

C919 飞机模型

卡通版



129

大飞机
JETLINER

2025.03

机场

“一市两场”：京沪蓉的探索
中小型机场：“参天大树”下的发展
全球通用航空市场发展态势良好



大飞机

JETLINER

03 March

2025.03 | 总第129期

ISSN 2095-3399





P08



P24



P47



P38



P63



P70



05 卷首语

05 中小机场要与区域经济协调发展
| 欧阳亮

06 资讯

08 封面文章

- 08 “一市两场”：京沪蓉的探索
| 林雅晴 丛玮
- 15 中小型机场：“参天大树”下的发展
| 陈爽英 杨波
- 21 对我国民航运输机场发展路径的思考
| 柴雨丰 贺强

24 航空制造

- 24 全球商用飞机产业复苏之路依旧
挑战重重 | 冯鲁文 杨敏 赵晔琳
- 29 全球通用航空市场发展态势良好
| 王妙香
- 34 商用飞机复合材料液氢储罐的研发与
创新 | 陈济衍
- 38 航空业非二氧化碳影响的探索
| 张京楠 李腾博

42 航空运输

- 42 中国三大航空集团年报分析 | 王鹏
- 47 2024 年亚太国际航空市场回顾与展望
| 王双武
- 51 市场需求驱动低空经济健康发展
| 顾胜勤
- 55 美国低成本航空破局寻路 | 郑雪

59 人物

- 59 待到山花烂漫时
——大飞机巾帽设计师群像速写
| 欧阳亮

63 产业观察

- 63 客机衍生型易改性设计思考 | 张建军

65 回眸

- 65 活塞发动机时代的意大利王者
| 沈海军
- 70 图-204：对标波音 757 的苏联喷气式
客机 | 乔善勋

74 云端书屋

- 74 旧中国对航空技术的探索（中）
——《腾飞之路——中国航空技术
的发展与创新》（摘编二）| 汪亚卫



▼ 本期导读

中国已经是民航大国，北京、上海和广州等核心航空枢纽已成为世界级的航空枢纽，在繁荣的中国民航市场中，中小型机场也以自身的力量助力中国民航强国建设，在努力实现自身的持续发展。

从战略地位来说，中小机场首先是民航网络的“毛细血管”，有效提升了全国航空出行的可达性。其次，中小机场在促进中西部地区、革命老区、民族地区的经济发展中发挥着纽带作用，是推动乡村振兴和区域协调发展的重要抓手。第三，中小机场在应对突发灾害、医疗转运和疫情防控等公共服务中的作用至关重要。第四，随着低空经济的发展，越来越多的中小机场承担起通用航空培训、应急飞行、物流配送等多样化职能，成为“低空经济”的基础设施平台。

中小机场的命运不仅取决于其跑道长度和航班数量，更关乎其与区域发展的深度耦合。唯有与区域经济发展，才能使其真正成为中国航空强国建设的有力支撑者。



- 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 03 期 | 总第 129 期 | 03 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
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



中小机场的命运不仅取决于其跑道长度和航班数量，更关乎其与区域发展的深度耦合。唯有与区域经济发展，才能使其真正成为中国航空强国建设的有力支撑者。

卷首语

中小机场要与区域经济协调发展

文 | 欧阳亮

在建设“交通强国”的战略指引下，中小机场作为民航网络的重要节点，近年来备受关注。中国民航局发布的《2024 年全国民用运输机场生产统计公报》显示，当年，旅客吞吐量在 200 万人次以下的机场有 186 个，较上年增加 1 个，完成旅客吞吐量占全部境内运输机场旅客吞吐量的 6.2%，占比较上年下降 0.8 个百分点。

从战略地位来说，中小机场首先是民航网络的“毛细血管”，有效提升了全国航空出行的可达性。其次，中小机场在促进中西部地区、革命老区、民族地区的经济发展中发挥着纽带作用，是推动乡村振兴和区域协调发展的重要抓手。

第三，中小机场在应对突发灾害、医疗转运和疫情防控等公共服务中的作用至关重要。在疫情期间，大量防疫物资和医护力量正是通过支线机场快速输送到偏远地区。第四，随着低空经济的发展，越来越多的中小机场承担起通用航空培训、应急飞行、物流配送等多样化职能，成为低空经济的基础设施平台，不仅提供出行方便，更承载着民生福祉，助力人们的致富梦想。

但是，放眼全国，不同地区的自然禀赋、交通结构与经济条件，又导致不同地区的中小机场面临着各自不同的矛盾。在中东部地区，经济发达，人们消费能力高，乘机出行意愿强，但与此同时，中东部地区机场分布密集、距离相近，形成“机场团簇”现象，导致客源竞争十分激烈。而且，中东部地区的高铁、高速公路网络十分密集，对航空出行形成了挤压态势。

在西部地区，高铁、高速公路等地面交通设施建设难度大、成本高，航空运输便捷优势更为显著。但西部地区经济发展水平总体偏低，居民消费能力有限。而且，客流季节性波动大，部分机场进入冬季即陷入困境。

基于以上认识，笔者认为，中小机场在发展中首先要差异化定位，避免同质化竞争，尤其不要“以规模论英雄”。有条件的机场可以专注打造公务包机、通用航空、航空物流短途支线等特色航线，避免与周边大型机场在主干航线上的直接竞争。其次，西部地区的中小机场应作为国家战略工具加以定位。由中央财政加大对西部支线机场的运行补贴和建设资金倾斜，将其纳入区域协调发展与乡村振兴框架。部分战略节点机场可试点“机场+旅游+物流+边贸”一体化综合枢纽模式，提高其对地方产业的辐射带动能力。第三，大力推进“干支通、支支联”航线网络建设，优化航线布局，推动中小机场之间建立“点对点”“小循环”航线网络，进而激活区域客源市场。

中小机场的命运不仅取决于其跑道长度和航班数量，更关乎其与区域发展的深度耦合。唯有与区域经济发展，才能使其真正成为中国航空强国建设的有力支撑者。



01

01 C909 飞机首次交付老挝航空

3月30日，中国商飞公司向老挝航空公司交付首架C909飞机，这是中国的喷气式客机首次进入老挝市场，标志着我国商用飞机国际化发展迈出新步伐。

02 中国商飞召开 2025 年供应商大会

3月20日，中国商飞2025年供应商大会在西安召开，来自全球229家供应商的800多名代表集聚一堂，共话大飞机事业发展新篇章。

03 C929 型号总设计师赵春玲荣获全国三八红旗手标兵

在北京举行的纪念“三八”国际妇女节暨表彰大会上，全国妇联表彰了10名全国三八红旗手标兵、595名全国三八红旗手、395个全国三八红旗集体和599个全国巾帼文明岗。其中，中国商飞公司C929型号总设计师赵春玲荣获全国三八红旗手标兵。

04 CAAC 颁出全球第一张民用无人驾驶航空器运营合格证

3月28日，亿航智能旗下全资子公司广东亿航通用航空有限公司获得全球首张民用无人驾驶载人航空器运营合格证（OC，即Operation Certificate），这是中国民航局向运营商颁发的资质证明，标志着企业具备安全、合规开展商业飞行的能力。



03



05

05 MTU 维修在中国开设第 2 家发动机维修工厂

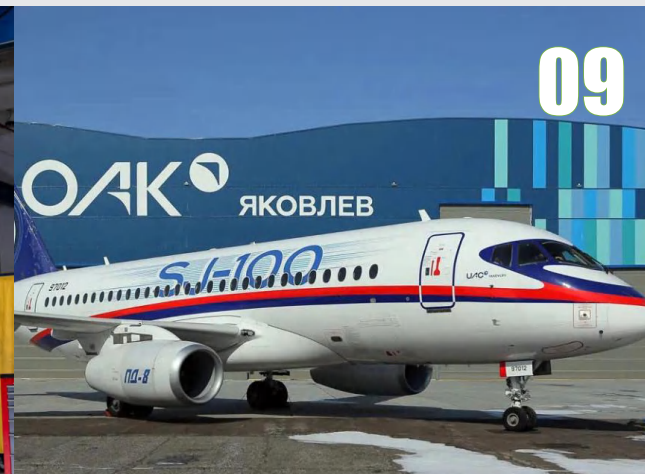
近日，德国航空发动机维修商 MTU 维修宣布，在珠海金湾开设新的维修工厂，专注于普惠 PW1100G 齿轮传动涡扇（GTF）发动机。这是 MTU 在中国的第 2 家工厂，占地超过 3 万平方米，采用先进设备。MTU 希望两家中国工厂合力成为全球最大的 MRO 设施。

06 国泰航空 2024 年全年营收 1043.7 亿港元

3月12日，国泰航空发布2024年全年业绩：全年实现营收1043.7亿港元（约合人民币966.5亿元），同比增长10%；净利润98.9亿港元（约合人民币91.57亿元），同比微增1%，连续第二年实现盈利。这一净利润规模创下公司自2011年以来的历史新高。

07 波音 777-9 正在进行制动系统审定试飞

波音已开始 777-9 的制动系统审定试飞。波音民机集团总裁兼 CEO Stephanie Pope 表示，在该阶段将验证 777-9 的空气动力学、制动系统和发动机的安全性与可靠性，以确保符合严格的监管要求。FAA 工作人员在 3 月的 777-9 试验中同机随行。



09

08 空客披露下一代窄体机项目

3月25日，空客在2025年空客峰会上披露了下一代窄体机项目（NGSA）的技术框架与战略规划。这款旨在取代现役 A320neo 系列的新机型，将于十至十五年后（即 2030 年代后半期）投入使用。据悉，新机型的燃油效率将提升 20% 至 30%，并具备 100% 使用可持续航空燃料（SAF）的能力，其技术突破将重新定义未来二十年的航空市场竞争格局。

09 俄 SJ-100 使用国产发动机首飞成功

3月17日，配备 PD-8 国产发动机的 SJ-100 原型机在总装厂完成首飞。此次试飞持续 40 分钟，飞行高度 3000 米，时速 500 公里，各项参数均达到设计预期。俄媒体表示，此次首飞成功标志着俄罗斯基本具备自主生产支线客机的能力，也预示着俄罗斯在支线客机市场的战略布局进入新阶段。

10 巴航工业 2024 年业绩亮眼

2024 年，巴航工业实现总收入 63.95 亿美元，同比增长 21%，达到业绩指引上限。盈利能力方面，全年调整后息税前利润达 7.082 亿美元，对应利润率 11.1%，若剔除波音仲裁案相关影响，核心业务利润率则达到 8.7%，均超额完成既定目标。

“一市两场”：京沪蓉的探索

文 | 林雅晴 丛玮

随着我国经济的稳步增长和城市化进程的不断推进，航空出行需求急剧上升。一二线核心城市建设较早的机场因容量有限难以满足日益增长的航空运输需求，构建双机场成为有效缓解主机场运行压力、提升城市航空枢纽竞争力的有效手段。上海依托浦东、虹桥两大机场实现国内外航线的合理分流；北京在建设首都机场多年后，于 2019 年正式启用大兴机场；2021 年天府机场开通后发展迅猛，逐步将成都的城市旅客吞吐量托举至第三的位置。

▼ 图 | 王脊梁



本文以北京、上海、成都为案例，通过对双机场城市发展历程、运营机制及竞合关系等进行分析，力图为机场管理者和航空公司提供有价值的参考，推动我国城市航空枢纽建设发展，并为希望建设第二机场的城市提供分析样本。

北京：明显提升航线网络构建

北京现有的双机场体系由首都机场和大兴机场构成。首都机场作为建成较早的国际航空枢纽，长期承担大量国际航班和关键国内航线，拥有成熟的设施和全球网络。但随着旅客量的不断增长，首都机场年度旅客吞吐量在 2018 年突破了 1 亿人次，机场容量饱和，现有机场设施无法满足发展需求。2019 年 9 月北京大兴机场正式通航，大大缓解了首都机场的运行压力，实现了航班的有效分流，又提升了整体运行效率。

北京首都机场设计年旅客吞吐量为 8000 万人次，2024 年年度旅客吞吐量 6736 万人次。北京大兴机场一期工程的设计容量为年旅客吞吐量 7200 万人次，远期目标是满足年旅客吞吐量 1 亿人次的需求。2024 年大兴机场年度旅客吞吐量已经达到 4942 万人次。相比首都机场，大兴机场的设计容量更高，规划更加现代化，不仅缓解了首都机场的运行饱和问题，更加长久支撑北京以及整个京津冀地区的航空需求增长。

航线网络方面，以 2024 年运行数据为样本，首都机场国内航线 136 条，国际（地区）航线 93 条，总计 229 条。大兴机场国内航线 154 条，国际（地区）航线 40 条，总计 194 条。

首都机场作为传统国际枢纽机场，仍承担大部分国际航线，尤其是欧美、日

韩及东南亚等主要国际市场。国内航线以高频商务航线为主，如北京—上海、北京—广州、北京—深圳等。大兴机场目前是以国内航线为主，航网覆盖全国主要枢纽城市，同时承接部分国际航线。

航班量前 20 的国内航线中，首都机场和大兴机场重合较多，都是一二线城市或省会城市的枢纽机场。航班量前 10 的国际（地区）航线中，在日韩和港澳台航线上重合度较高。首都机场更多与传统国际枢纽链接，大兴机场则与新兴市场枢纽链接更多。

航司运营方面，东航、南航为大兴机场主要的基地航空公司，运力投入占比分别是 39% 和 20%。东航集团（东航、上航、中联航、东航江苏、东航云南、东航武汉）、南航集团（南航、厦航、河北航、江西航、重庆航、汕头航、珠海航、贵州航、南航河南）、首

都航等公司在大兴机场运营。但东航的京沪航线仍保留在首都机场运营。国航为首都机场的主基地航空公司，运力投入占比高达 61%。中航集团（国航、国货航、深航、山航、昆明航、国航内蒙、北京航、大连航）、海航、川航、西藏航、大新华航、长龙航等在首都机场运营。境外航司可以在两场同时运营或选择一个机场运营。

总体看来，北京两场的航司除特殊航线外，其他航司分开两场运营。“一司一场”可以避免同一航司在两个机场重复布局，让每个机场的航司能够专注于自身航线规划，提高航班运营效率，优化航司航线网络布局。同时让航司能够在单一机场内完成中转，提高航班衔接效率，减少旅客因航司布局分散而产生的不便。此外，航司的运营资源和枢纽建设方向也不会因两场混用而变得复杂和低效，有助于形成清晰的航司—机场匹配机制。

机场地理位置方面，首都机场位于北京市东北部，较为接近市区，交通也相对便利，具有更强的城市辐射能力；而大兴机场则位于北京南部，距离市中心较远，不过政府已通过建设高速公路、城市轨道交通和其他配套设施予以补救，力图缩短机场与市区之间的时空距离。同时，大兴机场的位置也进一步扩大了在京津冀城市群的辐射范围，扩大了旅客腹地。首都机场与大兴机场之间公共交通方式有两种：一是机场大巴专线，耗时约 1 个半小时，且班次较少；二是地铁，但需多次换乘。两场之间公共交通耗时久，便利性不佳，两场的交通链接还需要进一步优化，为旅客提供更快捷方便的方式。

首都机场和大兴机场有部分相同的航点，两场在国内和国际市场上存在一定的竞争。首都机场在国际航线资源上仍占据优势，但南航、东航等也在加快在大兴机场的国际航线布局。国内航线方面，大

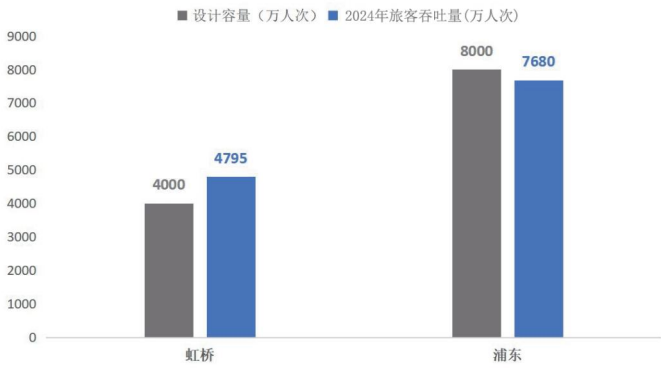
兴机场目前的国内航线规模已经超过首都机场，但由于地理位置差异，首都机场在商务旅客上仍具有优势，大兴机场更为丰富的国内航线网络能吸引更多的休闲旅客。同时，两场的协同运行在解决航空运输需求激增、缓解机场运行压力和空域资源紧张、减少航班拥堵和提升整体服务水平方面都发挥了积极作用。两场运营为北京乃至京津冀地区的航线网络构建带来了明显提升。未来，两场有望通过更高效的资源配置，提升整体航空枢纽竞争力，推动京津冀机场群协同发展。

