

C919 飞机模型

卡通版



130

大飞机 JETLINER

2025.04

智慧民航

- 科技创新提升“民航智慧”
- 空客下一代窄体客机畅想
- 国际民航：拥抱变革新征程



大飞机

JETLINER

04 April

2025.04 | 总第130期

ISSN 2095-3399





图 | 余创

P08



05 卷首语

05 机上互联，前途无限 | 欧阳亮

06 资讯

08 封面文章

08 科技创新提升“民航智慧”
| 张人尹

13 数据中台在智慧机场建设中的应用
| 李嘉诚

17 深圳机场：用 AI 升级机场智慧 | 刘韶滨

21 智慧山航之“三舱”应用实践 | 杨波

25 航空制造

25 空客下一代窄体客机畅想 | 董帼雄

31 从德国飞机内饰展看客舱技术创新趋势
| 刘振敏

37 SPS 公司火灾事件对航空产业链
影响 | 范鑫

40 亿航开启商业运营新篇章 | 杜婷

44 航空运输

44 国际民航：拥抱变革新征程 | 王鹏

49 规模与效益双突破的中国民航货运市场
| 丁一璠

53 中美欧航司经营业绩大对决 | 赵巍

59 忠诚度计划：跌落神坛的第三方运营
模式 | 王双武

63 科普

63 设计之初飞机如何考虑安全性
| 赵睿宸

66 回眸

66 航空理论奠基人——乔治·凯利
| 王思磊

69 云端书屋

69 旧中国对航空技术的探索（下）
——《腾飞之路——中国航空技术
的发展与创新》（摘编三）| 汪亚卫



▼ 本期导读

高质量完成“十四五”规划目标任务，为实现“十五五”良好开局打牢基础——在今年全国两会明确的目标下，民航业正以“智慧”为引擎、以“开放”为航道、以“科技创新”为动力，奋力谱写加快交通强国建设民航篇章。

智慧化升级成为政策落地的关键支撑。在北京大兴机场，“One ID”全流程刷脸通行系统从值机、安检到登机全程无须出示证件，过境免签旅客仅凭人脸识别就能通关；在上海浦东机场，“无感过境”系统整合了海关、边检、安检数据，过境免签旅客预申报行程后可走专用通道快速通行；广州白云机场的“智慧中转大脑”平台实时监控国际中转客流量、预测高峰时段并动态调整边检窗口和地勤人员，最大限度保障旅客无忧中转……

为实现“出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台”的目标，民航正努力推动科技创新与产业创新的融合，朝着数字感知、数据决策、精益管理、精心服务的方向迈进。



本刊声明：
1. 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。
2. 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。
3. 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 04 期 | 总第 130 期 | 04 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 张小光 吴文生
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



部分航空公司将在 2025 年实现免费 WiFi 服务，如法国航空、美联航等，也有一些航空公司将提供有条件的免费 WiFi，比如免费一小时，超过的时间乘客需要付费，或者是对会员免费，非会员需要付费等。

卷首语

机上互联，前途无限

文 | 欧阳亮

4 月 18 日，在 2025（第七届）航空数字互联技术大会上，英富曼会展集团 AWN 大中华区总经理车轩分享了他第一次乘坐互联飞机的感受：登机就坐后，车轩即投入工作，完全没有留意到飞机推出、滑行、起飞、爬升、巡航、降落再滑行到廊桥等一系列动作，直到乘务员提示可以下飞机时，他才意识到整个旅程已经结束了。

当然那是七八年前的事了。在今天的欧美等民航运输发达国家，乘客在飞机上享受稳定、高速的互联网接入服务早已不是什么新鲜事。根据一些航空公司宣布的政策，部分航空公司将在 2025 年实现免费 WiFi 服务，如法国航空、美联航等，也有一些航空公司将提供有条件的免费 WiFi，比如免费一小时，超过的时间乘客需要付费，或者是对会员免费，非会员需要付费等。

在中国，机上 WiFi 的接入进度比政府的规划和乘客的期盼要慢一些。早在 2019 年，中国民航局提出，要力争在 2022 年实现空中互联网服务覆盖全机队。但在现实中，我们看到中国民航机队的 WiFi 覆盖率仍然比较低，而且多集中在宽体机，窄体机和支线飞机能上网的就更少了。

要在飞机上接入互联网，从技术上来说并没有太大的困难，基本可以分为两种模式：一种是 ATG 模式，就是在地面建设基站，飞机与基站之间进行通信；另一种是卫星模式。早期使用的是地球同步轨道卫星，带宽窄，时延长，乘客体验不佳，现在大多数航空公司选择低轨卫星服务商，比如美国的 Viasat，以及 SpaceX 公司的 Starlink，还有中国星网的 GW 星座、千帆星座等。

中国民航机队的“上网率”不及预期，并不是因为技术的原因，主要是因为投入太大及需求不足。山东航空运行风险控制中心总经理杨波在接受记者采访时表示，山航一架飞机进行相关改装，设备费用加试飞成本加停场损失，总金额近千万元，这对疫情以来饱受冲击的航空公司来说，是一项“不可承受之重”。而对乘客来说，国内航线一两个小时的飞行时间，在聊天、打盹、发呆中悄然过去了，上网也并不是非有不可的刚需。

但山东航空的试点证明，飞机接入互联网之后，不仅能给客舱乘客提供服务，更重要的是能提供前舱实时数据下传和货舱视频监控。而且，山东航空还联合国内相关单位研发了互联应用大厅，集成了航班动态监控、航班轨迹监控、飞行关键操纵告警、发动机监控告警、货舱监视、语音 / 文件传输、关键仪表显示等前舱应用功能，让地面工作人员与飞行员共享驾驶舱仪表。这就大大提升了飞机的安全性，其价值已不是区区几百万元的投入所能衡量了。

愿中国民航机队早日“飞进”互联时代！



01 中越、中马、中柬进一步加强商用飞机合作

4月15日，中国和越南签订关于持续深化全面战略合作伙伴关系、加快构建具有战略意义的中越命运共同体的联合声明，欢迎越南的航空公司通过各种方式引进和运营中国商用飞机，支持在中国商用飞机领域进一步加强合作。

4月17日，中国和马来西亚关于构建高水平战略性中马命运共同体的联合声明发布。声明提出，支持马来西亚的航空公司引进和运营中国商用飞机，助力各自产业升级和能源转型。

4月18日，中国和柬埔寨发布关于构建新时代全天候中柬命运共同体、落实三大全球倡议的联合声明。声明提出，双方同意加强商用飞机等交通基础设施合作。

02 中国商飞上海飞机试飞工程有限公司成立

4月23日，中国商飞上海飞机试飞工程有限公司举行成立大会。该公司的成立是中国商飞公司深入贯彻落实习近平总书记关于大飞机事业重要指示精神、推动大飞机规模化系列化发展的具体举措，是中国商飞公司深化主—供模式、创新体制机制的具体行动。



03 C909 飞机完成老挝首航

4月12日，老挝航空 C909 飞机圆满完成首次商业飞行。这架 C909 飞机由中国商飞以租赁的方式交付老挝航空。未来，老挝航空计划使用 C909 飞机运营老挝国内航线，并逐渐拓展至国际航线。

04 C909 飞机开启越南商业运营

4月19日，由成都航空湿租给越捷航空的两架 C909 飞机在越南开启商业运营。截至目前，印尼翎亚航空、老挝航空、越南越捷航空三家海外航空公司已累计使用 C909 飞机在东南亚开通 15 条航线，运送旅客超 25 万人次。

05 东航 C919 化身“移动的电影殿堂”

4月19日，在“中国电影消费年”活动启动次日，国家电影局、东航、央视新闻联合打造的“中国电影消费年”主题航班 MU5105，由身披“闪耀中国红”涂装的国产大飞机 C919 执飞。C919 化身“移动的电影殿堂”，搭载 160 位旅客开启了一场跨越银幕与云端的“跟着电影游中国”沉浸式光影之旅。

06 南航 C919 执飞“武广快线”

4月15日，由南航 C919 执飞的“武广快线”正式投入运营。4月底开始，南航安排 C919 常态化执飞广州—武汉航线，每天两班往返。

07 波音第一季度新增订单 241 架，交付 130 架飞机

2025 年第一季度，波音共获得新订单 241 架，包括 135 架 737MAX、13 架 777 货机、40 架 777X、33 架 787-9 和 20 架 787-10；共交付飞机 130 架，包括 104 架 737MAX、1 架 737 军用衍生机、2 架 767-300 货机、3 架 767 军用衍生机、7 架 777 货机、1 架 787-8、10 架 787-9 以及 2 架 787-10。

08 空客第一季度交付 136 架飞机

2025 年第一季度，空客累计交付飞机 136 架，较去年同期的 142 架略有下降。但在 3 月，空客交付了 71 架飞机，同比增长 11%。

09 空客加快莫比尔第 2 条 A320 总装线的建设

近日，空客表示，正加快美国莫比尔第 2 条 A320 总装线的建设，计划 2025 年第三季度投运。莫比尔现有 A320 和 A220 总装线各 1 条，分别于 2015 年和 2020 年投产。

10 匈奴航空接收首架巴航工业 E195-E2 飞机

4月，美国航空租赁公司 Azorra 向匈奴航空（Hunnu Air）交付了首架巴西航空工业公司的 E195-E2 飞机。这是蒙古国首次引入并运营 E2 系列机型。后续 Azorra 还将向匈奴航空再交付一架 E195-E2。

11 美国两大支线航司合并

近日，美国共和航空（Republic Airways）和梅萨航空集团（Mesa Air Group Inc.）宣布，通过全股票交易进行合并，组建一家机队规模更大、航线网络更广的支线航司。新航司将拥有一支由约 310 架 E170、E175 飞机组成的机队，每日运营超过 1250 个航班。

12 美联航首架星链飞机获 FAA 批准

美联航近日宣布，其首架配备星链（Starlink）技术的飞机已获得美国联邦航空管理局（FAA）批准。获批的飞机是巴航工业 E175 型号，预计首次商业飞行将于 5 月进行，由美联航快运（United Express）运行。FAA 已向 E175 机型颁发补充型号认证。



科技创新提升“民航智慧”

文 | 张人尹

高质量完成“十四五”规划目标任务,为实现“十五五”良好开局打牢基础——在今年全国两会明确的目标下,民航业正以“智慧”为引擎、以“开放”为航道、以“科技创新”为动力,奋力谱写加快交通强国建设民航篇章。

运输总周转量同比增长超 17%,国际客运航班增至每周 6400 班,低空经济市场规模剑指万亿元……一系列亮眼数据背后,是人工智能、5G、大数据等技术深度融入民航全链条的革新实践,也是“空中丝路”与“低空走廊”交织

的开放新格局。从“刷脸通行”的智慧机场到 72 小时鲜品直达的“松茸航线”,从“空中快递员”上岗到低空经济“下乡”,民航业正以创新之力撬动经济新动能,以安全之基护航新兴产业崛起,为经济高质量发展注入强劲动力。

数据与人、物一起流动

国家统计局发布的数据显示,2024 年,我国经济发展“稳”的态势巩固延续,“进”的步伐坚实有力。国内生产总值突破 134.9 万亿元,同比增长 5%。作为经济发展“晴雨表”的民航业同步跃升,全年完成运输总周转量 1485.2 亿吨公里,旅客运输量达 7.3 亿人次,货邮运输量突破 898.2 万吨,3 项指标同比增幅均超 17%。

民航高质量发展与中国经济稳中有进相伴前行。伴随 2025 年国内生产总值 5% 的增长目标,民航预计完成运输总周转量 1610 亿吨公里、旅客运输量 7.8 亿人次、货邮运输量 950 万吨,同比增长均将超过 5%。

如此增速,是旅客航空出行需求的不断增长,是航空物流从“港到港”到“门到门”的升级,更是新技术、新业态、新场景赋能提消费、扩内需的结果。

在厦门启用空管领域新技术——点融合飞行程序创新飞机进场“排队”模式,减少了“空中堵车”;成都双流机场 1 号航站楼新一代智能安检线利用身份证与人脸识别技术,将旅客通行时间从传统的 45 秒缩短至 10 秒;坐在国产大飞机 C919 上,连 WiFi 打游戏、看电影、听音乐,旅客的空中消费场景持续拓展……政府工作报告提出,“持续推进‘人工智能+’行动,将数字技术与制造优势、市场优势

▼ 图 | 王脊梁



更好结合起来。”在智慧民航建设中，以人工智能为代表的各项技术正渗透进旅客出行的各个环节，让更多旅客愿意为每一次安全、便捷的乘机出行“买单”。

在构建现代化产业体系中，航空货运的高效性和时效性对于保障产业链供应链稳定至关重要。威海大水泊机场 7×24 小时通关保障与特殊货物“一企一档”联动，保障跨境电商货品当天发运、当天到达；“松茸航线”通过全货机直航与多式联运，实现 72 小时云贵高原至东亚餐桌的鲜品直达；舟山渔场创新“无人机+冷链”模式，将深海大黄鱼运输时间压缩至 15 分钟。政府工作报告强调，要着力提升产业链供应链韧性和安全水平。通过空空中转、前置货站等，民航正推动货运保障模式创新，提升货运保障效率。

随着智慧民航建设深入推进，数据正与人、物一起高效流动，驱动民航业质效双升。西南空管局网络公司依托自研的数字底座、数据平台，结合民航典型应用场景，打造出空管航班运行动态、空管航班画像两款数据产品；BIM（建筑信息模型）协同管理平台上 1500 万平方米的“数字孪生”虚拟机场整合了西安机场三期工程建设的各类信息，在优化总体工期的同时，为机场运营留下了宝贵的数据资产。政府工作报告提出，深化

民航局已构建起以“1+3+4+N”为总体框架的智慧民航建设数据管理政策标准体系，不仅带动了数据在民航的高效共享与流动，也为民航高质量发展注入了强劲动力。

数据资源开发利用。民航局已构建起以“1+3+4+N”为总体框架的智慧民航建设数据管理政策标准体系，不仅带动了数据在民航的高效共享与流动，也为民航高质量发展注入了强劲动力。

“One ID”助力“双循环”

同 26 个国家实现全面免签，先后对 38 个国家单方面免签，对 54 个国家实行过境免签……国家移民管理局公布的数据显示，2024 年，国家移民管理局累计签发口岸签证 147.6 万证次，同比增长 87.3%，为 7.2 万人次提供就近办理签证延期换发补发便利，过境免签政策适用人数同比上升 113.5%。

免签国家范围的不断扩大、入境政策的持续优化，有效破除了国际旅客流动的壁垒，为民航业带来了新的市场机遇。2024 年，免签入境的外国人达 2011.5 万人次，同比上升 112.3%。面对这一利好，民航业积极打造国际中转市场，吸引更多国际旅客在我国航空枢纽中转，不仅增加了航空客运量，还促进了旅游、餐饮、购物等产业发展，进一步提升了我国航空运输业的国际影响力和综合效益。

智慧化升级成为政策落地的关键支撑。在北京大兴机场，“One ID”全流程刷脸通行系统从值机、安检到登机全程无须出示证件，过境免签旅客仅凭人脸识别就能通关；在上海浦东机场，“无感过境”系统整合了海关、边检、安检数据，过境免签旅客预申报行程后可走专用通道快速通行；广州白云机场的“智慧中转大脑”平台实时监控国际中转客流量、预测高峰时段并动态调整边检窗口和地勤人员，最大限度保障旅客无忧中转……

北京、上海、广州是我国对外开放的前沿门户。2024 年，北京首都机场、

上海浦东机场、广州白云机场国际客运定期航班通航点分别达到 88 个、90 个和 72 个，正建成通达全国、辐射“一圈”、连通洲际、连接国内航空运输网络与国际航空运输通道的核心链接节点。构建新发展格局是开放的国内国际双循环，不是封闭的国内单循环。在构建新发展格局的过程中，航空枢纽越来越成为畅通国内国际双循环的关键节点，战略价值凸显。

目前，民航正系统谋划提升“3+7+N”国际航空枢纽体系综合保障能力和国际竞争力。民航局联合国家发改委发布的《关于推进国际航空枢纽建设的指导意见》，从功能定位、规划建设、协同运行、运输服务等方面细化枢纽功能定位，在提升民航业发展品质的同时，增强发展的内生动力。

2024 年，我国国际客运航班增至每周 6400 班，国际货邮运输量同比增长 29.3%，新增“一带一路”共建国家航点 19 个。2025 年，民航将重点推进空中丝绸之路建设，科学布局国际航线网络，加快“一圈六廊五通道”建设等，服务高水平对外开放，为共建“一带一路”添砖加瓦。

“人工智能+”推动数智化转型

“持续推进‘人工智能+’行动”“支持大模型广泛应用”……“人工智能+”行动连续两年被写入政府工作报告。一年来，人工智能（AI）热度居高不下，深度求索（DeepSeek）大模型全球“出圈”成为“国产之光”，宇树科技人形机器人在春晚扭秧歌、转手绢“舞”出中国科技新高度。

随着人工智能多场景应用在各行各业加速落地，民航业也在“人工智能+”的路上进阶升级。

2025 年，民航将重点推进空中丝绸之路建设，科学布局国际航线网络，加快“一圈六廊五通道”建设等，服务高水平对外开放，为共建“一带一路”添砖加瓦。

当旅客在机场通过虹膜识别 10 秒通关，当飞行器依靠人工智能预测避开湍流，当低空无人机物流网络覆盖偏远山区——在这些场景中，人工智能不仅是技术工具，更是推动民航业加快推进数智化转型的战略支点，带动全产业链向“智能体”生态演进。

云计算、大数据、物联网等技术的迭代，正全面赋能智慧出行、智慧空管、智慧机场、智慧监管。在新技术的助力下，民航服务的个性化、运营的高效化、管理的智能化和监管的精准化正不断提高旅客满意度和行业整体效益。

抓创新就是抓发展，谋创新就是谋未来。在智慧民航建设过程中，科技创新和产业创新正融合发展。以 5G AeroMACS（航空 5G 机场场面宽带移动通信系统）为例，其将第五代移动通信技术（5G）应用于 AeroMACS 民航专用网络，飞机驾驶舱、塔台、场面车辆及航空公司、机场运行控制部门均可以准确、及时、快速地共享机场高精度数字地图、停机位占用情况、车辆实时位置等信息，实现“机—车—场道—设施”协同运行。

为实现“出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台”

的目标，民航正努力推动科技创新与产业创新的融合，朝着数字感知、数据决策、精益管理、精心服务的方向迈进。

推动民航绿色化转型，也是塑造行业未来竞争新优势的重要方向。通过启动可持续航空燃料应用试点、持续推进机场运行电动化，2024 年，运输机队吨公里碳排放约 0.854 公斤，同比下降 7.1%。

从“被抛弃”到“香饽饽”，可持续航空燃料的潜力正在应用试点中被逐步挖掘；从“耗电大户”到“节能大户”，防眩光分布式电站为机场光伏产业带来了新的选择……政府工作报告提出，加快经济社会发展全面绿色转型。2025 年，民航将立足可持续航空燃料、航空碳市场、运行效率提高等战略性脱碳工作，持续向绿而行。

“高空航班 + 低空穿梭”的未来

2024 年，新增通航企业 145 家、通用机场 26 个，颁发无人驾驶航空器型号合格证 6 个、新增实名登记无人机 110.3 万架，无人机运营单位总数超过 2 万家，累计完成无人机飞行 2666 万小时。数据稳步增长背后，是“安全”“健康”为通用航空和低空经济发展奠定的基调。

在低空经济发展热潮下，各地政策支持力度不断加大，基础设施建设不断完善，技术创新不断涌现，市场需求不断增加。据不完全统计，2025 年，全国 30 个省（区、市）、近 220 个地（市、州）将低空经济相关内容写入政府工作报告。

在浙江，低空经济“下乡”战略率先布局，《浙江省低空经济高质量发展三年行动计划（2025-2027）》提出将在 2025 年底建成 200 个乡村无人机起

降枢纽，开通 30 条农资运输专用航线，农业植保无人机保有量突破 1.2 万台；在吉林，“紫东长空”低空大模型将多模态感知、智能预测、实时决策等能力应用于低空经济的核心场景，以数据建设为“土壤”，构建低空高质量数据集；在山东，“空中快递员”上岗仅用 10 分钟便实现了 18 公里航程的陆岛物资双向运输，无人机物流助力海岛低空物流迈向商业化规模运营。

作为横跨第一、第二、第三产业的综合性经济形态，低空经济发展在提供新动能、新机遇的同时，更是一项复杂且艰巨的系统任务。现有的管理理念、法规体系、服务保障体系、监管技术手段等与低空经济发展需求特别是安全发展的要求还不适合，存在着顶层设计不足、要素投入不够、创新能力不强、治理水平不高、市场活力有待激发等问题。

空域协同、生产制造、科技创新、基础设施、应用场景、综合服务、保障措施……低空经济发展涉及环节众多，如何在确保安全的前提下充分释放低空经济发展潜力？全国民航工作会议给出了答案。

今后，民航将发挥专业优势，聚焦低空经济典型应用场景，在推动传统通用航空转型升级的同时创新发展新兴无人机产业，在确保安全的前提下充分释放低空经济发展的潜力。在这一过程中，民航局将构建多方协同管理机制，推进全流程监管，优化通航安全监管体系；推进空天地一体化监视网络建设，完善基础设施标准。

据预测，到 2025 年，我国低空经济的市场规模将达到 1.5 万亿元，2035 年有望达到 3.5 万亿元。未来，“高空航班 + 低空穿梭”的繁忙景象将为新时代经济发展提供动力。■

数据中台在智慧机场建设中的应用

文 | 李嘉诚

在数字中国、交通强国、智慧民航建设等政策引领下，中国民航数字化转型正不断深入，旅客在机场已经可以享受到刷脸值机、安检、登机等一系列便捷服务。在这背后，是一套又一套全新开发的应用系统做支撑。

然而，随着我国民航市场规模不断扩大，旅客的不断增加，这一系列应用系统同时带来数据爆发式的增长。各个系统通常都代表着不同的运行部门，且有各自不同的运维标准，进而形成了一个系统孤岛和数据孤岛。

将孤岛间的数据融合，实现可控的统一治理，成为这一阶段机场数字化转型的重要基础。当前，主要机场均把数据平台层产品作为智慧机场建设的数字底座，而机场中台作为数据治理工具型产品，是未来机场数字化转型的重要抓手。

中航信也在为此努力。其研发的智慧机场中台已中标 12 家千万级机场，并与 1 家千万级机场达成试用协议，中航信《智慧机场中台数据治理实践案例》还入选了智慧民航数据治理典型实践案例。

在机场数据治理方面，智慧机场中台有何独到之处？已经使用这套系统的机场，哪些业务场景正变得更智慧？



海口机场的试运行

中航信的智慧机场中台已经在海口机场试运行投产，目前已接入 37 个系统，覆盖旅客服务、生产运行、安全安保、商业管理、货运物流、资产基建、经营管理 7 大业务域，共梳理了 23479 个元数据，建立了 519 个数据模型，包括 30 个货运物流数据模型、190 个旅客服务数据模型、72 个安全与安保数据模型、140 个生产协同数据模型、19 个行李服务数据模型以及 27 个经营管理数据模型。

在航班协调方面，智慧机场中台通过互联、融合航空公司、空管、机场及地面保障、旅客服务等多方数据源，打通了从前序开始到航班本场起飞的航班运行保障信息全链条，为机场搭建实时大数据信息共享平台。

