。同比分别增加 10%、15%、2.7% 和 4.5%。沙特航空机队是全球最年轻的机队之一，其航线覆盖包括国内 2 个机场在内的四大洲约 100 个目的地。沙特航空提供符合伊斯兰文化的餐食，部署朝觐旅客专属服务，两舱的平躺座椅和定制化娱乐系统提供良好乘坐体验，2024 年第三次斩获 Skytrax “全球进步最快航空公司殊荣”。

沙特航空 2024 年国际旅客和过境旅客数量大幅跳涨，承载超过 2000 万名国际旅客，过境旅客突破 930 万，这一数字比上一年度上涨 16% 和 18%。

总部在利雅得的 Flynas 是沙特阿拉伯的第一家低成本航空公司，成立于 2007 年，前身为 Nas Air，公司以利雅得哈立德国王国际机场、吉达阿卜杜勒阿齐兹国王国际机场、达曼法赫德国王国际机场和麦地那穆罕默德亲王国际机场为四大运营基地。2013 年更名后逐步发展为中东地区领先的低成本航司，2024 年被 Skytrax 评为中东最佳低成本航空公司以及全球十大低成本航空公司之一。目前公司运营 61 架全空客机队，开通 99 条航线，服务包括埃及、土耳其、印度、英国等 54 个城市，2024 年 Flynas 每周运营航班超过 1500 班，覆盖 70 个目的地。其中仅第一季度就运输旅客 370 万人次，同比增长显著。

Flyadeal 是沙特另外一家专注提供廉价航空服务的公司，截至 2024 年底，有 36 架空客 A320 系列飞机投入运营，其主要运营枢纽位于沙特阿拉伯的利雅得、吉达和达曼三大城市。全年和季节性航线遍布沙特国内 30 个目的地以及中东、欧洲和北非。2024 年全年运输旅客高达 790 万人次，朝圣季节，运送 3.5 万名海外朝圣者，同比增长了 14.5% 和 35%。公司自成立以来已经累计运输旅客达到 3300 万次，运力实现 17% 的稳健增长目标。

在以上三家航空公司主导沙特航空市场的同时，2023 年 3 月，沙特主权财富基金——公共投资基金（PIF）全资持有成立了利雅得航空。利雅得航空定位为全面服务型国际航空公司，计划通过高端服务与数字化技术提升旅客体验。以薰衣草色为主调的品牌标识，象征了沙特传统的待客文化。阿拉伯书法元素融合在机队设计上强化了本土文化标识。公司成立运营初期，

主要以波音 787-9 宽体机为核心，搭配空客 A321neo 中程客机，形成“长短结合”的机队结构，公司计划于 2025 年夏季开始投入运营。

沙特航空战略扩张与供应链延误的矛盾

为助力沙特实现“2030 愿景”每年 3.3 亿旅客吞吐量的宏伟目标，沙特民航业进入迅猛增长时期。四大航空公司以前所未有的热情和投资力度积极扩充机队规模，拓展航线网络和提升基础设施来增强运力。

沙特航空计划在 2030 年到来之前，将机队扩充至 300 ～ 400 架，覆盖全球超过 250 个目的地，重点增加宽体机如 A350、B787 的占比，提升长途运力。2024 年与空客签署 150 架飞机订单（其中包括 45 架 A321neo、40 架 A320neo、20 架 A330neo），并且在 2027 年前完成交付，总投资超过 120 亿美元。

航空公司	现役机队 （2025）	2030 年 目标	待交付 订单	年均需 交付量	主要风险
沙特航空	147 架	300 ~ 400 架	153 架	26 架/年	波音 787 产 能不足
Flynas	61 架	250 架	189 架	32 架/年	空客 A320neo 交 付延迟
Flyadeal	36 架	100 架	64 架	11 架/年	宽体机租赁 成本上升
利雅得 航空	0 架 （筹建）	100 架	100 架	17 架/年	波音 787 交 付与窄体机 采购

指标	2030 年目标	2023 年数据	2024 年进展
旅客吞吐量	3.3 亿人次	1.117 亿人次	1.28 亿人次
国际航线	250 条以上	148 条	172 条
航空货运量	450 万吨	91.8 万吨	100 万吨（预计）

2024 ~ 2030 年，88 架 A320neo 待交付给 Flynas。Flynas 还拟增购 120 架，以期达到 2030 年目标机队 250 架的规模。在货运拓展方面，Flynas 计划引进 44 架 A321F 货机，开通利雅得—香港、伊斯坦布尔货运专线。为此，拟 2025 年在沙特证交所上市，募资 20 亿美元用于机队更新，目标估值 50 亿美元。

2024 ~ 2026 年，Flyadeal 已经确认有 30 架 A320neo 待交付。Flyadeal 还计划行使 20 架选购权，并租赁 10 架 A321LR 用于中程航线。2030 年机队达 100 架时，Flyadeal 将成为中东最大的低成本航空公司。

利雅得航空 2023 年订购 39 架波音 787-9（含 10 架备选），首架 2025 年交付，计划 2030 年前增购 50 架窄体机（A220 或 A320neo），依托利雅得哈利德国王国际机场，打造“6 小时航圈”覆盖欧亚非 80% 人口。

沙特航空业的扩张不仅是运力竞赛，更是国家经济转型的核心引擎。到 2030 年，四家航司合计运力将占中东市场的 40%（2023 年为 22%），推动沙特从“石油王国”向“航空强国”跨越。

在扩张的同时，供应链危机亦给沙特航空业带来潜在的风险。由于 GE9X 发动机高压涡轮叶片需重新设计，耐久测试未通过 FAA 标准，777X 认证延迟至 2026 年，导致沙特航空 2023 年订购的 25 架 777-9 交付推迟至少 18 个月。沙特航空不得不临时租赁 4 架 A330-900neo 而使其年成本增加 4800 万美元。CFM 国际 LEAP-1B 发动机短缺的缘故，Flyadeal 计划 2024 年接收 14 架 MAX 8，但是实际交付量为零。根据双方条款，尽管波音公司支付了每架 2500 万美元的违约金，但是 Flyadeal 还是每年因此损失 1.8 亿美元的营收而不得不续租 3 架 737-800。单位油耗增加

18%。机身第 41/42 段复合材料结构缺陷，需额外 3 个月返工周期，原计划 2025 年交付 8 架 787-9 给利雅得航空，实际仅能交付 4 架，缺口达 50%。利雅得航空首航不得不推迟至 2025 年第三季度，10 条亚洲航线延期开通。

此外，由于中央油箱防火系统未通过 EASA 测试，空客公司需要对 A320neo/A330-900 结构进行改动，加装钛合金防火隔板，此举将为飞机增重 180 公斤，航程减少 370 公里。沙特航空跨大西洋航线改用 A330-800，单位座公里成本上升 12%。沙特航空发行 5 亿美元伊斯兰债券，将 15 架 787-10 订单转为 777-8F 货机进行运力置换。Flynas 从二级市场购入 3 架配备 CFM56 发动机的 A320ceo，7 条欧洲航线改用 A330-900 执飞，客座率降至 71%。利雅得航空与阿曼航空共享 787 维修工程师团队，以“Power-by-the-Hour”创新模式租赁 2 架 787-8。沙特“2030 航空枢纽计划”受到影响，预测 2024 ~ 2025 年度，四家沙特航司损失 12.7 亿美元。

国产大飞机的破局机遇

沙特飞机的需求巨大，为国产飞机带来了很难得的市场机会，若能靠着稳定的供应链和日益提升的飞机性能，就有机会填补市场空缺，加强沙特航空市场的竞争能力。抓住这个机会，国产飞机制造商不只能开拓国外市场，还能提高品牌国际知名度，推动我国航空产业往更高水平发展。

C909 飞机 78 ~ 90 座的灵活布局和 2225 ~ 3700 公里的飞行距离，完美契合 500 ~ 1500 公里支线航空市场需要。而 C909 在新疆地区成功执飞了喀什（海拔 1,380 米）至塔什库尔干（海拔 3,258 米）的航线验证了其高高原飞行的实力。



比如高原上的塔伊夫机场高度 1479 米，跑道 3050 米，艾卜哈机场海拔 2046 米，地形条件和塔伊夫差距不大，C909 在像利雅得到塔伊夫这种 850 公里短途线上优势显著。

从经济性来说，C909 飞机在沙特那些二线城市之间每天客流量 100 到 200 人左右的市场具有明显竞争优势。艾卜哈机场 2024 年每天旅客量约 180 人，两者相互适配，塔伊夫机场扩建之后支线飞机位增加到 12 个，8 个机位可以容纳 C909 之类宽度为 24.86 米的飞机，相比较翼展达到 35.8 米的 A320 飞机，可以大大减轻对二线机场本来就稀缺的干线飞机停机位的占用。

而 C919 飞机则更适配于高频率商务航线的需要。就沙特特别繁忙的利雅得和吉达这条商务航线而言，2024 年每天平均就有 28 个航班，飞行距离单程是 853 公里，年运送旅客超过 500 万人。另外

利雅得到迪拜航线 2024 年每天旅客量都超过 4200 人次，迫切需要增加更多宽体客机以满足运输需求。C919 的客舱为 3.9 米，更宽敞的客舱空间使商务舱可考虑 2-2 的座位排布以满足个人隐私需求。

拿利雅得到迪拜这条航线来说，C919 可以通过增加每天航班的方法吸引那些需要转机的乘客。目前，中国东航已经开始执飞上海到利雅得的新航线，之后可能建设上海 - 利雅得 - 迪拜的中转路线，显著增加这条航线的市场价值。可见 C919 飞机进入沙特市场不只是丰富航线选择，也能促使当地航空行业出现新的竞争局面。

沙特航空战略转型和 2030 愿景将给国产飞机带来更多发展机会，期待 C909 和 C919 飞机凭借其性能特点和与市场的匹配度，能在沙特甚至中东地区找到自己的一席之地。■

▲ 图 | 迪拜国际机场

从上市航司运营数据 看民航客运市场供需再平衡

文 | 林雅晴 丛玮

民航客运市场在疫情期间受到沉重打击，整个市场的供需一定程度上脱离了市场规律，航司投入和旅客出行需求都很大程度上受到管控政策影响。在疫情管控结束后，随着宏观经济的温和复苏，我国的民航客运市场快速恢复增长。民航客运市场的恢复同时也是供需再平衡的过程，本文以上市航司公开数据为主要样本，探究在民航客运市场供需再平衡中市场和航司呈现的不同特征。

民航发展与宏观经济环境有着密切联系，经济增长发展是推动民航业发展的最根本动力，提供了民航行业需求。另一方面，民航发展也在经济发展中起到促进作用，并且经济越发达，民航对经济的带动作用也越突出。在经历疫情后，中国民航客运市场在不断恢复中寻求供需的再平衡。疫情后的宏观经济环境、消费者的消费行为和消费信心变化都影响着再平衡的进程，相比疫情前，民航客运市场也发生了深刻的改变。本文结合宏观经济数据，以 7 家境内上市航司的公开数据为样本，对数据进行统计对比分析，得出以下观察结论：

▼ 图 | 安京



一是民航客运市场的增长是目前中国经济增长中的一个亮点，未来的增长发展趋势较为确定。同时整体经济环境和消费者信心深刻影响了民航客运市场，呈现出旅客出行增长、航班量增长但行业盈利乏力的现象。

二是民航客运市场供给侧的可用座公里数的恢复略早于市场需求恢复，符合市场供需再平衡的恢复规律。随着供给侧的恢复增长，市场需求的恢复程度逐步接近供给的恢复程度。

三是国内市场的供给与需求恢复最佳，供需均已经超越疫情前水平，达到历史新高。航司对于国内航线市场的倾斜明显；国际航线上供需差值相比国内市场更小。国际市场受到全球经济和多边政策的复杂影响，航司大多采取更为保守稳健的运营策略；地区航线上供需恢复乏力，部分航司已经出现恢复比例倒退现象。

四是 7 家上市航司在不同市场的供给和需求表现也各有特点。国航和春秋对于国内市场的倾斜更胜于疫情前，更好地应对了最快实现恢复增长的国内市场需求，同时取得了更多的国内市场份额。吉祥航空则独树一帜，发力中短程国际航线并积极恢复地区航线。

五是客座率和客公里收益数据基本恢复至疫情前 2019 年的同期水平，但收益水平相比国际平均水平差距明显。同时机票价格已经低于 2019 年同期，但低票价对于需求的拉动作用有限。价格内卷甚至蔓延至国际航线上，影响了竞争格局。

民航客运市场形势

2024 年上半年中国实际 GDP 增速 5%，民航客运量同比增长 23.5%。虽然民航是受到疫情影响最大的行业之一，恢复期的同比增长趋势在预期内，但较高的增幅依然反映出 2024 年民航客运的强劲增长势头，也成

为中国经济增长中的一个亮点。根据统计数据，中国人均乘机次数远低于欧美发达国家，2019 年为 0.47 次，2022 年受疫情影响更降至 0.18 次。根据民航局发布的《新时代民航强国建设行动纲要》，预计 2035 年前中国人均航空出行次数将超过 1 次。依据 IATA 的预测，中国将在 2030 年左右超越美国，成为全球最大的航空客运市场。中国民航客运市场仍有很大增长空间，未来增长趋势较为确定。

2024 年前三季度国内 GDP 同比增长分别是 5.3%、4.7%、4.6%，二三季度增速相比 2023 年有所减缓，与 2019 年前三季度 6% 左右的增速相比也有差距，整体经济呈现温和复苏的状态。消费者信心在疫情冲击后处于相对低位，可能还需要一年甚至更久的时间来恢复信心增长。整体经济环境和消费者信心深刻影响了民航客运市场，呈现出旅客出行增长、航班量增长但行业盈利乏力的现象。这种现象特征主要体现在国内市场，同时也在国际地区市场上有所蔓延，对尚处于恢复过程中极具不确定性的国际地区客运市场也带来了重要影响。