上海：既竞争又协同

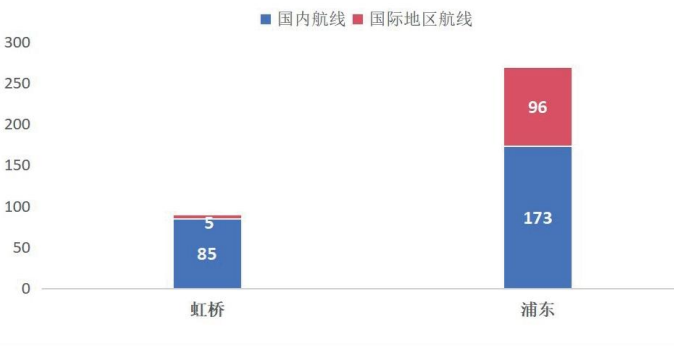
上海是我国最为重要的经济中心之一，其双机场运营模式经过多年运营已经较为成熟。1999 年 9 月，上海浦东机场正式通航，开启了上海“一市两场”的运营。经历多年运营，上海两场已经形成了各自的机场定位和协同运营模式。浦东机场作为我国最重要的国际门户机场之一，承担着绝大多数上海的国际航班，连接全球主要城市，同时兼顾部分国内航线。虹桥机场则以国内航线为主，还有少量地区航线和日韩航线。近年来，随着航空运输需求持续攀升和长三角区域经济一体化进程加快，市场甚至传言上海正在规划建设第三机场，以进一步提升城市航空枢纽的整体承载能力。

上海虹桥机场设计年旅客吞吐量为 4000 万人次，2024 年年度旅客吞吐量 4795 万人次。上海浦东机场目前的设计容量为 8000 万人次，但随着 T3 航站楼的建设投用，未来浦东的整体设计容量将会进一步提升。2024 年浦东机场年度旅客吞吐量为 7680 万人次。目前，虹桥机场已经处于超负荷运行状态，浦东机场也接近设计容量上限。未来旅客吞吐量还将

上海两场年度旅客吞吐量



上海两场航线数量

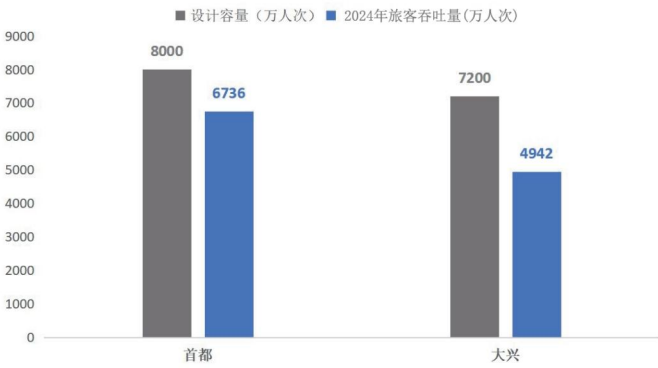


不断增长，T3 航站楼扩建后将大大缓解上海两场的运行压力，但是否能够满足未来需求的增长，是否需要建设第三机场仍需要进一步研究。

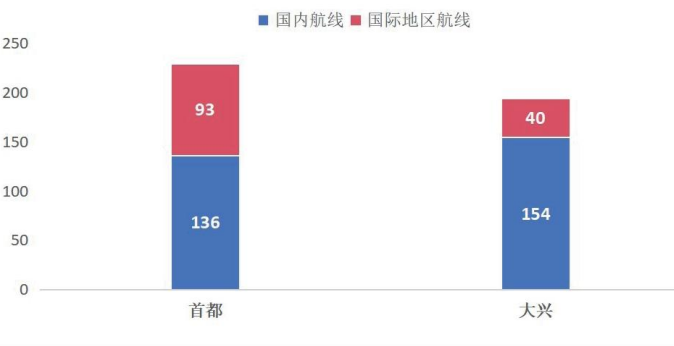
航线网络方面，同样以 2024 年运行数据为样本，虹桥机场国内航线 85 条，国际（地区）航线 5 条，总计 90 条。浦东机场国内航线 173 条，国际（地区）航线 96 条，总计 269 条。

浦东机场主要承担国际航线和部分国内航线航班，是最重要的国际门户机场之一，连接全球主要城市，形成国际化航线网络。虹桥机场则以国内航线为主，特别是华东、华南、华北等地的商务航线，高频率、高密度航班运营。少量的国际（地区）航线也都是中短途航线，集中在日韩及港澳台地区。

北京两场年度旅客吞吐量



北京两场航线数量



航班量前 20 的国内航线中，虹桥机场和浦东机场的航线重合较多，均是一二线城市的枢纽机场。国际（地区）航线方面，虹桥机场只有 5 条国际（地区）航线，浦东机场航班量前 10 的国际（地区）航线有 2 条和虹桥机场重合。虹桥机场和浦东机场的前 10 国际（地区）航线都是集中于中短途航线，包括日韩、港澳台和东南亚。

与北京两场的“一司一场”运营政策不同，大部分航空公司都是在上海虹桥和上海浦东同时运营，但两场的运营重点不同。东航、国航、南航均结合两场各自优势分别在浦东机场运营国际航线网络以及部分国内航线，在虹桥机场着力运营国内高频商务航线。除少数日韩和港澳台航司在虹桥有运营航线外，境外航司均在浦东机场运营。东航是浦东机场最主要的基地航司，运力投入占比约 30%。上航、吉祥、南航、春秋、国航的运力投入均在 10% 左右。东航也是虹桥机场最主要的基地航司，运力投入占比约 35%。上航、吉祥、南航、春秋、国航的运力投入同样在 10% 左右。两场的运营航司高度一致，并且都是两场运力投入并重，着力不同航线网络运营。

地理位置方面，虹桥机场位于上海市区，非常靠近市中心，对于商务旅客具有明显吸引力。此外，虹桥还是综合交通中心，集合了民航、高铁、地铁、长途汽车等多种运输方式，对于旅客来说能够便利地进行多种交通方式的换乘衔接。浦东机场距离市区较远，虽然有轨道交通等连接市区但往返耗时较高。浦东机场相比虹桥机场拥有丰富的国际航线网络，吸引更多的出入境旅客。虹桥机场与浦东机场之间的公共交通方式有三种：一是 2024 年 12 月开通的市域铁路，40 分钟车程，15 分钟一趟，快捷方便；二是地铁，全程 1

个半小时；三是机场大巴，时间约 1 小时，但有堵车风险。市域铁路的开通大大缩短了上海两场之间公共交通的耗时，为旅客出行带来体验升级，特别是对于在两场转机的旅客。

国际市场方面，虹桥机场虽然只运营少数日韩和港澳台地区航线，但由于机场地理位置优势，其相同航线票价明显高于浦东机场。国内市场方面，浦东机场也开通了部分国内高频商务航线，与虹桥机场的国内高频航班网络存在一定重叠，并且浦东机场更加丰富的航线网络也吸引了更多国内和国际的中转旅客。此外，浦东机场的国际货运规模大，吸引了大量货运航空公司，虹桥在货运市场上的竞争力较弱。

上海双机场模式下，浦东机场与虹桥机场形成“国际 + 国内”的互补格局，虹桥机场支撑国内高频航线，浦东机场作为国际枢纽联通全球。两场既有航线资源、商务客群的竞争，也有航空市场分工与航司协同发展的合作。未来，随着长三角一体化进程加快，上海双机场体系将进一步优化，以提高整体航空枢纽竞争力。

随着经济全球化和“一带一路”倡议的推进，上海作为国际金融中心和物流枢纽，其航空运输需求必然不断升级。浦东机场 T3 航站楼建成后将在一定程度上缓解现在的运行压力，但对于未来增长的承接能力是否足够仍有待研究。未来如果真有上海第三机场投入运营，那么在短期内可能会对浦东和虹桥产生一定冲击，但从长远看，通过合理分工和市场细分，三个机场能够形成“多中心、互联互通”的运营格局，既保持竞争优势，又实现协同效应。对于应对未来较长时间范围内的航班增长、缓解主机场运营压力以及进一步提升国际竞争力都有重要意义。

成都：双机场的大天地

2021 年 6 月，成都天府机场正式通航，成都也正式进入“一市两场”的运营模式。成都是西南地区最为重要的经济中心和交通枢纽，双流机场与天府机场共同承担该地区的航空运输任务，为西南地区的发展提供了强大支撑。天府机场开通后与双流机场分工较为明确，天府机场承担了所有的国际（地区）航线和部分国内航线任务；双流机场则将运营重心放在国内的高频商务航线，实现了互补与协同。

成都双流机场设计年旅客吞吐量为 5000 万人次，2019 年双流的年度旅客吞吐量已经达到 5586 万人次，超过了设计容量，运行压力突出。2024 年双流年度旅客吞吐量 3243 万人次。成都天府机场设计年旅客吞吐量为 6000 万人次，远期目标是提升至 9000 万人次。2024 年天府机场的年旅客吞吐量为 5491 万人次。

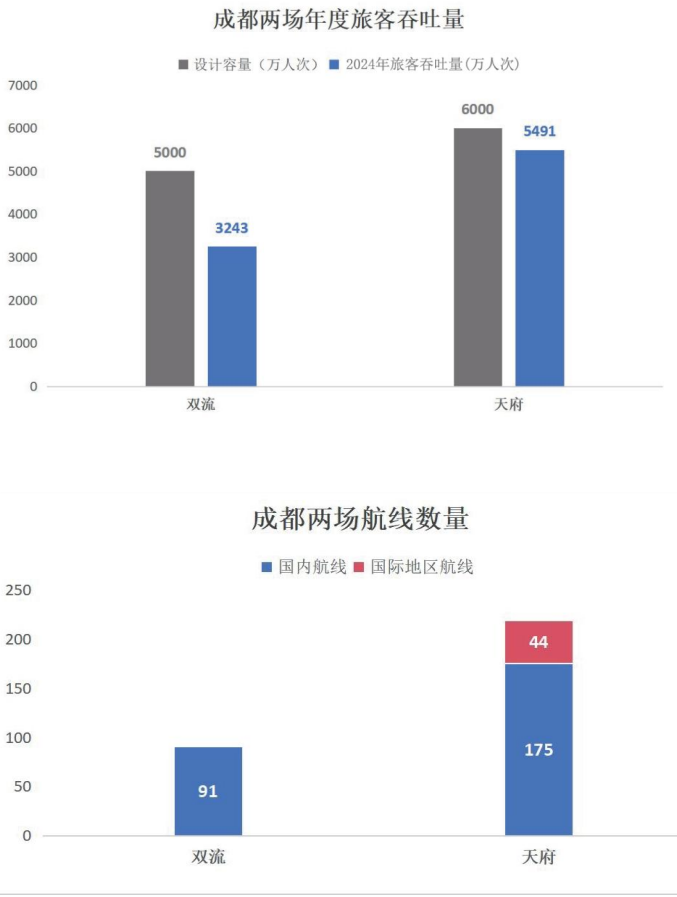
航线网络方面，以 2024 年运行数据为样本，双流机场国内航线 91 条，无国际（地区）航线。天府机场国内航线 175 条，国际（地区）航线 44 条，总计 219 条。天府机场开通后，所有国际（地区）航班均转场至天府机场。

双流机场完全专注于国内航线运营，着力打造高频商务航线。天府机场则承接了双流机场之前的所有国际（地区）航线，打造更为丰富的国际航线网络。同时天府机场在国内航线方面数量上也多于双流。航班量前 20 的国内航线，双流机场和天府机场的航线重合也较多，均是一二线城市的枢纽机场。天府机场航班量前 10 的国际（地区）航线集中于东南亚和港澳地区，还包括韩国和尼泊尔。

双流机场运营航司中，国航（37%）、川航（27%）、西藏航（9%）运力投入排名前三位，共占比达 73%。成都天府

机场运营航司中，国航（21%）、川航（18%）、东航（12%）运力投入排前三位，共占比达 51%。双流机场运力更加集中于前三位。国航、川航、东航在天府机场的运力占比刚刚过半，航司间的竞争更为激烈。国航、川航目前是成都市场最大的两家运营航司，且运力投入与其他航司拉开了差距。境外航司转场后退出了双流机场的运营，在天府机场的运力占比也较低，但随着国际市场的恢复发展未来会有所提升。

有七家航司在成都两场均有航班运营。国航、川航、成都航投入成都市场的运力在成都两场的分布较平衡，都在五成左右，其他航司则倾向于规模更大的天府机场。东航、南航超六成运力在天府机场，其余四成不到的运力在双流机场。深航成都运力的七成以上、长龙航空成都的运力八成以上投在天府机场。



地理位置方面，双流机场距离成都市中心仅有 16 公里，且有地铁、大巴等多种便捷的交通方式，这种地理优势是新机场难以具备的，也对旅客特别是商务旅客有着突出的吸引力。天府机场距离成都市中心约 50 公里，距离较远，但政府大力推进轨道交通、高速公路和其他公共交通网络建设，确保天府机场与市中心之间的便捷连接。当然，天府机场也因为选址较远而拥有更大的占地面积，为未来扩建留足了发展空间。

双流机场与天府机场之间公共交通方式有两种：一是地铁，分为直达和普线，时间为 30～50 分钟；二是夜间机场大巴，全程 60 分钟，一小时一班。地铁和公交相互补充，为旅客提供了全天候的便捷直达服务。虽然交通方式选择不多，但完全可以服务目前的旅客量，且机场和政府方面在机场转换至地铁和大巴交通上为旅客规划了合理路线，提供了多项适配服务，例如，行李车可推至地铁安检处等，出行体验较佳。

国际市场方面，自 2023 年 4 月之后，成都的所有国际（地区）航班已经全部转至天府机场。目前双流和天府在国际航线上不存在竞争。但是后续双流机场也有可能恢复部分短途国际航线的运营，与天府机场形成竞争。国内市场方面，天府机场与双流机场有部分重叠的国内航线，包括部分商务航线。双流机场因其出行更为便利，在商务航线上优势明显，并且双流机场也在大力发展商务快线品牌，吸引更多旅客，提升用户黏性。天府机场的国内航线网络更加丰富，并且可以实现国际中转，因而对于有这部分需求的旅客更有吸引力。

天府机场定位为“国际航空枢纽”，承担国际航线、远程洲际航线以及国内主要干线航班。双流机场更偏向于西南地区

的枢纽机场，运营国内航线。天府机场的开通运营大大缓解了双流机场长期面临航班时刻紧张和运行压力大的问题，也使成都整体航空市场具备更大的发展空间。

多机场间的分工与协作

“一市两场”运营成功的关键在于合理的功能定位和高效的运营协调。结合北京、上海、成都三个城市各具特色的双机场运营模式，总结双机场体系应从以下几个方面进行分工与协作：

一是功能定位的明确。双机场系统中，不同机场应根据自身设施、地理位置、运营历史及市场需求，明确国内、国际、客运与货运等功能分区。首都机场和大兴机场分别侧重传统国际航线和新型国际枢纽建设；浦东机场与虹桥机场、双流机场和天府机场在国内外航线分流中实现互补，具备地理优势的机场着力打造商务航线。

二是运营协调机制建设。建立跨机场的协同调度系统，实现航班信息、旅客流量及空域资源的实时共享，是多机场有效运营的重要保障。各机场之间通过设立联合工作小组、制定统一标准和协同调度方案，在航班分流、突发事件处置及空域管理上形成合力，既促进内部竞争，又保障整体协同发展。

三是地理与交通衔接。新机场在选址时常常面临离市中心距离较远的问题。因此，完善的地面交通网络、城市轨道交通和接驳服务体系必不可少。通过政府投资和规划，确保新旧机场之间的便捷连接，不仅可以提升旅客出行体验，也为机场间的协同运营提供了有力支撑。■

中小型机场：“参天大树”下的发展

文 | 陈爽英 杨波

中国已经是民航大国，北京、上海和广州等核心航空枢纽已成为世界级的航空枢纽，在繁荣的中国民航市场上，中小型机场也以自身的力量助力中国民航强国建设，在努力实现自身的持续发展。

2024 年 7 月，国家发展和改革委员会、中国民航局联合发布《关于推进国际航空枢纽建设的指导意见》，明确国际航空枢纽为航空运输服务体系的核心节点，并进而将国内航空枢纽建设分为三类层次，分别是：全方位复合型枢纽，包括北京、上海、广州 3 个城市；区位门户复合型枢纽，包括成都、深圳、重庆、昆明、西安、乌鲁木齐、哈尔滨等 7 个城市；区域航空枢纽，该类航空枢纽在民航局发布的《国际客运航权市场准入和配置规则》中得以明确，包括 23 个国内省会城市（自治区首府）和 6 个重要的经济和旅游城市（大连、青岛、宁波、温州、桂林、三亚）。

▼ 图 | 余创



上述三类以枢纽建设为发展战略指向的机场共有 42 家。除了上述枢纽机场之外，2024 年中国民航投入运输生产的尚有 220 家机场，其中旅客吞吐量在 200 万人次以下的小型机场共有 186 家，2024 年这些机场全部旅客吞吐量仅为 9095 万人次，而同期上海（浦东

和虹桥）两场旅客吞吐量已达 1.25 亿人次。中国民航枢纽机场已经成长为民航运输体系的“参天大树”，生活在枢纽机场这一“巨人阴影”之下的中小型机场发展状况又如何呢？

中小型机场分化严重

根据中国民航局、国家发展和改革委员会对国内运输机场的定位，在本文中我们将“全方位复合型枢纽”“区位门户复合型枢纽”“区域航空枢纽”分别称为“一类枢纽”“二类枢纽”“三类枢纽”。将其他未列入枢纽建设的运输机场按旅客吞吐量指标，以 2024 年为基数，分为“200 万人次以上”和“200 万人次以下”两类机场，分别称为“中型机场”“小型机场”。