根据不同业务场景流转信息，中台可以对航班各个生产环节加以全局把握和精细控制，增强预警能力，精准发现异常，避免滑行道拥堵、停机位不足等保障能力风险，从而达到提高机场整体运行效率和航班放行正常率的目的，为机场的运行效率提升、服务一致性保障、统一调配等提供了重要支持。

在旅客精准服务方面，中台可按不同精品商务快线或普通地区航线等，智能识别提取分析不同航线、不同旅客群体平均提前多久抵达机场的时间，以及过安检口后在隔离区停留的时间等，将旅客信息与大数据结合，为机场评估楼内商业布局对不同地区旅客吸引力、进一步拓展市场、开展个性化精准服务提供决策支撑。

中台已具体实现了以证件、登机牌、人脸查询行程信息、补打登机凭证、行李查询、商业信息查询、路线引导、投诉建议、服务评价、航班信息、出行须知、无线上网等 15 个多元化的功能模块。

在航站楼精细化管理方面，中台利用物联网、视频分析、多源数据融合处理等技术，融合航站楼核心业务数据，基于航站楼实景建立对应的三维模型，结合航班、行李等运行态势等数据和业务指标，实现监管与统计的可视化功能，更加直观、形象地展示航站楼运行信息以及辅助员工管理与调配航站楼内资源，进行客流量精细化预测。例如机场可以通过中台实时掌握值机柜台和安检柜台的客流量，在旅客量大、排队时间长的情况下动态开放更多的柜台，实现航站楼内高效的业务运作以及资源的合理分配。

中台还为机场提供包括楼内保障、资源管理、合同管理、单位管理、施工管理、报事报修管理、巡检管理、航站楼可视化、监管统计移动终端等核心功能的协同管理系统，提升不同协作单位之间的沟通效率，解决高峰时段机场面临服务资源、人员短缺等行业挑战性问题带来的运行保障压力。

此外，中台还实现了数据治理与系统改造的双向奔赴。以机场协同决策系统（A-CDM）为例，电子进程单是其标准功能模块，依赖于空管和本地数据，之前只为机坪塔台和飞机引导席位提供数据展示。当前，中航信将电子进程单拆为放行监控、

容量统计、预达监控等多个微服务，注册到中台上。

这样，机场运行指挥中心（TOC）所使用的航站楼协同管理系统（T-CDM）、航班延误管理系统等其他业务系统就可以便捷地调用上述服务，大大增加了机场业务系统的协同效应，破除了专业壁垒，降低了场景创新成本。

以中台打破数据孤岛

根据民航局“出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台”的未来智慧化应用目标，目前国内机场都在机场信息整体整合、智慧运行、智慧出行、智慧服务等方面加大推进力度。

不过，目前在建设智慧机场的过程中普遍存在一些问题，包括数据分散难以管理，没有稳定抗源变化的数据层；数据来源不清晰，部分关键业务数据缺少，数据质量不稳定且不能回溯；缺少统一应用标准，指标设计口径不一致，指标重复建设开发，无法形成统一的数据资产，相互之间不能共享等。

中航信数字化产品事业部吴启彪介绍，机场作为一个运行整体，涉及值机、安检、机务、塔台、配餐、货运、客舱清洁、航油、航司等数十个运行单位，业务协同范围广、安全生产要求高、数据采集难度大，既是各个业务链条的综合，也是各种不确定因素的聚合，任何不利因素都有可能引发蝴蝶效应。

以远机位航班到港后的接驳摆渡车派遣为例，摆渡车的调度派遣使用的系统通常并不掌握到港航班的机型、实际旅客人数等具体信息，只能依赖抵港航班的舱单数据。

这种情况下，在派遣车辆的时候往往会有不精准的情况，比如第一辆摆渡车装

满旅客后，第二辆、第三辆摆渡车不能及时到位，让旅客在机坪长时间等待，而部分机场没有机坪监管人员，不仅让旅客体验下降，也容易使旅客在等待期间误走入机坪禁区，造成飞行区安全风险。

中航信的智慧机场中台则将此此前机场各部门产生“旅客流、飞机流、车流、财物流”等核心数据系统，全部封装在统一的系统平台内，可提前告知各部门航班的旅客订座、值机、托运行李数量等关键数据，并提供派遣多少辆摆渡车等决策建议，为各部门的决策做支撑。

作为全民航业的数据底座，中航信在上述几个业务领域，尤其是生产运行、旅客服务、旅客安检等机场核心业务领域，都已有丰富的实践经验，这使得其有能力在机场数字化转型中承担机场全域数据治理的角色，重点帮助机场解决治理谁、为何治、谁来治、怎么治、怎么用的数据治理问题。

数据中台五大亮点

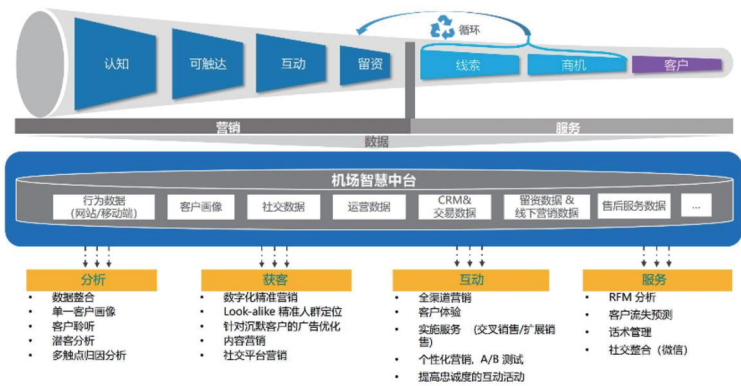
可以说，机场智慧中台正是为了响应民航机场信息系统整体规划，避免烟囱式和单体式架构设计的重复建设，实现全场一张网的发展要求，打造的基于机场本场的信息集成和业务支撑，兼具算法赋能，并以服务的方式提供共享能力的平台产品。在吴启彪看来，智慧机场中台有五大亮点：

第一，构建全面的数据接入体系，实现机场自有数据、行业数据、外部数据的全面接入与融合，形成统一的数据资源库。

这就需要建立各类数据的责任人、保障制度与流程，定义不同数据责任人的职责，对某一特定数据范围内的信息的正确性、一致性和及时性负责，确保数据策略和制度规程在各部门的有效执行。

第二，强化数据治理与资产管理，通

▼ 图 | 旅客服务数字化示例



过数据清洗、整合、转换和加工，确保数据的准确性、完整性和时效性，并逐步实现数据资产化，提升数据价值。

比如通过数据资产摸底、数据应用场景摸底、数据管理体系调研、数据治理现状调研等，针对业务单位的输入与使用场景需求进行采集，调研现有的数据管理体系，针对数据全生命周期管理的现状，梳理现有数据治理的数据标准、数据质量、数据安全与数据运营的范围与有效性。

第三，数据中台将提供强大的数据开发能力，支持数据建模、分析、挖掘与可视化，满足机场运营、管理、服务等各方面的数据需求。在此基础上，推动数据共享与业务联动，为机场各部门提供稳定、高效、统一的数据支持，促进业务流程的优化与创新。

服务即能力、服务即数据，通过服务可以进行创新。机场中台可以开放式的应用管理支持机场开放本场应用服务，实现机场多方数据的汇聚、整合与技术服务能力的共享。机场则可针对不同领域进行业务封装，为机场的业务发展和管理创新提供快速敏捷的拼装服务，从而提升机场的运转效率。

第四，进行统一整合并进行资源的虚拟化分配，提高资源的利用率。以业务中台的行李板块为例，通过以行李流为主线，打通以行李为核心的服务场景，建设原子化行李相关数据服务，为行李破损、中转旅客服务、行李挑拣、预减客等跨场景业务组合与应用提供原则化服务，协助机场建立统一的行李业务与行李数据标准，构建行李全域数字模型，提供行李全域服务输出能力，可以满足跨场景的各类行李业务，最终实现机场行李管控“一盘棋”。

第五，提供统一的用户体系、统一的页面、统一登录、统一版本、统一权限、统一数据治理体系、统一日志，解决机场

各系统孤岛问题。

机场智慧中台中所有关联的需求都设置了统一的管理体系结构，包括统一认证、统一管理机场端、统一管理接口、统一管理应用的注册以及统一化首页的管理等。基于统一化的架构基础能够为机场及其应用系统提供动态化业务的服务调整，可按照用户的需求融合各种资源进行选择性地装配。

通过机场智慧中台建设，可以从技术上实现机场运营关键要素整合，解决机场系统各自为政、条块分割、烟囱林立的信息孤岛问题，通过建设统筹感知体系，统一数据汇集网络，实现数据整合与共享，为机场打造内外部系统之间通畅的信息交互渠道，使各类不同的业务系统以统一、标准的方式进行数据交互和业务协同，支撑各种新的业务功能需求和流程。

吴啟彪表示，业务数据化、数据业务化、能力中台化、决策智能化是数字化转型下 IT 建设的重要趋势，也是新一轮新基建的重要投资方向，关系到机场数字化转型最终建设成效。

这就要求数字化机场 IT 建设必须以平台思维为核心，搭建统一时空数字平台满足各项场景，以服务化为原则构建机场信息生态系统，才能支撑数字机场可持续发展。同时也需要对数据治理、业务优化、系统应用均有较深理解，才有可能实现数据赋能业务。为实现机场数字化转型，需要沉淀数据资产和业务标准化能力，把大数据变成活数据，实现数据反哺业务。

智慧机场中台作为数据平台类产品，在机场业务场景挖掘和流程优化上起到敏捷赋能作用。中航信希望站在机场数字化转型的角度，以全域数据治理构建为锚向、以典型业务流程优化为抓手、以核心产品协同生态为手段、以数据机场产品格局为目标，为机场形成新质竞争能力。■

深圳机场：用 AI 升级机场智慧

文 | 刘韶滨

在深圳加速打造国家新一代人工智能创新发展试验区和国家人工智能创新应用先导区的背景下，深圳机场利用自身应用场景多、数字底座坚实的有利条件，积极探索、拓展人工智能应用，在人工智能 (AI) 赋能机位分配、“刷脸”登机、智能货站建设等方面取得了显著成果。

近期，深圳机场紧跟科技发展趋势，迅速完成 AI 大模型本地化部署，加快推进各类智能技术、智能装备在旅客服务、物流运输等领域的创新应用，有效提升旅客出行体验，提高了机场运行效率，为世界一流机场建设蓄势赋能，为智慧民航建设和深圳打造人工智能先锋城市贡献智慧和力量。

▼ 图 | 深圳机场送餐机器人



“AI+ 运行”：转型更“丝滑”

作为国内机场智慧发展的先锋，深圳机场一直高度重视新技术学习，并在智慧民航建设方面走在前列。

近年来，随着人工智能等技术加速发展，未来产业正逐步从科幻走向现实。2025 年 1 月，中国人工智能研发公司深度求索（DeepSeek）发布推理模型 DeepSeek-R1，以低成本实现高效训练，代表中国人工智能技术实现了新的突破。

凭借在应用层面的突飞猛进，DeepSeek-R1 模型一经发布便引发各行各业的广泛关注。为抢抓技术变革窗口期，深圳机场集团 2025 年首次理论学习中心组聚焦人工智能开展专题学习，深化集团上下对人工智能前沿发展趋势的认识。

在以 DeepSeek 为代表的国产人工智能大模型蓬勃发展的当下，如何让 AI 技术为机场发展赋能，成为深圳机场探索智慧机场建设的重要方向之一。

“近期，我们完成了基于国产华为昇腾算力集群的千亿参数大模型‘DeepSeekR1-671B 满血版’全栈本地化部署，在安全领域率先实现落地应用。”深圳机场相关工作人员介绍。值得一提的是，此次部署聚焦算力层面的自主可控，采用华为昇腾 AI 高性能算力集群，并以算力为支撑建立机场专属知识库，将航班和物流数据、设备物联日志等 18 类异构数据源深度融合。

安全是民航业的生命线。针对民航运行生产的特点和需求，深圳机场创新开发了“安全适配器”，在基础模型中精准“注入”民航法规、应急处置预案等专业知识，以科技手段助力相关岗位工作人员提升安全类任务的处理能力。

“目前，深圳机场已经基于大模型上线了 AI 安全助手。”深圳机场相关工作人员介绍，AI 安全助手具有两大特点。一方面，通过将安全制度、法规案例等数据融入机场安全管理知识库，AI 安全助手绘制了完善的知识图谱；另一方面，依托语义搜索和 AI 推荐功能，AI 安全助手能够为机场一线岗位精准推送安全知识，提供实时的专家级指导，有效打通安全管理的“最后一公里”。

“在实际使用中，AI 安全助手可实现一分钟提供专家级建议，一分钟完成安全方案编制，显著提高了安全类任务的处理能力和效率。”上述工作人员表示。

“AI+ 出行”：乘机更省心

2024 年，民航业扎实推进高质量发展，全国民用运输机场主要生产指标创历史新高。深圳机场同样交出了一份亮眼的成绩单。数据显示，2024 年，深圳机场年旅客吞吐量创新高，首次突破 6000 万人次，显示出旺盛的航空出行需求。

作为立足于创新之城的机场，为了让旅客能够享受更加多样化、便捷化的出行体验，近年来，深圳机场持续深入分析旅客需求和服务痛点，不断应用新技术、新设备，为旅客提供全天候、智慧化的周到服务。

近期往来深圳机场的旅客不难发现，在这座现代化、国际化的空港内，在开车抵达、值机、托运行李、登机等不同服务场景下，智能机器人的出现频次正在逐步增加。

今年春运期间，华为泊车代驾全球首个机场商用试点落户深圳机场。试点基于车辆高阶智能驾驶能力和机场道路、停车场等场所的智能化配套，实现特定类型车辆在机场停车场的自动泊位和自动驶出，可以帮助旅客节省长距离步行和寻找车位的时间，提供了更加便捷、智慧的出行体验。

除了提升场外交通服务体验，在航站楼内，深圳机场加快推动旅客代步机器人、行李运输机器人的测试进程，主动为有需要的旅客提供智慧化服务。在它们的助力下，旅客及其行李能够安全、快捷地抵达指定地点，省时又省力。在深圳机场候机时，旅客想喝杯咖啡、点份外卖，提供服务的可能是穿梭在航站楼内的咖啡机器人、送餐机器人，它们让旅途中的用餐体验更有“科技范儿”。

此外，深圳机场还开展了“数字虚拟人”客服应用试点。“数字虚拟人”基于大模型为旅客提供全天候、多渠道、多语种、智能化的信息问询服务，让旅客获得更便捷、更友好的个性化体验，同时进一步减轻了人工客服压力。

随着智能机器人在深圳机场的应用从单一功能向综合服务演进，未来机场将实现更高效的运营，提供更人性化的服务体验。



“AI+ 物流”：保障更高效

近年来，深圳机场加快打造“全球 123 快货物流圈”，空运货物的业务量迅猛增长，处理效率显著提高。这背后离不开智能技术和智能装备的赋能。

在航空物流的作业场景中，深圳机场引入了智能查验机器人（AMR）、无人驾驶牵引车、AGV 机器人等智能化设备，助力货物查验、搬运、分拣等环节逐步实现全过程无人操作、全天候运行，有效减轻现场操作压力，提高货物处理效率。

其中，货站 AGV 智能驳运机器人能够实现库区作业无人化、自动化，不仅提高了货物保障效率，还将作业效率提高了约 30%，并在一定程度上解决了操作人员不足、操作安全风险大和客户提货时间长等问题。

此外，无人驾驶牵引车则通过 AI 自动识别路线进行货物运输，每年节约人力成本约 30 万元。而货库区 AMR 智能查验机器人项目启用后，经初步测算，货物从落料区码垛到待查区、从待查区到查验区查验执行前减少了人工排序、重新码垛、人工寻板和货物核对等环节，且人工搬运由机器人代替，整体操作效率提高 5 倍以上，查验效率提高约 20%。

▲ 图 | 深圳机场搬运机器人

▼ 图 | 深圳机场旅客代步机器人



图 | 深圳宝安国际机场



在空运跨境电商货物业务量快速增长的背景下，深圳机场快件中心联合菜鸟率先应用了多个智慧监管 AI 模型，不仅显著增强了对跨境包裹的实时管控能力，还大幅提高了监管效能，加快了通关速度。

“机械臂 + 单件分离器 + 六面扫描仪”的“三合一”跨境包裹自动上线设备实现了跨境包裹从卸货、投放、排序到扫描的全自动作业，大幅提高了作业效率。在深圳机场快件中心，AI 智慧监管作业区实现了从货物分拣到查验的无人化操作，优化了作业流程，提高了货物通关效率，每日货物处理量可达 6 万件。

在监管模式创新与智慧化应用的双向发力下，深圳机场深畅国际货站运作效率和设施利用率均显著提高。货站进出口货物库内停留时间分别缩短了 82%、33%，进出港单位面积处理能力分别提高了 78%、53%。

深圳机场相关工作人员介绍，下一步，深圳机场将以“安全可控、效能跃迁、

服务智能”为核心目标，依托深圳机场联合创新实验室，持续探索 AI 技术在航班运行、物流运输、旅客服务、经营管理等场景下的创新应用，提升企业在人工智能领域的研发和应用能力，推动 AI 有机融入机场全生命周期的运行网络，把 AI 转化为“看得见”的新质生产力，建立更加智能化、自动化的运行和管理模式，为旅客提供高效、便捷的服务体验。

据了解，深圳市国资委接下来也将大力支持深圳机场等国资国企围绕城市服务需求，积极探索在智能制造、城市交通、水电气、智慧城市等领域的人工智能技术试点应用，拓展人工智能应用场景，为深圳加速打造国家新一代人工智能创新发展试验区和国家人工智能创新应用先导区贡献力量。■

智慧山航之“三舱”应用实践

文 | 杨波

按照中国民航局的定义，智慧民航是瞄准民航强国建设目标，应用新一轮科技革命和产业变革的最新成果，创新民航运行、服务、监管方式，实现对民航全要素、全流程、全场景进行数字化处理、智能化响应和智慧化支撑的新模式新形态。

进入新世纪以来，一些民航运输发达国家和地区，都在向智慧民航转型。比如，美国实施新一代航空运输系统（NextGen），提出了航空战略实施计划。欧盟及其相关机构提出了欧洲空管总体规划、2025+ 机场计划、欧洲航空愿景（Flightpath2050）、EASA 人工智能发展路线图等发展战略。日本、新加坡等国家也在积极行动，加快民航业的创新发展。

此外，国际民航组织制定了全球空中航行计划（GANP），发布并持续更新航空系统组块升级计划（ASBU）。国际航空运输协会也持续致力于利用新技术改进航空服务，并联合国际机场协会推出了“新技术催生旅行新体验”项目（NEXTT）。

图 | 山东航空



在我国，党的十九大作出建设交通强国、数字中国的战略部署后，国民经济和社会发展“十四五”规划纲要用专篇布局数字中国建设，明确提出了建设智慧民航的任务。中国民航局印发了《中国新一代智慧民航自主创新联合行动计划纲要》，出台了《四型机场建设行动纲要(2020～2035年)》《四强空管行动方案》，制定了《中国民航新一代航空宽带通信技术路线图》《中国民航北斗卫星导航系统应用实施路线图》《机场无人驾驶设备应用路线图(2021～2025年)》《智慧民航建设路线图》《关于民航大数据建设发展的指导意见》等，要求早日建成透彻感知、泛在互联、智能协同、开放共享的智慧民航体系。

两次改装实践

山东航空的智慧山航建设，正是在这一系列背景之下展开的。2022年9月21日，山东航空正式成立了智慧山航建设工作小组，搭建了“四梁八柱”的体系架构，以“整体设计、分步实施”为理念，以“业务驱动、IT赋能、融合创新”为原则，以“点线面体、分级推进”为路径，以“四个在线、逐步实现”为方法，最后形成了1+3+5+N的智慧山航体系。

2023年1月2日，山东航空一架安装了我国首套完全国产自主Ku频段高通量机载卫通终端的高速空地互联飞机试飞成功。这架飞机加装的Ku频段高通量机载宽带卫通终端及改装方案均由国内厂商自主研发设计，在试飞中实测效果最高达到下载200Mbps、上传20Mbps的通信速率，具有带宽大、网速快、高可靠等特点，可为机上后舱乘客、前舱各类飞行数据传输等提供高速实时网络通信服务。

2023年3月，山东航空与中国航空器材集团有限公司召开前后舱协同应用（国产航行新技术）试点项目签约仪式，山航就此成为民航局前后舱协同应用（国产航行新技术）试点项目的首家签约航空公司，率先跨入互联飞机新时代。

2024年1月，民航局再次发出明传电报，正式取消机载卫星通信系统3000米使用限制，即取消“机载移动平台地球站在飞机达到3000米上高空，方可开机使用”的规定。这项政策的调整对民航的发展有几重意义：一是能让机组和地面的运行指挥中心（AOC）通过网络全程实时获取飞机的相关信息，从而更好地管理航班，提高航班的安全和运营效率。二是能大大提升已安装机载卫星通信系统航班的竞争力。以京沪航线为例，3000米以下的起飞和降落阶段飞行时间各约半小时，3000米以上飞行时间约1小时。取消3000米使用限制后，空地互联使用时间能增加一倍左右，会极大地提升航班的竞争力。三是随着空地互联使用时间的延长，航空公司亦能开展更多的增值服务，比如为乘客提供目的地的酒店、景区订购服务，或者为乘客提供有特色的产品等。第四，对乘客而言，不再受3000米高度限制，在飞机上全程都可以上网，既能缓解旅程的枯燥，又能充分利用飞行时间工作、学习、娱乐甚至订酒店、买门票，使以前枯

燥难受的行程变得充实又轻松。

因此，2024年2月28日，山东航空再拿出一架737-800飞机进行了改装。这次改装是在山东太古飞机工程有限公司进行的，主要是对卫星天线结构部分进行了改装，采用FAASTC方案，使用双模天线，支持Ka/Ku两种制式的宽带卫星。

3月16日，改装完毕。根据改装方案要求，由FAA试飞员进行了试飞验证。该次试飞主要验证飞行全阶段、全高度、不同速度下的飞行操纵稳定性和飞机振动情况，试飞结果一切正常。

试飞成功之后，山东航空又对机载宽带卫星单元、客舱系统、货舱监视系统等进行了改装，增加了FDSU（飞行数据服务单元）、无线接入点等设备。

创新“三舱”应用

在民航界，讲空地通信的时候，一般是指说“两舱”，即前舱通信和后舱通信。前舱通信是指涉及航空安全的业务，后舱通信是指非航空安全业务。这里的前舱、后舱不完全是按其发生地点来区分的，而是按业务是否涉及航空安全来定义的。比如，飞机上有些涉及航空安全的设备是安装在后舱而不是在驾驶舱里的，但它与地面或卫星进行的通信就算前舱通信，而坐在驾驶舱里的飞行员打电话给乘务员要一杯水，那这次通信自然就是后舱通信，因为与航空安全无关。

但山东航空创新地提出空地互联“三舱”应用的概念。这里的第三舱指的是货舱。因为在航班运营过程中，有两个问题始终困扰着航空公司、飞行员和乘客。一个是货舱的“假火警”告警。对于航空公司或飞行员来说，一旦货舱出现火警告警，因为事关安全，必须立即采取措施甚至备降。如果事后证明是“假火警”，对航空