上市航司数据分析

以 7 家境内上市航司公布的运营数据为样本，观察目前我国民航市场的供需关系（华夏航空相关数据截至 2024 年 9 月，其他航司数据截至 2024 年 10 月）。供给侧方面，以可用座公里（ASK）为统计指标。国航、春秋、吉祥、华夏的总体可用座公里数（ASK）均在 2023 年就完成疫情后的恢复，与 2019 年相比实现增长。其他航司中除海航外，也预计在 2024 年年底实现 ASK 的完全恢复并实现增长。需求侧方面，以客运人公里（RPK）为统计指标。只有春秋和吉祥的总体客运人公里（RPK）在 2023 年就完成疫情后的恢复，与 2019 年相比实现增长。

其他航司中除海航外，也预计在 2024 年年底实现 RPK 的完全恢复并开始增长。

整体市场上，各家航司的 ASK 恢复程度在 2023 年底时基本高于 RPK 的恢复程度，但从 2024 年 10 月数据看，两者的恢复程度已基本一致。航司的供给恢复略早于市场需求恢复节奏，符合市场供需再平衡的恢复规律。随着供给侧的完全恢复，市场需求的恢复程度逐步接近供给，目前两者稳定在较为一致的增长节奏上。从各家航司看，规模较小的春秋和吉祥恢复最早，并且可用座公里和客运人公里的增长幅度都是 7 家航司中最高。

划分市场范围看，国内市场的恢复进度最早最快，除海航外，其他 6 家航司均在 2023 年就已经完成国内可用座公里的恢复，

实现相比 2019 年增长。海航在 2024 年底的恢复程度也预计达到 97%。国内需求方面，除春秋和吉祥外，其他 5 家航司的客运人公里在 2023 年仍处于恢复阶段，恢复程度在八九成（海航为七成）。春秋和吉祥则在 2023 年底已经实现客运人公里相比 2019 年增长。截至 2024 年 10 月底，除海航外，6 家航司均实现客运人公里的恢复和相比 2019 年的增长。国内市场的供给恢复早于市场需求恢复，2024 年 10 月底时两者的恢复和增长幅度已经基本一致。

国航和春秋在 2023 年的可用座公里数就实现相比 2019 年大幅增长，增幅在 40% 以上。两家航司都在疫情管控结束后快速将航班和运力投入到国内航线市场上。即使当时国内市场需求尚处于恢复阶段，但运营策略明显向国内市场倾斜。2024 年 10 月的数据显示，各航司的客运人公里数据完成了恢复，实现相比 2019 年的增长，而国航和春秋的客运人公里也实现了 50% 以上增幅，增幅最高。基于对市场的准确判断，国航和春秋率先布局国内航线市场，为其在新的市场供需平衡过程中赢得了更多的国内航线市场份额。

国际航线市场，2023 年数据中 7 家航司的 ASK 和 RPK 都在恢复进程中，恢复程度大多不到一半，吉祥航空恢复程度最高，在七成左右。国际航线的 ASK 和 RPK 在 2024 年相比 2023 年大幅增长，截至 2024 年 10 月底，三大航的国际航线 ASK 和 RPK 均恢复至九成左右，吉祥航空已经实现相比 2019 年大幅增长，增幅在 70% 左右。

国际航线上 2023 年的 ASK 的恢复比例与 RPK 的恢复比例差值相较于国内市场更小。由于国际市场受到全球经济和多边政策影响。航司对于国际市场持有更为保守的策略，在没有市场需求恢复的信号前不会恢复更多的航班和运力。吉祥航空属于例外，在国际航线数量和运力上都大幅增加投入，主

要投入在中短程国际航线市场，新增多条日本、东南亚和澳洲航线。从吉祥航空 RPK 的恢复增长数据看，这些航线的运营情况较好，RPK 相比 2019 年增幅接近 70%，与 ASK 投入的 74% 增幅接近，市场反馈良好。

地区航线市场的航司供给与市场需求的恢复程度在 2023 年时领先国际航线市场，恢复节点较早，但 2024 年 10 月数据显示恢复程度已经普遍落后国际航线市场，后继增长乏力。地区航线市场上同样呈现 ASK 恢复节奏早于 RPK 的特征。2024 年三大航在地区航线上投入同比增长，市场需求也有相应恢复。但其他航司的供给恢复程度增长较小甚至出现倒退，例如春秋航空的 RPK 和 ASK 都由 2023 年底的 40% 以上回落至 2024 年 10 月的 37%。吉祥航空情况较为特殊，其在 23 年的恢复程度就达到九成左右，2024 年 10 月底时又有进一步提升。吉祥航空在地区航线市场的恢复投入热情最高，恢复节奏最快，恢复程度与东航同属于最高水平。预计到 2024 年年底，东航和吉祥是唯一实现相比 2019 年增长的航司。

总体看来，供给侧的可用座公里数的恢复略早于市场需求恢复，符合市场供需再平衡的规律。随着供给侧的恢复增长，市场需求的恢复程度逐步接近供给侧的可用座公里数恢复程度，两者达到接近状态。航空公司总体处于保守策略，对于市场保持紧密跟踪。国内市场的供给与需求恢复最佳，供需均已经超越疫情前水平，达到历史新高。航司对于国内航线市场的倾斜明显，特别是国航和春秋，在数据上表现尤为明显。国际航线市场的恢复相对落后，但 2024 年同比大幅增长，在各项政策推动下保持持续恢复进程，有望在 2025 年恢复至疫情前水平。地区航线市场在 2023 年恢复程度高于国际航线市场，但 2024 年进入相对停滞期，东航和吉祥在地区航线供给和需求上最为接近疫情前水平。

7 家上市航司在不同市场的供给和需求

7家上市航司国际航线市场上的可用座公里与收入客公里恢复增长情况

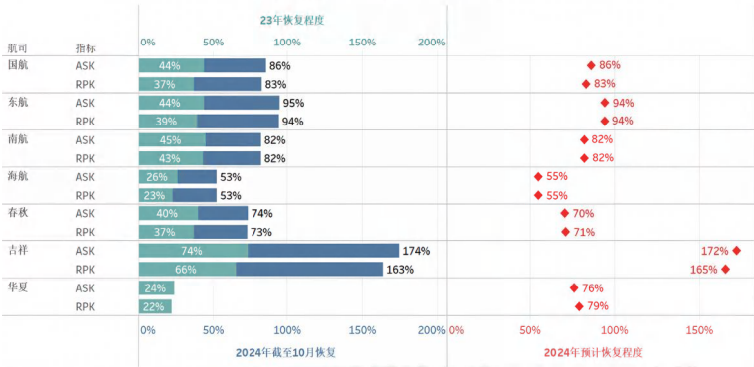


图 3 | 上市航司国际客运市场上供需情况

7家上市航司地区航线市场上的可用座公里与收入客公里恢复增长情况

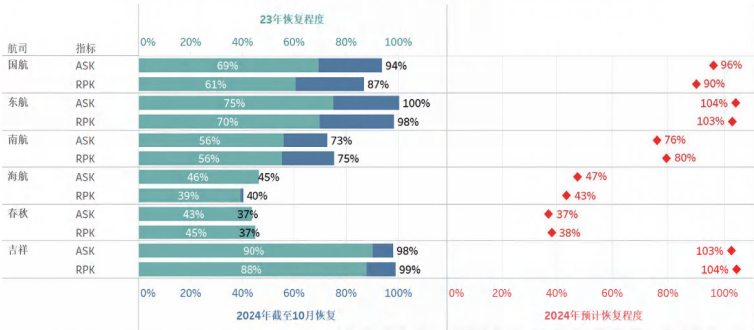


图 4 | 上市航司地区客运市场上供需情况

表现也各有特点。国航和春秋对于国内市场的倾斜更胜于疫情前，更好地应对最快实现恢复增长的国内市场需求，同时取得了更多的国内市场份额。吉祥航空则独树一帜，发力中短程国际航线并积极恢复地区航线。国际市场恢复虽然缓慢，但具体区域情况不同，日韩东南亚依旧是国际市场的基本盘，其客运市场体量对于中型规模的吉祥航空来说依旧大有可为，从数据看，吉祥航空的国际地区航线策略也收到了良好的市场反馈。海航由于自身经营原因，在各个市场的恢复都相对落后，恢复程度相对较低。

除反映供需的可用座公里和客运人公里数据外，客座率和客公里收益也能够较为直观地反映市场的恢复和供需关系。截至 2024 年 10 月的客座率数据，7 家航司的总体客座率与 2019 年已经基本一致，东航、

图 1 | 上市航司整体客运市场上供需情况

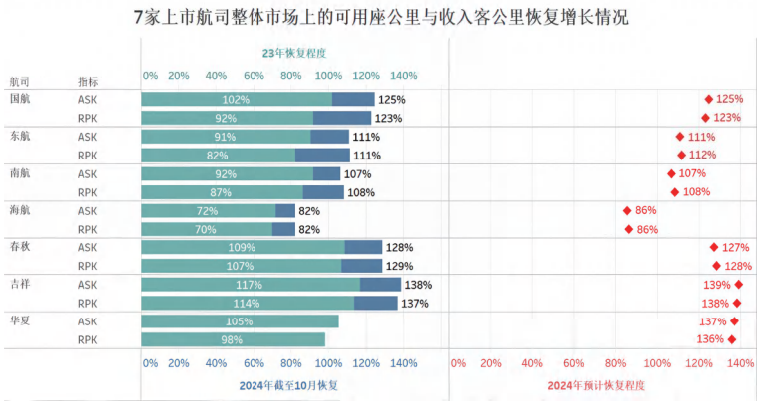
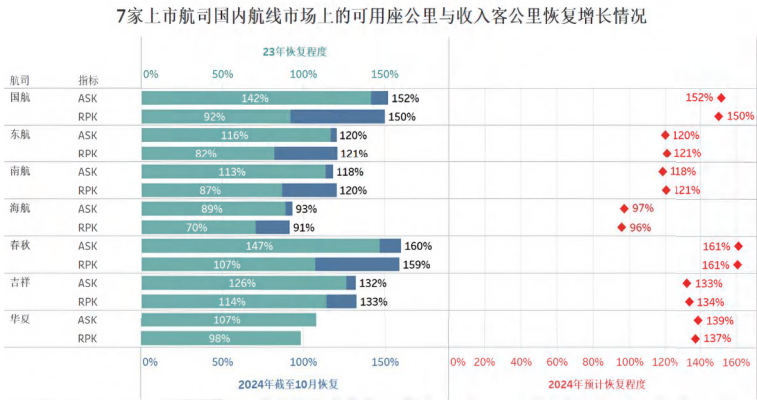


图 2 | 上市航司国内客运市场上供需情况



南航、海航、春秋的客座率都略高于疫情前。国内客座率同样与 2019 年基本一致，东航、南航、吉祥的国内客座率略高于疫情前。国际客座率与 2019 年也较为接近，南航、春秋、华夏的国际客座率略高于疫情前。部分航司的地区客座率与 2019 年有一定差距，南航、春秋、吉祥的地区客座率略高于疫情前。南航是三大航中唯一在三个市场上客座率都高于疫情前的航司。

7 家上市航司中除华夏航空外，其他航司在 2024 年上半年的客公里收益均已经恢复到 2019 年全年水平，华夏航空也接近 2019 年水平。虽然客公里收益从数值上看已经恢复，但对比全球航司的收益，国内航司的收益仍旧处于较低水平。依据 IATA 的统计，全球航司的利润率水平在 3.1%，而

我国航司的利润率在 0.6% 左右，差距明显。

虽然客座率从数据上已经与疫情前较为一致，甚至部分航司的客座率略微高于疫情前，客公里收益也基本恢复甚至小幅增长。但是我们同时注意到 2024 年国内航线机票价格整体呈现下降趋势，部分地区机票价格甚至比动车票还要便宜。依据公开信息，国内经济舱机票价格已经低于 2019 年同期。即使是旅游出行旺季的节假日，机票价格也出现了临期“跳水”的现象，反映出航司对于节假日客流的期待过高，需求增长和消费力恢复不达预期。结合供需指标的分析，国内市场虽然需求随着供给投入有慢一拍的增长，但票价低迷也透露出旅客消费行为特征的变化深刻改变了航司的运营策略。航司间的价格内卷也从国内航线蔓延至国际航线。国际和地区航线市场在供给尚未恢复阶段，客座率也只能在低价拉动下维持在疫情前的水平，同样透露出疲软的需求和民航出行消费力的弱势。今年以来，部分国际航线上外航撤出运营，也有国内航司机票价格内卷的影响。此外，国内航司盈利能力与国际平均水平的巨大差距也表明民航市场供需再平衡过程中低价策略的作用有限。

未来展望

中国民航客运市场的增长趋势是确定的，未来的市场需求空间也较为确定。但同时宏观经济增长放缓，更多消费者更偏向于“性价比”选择的特征变化，都使得民航市场在供需再平衡过程中发生深刻改变。对于国内航司来说，面对市场下沉和消费行为特征转变，“价格”是竞争的重要手段之一。但在目前的竞争环境中更为长期和根本的方式是要增加收益和控制成本。打造更有竞争力和收益更强的航线网络，实现精益成本管控的常态化和制度化是更适合于国内航司的长期策略。■

六大上市机场：“破局”增收仍有挑战

文 | 丁一璠

2024 年我国枢纽机场业务快速恢复，客流量普遍呈现同比增长趋势。从旅客吞吐量规模来看，上海浦东、广州白云、北京首都、深圳宝安和成都天府机场位居全国前五名。

近日，上海机场、首都机场、深圳机场、白云机场、海南机场及厦门空港等六大国内上市机场相继发布了 2024 年度相关经营业绩数据。从数据上来看，经营情况良好。值得注意的是，国内千万级机场旅客吞吐量中，浦东机场排名全国第一，浦东、白云两机场旅客皆超过 7600 万人次，并超过 2019 年同期水平。此外随着我国航空货运行业逐步恢复常态化运行，加上跨境电商对航空货运的旺盛需求，机场货邮吞吐量总体表现稳中向好。