从表一可以看出，2005～2024 年期间，中国民航机场的发展有两大趋势，一是现阶段以枢纽建设为指标的机场数量基本变化不大，仅增加了北京大兴国际机场和成都天府国际机场，旅客吞吐量均呈现正向增长态势，规模效应显著。二是中小型机场数量增长迅速，2024 年较 2005 年新增了 114 个机场。2024 年中型机场平均旅客吞吐量约为 420 万人次，小型机场平均旅客吞吐量仅为 49 万人次。

单以中小机场而论，则可以发现中国民航中小机场的发展分化十分严重。一是各区域中小型机场旅客吞吐量的分化。2024 年中国民航中小型机场平均旅客吞吐量达 108 万人次，其中：华东地区最高，达 220 万人次；而东北地区最低，仅有 37 万人次。在剔除掉中型机场的影响之后，华东地区小型机场年旅客吞吐量仍然高达 87 万人次。从一个侧面说明华东地区强劲的经济发

势，为小型机场的运营发展创造了有利的外部条件。

二是在中国民航整体发展非常迅速的大背景下，部分中小机场的平均旅客吞吐量却呈现出下降趋势。表四统计了 2005～2024 年中国民航中小型机场的旅客吞吐量，笔者以该时间段机场旅客吞吐量最大值为基数，计算 2024 年与该最大值的比值，将所得的比值分为三类区间：一是大于 0.95；二是 0.75～0.95；三是小于 0.75。

2024 年，高达 31% 的中小型机场旅客吞吐量已经低于历史高值的 75%，18 个中小型机场的旅客吞吐量不足其历史高值的 30%。可见，尽管中国民航在疫情后迅速恢复了增长，但是，对部分中小机场来说，面临的经营困境是市场正在萎缩，而不是发展。

中小型机场的发展困局

发展之困一：中小型机场所在城市的人口正在萎缩。

七普人口统计数据显示：中国人口南强北弱，超大城市吸引力强，中小城市大多处于人口流出状态，而中小型机场所处市场主要是在 300 万人口以下城市。

从全国人口的流动趋势来看，300 万人口以下的城市常住人口正在逐步减少，而减少较快的区域分别是东北、华北和西南。这种常住人口的减少区域正好可以印证中国民航中小型机场在各区域的发展趋势。

为此，中小机场正努力向区域之外发展。统计 2009～2024 年全国中小型机场在其所在区域的投入座位份额，均呈现一个共同的特征——逐年下滑。显然，中小型机场已经不满足于在本区域的发展，正在努力寻找突围的方向。

区域	机场总数	机场数量			机场数量占比		
		>0.95	0.75～0.95	<0.75	>0.95	0.75～0.95	<0.75
总体	220	111	41	68	50%	19%	31%
东北	24	16	4	4	67%	17%	17%
华东	35	19	9	7	54%	26%	20%
西北	45	29	6	10	64%	13%	22%
华北	31	15	8	8	48%	26%	26%
华南	37	13	10	14	35%	27%	38%
西南	48	19	4	25	40%	8%	52%

▲ 表 4 | 2005～2024 年中国民航中小型机场分区域发展情况

区域	与六普人口相比	1000 万以上	500 万～1000 万	300 万～500 万	300 万以下
华东	9.9%	18%	12%	1%	6%
华南	9.4%	49%	3%	1%	3%
西南	6.0%	24%	9%	0%	-6%
华北	0 6%	9%	1%	-4%	-7%
西北	6.2%	54%		1%	2%
东北	-11.4%		8%	-22%	-19%
中国合计	6.0%	27%	8%	-1%	-4%
城市数量		17 个	71 个	90 个	165 个

▲ 表 5 | 中国各区域常驻人口七普较六普的人口增减变化

区域	2009	2014	2019	2024
华东	34%	29%	27%	19%
东北	36%	32%	35%	27%
华南	50%	39%	31%	24%
华北	61%	54%	42%	46%
西南	88%	68%	49%	40%
西北	94%	85%	76%	63%
其中：新疆	100%	91%	77%	57%

▲ 表 6 | 中国中小型机场在本区域的座位投入份额

2009～2024 年，中国中小型机场投入航班的平均距离已经从 756 公里提升到 1117 公里，平均航距增幅达 48%。

全国各区域的中小型机场在本区域的投入结构变化中，变化最大的是西北和西南两个区域，西北地区的中小型机场 2009 年在本区域的投入份额超过

▼ 表 1 | 2005～2024 年中国民航各类机场基本情况

机场类型	机场数量				年均旅客吞吐量（万人次）			
	2005 年	2009 年	2019 年	2024 年	2005 年	2009 年	2019 年	2024 年
一类枢纽	4	4	5	5	2651	3986	5966	6358
二类枢纽	7	7	7	8	917	1551	4195	4291
三类枢纽	29	29	29	29	325	617	1847	1932
中型机场	32	33	35	35	38	73	365	420
小型机场	74	93	161	185	10	16	60	49
合计	146	166	237	262	195	293	570	557

▼ 表 2 | 2005～2024 年中国民航中小机场区域发展情况

机场区域	机场数量				平均旅客吞吐量（万人次）			
	2005 年	2009 年	2019 年	2024 年	2005 年	2009 年	2019 年	2024 年
华东	24	26	32	35	26	47	219	220
华南	19	20	29	37	24	36	177	143
西南	24	28	43	48	22	34	102	93
华北	13	15	30	31	7	37	95	81
西北	18	23	39	45	9	12	56	66
东北	8	14	23	24	13	13	36	37
总计	106	126	196	220	19	31	114	108

▼ 表 3 | 2005～2024 年中国民航中小机场数量排名前 11 的省份

省份	机场数量				平均旅客吞吐量（万人次）			
	2005 年	2009 年	2019 年	2024 年	2005 年	2009 年	2019 年	2024 年
新疆	11	13	20	26	11	13	68	80
内蒙古	8	9	18	18	8	31	80	92
四川	8	10	13	15	22	32	87	83
云南	10	11	14	14	34	53	160	173
黑龙江	4	7	12	13	7	12	36	37
湖南	4	4	7	9	41	38	96	61
甘肃	3	4	9	9	8	7	37	43
江苏	6	6	8	8	23	66	348	393
山东	5	6	7	8	33	56	280	233
湖北	4	4	5	8	14	32	163	116
贵州	3	4	9	8	1	1	83	60

94%，而到了 2024 年该比例已经下滑到了 63%，其中：新疆的中小型机场在疆外市场的投入已经超过 40%。中小型机场在各区域市场的投入变化，折射出中小型机场正在走出本区域市场，寻求更为广阔的发展空间。

发展之困二：中小型机场进入核心枢纽的机会正在减少。

笔者统计了全国中小型机场 2009～2024 年在国内各类型市场的投入结构， 选 择 2009、2014、2019、2024 四个年度，得到中小型机场在各类型机场的投入座位占比数据（见表七）。

从表七来看，2009 年中国中小型机场在一类和二类枢纽的占比高达 72%，而到 2024 年该项比例已经降到了 47%，下降了 25 个百分点。中小型机场进入一类枢纽和二类枢纽的发展机会正在迅速减少，说明中小型机场的发展之路并不畅通，而中小型机场之间的“互联互通”是缺乏足够市场需求支持，

其市场份额占比也一直处于较低水平。

同时间段内，全国枢纽机场仍处于发展增长期，特别是一类枢纽和二类枢纽在中国整体市场中的市场份额并没有任何减少，发展势头仍然良好，2024 年中国一二类枢纽超过 90% 的机场旅客吞吐量已创历史新高。另一方面，中国枢纽机场是中国各地的中心城市，其经济活力、人口集聚力更强，即使在中国人口总量减少的环境之下，中国各地中心城市的常住人口仍然是稳中有增，这为 2024 年中国民航枢纽机场的发展态势创造了良好的外部环境，但强劲发展的枢纽机场能否为中小型机场创造更多发展机遇呢？

发展之困三：微型机场的生存之困。

按机场旅客吞吐量细分中国中小型机场发展现状，将其 2024 年旅客吞吐量与历史高值相比作为基准，将所得的比值分为三类区间：一是大于 0.95；二是 0.75～0.95；三是小于 0.75。可以看出，在中国民航运输持续增长的大背景之下，小于 0.75 的机场处于市场萎缩期。

2024 年全国 220 个中小型机场中，有 68 个机场处于市场发展萎缩期。其中旅客吞吐量在 50 万以下的有 59 个，年均旅客吞吐量仅有 17 万人次，且这 59 个中的 26 个机场旅客吞吐量在 10 万人次以下。从区域分布来看，处于市场萎缩期的 50 万级以下机场，西南、西北区域即有 30 个。

处于市场萎缩期最为典型的例子是四川九寨黄龙机场。四川九寨黄龙机场在 2009～2012 年连续四年吞吐量突破 170 万人次，而到 2024 年仅有 9.5 万人次，降幅高达 95%。直通九寨的高速公路与高铁相继建成，在九寨沟景区游客持续创历史新高的情况下，该机

场已经面临是否还需要继续经营的生存危机。显然，在中国高速公路和高速铁路快速成网的今天，九寨黄龙机场的生存危机不是个案，四川攀枝花、西昌、云南普洱、河北承德等机场也呈现断崖式下降。在一个追求市场规模的航空运输市场，外部环境的微小变化对于旅客吞吐量在 50 万以下的微型机场都是难以承受之重。

但是，中国民航中小型机场一定是中国民航运输体系的重要组成部分，良好而健康的中小型机场发展态势才能为中国民航的强国建设注入持久的增长动力。

发展之困四：中小型机场增收之困。

中小型机场受制于规模限制，注定了收入规模也极为有限。在财政部和民航局制定的《民航中小机场补贴管理暂行办法》中明确指出：“中小型民用机场作为社会公益性基础设施提供普遍服务，保障民航机场正常运营和持续协调发展，国家鼓励地方人民政府根据实际情况对本地区民航机场运营给予支持。”各级政府对小型机场的市场定位是极其清晰的，政府部门深刻理解中小型机场的增收困境，给予了极大的财政支持。2013～2025 年给予中国民航中小型机场的财政补贴资金累计达 205 亿元，其中 95 个机场获得的补贴资金超过 1 亿元。根据最新公布的 2025 年中小型机场补贴方案，122 个中小型机场获得的年度补贴金额超过 1000 万元，中央给予的财政补贴已成为中小型机场重要的收入来源。但是，财政补贴资金方案无论如何优化细分，也很难从根本上解决中小型机场的增收之困。

中小型机场发展建议

到 2024 年底为止，中国高速公路

总里程 18.36 万公里、高速铁路 4.22 万公里、民航运输机场 263 个，中国多层次综合交通网络运输体系已经成形。中国中小型机场的业务面临高铁或者高速公路的巨大挑战，服务地方经济发展能力面临被高铁或者高速公路替代的风险，部分机场已经从地方经济的“造血者”变成了地方经济的“失血者”，中小型机场发展状态良莠不齐。面对新发展环境和新发展格局，需要行业主管部门、地方政府以及中小机场共商共建中小型机场自主经营、自我完善、自我发展的机制，努力实现中小型机场系统可持续发展，助力中国现代化建设。为探讨中小型机场持续发展路径，笔者基于前文对中小型机场发展现状的分析，提出以下建议：

一是拓宽中小机场增收渠道，建议设立面向旅客征收的机场服务费，为中小型机场发展提供稳定可持续的增收手段。

中小型机场营业收入主要来自与航空运输服务有关的收入，而受业务规模的限制以及其他交通方式的分流影响，中小型机场业务收入波动大、稳定性差、增收渠道窄。

现阶段，民航发展基金收入成为中小型机场项目建设重要的资金来源。民航基金从本质上来说属于中央政府性基金，财政部明确提出“优化民航发展基金使用方向，将民航发展基金重点投向不具备市场化条件的公共领域，逐步退出竞争性和市场化特征明显的领域；将航空物流体系建设纳入民航发展基金补助范围；不再对通用航空机场建设和运营予以补贴”。从财政部对民航发展基金的使用与管理来说，民航发展基金并不能直接转换成为中小型机场的收入。因此，财政部和民航局基于“取之于民、用之于民”的理念，将部分民航发展基

▼ 表 7 | 中国中小型机场在各类机场的投入份额

机场类型	2009	2014	2019	2024
一级枢纽	36%	27%	15%	18%
二级枢纽	36%	35%	28%	29%
三级枢纽	19%	26%	41%	38%
中型机场	7%	8%	9%	8%
小型机场	2%	4%	7%	7%
总计	100%	100%	100%	100%

▼ 表 8 | 中国中小型机场旅客吞吐量与历史高值对比

机场规模	机场数量				机场数量比例		
	合计	>0.95	0.75～0.95	<0.75	>0.95	0.75～0.95	<0.75
1000～2000 万	2	2			100%	0%	0%
500～1000 万	5	4	1		80%	20%	0%
200～500 万	28	24	3	1	86%	11%	4%
100～200 万	30	17	11	2	57%	37%	7%
50～100 万	33	16	11	6	48%	33%	18%
50 万级及以下	122	48	15	59	39%	12%	48%
总计	220	111	41	68	50%	19%	31%

对我国民航运输机场发展路径的思考

文 | 柴雨丰 贺强

近年来我国民航运输业取得了众所瞩目的成绩，但作为重要参与方的民航运输机场，存在着均衡发展、运行效率、投资运营管理等发展困惑，需要引起业内的高度重视。

国内机场的发展困惑

一是机场间的发展不均衡。“十二五”规划实施以来，民航迎来了黄金发展十年，机场建设更是如火如荼地进行，投入运营的民航运输机场数量由 2011 年的 178 个发展为 2024 年的 262 个。2011 年到 2024 年，全国民航旅客吞吐量由 6.2 亿人次增长到 14.6 亿人次，千万级旅客吞吐量的机场数由 21 个发展为 40 个。但二八分化明显，2024 年前 40 个机场旅客吞吐量为 12.17 亿人次、占比为 83.4%，而中小机场旅客吞吐量占比并未随着中小机场投入使用数的增加而提高。且中小机场的表现也因区域的不同而分化严重，比如新疆的支线市场异军突起，新疆除乌鲁木齐机场以外的 26 个机场 2024 年旅客吞吐量为 2077.8 万人次，同比增长 30.9%，接近全国平均增速的 2 倍。而川渝地区除天府、双流、江北机场以外的 19 家机场 2024 年旅客吞吐量为 1374.1 万人次，同比仅增长 2.6%。长此以往，个别中小机场将被市场冷落、资产闲置、技改乏力，而大机场“吃”不下只能不断扩建增容，又会加剧不均衡发展。

二是机场整体运营效率不高。受机场的设计及生产组织方式的影响，国内运输机场的服务保障效率较美国有很大的差距。根据上海埃尔坡商业管理有限公司的研究，2023 年中国机场航站楼总面积约 2000 万平方米，仅比美国少 4.7%，其服务旅客数量较美国少 33%。中国机场每平米年均服务旅客 32 人，美国机场每平米年均服务旅客 44 人。要实现机场吞吐量的持续增长，必然通过增加航站楼的数量和面积、增加跑道条数来解决，于是各机场 T1、T2、T3 建设项目纷纷上马。不同航空公司占据不同的航站楼，公司间的互联互通联程衔接不便利。另外，旅客对在国内大机场的出行体验并不满意，旅客在场内的出行占用时间较长，比如安检排队时长、航班的地面滑行及等待时间、地面摆渡时间、上机前及下机后的步行时间较长、国内值机结账预留时间严格等“大机场病”降低了旅客的出行体验。

三是中小机场经营不达预期。各地政府对机场的投资热情高涨，并视其为当地招商引资拉动经济增长的法宝。对于机场投产后的运营预期也信心满满，认为“栽下梧桐树，引来金凤凰”是理所当然的事。实际上机场在投产后要有航空

金以二次分配的方式对中小型机场给予一定额度的补贴，中央政府对中小型机场的补贴就成为一些机场最为重要的收入来源。

但是，由于民航发展基金征收期限的不确定性以及市场经济的深入发展，政府补贴逐步减少可能是一种趋势。为谋中国民航机场收入增长可持续之计，建立与市场经济相匹配的收支管理制度，为下一步取消民航发展基金做好准备，以“谁受益谁付费”的理念，建议国家允许民航机场设置面向旅客征收的服务费，该项服务费征收标准由各地方政府和机场自行设定，支持建立面向旅客收费的动态化机场服务费机制；考虑到中小型机场并不具备规模效应，可以适当提高中小型机场旅客服务费收费标准，拓宽中小型机场的收入渠道，增强中小型机场的持续服务能力。

二是为中小型机场拓宽市场网络提供政策保障，为中小型机场开通枢纽机场创造条件。

行业主管部门已经明确了国内航空枢纽的建设管理体系，建议行业主管部门以区域为基础，创新枢纽机场与中小型机场的互联互通机制，设置枢纽机场的支线航空网络服务面，建立以枢纽机场为核心的枢纽与支线航空互通网络。具体措施可以考虑：一要限定支线机场与枢纽机场的航线距离。比如考虑小型机场与“全方位复合型枢纽”的直飞航线航距不超过 1500 公里，避免出现全国支线机场直飞“北上广”的局面。更远的支线航空，其经济性也难以得到保障。全方位落实民航局布局的“干支通、全网联”航空运输服务体系建设。二要规范支线航空准入与运营机制。为避免支线航空陷入无序“内卷”式竞争，建议行业主管部门规范支线机场的航线准