公司来说就会造成比较大的损失，同时也给乘客带来了时间的损失和旅途的烦恼。货舱的另一个难题是不时会爆出新闻的货物、行李的“暴力装卸”问题。国内外的许多航空公司都想各种办法试图解决这个问题，但效果始终不明显。

山东航空在制订智慧山航解决方案时，创新性地提出了对货舱进行实时监控的概念，从而将互联飞机的“两舱”应用扩充为“三舱”应用，即前舱实时数据下传、客舱旅客服务、货舱视频监控。

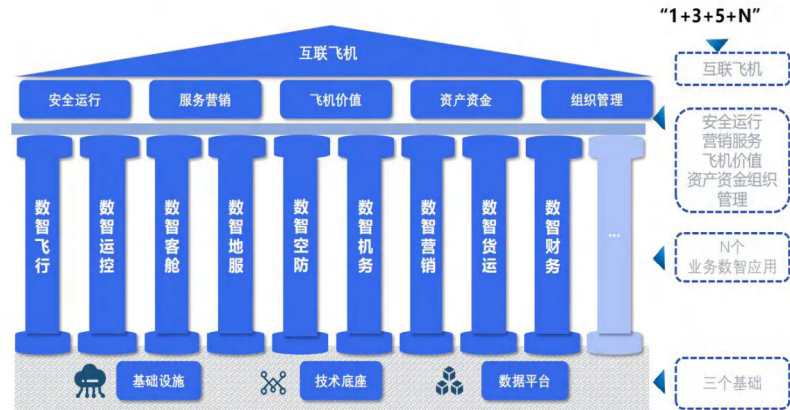
改装之后，山东航空的这架飞机在前舱能实现QAR（机载飞行数据记录仪）数据、ACARS（飞机通信寻址与报告系统）数据的实时下传；EFB(电子飞行包)双向通信，实现多种复杂格式数据(如航行通告上传、卫星云图等)上传;4D/15能力(每15分钟通过自动报告追踪航空器位置);4分钟语音通信能力。

特别值得一提的是，山东航空联合国内相关单位研发的互联应用大厅，集成了航班动态监控、航班轨迹监控、飞行关键操纵告警、发动机监控告警、货舱监视、语音/文件传输、关键仪表显示等前舱应用功能，可以将空中飞机的这些参数显示在地面的终端屏幕上，让地面工作人员与飞行员共享驾驶舱仪表。

同时，该系统还嵌入了货舱监视，语音通信和文件传输等子功能模块，与现在使用的常规监控系统相比，该系统强化了对飞机操作、发动机关键参数的监控，并提供了对空中飞机大文件的实时传输和手段，有效提升了航班监控能力和对空决策支持能力。

该系统还能提供三维视角下的飞机轨迹，在航班进近时或特殊情况下，地面的技术专家可以人工开启前舱互联大屏，更好地对飞机姿态和飞行状态进行监控。

此外，山东航空还完成了航路点关键

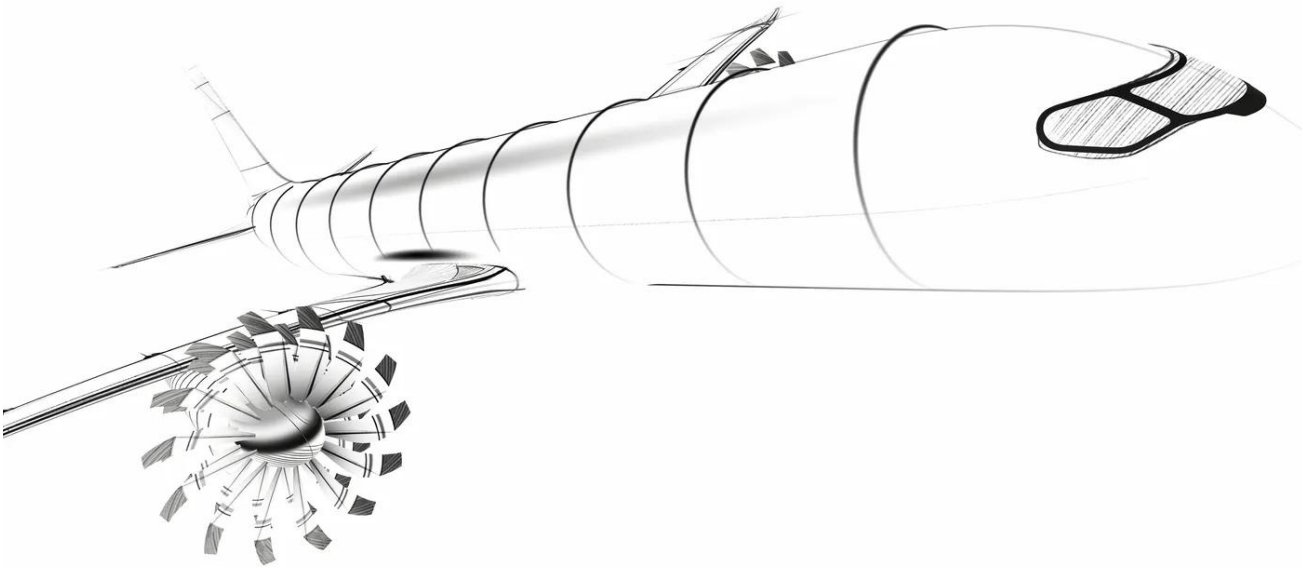


空客下一代窄体客机畅想

文 | 董桐雄

3月25日，空客公司在法国图卢兹举办的2025年峰会上正式对外公布其新一代单通道飞机（NGSA）核心技术路线图，该路线图概述了为准备在本世纪30年代后半期投入使用的下一代单通道飞机的潜在技术基础，并修订了与氢动力飞行相关的技术成熟路线图。同时，在此次峰会上，空客还提供了更多关于关键技术模块的详细信息，这些技术可以使下一代单通道飞机在投入使用时实现与当前一代飞机相比燃油效率提高20%~30%的目标，并且能够使用高达100%的可持续航空燃料（SAF）飞行。空客还公布了新

▼ 图 | 空客



信息自动填写和场面滑行引导辅助两个功能的验证。飞机在飞行过程中，系统能自动识别飞机的位置，并自动填写过点的时间、高度、流量等信息。这些工作，目前都是由飞行员手动填写的，安装了该系统后，飞行员的工作强度就大大减轻了。场面滑行引导辅助功能，是指空管给出滑行指令后，驾驶舱的屏幕上就自动呈现滑行引导地图，这对于保障机场和飞机的安全能起到非常大的作用。

在货舱应用方面，山东航空在前货舱安装了3个摄像头，在后货舱安装了4个摄像头，以便监控货舱内部、舱门区域、舱外临近区域的情况。为确保摄像头录像效果，山东航空对货舱内照明灯的控制信号进行了改造，确保任何状态下至少有三个灯常亮，以保证照明效果。

行业外的人可能对飞机出现“假火警”告警难以理解。这种情况多发于运输活禽的情况下。在飞机飞行过程中，活禽一煽动翅膀就容易激起地面的灰尘，灰尘达到一定的密度就可能引发烟雾告警，并继而引发“假火警”告警。一旦出现告警，飞行员都必须把它当作真的火警来处理，这就给航空公司和乘客造成了不必要的损失。

山东航空通过在货舱加装视频摄像头，实现视频数据实时传递到驾驶舱和地面，实时掌握货物状态以及货舱运行情况，协助判断处置货舱“假火警”等难点问题，并解决装卸现场及货舱货物的实时状态监控，大大提升了飞行安全及管理水平。

在客舱应用方面，山东航空与飞天联合系统技术有限公司合作开发的应用软件，具有会员管理、机票销售、流量销售、机上娱乐、空中商城等五大功能，共计有86个模块，在差异化、精准化的客舱服务方面开展了积极的探索。

任重道远

目前，国外的一些航空公司在打造互联飞机方面已走在前面，比如美联航、法航、卡塔尔航空等已经在其机队上实现了由星链支持的高速WiFi功能，乘客的反响也比较好。在国内，能够提供互联网服务的飞机在全民航机队中的占比并不高，而且大部分提供的只是局域网的服务，真正能够让乘客连接互联网并提供良好“冲浪”体验的互联飞机，据媒体报道，全国只有几百架，占全民航机队的比例较低。

这几百架互联飞机中，大部分是东航的宽体机，另外四川航空也和星航互联（北京）科技有限公司合作，改装了旗下的部分飞机。国内在互联飞机的发展上走得比较慢，大致上有三方面的原因：一是航空公司的改装成本比较高。山东航空一架飞机的改装成本，设备成本加上试飞成本加上停场损失，金额当在千万元左右，这对航空公司来说是一个比较大的负担。第二，乘客对空中上网的需求也不是想像中那么强烈，国内航班的飞行时间大部分在2小时上下，途中打个盹，与同伴聊聊天，或者拿本机上杂志翻一翻，时间就过去了，并不是非得要上网。第三，大部分乘客对付费上网的接受度不高。在地面，我们都习惯免费的WiFi，或者是包含在套餐中的流量，除了有紧急工作要处理，否则，要另外付费上网，大部分乘客不太接受。

但是，笔者相信，空地互联代表着民航运输的新未来，互联飞机将引领民航业进入全面智能化的新纪元。通过整合机上宽带卫星系统、客舱WiFi系统及驾驶舱系统，飞机将实现全域高速互联，打造智慧民航新时代。山东航空的探索，也正是朝着这一方面前进。（作者为山东航空运行风险控制中心总经理、一级飞行员。本文系根据作者在2025航空数字互联技术大会上的演讲整理而成。）■

的设计概念，展示了为这款未来飞机正在研究的不同构型，强调了正在探索的各种潜在解决方案，以实现飞机效率的重大飞跃，并支持航空业在 2050 年实现净零排放的路线图。空客表示，“尽管目前还不能确定下一代窄体客机的所有细节，但是我们已经有了些想法。”

明日之翼

自航空业诞生以来，飞机机翼在设计与功能上都有了显著的发展。早期的机翼结构简单平直，依靠基本的空气动力学来获得升力，且多采用木材等基础材料制造。随着多年来工程技术的进步，机翼变得更加流线型和弯曲，以优化升力并减少阻力，从而获得更好的性能。与早期相比，虽然如今的机翼设计看似处于创新的顶峰，但空客相信，机翼的设计仍有巨大的提升潜力。

从目前公开的信息来看，空客新一代飞机更有可能采用传统方案与颠覆性技术相结合的方式，因此除了更高效的发动机

之外，新飞机还将通过采用创新机翼来降低油耗。对此，空客曾表示，为了向航空业到 2050 年实现净零碳排放的目标迈进，除了进一步提高动力系统的效率之外，使机翼变得更长、更薄并且更轻是提高燃油效率、减少二氧化碳排放的最佳途径之一。为此，空客早在多年前就启动了名为“明日之翼”（Wing of Tomorrow）的项目。

空客“明日之翼”项目的研发重点是开发可高速生产的大展弦比复合材料机翼技术，以降低飞行阻力。根据空客此次公布的下一代飞机技术路线图，新飞机的机翼将采用轻量化复合材料，其中碳纤维的使用占比将达到 60% 以上，同时还将采用智能折叠技术，飞机翼展可达到传统机型的 1.5 倍，气动效率提升 15% 以上，同时适配现有有机场设施。

对于“明日之翼”项目，空客首席技术官曾表示，作为国际合作项目，“明日之翼”为目前的机翼组装方式带来了完全不同的制造理念。作为空客研发组合的重要组成部分，该项目将帮助公司评估未来机翼生产的工业可行性。

根据研制计划，空客将生产三个 17 米长的全尺寸机翼样件，包括一个静态机翼样件，用于测试全新设计和材料的结构能力，并验证相关分析；一个装配齐全的样件，用于测试安装技术和新方法，以进行下一代机翼的系统装配；一个 Run@rate 样件，测试工业能力和自动化技术，用于评估如何以相应规模和速率制造机翼。2022 年，空客成功交付了首个全尺寸机翼原型，标志着 100 多种不同的部件和制造技术的成功集成，其中包括全新的工业装配系统，这有助于验证关键的自动化目标。

“明日之翼”的全新制造理念消除了油箱内的作业，使人工和自动化组装能够顺利集成到优化的工业系统中。通过从制

造数个机翼验证机中汲取经验，空客将探索不同的场景，以便能够做出正确的工业选择来打造未来的机翼。此外，“明日之翼”的复合材料部件旨在充分利用相关技术，可将组装阶段的工作量减少 50% 以上。剩余钻孔的自动化、实现良好的公差控制和机翼形状，以及引入新的检测和验证方法，支持着空客打造未来高效机翼的雄心壮志。

2023 年 7 月，空客英国菲尔顿园区的全新机翼技术开发中心（WTDC）正式启用，这标志着空客进一步拓展其在英国的创新能力。该设施将用于为一系列机型和研究项目制造和测试样件。该中心将通过使用最新技术和世界领先的原型件，进一步提高机翼的性能，帮助空客推进下一代飞机机翼的设计、制造和测试工作。在此之前，位于威尔士布劳顿的“明日之翼”研发团队完成了第二个机翼样件的制造并顺利交付给 WTDC，并将在空客航空航天综合研究与技术中心（AIRTeC）进行结构测试。值得一提的是，WTDC 的启用增加了空客在英国现有的研究和技术布局，其中包括位于布劳顿的先进制造研究中心（AMRC），位于菲尔顿的 ZEROe 零排放飞机开发中心，以及航空航天综合研究与测试中心（AIRTeC）。

更节能的发动机

与机翼的发展类似，航空发动机历经数十年迭代升级，其推进系统的燃油效率、性能与安全性持续提升。早期飞机采用的活塞发动机虽能提供起飞所需的推力，但效率和速度有限。20 世纪 50 年代，涡轮喷气发动机的出现永远地改变了航空业，并逐渐开始在全球范围内广泛应用。今天的涡轮风扇发动机提供了更高的燃油效率和更低的噪声，这使它成为现代商业航空的标准。



▲ 可持续发动机革命性技术验证项目（RISE）开放式风扇架构渲染图（图片来源：CFM 国际）

为实现技术跨越，空客正在研究几种有前途的发动机技术的潜力，目前脱颖而出的是开放式风扇发动机。开放式风扇发动机与现代涡轮风扇发动机有着明显的区别：用于产生推力的风扇叶片更大，且不需要发动机整流罩（即目前一代发动机中包裹风扇的外壳），从而提高空气流动效率，降低燃油消耗。

空客在此次发布的核心路线技术图中已明确指出，新一代客机将采用颠覆性开放式风扇设计的发动机，也就是 CFM 国际公司正在研发的 RISE 发动机项目。

2021 年 6 月，GE 公司与赛峰集团共同宣布启动 RISE 项目，该项目将开发一系列颠覆创新技术以推进新一代开式转子发动机的研发。需要指出的是，RISE 项目并不是直接研发下一代发动机型号，而是一项技术成熟与演示项目，是瞄准未来市场做一些关键技术的开发。

2022 年在范堡罗航展上，空客与 CFM 国际公司共同宣布，对 CFM 的开放式风扇发动机架构开展飞行测试。作为 RISE 验证计划的一部分，该飞行测试验证机将安装在一架空客 A380 飞机上，旨在推进和加速

▼ 搭载开放式风扇引擎的飞行试验台渲染图（图片来源：空客）



先进推进技术的发展。相关飞行测试项目将于 2026 至 2030 年间在位于法国图卢兹的空客飞行测试中心进行。

根据计划，飞行测试项目将实现若干目标，这些目标将有助于提高未来发动机和飞机的效率，其中包括：提升对发动机与机翼集成整合和空气动力学性能的理解，提高推进系统效率；验证性能优势，包括更高的燃油效率，与当前效率领先的发动机相比进一步减少 20% 的二氧化碳排放；评估声学模型；确保可以兼容使用 100% 的可持续航空燃料。

根据 CFM 国际公司公布的信息，RISE 项目已经完成了 100 多项测试。这些测试为未来开放式风扇结构的验证打下了基础。随着验证项目的不断推进，目前已经可以明确，RISE 项目将开发和验证一系列颠覆性的创新技术，包括先进的发动机架构（如开放式风扇架构）、紧凑型发动机核心、先进的燃烧技术、热管理、混合动力、与可持续航空燃料实现 100% 兼容等。

根据早期测试表明，未来以开放式风

扇架构研发的新一代发动机的噪声表现可观。根据最新公开信息，目前 RISE 项目已经克服了噪声问题，采用开式转子技术的发动机产品的噪声要比现役的 LEAP 系列发动机产生的噪声更小。同时，在油耗和二氧化碳排放方面也有不俗的表现。根据计划，RISE 项目旨在实现油耗和二氧化碳排放量较现役最高效的单通道发动机再减少 20% 以上。同时，CFM 国际公司也在进行相关技术验证，以满足严苛的非二氧化碳排放和噪声要求。根据目前的项目进展，CFM 国际公司计划在 2025 年左右进行飞行测试。

2024 年，RISE 项目开始了首轮风洞测试，试验采用五分之一缩比演示发动机，并将其安装在同比例缩小的机翼上，以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。根据计划，未来两年内 RISE 项目组将不断演进，最终开展全尺寸发动机的风洞测试。未来，随着新技术的不断成熟，RISE 项目还将对直接氢燃料作为动力进行地面测试。

修订氢能飞机发展路线图

围绕下一代飞机对新能源的使用，空客在此次峰会上也作了新的阐述。公司修订了与氢动力飞行相关的技术成熟路线图，并再次确认了将商业化可行的氢能源飞机推向市场的承诺，介绍了部分关键技术。这些技术将使全电动、燃料电池驱动的民用飞机成为可能。空客强调，经过多年对氢能航空的研究，这是一条最有前途的发展路径。

空客未来项目负责人 Bruno Fichfeux 表示：“氢能是我们致力于航空业脱碳的核心。虽然我们已经调整了发展路线图，

但我们对氢动力飞行的投入坚定不移。正如我们在汽车行业看到的那样，从长远来看，由氢燃料电池驱动的全电动飞机可能彻底改变航空运输业，为可持续航空燃料途径提供补充。”

2020 年，空客发布了几种潜在的概念飞机，并将这些飞机统称为“ZEROe”。空客认为，这些概念飞机将有助于定义将于 2035 年前投入运营的世界首款零排放商用飞机。虽然这些概念飞机在各种尺寸类别、空气动力学布局和推进系统构架方面各有不同，但它们都有一个共同的特点：均由氢燃料提供动力。空客希望通过 ZEROe 项目探索各种燃料电池和氢燃料在概念飞机上的使用，因为它们将影响未来零排放飞机的发展。

在此次峰会上，空客着重介绍了由四台 2 兆瓦电力推进发动机提供动力的 ZEROe 全电动氢动力飞机。这款飞机的每台发动机均由一个燃料电池系统驱动，可将氢和氧转化为电能，四个燃料电池系统将通过两个液氢罐提供动力。对于为何选择这款飞机作为氢动力飞机新概念的一部分给予特别介绍，空客 ZEROe 项目负责人 Glenn Llewellyn 在峰会上作出了解释：

“我们在过去五年中探索了多种氢动力推进概念，最终选择了这种全电动概念。我们相信它可以为氢动力民用飞机提供必要的功率密度，并随着技术的成熟而不断发展。未来几年，我们将专注于推进存储、分配和推进系统，同时也倡导确保这些飞机能够飞行所需的监管框架。”

2023 年，空客成功演示了 1.2 兆瓦氢推进系统，并于 2024 年年末完成了集成燃料电池堆、电动机、变速箱、逆变器和热交换器的端到端测试。为了解决飞行中液氢处理和分配的挑战，空客与 Air Liquide Advanced Technologies 公司合作，在法国格勒诺布尔开发了液氢面包

（LH2BB）。综合地面测试计划于 2027 年在慕尼黑的电动飞机系统测试中心进行，届时还将结合推进台和氢燃料分配系统进行全面的系统验证。除了飞机技术之外，空客还将继续促进氢能航空经济和监管框架的出现，这也是大规模氢动力飞行的关键推动因素。此外，空客在进行技术研发的同时，还启动了名为“氢能枢纽机场”的计划，旨在整个价值链中开展对基础设施要求和低碳机场运营的研究。截至 2024 年年末，空客已经与法国、德国、意大利、日本、新西兰、挪威、新加坡、韩国、瑞典和英国等 10 个国家的合作伙伴和机场签署了合作协议。

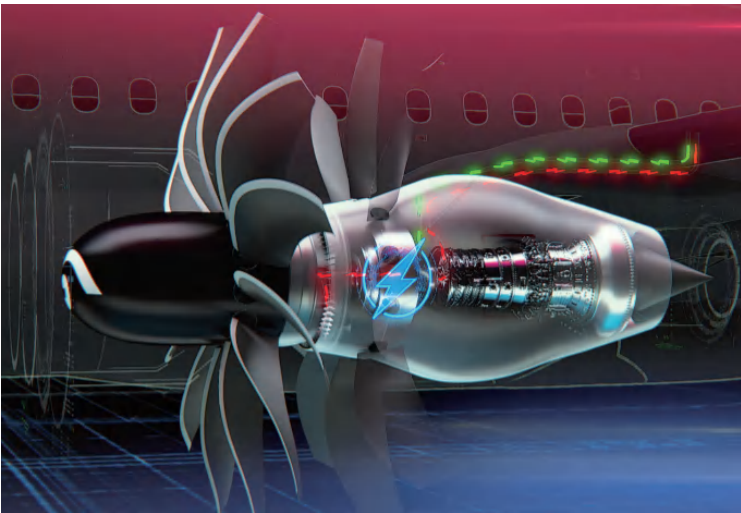
其他多领域创新

混合动力意味着不再仅仅依靠航空燃料，而是结合多种能源，这有几种不同的形式。首先，下一代空客飞机将能够使用 100% 的可持续航空燃料飞行。与传统航空燃料相比，SAF 燃料可减少高达 80% 的

▼ 机翼技术开发中心（图片来源：空客）



▼ 开放式风扇、紧凑型核心机和混合动力技术效果图（图片来源：CFM 国际）



全生命周期碳排放，这一兼容性标准将帮助航空公司实现减排目标。

但使用 SAF 燃料并非实现减排的唯一途径。空客也在致力于推进混合动力推进技术，利用电池或燃料电池提供的电力补充传统喷气燃料或 SAF 燃料的使用，这有望将飞机的碳排放减少 5%。类似混合动力汽车，该技术可利用原本损失的能量来驱动非推进功能，从而降低燃油消耗。

由空客、达赫集团（Daher）与赛峰集团（Safran）联合推进的 EcoPulse 验证机项目，为锂离子电池在飞机高压网络中的应用提供了重要技术洞见。空客还在探索固态电池技术，期望为下一代飞机提供最佳的能量和动力输出平衡。这些电池可以在地面滑行时为飞机提供动力，也可以在飞行过程中为机载功能（如空调系统或照明）提供动力。

探索提升效率的新材料。与机翼和推进系统一样，自莱特兄弟使用木制机身、棉制机翼实现人类首次飞行以来，用于制造飞机的材料也发生了重大变革。在航空业发展初期，木材被铝所取代，而后从 20 世纪 80 年代开始，碳纤维增强塑料（CFRP）因其强度高、重量轻的特点逐步替代铝，提高了燃油效率。钛在现代飞机中也发挥着关键作用，它具备足够强度可用于承受高应力的部件，同时还能做到比钢材更轻。