图 | pixabay.com



图 5 | 上市航司疫情前后客座率统计

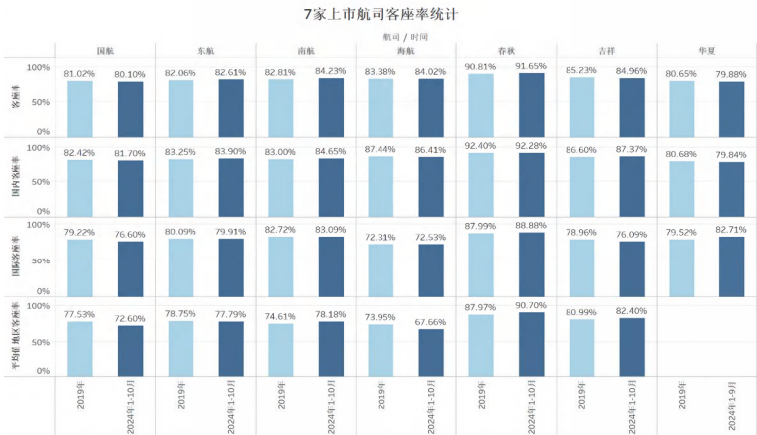
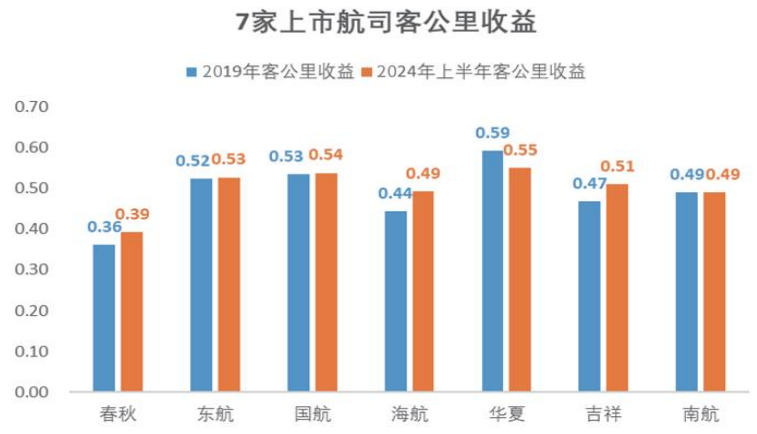


图 6 | 上市航司疫情前后客公里收益统计



上海机场：枢纽功能进一步增强

回顾 2024 年全年，上海机场圆满完成了运输保障任务。与 2019 年相比，上海机场的旅客吞吐量和货邮吞吐量均有显著提升，显示出强劲的复苏势头。上海两场全年进出港航班量达到 80.3 万架次，同比增长 15%。两机场全年超过 1.24 亿人次，同比增长 29%，创下历史新高。货邮吞吐量全年达到 420 万吨，同比增长 11%。

其中上海浦东机场旅客吞吐量比 2023 年排名上升 1 位，全国排名第一，年旅客吞吐量为 7679 万人次，同比增长 41.0%，恢复到 2019 年同期 100.8%。浦东机场全年起降完成 52.8 万架次，同比增长 21.7%。浦东机场旅客吞吐量的不俗成绩离不开国际客流大幅增长，2024 年浦东机场年国际旅客达到 2715.7 万人次，同比增长 126%。在航线网络方面，上海机场积极服务航司，新增 10 个航点，加密 19 个、恢复 8 个航线航班，特别是中远程航线和“一带一路”相关航线。枢纽网络覆盖全球 48 个国家的 291 个航点，显示出其作为全球航空枢纽的重要地位。此外，浦东机场年货邮吞吐量继续保持全

国第一为 377 万吨，同比增长 9.6%，较 2019 年增长 3.7%。特别是国际航空货物吞吐量为 302 万吨，同比增长 17.5%，在国内机场中保持领先地位。

上海两场中的虹桥机场成绩同样不俗，2024 年全国机场中旅客排名第六，年旅客吞吐量为 4797.2 万人次，同比增长 12.9%，已恢复到 2019 年同期 105.1%。年起降架次为 27.5 万架次，同比增长 4.6%，基本和 2019 年持平。货邮吞吐量为 43 万吨，同比增长 18.4%，较 2019 年增长 1.5%。

白云机场：旅客吞吐量再创历史新高，破七千万人次

2024 年，白云机场的旅客吞吐量再创历史新高，为 7636.9 万人次，同比增长 20.9%，恢复至 2019 年的 104.1%。这是白云机场继 2019 年客流首次突破 7000 万后，再次迈入“年旅客吞吐量 7000 万级俱乐部”。全年起降架次 51.2 万架次，同比增长 12.3%，较 2019 年增长 4.2%。货邮吞吐量方面，白云机场同样表现出色，全年达到 238.3 万吨，同比增长 17.3%，较 2019 年增长 23.9%。2024 年全年，白云机场新增、恢复或加密国际客运航线超 60 条，引入 6 家国际客运承运人，新增布达佩斯、塔什干等 10 多个客运通航点，其中，联合南航和塞尔维亚航空开通的广州—贝尔格莱德航线，实现了东欧直飞客运航线 0 的突破；联合乌兹别克斯坦中亚航空开通的广州—塔什干航线，实现了中亚直飞客运航线 0 的突破；联合委内瑞拉航空开通的广州—莫斯科—加拉加斯航线，实现了南美客运航线 0 的突破。与此同时，白云机场持续升级国内航线运营品质，2024 年推动南



▲ 图 | 深圳宝安国际机场

航、九元等航司新增包括阆中、克拉玛依、安阳、嘉峪关、巴彦淖尔等 10 多个新航点，白云机场国内航线网络已基本覆盖主要民航机场。

首都机场：加速恢复，迎接新挑战

北京大兴机场分流，再加上国际客流尚未完全回血，导致首都机场很难回到巅峰破亿人次的客流水平。但是 2024 年，首都机场仍展现出强劲复苏。据官方数据显示，首都机场年旅客吞吐量为 6736.7 万人次，同比增长 27.4%，恢复到 2019 年同期 67.4%，对比去年 52% 的恢复率明显提升。2024 年起降架次为 43.4 万架次，同比增长 14.2%。年货邮吞吐量为 144.3 万吨，同比增长 29.3%。

这些数据不仅标志着首都机场在国内航空市场的领先地位，也显示了其在

国际航空市场中的强劲竞争力。2024 年首都机场的航线网络进一步拓展，覆盖了全球 54 个国家的 217 个航点。在国内航线方面，首都机场通航至三亚、厦门、哈尔滨、长春等热门旅游城市的旅客量明显增加。在国际航线方面，首都机场联合航空公司新增、加频了温哥华、墨西哥城等城市的国际航线，为旅客出行提供了更多选择。此外，首都机场还积极开通新的国际航线，如悉尼、墨尔本等，进一步丰富了其国际航线网络。

深圳机场：迈入“6000 万量级”

2024 年，深圳机场的旅客吞吐量首次突破 6000 万人次，达到 6147.7 万人次，同比增长 16.6%，较 2019 年增长 16.6%，深圳机场成为我国内地第四个迈入“6000 万量级”的机场。全年航班量达到 42.8 万起降架次，同

▼ 图 1 | 2024 年六大国际机场旅客吞吐量全国排名变化

2024年六大国际机场旅客吞吐量全国排名变化

排名变化	首都机场	浦东机场	虹桥机场	白云机场	深圳机场	大兴机场
2024年旅客量排名	3	1	9	2	4	6
2023年旅客量排名	3	2	7	1	4	11
2024年对比2023年排名变化	不变	提升1名	下降2名	下降1名	不变	提升5名
2019年旅客量排名	1	2	8	3	5	53

比增长 8.9%，较 2019 年增长 15.7%。货邮吞吐量方面，深圳机场同样表现出色，全年达到 188.1 万吨，同比增长 17.5%，较 2019 年增长 46.6%。

国际航线的快速发展，为深圳机场带来了新的增长点。根据数据显示，深圳机场 2024 年国际旅客吞吐量达到 471.56 万人次，同比增长 119%。此外深圳机场在国际化进程上也取得了显著进展。一方面，深圳机场积极向珠江口西岸延伸服务链条、拓展航空腹地，在中山、江门启用两座航空港，开通深中、深江两条机场快线，为大湾区协同发展提供新支撑。另一方面，深圳机场新开、恢复了至墨西哥城、开罗、维也纳、布达佩斯、利雅得、马德里等 12 条国际客运航线，加密了 10 条国际客运航线，国际及地区客运航线通航点超过 45 个，航线网络覆盖全球五大洲的 31 个国家和地区，每周超过 800 班进出境客运航班。这些举措不仅提升了深圳机场的国际影响力，也为深圳与全球各领域的交流提供了更多便利。

海南机场：旅客吞吐量突破 5000 万人次

据海南机场集团发布的数据显示，2024 年全年，该集团旗下 11 家机场共保障旅客超过 5458 万人次，同比增长 3.4%，这一数字不仅远超去年同期，更提前 12 天突破了 5000 万人次大关。其中，岛内的海口美兰、三亚凤凰、琼海博鳌三大国际机场更是表现抢眼，合计完成航班起降 32.3 万架次，旅客吞吐量达到 4931 万人次，货邮吞吐量 31.3 万吨，同比分别增长 2.6%、4.8%、15.3%。其中海口美兰机场以超过 2689 万人次的旅客吞吐量位居首位，三亚凤凰机场紧随其后，运输旅客近 2143 万人次，而琼海博鳌机场虽然基数较小，但也实现了 99 万人次的旅客吞吐量，展现了其稳定的增长态势。

厦门空港：稳步增长

在运营数据方面，厦门空港同样表现突出，三项数据均超过 2019 年水平。2024 年机场飞机起降架次为 19.3 万架次，同比增长 7.7%，较 2019 年增长 0.2%；旅客吞吐量达到 2790.7 万人次，同比增长 15.8%，较 2019 年增长 1.8%，年货邮吞吐量为 37.6 万吨，同比增长 19.5%，较 2019 年增长 13.6%。2024 年，厦门空港在航线网络优化方面取得了显著成果。截至年底，厦门机场累计开通运营境内外航线 223 条，其中境内航线 173 条，地区航线 6 条，国际航线 44 条。

机场“破局”增收仍有挑战

从总体来看，2024 年各大机场运营成绩虽然不俗，但仍面临着诸多挑战。

如何进一步推动经营效益提升等成为各大机场亟需解决的问题。各上市机场财报表现方面，与疫情前相比，反映到归母净利润上，表现仍不够理想。虽尚未出全年财报，但从目前 2024 年前三季度的财报表现来看，各机场营收和利润数据虽都在 2023 年的基础上明显增长，但与 2019 年各自的基准相比仍有差距。总体来看，2024 年前三季度首都机场亏损虽同比收窄 65.57%，但仍净亏损了 4.6 亿，上海机场、海南机场两家净利润仅恢复至 2019 年同期三成水平，深圳机场恢复至疫情前近七成水平，厦门机场恢复至九成水平，白云机场相对恢复程度最高，归母净利润较 2019 年增长 3%。

据一位民航业内人士分析，从 2024 年机场数据统计反映出，各主要机场的营收增幅显著低于客流的增长。该现象的背后，其实根本的原因在于机场的盈利模式在疫情后发生了重大改变。曾经作为“现金奶牛”的免税业务，由于受到利润分成模式的调整，机场方的盈利空间受到了明显的挤压。再加之目前国际航线的恢复速度普遍还不及预期，客运量的增长大多来自国内市场，给机场带来的营收增长相对有限。此外，目前正值上海、广州以及深圳机场大规模的改扩建工程的关键时期，对机场运营方的成本运营，都带来比较大的压力。因此，在以上多重因素的影响下，也就不难理解目前机场营收增长不及客运量的现象。未来，各大机场还应该着力多元化收入来源，减少对某单一业务的依赖，开拓新的利润增长，尤其是结合各地的特色以及独特文化，在提升旅客的候机体验过程中，在巩固主营收入的同时，不断开发创新性的业务增长点。

民航资源网专家于占福分析，现

阶段中国的国内民航市场与国际民航市场，在国内经济结构调整重塑的过程以及国际动态的地缘政治和区域安全因素的综合影响下，都面临着（航司与机场）现有产能、既有产能与旅客端实际需求之间暂时性的相对过剩。

表现在航司端，是以票价水平的主动降低来保持和拉升客座率，实现了更高的旅客流量；而在机场端，则是非航收入的显著下挫。两个行业都面对着旺丁不旺财（尤其是最终的经营利润）的现实挑战。而这种国内经济与国际环境并行带来的复合挑战，值得中国的航司和机场界都做好充分的“韧性作战”的心理准备，需要同时在“开源”和“节流”两个方面寻找各种改善的机会。这里，于占福提醒说，他特别使用“改善”而不是“突破”，是因为确实很难在这样的整体环境下在传统和经典的管理抓手上实现大幅的成效跳跃，更为可能的情形是在各个与最终财务结果有关联的运营环节上的一系列的“微改善”来“积少成多”，实现整体结果的稳固和温和提升。这样的心理预期非常重要，相应地也需要航司和机场冷静地放弃类似“一招鲜”的不实际的期待，而是更为全面扎实地同时在收入提升、成本精控和旅客服务质量改善等维度寻求进步，并且要避免一些管理目标上的冲突。尤其是在中国的民航业已经越来越多面对铁路和公路运输冲击的竞争环境下，成本精控与旅客服务质量改善之间很容易出现的顾此失彼，更是一个需要发挥智慧和服务真心才能解决的经营矛盾，要特别给与关注。■