入机制：同一支线航线上，只有运力在每天两班以上时，才允许第二家承运人进入，以保障支线航线稳定运行，为支线航线有序发展创造更好的市场环境，实现航空公司、机场、旅客的多方共赢。

三是建立小型机场的退出机制。从管理责任划分来看，地方机场建设与管理属于地方政府的职责范围，但是，民航局对机场安全运营负有监管责任。为保障民航机场的安全运营与普惠服务，在机场持续运营期间，财政部与民航局给予小型机场补贴以满足其安全运营的基本要求。从这一管理过程来看，地方政府承担了“生”的责任，而中央政府（财政部、民航局）更多承担了“养”的责任。如果机场能顺利从小型机场成长为中型机场或者大型机场，这些机场有可能为中国民航整体做出更多的贡献。

但是，受制于国内其他运输方式的发展、各地人口经济发展的动态差异，部分小型机场的航空运输服务价值已然减小，其可持续运营机会空间不大，部分在运营机场的市场价值正在快速缩小。同时，未来完全新建的小型机场发展空间也并不乐观。为谋划小型机场持续健康发展，确保民航运输安全运营，行业主管部门应会同地方政府建立小型机场的退出机制，以避免社会资源更大的损失；小型机场的退出机制建立，也可能抑制一些地方新建机场的“冲动”。

我们相信并期待：充满活力而又有持续生命力的中小型机场是中国民航强国发展的重要组成部分，创造健康的中小型机场发展环境对建设民航强国至关重要。■

公司进驻，并且该机场的航线要保持适当的盈利，否则航空公司只能停飞相关航线来控制损失，机场就丧失了后续的市场机会。目前各中小机场旅客吞吐量相对较低，经营结果并不理想，仅 2025 年中央财政对 188 个中小机场安排的专项补贴就高达 24 亿元。可以说，如果没有财政补贴的加持，各中小机场的经营效益将处于揭不开锅的尴尬局面。中小机场对当地其他产业的依附性较强，双方是一个相互成就的关系，单凭一方力量孤掌难鸣。因中小机场的航班量较少，没有基地航空公司驻场，围绕该机场的中转联程没有规模、空铁合作不具条件，机场经不起市场上任何的风吹草动。

四是机场与航空公司的市场逻辑有差异。机场的市场逻辑是积极争取航班量，有量就有相应的收入来源，便能争取到更多的政策资源。而航空公司的航班投放逻辑是该航线要有利润贡献。机场的竞争优势在于区位优势 and 航班通达性，其对旅客吞吐量背后的含金量关注度不高，比如航空公司开通的航线是否盈利、围绕该机场开发的中转产品是否最为便捷。航空公司会通过转场、消减航班、停航等措施止损，从而导致机场赖以生存的

▼ 表 1 | 天府机场及周边机场旅客吞吐量增速比较

机场名称	2024 年同比 2023 年增速
成都天府	22. 5%
成都双流	7. 6%
昆明长水	12. 2%
重庆江北	9. 0%
泸州云龙	5. 7%
宜宾五粮液	2. 0%
南充高坪	-6. 2%
绵阳南郊	-2. 7%
全国全部运输机场	15. 9%

航班量上不去，这是很多中小机场经营状况无法翻身的原因之一。

五是机场间的分工协作有待加强。机场间的传统竞争是流量的比拼，比如国内通航城市对和班次数、开通国际航线条数、过夜飞机数、旅客吞吐量等数据的排名，而对旅客经由该机场进出便捷体验感的关注度不高。因此某些机场片面追求流量数据，期盼航空公司投放宽体机，为了冲全年数据量，会以起降费累进式优惠等为条件请求航空公司保留甚至加开航班，以补贴方式吸引航空公司开通国际航线。于是相邻区域的各机场间形成了同质化的竞争关系，出现机场间流量数据此增彼减的情况。而枢纽机场因其通达性和航班规模化的优势，并在高铁、城市轨道交通等助力下，对周边机场的虹吸效应明显。比如天府机场投产后，陆续吸引了原本在双流、昆明、重庆等机场中转出行的旅客，周边中小机场流量增长出现停滞。因此需要对各机场的定位、分工协作等进一步统筹考虑。

对国内机场的后续工作建议

民航机场具有重资产、回报期长并兼具社会公益性的特点，必须密切关注各地机场规划、建设及运营问题，避免出现有机场而没有航班，有航班而机场又长期亏损的情况。

首先要扎实做好机场中长期规划工作。地方政府对机场的投资热情要降温，城城有机场、市市开通北上广深航班的想法固然美好，但并不具备可行性，必须考虑市场需求、铁路规划和周边其他机场辐射作用的影响。中国有自己的国情，高铁网遍布天下，民航空域资源相对紧张，航空出行并非绝对便捷。根据国铁集团的数据，铁路现已覆盖全国 99% 的 20 万人口以上城市，新增机场并不意味着一定能拉动航空需求和航空出行人口的绝对增加。民航与铁路的市场高度重叠，

项目	全年数据对比		其中：1. 春运数据对比		2. 五一数据对比		3. 端午数据对比		4. 暑运数据对比		5. 国庆数据对比	
	2024年运量 (亿人次)	同比2019 年增速	日均运量 (万人次)	同比2019 年增速	日均运量 (万人次)	同比2019年 增速	日均运量 (万人次)	同比2019 年增速	日均运量 (万人次)	同比2019 年增速	日均运量 (万人次)	同比2019 年增速
民航国内旅客运输量	6. 65	13. 5%	208. 6	14. 5%	199. 4	14. 2%	184. 3	14. 7%	208. 8	21. 1%	229. 9	22. 0%
铁路旅客发送量	43. 12	17. 8%	1208. 9	18. 8%	1835. 3	26. 0%	1534. 9	21. 0%	1452. 7	22. 6%	1875	27. 5%
民航与铁路增速差	-	-4. 3pt	-	-4. 3pt	-	-11. 8pt	-	-6. 3pt		-1. 5pt		-5. 5pt

▲ 表 2 | 民航、铁路 2024 年全年及假期运输数据对比

注：民航国内旅客运输量数据包含港澳台数据，其数据占比较低，在此不予剔除。铁路旅客发送量含国际列车的数据，因国际列车的占比极低，在此不予剔除。

随着铁路提速和铁路产品的迭代升级，铁路的运行优势已转换为市场增量。2024 年民航的运量表现不及铁路，验证了民航的供给不能换回预期流量的结论。现有中小机场为避免在马太效应下被冷落，必须要寻求自己的市场立足点，在当地找到相互依附的产业，在空铁联运方面挖潜，在“干支通、全网联”上做文章。

其次，要打造机场和航空公司良性互动的合作关系。机场是航空服务链条上的重要一环，是民航全流程服务的重要参与者。没有航空公司在机场的运力投放，机场就是一块荒芜之地。只有多数航空公司盈利，机场才能发展壮大。航空公司与机场是唇齿相依的关系，航空公司是机场的衣食父母，机场要挖潜来给基地航空公司创造更多、更好的运行条件。双方之间要紧密围绕服务旅客便捷出行这一初心使命展开深度合作，包括推进股权多元化改革，通过交叉持股等方式，促进双方发展诉求的一致性，让机场能更好地服务航空公司的航网战略。鼓励航空公司投资入股新建、改扩建机场，使机场的功能设计更符合用户的需求。机场的改扩建速度与全民航的机队引进速度、空管的保障能力等相互匹配，避免机场超前建设。研究机场根据旅客出行的便捷体验度向航空公司执行动态收费标准的可行性。

第三，要对中小机场形成长效管理机制。各中小机场运营主体当务之急是找准自己在

整个机场群中的功能定位，提升自身盈利能力。要努力挖潜，联合当地政府在会展、特色文旅、土特产品营销、自媒体推广等方面发力，发挥机场的名片效应。同时要积极进行供给侧改革，如果过了市场培养扶持期，机场的运营还是没有根本起色，要回顾机场的规划立项报告，分析外部环境是否发生了根本性变化，并据此对机场下一步的运营方案进行决策。

第四，要积极推行机场便捷旅客出行方案。各机场要形成自己的核心竞争力，重点要围绕在整个航空出行服务链条上发挥正向作用、提高旅客便捷出行体验这一初衷使命。因此机场建设方案务求简单实用，摒弃高大上的理念，注重机场基本功能和旅客便捷出行的核心诉求，必须考虑与高铁、城市交通的接驳，在低空经济方面预留发展空间。虽然国内机场的值机结载时间较国外大机场的结载时间没有差距，但国内航班面对高铁竞争、空域资源紧张的影响，必须协调各驻场单位争分夺秒来压缩航空旅行总的出行时长，比如在结载时间、安检、通关、空管放行等方面进一步提高运行效率。充分发挥机场智慧运营场景应用，对宽体机、载客量大、商务客人比重高的进出港航班应优先安排近机位、优先放行。对于紧急救助、活体器官运输、VIP 等航班，应以客户需求为第一考量因素按需分配机位，协调各联检单位就近提供服务、优先放行。■

全球商用飞机产业复苏之路 依旧挑战重重

文 | 冯鲁文 杨敏 赵晔琳

2024 年，全球大型商用飞机市场再度受到冲击。虽然全球民用航空航线逐渐恢复，客运量小幅增加，但是大型商用飞机生产情况不容乐观。2024 年，全球大型商用飞机总交付量同比下降 11.8%，新增净订单同比下降 66.5%。新产品方面，空客 A321XLR 通过美国联邦航空管理局（FAA）和欧洲航空安全局（EASA）的适航认证，并于 2024 年 11 月 15 日完成首次商业航线飞行；俄罗斯 MC-21 飞机研制进度再度延期，国产 PD-14 发动机和国产型飞机均处于取证试验阶段，首架交付已延至 2025 年。截至 2024 年底，国产大飞机 C919 共交付 16 架，于 12 月 19 日迎来里程碑时刻，累计承运旅客突破 100 万人次。2024 年 11 月 12 日，中国商飞宣布为 ARJ21 飞机增加商业名称 C909。

▼ 图 | 陶冉



全球市场表现

2024 年，空客和波音在商用飞机市场的表现均未达到预期，波音交付量和订单数量大幅下滑，空客交付量未达到年初期望值，同时订单数量远低于 2023 年。横向对比而言，空客公司连续第六年在商用飞机交付和新增订单数量上双双超越波音公司。

总体来看，2024 年全球大型商用飞机交付 1161 架，比 2023 年交付的 1288 架下降了 9.9%，空客占 66.1%，占有绝对优势，相关数据如下表。全球商用飞机新增订单 1383 架，其中波音和空客年度新增净订单总计 1143 架，比 2023 年 3408 架下降 66.8%，而空客以 72.3% 的份额远超波音；截至 2024 年 12 月底，波音和空客积压订单总计 14253 架，其中波音不足总量的 40%。从细分市场表现看，波音和空客各有优势，窄体客机 12029 架积压订单中空客占 64.2%，宽体客机 2224 架积压订单中波音占 58.1%。

具体来看，波音交付量和订单数量骤降，遭遇严重危机。据波音 2025 年 1 月 14 日发布的商用飞机交付数据显示，2024 年波音共交付商用飞机 348 架，比 2023 年下滑近 35%。而空客同期交付了商用飞机 766 架，是波音交付量的两倍多。波音窄体客机交付 265 架，宽体客机交付 83 架，净订单仅 377 架，储备订单 5595 架，较 2023 年减少 31 架。

在过去一年，波音面临了一系列危机。早在 2024 年 1 月 5 日，美国阿拉斯加航空一架波音 737 MAX 飞机在飞行中舱门脱落，紧急返航。这一事件也引发了行业对其安全管理体系的广泛关注。美国联邦航空管理局启动对 737 MAX 系列飞机的生产限制（38 架 / 月）。3 月 4 日，美国联邦航空管理局完成对波音为期 6 周的审查，

发现在制造过程、质量控制等方面存在系统性缺陷。审查报告指出 89 项产品审计中有 33 项未通过，并提出 27 项调查结论和 53 项改进建议，涉及安全文化建设、管理体系优化以及机构委任授权（ODA）等多个关键环节。5 月 30 日，波音向美国联邦航空管理局提交产品质量改进计划，重点从增加工具方法、加强安全文化以及优化生产过程等方面入手，计划设立包括员工熟练度、生产缺陷返工耗时通知等 6 项关键绩效指标，旨在通过提升员工培训和防止不合格部件接收等措施来改善整体生产质量。

2024 年 9 月，波音约 3.3 万名员工开始罢工，持续到 2024 年 11 月，严重拖后了波音既定的生产计划。在罢工期间，波音 10 月还宣布裁员 10%，总计达 1.7 万人，导致除 787 外其余的三型飞机总装线

▼ 表 | 2024 年国内外大型商用飞机交付和订单数量（单位：架）

机型	2023 年交付	2024 年交付	增幅	2024 年净订单	2024 年年底积压订单
737	396	265	-33.1%	242	4303
747	1	0	/	0	0
767	32	18	-43.8%	23	109
777	26	14	-46.2%	62	464
787	73	51	-30.1%	48	719
波音合计	528	348	-34.1%	377	5595

A220	68	75	10.3%	-9	516
A320	571	602	5.4%	615	7210
A330	32	32	0%	82	230
A350	64	57	-11%	138	702
空客合计	735	766	4.2%	826	8658

C909	22	35	59.1%	40	137
C919	3	12	300%	200	1216
商飞合计	25	47	88%	240	1353
总计	1288	1161	-9.8%	1383	15606

停产，直到 12 月初 737 MAX 生产线才重启。尽管 12 月商用飞机交付达 30 架，高于 11 月和 10 月，但这仍然无法掩盖波音遭遇严重危机。

空客交付量未达预期，供应链面临巨大挑战。2024 年，空客向全球 86 家客户交付了 766 架商用飞机，虽然未能达到其最初设定的 800 架以及后来修订的 770 架交付目标，但在当前供应链复杂多变的背景下，这一成绩远超波音。截至 2024 年底，空客储备订单 8658 架，较 2023 年增加 50 架。从飞机类型看，窄体客机 A220 交付 75 架，相比 2023 年的 68 架有所增加，在市场上有强劲需求；A320 系列作为空客的明星产品交付 602 架，较 2023 年的 571 架略有提升，继续巩固连续 6 年的领先地位。宽体客机 A330 系列飞机交付 32 架，与 2023 年持平；A350 系列交付 57 架，较 2023 年的 64 架有所减少。

2024 年，空客面临供应链等方面的巨大挑战。A320 系列飞机使用的 LEAP-1A 发动机因供应商 CFM 国际公司的交付延误，导致大量未安装发动机的飞机积压在法国图卢兹和德国汉堡的工厂，影响了 A320 系列飞机的交付。

2024 年 12 月，为了完成年交付目标，空客与 CFM 国际公司达成协议提前接收部分发动机，但这一举措导致 2025 年初发动机库存不足，可能会对 2025 年的整体交付量造成影响。

重点产品进展及重大事件

波音、空客分别与势必锐达成收购协议。2024 年 7 月 1 日，波音公司宣布以全股票交易形式完成对主要供应商势必锐航空系统公司的收购，交易总额约为 47 亿美元。同时，空客公司也于同期宣布以象征性价格收购势必锐的相关业务资产。此次并购波音不仅获得了与其商业、国防及售后业务相关的资产，还承担了势必锐约 35 亿美元的净债务。而空客则以 1 美元的价格收购了包括 A350 机身、A220 机翼等关键部件在内的生产线，这些生产线分布于美国、法国、北爱尔兰和摩洛哥。2024 年初以来，波音因连续发生多起飞机质量安全事故，决定收购势必锐以重构生产体系，加强对产品生产质量的管控能力。

波音 777-9 审定试飞工作再次延期。2024 年 7 月 12 日，在获得美国联邦航空管理局型号检查核准书后，波音在美国联邦航空管理局飞行员参与下，对波音 777-9 飞机开展首次审定试飞，持续进行了 1 小时 52 分。波音 777-9 飞机是全球在研最大的双发宽体飞机，采用折叠机翼、大推力发动机等先进技术，载客达 426 人，航程 13500 公里。8 月 16 日，波音 777-9 三号试飞机在完成 5 小时 31 分的取证试飞后，发现一台 GE9X 发动机的推力连杆（发动机与机翼之间的传力结构）断裂，另两架试飞机在进一步检查后也发现类似问题，随后波音暂停该机型取证试飞。

空客 A321XLR 取得 EASA 和 FAA 的型号合格证，并正式投入运营。2024 年 7 月 19 日，空客宣布 A321XLR 远程窄体飞机（配装 CFM 国际公司 LEAP-1A 发动机）取得 EASA 型号合格证。该机基于 A321neo 飞机，通过增加后中央翼油箱，并对起落架、机体结构进行适应性更改，航程达 8700 公里，增加 17.5%，最大载客量为 244 人。

FAA 于 10 月 2 日向空客 A321XLR 颁发了型号合格证。FAA 仅对搭载 LEAP-1A 发动机的 A321XLR 进行了认证，对于搭载普惠 PW1000G 发动机的版本，认证或推迟至 2025 年。截至 2024 年底，A321XLR 已收到 550 多架订单。11 月 14 日，A321XLR 正式投入运营。