整体而言，飞机的材料已从强度较低且较重发展为现今的高强度、轻量化，提

升了安全性、燃油效率和飞机性能。但空客认为，材料技术仍有发展空间，其中一个重要研究方向是探索生物质复合材料和热塑性塑料能否替代碳纤维增强塑料，且目标不仅限于减重。空客还致力于通过选择更容易回收的材料，使飞机制造过程更具可持续性，并提高效率，减少浪费，加快组装速度。

此类技术改进的范例为多功能机身验证机（MFFD）。该项目由空客主导，隶属“清洁天空 2”项目的大型飞机平台。通过以碳纤维增强热塑性复合材料（CFRTP）替代传统碳纤维复合材料，验证机在成本持平的条件下达成减重目标，并验证了更高的制造效率。CFRTP 的可回收性与再利用性亦优于其他材料。

20 世纪 80 年代，空客在 A320 飞机上引入电传操纵系统，开创了民用飞机市场的新格局。用数字控制替代机械控制，提高了飞机的安全性、机动性和可靠性。这项技术随后被整个行业采用，成为当今第四代飞机的标志性特征。

虽然电传操纵系统已成为行业标准，但技术创新仍在继续。空客正为未来的下一代单通道客机设计通用数字平台，以提升安全性和效率。这些未来的系统将实现高度互联和自动化，由先进的计算机平台提供动力。这些平台支持系统应用程序的自动安装、更新和修改，可实现及时的性能提升。与此同时，在人工智能的支持下，处理速度的提升将增加可安全处理的数据量，这将有助于开展预测性维护工作，并能通过实时信息的获取来提高乘客体验。保障安全性是空客的首要任务，并且安全性也将通过不断增强的自动辅助技术得到进一步提升。而这些自动辅助技术还能够帮助飞行员更精确地完成复杂的操作，其应用范围将从驾驶舱扩展到地面运营和维护。■

▼ 图 | 空客

从德国飞机内饰展看客舱技术创新趋势

文 | 刘振敏

作为飞机客舱内饰领域全球规模最大、最具影响力的展会，2025 年 4 月 8 日至 10 日，德国飞机内饰展在汉堡国际会展中心举行。本次展会展出面积 24000 平米，来自全球 415 家企业参展，13000 多名专业观众聚集在这座以海港而闻名于世的城市。从最新的飞机内饰设计到飞行途中的休闲娱乐设施展示，再到围绕材料与制造工艺、人机工程学的交流研讨，德国汉堡飞机内饰展不仅带来了行业内最前沿的技术和产品，更是业内相互交流学习的重要平台。

▼ 图 | 蔡司集团

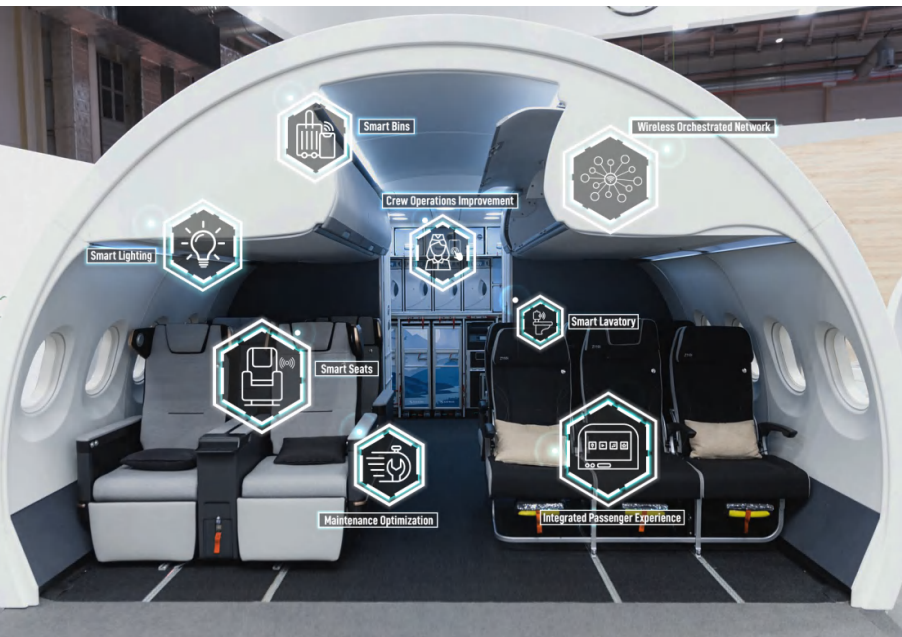


水晶客舱奖精彩纷呈

水晶客舱奖（Crystal Cabin Awards）由汉堡航空发起，自 2007 年起每年举办一次，是航空业界最负盛名的国际奖项之一，被誉为飞机内饰领域的奥斯卡奖，这一奖项旨在表彰更舒适、高效、绿色环保的客舱产品。今年的水晶客舱奖在原有的客舱技术、乘客舒适度、IFEC 与数字服务奖、可持续客舱、大学类作品等传统类别的基础上，新增“无障碍环境奖”和“航空公司创新奖”。由行业专家组成的评审团从来自全球各大航空公司、供应商、制造商和设计公司的众多参赛作品中选出了 22 项作品入围决赛。最终，经过一番激烈的角逐，柯林斯宇航、国泰航空、赛峰集团、代傲航空公司（Diehl Aviation）和同济大学获得了 2025 年“水晶客舱奖”。

赛峰集团凭借其互联飞机内装解决方案再次荣获“机上娱乐和空地互联系统（IFEC）与数字服务”类“水晶客舱

▼ 图 | 赛峰集团



奖”。赛峰的参赛产品是一套名为“Safran Connected Interiors”的系统，该系统利用物联网技术，自主收集和传输客舱设备的运行数据，提供完全数字化、可改装的解决方案，这也是赛峰集团第 16 次荣获“水晶客舱奖”。对此，赛峰表示，公司互联飞机内装解决方案都能够通过对飞机内装进行实时健康监测和预测性维护，为飞机运营商提供数字化可视性——从而减少停场时间并降低运营成本。得益于控制器局域网（CAN 总线）和 ARINC 通信标准，无论何种飞机型号或机龄长短，智能产品（例如 NUVO 备餐间插件系列）生成的数据均可由完全自主的无线系统收集。另一个例子是监测飞机座椅上的任何电气元件，例如作动系统、旅客服务装置或照明设备。这些数据经过处理，使航空公司能够更准确地确定何时应对特定设备进行维护，从而优化运营并延长产品的使用寿命。通过可自主定制的服务，航空公司可预见问题的发生，确保机组人员获得最可靠的设备，并为旅客提供最佳体验。

柯林斯宇航一套名为“Galley.ai”的解决方案荣获“飞机客舱技术”类金水晶客舱奖。“Galley.ai”是一个智能互联技术生态系统，通过优化管理和人工智能技术来实现机组人员与乘客之间的交流，从而进一步提高效率。尤其是数据源和模块的智能链接将大大减轻客舱乘务员的工作量。

Diehl 航空获得“可持续客舱”和“无障碍环境”两大类水晶客舱奖。Diehl 航空的参赛作品是名为“ECO Bin”的客舱产品，公司将研发的关注点放在了材料的循环利用方面。“ECO Bin”作为全球第一款可完全回收的头顶行李箱，采用了专门研发的可回收夹层材料，此外还通过减轻重量的方式，达到减少二氧化碳排放的目标。

“无障碍环境”和“航空公司创新奖”是本届水晶客舱奖的新增奖项，主办方旨在通过新奖项的设立，表明客舱技术的创新不仅关乎出行的舒适度，更要体现个性化关联、智能技术与社会责任。

在“无障碍环境”类的参赛作品中，柯林斯宇航名为“Prime+”的产品是一个专门为轮椅使用者设计的客舱平台系统，可以让残障人士在整个飞行过程中都可以坐在轮椅上，而不用像现在那样从轮椅转移到安装好的座位上。Diehl 航空参赛的名为“Space 3”产品，在飞机盥洗室可以为使用轮椅的残障人士提供便利，如折叠门等，同时该产品还能够实现减重 80 公斤。最终，Diehl 航空的产品脱颖而出，获得了“无障碍环境”类奖项。

国泰航空获得“航空公司创新”奖项水晶客舱奖。作为本届新增的一类奖项，主办方旨在表彰航空公司在推动乘客体验生态系统方面发挥的关键作用。法国航空、国泰航空、印度航空和美国联合航空公司四家企业参加了该奖项的评选。最终，国泰航空凭借“空中画廊”这一在云端之上的艺术展览创新理念获得大奖。国泰航空的这一创意是在一架 777-300ER 飞机上，将一些独特的艺术作品放在一些特别设计的框架系统中，从而在客舱中为乘客营造赏心悦目的视觉享受。

“大学类”（the “University” category）是水晶客舱奖最具创新性的奖项之一，旨在为下一代的航空设计师们提供舞台，鼓励天马行空的设计，同时也必须注重可认证性、实用性和经济性。

同济大学蝉联了本届“水晶客舱奖”的“大学类”（University）奖项。同济大学的获奖作品是其与波音合作的一款名为“轻量化机上显示系统”的产品。该产品采用紧凑型投影仪和手势识别技术，取代了传统的椅背屏幕，重新定义了机载娱

乐系统（IFES），为航空公司提供了更加可持续的设计方案，也为乘客提供了灵活、身临其境的机上体验。虽然项目还在开发中，具体细节不能一一展示，但其革新性的设计将通过飞机客舱的轻量化、乘客和空乘的出行体验升级，以及航司的服务升级带来可观的收益。

▼ 图 | 柯林斯宇航



▼ 图 | 同济大学



创新产品层出不穷

德国汉堡飞机内饰展从来不缺乏创意，各种琳琅满目的产品都预示着人们对于更加互联、更加舒适、更加可持续和更加便捷的航空出行的憧憬。

在本届展会上，从全球领先的互联飞机内装解决方案、可持续客舱和座椅设计，到智能化创新旅客机上体验，赛峰集团再次向世界展示了其作为行业领导者的创新实力与前瞻视野。

由赛峰客舱公司、赛峰航空座椅公司和赛峰电子与防务公司联合开发，赛峰互联飞机内装解决方案旨在通过引入新的飞机内装数字维护服务来改变航空公司维护客舱的方式。作为全球首个飞机内装数字维护服务解决方案，赛峰互联飞机内装提供：实时健康监测厨房、嵌入式设备以及座椅的预测性维护（首批应用产品）通过效率提升实现成本把控。赛峰 ECOS 高效客舱开放式空间解决方案带来固定式行李架和下拉式行李架，与传统行李舱相比，可显著增加约 60% 的行李空间，彻底解决随身行李存放难题。赛峰宽体机

厨房 Peltier 温控隔间有灵活的制冷和加热区域，能够将食物精准保持在设定的温度。更巧妙的是，制冷过程中产生的热量会直接传输至加热隔间进行再利用。

全球知名飞机座椅制造商 Mirus 在本届展会上，展示了其两款全新座椅产品。全新 Falcon 经济舱座椅为宽体机型量身打造，也适用于 A321XLR 或 737MAX10 等远程单通道飞机，兼具高舒适度与灵活配置，是优选经济舱的理想选择。延续 Mirus 一贯的设计 DNA，Falcon 在提供卓越舒适性与乘坐空间的同时，也是同级别中最轻的座椅之一。它采用椅背椅盆联动式的坐垫设计，在不压缩后方乘客空间的前提下实现大角度倾斜，满足航空公司对品牌和座舱配置的多样化需求。

另一款则是专门为单通道飞机打造的可调节经济舱座椅——Hawk Duo，该系列产品预计将于 2025 年底完成认证，2026 年第一季度开始交付。Hawk Duo 比上一代产品轻了整整 20%，单张座椅仅重 8.5 公斤。基于 Kestrel 平台开发，它拥有 5 英寸机械可调倾斜功能，既可作为全经济舱座椅的选择，也适用于固定靠背座椅 Kestrel 的优选替代方案。现代简洁的外观、卓越的舒适度与腿部空间，使 Hawk Duo 成为行业中最具可持续性的座椅选择之一。此外，Hawk Duo 还提供多项个性化选配：USB 接口、电子设备支架、舒适泡棉、头枕设计以及多种饰面颜色和材质，满足航空公司定制化需求。

作为空客的全资子公司欧拓 (ELTRA) 不仅携创新产品亮相本届展会，更与 KID-Systeme、航宇嘉泰做重点交流，围绕未来客舱技术的发展进行了探讨与交流。作为空客生态链的重要一环，KID-Systeme 在展会上重点展示了其先进的座椅电源系统、客舱 WiFi 及客货舱监控解决方案，并与欧拓、航宇嘉泰围绕如何

加强深度合作，以满足航空公司对客舱系统智能化、轻量化、高能效的需求，更好地提升旅客出行体验等。

此次汉堡飞机内饰展上，除了同济大学斩获“水晶客舱奖”之外，另一个受到业界较大关注的中国企业则是来自湖北的航空工业航宇嘉泰。展会期间，航宇嘉泰展台前吸引了众多参观者和体验者，其中既有国内外航司、飞机租赁公司，也有波音、空客等飞机制造商代表。

2011 年，航宇嘉泰作为专业观众，首次参观汉堡飞机内饰展，2015 年，公司第一次携产品参展，十年过去了，航宇嘉泰已成为了国内知名飞机内饰供应商，并为国际主流飞机制造商提供产品和服务，可以说汉堡飞机内饰展也见证了航宇嘉泰一路走来发展历程。

十年来，嘉泰在技术研发、适航管理、生产制造、市场开拓和售后服务等方面不断保持高质量发展。加大研发创新投入，组建了专业的研发团队，针对不同客户群体对座椅舒适性、安全性、智能化等方面的多样化需求，进行了大量的试验和改进；同时，嘉泰致力于提升自身的生产制造能力和质量控制水平。引进了先进的生产设备和管理体系，从原材料采购到产品组装，每一个环节都严格把关，确保每一款座椅都能达到高品质标准。优化生产流程，提高生产效率，降低生产成本，进一步提升产品的市场竞争力，连续几年成为波音 / 空客和商飞的优质供应商。

此次展会，航宇嘉泰携 JT220B、JT220E、JT220E Slim、JT1122E 和 TAS Duo 等型号的座椅再次参加汉堡内饰展，展品涵盖从商务舱到经济舱、从窄体机到宽体机、从无 IFE 娱乐系统到集成 IFE，以及从机械式到电动化的各类别座椅，有极简型、基本型、舒适型



▲ 图 | 南方航空

和豪华型等各种款式，充分展现嘉泰产品的丰富性、多样性和精细化。

此次展会上，南航重点展示了 A350-900 和 A321NX 两款旗舰机型计划采用的客舱设计。根据南航的机队规划，未来将引进 10 架新一代 A350-900 宽体旗舰机型，该机型采用 28 个包厢公务舱和 307 座舒适经济舱，其中 4 个头排公务舱具备独立隔间；新一代 A321NX 窄体旗舰机型共计 20 架，采用 12 座全平躺公务舱和 171 座舒适经济舱。两种机型全部选配新一代 4K 高清娱乐系统，实现全舱配置个人娱乐电视。

在公务舱座椅方面，南航携手 Thompson 公司成为 Vantage XL+ 座椅的首发用户，在前舱特别配置 4 个独立包厢公务舱，并通过创新设计实现与后舱完全隔离，结合定制的陪伴座椅和 32 英寸娱乐屏幕，可为高端商务旅客或家庭出行旅客打造理想的“空中会客室”。

经济舱选配 RECARO 公司旗下 CL3810 (R3) 座椅。该座椅融入最新人体工学设计成果，通过采用高弹性座椅

▼ 图 | Mirus





▲ 图 | 赛峰集团

垫、加强腰部承托靠垫以及六向可调节头枕，配合 13.3 英寸娱乐屏幕，可使经济舱旅客在长途飞行中得到充分休息和放松。

A321NX 机型作为空客新一代窄体机型，满客航程可达 5.5 小时。南航在客舱配置上全面对标宽体机：公务舱选配 Collins 公司的 P-Diamond 全平躺座椅，配合 17.3 英寸娱乐屏幕；经济舱选配嘉泰公司新一代 JT1122E 座椅，搭配 13.3 英寸娱乐屏幕，间距达到 30 ~ 31 英寸。南航还为该机型全部选装了 AIRSPACE（飞行空间）配置，增设大行李架和前部大型储物柜，还特别为公务舱旅客增设了冰酒器、特浓咖啡机等高端服务配置。此外，两款旗舰机型均搭载了代表业界最高水准的 RAVE Ultra 娱乐系统，不但全舱座位实现 4K 超高清显示屏，还具备无

线蓝牙耳机连接和高功率 60 瓦 USB-C 充电接口，确保旅客在飞行过程中体验更多精彩。

值得一提的是，南航还首次携手客舱设计公司 Tangerine 共同设计下一代客舱内饰，打造“国风清雅、沐光而行”新一代客舱基调，与现代简约的设计风格相得益彰。在重点设计元素上，新设计深度融合当代旅客空中出行需求与偏好，展现浓厚东方韵味，打造南航客舱“超级符号”，向全球旅客传递南航独特的品牌魅力。在材质方面，新设计选用高品质环保材料，不仅提升了客舱的质感，也更加注重旅客的健康和舒适。■

SPS 公司火灾事件对航空产业链影响

文 | 范鑫

2025 年 2 月 17 日 21 点 43 分，美国宾夕法尼亚州的 SPS Jenkintown 公司（以下简称 SPS）发生四级火灾，经过当地消防队员多天努力，大火于 22 日完全扑灭。此次火灾彻底摧毁了工厂内生产高精度高强度航空紧固件及机加工部件的能力，核心区域几乎完全损毁，主要生产线全部设备荡然无存。目前 SPS 正在制定工厂拆除计划，受此影响全球紧固件产能将面临更大幅度收缩，加剧飞机和发动机厂商制造压力。

火灾原因初探

SPS 占地 56 万平方英尺，工厂内涉及高温锻造、精细金属粉末加工和电镀等 8 种关键制造工艺流程，在储存制造过程中会用到的 23 种化学品溶液（包

▼ 图 | yahoo.com



括氰化物、氧化剂、强酸等高爆炸风险化学品)。在生产过程中,精细金属粉末在特定条件下可能发生燃烧,电镀过程中会产生易燃氢气,这些都可能是引发本次火灾的原因,同时也暴露出传统制造业在金属粉末点火控制和氢气管理方面的安全隐患。此前该公司就曾因未经许可存储危险废物、容器未标识或未密封以及缺乏应急管理计划等违规行为被美国环境保护署点名。虽然这些违规问题最终在 2023 年达成和解,SPS 为此支付了 10.98 万美元罚款,但不排除工厂内仍存在安全隐患问题。不幸中的万幸,SPS 将化学品溶液存储在具有特殊防护的不锈钢罐或聚乙烯罐中,并存放在厂区内一座独立仓库,因此此次火灾并未造成化学品泄露。

航空紧固件重要供应商

SPS 成立于 1903 年,长期专注于高强度、高韧、耐高温、耐腐蚀性特种金属材料 and 紧固件产品的研发与制造,是高强高韧紧固件科研生产领域的领军企业,先后开发出具有高强度重量比、耐高温和耐腐蚀高温合金,引领了航空紧固件技术进步。2003 年 SPS 被精密铸造公司(Precision Castparts Corp, 以下简称 PCC)收购,目前是 PCC 旗下 14 个紧固件制造公司之一。PCC 作为集航空大型复杂结构熔模铸件、两机锻件和紧固件等业务于一身的特大复合型企业,是波音、空客、普惠、GE、罗罗等长期稳定的战略合作伙伴,是航空基础产品的顶级供应商。2016 年 1 月,巴菲特旗下的伯克希尔·哈撒韦公司以 372 亿美元收购了 PCC。

SPS 生产的高精度高强度金属紧固件、机械部件以及相关配套设备,广泛应用于发动机、机翼、机身和起落架,服务客户包括波音、空客、洛克希德·马丁等

航空企业。从 PCC 产品清单来看,SPS 主要生产 38 类紧固件中的 16 类(在 14 个紧固件公司中产品门类最多),其中 3 类产品(挂钩/固定螺栓、预载指示垫圈、特殊螺纹)是该公司孤源供应产品。此外,PCC 仅有 3 家子公司在产品类别上与 SPS 相似,而在美国仅有 2 家工厂具备相关资质,且规模远小得多。从市场份额来看,SPS 供应航空紧固件约占全球市场的 10%。

近年来,超级合金由于具有机械强度高、抗热蠕变变形、表面稳定性好、耐腐蚀特点,成为航空紧固件材料发展的“新宠”,目前 SPS 已在设备和研发方面投入大量资金,以保持领先地位,成功开发出 MP35N、MP159、MP98T 和 AEREX 350 等超级合金,不仅满足在更热、更冷、更耐腐蚀、压力更大的环境中工作的要求,而且符合 AMS 5844 标准,相关产品已成功应用在飞机机身、结构件等。

对航空产业链的影响

商用飞机是国际分工合作的典型产品,供应链上每一环都会对飞机研制和生产造成影响。航空紧固件是飞机上应用最广泛的标准件,紧固件供应的稳定性和抗风险性对飞机生产有重要影响,火灾事件使航空产业原本存在的供应链脆弱性更加显现。

设施设备投资不足。一方面,美国包括紧固件在内的制造类企业仍在使用上世纪 50 年代的设备,许多厂房自 90 年代后再未升级,资本支出处于较低水平。据纽约大学 2024 年发布的一项调查数据显示,美国航空航天与国防领域净资本支出占销售额比均值仅为 0.7%,而汽车、金属采矿和造船行业分别达到 3%、5.8% 和 4.6%。航空航天企业必须增加投资支持设备设施

升级改造,不然设备老化将直接导致运营成本攀升和风险增加。

另一方面,火灾事件对 SPS 造成毁灭性打击,导致公司全面停产,工厂内的制造装备、原材料和生产线直接损毁,由于公司制造装备多为专机,多数来自于美国本土以外,即使顺利采购,工艺调试所需时间也不确定,重建难度极大。作为高精度紧固件核心供应商,由于其生产的部分产品具有专用性,还有一些是独家供应,火灾所致生产线完全停滞将会影响下游整机制造商订单交付进度,迫使飞机和发动机制造商调整生产计划甚至降低年度生产目标。

产品认证流程复杂,周期长。为了保证产品质量,美欧已构建了完整、系统、闭环的航空紧固件适航认证管理体系,包括严苛的质量体系审核、分层供应商管理、全生命周期追溯和分销商资质管控,但严格的管理要求和行业标准对航空航天紧固件制造商构成重大挑战。SPS 拥有最新修订的 AS9100/ISO 9001 和 Nadcap 质量体系认证和波音、空客等公司的供应商认证资质,这些资质离不开长期技术耕耘,卓越的技术性能和产品质量大大缩短了产品交货周期。随着工厂重建工作开展,主要航空制造商已开始寻求替代解决方案,波音和赛峰集团已致函其供应商,评估此次停工的影响并寻求替代方案。GE 公司已向该工厂派遣团队,并开始考察其他制造地点和备用供应商。