▼ 图 2 | 2024 年五大上市机场运营数据 and 对比 2023 年、2019 年同期

2024年五大上市机场运营数据 and 对比2023年、2019年同期

运营数据	首都	浦东+虹桥	浦东	虹桥	白云	深圳	厦门
起降架次（万架次）	43.4	80.3	52.8	27.5	51.2	42.8	19.3
同比2023年同期	14.2%	15.0%	21.7%	4.6%	12.3%	8.9%	7.7%
同比2019年同期	-27.0%	2.3%	3.2%	0.8%	4.2%	15.7%	0.2%
旅客吞吐量（万人次）	6736.7	12480	7679.0	4797.2	7636.9	6147.7	2790.7
同比2023年同期	27.4%	29.0%	41.0%	12.9%	20.9%	16.6%	15.8%
同比2019年同期	-32.6%	2.5%	0.8%	5.1%	4.1%	16.1%	1.8%
货邮吞吐量（万吨）	144.3	420.0	377.0	43.0	238.3	188.1	37.6
同比2023年同期	29.3%	11.0%	9.6%	18.4%	17.3%	17.5%	19.5%
同比2019年同期	-26.2%	3.5%	3.7%	1.5%	23.9%	46.6%	13.6%

精英会籍匹配： 高价值客户市场的争夺战

文 | 王双武

忠诚度计划是航空公司维系客户尤其是高价值客户出行权益与价值体现的一个有效手段和方法。航空公司通过对客户飞行记录制定了银卡、金卡或铂金卡等不同权益内容的精英会籍，精英会员的多频次出行或高舱位机票为航空公司带来了更多的收益，也成为航空公司重点关注与争夺的主要客源。

各家航空公司对高价值客户的争夺战由来已久，并且有愈演愈烈之势。2023 年 11 月，美国航空针对达美航空和美国联合航空的高价值会员开展了精英会籍匹配促销活动，2024 年 4 月英国航空也开展了为期一个月的针对竞争对手的精英会籍匹配挑战活动。那么，航空公司围绕高价值客户市场是如何开展争夺战的呢？

▼
图 | onemileatatime.com



客户市场优势资源

精英会员属于市场高价值客户，航空公司针对精英会员通常划分有三类资格，即：银卡、金卡和铂金卡。由于文化差异或者基于企业辨识等因素，不同的航空公司对于这三类精英会籍的称呼还是有所区别的，但是就其出行权益的界限划分而言，基本上与此相似，权益内容多少或里程累积方式也基本上按照这三类来界定。等级越高，享受的出行权益和服务就会越好，例如：可进入头等舱（或公务舱）休息室、额外的免费交运行李、优先登机等诸多权益。因此，精英会籍就成为了权益与价值的集中体现。

吸引和留住其他航空公司的精英会员就成了高价值客户市场争夺的主要方式，其中精英会籍匹配就是航空公司开展客户营销的一种主要手段。通常来说，航空公司在精英会籍匹配方面会采取以下三种方式来实现目标，即：一是在短期内开展精英会籍促销活动，其他公司的精英会员可通过购买促销航空公司一定金额的高价值机票并实际完成飞行后，就能匹配该公司相对应的精英资格；二是对其他航空公司的精英会员直接给予资格匹配，在享受出行精英会员权益期内，须完成“飞行挑战”来实现资格的保级或升级；三是根据情况，对有潜力的外航精英会员采取一对一的资格匹配和保级激励活动。

会籍匹配活动通常会伴有“飞行挑战”，即会员需通过购买促销航空公司一定数量的高价值机票（头等舱或公务舱）或相等金额的多张经济舱机票并完成实际飞行，这样就算挑战成功，即获得该年度精英会员资格的保级或升级。精英会籍匹配在一定程度上可以吸收其他竞争航空公司的精英会员，也为想通

过挑战活动匹配其他航空公司的高价值旅客提供了一个便捷的通道。

精英会员匹配首先要求其他公司的精英会员必须注册成为本公司的会员，有些公司要求必须要有 2 个月以上的普通会员会籍。航空公司对精英会籍匹配都是有时限的，通常来说有两种情况，一是航空公司直接给其他公司的精英会员相对应的精英会籍，资格有效期为一年；二是航空公司给参加挑战的申请人 3～6 个月的精英会籍匹配期，之后申请者将在匹配期内乘坐规定次数的航班，或者购买特定金额的机票来实现精英会籍的保级。

公开促销激化竞争

开展公开的精英会籍匹配促销活动是一些航空公司在市场上针对竞争对手而采取的较为积极的营销手段，这种方式通常是在一个特定的时间段来进行的，其目的和用意十分明确，通常也会收到一定的成效。

达美航空在 2023 年宣布对忠诚度计划进行全面换新，尤其是改变了精英会员进阶的方式后，受到了大多数会员的抨击和不满，在一定程度上导致部分会员的流失。为了获取达美航空这部分流失的会员，捷蓝航空和阿拉斯加航空顺势开展了一波吸纳新会员的活动。与其他航空公司做法不同的是，美国航空仅仅针对达美航空的白金卡和钻石卡等精英会员，在 2023 年 11 月开展了一场精英会籍匹配活动。另外，美国航空也针对美国联合航空的优质白金卡和优质 1K 会员开展了类似匹配活动。

英国航空在 2024 年 4 月开展了为期一个月的外航精英会员会籍匹配活动，主要是针对达美航空、加拿大航空、汉莎航空、美国联合航空、法国航空、荷兰皇家

航空、斯堪得纳维亚航空和维珍大西洋航空。这些航空公司的金、银卡精英会员通过在线提交持有所在航空公司精英会员相关证明完成申请。匹配英国航空相应精英会籍的外航会员，能够享有英国航空 6 个月的精英会员资格。在这 6 个月内，匹配成功的会员只要购买由英国航空销售的从美国、加拿大或墨西哥始发，由英国航空、美国航空、爱尔兰航空、伊比利亚航空或芬兰航空执飞的两个航段机票，或者一张往返公务舱或头等舱机票，这样精英会籍就能再延期 6 个月。

挪威航空与北欧航空之间的竞争由来已久。虽说两家公司在经营方式上略有差异，但是在高端市场上确有相同客群。为了吸引北欧航空的高价值旅客，挪威航空从 2007 年起开始发起了“奖励权益计划”，并不断根据市场变化推出满足高价值旅客出行的需求产品。为此，挪威航空于 2023 年新增了铂金卡会籍及其配套的出行权益，以此来吸引北欧航空的精英会员。

北欧航空的精英会员在挪威航空官方网站主页填写一份申请表格，并且要提交已经是北欧航空金卡或铂金卡会籍的证明。一旦挪威航空审核通过，申请者就可以获得挪威航空 60 天的金卡或铂金卡会籍。为了能够延续 12 个月的精英会籍，申请者须在 60 天内至少购买并乘坐挪威航空的两个航班。随着挪威航空跨大西洋航线和欧洲内陆新航线的开辟，“奖励权益计划”在一定程度上方便了北欧航空精英会员的转会。

一对一的审核与匹配

当然，并不是所有的航空公司都会公开进行精英会籍的匹配活动。他们往往在官方网站上一直保留有外航精英会员申

请匹配本公司精英会籍的页面，如果有需要的话，这些外航精英会员可以在这家航空公司主页上填表申请。

阿联酋航空从不采取公开的精英会籍匹配促销活动，而是根据不同的情况对申请者采取一对一的审核与匹配，确保精英会员的价值体现。由于阿联酋航空不是寰宇一家、天合联盟和星空联盟的会员航空公司，因此，并不限制申请范围，只要能够满足匹配条件并提出申请，阿联酋航空就会根据情况进行一对一的审核。通常来说，阿联酋航空会根据情况给予申请者 60 天、90 天或 120 天的精英会员权益体验。如果要保留精英会籍，则申请者在接下来就必须完成不同精英会籍的门槛条件。这就要求在当年必须购买 1 张往返头等舱或公务舱机票，或者 2 张往返经济舱机票并完成实际飞机，但是用积分兑换的机票不计算在内。

在航空公司会籍匹配方式上，为了保障自身精英会员的权益价值，新加坡航空一般也不采取促销等激励手段，而是与阿联酋航空一样采取个人申请审批制。有意向的其他航空公司的精英会员可在新加坡航空官网或者 APP 上提交申请表格，然后等待新加坡航空是否准许的答复。通常来讲，申请人如果已经是其他公司尤其是竞争对手的银卡级别以上的精英会员，并且近期一直在乘坐新加坡航空，这样得到批准的概率会很高。

土耳其航空通常也不会发起一些公开的精英会籍匹配活动，而是通过一对一的审核手续，而想通过精英会籍匹配的人必须在其官方网站按照要求提交需要匹配的信息和资料。与此同时，申请者必须是其他航空公司的精英会员并持有相关证明。审核通过后，申请者需要正式填写一个表格，在网上提交并等待航空公司的确认。

阿拉斯加航空通常给符合条件的申请者 90 天的飞行挑战。如果在 90 天内飞行里程达到 5000 英里，可匹配银卡会籍；如果飞行里程达到 10000 英里，可匹配金卡会籍；如果达到 20000 英里，可匹配金卡 75K（相当于其他公司的铂金卡）会籍。另外，如果申请者在当年 6 月底之前开始挑战，精英会籍可延期到当年末；如果在当年 7 ～ 11 月之间开始挑战，精英会籍可延期到下一个日历年末。阿拉斯加航空对参加匹配的申请者有一个规定，那就是申请者只有一次挑战机会。

参加达美航空精英会籍匹配活动的人必须至少在 30 天前已经注册成为该公司的会员。审核通过后，已经成为其他航空公司银卡、金卡或铂金卡的申请者，拥有 3 个月达美航空相对应的精英会籍。为了在 3 个月后续保留精英资格，申请者须在这 3 个月内达到特定消费金额，即：消费金额达到 1250 美元，可保级银卡；消费金额达到 2500 美元，可保级金卡；消费金额达到 3750 美元，可保级铂金卡。

异业合作权益提升

精英会籍匹配已经成为高价值客户市场开发的一种有效手段和方法。但是，航空公司在开展精英会籍匹配促销活动过程中，一方面，势必要充分考虑那些潜在的且可吸纳的外航精英会员能够最终留下来的可能性，从而避免资源的虚耗和价值最低化的营销行为；另一方面，还要充分考虑该行为对公司现存的精英会员在情感上的接受度，毕竟这些现有的精英会员的会籍都是靠自己努力飞出来的，应采取必要的措施与方法避免造成负面的社会舆情，以及可能因不满而导致部分现存精英会员的流失。

随着航空合作伙伴业务的拓展和加

强，航空公司与产业链上下游相关合作伙伴之间加强了市场资源的共享与整合，在一定程度和范围内，航空公司也会与关联产业合作伙伴开展精英会籍匹配营销活动。这种跨行业的精英会籍匹配行为，形成了关联产业客户资源的共同维护与开发，同时也打通了不同行业客户积分的兑换与奖励，构建了一个相对均衡发展的产业生态系统。

新加坡航空在精英会籍匹配方面就加强了与异业合作伙伴精英会员的共享与维护，共同开发航空旅游产业链的客户价值。新加坡航空深化与万豪酒店集团的战略合作，万豪酒店的高级别会员通过万豪酒店的网站将酒店账户与新加坡航空的注册会员账号进行关联后，万豪酒店的金卡会员在 6 个月内只要乘坐新加坡航空两个航班（不管舱位和航距长短），就能匹配新加坡航空的银卡。万豪酒店的铂金会员、钛金会员和大使会员可直接匹配新加坡航空 12 个月的银卡会员；如果在 6 个月内乘坐新加坡航空 4 个航班（不管舱位和航距长短），就能升级为金卡。另外，新加坡航空与香格里拉酒店集团也开展过类似的精英会籍匹配活动。

当然，航空公司与酒店集团之间就高价值客户精英会籍的相互匹配也是基于酒店的品牌影响力、在全球的覆盖网点数量、数字化便捷应用程度以及合作范围的深度等诸多考量因素。与航空公司相互之间开展的精英会籍匹配不同的是，航空公司与酒店集团之间的这种合作方式更多的是相互加持双方精英会员的出行权益和增加更多的服务内容，是基于提高出行体验而共同维护和开发高价值客户市场的另一种有效手段。■

机长转身，开辟商飞新“航线”

文 | 张帅



吴国芳
Wu Guo Fang
上海市五一劳动奖章
获得者

1972 年 11 月出生，毕业于中国民航飞行学院，中共党员。2018 年入职中国商飞，现任中国商飞上海飞机客户服务有限公司党委委员、副总经理。上海市五一劳动奖章获得者。

吴国芳，是一位从资深飞行员转型而来的商飞精英，在商飞的舞台上，书写着属于自己的大飞机故事。

2018 年，大飞机飞行教员领域亟待开拓，急需专业飞行员为航司提供有力支持。彼时，身为机长的吴国芳，已在东航积累了丰富的飞行经验。听闻这一消息，他没有丝毫犹豫，投身中国商飞。此后，他以极高的自我要求和严苛标准，勇挑国产民机主制造商飞行员重担，将家国情怀与飞行梦想融入工作，全力推动国产商用飞机事业发展。

转型之路： 从东航机长到商飞先锋

吴国芳毕业于中国民航飞行学院，在东航，他积累了 MD-82、737-700、A320 等多样化机型的飞行经验，这些不同机型就像他的亲密伙伴，陪伴他度过了无数个飞行日夜。他也从青涩的学员逐步成长为技术精湛、经验丰富的机长。他凭借着扎实过硬的飞行技术和沉稳冷静的心理素质，多次成功应对天气变化等突发情况，用实际行动保障国家和人民生命财产安全，更以过硬的技术获得飞行教员资质并被中国民航局委任为飞行检查委任代表。