俄罗斯全国产型 MC-21 飞机推迟交付，并启动缩短型研制。2024 年 2 月 26 日，俄罗斯预计 MC-21 国产化版本（型号为 MC-21-310）的交付时间将推迟至 2025 年。目前，该机已完成 PD-14 发动机、复合材料机翼以及液压、燃油和防除冰等系统的国产化工作，剩余的 36 个机载系统仍在研发阶段。由于未完成适航认证，原计划 2024 年交付 MC-21 的目标并未实现。9 月 10 日，雅科夫列夫公司公开由于 MC-21 基本型 MC-21-310 超重约 6 吨，导致无法达到设计航程，为此通过缩短机身优化性能。缩短后的版本为 MC-21-210，将比基本型减少一个机身舱段，载客量从原来的 160 ～ 211 人降至 130 ～ 150 人，保持 5000 公里的航程能力。

俄国产型 SJ-100 飞机完成多次测试飞行。2024 年 6 月 10 日，首架原型机 SJ-100（97021 号飞机）从共青城起飞并完成地面检查和测试后首次试飞。首飞测试了飞机的新型国产燃油系统。截至 2024 年底，SJ-100 共完成约 30 次测试飞行。目前，苏霍伊公司正在准备开始测试另外两架 SJ-100 原型机，均配备 PD-8 发动机。

未来市场展望

空客和波音对未来商用飞机市场均表达了积极乐观的态度。2024 年 7 月，两家制造商先后发布了针对未来 20 年的《商用飞机市场展望》和《民用航空市场展望》（CMO），对未来民航市场的区域性需求、

综合研判认为，未来国际民航市场整体具有增长趋势，但是实际增长速率会低于预期；国内民航的增长速率将领先于国际平均水平。

民用飞机需求作出了新的预测。在商用飞机的新增市场方面，二者的预测差异不大：波音预计至 2043 年，全球对新商用飞机的需求将达到 43975 架，相比 2023 年的预测提升 3.2%，其中窄体客机 33380 架，宽体客机 8065 架，机队年复合增长率 3.2%，客运周转量年复合增长率 4.7%。空客预计至 2043 年，将需要 42430 架新飞机，相比 2023 年的预测提升 3.9%，其中包括 33510 架窄体飞机，7980 架宽体飞机。机队年复合增长率 3.1%，客运周转量年复合增长率 3.6%。中国商飞集团预计至 2043 年，全球对新商用飞机的需求将达到 46940 架，全球航空客运周转量年复合增长率 3.8%。

对于国内市场，至 2043 年，针对中国对新商用飞机的需求量和航空客运周转量年复合增长率两个要素，四家制造商预测：波音预计为 8830 架和 5.9%，空客预计为 9520 架和 5.1%，中国航空工业集团预计至 2043 年，全球对新商用飞机的需求将达到 48760 架，全球航空客运周转量年复合增长率 4.8%。中航工业预计为 8834 架（窄体客机 6246 架、宽体客机 1546 架）和 5.8%，中国商飞预计为 9714 架（窄体客机 6881 架、宽体客机 1621 架）和 5.3%。

综合研判认为，未来国际民航市场整体具有增长趋势，但是实际增长速率会低



图 | 博姆超声速公司

于预期；国内民航的增长速率将领先于国际平均水平。但是，受限于 C919 产能问题和波音、空客飞机交付量受限等影响，机队规模、客运周转量的年复合增长率难以达到预测的 5% 水平。同时，根据 2024 年的整体表现，各大公司在 2025 年的预测报告中将可能下调预期。

启示与建议

2024 年全球商用飞机市场表现并不乐观，而中国自主研发的 C919 和 C909 迎来重要发展机遇，生产能力不断提升，订单数量持续增长。国产商用飞机正逐步打破长期以来由美欧主导的市场格局。然而，这也预示着未来市场竞争将更加激烈。据此，提出以下建议。

一是提升供应链国产化水平，同时严守质量底线。当前，在全球供应链格局动荡加剧与严峻的国际竞争环境的背景下，我国民机产业链面临更加严峻挑战，机载系统、发动机等核心部件，以及部分元器件、材料等面临供应风险，亟需总结国外供应链管理经验教训，加速构建自主可控

的国产化供应链生态。与此同时，我国面临民机质量和产能提升的双重考验，应实施覆盖全生命周期的质量提升专项行动，从设计到制造，从技术到管理，任何一个环节都不容忽视，严格监控，排除一切安全隐患，构建具有国际竞争力的质量安全保障体系。

二是加快氢动力飞机研发，布局超声速客机领域。2024 年 9 月，欧盟发布《2035 年迈向新一代飞机的颠覆性技术》，计划研制载客量 100 人、航程 1600 千米、装机功率约 10 兆瓦的氢动力飞机，实现减少碳排放目标。我国应以加快突破轻量化液氢储存系统、氢燃料电池推进系统等氢动力飞机关键技术，尽早推出更大座级的氢动力飞机，力争达到国际先进水平。同时，美国不断推进超声速客机研发，博姆超声速公司的 XB-1 超声速客机验证机已完成 13 次飞行，达到 12171 米高度、马赫数 1.18。虽然我国已开展超声速客机预研工作，形成了一系列概念方案，还应加快研发速度，研制超声速客机缩比验证机，推进相关专项技术验证，尽早推出超声速客机型号研制。■

全球通用航空市场发展态势良好

文 | 王妙香

2024 年，全球通用航空市场继续保持增长势头。通用飞机交付量连续第二年超过 4000 架，销售额超过 300 亿美元。其中，固定翼通用飞机交付量比 2023 年增长 3.0%，创 10 年来新高，交付产品总价值增长了 14.1%；直升机交付量比 2023 年增长 2.5%，交付产品总价值增长 10.7%。制造商方面，湾流公司、庞巴迪公司、巴航工业、西锐公司等交付量均有所增加，德事隆航空交付量下降。

市场表现强劲

2025 年 2 月 19 日，美国通用航空制造商协会（GAMA）在其年度行业状况新闻发布会上发布了《2024 年全球通用航空航空器交付和销售额报告》（以下简称《通航统计报告》）。报告显示，2024 年全球通用飞机交付总价值为 318.7 亿美元，增长了 13.5%。近十年来（2015 ~ 2024 年），年销售额首次超过 300 亿美元，交付量连续第二年超过 4000 架。其中，固定翼活塞通用飞机、涡桨通用飞机和喷气公务机的总销售额为 267 亿美元。从数量看，固定翼通用飞机的交付量达到 3162 架，增长了 3.0%，直升机 1035 架（活塞直升机 210 架，



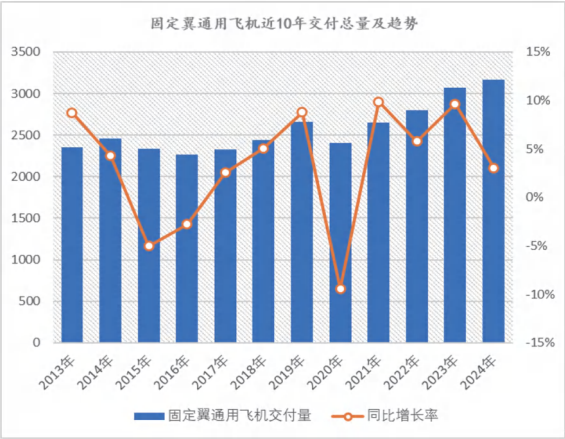
图 | 巴航工业

涡轴直升机 825 架），增长了 2.5%，如表 1 所示。与 2023 年相比，除了涡桨飞机的交付量外，该行业其他细分市场 2024 年的交付量均有增加。

▼ 表 1 | 2024 年度通用飞机交付量和交付额

飞机类型	2023 年	2024 年	增长率
活塞通用飞机/架	1701	1772	4.2%
涡桨通用飞机/架	638	626	-1.9%
喷气公务机/架	730	764	4.7%
固定翼通用飞机总数/架	3069	3162	3.0%
固定翼通用飞机总价值/亿美元	234	267	14.1%
活塞直升机/架	209	210	0.5%
涡轴直升机/架	801	825	3.0%
直升机总数/架	1010	1035	2.5%
直升机总价值/亿美元	46.7	51.7	10.7%

▼ 图 1 | 固定翼通用飞机近 10 年交付量及年度增长率各细分市场表现



▼ 图 2 | 活塞通用飞机近 10 年交付量及年度增长率



根据 GAMA 本次发布的数据手册，近 10 年来，通用航空器年度交付量连续第二年超过 4000 架，其中固定翼通用飞机交付量连续第二年超过 3000 架，在此，只重点分析固定翼通用飞机。固定翼通用飞机近 10 年交付量及趋势如图 1 所示。

2024 年，全球固定翼通用飞机交付量 3162 架，相比 2023 年的 3069 架，增长了 3.0%，交付额从 2023 年的 234 亿美元上升到 2024 年的 267 亿美元，增长了 14.1%。其中在 2024 年第四季度，制造商交付了 993 架固定翼通用飞机，订单金额为 96.11 亿美元，包括 539 架活塞动力和电动飞机，191 架涡轮螺旋桨飞机和 263 架公务机。

各细分市场表现

2024 年，活塞飞机和电动飞机交付量达到 1772 架，占全球固定翼通用飞机交付量的 56%，相比 2023 年的 1701 架增加了 71 架，增长了 4.2%，次于喷气公务机的增长幅度。

单发活塞飞机和电动飞机共交付 1592 架，其中，欧洲交付 464 架，美国交付单发活塞飞机 1169 架。多发活塞飞机交付 180 架，其中，欧洲交付 152 架，美国交付 28 架。

活塞类飞机市场份额增长的主要是西锐公司和泰克南公司，德事隆航空的赛斯纳飞机公司和钻石公司的交付量均有不同程度的下降。2024 年，西锐共交付活塞通用飞机 630 架，相比 2023 年的 612 架，增长了 2.9%；意大利泰克南交付了 283 架，2023 年交付 244 架，同比增长 16.0%。钻石公司交付了 252 架，2023 年交付了 273 架，同比下降了 7.7%；德事隆航空的活塞通用飞机交付量为 281 架，相比 2023 年交付的 297 架，减少了 5.4%。

2024 年，全球涡桨通用飞机交付量

626 架，占全球固定翼通用飞机交付量的 19.8%（2023 年的占比 21%），其占比也在逐年下降，相比 2023 年交付的 638 架，减少了 12 架，下降了 1.9%。

瑞士皮拉图斯公司 PC-12 交付了 96 架，低于 2023 年的 101 架，下降近 5.0%；德事隆航空“空中国王”系列交付量 44 架，比 2023 年的 56 架减少了 12 架，下降近 21.4%；德事隆航空“空中快车”交付量 13 架，比 2023 年的 18 架减少了 5 架，下降近 28%。

涡桨通用飞机交付量增加的主要是空中拖拉机公司（Air Tractor）、大合集团、派珀公司、美国史诗（Epic）飞机公司、比亚乔公司等。空中拖拉机公司交付了 202 架，相比 2023 年的 196 架，同比增长 3.1%；大合集团交付量增加了 8 架，达到 82 架，增长近 11%；美国派珀公司交付量增加了 2 架，达到 62 架。美国史诗（Epic）飞机公司交付了 26 架 E1000 GX 飞机，相比 2023 年的 17 架，增长了 52.9%；比亚乔交付了 4 架“前进”（Avanti）P.180 Evos 飞机，2023 年只交付了一架。

2024 年，全球喷气公务机交付 764 架，占全球固定翼通用飞机交付量的 24.2%（2023 年的占比 24%），其占比略有增加。交付量相比 2023 年的 730 架增加了 34 架，增长了 4.7%。

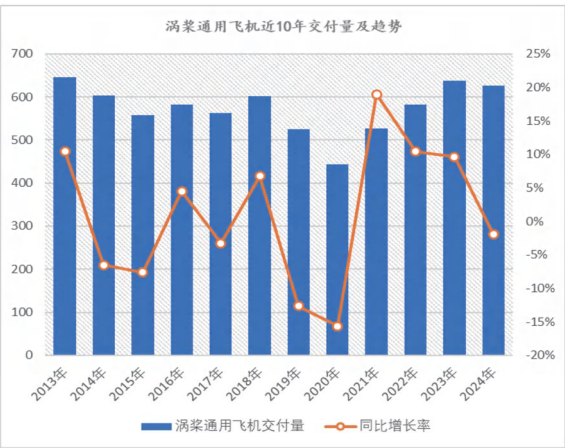
加拿大庞巴迪、巴西航空工业公司、法国达索、美国湾流的交付量均有所增加，德事隆航空 2024 年的交付量下滑。庞巴迪公务机交付 146 架，包括 73 架“环球”飞机和 73 架“挑战者”3500 和 650 飞机，相比 2023 年的 138 架，增长 5.8%；巴航工业公务机交付 130 架，相比 2023 年交付的 115 架，增长 13%；湾流公司公务机总交付量达到 136 架，增长 22.5%；达索公司共交付了 31 架猎鹰公务机，2023 年交付了 26 架，增长 19.2%。

北美市场仍占据半壁江山

根据《通航统计报告》，从通用飞机交付地区来看，2024 年北美占全球交付量的 70.4%，继续占据全球通航飞机交付量主导地位，占比份额略有降低；第二为欧洲，占全球交付量的 12.9%，相比 2023 年的 11.9% 有所增加；第三是拉美地区，占全球交付量的 7.7%，相比 2023 年的 7.0% 有所增加。

活塞通用飞机领域，北美地区一直占主导地位，2024 年依然是最主要的市场，占比超过 77.7%，相比 2023 年 77.1% 的份额略有增加，达到近几年的最高水平。欧洲占比 11.7%，相比 2023 年 9.5% 的份额有

▼ 图 3 | 涡桨通用飞机近 10 年交付量及年度增长率



▼ 图 4 | 喷气公务机近 10 年交付总量及年度增长率



所增加，趋近 2022 年的占比，欧洲地区连续三年超过亚太地区，成为活塞飞机领域的第二大市场。亚太地区占比为 4.7%，相比 2023 年的 7.2%、2022 年的 9.7%、2021 年的 14.4%，占比下降幅度较大，并呈现逐年降低趋势，成为第三大市场。

涡桨通用飞机领域，仍然是北美地区占主导地位，2024 年占比 54.3%，相比 2023 年的 53.6% 略有增加；第二大交付市场是拉丁美洲市场，占比 19.0%，相比 2023 年的 16.0% 增加幅度较大，是继 2023 年落后欧洲市场后的再次反超，又一

次成为第二大市场，已连续第四年超过亚太地区；欧洲地区占比 15.7%，相比 2023 年的 16.9% 略有降低，排名第三。从图 7 中可以看出，亚太地区近几年涡桨通用飞机的采购占比越来越少。

喷气公务机领域，北美地区一直居全球首位，其次是欧洲地区。从增长趋势看，北美在全球的比重呈上升趋势，而亚太地区、拉丁美洲地区占比波动性较大。

2024 年北美占全球交付量的 69.4%，2022 年已经恢复到疫情前水平，这一市场份额持续扩大，2024 年的份额有所下降，但仍高于疫情前水平；欧洲是公务机交付量的第二大市场，占比 13.0%，相比 2023 年的 12.1% 有所增加；中东和南非市场占比 6.9%，相比 2023 年 2.7% 的份额大幅增加，并超过亚太地区，位居第三。亚太地区占比 5.9%，相比 2023 年的 5.5% 略有增加，位居第四。

到 2800 亿美元（比去年的预测有所增加），其中 1/3 是像湾流 G700 这样的大客舱公务机，占预估总价值的 2/3。该公司 2022 年和 2023 年的调查也将 10 年的需求定为 8500 架公务机，但 2019 年疫情前调查估计 10 年内将需要 7600 架新公务机。新公务机的 5 年采购计划与 2023 年的调查相当，约占目前公务机机队的 18%。2025 年新公务机交付量预计将比 2024 年高出 12%。从交付地区来看，霍尼韦尔预计在未来 5 年内，北美客户将获得 66% 的公务机交付量，欧洲客户将获得 13%，拉丁美洲客户将获得 10%。亚太地区的客户将获得 5 年交付量的 7%，而非洲和中东的客户将获得 3%，低于 2023 年调查的 6%。

蒂尔集团预计 2025 年公务航空市场将实现两位数增长。蒂尔集团发布的《世界军用和民用飞机简报》预计 2025 年市场有望延续 10% 增长态势。根据预测，2025 年到 2034 年间，公务机交付量将达到 10693 架，总价值 2735 亿美元。与 2024 年的 10 年展望相比，这一预测略有下调（下调了 0.1 个百分点）。数据显示，2024 年全球公务机交付量同比增长 3.2%，达到 1045 架，交付金额跃升 12.1%，达到总价值 256 亿美元。蒂尔集团预计，2025 年公务机交付量将增长 5.8%，达到 1106 架，交付金额将飙升 10.1%，达到 281.9 亿美元。

根据以上几家机构发布的公务机未来预测报告，达成一致共识如下：一是未来对新型公务机的需求将持续增长；二是 2025 年公务机交付量预计同比增长 10% 左右；三是未来 10 年，公务机交付总价值 2800 亿美元左右。

根据 GAMA 近几年发布的通航数据统计报告，自疫情之后，活塞通用飞机的交付量增长较快，2024 年的增长势头有所减缓，预测 2025 年的增长率保持在 4% 到 5% 之间；涡桨通用飞机自疫情之后到 2023 年一