SPS 火灾事件同时引发关于飞机和发动机制造商快速认证新供应商过程中存在的问题。漫长的认证周期以及高额前置成本和收益延迟,再加上受到近年来市场需求波动和竞争加剧的影响,严重阻碍了新供应商进入市场,因此必须改进航空紧固件产品认证流程,加快寻找替代供应商。

单一来源供应风险。选择单一供应商

具有成本优势,但这种长期依赖单一供应商的做法已经暴露出巨大风险,一旦关键零部件供应商因突发事件出现断供,将会导致下游企业生产停滞,影响整个行业的稳定性和竞争力。尽管 SPS 以及客户库存可以短期内(1~3 个月)维持供应,加之遴选新的供应商需要严格而繁琐的认证流程,若无法弥补火灾造成的缺口,下游制造企业生产将面临严峻挑战。波音首席财务官表示波音有足够的库存来支持近期 737 和 787 的生产目标,但长期影响仍不明朗。

据一位行业高管称,他们在短短两天内就收到了数十份咨询,如果不能迅速找到解决方案,这些专用部件的短缺可能会导致分销商“限量供应”。由于 SPS 是部分专用紧固件的独家供应商,火灾后如果下游企业短期内没有找到替代供应,市场极大可能出现“配给制”,即 SPS 优先保障主要客户的需求,而其它客户可能需要等待更长时间,供需失衡击发“多米诺效应”,专用紧固件价格飙升,甚至出现溢价采购,下游企业被迫采购或寻找替代供应商时增加了材料采购成本、认证成本,部分企业开发新品、扩大产能和增加库存也将会导致研发、生产和管理成本上升,供需矛盾大爆发。另外,此前新冠肺炎疫情已经暴露出基础产品孤源供应的风险,而火灾事件将加速企业引入“多元供应”策略,也势必会对全球供应链发展带来不确定性。

SPS 库存产品可能在 6 月就消耗完毕,火灾后波音、空客等已经开始着手解决供应链问题,目前空客已与 TriMas Aerospace 公司(一家美国紧固件公司)签订合同来应对此次危机。这次 SPS 火灾再次凸显出重建风险管理工具的必要性,通过管理工具量化风险等级和发生概率,为企业建立风险应对措施优先级提供依据。■

亿航开启商业运营新篇章

文 | 杜婷

3月28日，亿航智能研发的EH216-S无人驾驶载人航空器的两家运营商——广东亿航通用航空有限公司（下文简称“亿航通航”）及合肥合翼航空有限公司（下文简称“合翼航空”）获得由中国民航局（CAAC）颁发的全国第一批载人类民用无人驾驶航空器运营合格证（OC），意味着中国低空经济“载人时代”序章正式开启，未来消费者可以在广州和合肥相关运营点购票体验低空游览、城市观光及其它丰富多彩的商业载人服务。运营商也将根据运营情况逐步开拓城市通勤等其他更多场景。首批OC的颁发，创造了低空经济、城市空中交通的新里程碑，也让新质生产力释放出更加强大的活力。

全球首家集齐“四证”

2020年，亿航智能正式就EH216-S型号向中国民航局递交型号合格证申请。一年后，中国民航局正式受理EH216-S型号合格证申请，并成立项目审查工作组，开始相关专用条件适航标准体系的构建。2022年2月，中国民航局正式发布《亿航EH216-S型无人驾驶航空器系统专用条件》（以下简称《专用

条件》），为EH216-S型载人级自动驾驶飞行器的合规性和安全性提供依据。《专用条件》涵盖飞行性能、结构、设计与构造、动力装置、系统和设备、数据链路以及地面控制站等方面。《专用条件》是在全球垂直起降航空器（eVTOL）相关航空适航规章体系仍在逐步摸索的情况下推出的，具有开创性的历史意义。同年9月，亿航EH216-S的专项合格审定计划获得中国民航局正式批准。

此后3年多时间里，亿航智能完成了包括500科目的摸底试验、4万余飞行架次的调整试飞，以及65个大项、450多个科目的正式符合性验证试验。2023年8月，亿航智能按计划完成最后阶段符合性证明和验证阶段内的所有符合性试验试飞，其中包括中国民航局审查的最终型号合格审定试飞。2023年10月，EH216-S无人驾驶载人航空器系统获得中国民航局颁发的型号合格证。同年，获得标准适航证。2024年，EH216-S获得中国民航局颁发的生产许可证，意味着该e-VTOL“集齐”了型号合格证（TC）、生产许可证（PC）和标准适航证（AC）。

此次，亿航智能获得的运营合格证（OC证），可用于确认可载人的航空器EH216-S符合民航局与运行相关的技术、管理和安全标准要求。持有OC的运营人（持证企业）可以进行商业运营，提供付费载人运营服务，开展低空经济相关的消费场景。自此，亿航智能成为了全球首个“集齐四证”的制造商。

此次亿航智能获颁的是载人类民用无人驾驶航空器运营合格证。根据中国民航《通用航空经营许可管理规定》：载客类，是指航司使用符合民航局规定的民用航空器，从事旅客运输的经营性飞行服务活动。载人类，是指航司使用符合民航局规定的民用航空器，搭载除机组成员以及飞行活

动必需人员以外的其他乘员，从事载客类以外的经营性飞行服务活动。载客运输和载人非运输（载人观光、载人体验）的区别在“运输”这个词。在航空运营中，只有满足以下几个关键特性的才能称为“运输”：定期航班、不能随意取消；客票是可以由公众平台面向全社会销售的；必须按照对公众发布的航路或者可以共同使用的航线路径飞行。而对应的非运输的载人的特点就是：非定期飞行、可根据情况（如天气、客流、活动安排）进行调整或取消；票据通过运营商特定窗口售卖，比如景区门口或者起降点附近的运营商售卖点；航线多为特定、运营商自己使用。

首批载人类民用无人驾驶航空器运营合格证的颁发，是中国民航局、亿航智能及两家获证运营人在载人类无人驾驶运营技术和管理标准上形成的一个全新的民航运营体系，过程中攻克了多项技术难题，创造了多项世界纪录，对全球范围内智能化、无人化、数字化新型民用航空发展具有行业里程碑的意义。

未来，根据规划，亿航智能将本着“安全第一，风险递进”的原则，在商业运营初期，秉持充分考虑安全运营和对公众负责任的态度，以及参照传统全新航空器合理限制、阶段放开的原则后（如：航线客机商业运营对航线定义、班次计划、运营保障等均会阶段性限制，并逐步放开扩大运营范围和规模），亿航智能、运营人（OC持证企业）将扎实做好各项围绕安全健康运营的工作，根据运营情况逐步开拓城市通勤等其他场景，实现载人空中出租车运营航线，最终达到城市内全无人化低空出行商业运营。

聚力进入发展快车道

2014年，亿航智能在广州成立，经过11年的发展，如今已成为国内研发eVTOL

▼ 图 | 亿航智能



的龙头企业，其业务范围包括空中交通、智能城市管理等领域。在这 11 年间，国内外涌现出了大量同类企业，其中不乏老牌飞机制造商波音、空客所投资的创新型企业，但亿航智能一直坚持其创立之初的设想。2023 年，中央经济工作会议正式将低空经济列为国家战略性新兴产业，此后亿航智能的发展进入快车道。根据中国民航局的预测，中国低空经济市场规模将在 2025 年达到 1.5 万亿元，并可能在 2035 年突破 3.5 万亿元。

根据公司发布的 2024 年全年财报显示，公司首次实现全年调整后净利润和正向经营现金流。2024 财年，公司年度营收和交付量创历史新高，其中公司总营收同比增长 288.5%，达到 4.56 亿元，E216 系列 eVTOL 总交付量为 216 架，调整后净利润 4310 万元，全年正向经营现金流约 1.6 亿元。截至 2025 年 3 月，亿航智能无人驾驶 eVTOL 航空器产品飞行足迹已遍布 19 个国家，累计完成超过 64000 架次安全飞行。

2025 年全国两会政府工作报告提出要开展新技术新产品新场景大规模应用示范行动，推动低空经济等新兴产业安全健康发展。2025 年 3 月发布的《提振消费专项行动方案》也明确提出“加快完善低空经济监管体系，有序发展低空旅游、航空运动、消费级无人机等低空消费”。在此大背景下，2025 年亿航智能设定了全年 9 亿元的总营收目标，同比增长 97%。

为了在低空经济发展的新赛道上抢得发展先机，亿航智能早在多年前就开始了布局。进一步加快基础设施建设，2024 年 11 月，骆岗中央公园城市空中交通枢纽港落成，这是 EH216-S 在合肥的第二个 eVTOL 运营点。2024 年 12 月，公司与中国交通建设集团达成战略合作协议，双方将共同推动全国范围内的空中交通数

字建设，并布局国内低空飞行枢纽建设。2025 年 1 月，公司在上海龙华机场设立 EH216-S eVTOL 运营中心，龙华机场成为上海市中心唯一具备机坪空域的机场和中国民航局华东通用航空服务中心的所在地。2025 年 1 月，亿航智能在深圳罗湖体育休闲公园的 UAM 展示（体验）中心正式启用，这也是全球首个采用自动化立体升降式平台设计的 EH216-S 飞行起降点。

在人才队伍建设方面，公司与中飞院达成战略合作协议，共同开展大型民用驾驶航空器专业人才培养与职业培养。中国民用航空器飞行学院针对亿航智能无人驾驶航空器联合开展操控员、维修人员等相关人才培养、执照培训、运行监管等工作，为数百万低空人才缺口储备力量。

2021 年，亿航开始着眼规模化发展。云浮生产基地正式启用，24000 平方米的现代化航空器智能基地的建设让亿航成为了全球首个可实现规模化商业交付的 eVTOL 企业，预计 2025 年底将实现产能 1000 架。与江淮汽车和国先控股合作，打造华东合肥生产基地；与威海火炬高技术产业开发区合作，计划在威海建立 eVTOL 制造基地，满足区域需求；与北京房山区政府合作，打造综合型应急消防产业园，形成华北低空应急救援装备全国总部。

在技术研发方面，2024 年公司与深圳欣界能源科技有限公司合作研发高能量密度（480Wh/kg）和高安全锂金属固态电池，并完成了全球首次 eVTOL 搭载固态锂电池飞行测试。在此次飞行测试中，EH216-S 飞行续航时间显著提升 90%，达到了 48 分钟以上。与此同时，公司还与长安汽车合作，联合开发飞行汽车相关产品，拓展亿航智能的产品线，瞄准大众消费市场。

在产品生态布局上，亿航智能一直

积极在全国各地打造低空经济示范项目，助力广州、深圳、珠海、合肥、太原、无锡、威海等地开展空中交通运营中心样板建设，推动低空经济标杆示范城市的打造。今天的亿航已经完成了安全、自动、环保的低空全生态布局，能够为商业消费提供解决方案，用新质生产力引领低空新质消费力。

在 2025 年 4 月举行的第五届中国国际消费品博览会上，亿航智能首席运营官王钊在接受媒体采访时表示：“随着政策的持续加持，低空经济正在迎来前所未有的蓬勃发展，展现出巨大的市场潜力和广阔的发展前景，也逐步成长为万亿级的消费蓝海。”

与此同时，亿航智能“出海”的步伐也在不断加快。2024 年，亿航智能在中东地区获得阿联酋青睐，推动 EH216 系列 eVTOL 在当地的认证运营。在欧洲，亿航与 UAM 垂直起降基础设施设计与开发企业 Vertiports Network 达成战略合作，打造 UAM 运营中心生态，加大对海外市场的布局。在亚洲，亿航智能成为了日本先进空中交通政企合作委员会（PPC）成员之一，同时也是该委员会 56 个成员中唯一一家从事自动驾驶垂直起降飞行器生产研发的企业。

2025 年 3 月 1 日，EH216-S 无人驾驶电动垂直起降航空器在西班牙贝尼多姆市成功完成飞行。这是欧洲首个无人驾驶 eVTOL 在城市环境中进行的飞行，标志着欧洲城市空中交通发展的又一重要里程碑。亿航智能 EH216-S 在贝尼多姆的飞行是在欧洲航空安全局（EASA）现行法规下，在欧洲城市里进行的首次无人驾驶 eVTOL 飞行，标志着未来城市空中交通发展迈出关键一步。此次演示验证了将无人驾驶航空系统融入城市环境中的可行性，同时符合欧洲严格的安全监管框架，为未来欧洲

城市空中交通部署开创了先例。同时，此次飞行是欧盟 U-ELCOM（U-Space European Common Deployment）项目的一部分。该项目作为欧盟天空一体化空中交通管理研究项目第三联合执行体（SESAR 3 JU）重要的数字天空示范项目之一，由欧洲空中航行安全组织（Eurocontrol）协调，涵盖来自法国、意大利和西班牙的 51 个合作伙伴。

几天后，EH216-S 无人驾驶电动垂直起降航空器在墨西哥完成首飞，标志着这一产品的飞行版图已经拓展至全球第 19 个国家。此次首飞是在墨西哥联邦民航局（AFAC）授予 EH216-S 无人驾驶航空器系统（UAS）特殊适航证后顺利完成的。该证书的颁发审批流程严格且全面，涵盖了技术文件审查、适航证地面检查、运行手册审批、机组人员培训及执照认证等多个环节，确保 EH216-S 符合墨西哥航空安全及运行标准。

与此同时，亿航智能还积极与海外机构进行科研合作。2025 年 3 月，亿航智能与西班牙萨拉戈萨大学和中国广州大学签署合作备忘录，三方将携手共建低空飞行安全联合实验室，推动低空经济、智能空中交通管理等领域的创新研究。2025 年 1 月，亿航智能宣布与欧盟独立机构欧洲创新与技术研究所（EIT）资助的“城市应急运输飞行器”（U-SAVE）项目开展合作，该项目旨在开发并展示一种创新的综合空中交通系统在紧急情况下快速运送生命救援物资。项目中先进的系统将用于在复杂的城市空中环境中高效运行，为传统的地面应急响应提供一种可靠、高效且环保的替代方案。可以说，通过十多年的发展，亿航智能已经在低空经济这条创新赛道上逐步形成了自己的技术优势和特色产品，亿航智能的发展或许将是各行业在创新领域探索“弯道超车”的模版。■

国际民航：拥抱变革新征程

文 | 王鹏

根据国际货币基金组织（IMF）最新发布的《世界经济展望》报告，2024 年全球经济的增长速度已经下降至大约 3%，而国际民航业亦正经历着挑战与机遇并存的局面。挑战如同乌云密布，给运营带来了巨大压力，导致行业内重组活动频繁发生，深刻改变行业整体布局。通过深入研究航空公司如何处理财务困境和重组难题、航空安全及监管政策的发展状况，以及航空公司调整其市场竞争策略的方向等方面，我们总结了国际民航业过去一年所面临的挑战与机会，并对其未来发展路径进行探讨。

▼ 图 | 安京



财务困局与重组浪潮

2024 年，国际民航业仿佛正经历着前所未有的动荡时期，行业内部的结构调整频繁发生，各企业的财务状况呈现显著分化趋势。

过去一年，航空业的财务表现呈现出显著差异，犹如冰与火般的对比。瑞安航空通过出色的成本管理策略和持续的服务改进，在该年度实现了超过 15 亿欧元的利润，创下了历史纪录。这一成就不仅证明了其商业模式的有效性和优越性，也为业界树立了一个成功的标杆。

阿联酋航空亦取得了显著成就，通过对航线扩展、飞机队列现代化以及服务质量提升等关键领域的持续投资与努力，其年度净利润跃升至 20 亿美元，创下历史新高。不仅展示了公司在全球航空业中的强大竞争力，也体现了其卓越的行业影响力。

对于部分航空公司而言，这一年并非皆是顺风顺水。精神航空就遭遇了前所未有的挑战，其市场占有率在激烈的竞争中持续缩水，从年初的大约 5% 锐减至年末的不到 3%。燃油价格攀升了大约 20%，劳动力成本也增加了 15%，导致公司财务状况迅速恶化，最终被迫寻求破产保护。

财务数据显示，尽管某些航空公司于 2024 年取得了显著的成绩，但整个行业仍然面临多重不确定性和挑战。为了在激烈的市场竞争中稳固地位并持续保持竞争力，各航空公司需要具备敏锐的市场洞察力，不断适应变化，并致力于提升运营效率。

面对全球航空市场的剧烈变动，各大航空公司采取了多种策略性措施，包括收购与股权结构调整，以此展现它们在应对市场变化及寻求增长机会方面的灵活性和远见卓识。

沙特主权财富基金 PIF 策划了一项全面收购计划，将沙特航空公司打造成为国际航空领域的佼佼者。通过深度整合资源，全面提升服务质量，不断强化国际竞争力，体现了从内部开始的系统性变革。这种由内而外的转型方法预示着，通过实施一系列有效的内部优化措施，该公司有可能实现运营效率的重大飞跃。

通过成功并购夏威夷航空，阿拉斯加航空巩固了其在太平洋区域的市场地位，显著增强了盈利能力。这一举措明确体现了该公司希望通过战略性扩展来加强市场控制力的决心。通过采取这样的策略性合并措施，阿拉斯加航空能够更有效地适应市场的波动，为乘客提供更多样化的服务选项。

汉莎航空购入意大利航空公司 ITA 的部分股份，成功实现了其在欧洲市场上的扩张目标，响应了意大利航空业重组的迫切需求，体现了汉莎航空对于重塑欧洲市场格局的战略思考与规划。汉莎采用这种跨公司的股权收购策略，使其能够在竞争异常激烈的欧洲航空领域中占据更加有利地位。

大韩航空对韩亚航空的收购取得重要突破，最终完成了这一过程。至去年 11 月末，该合并计划得到了欧盟委员会的认可；随后，在 12 月 2 日，美国司法部也给予了批准。12 月 11 日，大韩航空正式成为韩亚航空主要股东。通过此次整合，大韩航空增强了其机队规模，优化了航线布局，预计这将使其跻身世界前十大航空公司之列。韩国国内航空业的竞争态势因此发生变化，形成以一家超级企业为主导的局面，这对全球航空市场的竞争格局产生了长远的影响。

这些多样化的重组实例共同揭示了航空公司为提高运营效能、增强市场竞争力及重塑行业布局所采取的战略调整

路径。它们不仅仅是规模上的简单扩张或缩减，而是基于周密战略规划与市场定位，在未来的航空市场竞争中获得有利位置，抢占发展先机。

航空安全与监管筑牢安全防线

2024 年的航空业因多起严重的飞行事故而笼罩在阴霾之中，安全问题得到了前所未有的重视。特别是在日本领空发生的那起惊险的空中相撞事件，一架日本航空公司的 A350-1000 与海上保安厅的一架飞机不幸相遇，无情揭示了空中交通管理中存在的严重缺陷。济州航空灾难以及阿塞拜疆航空坠机等案例进一步暴露了飞行员培训体系中的不足之处及飞机维护检查过程中的诸多漏洞。这些并非孤立或偶然发生的事件，是长期积累下来的系统性安全管理问题的一次集中体现。血淋淋的事实发人深省，为全球航空业敲响了一记沉重的安全警钟。

在国际民航组织（ICAO）举办的安全周这一全球瞩目的平台上，各国代表齐聚一堂，共同探讨航空安全的新方向。在世界安全与运营大会期间，国际航空运输协会（IATA）向全行业发出了关于加强安

在世界安全与运营大会期间，国际航空运输协会（IATA）向全行业发出了关于加强安全管理的呼吁，促使全球航空业的安全标准达到了新的高度。

全管理的呼吁，促使全球航空业的安全标准达到了新的高度。培养一种全面的安全文化已经成为业界普遍认同的目标。通过运用数据分析技术作为预测和预防事故的关键工具，从大量的飞行记录中提取出有价值的信息，可以有效识别并提前处理可能出现的问题，极大减少潜在风险。响应 IATA 提出的建议，各大航空公司正致力于将安全教育及应急演练纳入日常管理流程之中，使得这种重视安全的态度深入到组织运作的每一个环节，从而为提高整体航空服务的安全性奠定了坚实的基础。

新兴技术如同初升的晨光，为面临挑战的航空安全领域提供了突破性的解决方案。人工智能系统作为智能助手进入驾驶舱后，能够持续监控飞行数据，在遇到非正常状况时，迅速提供精确的支持性建议，有效补充人类操作员在紧急情况下反应速度不足的问题；无人机巡逻构建一张覆盖机场周围区域及跑道状态监测的安全网，使得潜在隐患无所遁形。无论是远距离感知还是细微故障识别，这些创新技术正在全面革新航空安全保障体系，体现了业界致力于维护飞行安全的不遗余力的决心与执行力，开辟了一条全新的保护乘客与机组人员安全的道路。

航空公司多元化发展

2024 年初，亚太地区的航空业展现出了显著增长趋势，这归因于农历新年假期前夕旅游需求的急剧上升。在这种表面的繁荣之下，也隐藏着不少不确定性和潜在问题。旅游需求是否能够持续尚存疑问。随着竞争态势的日益激烈，航空公司可能会面临利润空间受到挤压的风险。一些热门旅行目的地的机场出现乘客流量激增的情况，有可能会对这些机场的服务能力和运行效率产生负面影响，导致一系列管理上的挑战。

在此阶段，众多航空公司增加航班数量以应对激增的出行需求，尤其在國內航线上这一现象尤为显著。这种做法也可能导致运力过剩及票价竞争加剧等不利局面，对航空公司的财务状况造成负面影响。面对 2024 年航空业所遭遇的挑战，国泰航空与 IAG 等公司通过实施一系列深思熟虑的战略调整，在逆境中实现了显著增长。国泰航空公司通过对航线网络进行整合与优化、全面提升服务质量以及严格执行成本控制策略，增强了其市场竞争力。它灵活调整航班布局，提高了运营效率，吸引了更多样化的乘客群体；不断改进旅客体验的做法进一步提升了品牌形象。严格的成本管控措施对于提高整体运作效率起到了关键作用，达到了经济收益和服务水平同步提升的效果。

IAG 通过旗下各品牌间协作及对新兴市场的积极开发，增强了公司的业绩表现。跨品牌合作模式与市场扩展策略相互促进，共同构建强大推动力，促进公司在整体市场中的表现，使其能够在激烈的竞争环境中占据优势。

此外，国际航空货运市场经历显著的增长，跨境电商发挥了至关重要的推动作用。根据 IATA 的数据分析显示，通过空运渠道运输的跨境电子商务货物约占总量的 80%，已经占据全球空运量的五分之一，预测到 2027 年这一份额将进一步提升至 30%。全球范围内，航空货运的需求连续八个月呈现两位数百分比增长趋势，在亚洲地区表现尤为突出。亚太区域内航空货运需求较去年同期增长了 17.6%。截至 2024 年 3 月，全球航空货运市场的需求数字已连续三个月实现了 11% 的同比增长。同年 10 月份，国际航协发布的最新报告显示，与 2023 年同期相比，全球以货运吨公里计算的总需求增长 9.8%，其中跨国间的货运需求更是达

通过对跨境电商货物运输航线和机场业务数据的分析，可以看出 2024 年下半年中国多个城市的国际机场增加了新的国际全货机航线。

到了 10.3% 的增长率，这已经是连续第十五个月保持上升态势。

在中国的跨境电商领域，零售电商平台希音及拼多多旗下的 Temu 平台发挥了显著促进作用。特别是在华南区域，空运物流中跨境电商所占比例高达 70%，其中这两个平台占据了大约 45% 的空间。