2018 年，一个偶然的契机改变了他的职业轨迹。当时，商飞客服中心为了推进 C909 项目，亟需专业飞行员。值此契机，吴国芳在深入了解客服中心的工作内容和大飞机事业的广阔前景后，果断加入，开启了商飞新“航线”。

对他而言，这不仅是一次工作的变动，更是一次挑战自我、突破舒适区的勇敢尝试。从航司到商飞，工作性质发生了巨大的变化。在航司，他专注于飞行技术和航班运营；而在商飞，他需要涉足更广泛的领域，从飞行训练、飞行操作程序开发、飞行服务请求支持到飞机设计优化，每一项工作都充满了挑战，但他凭借着扎实的专业基础和对专业的极致追求，迅速适应了新的角色，为后续在客服中心的卓越表现奠定了坚实的基础。

深耕细作： 为大飞机筑牢运行根基

加入商飞后，吴国芳全身心投入到各项工作中，展现出非凡的专业能力和敬业精神。面对 C909 规模化发展和飞行教员紧缺的情况，他仅用 5 个月时间就获得 C909 机长和飞行教员资质，随后他迅速投入并全程参与国航、东航、南航首批飞

行员培训和航线带飞，全力支援江西航、南航飞行，为客户培养了一批又一批的精英教员。

团队成员评价他：“吴总工作起来，既能仰望星空，又能脚踏实地。他既能把手头的工作做细做扎实，同时又可以看得很远。他会有比较独特的一些视角，然后带领我们去

做很多事。”

在飞行训练标准化建设方面，他发挥了至关重要的作用。当时，C909 的教学标准化工作亟待推进，吴国芳主动挑起大梁，带领团队编写 C909 的 FCTM 手册和 FCOM 手册等重要资料。FCTM 手册是飞行操作的“宝典”，里面详细记录了飞行过程中的技术要点、风险点以及操作注意事项，为飞行员提供了精确的指导。在编制过程中，他凭借自己丰富的飞行经验，深入研究 C909 的特点，与团队成员反复研讨，对每一个细节都精益求精，让飞行员在面对复杂的飞行情况时能够做到心中有数，从容应对。

谈及 C909 飞机，他自豪地说：“C909 是一架好飞的飞机。”除了手册编制，吴国芳还积极推动教学标准化的相关工作。他组织飞行教员进行年度复训，分享最新的飞行理念和技术，提升教员的教学水平；参与飞行训练大纲和教研指导手册



的科目编排，确保训练内容既符合实际飞行需求，又具有前瞻性。在他的努力下，C909 的飞行训练标准化工作取得了显著成效，为培养高素质的飞行员队伍提供有力保障。

他牵头新增复杂状态改出、单发滑行、窄跑道等几十项飞行操作程序设计和验证，为 C909 飞机飞行员提供了在特殊的环境、飞行状态或运行规则的操作指导。指导实施海外客户培训课程验证、商飞快线运行等多项工作，创建飞行员全技能周期能力管理体系，为中国商飞客户培训能力建设贡献着自己的力量，为 C909 飞机的安全运行筑牢了坚实的基础。

海外拓荒： 让中国大飞机闪耀国际天空

C909 的海外交付运行意义重大，是我国喷气式客机首次进入海外市场，对于建设“一带一路”、构建“双循环”新发展格局具有重要意义。为保障海外客户培训需求，推动文化交流与融合，提升海外运行支持能力，吴国芳勇挑重担，奔赴印尼，开启了一段充满挑战的“海外拓荒之旅”。

印尼的航空市场对中国大飞机来说既是机遇也是挑战。为了帮助印尼客户运营 C909，吴国芳长期驻扎印尼，率领印尼现场支援团队



全身心地投入到印尼翎亚航空公司 C909 飞机运行支援工作中。

2022 年 12 月，吴国芳作为飞行机组，将 C909 从上海浦东飞至印尼雅加达国际机场，完成海外首架 C909 飞机交付调机任务。随即展开了 C909 海外运行准备工作，配合印尼客户开展补充运行合格证审定项目，与客户各专业团队一起，先后完成应急撤离演示、桌面推演、100 小时空机验证等重点任务。

海外首次补充运行合格审定的每一项任务都是一场全新的挑战。尤其是验证飞行期间，吴国芳和客户飞行员共同执行飞行任务，同时开展航线带飞，与印尼局方 DGCA 各专业审查员一起，历经 22 天的

密度审查飞行，完成 48 个航段飞行，成功处置了印尼局方设置的 70 次模拟非正常场景的检查。吴国芳在验证飞行工作中展现出了极高的专业素养，其精湛的技术水平，让印尼局方、印尼客户对 COMAC 产品、团队从陌生到了解并逐渐建立了信任，获得了印尼局方“三个满意”的高度评价：对 C909 飞机质量表示满意，对商飞团队专业能力表示满意，对客户公司飞行员表现表示满意！

顺利获得补充运行合格证后，2023 年 4 月首条海外商业航线开通，C909 飞机在印尼振翅高飞，开启商业运行的新篇章。在运行中，吴国芳带领印尼现场支援团队，坚持不断提升机组技术资质，提高运控水

平，优化飞行运行。同时，配合客户共同开拓印尼航空市场，向长（长航程）—短（跑道）两个方向努力拓展 C909 飞机的适用场景，在印尼不断地创造新的成绩。

在客户的每条新航线开通前，吴国芳都会带领支援团队与客户一起开展航线论证、风险评估、专项训练，并和客户共同执飞首航，开展航线带教，确保运行安全。

2023 年 7 月，开通了首条国际航线，由印尼首都雅加达直飞马来首都吉隆坡，很好地提升了 C909 的品牌形象；2024 年 4 月起开通美娜多新基地，开拓服务于中资企业同胞的包机航线。

2024 年 8 月 17 日印尼国庆节“独立日”当天，完成了纳比雷机场 1600 x 30 米短窄跑道演示飞行。为了完成这次演示验证任务，吴国芳牵头成立专项团队，与翎亚航空一起进行了充分的理论性能评估、反复开展模拟机验证，确保在各种情况下的运行安全。纳比雷跑道的成功运行，极大地拓展了 C909 的短跑道运行适应性，为客户打开了广阔的支线市场空间。

2024 年 10 月底，开通美娜多至广州商业航线，航线距离 2800 公里，空中时间 3 小时 40 分钟，这是海外航空公司首次使用国产飞机执

行往返中国的国际航班，也是 C909 飞机目前执飞的最长商业航线。作为广州航线首航机长，吴国芳在到达广州后激动地说：“美娜多至广州航线的开通标志着国产商用飞机国际化发展迈出坚实步伐！C909 飞机性能非常好，表现非常棒！”

C909 在印尼取得的一系列成果不仅提升了 C909 在印尼的竞争力，也让印尼航司和局方对中国造飞机刮目相看。吴国芳带领现场支援团队为客户提供精准支持，凭借专业能力和真诚服务赢得印尼客户的信任。

同时，他与印尼当地建立了深厚的友谊，促进了两国文化交流，有效保障了海外交付的顺利进行。C909 在印尼的运行逐渐步入正轨，成功实现了首次安全平稳的海外运行，展示了国产民机过硬的质量，为国产民机走向国际市场奠定了坚实的基础，这也是中国大飞机走向世界的坚实一步。

“随着商飞的发展，未来我们发力的点是国内和国际双向作战，海外市场的拓展成为重要战略目标。随着首架 C909 交付印尼，我国的大飞机进入到另一个发展阶段。这个阶段对我们的机型，以及对我们厂家飞行员来说，都是一个巨大的挑战。”吴国芳说。

创新引领： 推动大飞机服务升级

在工作中，吴国芳始终践行“航线问题的处置高于一切”的理念，持续加强与供应商、航司的协调与联动，不断推动大飞机服务的升级和优化。

团队成员说：“吴总带领我们开拓了一个与航司交流需求的新方式。”他的创新思维，为团队注入了新的活力和发展方向。

他聚焦航线问题，积极推动与航司的沟通协作，创新建立了飞行操作程序讨论会机制，保障机队安全顺畅运行。以往，航司飞行员的问题通过简单的文字转达到商飞飞行工程团队，需求理解经常出现偏差，严重影响了飞行员关注问题处理的及时性

和满意度。吴国芳敏锐地意识到这一问题，牵头组织飞行操作程序讨论会，将航司反馈的操作程序问题以及飞行员在航线运行培训中遇到的各种问题集中交流，面对面充分讨论。从 2020 年开始已召开 50 余次，该会议逐渐形成规模。在会议上，各方充分交流，客户飞行员可以充分表达诉求，共同探讨最优解决方案。对于一些未定位原因的问题，吴国芳会在讨论会休息时间带领团队到模拟机上进行问题复现，尽快定位原因，推动问题的解决。通过这种交流方式，不仅有效解决了航司的实际问题，还收获了航司丰富飞行经验中关于 C909 飞机设计和操作的优化建议，携客户一起共筑国产民机梦。

团队成员回忆道：“印象最深



英国商用飞机发展之路

文 | 王思磊

刻的就是关于干扰性失速警告问题，相关说明的 PPT 我们反反复复地改了十几轮。他就坚持一条：不能解决所有飞行员的疑虑绝不放手。”

在服务请求处理和文件开发方面，吴国芳同样展现出创新思维。他负责 C909 飞机飞行操作类服务请求支持，确保帮助航司快速、准确地解决问题。针对航司服务请求日益增多且类型复杂的情况，他带领团队开发了一类新的运行类服务文件——飞行信息快速共享（FIQS）。依托 FIQS 的载体，商飞能够将航线运行中的重要信息快速分享给各航司，让航司提前做好应对预案，降低运行风险。这一创新举措为航司的安全运营新增了一道“护栏”。

“吴总常常跟大家说，我们的任务就是帮助客户一个一个地去解决他们的实际使用需求。”团队成员说。作为飞行员出身的他，以解决航线运行问题为目标，以客户运行需求为牵引，为推动飞机优化而全力以赴。

就拿 C909 驾驶舱的指示记录优化评估来说，他凭借自身丰富的飞行经验，从飞行员的视角出发，提出切实可行的评估意见。在他的引领下，整个团队稳扎稳打，以扎实的技术和专注的态度，把每一项需求都尽全力落实落地，为推动大飞机事业蓬勃发展贡献自己的力量。

传承梦想，共绘大飞机新蓝图

吴国芳不仅用自己的实际行动诠释了大飞机人的担当与使命，还引领团队不断前行。日常工作中追求极致，他对待每一项任务都倾尽全力，不放过任何细微之处。一旦飞机运行发生紧急情况，无论夜多深、情况多棘手，他总会第一时间响应，与团队并肩作战。他带领大家深入剖析问题根源，反复研讨解决方案，直至问题彻底解决。他的敬业精神，感染着身边每一个人，让团队成员深刻感悟：追求极致，是大飞机事业稳健前行的基石。

团队成员称赞他：“他是善于鼓舞人心的领导。”面对复杂艰巨的任务与巨大压力，他总能为团队指明方向，让大家看到工作背后的价值与意义。参与 CRM 课程学习时，他结合自身丰富经验，为团队描绘出课程未来发展蓝图，详细阐述其对提升飞行员非技术胜任力、保障飞行安全的关键作用，激发了团队对课程开发优化的热情，在他的鼓励下，成员们积极投入，发挥专长，为飞行安全保驾护航。

回顾自己在商飞的日子，吴国芳感慨万分。他说：“自己的每一步成长都与中国大飞机事业的发展

紧密相连。这些年的付出，不仅让自己实现了个人的成长，更是收获了满满的成就感和满足感。同时，自己也深切感受到国家对大飞机事业的高度重视和殷切期望，让自己更加坚定了继续为大飞机事业拼搏的决心。”

展望未来，吴国芳对大飞机事业充满信心。当前国内市场已进入了规模化的多用户阶段，在印尼的成功交付，开启了海外市场的新篇章，未来要加大对海外市场的开拓力度，尤其是东南亚地区。然而，他也清醒地意识到，前行的道路并非一帆风顺，技术瓶颈、国际竞争等诸多困难和挑战依然存在。但他坚信，只要全体大飞机人团结一心、众志成城，勇于创新、敢于担当，就没有克服不了的困难，一定能够实现大飞机事业的宏伟目标。

在大飞机事业的漫漫征程中，吴国芳以机长之能，转型为商飞新航线的开拓者，从国内到海外，从技术攻坚到服务创新。他引领着团队不断创新，传承大飞机创业精神，勇攀科技高峰，无畏国际竞争，在广阔的蓝天之上，持续拓展商飞的新航线，让翱翔天际的中国大飞机，成为闪耀世界的中国名片。■

英国，第一次工业革命的发起国，第二次工业革命的“尖子生”，也是最早发展航空工业的国家之一。人类历史上第一个提出现代飞机概念的人、第一个航空学术团体和专业组织、第一台涡轮喷气发动机、第一架喷气式客机等等，都诞生于英国，英国一度引领世界航空工业发展。然而，到了 20 世纪 60 年代，由于经济发展缓慢、政府决策失误等多方面原因，英国航空工业开始衰退。除了发动机和航电系统，在整机制造上，英国再无昔日的光芒。后来几经波折加入空客公司，英国在商用飞机发展上，终于实现了与欧洲各国的“抱团”。

“航空之父”乔治·凯利

自 1783 年热气球和氢气球在法国诞生以来，人们的热情一下子转到了气球和飞艇这些轻于空气的飞行器上，法国和德国相继成为了世界气球和飞艇的研究中心。19 世纪前期，重于空气的飞行器的研究中心开始在英国形成，英国“航空之父”乔治·凯利，使飞机的研究走上了真正的科学道路。