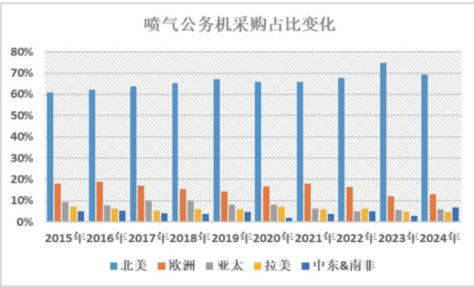
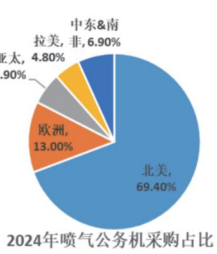


图 8 | 各地区喷气公务机采购占比情况

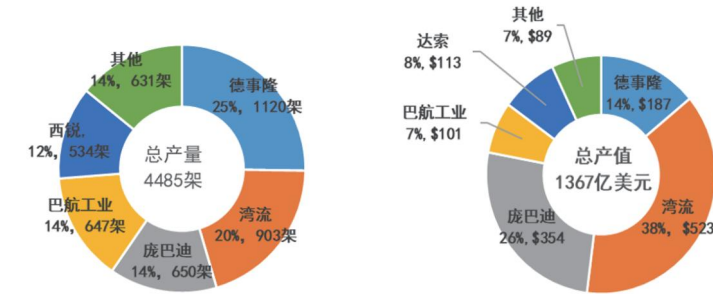


图 9 | 公务机未来 5 年市场份额（2025 ~ 2029）

直保持较快的增长趋势，但 2024 年的交付量略有下降，根据其近 10 年的交付量变化趋势，涡桨通用飞机的交付量起伏较大，预计年增长率保持在 -2% 到 3% 之间；喷气公务机近几年的交付量保持稳定，增长比较平稳，但 2024 年度增幅最大，可能与新机型的加速交付有关，预计年增长率不超过 5%。

从通用飞机的交付地区分布来看，无论是活塞飞机、涡桨飞机还是喷气公务机，北美依然会占据全球通航飞机交付量主导地位，从增长趋势看，北美在全球喷气公务机领域的比重呈上升趋势；活塞飞机领域，欧洲地区连续三年超过亚太地区，成为活塞飞机领域的第二大市场，亚太地区占比在逐年下降，成为第三；涡桨飞机领域，拉丁美洲市场继去年落后欧洲市场后又一次反超，成为涡桨飞机领域第二大市场，拉美市场已连续四年超过亚太地区，预计后续继续保持第二的位置。■

图 5 | 各地区固定翼通用飞机采购占比情况

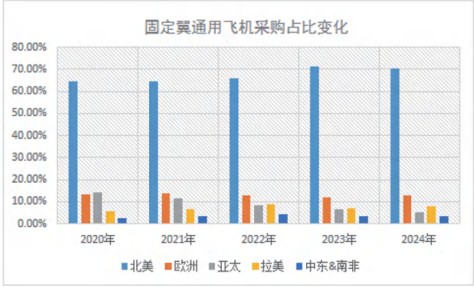
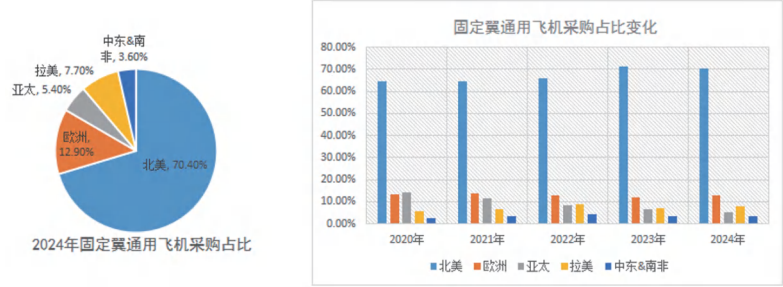


图 6 | 各地区活塞通用飞机采购占比情况

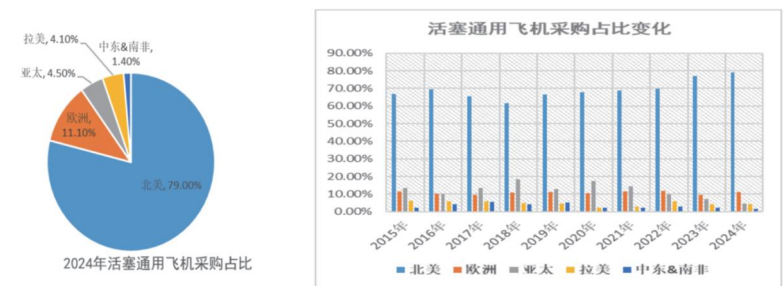
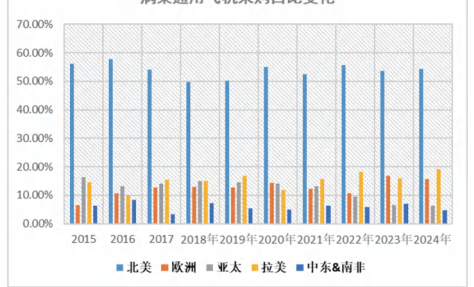
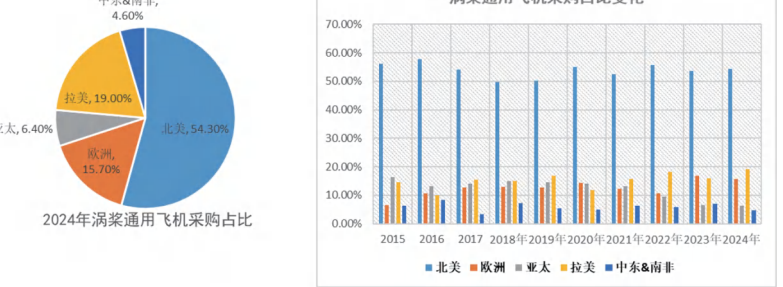


图 7 | 各地区涡桨通用飞机采购占比情况



商用飞机复合材料液氢储罐的研发与创新

文 | 陈济衍

2022 年，荷兰复合材料液氢储罐联合研究团队获得荷兰政府为期 45 个月研究项目的资助，旨在 2025 年完成用于商用航空领域的全复合材料长寿命储罐技术验证。联合研究团队由东丽先进复合材料公司牵头，荷兰皇家国家航空航天研究所参与，此外还包括 Airborne、ADSE、GKN Fokker、KVE 等 14 家荷兰复合材料相关企业作为合作伙伴共同参加。团队正在完善材料和工艺知识与能力，包括低温测试、自动纤维铺放与焊接、储罐优化设计和软件、储罐组件（如防晃挡板和管路）的制造与组装，以及用于监测预浸带质量、储罐内部温度、体积以及储罐系统内氢泄漏的新型传感器等。

▼ Airborne 的自动铺层系统，适用于自由形状、多材料拼接坯料



材料、低温和子部件测试

复合材料是实现结构减重的关键，而减重是氢动力系统超越现有燃料方案并实现商用航空长期脱碳的关键。东丽公司为液氢演示验证储罐提供热固性和热塑性碳纤维复合材料，其工作重点是为项目合作伙伴提供低温性能数据，以便保证在 20K（-253°C）的温度下仍能够有效使用材料，以实现更高设计复杂性并优化低温环境性能。东丽还在液氢应用材料低温特性方面取得进展，重点聚焦碳纤维和增韧环氧树脂组成的 TC380 单向带预浸料，以及由碳纤维和低熔点聚芳醚酮（LMPAEK）组成的热塑性 Cetex TC1225 单向预浸带。

在该项目中，荷兰皇家国家航空航天研究所使用低温试验室，按照标准检测方法在 20K 温度下研究复合材料及其他材料静态力学性能监测能力。项目完成后，预计荷兰皇家国家航空航天研究所不仅能够对材料进行力学性能测试，还能对 20K 温度下的复合材料元件和子部件进行力学性能测试，并能完善超低温条件下动态力学性能测试能力的理论知识。相关工作获得的数据可用于了解复合材料在极低温度下的性能发挥，辅助大型液氢储罐设计研究。

预浸带质量监控

液氢存储应用中的预浸带质量至关重要，结构缺陷可能会导致微裂纹和泄漏率增加。纤维铺展、树脂含量和树脂分布是主要影响因素，尤其是对于薄层材料。

代尔夫特理工大学投资的独立开放式研究设施——代尔夫特预浸带实验室（Delft TapeLab），开发和改进创新制造方法与检测技术，用于研究复合材料单向预浸带及其应用，其中一项重要成果是使

用涡流 / 感应技术识别热塑性复合材料预浸带缺陷和变化的检测系统。该系统的传感器将首先集成到 TapeLab 的预浸带生产线中，预计后续将进一步实现工业化。检测到的缺陷类型、尺寸和频率将用于改进预浸带生产线的工艺控制，包括张力、熔体温度等参数。此外，这种检测技术将实现生产预浸带的数字孪生，从而提高后续工艺的可预测性和质量。

自动纤维铺放与连续超声波焊接

自动纤维铺放技术和自动焊接是项目中的关键工艺。代尔夫特理工大学和 SAM XL 的研究人员正在努力利用后者在热塑性复合材料自动化和工艺开发方面的专业知识和经验，完善自动纤维铺放原位固结单向带和超声波焊接等技术。

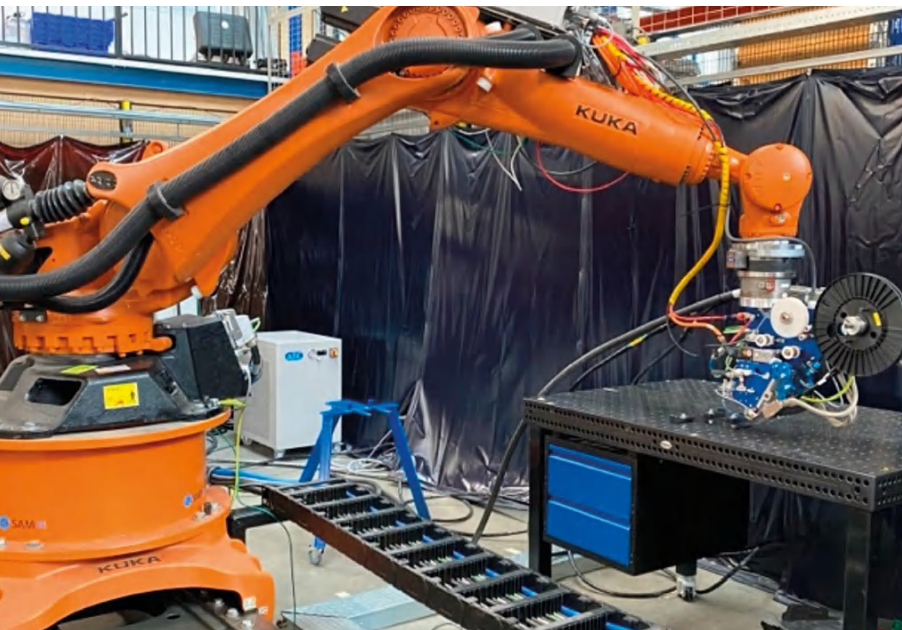
用于自动纤维铺放的 Humm3 系统。Humm3 由英国 Excelitus Noblelight 公司开发，是一种氙气闪光灯，每秒脉冲多次，能够为自动纤维铺放和纤维缠绕提供可控热源，其释放功率过去只有激光才能提供。SAM XL 公司与代尔夫特理工大学的这项研究利用带有集成 humm3 系统的自动纤维铺放头，使用东丽公司 145 克 / 平方米碳纤维 /LMPAEK 材料，确定可控参数（如脉冲长度、频率和功率）对加热热塑性复合材料单向带的影响。作为荷兰第一家获得 Humm 系统的研究所，荷兰皇家国家航空航天研究所正在与联合研究团队分享经验，降低技术投资风险。

连续超声波焊接。热塑性复合材料结构的机器人焊接是 SAM XL 的另一个关键专业领域。对于荷兰液氢复合材料储罐项目，SAM XL 正在进一步开发连续超声波焊接，用于装配热塑性复合材料储罐端盖和其他结构。对于液氢储存，连续超声波焊接可以提供高质量的液体密封接头，与

粘合剂粘合相比，焊接在获得适航认证方面更具优势。由于预计将需要批量制造储罐，因此工艺自动化是实现高质量水平的关键。项目中的另一目标是提高连续超声波焊接技术工业化水平。

矩形储罐感应焊接

KVE 复合材料公司为联合团队带来了成熟研发经验，其中包括开发用于储存和运输液化天然气的热塑性复合材料低温储罐，其中标准化组件（如平板、L 型槽和角型槽）通过感应焊接成功组装成矩形储罐并进行低温性能测试。虽然液氢与液化天然气具有不同的温度和渗透性要求，但 KVE 建议使用由东丽 Cetex TC1225 预浸带制成的类似分段储罐方法。焊接样品已在低温条件下成功测试了液氢渗透性，为了将附件连接到单向预浸带储罐层压板上，KVE 建议使用压缩成型的短切纤维增强复合材料来制作附件，然后将其焊接到单向预浸带储罐上。短切纤维增强层压板也正在接受液氢渗透性测试，取得良好效果。



大型飞机燃料箱设计与缠绕成型软件

GKN Fokker 公司领导根据欧洲航空安全局 CS-25 认证规范定义的大型飞机平台氢储罐设计，正在与其他项目伙伴合作开发定制化设计与工艺，将热塑性和热固性复合材料应用于储氢罐的内罐与外罐。TANIQ 是合作伙伴之一，该公司开发了用于设计和制造厚壁复合材料压力容器的软件和机器人缠绕技术。TANIQ 已发布其用于纤维缠绕的 TaniqWind Pro 软件，具有先进的复合材料设计和制造功能。在项目期间，TANIQ 公司重点从机器人缠绕成型扩展到结合自动铺放局部增强材料的混合解决方案，目前正致力于扩展软件功能，以设计、分析和制造复合材料压力容器的局部增强材料。为了支持该方案的应用，TANIQ 为其机器人缠绕系统开发了自动纤维铺放接头。

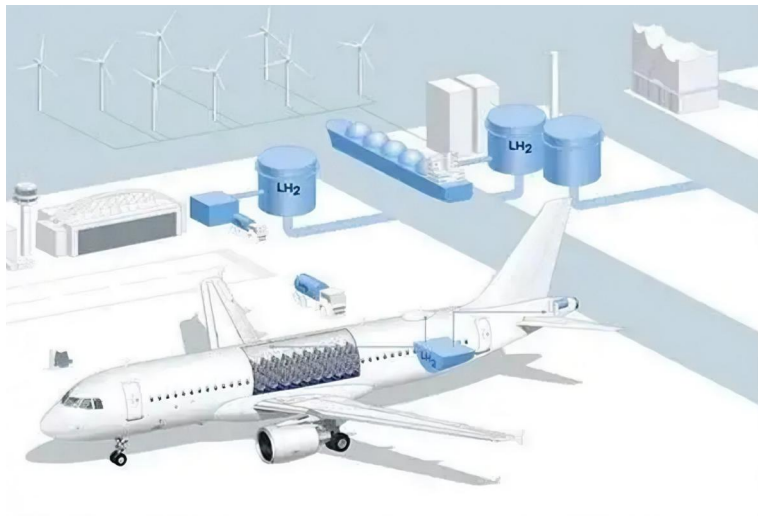
2024 年，GKN Fokker 完成了其大型液氢复合材料储罐设计工作，并将于 2025 年开始制造缩比储罐组件。其中，外罐将采用东丽 TC380 碳纤维 / 增韧环氧树脂单向带的纤维缠绕技术制造，包括一个带有一个集成圆顶的圆柱体和一个将粘合到圆柱体上单独的半球形 / 椭圆形圆顶。六轴纤维缠绕系统可以严格控制缠绕过程。由于外罐在深真空压力下装载，因此需要较高的抗屈曲性能。同时，正在探索包括夹层或等网格结构在内的概念，以优化刚度和重量。内罐由一个圆柱体和两个半球形圆顶组成，采用东丽 Cetex TC1225 单向带和自动纤维铺放工艺制成，随后在烘箱中进行真空袋固结。热塑性复合材料可通过传导焊接实现无紧固件组装，还可确保圆顶区域气密性，整个制造周期显著缩短。高端复合材料和智能设计解决方案的结合使燃料箱系统拥有可观的重量控制。

小型飞机燃料箱及未来认证

荷兰皇家国家航空航天研究所为小型飞机开发了一种 85 升的原型燃料箱。该油箱直径为 400 毫米，长 1.1 米，可装载五千克液氢，工作压力为 5 巴。内罐将采用东丽 Cetex TC 1225 单向带制成，外罐将采用东丽 TC346 高温碳纤维 / 环氧树脂单向带制成。大多数组件将采用自动纤维铺放和热压罐固化成型制造，某些特定部件将采用冲压或压力固化制造。燃料箱将使用 95% 的复合材料，5% 的金属则主要用于管路系统。2025 年将制造三个原型燃料箱——其中两个将用于 2026 年上半年的地面验证测试，第三个计划装载至荷兰皇家国家航空航天研究所推出的 Pipistrel Velis Electro 飞机中。