通过对跨境电商货物运输航线和机场业务数据的分析，可以看出 2024 年下半年中国多个城市的国际机场增加了新的国际全货机航线。合肥与匈牙利之间、杭州至大阪以及郑州到巴黎的新航线主要服务跨境电子商务物流需求。香港国际机场继续加大在电商领域投资力度，包括菜鸟智慧港项目的完成及 DHL 中亚枢纽的扩建，后者使该区域的运力提升了 50%。中国的跨境电商业务进出口总额持续增长，在 2024 年的前三个季度内达到了 1.88 万亿元人民币，相比去年同期增长了 11.5%。这些发展态势充分证明，跨境电商正在成为推动 2024 年全球航空货运市场扩张的关键因素之一。

新兴力量的崛起与发展态势

2024 年，巴西航空工业公司表现出了显著增长趋势，全年共交付 206 架新

规模与效益双突破的中国民航货运市场

文 | 丁一璠

2024 年，中国民航货运市场在全球供应链重构、跨境电商爆发及政策支持的推动下，实现了量质齐升的跨越式发展。全年货邮运输量达 898.2 万吨，同比增长 22.1%，较 2019 年增长 19.3%，创历史新高。国际航线货运需求持续强劲，2024 年 1～10 月，民航日均货运航班约 597 架次，比 2019 年同期增长超过 50%。从区域来看，东南亚、中亚、南亚、欧洲、美洲等区域的货运航班量与 2019 年同期相比涨幅都超过 100%。跨境电商与冷链物流等新兴业态成为核心增长引擎，上市航司与机场的协同发展进一步巩固了行业全球竞争力。以下从市场规模、企业表现、驱动因素及未来趋势等方面展开分析。

货运显著增长，区域枢纽崛起

去年全年，中国民航货运量增速远超全球平均水平（11.3%），其中国际航线货邮运输量同比增速达 29.3%，占全球增量贡献的 30% 以上。跨境电商需求激增是核心驱动力。

图 | STAT Times



型飞机，与 2023 年相比，这一数字增加了 14%。在电动垂直起降飞行器（eVTOL）领域，由该公司控股的 EVE 首次公开亮相其“空中出租车”的全尺寸原型机，彰显公司在新兴航空技术领域的创新能力，体现其对前沿科技探索的热情。在航空制造工艺方面，巴西航空工业公司不断追求进步，特别是在复合材料的应用上，持续改进材料特性和生产技术，提升了飞机结构的有效性和整体性能。

俄罗斯联合航空制造集团在多个领域实现显著进步。尤其是在发动机技术方面，该集团旗下的俄罗斯联合发动机制造公司展现了卓越的研发能力和创新精神。在中国国际航空航天博览会第十五届展会上，该公司推出了一系列先进产品，其中包括第五代 177C 发动机等型号，这些产品融合了最新技术和材料，具有更高的效能、更低的油耗以及更长的服务寿命等优点，这无疑证明了俄罗斯在全球航空发动机技术领域的领先地位。在飞机制造方面，该集团也致力于技术创新与产品质量提升，并积极寻求海外市场的拓展机会，从而进一步巩固并增强了其在全球航空制造业中的地位和影响力。

在航空制造业领域，数字化制造技术的应用正逐步成熟并持续深化。构建智能工厂已成为该行业提升生产效率及产品质量的核心策略之一。部署先进的数字设备与软件系统，企业能够实现对生产流程的智能化管理和控制。以航天海鹰（镇江）特种材料有限公司为例，其民用航空碳纤维复合材料制造智能工厂建设项目就是一个典型代表。该项目创新地整合了多套智能装备，并引入 5G、物联网、人工智能以及大数据等尖端科技，使得从规划、设计到生产、质量检测直至仓储管理的所有环节均实现全面数字化转型，增强了公司的生产能力及其对产品质量的把控能力。

借助数字化工程技术还能够促进飞机操作系统的进步与发展，利用数字模拟平台开展小规模机队飞行试验，有助于大幅改善飞行器性能，有效增强安全性，为航空工业的技术革新开辟出一条新路径。

人工智能在航空制造业的应用日益凸显其重要价值。无论是通过生物识别技术简化乘客登机流程，还是利用智能数据分析系统改善机场日常运作，AI 技术都在显著提高运营效率和服务质量方面扮演着关键角色。在飞机的生产环节，人工智能同样发挥着不可或缺的作用，它能够协助处理复杂的设计挑战、优化制造流程并加强产品质量监控等核心任务。以美国 Altair 公司为例，该公司推出的人工智能支持的工程仿真方案，极大地促进了航空工程师解决设计难题的能力，大幅提升了生产和维护工作的效率。在飞行过程中，人工智能技术还预示着实现自动飞行的可能性，比如 Skydweller Aero 公司的太阳能自主飞行平台就展示了如何运用 AI 来完成自主导航和精确路径规划的任务，这无疑为未来航空业的发展描绘了一幅令人期待的新蓝图。

2024 年，面对诸多挑战，国际民航业积极探寻发展机会，明显地体现出了企业间重组与整合加速、市场竞争变得更为激烈以及技术革新取得重要进展等趋势。展望未来，民航业将继续面对机遇与挑战。尽管新技术的发展有望重新定义行业的竞争态势，但在财务稳定、市场竞争以及环境保护法规等领域的挑战依然需要得到有效应对。为了实现民航业的复苏与长期稳定增长，技术创新的强大推动力以及对市场动态的高度敏感性将成为关键因素。面对这些变化趋势，民航领域的各利益相关者被激励着积极应对挑战，在变革中寻求进步，以确保达成可持续发展的战略目标。■

我国枢纽机场货邮吞吐量总体呈现显著增长态势，部分机场在区域协同、新设 施投入及航线网络优化下表现尤为突出。2024 年全国民用运输机场货邮吞吐量达 2005.8 万吨，同比增长 19.2%，恢复至 2019 年水平的 117.3%。

2024 年全国机场货邮吞吐量排名第 1～10 位的依次为上海浦东机场、白云机 场、深圳宝安机场、首都机场、鄂州花湖 机场、郑州新郑机场、杭州萧山机场、成 都双流机场、重庆江北机场及上海虹桥机 场。除萧山机场由于顺丰航空货运航线转 场等原因导致货邮吞吐量下降外，其余 9 家机场货邮吞吐量均实现同比增长。值得 注意的是，鄂州花湖机场异军突起，全年 货邮吞吐量同比增幅高达 296.8%，此外 郑州新郑机场货邮以 35.7% 的涨幅成绩同 样亮眼。

其中 2024 年上海机场货邮吞吐量达到 420.6 万吨，浦东机场约 378 万吨，虹桥机 场约 42 万吨。2024 年，浦东机场全年中 转率提升至 15.7%，创历史新高，上海在航 空物流枢纽发展指数中蝉联第一，主要得 益于其成熟的机场设施和强大的产业支撑 能力，尤其在长三角一体化战略下，货运 航线网络持续优化。白云机场货邮吞吐量

238.25 万吨，同比增长 17.3%。白云机场 三期扩建工程投入使用后，机场货站面积 将扩展超 100 万平方米规模，货邮吞吐能 力达到 600 万吨以上。深圳宝安机场货邮 吞吐量为 188.13 万吨，同比增长 17.56%。 随着深畅国际货站、东区国际快件一号货 站项目（新快件货站）、东区国际转运一 号货站项目、南区转运库项目等物流设施 项目建设推进，宝安机场货邮处理能力持 续提升。2024 年北京机场货邮吞吐量约 177 万吨。其中，首都机场约 145 万吨，大 兴机场约 32.06 万吨。首都机场集团是我国 最大的机场集团（管理 34 个干支机场）， 全年完成货邮吞吐量 237.6 万吨。鄂州花湖 机场 2024 年完成货邮吞吐量 102.5 万吨（国 际及地区货邮吞吐量 26.7 万吨），从 2023 年全国第 16 位跃升到中西部第 1 位、全国 第 5 位，成为本年度最大的黑马，验证了“全 货机+腹舱”模式的成功。

货运业务成为盈利支柱

从目前来看，我国航空企业货运业务 可分为两大类别，一类是以顺丰航空、中 国邮政、京东物流、圆通航空等企业为代 表的“快递系”。另一类型是以国货航、 中货航、南航物流等企业为代表的“民航 系”。截至 2024 年底前一类“快递系”公 司共 4 家，机队规模共达到 158 架，第二 类“民航系”公司共 13 家，机队规模共达 到 88 架。

从财报上看出，三大航司里，国航和 东航旗下的货运物流公司均已实现上市， 且盈利可观。根据国货航发布 2024 年度业 绩预告，预计 2024 年归属于上市公司股东 的净利润将盈利 18 亿元～19.9 亿元，同比 增长 56%～73%。业绩大幅提升主要得益 于航空货运行业逐步恢复常态化运行，全 球供应链体系逐步稳定，以及跨境电商对

航空货运的旺盛需求。此外，公司积极引 进波音 777F 和空客 A330 飞机，加强生产 组织，优化市场布局和航线结构，拓展与 大客户的深度合作，实施精细化成本管理， 加大信息化、数字化及智能化方面的投入， 也有效助力了业绩改善。东航物流公告显 示，东航物流预计 2024 年度实现归属于母 公司所有者的净利润为 25 亿元到 29 亿元， 与上年同期相比，将增加 0.12 亿元到 4.12 亿元，同比增加 0.48% 到 16.56%。东航物 流表示，2024 年度，受益于跨境电商的蓬 勃发展，国际航空物流需求持续增长，空 运运价同比上涨。南航物流上半年净利润 17.12 亿元，成为母公司重要利润来源。

机场货运能力专业化与智能化升级

得益于智能化与绿色化升级，国内机 场货运效率持续提升，单票处理成本下降 显著，同时推动行业碳排放强度同比降低， 为我国航空物流的高质量发展提供了关键 技术支撑与可持续发展路径。

例如郑州新郑国际机场在北货运区试 点“电子货运平台+智慧货站”模式，实 现全流程无纸化操作，平均每年节省纸质 单证超 100 万份，数据传输时效提升 20% 以上。杭州机场通过部署 RFID 电子标签 与物联网平台，打通跨境物流的“数据孤 岛”，实现国际货物从舱单申报、海关查 验、仓储分拨到末端配送的全流程透明化。 鄂州机场借助大数据、AI 等技术实现对机 场设备、货物操作、能源使用等的精细化 管理，提高机场运行效率和服务水平。

政策红利与业态创新

2024 年，为了加快航空货运发展速度， 《民用航空货物运输管理规定》《航空前置 货站发展指南》等行业纲领性和指导性文件

相继出台。此外，民航局和国家发展改革 委员会去年联合发布了《关于推进国际航空 枢纽建设的指导意见》（以下简称《意见》）。 民航局在推动“干支通、全网联”网络建设 下，2024 年全年全国共新开国际货运航线 168 条，我国国际航空货运网络不断织密。

另外随着我国跨境电商需求暴涨， 2024 年，我国跨境电商进出口额达 2.63 万 亿元，同比增长 10.8%，比 2020 年多了 1 万亿元。跨境电商进出口值占中国外贸 的比重从 2019 年的 4% 上升到 2024 年的 6%。2024 年我国新产品、新业态品牌不断 加速出海。其中电动汽车、3D 打印机、工 业机器人出口分别实现了 13.1%、32.8%、 45.2% 的增长；自主品牌占我国出口比重 同比提升 0.8 个百分点到了 21.8%。2024 年我国货物贸易进出口总值 43.85 万亿元， 规模创历史新高，我国外贸总量、增量、 质量均实现增长。据媒体报道，SHEIN、 Temu 等平台每天空运的货物能达到 3000 吨和 2500 吨。在出货旺季 12 月份，SHEIN 单月每天的出货量将达到 5000 吨，加上 Temu、阿里、抖音，四大平台加起来每天 的空运货物约为 10800 吨。2024 年跨境电 商出口规模预计达 2.95 万亿元，带动航空 货运需求同比增长 56%。

短板仍明显：全货机整体运力不足

与此同时，我国全货机的运力依旧紧 张。近日，据中物联航空物流分会不完全 统计，截至 2024 年 12 月 31 日，内地共有 17 家货运航空公司，货机数量为 246 架。 从统计数据来看，顺丰航空全货机数量稳 居第一，已达到 89 架，邮政航空排名第二， 机队规模达到 42 架。这两家机队数量加起 来已占据了半壁江山。此外三大航旗下两 家物流公司南货航和国货航并列第三，机 队规模均为 17 架，东航物流机队规模 14 架，

▼ 表 1 | 2024 年十大机场货邮吞吐量统计表

2024年十大机场货邮吞吐量统计表

序号	机场	货邮吞吐量（万吨）	同比
1	上海浦东	377.0	9.6%
2	广州白云	238.3	17.3%
3	深圳宝安	188.1	17.5%
4	首都机场	144.3	29.3%
5	鄂州花湖	102.5	296.8%
6	郑州新郑	82.5	35.7%
7	杭州萧山	73.0	-9.9%
8	成都双流	64.3	22.0%
9	重庆江北	47.0	21.1%
10	上海虹桥	42.8	17.7%

排名第四。截至 2024 年 12 月底，中国内地在役的大型货机（777、747）中，南航物流拥有 17 架 B777F，东航物流 1 拥有 4 架 B777F，国货航拥有 11 架 B777F 和 3 架 B747-400F。顺丰有 4 架 B747F，邮政航空有 2 架 B777F。这五家加起来，大型货机也仅有 51 架。我国内地机队中，窄体机规模大于宽体机，窄体机数量超过飞机总数的 60%。这一数据表明，窄体飞机在中国民航空运输业中占据主导。大型货机的高效能及远程能力意味着公司在物流领域内占据更为有利的竞争地位，显然远远不够。另外，相信未来不论是传统航空货运企业，还是快递类运输企业，相互之间的竞争会更加激烈。

另外我国国际航空货运所表现出的格局和结构是近六成份额被外方承运人抢占，如 2024 年上半年，中方航司国际运量份额达到 40.4%，这显示出我国空运企业市场竞争力仍待提升。另一方面，尽管民航管理部门已经出台了一系列支持政策，但我国航空货运整体供需结构持续改善，国际货运仍处于供不应求的状态。这背后的原

因复杂多样，包括贸易术语的选择、货物进出口结构，以及物流企业与外贸企业的协同匹配等。

2025 年，中国主要机场的航空货运市场将面临多重挑战与机遇。一方面，成本压力、市场竞争加剧以及运力供需平衡问题将对市场带来挑战；另一方面，政策调整等因素也将为市场带来新的机遇。因此，中国主要机场的航空货运市场在 2025 年将呈现复杂多变的态势。

河南省航空业专家委员会秘书长乔善勋表示，展望未来，我国航空货运市场将在政策与基建的双重支持下，迎来高质量发展。中国民航局提出 2025 年货邮吞吐量目标为 950 万吨，同时通过推动机场扩容与智慧化升级推动高质量发展。中部地区货运呈强势崛起之势，双枢纽格局日益凸显。其中，鄂州花湖机场作为新兴的货运枢纽，其货邮吞吐量已达超百万吨，展现出强劲的发展势头，而郑州机场作为传统货运重镇，年货邮吞吐量也已突破 80 万吨，二者共同构成了中部地区货运发展的核心引擎。未来，随着中部地区经济的进一步发展和对外开放程度的加深，这两个货运枢纽有望发挥更大的作用，为中部地区的经济发展注入新的活力。同时，跨境电商的蓬勃发展和高附加值货物需求的上升，为航空货运提供了强劲的增长动力。技术创新与多式联运的融合，如 RFID、区块链技术的应用和空陆海联运模式的推广，将显著提升运输效率和降低成本。另外低空经济在货运领域展现出巨大潜力，通过突破传统地面交通限制，利用空中航线实现点对点快速运输，显著提高运输效率并缩短运输时间，尤其在山区、海岛等地面交通受限地区优势更为突出。此外，“一带一路”倡议的深入实施和区域合作的潜力释放，为中国航空货运拓展国际市场提供了机遇，但同时也需警惕地缘政治风险带来的挑战。■

▼ 表 2 | 2024 年内地在飞全货运飞机数量统计

2024年内地在飞全货运飞机数量（单位：架）										
序号	公司名称	B737	B757	B777	B767	B747	A330	ARJ21	A321	合计
1	顺丰航空	19	43		23	4				89
2	邮政航空	33	7	2						42
3	南航物流（南货航）			17						17
4	国货航			11		3	3			17
5	东航物流（中货航）			14						14
6	圆通航空		10		2			1		13
7	中州航空	6		4						10
8	京东航空	9								9
9	中原龙浩航空	6				2				8
10	川航物流						5		2	7
11	天津货航	6								6
12	西北货航		4							4
13	山东航空	3								3
14	中航货运		2							2
15	首都航空						2			2
16	金鹏航空					2				2
17	商舟航空物流	1								1
	合计	83	66	48	25	11	10	1	2	246

中美欧航司经营业绩大对决

文 | 赵巍

在全球经济一体化进程中，航空运输业作为国际交通的关键组成部分，对各国经济发展和国际交流起着至关重要的作用。美国、中国和欧洲在全球航空市场中占据着核心地位，美国凭借其庞大的国内市场和成熟的航空业体系，长期引领全球航空市场；中国作为全球经济增长的重要引擎，航空运输业发展迅猛，市场潜力巨大；欧洲则以其发达的经济和密集的航线网络，在国际航空运输中占据重要份额。对中美欧航空公司业绩进行对比研究，有助于深入了解全球航空市场格局，揭示不同地区航空公司的发展特点与竞争优势，为航空公司制定战略决策提供参考依据。

本文采用多维度的数据收集和分析方法。在数据来源上，主要依据 2024 年各航空公司的年报财务数据，确保数据的真实性和可靠性。同时，为统一数据口径，方便对比分析，财务数据换算成美元单位，欧元兑美元汇率按照 1.10 计算，人民币兑美元汇率按照 0.14 计算，基本是 2024 年的平均汇率。此外，对于瑞安航空，由于其财年结束于 2025 年 3 月 31 日，其数据采用 2024 年四个季度的累加数据。

▼ 图 | startpac.com



中美欧航空公司业绩扫描

在全球航空市场的激烈竞争中，营业收入是衡量航空公司经营规模和市场影响力的重要指标。2024 年，美国的达美航空以 616.43 亿美元的营业收入独占鳌头，美联航和美国航空也分别凭借 570.63 亿美元和 542.11 亿美元的营收成绩，在全球航空公司营收排名中位居前列。这三家航空公司之所以能取得如此优异的成绩，得益于其庞大且成熟的航线网络。不仅覆盖了美国国内的各个角落，还广泛连接了全球各大洲的主要城市和经济中心，能够满足不同旅客的出行需求，吸引了大量客源。此外，先进的机队配置使它们在运营效率和服务质量上具有优势，高效的运营模式则确保了资源的优化利用，进一步提升了营收能力。

欧洲的航空公司同样表现出色，汉莎航空以 413.86 亿美元的营业收入展现出强大的市场竞争力，国际航空集团和法荷航也分别录得 353.1 亿美元和 346.05 亿美元的营收。汉莎航空凭借其在欧洲市场

的深厚根基和对全球市场的积极拓展，建立了广泛的航线网络，为旅客提供了便捷的出行选择。同时，其注重服务品质的提升，不断优化机上服务和地面服务，赢得了旅客的信赖和好评，从而在营业收入上取得了显著成绩。

相比之下，中国的南方航空、中国国航和中国东航在 2024 年的营业收入分别为 243.91 亿美元、233.38 亿美元和 184.97 亿美元。尽管这三家航空公司在国内市场占据主导地位，拥有庞大的国内航线网络和稳定的客源，但在国际市场拓展方面，与欧美航空公司仍存在一定差距。欧美航空公司通过长期的市场布局和资源整合，在全球范围内建立了广泛的航线网络，能够更好地满足国际旅客的出行需求，从而获取更高的营业收入。而中国航空公司在国际航线的覆盖范围和通达性上相对不足，一些新兴市场和潜力航线尚未得到充分开发，导致国际市场份额相对较小，营业收入受到一定影响。

净利润是衡量航空公司盈利能力的关键指标，直接反映了公司在扣除所有成本和费用后的经营成果。2024 年，欧美航空公司在净利润方面展现出了强劲的实力。达美航空以 34.57 亿美元的净利润位居榜首，尽管较 2023 年有所下降，但仍在行业内保持领先地位。美联航盈利 31.49 亿美元，国际航空集团实现净利润 30.05 亿美元，瑞安航空作为低成本航空公司的代表，凭借卓越的成本控制能力和灵活的运营策略，也实现了 18.3 亿美元的净利润。

欧美航空公司在成本控制方面表现出色。通过优化运营流程，减少不必要的环节和浪费，提高运营效率，降低运营成本。在采购环节，欧美航空公司凭借庞大的规模和强大的议价能力，能够以更优惠的价格采购航油、航材等物资，有效降低采购

成本。在市场定价策略上，具备更灵活和精准的策略，根据市场需求和竞争态势及时调整票价。通过先进的收益管理系统，实时监控市场需求，根据航班预订情况、出行时段、旅客类型等多维度数据，精准调整票价，实现收益最大化。此外，欧美航空公司在国际化运营方面积累了丰富的经验，能够更好地适应不同国家和地区的市场环境，通过本地化运营、合理布局航线等方式，提高市场份额和盈利能力。

与欧美航空公司形成鲜明对比的是，中国三大航在 2024 年面临着亏损的困境。南方航空净利润仅为 0.22 亿美元，中国国航和中国东航分别亏损 3.43 亿美元和 6.72 亿美元。中国航空公司在成本控制方面存在较大的提升空间。燃油成本作为航空公司运营的核心支出项，受国际油价波动影响巨大。由于缺乏成熟有效的燃油套期保值策略，中国航空公司难以抵御油价大幅波动带来的成本冲击。在采购环节，分散式的采购模式使得各航空公司无法形成强大的议价合力，难以像欧美大型航企那样凭借大规模集中采购获取价格优势。在市场定价方面，中国航空公司的定价机制相对僵化，缺乏对市场变化的快速响应能力，难以根据市场需求和竞争态势及时调整票价，导致在客座率和收益之间难以找到平衡。此外，中国航空公司在国际化运营方面经验不足，国际航线布局不够完善，海外市场拓展能力较弱，难以充分挖掘国际市场的潜力，也在一定程度上影响了盈利能力。

总资产和净资产是衡量航空公司财务实力和抗风险能力的重要指标。2024 年，在总资产规模方面，美国的达美航空以 807.67 亿美元位居首位，美联航和美国航空分别为 740.83 亿美元和 617.83

亿美元，在全球航空公司中名列前茅。欧洲的汉莎航空、国际航空集团和法荷航也拥有较高的资产规模，展现出强大的财务实力。

欧美航空公司雄厚的总资产规模使其在机队更新、航线拓展、技术研发等方面具有更大的优势。能够投入大量资金购买先进的飞机，优化机队结构，提

表 2 | 中美欧主要航空公司 2024 年净利润对比

中美欧主要航空公司净利润对比		
航空公司	净利润（亿美元）	
达美航空		34.57
美联航		31.49
国际航空集团		30.05
瑞安航空		18.30
汉莎航空		15.18
美国航空		8.46
西南航空		4.85
阿拉斯加航空		3.95
法荷航		3.49
南方航空		0.22
中国国航		-3.43
中国东航		-6.72
捷蓝航空		-7.95