乔治·凯利出生于 1773 年，早期受过很好的教育。10 岁那年，他亲眼目睹了法国第一次载人气球飞

行，雀跃欢腾的热闹场面，惊心动魄的紧张时刻，以及凯旋而来的天之骄子，在他的心里都播下了飞天的种子。他想，轻于空气的气球能升天，那么，比空气重的鸟儿为什么也能在天上翱翔呢？带着这样的疑问，乔治·凯利开始构思重于空气的航空器。

20 岁时，凯利开始研究仿制、改造中国古代的玩具“竹蜻蜓”，从中发现了螺旋桨的原理，并动手设计制作了一架最简单的模型直升机。同时，通过长期大量研究鸟的飞行后，凯利第一个明确认识到：人造飞行器要分别实现升举和推举两种功能。1799 年，年仅 26 岁的凯利设计出几乎已具备现代飞机主要部件的飞行器草图，但因为当时科学技术发展的局限，这个方案仍旧以扑翼作为动力和产生升力的方式。

凯利开创了空气动力学的实验研究，他自己设计制作了一架旋臂机来研究平板的升力，并归纳为：空气升力“与空气介质密度成正比，与平板面积成正比，与运动速度的平方成正比，与迎角的正弦成正比”。这是重大的理论突破，对后人产生了重要影响。

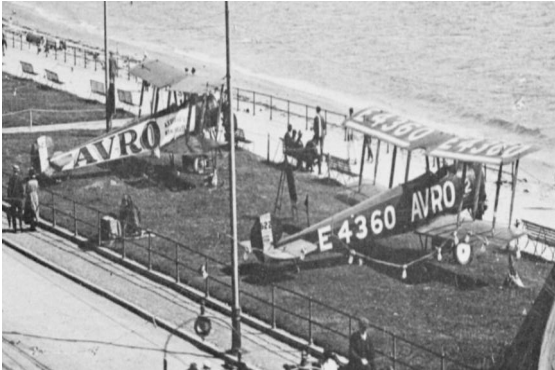
1809 年，凯利成功地制造出了人类航空史上第一架全尺寸滑翔

机并进行了试飞。也就是在这一年，他的题为《论空中航行》的论文在自然哲学杂志上发表，被认为是现代航空学诞生的标志。在论文中，凯利对飞行器的升力、重力和阻力下了明确的定义，建立了飞行的基本原理，阐述了飞机的基本组成部分和基本要求，分析了飞机的稳定性、安全性和操作性。同时，他还

▼ 乔治·凯利设计制作了一架旋臂机



▼ Avro 504Ks 和 D6230 停泊在马恩岛道格拉斯



明确提出当时飞机研制成功面临的三大难题：动力问题、动力转换问题、飞机结构强度和重量问题。那个时候，英国的蒸汽机已经出现，但是庞大笨重而效率低下的蒸汽机并不适合作为飞机的动力。凯利痛心地说：“我的发明无法达到的唯一原因，是如何产生一种推进的动力。”

1848 年，凯利 75 岁，轻质量的合适的发动机仍杳无音信，他感到只有用滑翔机来证实自己的空气动力学理论。于是在 1849 年，他造了一架三翼滑翔机，让一名 10

岁的小孩坐在一只吊篮里，从小山上滑下来，一些人用绳子拉着滑翔机，飞机竟迎风飘飞了一段距离。这是人类历史上第一次载人滑翔机系留牵引飞行。1853 年，凯利又造了一架滑翔机，并装上了灵巧的刹车杠杆，由他的马车夫进行了人类历史上第一次有人乘坐的重于空气的航空器飞行。

1857 年，凯利逝世。他的研究工作，特别是他的论文《论空中航行》，在人类航空史上占有不可替代的重要地位。临终前不久，他曾写下这样两句话：“给你，查看

笔记的朋友！我已去了，愿你在这些涂鸦中寻找出智慧的火种。”

浓厚的航空社会氛围

18 世纪末，欧洲的天空已成为热气球和飞艇的聚集地，英国也不例外，但对于重于空气的飞行器的探索，欧洲人始终未停下脚步，他们开始想象并研究飞机的样子，而这也引起了英国王室的极大兴趣。1866 年，由英国王室赞助的皇家航空学会在伦敦成立，成为了世界上第一个航空学术团体和专业组织，致力于航空知识和技术的发展与普及，极大地推动了英国乃至世界航空工业的发展。

航空技术的研究得到了英国王室的支持，而欧洲人的航空实践活动也得到了英国社会组织的支持，在这方面，英国的《每日邮报》可以说是一个典型。

1896 年，艾尔弗雷德·哈姆斯沃思·诺斯科克利夫子爵创办了《每日邮报》。艾尔弗雷德本人热衷于科学发展，并对飞行具有浓厚兴趣。1906 年，正当飞机的发展如火如荼之时，艾尔弗雷德雇用哈里·哈珀在《每日邮报》开辟了航空专栏，哈里·哈珀也因此成为了世界上第一位航空专业记者。他向艾尔弗雷

德建议，《每日邮报》应当为飞得最好的飞机提供奖金，而艾尔弗雷德也采纳了哈里·哈珀的建议。

第一次提供的奖金只有 75 英镑，一个叫艾伯特·弗登·罗伊的没有名气的年轻人获得了这笔奖金，而就是这笔小数额的奖金，让这位年轻人开始了他的航空生涯，最后创办了阿芙罗飞机公司，生产了诸如阿芙罗 504 这样性能突出的飞机。

后来，《每日邮报》又为奖励驾驶英国制造的飞机首次完成一英里圆周飞行的英国飞行员设立了高达 1000 英镑的奖金。这笔奖金由穆尔·布拉巴宗获得，后来，穆尔·布拉巴宗成为了布拉巴宗勋爵，是推动英国航空工业发展的举足轻重的人物。《每日邮报》还为第一个完成跨越英吉利海峡飞行的人设立了另外的 1000 英镑奖金，这一奖励被法国人布莱里奥于 1909 年 7 月 25 日获得，后人将这次飞行与莱特兄弟的第一次飞行、林白 1927 年单人飞越大西洋并列为“早期航空三大里程碑飞行”。

1906 年，《每日邮报》给第一个在 24 小时内从伦敦飞到曼彻斯特的飞行员开出 10000 英镑的奖金，条件是飞机必须在两个城市的《每日邮报》办事处 8000 米范围内起飞和降落，在途中不超过两次

降落。这一在当时看起来有些像天方夜谭的奖项设置，在 1910 年 4 月由法国飞行员路易斯·波杨获得。另一个 10000 英镑奖励于 1913 年设立，奖励第一个驾驶飞机飞越大西洋的飞行员，1919 年，英国人阿尔科克（飞行员）和布朗（领航员）驾驶的维克斯公司“维米”飞机成功实现了这一越洋飞行，温斯顿·丘吉尔（后来的英国首相）亲自授奖。这次飞行虽然只是一次成功的冒险和试验，但它向世人证明了飞机作为长途运输工具的巨大潜力和优势，为世界民用航空事业的发展奠定了基础。

《每日邮报》为航空事业发展提供了各种奖金，总额超过了 10 万英镑，而它将航空事业向前推进了究竟多远，却是难以估计的。

得益于浓厚的学术氛围和社会氛围，20 世纪初，英国的飞机制造公司如雨后春笋般成立。1908 年，肖特兄弟飞机制造公司（Short Brothers）和汉德利佩吉公司（Handley Page）成立；1910 年，布莱克本公司（Blackburn）和阿芙罗（A.V.Roe）公司成立；1911 年，索普维斯公司（Sopwith）以及后来成为布里斯托尔飞机制造公司（Bristol）的不列颠殖民（飞机）公司（British and Colonial）成立。

英国的航空工业繁荣初现。

一战后的民用航空运输

第一次世界大战期间，军方需求激增，英国航空工业就业人数成倍增长，许多原本并未涉足航空工业的企业也卷入到了飞机制造的大潮中，飞机的生产能力和产量都有了极大的提升。然而随着战争结束，航空市场的惨淡迫使飞机制造商们通过重组、合并，改头换面后继续进行飞机的设计和生产，市场也由军用转为民用运输。

1919 年 5 月 1 日，英国政府批准开辟定期航线。同年 5 月 24 日，阿芙罗民用航空公司开始经营第一条国内航线，即每日一班的曼彻斯特—索斯波特—布莱克普尔航线，使用的飞机是阿芙罗 504 和 536 单发双翼机。1919 年 8 月 25 日，由乔治·霍尔特·托马斯开创的飞机运输和旅游公司开辟了首条伦敦至巴黎的定期国际航线。

不过，英国政府虽然允许民间开办民用航空，但支持并不够，在战后民航运输的发展上，难以与法国、德国竞争。经过国会长达几个月的激烈辩论，“飞越海峡委员会”成立。该委员会在时任英国空军大臣丘吉尔的领导下，最终作出决定，

▼ 图 | onemileatatime.com



向经营伦敦至巴黎航线的汉德利佩吉公司提供 25000 英镑的资助。有了政府的支持，1923 年，汉德利佩吉公司在伦敦至巴黎航线上共运送了 7000 多名旅客，其他一些英国航空公司也投入到该航线的运营中来。1924 年，这些公司合并成为帝国航空公司，也就是英国航空公司的前身。与此同时，英国国内航线也迅速开辟，各主要城市间都有班机往来。

战后十几年，一个遍及欧洲的民用航空网络已经形成。按客运量统计，英国的民用航空运输量在欧

洲排名第三，次于德国和法国。20 世纪 20 年代，欧洲的各大航空公司开始开辟洲际航线。1921 年，英国皇家飞行员建立了“沙漠航空邮政”，开辟了伦敦到巴格达、开罗的航线。以此为基础，英国帝国航空公司开辟了英国到中东、印度和东南亚三条航线，同时也加紧了非洲航线的开发。1931 年 2 月，从苏丹喀土穆到维多利亚湖的姆万扎的定期航线开通。1932 年 4 月，从伦敦到好望角的客运航线开通。20 世纪 30 年代中期，一个世界性的航空网络初见端倪，英国为此做出了

积极的贡献，也成为其中的重要组成部分。

世界第一款喷气客机

1942 年 12 月，第二次世界大战陷入胶着状态，一切都在为战争服务。可时任英国首相的丘吉尔却把部分目光转移到了英国运输机和客机的发展水平上。当时，英国所有的优质航空资源全部投入到了战斗机和轰炸机的研发生产中，运输机与客机发展完全停滞。这让丘吉尔意识到，必须开始把一些精力投入到民用航空领域，重新制造承担民用航空运输的飞机，他把这一重任交给了穆尔·布拉巴宗勋爵。

1943 年 3 月，在提交给下议院的《布拉巴宗报告》中，布拉巴宗委员会言辞坚定地要求英国政府必须重视商用飞机的发展，并且提出了一个野心勃勃的宏伟蓝图，希望在英国同时开展 9 种商用飞机项目，其中包括将 4 款军用飞机进行民用改造和独立设计，还有 5 种覆盖各个航程的新型商用飞机，后者也被称为“五种设计”。这就是让英国乃至欧洲的航空工业受益至今的布拉巴宗计划。

在这份计划的“五种设计”里，两款飞机最被寄予厚望：一款是对

标民航霸主 DC-3、正面挑战美国商用飞机制造商的“子爵”号涡桨式客机；另一款是以布拉巴宗勋爵本人名字命名的“布拉巴宗”号客机。其中最不被看好的项目，就是研发一款中短程喷气式邮航飞机。

1944 年，二战接近尾声，英国开始为上述飞机招标设计。采用喷气动力的“布拉巴宗”IV 型飞机最终交由德·哈维兰公司研制。经过几年的艰难研发，布拉巴宗计划里的几种大型飞机大都被研制出来，但多属华而不实。例如寄托着英国工业希望的“布拉巴宗”号客机，1949 年 9 月 4 日首飞成功，以巨大的外形尺寸和豪华的内部设施震惊世人，首飞之后仅 4 天，就被匆忙运往范堡罗航展展出，却未能获得一架订单。主要是由于它的耗资实在过于庞大，让以利润为根本准则的航空公司望而却步。当年最不被看好的喷气飞机项目，在德·哈维兰及其团队的不懈努力下，也于 1949 年 7 月首飞，这就是世界上第一款喷气客机“彗星”号。

当时，人们长途旅行仍以远洋轮船为主，坐飞机是上流社会才能享受的出行方式。因此，在世界上第一架喷气客机正式投入商业运行后，立即成为了世人追捧的对象。短短数月内，英国各大航空公司的

“彗星”号客机乘客迅速增加，并开通了许多新的航线，作为“彗星”号客机的制造商，德·哈维兰公司也获得了前所未有的大量订单。

正当“彗星”号一路高歌猛进，“布拉巴宗”号却在花费了高达 3400 万英镑的研制费用后，仍然没有一家公司想要购买的迹象。就在泛美航空向德·哈维兰公司开出 3 架“彗星”订单的同一个月，曾让全世界震惊的“布拉巴宗”号飞机以 1 万英镑的价钱，卖给了废铁回收商。

“彗星”号标志着世界商用飞机喷气时代的到来，这是英国对人类航空事业发展作出的又一重大贡献。然而不幸的是，“彗星”号投入使用后，接连出现了几次重大的空难事故，而此时的美国波音公司和道格拉斯公司已相继推出更受市场欢迎的喷气客机，英国在世界民用航空的领先地位被美国取代了。

“彗星”之后，英国的维克斯公司研制出 VC-10 四发中远程客机，霍克·西德利公司研制出“三叉戟”三发中短程客机，英国飞机公司研制出 BAC-111 双发短程客机，英国还与法国联合研制出“协和”号超音速客机，但都未获得市场的成功。在一份英国《飞机工业调查报告》中显示，自二战结束至 20 世纪 60