荷兰皇家国家航空航天研究所还与项目合作伙伴 ADSE 合作，着眼于未来的认证。ADSE 分析了飞机性能和认证要求，并将根据预期法规评估测试结果，其中包括针对 10 巴内部压力的最低要求进行爆破压力测试、填充和提取测试以及热泄漏和失效时间确定，防火和液氢晃动测试等也在考虑之中。ADSE 还正在开发一种方法来规范自动化生产流程，支持具有成本效益的燃料箱制造。

选择成熟材料与制造技术是控制风险并实现复合材料液氢储罐快速升级的策略。延续该策略的关键是开发新的计量、传感方法，以最大限度地防止热泄漏。在项目中，Somni 解决方案公司和 Photon First 公司正与荷兰皇家国家航空航天研究所密切合作，开发一种用于监测氢应用的防爆传感器系统。技术可行且成本可控的解决方案包括通过将所有管路、传感器等反馈装置集中在真空绝缘连接处，最大限度地减少对内罐的热传导。该解决方案在燃料箱层面的验证测试计划于 2026 年进行。



Somni 公司的重点是推进传感器的开发与创新，应对低温和爆炸性环境的独特挑战。公司开发了用于光纤、防爆低温测量的传感器以及加速计，如用于检测振动和冲击安全性等。Somni 设计了一种新的氢液位传感器，能够在低温条件下运行，以准确确定此类储罐中剩余的液氢储量。此外，Somni 还开发了一款 0 ~ 10 巴的低温压力传感器和一款氢检测传感器，能够快速、可靠、高效地检测关键位置的潜在氢泄漏。多个传感器可以永久安装在靠近管道、阀门、仪表和储罐等连接处的位置。完全被动触发的传感器经过独立评估，在 30% ~ 100% 的高氢浓度下保证安全运行。

Photonfirst 专注于询问器技术开发，该公司研发的光学安全系统可连接到传感器网络，能够执行机载算法 / 信号处理，以便直接做出决策。该系统小型化，适合永久性燃料箱集成，可扩展进行批量生产，并计划通过飞行测试开展适航鉴定。

荷兰皇家国家航空航天研究所在上述项目中发挥着核心作用，负责监督系统和传感器测试，同时指导将技术集成到储罐中。此次合作标志着在确保航空航天工业氢能应用的安全性和效率方面迈出了重要一步。■

航空业非二氧化碳影响的探索

文 | 张京楠 李腾博

2021 年，英国政府发布的《净零战略》制定了 2050 年实现英国全经济部门脱碳的顶层计划。该战略认为，在 2050 年，航空业预计将成为英国最大的排放部门之一。航空业是一个减排压力很大的行业，不仅因为航空脱碳技术仍处于早期开发和商业化阶段，而且技术变革在投入商业使用前需要通过严格的安全测试。2022 年 7 月，英国运输部在范堡罗航展期间发布了航空零排放（Jet Zero）战略。尽管该战略的行动和成果主要集中在减少二氧化碳排放上，但该战略也明确指出需要解决航空业的非二氧化碳影响。航空业的非二氧化碳影响情况复杂且持续时间各异，包括颗粒物（烟尘）、硫气溶胶、水蒸气和氮氧化物等。受限于目前有限的科学认知，非二氧化碳对气候的影响远比二氧化碳的影响更具不确定性。目前英国政府和业界的共识是，航空业的非二氧化碳影响可能占气候有效辐射强迫的约 66%（或比二氧化碳造成的净变暖率高出 2 至 3 倍）。另一方面，可持续航空燃料和氢气已被提议作为标准航空燃油的替代品，以减少二氧化碳排放。然而，目前它们的非二氧化碳排放情况尚不确定（尤其是氢气），因此迫切需要更好地了解这些替代燃料产

▼ 图 | byteclicks.com



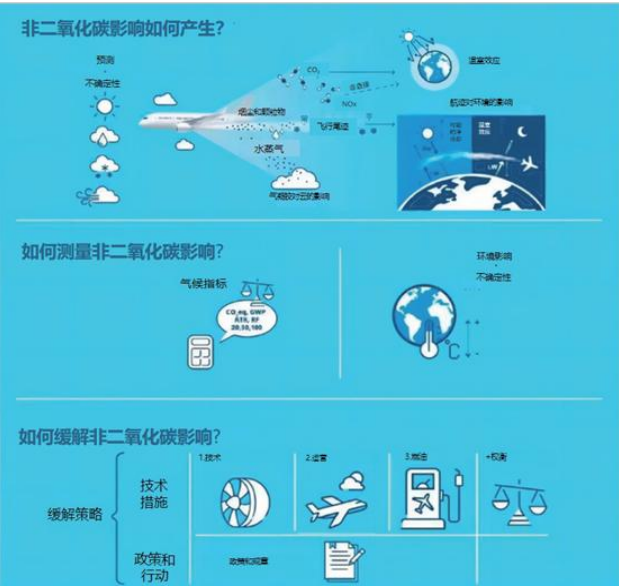
生尾迹的机制。此外，与二氧化碳排放不同，尾迹卷云的寿命较短（几个小时），减少非二氧化碳排放的举措将对地球产生即时的降温效果。这为迅速减轻航空业对全球变暖的影响提供了一个独特的机会。为此，开展进一步的研究以增进科学认知，是增强政府和行业在飞机技术、制造、燃料生产以及更广泛的航空运营方面开展投资和政策决策信心的必然选择。

2023 年，英国政府宣布为航空非二氧化碳影响的基础和工业研究提供资金。当年 10 月，英国自然环境研究理事会（NERC）、英国交通部（DfT）和英国商贸部（DBT）联合开展了一项针对航空的非二氧化碳排放基础科学研究项目。该项目针对多种类型的航空排放开展研究，支持技术成熟度 1 ~ 4 的 2 年期基础研究项目，总计经费共计 1000 万英镑（约 1 亿人民币），其中政府投入 80%。项目申报于 2024 年 1 月结束，目前已有 10 个项目成功立项并开始执行，本文将对这些项目进行介绍。

主要研究项目

航空氮氧化物排放对气候的影响。项目研究由雷丁大学牵头，政府投入经费 61 万英镑。本项目的主要目标包括：开展改进研究，使飞机发动机制造商能够就是否需要改进燃烧室设计以减少氮氧化物排放做出更明智的决策。描述航空业氮氧化物的环境净响应特征，并改进对有效辐射强迫效应的量化方式。确定航空情景所引发的有效辐射强迫在全球和半球范围内的温度响应。

尾迹观测和生命周期跟踪。项目由帝国理工学院牵头，政府投入 80 万英镑。项目三个核心内容为：在英国南部的测量活动，对单个飞机的尾迹形成进行高分辨率观测，在其生命周期的最初几个小时内描述尾迹的形成和扰动云的特性。利用卫星观测，



▲ 图 | 航空非碳影响概述（来源：《目标 2050》路线图）

使用新技术来描述飞行后一小时到几天的轨迹和云的发展。基于研究自然卷云的技术，这将产生尾迹生命周期的完整特征，以及在全球范围内对航空气溶胶对现有卷云影响的首次估计。与来自飞机运营商的飞行数据结合形成尾迹完整的生命周期特性，以产生专门用于评估飞机尾迹形成模型的独特数据集。

未来飞机和推进系统架构的尾迹评估。项目由南安普顿大学牵头，政府投入 82.9 万英镑。项目旨在开发出不同构型及推进架构选择产生的气候影响评估方法，还将展示先进飞机概念在气候优化方面的进展。通过计算机模拟研究先进飞机架构对尾迹发展的影响，项目将使用一种新的尾迹模拟方法，评估新能源航空技术和运营策略对气候影响的方法，最终将其整合到一款免费软件中。通过引入空客、罗罗等前瞻性的机身和推进系统制造商的参与，本项目将直接指明如何尽量降低未来航空业对气候的整体影响。

可持续航空燃料与氢气燃烧产生的尾迹——从实验室实验到全球减排政策。项目由帝国理工学院牵头，包括由英、德、美、法组成的国际专家顾问团，政府投入 82.9 万英镑。项目 3 个主要内容为：在可控的实验室

环境中，运用先进的光学、激光诊断技术和探头，测量尾迹冰粒子浓度和粒径分布，以量化燃料类型（可持续航空燃料、氢气及其与标准航空燃油的混合燃料）、环境温度和湿度的影响。进行前沿的直接数值模拟和大涡模拟，并结合群体平衡模型，预测排放湍流中冰核形成过程，并将粒子数浓度和冰粒子粒径分布与上述实验中获得的测量结果进行对比。在实际的喷气发动机速度和温度条件下进行大涡模拟。评估不同燃料类型的新尾迹冰数据对全球尾迹卷云有效辐射强迫的影响，生成并模拟不同二氧化碳和非二氧化碳相关政策下的全球航空系统情景，为实现航空净零排放的政策提供指导。

可持续航空燃料的飞行和地面排放测量。项目由曼彻斯特大学牵头，政府投入 92 万英镑。主要目标为：全面量化传统燃料和可持续航空燃料在发动机出口及尾气扩散过程中的燃烧排放和润滑油排放，包括气体以及颗粒物的化学和物理特性。阐明燃烧排放、润滑油排放与冰核形成潜力之间的相互作用，拓展关于 SAF 和润滑油对尾迹形成影响的认知。评估燃烧排放和润滑油排放的老化及相互作用对当地空气质量的影响，为机场社区当前及未来的决策提供参考。开展英国首次飞行“追踪”排放实验，量化飞机在飞行高度使用可持续航空燃料时的“实际”气体和颗粒物排放。建立传统燃料和可持续航空燃料地面测量与高空排放之间经过实实验证的相关性，使现有的国际民用航空组织排放数据库能够更准确地用于预测“巡航”排放。

航空非碳排放度量指标和政策杠杆。项目由曼彻斯特大学牵头，参研方包括挪威的国际环境研究中心，政府投入 58 万英镑。项目具体目标包括：根据最新的最佳知识，计算一系列非二氧化碳排放当量（CO_{2e}）指标中固有的不确定性。对当前多个主流气候模拟器进行基准测试，以描述在相同情景下航空业 CO_{2e} 指标的响应范围。计算技术和运营

响应所隐含的“二氧化碳权衡”范围，以及一系列 CO_{2e} 在指标 / 时间维度下的温度反应，并确定此类方法的局限性。确定 CO_{2e} 指标的最佳形式（例如全球变暖倾向值、全球温度变化倾向值等），以实现适当的降温考量。根据一系列情景、CO_{2e} 指标和时间跨度，计算为满足特定温度响应要求，到 2050 年实现净零排放时，考虑航空业非二氧化碳强迫所需额外去除的二氧化碳温室气体量。研究在一系列排放情景下使用不同 CO_{2e} 指标的结果及影响，并就其使用提出与政策相关的建议。

航迹云和气溶胶对全球气候环境影响的分析模型。项目由利兹大学牵头，政府投入 89 万英镑。项目具体目标包括：进一步拓展英国气象局气候模型的功能，使其能够对航迹卷云和气溶胶 - 云相互作用进行模拟，即首次能够在不同的气候模型中，对这两个重要的航空气候效应进行统一量化和比较分析。运用团队独有的全球航空系统模型，针对使用替代燃料（如可持续航空燃料和氢气）、采用直接空气捕获与封存技术的燃油，以及航迹规避策略等未来航空场景，量化上述气候效应可能发生的变化。借助 FalR 气候模型模拟器，探索并评估最为有效的技术和空中交通管理解决方案。

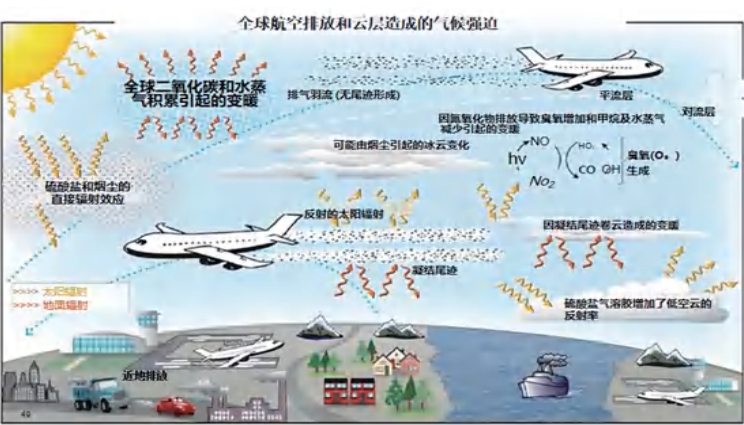
量化并降低航空航迹云辐射强迫。项目由伯明翰大学牵头，政府投入 82 万英镑。本项目将通过量化航迹云的辐射强迫，为权衡制定缓解策略提供依据。比如通过改变航班航线，虽二氧化碳排放会有轻微增加，但可以避免产生航迹云以减少大量的非二氧化碳致暖效应。项目将首次生成大量基于观测的约束条件，以开发航空卷云预测模型，改进对航空卷云的预测并量化其气候影响，为英国气象局和民航局共同制定并实施规避航迹云的权衡策略提供依据。

减少航空排放中的不确定因子：碳氧化物。项目由剑桥大学牵头，政府投入 82 万英镑。航空氮氧化物排放是航空业短期气候强迫因

子气候影响中一个主要的不确定因素。本项目将利用新的氮氧化物实地观测约束条件、一系列最先进的化学—气候耦合模型、科学的排放清单，并通过制定一系列未来可能的新排放情景开展研究，最终限制并降低这一不确定性。通过更好地理解权衡的必要性，找到降低航空业非二氧化碳气候影响的解决方案。

使用可持续航空燃料对航迹云及气候的影响。项目由利兹大学牵头，政府投入 82 万磅。项目的总体目标是量化从标准化石航空煤油 Jet A1 转换为可持续航空燃料时，航迹云辐射效应的变化。研究路径为：进行气溶胶箱实验和便携式冰核实验（PINE），以研究非挥发性烟灰与润滑油之间、飞机排放物与背景大气气溶胶替代物之间的竞争关系。使用飞机涡轮发动机和 PINE，使用一系列可持续航空燃料及其混合燃料，对涡轮尾气形成航迹云冰晶的情况进行实验。这将比以往任何飞行实验都更为详细。基于实验室数据定义新的参数化方法，将其用于量化不同可持续航空燃料使用场景下航迹云的特性和辐射效应。

在 NERC 组织开展基础研究的同时，英国航空航天技术研究所（ATI）基于同一目标积极推进在更高的技术成熟度上促进专业技术的开发和工业化的解决方案，最终目标是吸引工业界和相关供应商的投资，以最终降低航空整体排放。经与工业界、学术界和国际利益相关者磋商，ATI 形成全球首部《非二氧化碳技术路线图》并于 2024 年 3 月发布。基于 NERC 的非二氧化碳基础科学研究项目和路线图，英国商贸部（DBT）、创新英国（即英国技术战略委员会，Innovate UK）和 ATI 联合于 2024 年 4 月发布了 ATI 非碳项目。目前已计划了两批项目：首批项目周期为 2023 年至 2025 年，预期规模 6.85 亿英镑（约 61.37 亿人民币）；二期项目周期为 2026 年至 2030 年，预期规模 9.75 亿英镑（约 87.36 亿人民币）。目前首批项目正在申报过程中。



▲ 图 | 航空排放和增加的卷云云量对气候系统示意图（来源：《目标 2050》路线图）

项目展望

NERC 项目基本围绕飞机排放物这一主题展开，覆盖了燃料、排放类型、科学方法等多个方面。基于 NERC 的资助性质，参与方以英国高校为主，部分项目引入了工业方和国际伙伴。

因 ATI 在制定路线图时与英国各相关方开展了密切沟通，这个过程与 NERC 项目申报相重叠，因此 NERC 项目和 ATI 路线图有较好的一致性。

2024 年国际航空研究理事会的技术讨论环节里已经将航迹列为一个讨论专题，多个国家航空科研代表均提出对当前航迹研究的不足的担忧，而美、加、德等国则早已开始推进相关研究。2025 年 2 月 4 日，欧洲航空联盟 (A4E)、欧洲民航导航服务组织 (CANSO)、欧洲区域航空公司协会 (ERA)、欧洲国际机场理事会 (ACI) 和欧洲航空航天与防务工业协会 (ASD) 对于其于 2021 年共同发布的《目标 2050》（Destination 2050）的可持续发展战略进行了更新。在新版本中，航空非二氧化碳对环境的影响被列为单独章节，与飞机和发动机技术提升、空中交通管理和运营、替代燃料和可持续能源、经济手段并列，并对问题、解决方案、政策建议等进行了详细阐述。■

中国三大航空集团年报分析

文 | 王鹏

中国国航（以下简称“国航”）、东方航空（以下简称“东航”）和南方航空（以下简称“南航”）作为我国民航业前三大航空集团，对行业发展态势具有典型代表性。对三大航空集团近期发布的 2024 年度财务报告进行运营效率、成本结构、资产负债等维度的分析，可以揭示 2024 年民航行业的运营特征和发展困境。面对存在的困难和挑战，从行业角度和公司视角两个层次提出风险化解建议。

三大航 2024 年整体运营情况

首先是营收同比增长明显。2024 年南航以全年实现营收 1742.24 亿元位居首位，国航、东航分别以 1666.99 亿元和 1321.20 亿元紧随其后。国航凭借 18.14% 的同比增幅表现突出，东航与南航分别增长 16.11% 和 8.94%。三大航单位收益普遍承压，客公里收益降幅介于 12.41% 至 20.69%，行业整