表 3 | 中美欧主要航空公司 2024 年总资产对比

中美欧主要航空公司总资产对比		
航空公司	总资产（亿美元）	
达美航空		807.67
美联航		740.83
美国航空		617.83
汉莎航空		517.57
中国国航		484.08
国际航空集团		481.84
南方航空		461.63
法荷航		397.71
中国东航		387.24
西南航空		356.29
阿拉斯加航空		214.58
捷蓝航空		185.34
瑞安航空		180.11

表 1 | 中美欧主要航空公司 2024 年营业收入对比

中美欧主要航空公司收入对比		
航空公司	营业收入（亿美元）	
达美航空		616.43
美联航		570.63
美国航空		542.11
汉莎航空		413.86
国际航空集团		353.10
法荷航		346.05
西南航空		274.83
南方航空		243.91
中国国航		233.38
中国东航		184.97
瑞安航空		152.03
阿拉斯加航空		117.35
捷蓝航空		92.79

高运营效率和服务质量。在航线拓展方面，有足够的资金支持开辟新的航线，进一步扩大市场份额。在技术研发方面，能够加大投入，推动航空技术的创新和发展，提升竞争力。

中国的南方航空、中国国航和中国东航总资产分别为 461.63 亿美元、484.08 亿美元和 387.24 亿美元，与欧美航空公司相比存在一定差距。在净资产方面，这种差距更为明显。中国国航和中国东航的净资产分别为 57.33 亿美元和 57.97 亿美元，远低于达美航空的 152.93 亿美元。较低的净资产水平意味着中国航空公司在抵御风险和支持长期发展方面面临一定的压力。当面临市场波动、经济危机等不利情况时，净资产较低的航空公司可能更容易受到冲击，财务稳定性较差。在支持长期发展方面，净资产不足会限制航空公司在机队更新、航线拓展、技术研发等方面的投资能力，影响其市场竞争力的提升。

中国航空公司在资金储备和融资能力方面相对不足，限制了其在国际市场上的扩张和发展。与欧美航空公司相比，中国

航空公司的融资渠道相对单一，融资成本较高，难以获得足够的资金支持其发展战略。这使得中国航空公司在国际市场竞争中处于劣势，难以与欧美航空公司展开全面竞争。

资产负债率是衡量企业财务健康状况的重要指标，反映了企业负债与资产的比例关系。数据显示，2024 年欧美航空公司的资产负债率普遍较高。美联航高达 82.89%，达美航空为 81.07%，欧洲的法荷航更是达到了 97.79%。高资产负债率表明这些航空公司在运营过程中依赖大量的债务融资，虽然债务融资可以为企业提供资金支持，促进业务发展，但也增加了企业的财务风险。一旦市场环境发生不利变化，如经济衰退、利率上升等，企业可能面临较大的偿债压力，甚至出现资金链断裂的风险。

中国三大航空公司的资产负债率同样处于高位，中国国航的资产负债率高达 88.16%，中国东航和南方航空分别为 85.03% 和 84.05%。高负债水平不仅增加了企业的财务负担，还可能限制其未来的投资和发展空间。过高的资产负债率意味着企业需要支付大量的利息费用，这会侵蚀企业的利润，降低企业的盈利能力。高负债也会使企业在融资时面临更高的难度和成本，限制了企业的资金来源，影响其在机队更新、航线拓展等方面的投资能力。

中国航空公司需要积极采取措施降低资产负债率，优化资本结构，提高财务稳定性。可以通过多种方式来实现这一目标，如增加股权融资，引入战略投资者，提高自有资金比例；加强成本控制，提高盈利能力，增加内部积累；合理安排债务结构，降低债务成本等。通过这些措施，中国航空公司可以降低财务风险，提高财务健康水平，为企业的可持续发展奠定坚实的基础。

通过对中美欧主要航空公司在营业收入、净利润、总资产与净资产以及资产负债率等方面的对比分析，可以清晰地看出，欧美航空公司在全球航空市场中具有较强的竞争力，在多个指标上领先于中国航空公司。中国航空公司在国际市场拓展、成本控制、市场定价、国际化运营以及资金储备和融资能力等方面存在一定的差距和不足，需要采取有效措施加以改进和提升，以提高自身的市场竞争力，实现可持续发展。

中国航司的突围之路

纵观全局，影响中美欧航空公司业绩的关键因素主要包括成本控制、市场定价策略、国际化运营能力、宏观环境与政策等。

中国航司要想破局突围，首先就要构建精细化成本管控体系。成本控制是航空公司实现盈利的关键环节，中国航空公司需要从多个方面入手，构建精细化成本管控体系，以降低运营成本，提升盈利能力。

整合采购需求是降低采购成本的重要举措。中国航空公司应建立集中统一的采购平台，将各航空公司的采购需求进行整合，实现航油、航材等关键物资的大规模集中采购。通过集中采购，能够增强议价能力，与供应商争取更优惠的采购价格和条款。

优化维修网络布局，加强区域间的协同合作，是降低维修成本的有效途径。中国航空公司应建立标准化的维修流程和质量控制体系，提高维修效率。通过合理规划维修站点的布局，实现维修资源的共享和优化配置，避免维修资源的浪费。加强对维修技术的研发和培训，提高自主维修能力，减少对外部技术支

持的依赖，从而降低维修成本。

精简组织结构，合理配置人员，是降低人力成本的关键。中国航空公司应推进组织结构优化，精简行政层级，减少不必要的管理环节，提高决策效率。通过绩效考核等方式，激励员工提高工作效率，避免人员冗余和工作效率低下的问题。可以根据业务需求，灵活调整人员配置，避免在业务淡季出现人员闲置的情况，从而降低人力成本。

其次是要实施高效的收益管理。收益管理是航空公司提高市场竞争力和收益水平的重要手段，中国航空公司应创新发展收益管理系统，利用人工智能和大数据分析技术，实施高效的收益管理策略。

创新发展新一代收益管理系统，能够实时监测市场需求、竞争对手价格动态以及成本变化情况，为机票价格的动态调整提供数据支持。该系统可以整合来自不同渠道和系统的信息，通过实时监控市场需求、竞争对手定价以及航班的预订状况，制定合理的票价策略，灵活调整座位的销售和分配，避免座位浪费或过载。中国航空公司应加大对收益管理系统的投入，引进先进的技术和人才，提升收益管理系统的功能和性能。

利用大数据分析技术，制定差异化的价格策略，是提高市场竞争力和收益水平的关键。中国航空公司应针对不同航线、不同出行时段、不同客户群体，制定差异化的价格策略。在热门航线和出行旺季，可以适当提高票价，以获取更高的收益；在冷门航线和出行淡季，可以通过降价等促销手段，吸引更多旅客，提高客座率。针对商务旅客和旅游旅客的不同需求，提供不同的服务套餐和票价选择，满足客户的个性化需求，提高客户满意度和忠诚度。

▼ 表 4 | 中美欧主要航空公司 2024 年净资产对比

中美欧主要航空公司净资产对比		
航空公司	净资产（亿美元）	
达美航空		152.93
汉莎航空		127.53
美联航		126.75
西南航空		103.5
瑞安航空		89.87
南方航空		73.63
国际航空集团		67.94
中国东航		57.97
中国国航		57.33
阿拉斯加航空		43.72
捷蓝航空		26.41
法荷航		8.79
美国航空		-39.77

第三是要提升国际化运营水平。国际化运营是中国航空公司实现可持续发展的必由之路，中国航空公司应通过拓展国际航线、实施本地化运营和积极参与国际航空联盟等策略，提升国际化运营水平。

制定科学的国际航线拓展规划，加强对新兴市场和潜力航线的研究与开发，是完善全球航线网络布局的重要举措。中国航空公司应关注“一带一路”倡议带来的机遇，加强与沿线国家和地区的航空合作，开辟更多的国际航线。加强对非洲、南美洲等新兴市场的研究，根据市场需求和发展潜力，适时开辟新的航线，提高国际航线的覆盖范围和通达性。

实施本地化运营策略，深入了解目标市场的文化特点、消费习惯和政策法规，是提升品牌在当地认可度和影响力的关键。招聘当地员工，开展本地化营销活动，提高服务的本地化水平。在机上服务方面，根据当地旅客的需求，提供符合当地口味的餐食和娱乐节目；在地面服务方面，提供多种语言的服务，方便旅客出行。加强与当地企业和机构的合作，开展联合营销活动，提升品牌知名度和美誉度。

积极参与国际航空联盟，加强与联盟成员的合作与交流，是提升在国际航空市场话语权的重要途径。中国航空公司应与国际主要航空公司形成战略联盟，开展代码共享、航线合作、资源共享等活动，提高运营效率和服务质量。在联盟中积极参与决策，争取更多的话语权和资源分配权，为自身的发展创造更有利的条件。

最后是要积极应对宏观环境与政策挑战。宏观环境与政策对中国航空公司的发展有着重要影响，中国航空公司应

加强对宏观经济形势和政策法规的研究与分析，建立风险预警机制，积极应对宏观环境与政策挑战。

加强对宏观经济形势和政策法规的研究与分析，及时了解政策动态和市场变化，是制定科学决策的基础。中国航空公司应关注国内外经济形势的变化，分析经济增长、汇率波动、油价走势等因素对航空业的影响。关注国家相关政策法规的调整，如航线准入政策、航班时刻分配政策等，及时调整经营策略，适应政策变化。

建立风险预警机制，提前制定应对措施，是降低风险损失的重要手段。建立完善的风险预警机制，对可能出现的风险进行实时监测和分析。在汇率风险方面，可以通过合理运用金融工具，如外汇远期合约、货币互换等，对冲汇率波动风险；在油价风险方面，可以通过燃油套期保值等策略，降低油价波动对成本的影响。制定应急预案，在面临突发风险时，能够迅速采取措施，降低风险损失。

积极争取政策支持，为企业发展创造有利的外部环境。加强与政府部门的沟通协调，反映企业发展中遇到的问题和困难，争取政府在航线准入、航班时刻分配、财政补贴等方面的支持。关注国家相关政策动态，积极参与政策制定过程，为行业发展建言献策，推动行业政策的完善和优化。

中国航空公司在面对激烈的国际竞争和复杂的市场环境时，需要从成本控制、收益管理、国际化运营和应对宏观环境与政策挑战等多个方面入手，采取有效措施，提升自身的市场竞争力，实现可持续发展。只有不断创新和改进，才能在全球航空市场中占据一席之地，为中国民航业的发展做出更大贡献。■

忠诚度计划：跌落神坛的第三方运营模式

文 | 王双武

常旅客忠诚度计划管理是航空公司市场开发和实现收益的主要核心资产之一。在忠诚度计划的发展过程中，全球不同地区的航空公司都在不断借鉴、演变、丰富和完善，并在内容和形式上呈现出不同的状态。加拿大航空在 2002 年将忠诚度计划 Aeroplan 出售给第三方运营，在业内引起了很大反响，有些学者甚至认为这种运营模式能更加有利于吸引投资，也将成为未来忠诚度计划发展的一种趋势。然而近些年，正当业内一直探讨这种模式的时候，加拿大航空却在 2019 年回购了 Aeroplan 忠诚度计划的整体业务。

▼ 图 | wealthprofessional.ca



剥离出售换取发展资金

忠诚度计划管理作为航空公司核心业务之一，对于推动市场拓展和实现收益水平的增长具有极为重要的作用。在忠诚度计划的发展过程中，因市场环境的变化和航空公司业务拓展的需要，逐步形成了独立事业部、控股子公司等形式，甚至出现了将忠诚度计划从母公司拆分并出售给第三方进行运营的例子，其中最为典型的的就是加拿大航空的 Aeroplan 忠诚度计划。

加拿大航空于 1984 年推出了 Aeroplan 忠诚度计划，在发展过程中逐步形成了一套运营管理机制和办法。但是，在经过“9·11”事件和 SARS 疫情之后，加拿大航空财务状况逐步恶化，公司的持续性经营遇到了前所未有的困难。Aeroplan 忠诚度计划作为加拿大航空的利润中心，是能够为公司创造更多的价值。但在公司面临经营困境之际，为了获取更多的现金去投资购买公司发展所需的飞机，加拿大航空作出了一个艰难的决策，那就是出售公司的 Aeroplan 忠诚度计划。

▼ 图 | rcinet.ca



艾米亚公司是在加拿大多伦多注册的一家投资公司，它主要通过在不同行业进行投资或者控股等方式获得经济利益。经过多轮谈判之后，加拿大航空终于在 2002 年将 Aeroplan 从主业中剥离并出售给了艾米亚公司，并与艾米亚公司就 Aeroplan 的使用签订了合作协议。当然，加拿大航空并没有把精英会员会籍管理打包到 Aeroplan 一起卖给艾米亚公司，精英会员的权益管理还是由加拿大航空自己打理。

Aeroplan 原本是加拿大航空运营的旅客忠诚度奖励计划，旅客可以通过乘坐加拿大航空的航班，或者通过刷美国运通联名会员卡等多种方式获取里程奖励。另外，加拿大航空 Aeroplan 的会员在乘坐星空联盟会员航班时，也能赚取里程。会员使用里程可以兑换加拿大航空的机票或者加拿大航空自有商城里的商品。因此，加拿大航空 Aeroplan 的里程商业价值具有很强的市场开发潜力。

加拿大航空将 Aeroplan 剥离并出售给第三方的模式，曾经在业内引起了热议，并被一些学者认为是忠诚度计划在历史发展过程中的一种趋势。他们普遍认为，将忠诚度计划拆分并脱离母公司，可赋予运营方拥有战略投资与收购的决策权，并能够为管理发展提供更多的灵活性和为投资者提供更好的投资价值。但是这种模式能否为航空公司带来更多的利益和给客户提供更好的出行体验呢？

将 Aeroplan 出售给艾米亚公司，确实给加拿大航空带来了公司战略发展所急需的一笔资金。但是，Aeroplan 忠诚度计划的管理已经完全脱离了加拿大航空的掌控，同时也给出行旅客带来了诸多不便，加拿大航空的品牌发展受到了挑战。在 Aeroplan 出售十多年之后，加拿大航空的财务状况开始出现好转。此时，加

拿大航空预估 Aeroplan 忠诚度计划的市场价值已经超过了 20 亿加元。鉴于现实的发展需求，加拿大航空开始着手回购 Aeroplan 忠诚度计划。

回购资产势在必行

加拿大航空将 Aeroplan 忠诚度计划出售给艾米亚公司之后，在运营中给自身带来了诸多不利。对于加拿大航空的会员来讲，在加拿大航空和 Aeroplan 之中须有两个独立账号，在实际操作中要登录不同网站去查询和操作。会员在用里程奖励订座时要分别给加拿大航空和艾米亚公司的 Aeroplan 运营部门打电话咨询。由于双方在利益互惠方面并没有达成一致，致使旅客无法使用 Aeroplan 累积的里程实现精英资格升级。另外，出于自身发展利益的考虑，加拿大航空又急于重新打造一套新的忠诚度计划方案，但这既不符合艾米亚公司的发展需求，又违背了双方之前签订的协议。

加拿大航空与艾米亚公司关于 Aeroplan 的合同在 2020 年 6 月到期。作为艾米亚公司来讲，希望能够与加拿大航空续签协议并维持双方的合理发展。但是，对于加拿大航空而言，出售 Aeroplan 之后带来的诸多不利影响，尤其是旅客的不佳出行体验已经严重影响到公司品牌形象和发展。因此，出于公司战略发展规划，加拿大航空就不得不考虑新的忠诚度计划。当然，其中最主要的就是要先回购 Aeroplan，之后再重新规划新的会员奖励计划。

艾米亚公司管理层在 2018 年 8 月表示，公司会考虑精简业务和出售部分资产。在经过多轮谈判之后，2018 年 11 月，加拿大航空与艾米亚公司签署了一份最终协议，加拿大航空以 4.5 亿加元现金从艾



▲ 图 | 加拿大航空

米亚公司手中回购了 Aeroplan 忠诚度计划。按照双方协议，加拿大航空还将承担 Aeroplan 忠诚度计划中价值 19 亿加元的里程负债。

为了能够继续维护 Aeroplan 的正常运行和今后发展，加拿大航空与 Aeroplan 忠诚度计划的合作伙伴多伦多多明宁银行、加拿大帝国商业银行以及维萨信用卡公司签署了终止期到 2030 年的合作协议。按照双边协议，多伦多多明宁银行给加拿大航空支付了 6.22 亿加元，用于购买 Aeroplan 忠诚度计划的里程，另外又支付了 3.08 亿加元用于未来每月运营即将产生的新里程的付款。加拿大帝国商业银行也向加拿大航空支付了 2 亿加元用于购买里程，以及再支付了 9200 万加元用于未来加拿大航空忠诚度计划里程消费的每月付款。另外，在联名卡合作方面，加拿大航空继续与 America Express 进行了会谈并达成协议。

2019 年 1 月，加拿大航空从艾米亚公司手中正式回购 Aeroplan 忠诚度计划的所有权。对于艾米亚公司来说，在这笔交易中既获得了大量现金，又解除了诸

多债务。另外，艾米亚公司通过出售协议获得的现金用来投资在公司发展的其他方面。但是，为了保障 Aeroplan 的正常运营，在这笔交易中，加拿大航空不得不从艾米亚公司接收从事 Aeroplan 忠诚度计划操作的约 1000 名员工，这相当于艾米亚公司员工总数的 60%。

焕新推出忠诚度计划

在加拿大航空回购 Aeroplan 忠诚度计划之后，就获得了完整的客户资料和数据，这对于后期系统升级和完善新的忠诚度计划是极为重要的。在听取了 3.6 万名客户的意见之后，2020 年 11 月，加拿大航空推出了全新的忠诚度计划。以前 Aeroplan 会员可用于消费的里程货币名称也被更改为积分货币，里程可按照 1:1 方式转换成加拿大航空新的忠诚度计划的积分。

加拿大航空在新的忠诚度计划中保留了 Aeroplan 的名称，其精英会籍划分为五类，即 25K、35K、50K、75K 和超级精英。会员可在加拿大航空的网站或者 App 上使用积分购买机票，同时也允许会员采用现金或者积分的方式支付各项税费。只要旅客使用现金购买加拿大航空的机票，即使是最低票价也能累积积分。当然，积分的多少取决于消费金额的多少。另外，对于家庭成员的会员账号来说，允许成员各自积分汇集在家庭账号中共同使用。

加拿大航空新的忠诚度计划会籍管理不再按照以前的飞行里程和航段来衡量，而是在此基础上新增了机票消费金额的门槛。也就是说，精英会籍的标准是基于有效里程或有效航段（二者选其一）加上消费金额来衡量的。例如：作为 25K 的精英会员门槛，需要 2.5 万公里或 25 个航段（二者选其一），加上消费金额

3000 加元；而作为超级精英会员门槛，则需要 10 万公里或 100 个航段（二者选其一），加上消费金额 2 万加元。会员只要乘坐加拿大航空及其旗下公司执飞的航班，或者星空联盟会员公司的航班，都能赚取不同的里程，里程数的多少取决于会员购买机票的舱位。舱位越高，赚取的里程数就越多。

加拿大航空在完成回购 Aeroplan 和推出全新的忠诚度计划之后，在客户关系维护和积分累积与兑换的业务规范与操作上不再显得烦琐，忠诚度计划的市场价值与品牌影响力得到了进一步提升，客户满意度也有了提高。2023 年，加拿大航空 Aeroplan 忠诚度计划的有效会员达到了 800 万人，实现会员收入 12.67 亿加元。另外，加拿大航空在辅助收入上达到了 25.84 亿加元，占总收入的 15.7%，其中 Aeroplan 忠诚度计划里程销售收入达到了 16.78 亿加元，占全部辅助收入的 64.9%。

目前，作为星空联盟成员的加拿大航空，不但与全球 45 家航空公司建立了合作关系，而且与包括希尔顿酒店、香格里拉酒店、AVIS 和 Budget 等在内的 20 家旅游相关企业，以及包括 Apple、Giorgio Armani 等涉及保健、美容、电子等在内的 274 家零售商也建立了合作伙伴关系。加拿大航空的会员在参与这些合作伙伴的交易并消费时，都能够赚取不同数量的积分。

目前来看，加拿大航空用事实证明把忠诚度计划从主业中剥离并出售给第三方运营的模式，只是在经济发展过程中采取的一种权宜之计。这种运营模式对于航空公司的客户维护和资产管理均带来了诸多弊端，也成为业内忠诚度计划发展的一个特殊案例。■

设计之初飞机如何考虑安全性

文 | 赵睿成

飞机是目前最安全的交通工具之一，虽然它飞得又高又快，但事故率却低得惊人。在业内，有个常提的数字叫“10 的负 9 次方”——即对于某个灾难性故障，我们要求它在每次飞行中的发生概率都不能超过十亿分之一每飞行小时。这个数字听上去像天方夜谭，但它却是实打实地写进 CCAR25.1309 适航条款中的硬指标。

那么，这个“十亿分之一”的目标是怎么算出来的？又是怎么在设计工作中落实的？飞机工程师又不是占卜师，怎么可能提前知道未来会出啥问题？

其实，这背后依靠的是一整套安全性评估体系。

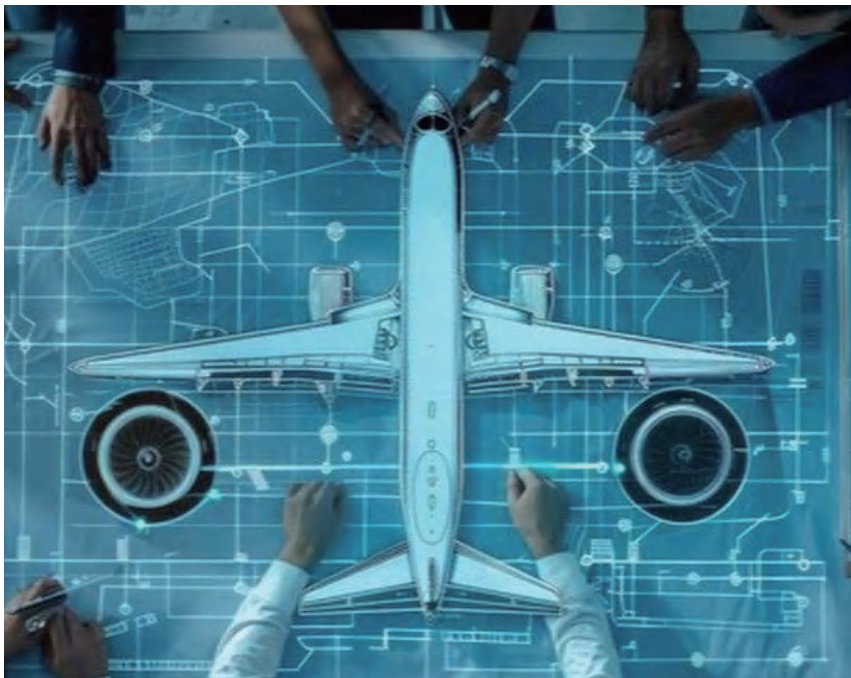
▼ 图 | COMAC



“系统性体检”

在民机研制的“全链条”中，有一个极其关键的环节，叫“初步飞机安全性评估”（PASA）。它是飞机设计过程中的一项关键工作，就像一次“系统性体检”，在项目还未定型时，就从飞机整体的角度出发，对安全性潜在风险进行全方位梳理，制定飞机级安全性需求，为后续各系统的设计工作提供清晰且一致的安全性指导。