年代中期，英国启动的运输机和客机项目不下 36 种，其中只有 8 种飞机的生产量超过了 100 架。这份报告对二战结束后英国所实施的航空政策给予了不折不扣的抨击，让一部分人开始意识到，英国企业家们应该将商用飞机作为主要合作内容，与他们在欧洲大陆的对手联盟。

1966 年，法、德、英三国政府决定对欧洲的航空工业力量进行集中，由各国的主要航空企业（德国空中客车研究集团、法国南方航空制造公司和英国霍克·西德利公司）组成一个联合集团，共同设计和制造一个被称为“欧洲空中客车”的客机项目，也就是 A300。但在项目的推进和空客公司的成立过程中，英国一直摇摆不定，因为英国的企业家们对欧洲大陆仍然心存戒备，很少人相信这是一条最好的道路。1969 年，英国甚至由于对 A300 选用美国发动机不满，宣布退出“空中客车”项目。但历史的车轮滚滚向前，欧洲各国在商用飞机领域携手联合的趋势不会改变，英国最终选择了成为空客的一员，专注于发动机和零部件的精细打造，而这也确保了其在全球航空产业链中的不可替代性和商用飞机领域发展的可持续性。■

▼ De Havilland Comet



飞了 100 年的“蛾”

文 | 王钟强



▲ 美 DH.60 “蛾” 的原型机（注册号 G-EBKT）



▲ 亲自试飞原型机的德·哈维兰



▲ “蛾” 的机翼可以折叠，一辆小车就能拉着跑

上世纪二三十年代，一次大战已经结束，民用航空在世界各地逐步兴起。1922 年，有军用航空背景的塞夫顿·布兰克爵士出任英国民航总监，他竭尽全力通过地方政府和飞行俱乐部来激发英国民众对民航事业的兴趣。他认为，让普通大众更具有航空意识，在他们心中播下飞行的种子，对国家来说非常有益，至少在将来的战争中，一支训练有素的飞行员队伍将会是无价之宝。

塞夫顿爵士鼓励曼彻斯特和其他城市建设市政机场和飞机起降场地。他和英国知名飞行家艾伦·科巴姆一起组织了几次长途航线调查飞行。他积极鼓吹把首都伦敦和海外殖民地及领土用空中航线连接起来。从 1921 年到 1930 年，塞夫顿爵士是英国皇家航空俱乐部竞赛委员会的主席。在他的领导下，英国政府宣布将向一些指定的飞行俱乐部提供补助金，为这些俱乐部提供适用的飞机。德·哈维兰公司“蛾”（de Havilland Moth）和阿夫娄公司“阿维安”（Avro Avian）等轻型飞机在政府政策的推动下应运而生。

最初的“蛾”

距今整整 100 年前，1925 年 2 月 22 日，德·哈维兰公司的创始

人杰弗里·德·哈维兰在伦敦埃奇韦尔的鹿巷（Stag Lane）的自己的公司的机场，亲自驾驶新研制的 DH.60 “蛾”（注册号为 G-EBKT）首次试飞，成为世界上第一架真正实用和成功的轻型飞机，既能为军方、也能为飞行俱乐部和私人服务。英国政府用这种飞机装备了一些官方支持的飞行俱乐部。

DH.60 “蛾”是从 DH.51 发展出来的轻型、双座、单发、单舱双翼飞机。机身由胶合板建造，机翼和尾翼表面用织物覆盖，长 7.150 米，翼展 8.839 米，总高 2.680 米。飞机的机翼设计成可以与机身平行折叠，使其宽度降为 2.7 米。上、下机翼总面积为 21.3 平方米。机翼之间的垂直间距为 1.473 米。DH.60 空重为 346.6 千克，总重 748 千克。其特点包括折叠机翼，使飞机可以储存在更小的空间里，有些甚至可以被“奥斯汀 7”等轻型汽车拖走。

最初的“蛾”装一台 A.D.C. 飞机有限公司研制的 60 马力（45 kW）“卷云 I”（Cirrus I）风冷直列 4 缸顶置气门发动机，设计师是弗兰克·伯纳德·哈尔福德，发动机长 0.983 米、高 0.908 米、宽 0.450 米、重 118 千克，每缸有两个气门，压缩比为 5.4：1，

在 1800 转 / 分时产生 60 马力，在 2000 转 / 分时产生 65 马力。

“卷云”发动机本身是可靠的，但制造商和供应链不太可靠，要依赖从一次大战时期的“雷诺”发动机中回收来的部件。因此，德·哈维兰决定用自己工厂制造的新发动机来代替“卷云”。1928 年，换上了德·哈维兰公司的“吉卜赛 I”发动机，一架新的 DH. 60 G “吉卜赛蛾”（Gipsy Moth）原型机就诞生了。除了功率的增加，这次更新的主要优势是“吉卜赛 I”作为全新的发动机能满足大量制造“蛾”的需要。在工厂里，新发动机的生产线与“蛾”机身生产线并排。这使得德·哈维兰飞机公司能够控制制造“蛾”机身、发动机和所有部件的整个过程，简化生产程序，最终降低制造成本。

随后的几年里，从“蛾”又发展出若干不同的型别，主要的区别是换装功率分别为 55、63、66、71、80 甚至 97 千瓦的发动机，包括 DH.60 “吉卜赛蛾”（Gipsy Moth）、DH. 60 M “金属蛾”（Metal Moth）、DH.80 “猫蛾”（Puss Moth）、DH.82 “虎蛾”（Tiger Moth）、DH.83 “狐蛾”（Fox Moth）和 DH.87 “大黄蜂蛾”（Hornet Moth）等，产量从最初

的每周不到 1 架增加到每天超过 3 架。最终，各种不同型别的“蛾”在鹿巷共生产了 595 架。

产量最大的“虎蛾”

DH.82“虎蛾”是 DH. 60T “蛾”教练机的发展型，1931 年 10 月 26 日首次飞行。早期飞机的一个问题是，在紧急情况下飞行员逃出飞机很困难，新飞机上通过重新安排前驾驶舱的支柱的位置解决了这一问题。为了应对可能导致的重心问题，机翼有适当的后掠角。翼间支柱向前移动，以改善在紧急情况下飞行员从前驾驶舱的进出。这些改进被认为足够大，因此飞机被重新定名为 DH. 82 “虎蛾”。第一架 DH.82 于 1932 年进入英国皇家空军服役。

1939 年，加拿大被选定作为“英联邦航空训练计划”（BCATP）培训飞行员的主要地域，预期会有成千上万的见习飞行员涌入，加拿大德·哈维兰飞机有限公司加强在当地生产“虎蛾”，补充从英格兰收到的飞机。在加拿大生产的 1747 架“虎蛾”中，有 1553 架是冬季型 DH.82C。1945 年 8 月，“虎蛾”生产结束，共生产了 9231 架，其中 8677 架是



▲ 在伦敦科学博物馆展出的一台“卷云”发动机



▲ DH.82 “虎蛾”

A 型或 C 型。战后，过剩的军用“虎蛾”用作私人飞机非常受欢迎。还有很多飞机被改造成农业飞机，特别是在澳大利亚和新西兰。还有少量飞机在 1957 年以后被改装成 4 座的“实习生”（Jackaroo）。到上世纪六七十年代，在一些国



▲ 这是在英国的生产线上生产的第 98 架、也是最后一架“狐蛾”，在 1935 年初交付给“航空旅行（新西兰）有限公司”（Air Travel(NZ)Ltd）



▲ 爱尔兰女飞行家玛丽·希思夫人为 DH.60 “蛾”洗礼，并用自己的名字命名飞机

家，随着退役飞机的修复和重上蓝天，飞“虎蛾”的人数实际上在增长。1975 年，英国德·哈维兰“虎蛾”俱乐部成立，这是一个相当严密的机构，为“虎蛾”爱好者提供技术支持。

“狐蛾”

“虎蛾”首次试飞后，公司还生产过由知名设计师亚瑟·欧内斯特·哈格设计的 DH.83“狐蛾”（Fox Moth），并于 1932 年 1 月 29 日首次试飞。

DH.83“狐蛾”巡航速度为每小时 146 千米，航程为 684 千米。有一个开放式驾驶舱，位于胶合板覆盖的机身上。在飞行员的前面，机身内有一个可以容纳 4 名乘客的小机舱。乘客座位边都有侧窗，而在仪表板上有一个圆形的玻璃舷窗，让飞行员可以关照乘客的健康状况。“狐蛾”使用了许多 DH.82“虎蛾”的组件，包括机翼、发动机安装架和起落架。不少国家的航空公司使用过这种早期小型客机。

名人飞行为“蛾”增添光彩

1925 年 5 月 29 日，英国知名飞行家艾伦·科巴姆驾驶“蛾”原型机从伦敦克罗伊登飞往瑞士苏黎世，随后返回，往返只用了 14 小时 49 分钟。科巴姆还在“国王杯空中比赛”中驾驶“蛾”，尽管天气迫使他在终点附近降落。它在随后的一场比赛中获得了第二名。

爱尔兰女飞行家玛丽·希思夫人也和“蛾”有过交集，她是伦敦飞机俱乐部的第一位乘客，也是第一位从公共飞机上跳伞的女性。1926 年，她打破了惯例，成为英国第一位持有商业飞行执照的女性。她还是美国第一位成为飞机机械师的女性，创立了“国家少年航空俱乐部”，并是新成立的爱尔兰滑翔俱乐部的主席。1928 年，她驾驶拥有开放式驾驶舱的阿芙罗公司“阿维安 III”从南非开普敦飞往英国伦敦。这次旅行花了 3 个月，着陆时她特意身穿毛皮大衣和高跟鞋离开飞机，向世界展示淑女也可以翱翔蓝天。后来在美国的一场飞机事故导致她颅骨严重受伤，并住院 6 周。尽管如此，她最终拿回了飞行员执照，回到爱尔兰为爱奥纳国家航空公司飞行并提供指导。后来，她和丈夫在基尔多南机场运营都柏林空中出租车（Dublin Air Ferries）服务公司，运营的主要飞机是 DH.60“蛾”。

英国女飞行家艾米·约翰逊原来是一位律师的秘书，1929 年约翰逊开始学习飞行，当时她从每周 5 镑的工资中拿出钱来支付学费。第二年，便勇敢地走上

创纪录飞行的征程。她想打破一位英国男飞行员欣克勒 1928 年创造的用 15 天从伦敦飞到澳大利亚的纪录。为了这次远程飞行，她找到曾经为许多知名飞行员的冒险飞行提供经费的《每日邮报》，但当他们听约翰逊说明来意后，一口拒绝了她的请求，并嘲笑她异想天开。忠告、嘲笑、讥讽，都没有动摇约翰逊的决心。终于，她感动了一位石油大亨，大亨答应为她出飞机的钱，并在沿途供应燃油。

1930 年 5 月 5 日，约翰逊尽管只飞过 100 小时，最远的飞行距离不过 200 多千米，但她义无反顾地驾驶一架“吉卜赛蛾”，从伦敦克罗伊登机场起飞了。她计划的路线是从伦敦经维也纳、伊斯坦布尔、阿勒顿、巴格达、卡拉奇、阿拉哈巴德、仰光、曼谷、新加坡、爪哇，到达澳大利亚，全程 1.6 万千米。要知道，当时的飞机远没有今天的先进。尤其是小型飞机，飞机上几乎没有仪表，飞机起飞几分钟之后便失去和地面的联系，全靠简单的地图和粗略的计算来导航。在如此简陋的条件下要飞越浩瀚的海洋和大陆，其困难是可以想象的。经过 19 天的飞行，5 月 24 日约

约翰逊终于到达澳大利亚北部的达尔文机场，受到等候在那里的一大群人的热烈欢迎。虽然她没能打破欣克勒的纪录，但一举成为世界上第一个单人驾机从伦敦飞到澳大利亚的女性。

1932 年 7 月，约翰逊与当时著名的创纪录飞行员吉姆·莫里森结为夫妇，她和丈夫你追我赶，比翼齐飞，多次创造远程飞行纪录。

1932 年 11 月 14 日至 18 日，约翰逊驾驶着她的 DH.80A“猫蛾”（c/n 2247，注册为 G-ACAB），从英国伦敦林普恩机场飞到南非的开普敦，距离约 10140 千米，总共用时 4 天 6 小时 54 分钟，打破了她丈夫吉姆·莫里森之前创下的 4 天 17 小时 22 分钟的纪录，也就是说，比丈夫快了 10 小时 28 分钟。

吉姆·莫里森是英国一位知名的飞行家。在英国皇家空军服役 5 年后，成为了澳大利亚的一名飞行员。他多次进行各种创纪录飞行，包括澳大利亚到英国（1931 年）、英国到南非开普角（1932 年），并两次横渡大西洋。1932 年 8 月与艾米·约翰逊结婚。1933 年 2 月 9 日，莫里森驾驶一架名为“心脏的内容”



▲ 艾米·约翰逊和她的 DH.60G“吉卜赛蛾”（Gipsy Moth, G-AAAH）



▲ 美航装备的 DC-3“底特律旗舰”号



▲ 1932 年 11 月 14 日出发前，约翰逊和 DH.80 “猫蛾”（G-ACAB）在伦敦机场合影



▲ 在跨大西洋飞行前不久，莫里森和他的 DH.80 “猫蛾”合影，莫里森的座机 DH.80 “猫蛾”（注册号 G-ABXY）

的 DH.80A “猫蛾”上单翼飞机，耗时 82 个多小时抵达巴西东北部的纳塔尔，完成了人类第一次单人从东向西飞越南大西洋的任务。

很多人知道杰汉吉尔·拉塔吉·达达博伊·塔塔（Jehangir Ratanji Dadabhoy Tata）的名字，通常缩写成 JRD 塔塔，他领导了印度最大的工业集团 50 年，还在印度发展民航事业的历史上发挥过重要作用。