▼ 图 | medium.com



PASA 分析工作的第一步是梳理飞机的功能架构与运行逻辑，早期阶段以功能逻辑为主，明确各系统间的接口和相互作用；随着设计的不断推进，分析将过渡到物理层级，关注具体设备间的连接与协同工作方式。这个过程不仅要求分析人员“脑中有图，手中有数据”，更要求他们对多系统的交互具备足够的认知和理解。

根据飞机级功能危险性评估（AFHA）中定义的功能失效状

态，PASA 从顶层安全性目标出发，逐步将安全性要求分配至各个系统。为实现这一目标，通常会采用故障树分析（FTA）或失效传播建模的方法，对飞机多系统的失效逻辑进行建模、集成和分析。这有点像是“拆炸弹”——识别一项或一组故障可能导致的最严重安全性后果，基于架构设计方案推演分析出它可能源于哪些功能链路、设备链路或系统工作逻辑，并设定相应的设计约束，确保故障发生的概率或独立性不会突破可接受的安全阈值。在 C929 的设计中，要求飞控计算机采用非相似设计，这一要求即来源于此。

跨系统“串场”

在此过程中，PASA 还必须对 AFHA 中涉及的假设进行确认——比如某项安全性设计特征依赖的告警是否及时、飞行员是否能够操作得当，又比如某设备在失效时是否能被备份系统及时可靠地接管。这些看似“理所当然”的假设，在安全性分析中都必须一一落实。部分假设可通过相似机型经验直接验证，还有一部分则需要转化为明确的系统设

计输入，由系统团队在具体设计方案中落地。比如，飞机许多带有告警的失效通常都会假设飞行员可在一定时间内采取措施，而 PASA 则会对该假设进行多方面验证，确认告警系统能否及时识别、以往的人因数据是否支持、故障状态下的飞机能否保持基本可控性等。在确认合理后，该假设被保留并固化为设计要求，例如设置飞行员操作提示优先级、规范处理流程等。

随着分析工作的深入，PASA 最终会输出一套完整的评估结果，包括飞机级 FDAL 清单、安全性需求分配矩阵、故障树分析材料、假设验证记录、共因分析、公共资源级联影响分析等内容。这些资料不仅构成系统安全评估等后续活动的基础，也是适航审查中不可或缺的支撑材料。

实施 PASA 最大的挑战，一方面在于系统间集成难度大，另一方面在于早期阶段信息掌握并不完备。由于各系统设计节奏不同、安全性输入信息无法及时对齐，PASA 工作往往需要在“数据不全、方案未定”的条件下进行前瞻性分析，这就要求分析人员能跨系统“串场”，不仅要懂得架构逻辑，更要有系统性思维、



▲ 图 | linkedin.com

风险意识和良好的沟通协调能力。

持续迭代的过程

需要强调的是，PASA 并非“一次性产物”，而是伴随整个研制周期持续迭代的过程。每当飞机架构发生变化，PASA 都需要同步更新，以确保整个飞机的安全评估始终是与飞机架构设计保持同步的。这意味着 PASA 不是一张“静态的清单”，而是一项持续动态更新的工作，为整机设计提供持续的安全性支撑。

为了应对 PASA 工作中的“集成挑战”和“迭代特征”，C929

飞机的安全性工作中引入了基于模型的安全性分析技术（MBSA），通过联动架构建模和安全性建模，实现飞机多系统故障树的有效集成，实现全机失效传播模型的统一构建，以及基于统一模型的多项飞机级综合安全性评估，包括飞机级共模分析、飞机级级联影响分析等。

总的来说，PASA 既是民用飞机安全性评估工作的核心部分，也是民用飞机各设计专业之间协同的重要接口。它不仅让系统设计从一开始就“走在正确的路上”，也为 C929 飞机等在研民机型号最终的顺利适航打下基础。■

航空理论奠基人——乔治·凯利

文 | 王思磊

1773 年 12 月 27 日，英国约克郡的布鲁姆顿庄园里，一个婴儿的啼哭声划破寂静。这个孩子，就是乔治·凯利。他的一生，是科学探索与浪漫梦想的交织。他不仅是一位工程师、发明家，更是一位科学哲人。他的航空科学理论，比莱特兄弟的首次动力飞行早了整整一个世纪；他制作的滑翔机，让人类第一次驾驭了风的力量。今天，当我们乘坐飞机穿越云层时，或许很少有人知道，人类航空事业的发展，离不开乔治·凯利的执着与远见。他未曾飞上蓝天，却为全人类插上了翅膀。

▼ 图 | 乔治·凯利画像



童年的飞行梦想

乔治·凯利出生在一个富庶的绅士家庭。他的父亲是当地颇有名望的地主，母亲则来自一个书香门第。小凯利自幼聪慧过人、勤奋好学，尤其对自然现象充满好奇。父母为了满足他的求知欲望，聘请英国当时著名的数学家沃克当他的家庭教师。沃克并未局限于传统教育，而是在教学过程中有意识地向他灌输自然科学领域各学科的知识，并鼓励他动手实验。在 18 世纪的英国，这样的教育方式极为罕见，但正是这种开放的思想，让凯利的想象力得以自由翱翔，也为他以后在航空科学上做出的开创性贡献打下了良好的基础。

1783 年，法国蒙特哥菲尔兄弟的热气球成功升空，消息如野火般传遍欧洲。1784 年，当热气球表演来到英国时，10 岁的凯利随父亲前往观看。据当时的《伦敦公报》记载，这次表演吸引了超过 20 万观众，现场人山人海。小凯利挤在人群中，目不转睛地盯着那个直径达 30 英尺的庞然大物缓缓升空，在 500 米高空飘行 25 分钟后安全降落。

“父亲，为什么气球能飞起来？”

“因为它比空气轻，孩子。”

“那鸟儿比空气重，为什么也能飞呢？”

这个看似简单的问题，成为了凯利毕生研究的起点。他的家庭教师后来回忆说，凯利从此对任何能飞的东西都充满好奇，经常趴在草地上观察昆虫振翅，甚至偷偷拆解父亲收藏的钟表，研究机械传动原理。

坚持不懈的科学探索

1792 年，19 岁的凯利偶然接触到一种来自中国的玩具——竹蜻蜓，这种通过旋转产生升力的小装置，让他如获至宝。于是，凯利开始研究仿制改造“竹蜻蜓”，并从中发现了螺旋桨的原理。1796 年，凯利成功制造出欧洲第一架模型直升机，这被认为是现代旋翼飞行器的雏形。

同时，通过长期大量研究鸟的飞行，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。但凯利的可贵之处在于他不满足对现有知识的

掌握，而是通过不断实验来丰富自己的理论水平。

1804 年，凯利在约克郡的庄园里进行了一系列开创性实验，这也被认为是空气动力学实验研究的开始。他通过研究鸟的推动力，自己设计制作了一架旋臂机来研究平板的升力。这个旋臂机由一个 30 英尺长的旋转臂和精密的弹簧秤组成，一根旋转的长臂末端固定着不同形状的平板，通过测量旋转时的阻力与升力，可以精确测量不同形状翼面的升力。他将研究成果归纳为：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。据英国皇家航空学会的档案显示，在 1804 年～1808 年间，凯利共进行了超过 200 次实验，测试了 50 多种翼型。

现代航空学诞生

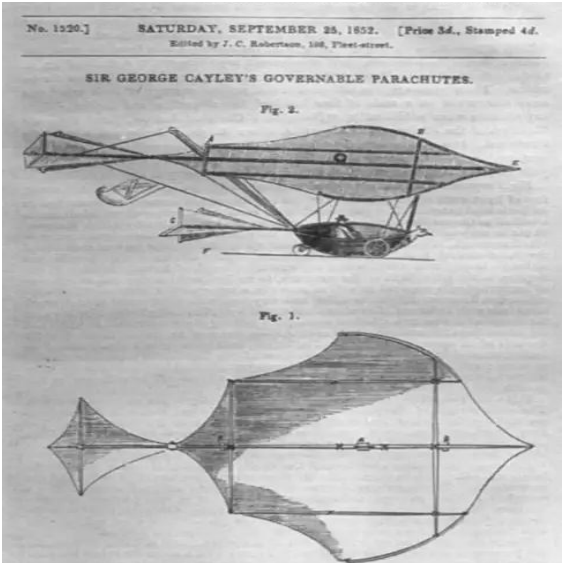
1809 年，凯利开始研究鱼与我们今天所说的流线型的关系，成功制造出人类航空史上第一架全尺寸滑翔机并进行试飞。就在同一年，凯利将研究成果形成为

一篇题为《论空中航行》的论文，并在《自然哲学杂志》上发表。

在论文中，他提出了十分重要的科学论断：一是为作用在重于空气的飞行器上的四种力——升力、重力、推力和阻力下定义；二是确定升力的机理是与推力的机理分开的。至此，凯利已认识到鸟类翅膀不仅具有推进功能，也具备了产生升力的功能。人类重于空气的飞行器如果用不同装置分别实现上述功能，将会比单纯模仿鸟类的飞行动作进行飞行容易得多，这一重要发现奠定了固定翼飞机的基本构思和理论基础。

他在论文中一再强调，制造固定翼飞机的重要性。他描绘出固定翼、机尾、机身以及升降舵等操纵面，解释了机翼的作用，并指出适当的安定性要从精心设计翼面使其有一点点角度获得；接着他又提到飞行器必须迎风而起，必须有垂直的和水平的舵面。在论文中，他阐述了速度对升力的关系、内燃发动机的原理以及流线型对飞行器设计的重要性，还明确地提出当时飞行器研制面临的三大难题：动力问题、动力转换问题、飞机结构强度和重量问题。

在他的论文中，有一段阐述



▲ 图 | 乔治·凯利滑翔机的草图

飞行器基本原理的论述，在今天看来依然十分精辟和准确，即“机械飞行的全部问题是向一块平板提供动力，使它在空气流中产生升力，并支持一定的质量”。

这篇《论空中航行》的论文被后人视作是现代航空学诞生的标志。

晚年的实践

在凯利生活的时代，许多人认为，重于空气的飞行器升空飞行，无异于痴人说梦。“假如上帝要人飞，他创造人的时候就会给人一对翅膀了！”人们甚至嘲讽凯利是个“疯子”。但凯利矢志不渝，他深信，只要能找到合适的发动机，他的飞行器一定可以高飞。

那个时候，英国的蒸汽机已

旧中国对航空技术的探索（下）

——《腾飞之路——中国航空技术的发展与创新》（摘编三）

文 | 汪亚卫

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行器的动力。凯利还自己尝试过蒸汽机、火药发动机，甚至研究过内燃机原理，但受限于当时的材料与工艺，始终未能造出轻便可靠的航空发动机。凯利痛心地说：“我的发明无法达到目的的唯一原因，是如何产生一种推进的动力。”

直到 1848 年凯利 75 岁高龄，轻质量的合适的发动机仍杳无音信，他感到时日无多，只有用滑翔机来证实自己的空气动力学理论。于是，他在约克郡的庄园里建造了一个专门的“航空实验室”。根据其孙子的回忆录记载，这个实验室配备了当时最精密的木工和金属加工设备，雇用了 12 名工匠。

1849 年，凯利制作了一架三

翼滑翔机，翼展达 30 英尺，采用精巧的竹木结构。当年夏天，他让一名 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，滑翔机竟迎着微风飘飞了一段距离。这是人类历史上第一次载人滑翔机系留牵引飞行。《约克郡邮报》对此进行了报道：“这个庞然大物载着男孩从山坡滑下，在空中飘行了约 300 码，最后平稳着陆。”

1853 年，凯利又造了一架滑翔机，并装上了灵巧的刹车杠杆，进行了人类历史上第一次有人乘坐的重于空气的航空器自由飞行。这次他把家中的马车夫放在驾驶室里，究竟飞了多远，没有明确的记录。有趣的是，这位名叫约翰·阿普尔比的马车夫从飞机上下来后，竟辞职不干了。他对凯利说：“乔治爵士，我想请你注意，我是你雇来赶车的，不是来飞行的。”后来，马车夫在回忆中还说道：“老爷许诺给我 10 英镑，但我宁愿不要这笔钱也不愿再飞第二次！”

晚年的凯利将大部分时间用于整理研究成果。1855 年，82 岁的他在给好友的信中写道：“我就像个在沙滩上拾贝壳的孩子，而真理的海洋仍在我面前展开。”1857 年 12 月 15 日，凯利

在约克郡的家中安详离世。他的最后一篇笔记写于去世前一周：

“飞行器的时代终将到来，虽然我可能看不到那一天，但我能为推动它的到来而感到欣慰。”

凯利的研究工作，特别是他的论文《论空中航行》，在人类航空发展史上占有重要的地位，100 多年来，一直被翻印转载，被后人视为航空学说的经典。1903 年，莱特兄弟的成功飞行震惊世界，奥维尔·莱特说，他们的成功完全要感谢这位英国绅士在 100 年前写下的重于空气的飞行器的理论。他说，“乔治·凯利爵士所知道的相关航空原理可以说前无古人、后无来者，直到 19 世纪末叶，他所出版的作品毫无错误，实在是科学史上最伟大的文献。”威尔伯·莱特也说，“我们设计飞机的时候，完全是采用凯利爵士提出的非常精确的计算方法进行设计计算的。”1946 年，英国航空工程师格里菲斯在《飞行科学史》中评价：“凯利对航空的贡献，堪比伽利略对物理学的贡献。”

2019 年，英国皇家航空学会在布鲁姆顿树立了纪念碑，上面镌刻着凯利的名言：“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。”■

还招收航空工程的研究生。

1930 年，中央大学开始在机械系开设航空工程选修课；1932 年，清华大学开设航空工程专业，后成立了航空研究所；抗日战争爆发前后，中央大学、北洋大学、交通大学相继成立航空工程系；随后，浙江大学、厦门大学、四川大学、云南大学和西北工学院都设立了航空工程系；1944 年，中央工业专科学校设立了航空机械专修科。1935 年至 1939 年，中央大学、清华大学还先后开设了航空工程研究生课程。

1929 年，受清华大学理学院院长叶企孙的邀请，世界著名的航空学者冯·卡门访问了清华大学，他建议清华大学创办航空工程专业。1932 年，清华大学组建了工学院，内设航空工程专业组，这是中国第一个航空学科。1933 年，清华开始筹建航空馆、飞机库，并自建实验风洞。1936 年，清华大学成立航空研究所，由工学院院长顾毓琇和机械系主任庄前鼎担任研究所正、副所长，该所先后开展了空气动力学、高空气象和材料、直升机技术的研究工作。清华大学航空研究所还设计制造过滑翔机，开办过飞行训练班。抗日战争期间，清华大学

航空研究所迁往昆明，继续开展航空科研工作。该所人员先后在国内外发表过 100 多篇航空技术的学术论文和报告。

交通大学于 1931 年开始在机械学院高年级开设“航空知识”课题。1935 年秋在机械学院设置航空门，培养航空专业本科生。1942 年，交大开设航空系，首任主任曹鹤荪教授。

1935 年，中央大学开始创办培养航空工程技术人才的“航空机械特别班”，招收机械、电机、土木等系毕业的大学生，对他们进行两年航空工程教育，相当于航空工程研究生班。该班连续招收了四届，共毕业 30 多人。1937 年，中央大学航空工程系成立并招生，首批录取新生 50 名。抗战爆发后，该校迁往重庆，继续培养航空工程人才。

1934 年，国民政府曾从意大利购买一座单回流式航空风洞，直径 1.2 米，气流速度 55 米 / 秒，该风洞被安装在中央大学航空工程系，1936 年开始用于科学实验。抗战时期该风洞迁往了重庆，中央大学还建成了一座 1 米 x1.5 米的直流式风洞。

在高等院校的航空实验设施方面，除中央大学直径 1.2 米的

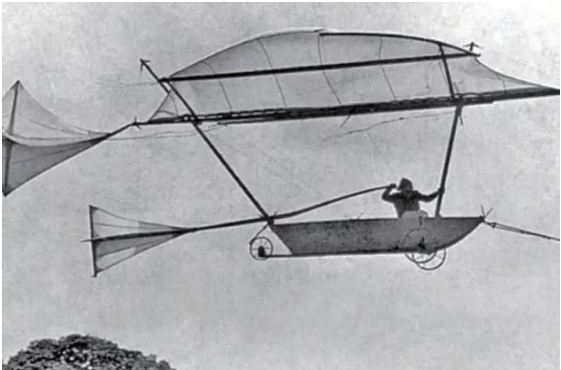


高等院校的航空工程专业

旧中国的航空工业力量薄弱，主要原因是国内航空技术力量十分薄弱，缺乏专业的航空人才，更缺乏专业的航空科研机构。旧中国航空工业企业所依赖的技术骨干主要是海外留学归来的人才。

从 20 世纪 30 年代开始，国内的一些高等院校陆续开设航空工程专业，其专业师资力量是以海外归国的人才为主，有的院校

▼ 图 | 飞行中的乔治·凯利的滑翔机



单回流式低速风洞外，清华大学于1935年和1936年自行建造了两座风洞。其中，1935年建成的风洞设在南昌，为回流式，直径为4.57米，最大速度为55米/秒，该风洞在1938年3月被日军飞机炸毁。另一座风洞于1936年建造，直径1.5米，同年开始试验。1947年至1948年，清华大学在北平又建造了一个铁壳风洞，尺寸为0.762米～1.016米，速度为40米～50米/秒。

成都的航空研究院

1939年7月7日，国民政府航空委员会在成都成立了航空委员会航空研究所，由著名飞行员（航空委员会副主任）黄光锐兼任所长，王助任副所长，王助是研究所的实际负责人。当时航空研究所有研究人员16人。两年后的1941年8月，该所扩充为航空研究院，研究人员达到70多人，到1946年研究人员最多时达到101人。抗战胜利后的1947年，航空研究院迁往南昌，该所建造的风洞留给成都空军机械学校使用。

航空研究院初建时，设有器材、飞机、空气动力3个组。两

年后，扩大为器材、理工两个系，器材系下设器材试验、化工、电气、仪表、金属材料、兵器等7个组，理工系（王助兼任系主任）下设气动、结构、飞机设计、试飞、动力5个组。研究院建立了飞机试造厂和机工厂，自身的风洞馆建有两座风洞。

设立航空研究院的主要任务是进行飞机的国产化研究。在材料方面，该院以竹木原料作为飞机材料，先后分析了100多种木材，认为川产云杉和层竹比较适合用于飞机层板蒙皮以及油箱制造，这样可解决抗日战争时期中国空军器材供应紧张的问题。该院还开展了空气动力学结构、材料、弹性力学、发动机、仪器仪表等方面的研究工作，先后发表过100多篇学术论文和报告。

航空研究院建有两个单回流、木结构、开口式风洞。其中尺寸为2.1米x1.5米，速度67米/秒的开闭口两用低速风洞，是由当时该院气动组组长兼风洞馆馆长伍荣林主持研制的，该风洞完成测试并进行了研究工作。另一座风洞是尺寸为3.75米的回路风洞。

航空研究院在抗战期间困难的条件下，先后设计试制了4种

飞机，并由在成都的空军第三飞机制造厂负责进行试制工作。第一种飞机是“研教一”教练机，它是仿制美制的弗利提飞机，为双翼木质结构，飞机空重1141磅（约518千克），最大速度111英里/小时（约178.6千米/小时）。该机经试飞获得成功后，共生产了15架。

第二种飞机是采用竹木复合结构的“研教二”教练机，为单翼机，该机除发动机、起落架和操纵及仪表系统外，都用木竹结构制造，该机的试飞也获得了成功。

第三种飞机是“研教三”单翼教练机，该机是将“研教二”飞机的尾翼改用了王助潜心研究的V形尾翼。该机试飞也获得了成功，但未能投入批量生产。

第四种飞机是“研运一”大型滑翔运输机，也是采用了木竹结构，该机可承载2名飞行员和30名全副武装的伞兵，是当时世界上最大型的滑翔机。后因抗日战争结束，该机研制工作未能继续下去。

由航空研究院设计研制成功的4种飞机中，除“研教一”外，其他3种飞机都未能投入批量生产。

此外，航空研究院还与成都空军第三飞机制造厂合作，仿制

成功了“研轰三”轰炸机，该飞机在第三次试飞中出现了事故，后被打入冷宫。

抗日战争结束后，由于航空研究院的领导隶属关系发生变化，其地位被降低。同时，航空器材国产化的问题也不再受到重视。加上空军与航空工业部门的矛盾、研究院内部的矛盾不断加剧，航空技术研究和国产飞机研制难以为继。1948年底，航空研究院迁往了中国台湾。曾在该院工作过的一些航空科研人员留在大陆，后来参加了新中国航空工业和航空教育的工作。

留学归国的航空技术精英

从清末民初到抗日战争，旧中国在不同时期以各种方式派出过一批又一批的优秀学子赴欧美国家学习航空工程，以便学成之后用先进的科学知识和工程技能报效国家。在旧中国开办了航空工程系的多所高等学府中，在由政府主办或合资组建的几家飞机、发动机制造厂中，在成都的航空研究院中，有很多技术骨干或负责人就是归国的留学生，他们为建立当时中国的航空教育、航空工业和航空科研做出了重要

的贡献。1948年至1949年，当国民党撤离大陆时，他们当中的一部分人去了台湾，但更多的航空精英选择留下来，迎接解放，以自己的学识和才华参与新中国的建设。

1943年至1944年，痛感中国在空军武器方面的落后，为改变落后挨打的局面，国民政府决定，在国内有关高校航空工程系新毕业的学生中，遴选人才出国留学，学习航空工程。出国留学实习人员被派到波音、麦克唐纳、莱康明、罗罗等美国、英国著名的航空工业企业，他们亲身参与了飞机、发动机的设计研制工作。据统计，各学校派出的人员共计200多人，他们在1949年前陆续回国。这些学成归国的航空人才在新中国成立时，大多数选择留下参加新中国的建设。如留美后在空军第二飞机制造厂工作的徐舜寿，拒不执行去中国台湾的指令，辗转奔赴解放区；在英工作的黄志千，拒绝去中国台湾，千辛万苦回到祖国大陆；陆孝彭在美欧学习工作后，冲破阻挠，归国工作；吴大观拒绝随大定厂迁台，留在大陆；咎凌在地下党掩护下，摆脱特务追踪，在上海迎

和利诱所动，毅然返回祖国；虞光裕在英留学后工作，于1949年回到祖国。他们都成为新中国航空工业的栋梁之才。

旧中国留下的航空资源

从1910年至1949年，旧中国先后直接购买各种外国飞机超过1500架。虽然旧中国的航空工业和航空技术建设开始起步，但是旧中国没有建立起独立自主和较为完整的航空工业体系，航空技术研究能力更是极其缺乏。据统计，在旧中国总共制造的约700架各种飞机中，90%是仿制或装配生产的外国飞机产品。

当时由旧中国生产的飞机，主要限于机体的制造和装配，发动机、起落架、金属螺旋桨、仪器仪表，以及重要的金属原材料都需要从外国进口。在由政府 and 高校建立的少量航空科研机构中，由于缺乏科研和试验手段，除了在将木竹材料用于飞机结构材料方面取得过进展外，没有更多航空科研的成果。所以，从整体上看，旧中国的航空工业和科研资源薄弱，能力有限。■