一家做钢铁生意的公司怎么就搞起航空了呢？这和 JRD 塔塔的个人经历有很大的关系。他出生在法国巴黎，从小向往飞行，一直梦想着成为一名飞行员。1928 年，24 岁的他成为第一位得到飞行许可证的印度人。1932 年 10 月 15 日，塔塔驾驶一架“猫蛾”（Puss Moth）从卡拉奇飞往孟买，这一天也成为印度民航运输业诞生的日子。

后来，塔塔用他从英国买回的两架飞机——一架“猫蛾”和一架“豹蛾”（Leopard Moth）成立塔塔航空公司，最初的服务包括每周在卡拉奇和马德拉斯之间（经停艾哈迈达巴德、孟买）提供邮件空运服务。在运营的第一年，该航空公司空运了

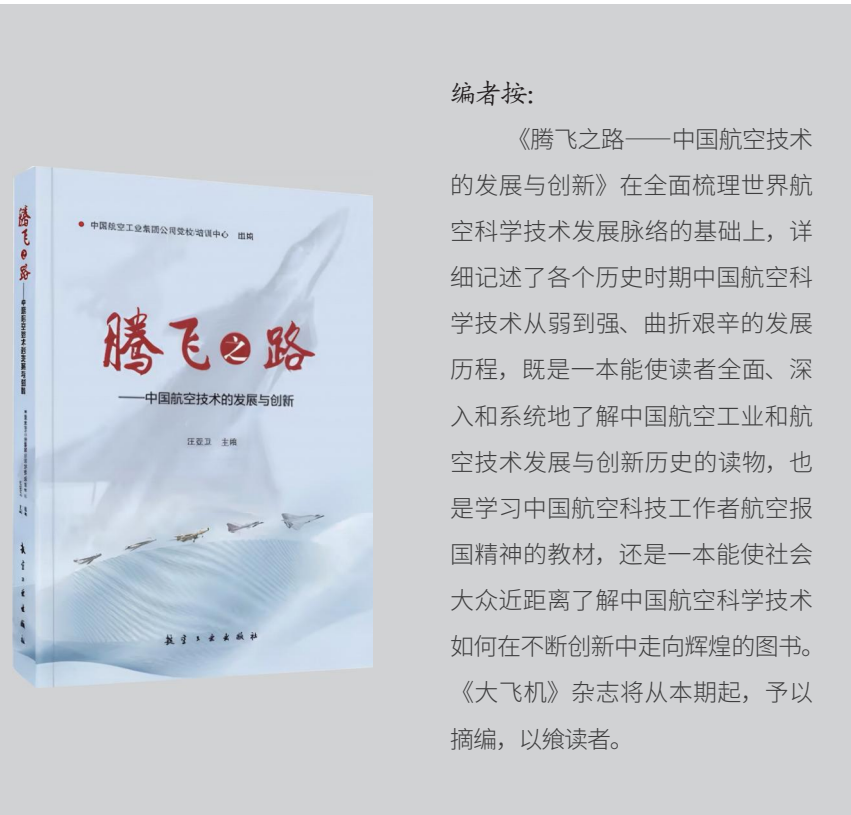
10.71 吨邮件。从 1946 年开始，塔塔航空公司改名为印度航空公司，与政府合营客运业务，塔塔家族控股 40%。

今年的庆典活动

今年是“蛾”诞生 100 周年，也是国际“虎蛾”俱乐部成立 50 周年。早在两年前，英国媒体就刊登了一条新闻，德·哈维兰飞蛾俱乐部将在 2025 年 7 月 31 日和 8 月 1 日（星期四和星期五）在沃本举行庆祝集会。除了俱乐部成员的“虎蛾”飞机，也欢迎德·哈维兰爵士开发的各种飞机及其爱好者参加。2025 年活动的组织方声称，庆祝活动的目的是召集最大的 DH 飞机聚会，希望能达到有 100 架“蛾”出席的预期目标。周四晚上将有庆祝晚宴，周五下午将有以“蛾”为中心的飞行表演。之所以提前两年就发活动预告，是为了给 DH “蛾”遍布世界各地的海外用户，有充分的时间将自己的“古董飞机”加以维护、修理。■

旧中国对航空技术的探索（上） ——《腾飞之路——中国航空技术的发展与创新》（摘编）

文 | 汪亚卫



编者按：

《腾飞之路——中国航空技术的发展与创新》在全面梳理世界航空科学技术发展脉络的基础上，详细记述了各个历史时期中国航空科学技术从弱到强、曲折艰辛的发展历程，既是一本能使读者全面、深入和系统地了解中国航空工业和航空技术发展与创新历史的读物，也是学习中国航空科技工作者航空报国精神的教材，还是一本能使社会大众近距离了解中国航空科学技术如何在不断创新中走向辉煌的图书。《大飞机》杂志将从本期起，予以摘编，以飨读者。

中国作为世界文明古国，在古代对飞行的探索及成就为世界航空技术的发展做出了重要贡献。进入近代以来，航空技术的发展在欧美国家蓬勃兴起，中国也努力追赶着航空技术的发展。1840 年鸦片战争后，现代航空知识从西方传入中国，清政府派出留学生出国学习航空，中国开始购买航空器，中国人也以各种方式尝试制造自己的航空器。

中国制造的第一个氢气球

中国人自己造出第一个氢气球是在 1887 年，当时天津武备学堂教习华蘅芳制成了直径为 5 尺（约 1.7 米）的气球，然后将自制的氢气灌入气球获得了成功。华蘅芳是江苏无锡人，自幼热爱数学，后来学习了西方的数学著作，并应曾国藩之邀，与徐寿共同创办了江南机器制造总局，开创

了中国的现代制造业。1887 年，他到李鸿章创办的天津武备学堂担任教习。他在数学上有很深的造诣，并在地矿学、测量学和机械制造方面成就卓著。除氢气球外，他还制造出中国第一台蒸汽机，并设计了中国第一艘机动轮船。据说，华蘅芳制造氢气球是因为一位德国军事教官在讲课中说，氢气球我们德国 100 年前就有了，你们中国还没有人见过，更别说制造了。华蘅芳听后非常气愤，他亲自督导试制，终于获得了成功。当这个由中国人制造的氢气球升上天空时，人们欢欣鼓舞。这是旧中国制造成功的第一个航空器。

“中国”号飞艇问世

另一种航空器飞艇从西方传入中国时，却没能得到清政府的认可。当西方研制飞艇成功的消息传到中国后，正在香港的澳洲华侨谢缵泰便有了自己研制飞艇的想法。1898 年，谢缵泰成功设计了“中国”号飞艇，该艇的主要结构由铅材料制成，“中国”号在气囊下有艇身，在艇首、艇尾及舵面依靠 3 个电动机带动螺旋桨推进，该设计有独特的风格。

谢缙泰满怀希望把他设计的“中国”号飞艇呈给清政府，却受到了清政府的冷落。由于清政府不认可，于是谢缙泰将自己的设计图寄给了伦敦万国博物会展出，英国著名专家马克沁还对它进行了推介。谢缙泰的设计得到了普遍好评，当时世界上许多国家的报刊上刊登了该飞艇的设计方案，中国人的飞艇设计引起了轰动。

第一架中国人自己的飞机

1903 年 12 月 17 日，美国莱特兄弟驾驶“飞行者 1 号”成功完成了首次试飞，这标志着动力飞机的发明。此后，1906 年 10 月 23 日，桑托斯·杜蒙驾驶欧洲的第一架动力飞机“14 比斯”首次试飞成功，欧洲也有了自己的飞机产品。作为世界文明古国的中国，何时才能造出自己的飞机呢？

有志青年冯如很快做出了回答。冯如，1883 年 12 月 15 日生于广东恩平，幼时赴美国，后来在旧金山和纽约做工从事机械制造。莱特兄弟发明飞机后，冯如立志要自制飞机，他开始大量阅读航空制造方面的资料，并招收徒弟，筹办工厂，他制造飞机的想法得到了当地华侨的支持和经费赞助。

1907 年 9 月，冯如在美国奥克兰开始尝试制造飞机。1908 年 5 月，冯如等 4 人筹集了 1000 美元在奥克兰成立了广东飞行器公司，制造出“冯如 1 号”飞机，该机为双翼机，装有 4 轮起落架。1909 年 9 月 21 日，冯如驾驶“冯如 1 号”飞机在奥克兰附近的派德蒙特山丘成功进行了试飞，飞机起飞后离地约 4 米多高，飞机绕着小山丘成功飞行了 800 多米。冯如造出飞机并试飞的消息经报纸报道后，引起了广泛的关注，有人称“天才的中国人自己制造飞机”“把白人抛在后面”。冯如借此机会，扩股筹资，准备继续制造飞机。

1910 年 7 月，冯如造出第 2 架飞机“冯如 2 号”，该机装一台 V 形 8 缸水冷式发动机，功率为 75 马力，飞机为双翼布局，升降舵在前面，螺旋桨在后面，飞机总重 375 千克，飞机速度可达 76 千米 / 时。1911 年 1 月，“冯如 2 号”在奥克兰进行飞行试验，获得了成功。此后，该机多次进行飞行表演，飞行高度达到 200 多米，飞行距离达到 32 千米，飞机性能达到了当时的世界先进水平。孙中山先生和旅美华人对冯如的创举大为称赞，孙中山鼓励冯如把才华献给祖国。

1911 年 2 月 22 日，冯如带助手携带两架飞机和设备乘船回国，拟在广州建立飞机制造公司，发展中国自己的航空工业。同年 10 月 10 日，辛亥革命爆发，同年 11 月，广东革命政府成立，冯如率助手加入革命队伍，冯如被任命为广东革命军飞行队队长。1912 年 8 月 25 日，冯如在广州燕塘举行飞行表演，因飞机闲置时间已久，部件生锈，加上冯如在高飞过程中操纵过猛，导致飞机失去平衡而坠毁，冯如受重伤后不治身亡，年仅 29 岁。冯如后来被安葬在广州黄花岗烈士陵园，冯如以他的创造和勇敢被人们尊为“中国始创飞行大家”。近年来有不少人提议，将冯如驾驶飞机首飞成功的日子 9 月 21 日设为“中国航空日”。

另一位中国飞行家——谭根

除冯如外，当年另一位从海外归来的航空先驱是谭根。谭根，广东开平人，1889 年生于美国旧金山，1910 年毕业于美国洛杉矶希敦飞行实验学校。谭根于 1910 年 7 月制造出了一架船身式水上飞机，该机是在寇蒂斯 F 型飞机

基础上经改进研制而成的，谭根研制时将飞机的副翼移至上翼后缘处。谭根携自己的飞机参加了芝加哥国际飞机制造比赛并获奖。此后，谭根在檀香山中华飞行器制造公司担任设计师并培养飞行员，他还多次在海外进行飞行表演，创造过当时水上飞机飞行高度的世界纪录。1915 年，谭根应邀回国，当年 7 月，他筹办了广东航空学校并担任飞行主任，他还在广东和港澳地区多次进行飞行表演，十分轰动。1916 年，谭根担任广东护国军讨袁航空队队长，此后还参加了讨伐军阀的战役。1925 年谭根在上海病逝。

波音公司第一任工程师——王助

中国人王助是美国波音公司的第一任工程师。王助，1893 年 8 月 10 日生于北平，1909 年从烟台海军水师学校毕业。1909 年 8 月，王助被清政府选派去英国留学，先后在阿姆斯特朗海军大学和德兰姆大学学习。1915 年，王助又赴美国麻省理工学院学习航空工程，1916 年 6 月，他获得麻省理工学院航空工程硕士学位。次年，他进入新创办的波音公司工作，

被聘为第一任工程师。王助在波音公司成功设计出 C 型水上飞机，该机获得 50 架订单，为新成立的波音公司赚到了第一桶金。1917 年底，王助离美回国，开始为建设中国飞机制造业工作。

孙中山提出“航空救国”

辛亥革命后，孙中山先生提出“航空救国”，主张将飞机用于军事，以推翻军阀统治，促进国家经济发展和技术进步。

1903 年莱特兄弟发明飞机时，孙中山正居留在美国夏威夷，他敏锐地预见飞机将有广阔的军事和经济应用前景。1910 年，他指示旅美同盟会，组织华侨青年学习飞行和飞机制造，以便将来回国服务。为此，他积极推动筹款购置飞机和培训人员。在他的鼓励下，冯如带着自制飞机回国投身航空事业。他还积极推动了南洋的同盟会成员，出资赞助谭根回国开办航空学校。

1915 年 7 月，在孙中山的指示下，广州成立了航空学校筹备处，谭根担任飞行主任和航空队队长。1918 护法战争期间，毕业于美国茄米斯大学航空专科、已在美国开办了飞机公司的同盟会

会员杨仙逸应孙中山之邀回国，担任援闽粤军飞机队总指挥，这是中国的第一支空军部队。

孙中山十分重视中国人自己制造飞机，发展中国的航空工业。1918 年，孙中山下令在广州大沙头兴建机场。1922 年，孙中山任命杨仙逸为广州革命政府航空局局长兼飞机厂厂长。1923 年 6 月，在杨仙逸厂长的带领下，该厂仿制出了一架双翼双座侦察 / 教练机。当年 8 月，在广州隆重举行飞机的命名典礼，孙中山和宋庆龄参加了典礼。该飞机被命名为“乐士文”号，孙中山亲笔书赠“航空救国”。广州大沙头的飞机厂先后制造了教练机、驱逐机和轰炸机 60 多架，这些飞机都以“羊城”号命名。孙中山重视航空的做法，部分影响到了后来的南京国民政府。1933 年 2 月，空军在中国成为与陆军、海军并列的独立军种。1934 年，国民政府决定将航空署改组为航空委员会，并将所属航空队扩编为 8 个队，同时聘请意大利空军顾问团。■



图 | 陶冉