▼ 图 | 汪洋



体面临“以价换量”的竞争困局。各公司收入结构差异映射战略重心分化。

国航增速优势主要源于国家航空运输主渠道的战略定位明确，以北京首都国际机场为核心枢纽构建辐射全球航线网络。国际航线收入占比达 28.9%。重点加密的“一带一路”及欧美干线有效承接跨境商务与旅游需求反弹。国航侧重高端公务市场与国际网络溢价。2024 年国航重点强化“一带一路”沿线及欧美干线布局，新开北京—利雅得、成都—米兰等 7 条战略性航线，在欧洲、中东市场运力投放同比增长 49%，枢纽日均计划班次量达 746 班。

南航倚重规模效应和货运突破，收入体量上保持领先，增速相对放缓。实施广州、北京双枢纽驱动模式，依托广州白云机场东南亚门户优势及北京大兴机场协同效应，市场扩张逐步进入平台期。国际及港澳台业务收入占比 28.9%，加密至北美、澳洲等洲际航线。2024 年南航国际货运业务表现亮眼，成为增长重要引擎。南航国际货运收入同比增长 103.72%。新增东南亚—北美的货运专线及 777 货机高密度运营，货邮周转量增速达 68.75%，形成客货并举发展格局。

东航依托长三角区位优势，聚焦区域枢纽协同，以上海浦东、虹桥机场为主运营基地，国际航线收入占比 28.6%。东航充分发挥长三角经济腹地优势，重点深耕日韩及东南亚市场，日韩航线市场份额保持行业领先。2024 年东航同时新增上海—马赛、西安—米兰等欧洲二线航点，国际航线可用座位公里（ASK）同比增幅达 82.81%。短途航线领域面临高铁网络的分流压力，国内航线收入增速仅 0.54%。

二是三大航 2024 年都没有能够实现整体盈利，但亏损幅度显著收窄。国航、南航和东航 2024 年归母净利润同比改善率分别达到 99.4%、59.7% 和 48.4%。国

航以 23.73 亿元的归母净亏损居于最优水平。源于政府航线补贴和资产处置收益对非经常性损益的调节作用，2024 年国航归母净利润和扣非净利润差额达 23.02 亿元。南航与东航分别录得 16.96 亿元和 42.26 亿元的亏损，扣非后亏损进一步扩大至 39.48 亿元和 49.83 亿元，主业盈利能力修复仍存瓶颈。

三大航通过运力扩张与客座率提升实现收入增长，但单位收益普遍下滑。行业仍深陷“规模不经济”困境。非经常性收益依赖度过高、成本刚性压力与资产周转效率低下构成三大航盈利修复的主要障碍。

三是三大航整体现金流同比改善显著，但结构性风险依然存在。东航延长至 60 天以上应付账款管理周期，提升国际航线票款预收比例，全年现金流同比增长 40.53%。经营现金流量以 373.14 亿元居首。机队老龄化带来资本刚性开支，维修预付金同比增加 67.13%，对现金流质量构成潜在制约。

国航以 345.46 亿元的现金流量展现出相对稳定性。公司将应收账款周转天数缩短至行业约 35 天的较优水平，非经常性损益带来的 23.73 亿元现金流入，有效对冲 Q4 收入环比下降 20.7% 的负面影响。

南航季节性运营失衡导致现金流波动。2024 年第四季度现金流环比下降 58.84%，单季净额仅 45.88 亿元，流动性压力明显。Q4 货邮运输量环比下降 20.7%，年末应付票据集中兑付金额同比激增 361.44%，经营活动净现金流与投资支出严重错配，流动比率降至 1.08 的安全阈值边缘。

四是成本增速呈现差异化特征。三大航 2024 年营业成本同比增幅分别为 18.04%、8.12% 和 12.48%，均低于各自营业收入增速（18.14%、8.94%、16.11%）。阶段性成本管控措施初见成效。成本刚性压力显著制约盈利修复。

国航成本结构受航油价格波动影响显著，航油成本占比达 33.96%。套期保值锁定部分用油需求。国际油价中枢上移导致该项成本同比增长 14.97%。南航货运业务规模化效应释放使得成本控制表现突出，单位货邮吨公里成本下降 7.14%。机场起降费用受广州白云机场时刻资源溢价影响同比激增 20.10%，部分抵消成本优化成果。东航机队老龄化问题突出，A330 机型占比超 50%，平均机龄达 11.1 年，飞机维修成本同比攀升 35.87%，叠加长三角区域人工成本刚性上涨压力（职工薪酬增速 12.72%）。成本增速高于南航的主因。

三大航固定成本占比居高不下。国航折旧摊销占成本的 16.69%，南航租赁费用同比激增 34.17%，东航长期应付债务利息支出占比 4.24%，对成本弹性形成刚性约束。运力利用率提升（国航客座率 79.85%、南航 84.38%、东航 82.82%）部分摊薄单位成本，收益端价格竞争导致收入吨公里收益降幅达 12.41%～20.69%，成本优化成果未能有效提升盈利能力。航空业“高固定成本、低边际收益”的运营特性始终存在。

2024 年中国三大航单位收益指标普遍承压，集中暴露行业“以价换量”风险。规模扩张与收益质量结构性失衡特征明显。国航收益下滑主要源于欧美干线竞争加剧，为维持北京枢纽 79.85% 的客座率，商务舱票价同比下调 15%～20%。新增二三线城市航线拉低整体收益水平。南航在国际货运领域虽实现货邮周转量 68.75% 增速，运力过度投放导致载运率下降 2.51 个百分点，单位收益被稀释。跨境电商价格战侵蚀航空货运定价权。东航为保卫日韩航线市场份额采取激进定价策略，经济舱票价较 2019 年基准价下降 18%，收益降幅远超行业均值。

2024 年差异化策略对比分析

国航“枢纽 + 品牌 + 安全”策略。
国航是中国唯一载旗航空公司，构建覆盖亚欧美非 45 个国家的 190 条国际航线。北京首都国际机场日均计划班次量达 746 班，“一带一路”相关航线占比 34.21%，在欧洲、北美核心市场运力份额分别达 28% 和 19%，形成以北京为轴心的全球 48 小时通达网络。“专业信赖，国际品质”的品牌战略使得国航多年蝉联中国航空服务业首位，在“世界品牌 500 强”中位列第 280 位。

2024 年 C919 大型客机成功实施首次飞行，凤凰知音会员数量突破 9417 万，有效提升客户忠诚度。国航重点打造北京—成都、北京—上海等 8 条高频快线，日均班次量超 120 班，商务旅客贡献收入占比达 53%。全球网络布局的星空联盟助力国际中转旅客比例增加到了 31%。国航连续 18 年荣获 IOSA 审计认证，事故征候率低于行业均值 42% 的记录。即使在收益承压的行业环境下，国航“枢纽 + 品牌 + 安全”三维优势结构保持单位 ASK 成本 0.4442 元的行业较优水平，为后续盈利修复奠定基础。

南航“规模优势+货运突破”双轮驱动。
南航是中国机队规模最大的航空运输集团，运营超过 900 架机队，涵盖波音、空客及国产 C919/C909 等多机型，通达全球 160 个国家，拥有 847 条航线网络，年旅客运输量突破 1.2 亿人次，具有规模经济效应。货运业务 2024 年表现尤为突出，国际货运收入同比激增 83.29%，货邮周转量增速达 68.75%，毛利率提升至 34.61% 行业领先水平。777 全货机队日均 15.33 小时高强度运营效率，跨境电商专线布局使得北美、欧洲核心市场货邮载运率达 75.62%，单位货邮吨公里收益

（RFTK）同比提升 13.42% 至 1.5665 元。南航优化资源配置，“客货协同”模式提升宽体客机腹舱货运利用率至 81.4%。新增 7 条“一带一路”货运航线，重点开拓医药冷链、电子元器件等高附加值货物运输，高毛利货物占比提升至 37.6%。进一步强化广州白云机场东南亚物流枢纽地位，国际货运收入占比突破 76.93%。粤港澳大湾区为支点、辐射全球的航空物流网络已形成。以货运业务对冲客运压力，2024 年货邮运输贡献利润占比达 29.8%，较 2022 年提升 18.4 个百分点，展现独特抗周期能力。

东航“区位密度+联盟协同”双重赋能。
东航依托上海浦东、虹桥两大机场枢纽功能，是长三角城市群唯一基地航空公司。全球 160 个国家的航线网络中日韩航线市场份额保持行业领先。中日、中韩市场承运份额分别达 31% 和 28%，搭建短途国际航线竞争壁垒。2024 年东航新增上海—马赛、西安—米兰等 14 条洲际航线，加密东京、首尔至“空中快线”每日 8 班，欧洲二线航点覆盖率提升至 67%。借助天合联盟遍布全球的网络连接，转机乘客比例显著上升，达到了 29%。区位优势经济腹地优势显著，长三角地区贡献超 45% 的国内旅客量。区域 GDP 总量占全国 24%，宽体机日利用率达 9.16 小时，客座率提升至 82.82%。东航“精准、精致、精细、精彩”四精服务体系获得市场认可。常旅客计划“东方万里行”会员突破 6,689 万人，高端舱位收入提升占比至 18.7%，连续三年入选“BrandZ 最具价值中国品牌 50 强”。战略联营达美航空、法荷航，跨太平洋航线代码共享覆盖率达 95%，欧洲航线协同收益增长 23%。“区位密度 + 联盟协同”双重赋能，使其保持国际航线收入占比 28.6%。

风险管控的若干建议

从财报数据看风险，中国民航可能或正在陷入“高成本刚性 - 低收益弹性”负向循环。

航油成本波动挤压盈利空间。航油支出占营业成本的比例介于 33.96%（国航）至 35.97%（东航）之间。国际油价从当前 80 美元 / 桶基准反弹至 100 美元以上，会推高成本增幅超过 12%。现行燃油套期保值覆盖率不足 40%（国航 45%、南航 38%、东航 32%），风险敞口管理能力亟待强化。

市场竞争加剧收益质量系统性下滑。三大航普遍采用低价策略。经济舱票价较 2019 年基准下降 18%～25%。中美直飞航班恢复率因地缘政治风险仅为 38%，跨太平洋航线 ASK 同比萎缩 22%。美元负债占比较高的南航因汇率波动汇兑损失达 7.6 亿元，欧元、日元结算航线收入缩水 4.3%～6.7%。后疫情时代国际商务出行需求因远程会议技术普及出现结构性变化，欧美长航线公务舱需求较 2019 年下降 29%。全球通胀抑制休闲旅游支出，国际航线客座率波动标准差扩大至 7.8 个百分点。航空运输业陷入“高成本刚性—低收益弹性”的负向循环。

环保与高铁的双重夹击迫使行业重构运营模式，需要 SAF 生产补贴、高铁航空协同定价机制等政策引导方式和氢能飞机研发、动态收益管理系统等技术革新实现突围，否则单位可用吨公里成本或将突破 3.50 元临界点，进一步压缩盈利空间。

同时，国航存在“非经常性收益依赖 + 货运短板 + 机型结构单一”复合型缺陷；南航“高杠杆 + 区域集中”双重风险限制战略灵活性；东航航班附加价值待挖掘，机型结构问题导致维护成本的不断提升等问题都对未来发展构成一定的风险。

民航行业主管部门首要任务是优化航

权与时刻资源配置体系，建立枢纽机场优质时刻动态分配机制，优先保障北京、上海、广州等国际枢纽的高收益航线时刻供给。例如将跨太平洋航线黄金时刻（当地时间 08:00～20:00）分配比例提升至 65% 以上，简化中西部支线航线审批流程，对使用国产 C919/C909 机型执飞的区域性航线给予起降费减免 30%～50% 的激励，实现 2027 年前国产机型在支线市场渗透率突破 40% 的目标。

此外，国航可以提升北京—上海、北京—深圳等 8 条快线的宽体机两舱座位占比至 30%，优化两舱（商务舱 / 头等舱）服务配置。利用免费升舱、贵宾接送等“凤凰知音”会员专属权益升级途径实现 2025 年两舱收入占比从 18.7% 提升至 25% 的目标。推动客公里收益（RASK）回升至 0.58 元以上，辅营收入占比突破 8%。

货运层面依托“一带一路”倡议加密北京 - 利雅得、成都 - 米兰等战略航线至每周 5 班，新增 B777F 货机 3 架，重点拓展医药冷链、跨境电商包裹等高附加值货邮运输。2024 年国际货运载运率提升至 53.67%，货邮吨公里收益（RFTK）同比提高 13.42%，带动货运收入占比从 4.5% 提升至 8%。协同举措包括与中外运共建跨境物流数据平台，实现 80% 以上货运订单数字化追踪，并通过北京枢纽 24 小时通关政策压缩货物周转时间至 12 小时以内。

南方航空的降杠杆与区域协同战略需通过资本结构优化与网络效能提升双向发力，发行 50 亿元加权平均利率 5.23% 的可转换债券置换存量高息债务，预计每年减少利息支出 2.1 亿元，同步实施经营性租赁资产证券化融资 30 亿元，推动 2025 年资产负债率从 85.3% 降至 80% 以下。

区域协同层面，以厦门航空与重庆航空代码共享为试点，打通东南沿海与成渝经济圈的中转通道，通过统一收益管理系统和常

旅客积分互认，实现 2025 年中转旅客占比从 12.7% 提升至 20% 的目标。依托重庆江北机场 T3B 航站楼枢纽功能，加密至欧洲、东南亚的第六航权航班，预计带动区域子公司收入贡献均衡化，厦门航空占比从 26% 降至 15%。配套措施包括建立区域运力调配中心（广州），动态调整汕头、贵州等子公司 5% 的窄体机至高需求市场，实施燃油联合采购，降低区域公司单位成本 4.2% 等。

东航机队更新与收益管理战略聚焦硬件效能提升和收益精细化运营。2025 年前淘汰 5 架平均机龄 11.1 年的 A330 机型，置换为 A350-900。该机型单位可用吨公里油耗较 A330 降低 23%，预计每年减少航油消耗 4.2 万吨。结合发动机健康监控系统（EHMS）与航路优化算法，目标单位油耗整体下降 15%，维修成本同步缩减 28%。在沪京、沪广等 10 条商务干线试点动态定价系统实时匹配供需关系，将高端舱位票价溢价率从 12% 提升至 20%，针对休闲客群推出“早鸟票”与“最后一刻”折扣产品组合，挖掘“东方万里行”会员消费行为数据，精准划分 162 个价格区间，预期推动客公里收益（RASK）从 0.48 元回升至 0.50 元以上。

改造宽体机队客舱，将商务舱平躺座椅比例提升至 90%。采用旺季积分价值提升 30% 的常旅客积分浮动兑换机制，与法荷航跨联盟代码共享，联营航线增至 18 条。把两舱收入占比从 18.7% 提升至 22%，辅营收入占比突破 6%。

三大航在 2024 年呈现“收入复苏、亏损收窄、风险分化”的特点。未来需通过主业盈利攻坚、成本弹性优化与资产效率提升实现可持续发展。国航应聚焦品牌溢价，南航需化解债务压力，东航亟待机型升级，行业政策需在航权、成本、环保三端协同发力，助力中国航空业在全球竞争中突围。■

2024 年亚太国际航空市场回顾与展望

文 | 王双武

2024 年，随着亚太地区旅行限制的解除，航空旅行市场加快了恢复步伐。亚太地区航空公司紧紧抓住市场的增长脉搏，在逐步解封那些停用飞机的同时，采取有效措施有序地恢复航班和陆续新开了一些国际航线。亚太地区航空公司国际航线旅客运输量和客座率快步攀升，逐步走出了疫情的影响并基本恢复到疫情前水平。

图 | 王脊梁



机遇与挑战并存

在 2024 年，亚太地区的一些航空公司在市场恢复的过程中仍然受到了一些不利于发展的约束力影响，尤其是尚未完全恢复的产业供应链对公司业绩增长起到了负面作用，以及订购的飞机延迟交付和一些零配件短缺等，在客观上阻碍了生产经营的有序推进。因疫情原因和过去市场尚未完全恢复导致部分飞机停用，在重新启用这些飞机时又需要大量时间去做检修与维护工作，在短期内又缺乏熟练工而不得不开启招募工作，同时还面临着飞行和客舱人员复训等诸多问题，这些现状或多或少都影响着市场恢复过程中需求与供给之间的矛盾。在过去的一年中，对亚太地区的航空公司来说，既面临着机遇，又面临着挑战。

作为亚太航空运输龙头的中国，在 2024 年第一季度，国内航空旅客运输量比 2019 年增长 17%，但是国际市场尚未完全恢复到 2019 年水平。2024 年，中国对一些国家游客推出的入境免签证政策，吸引了大批亚洲乃至亚洲之外的游客前来中国观光，尤其是在第一季度出现了外国游客人数迅速增长的势头。与此同时，日本、韩国、印度和新加坡的航空旅客运输量也出现了实质意义上的增长。

随着国际航空旅游市场的恢复，在 2024 年夏季亚太地区迎来了运输高峰。而此时，就全球航空运输企业而言，国际市场旅客运输量几乎已经完全恢复到疫情前水平。2023 年，亚太地区国际航班运力接近 2019 年水平的 85%，但东北亚市场反弹较弱，相当于 2019 年水平的 76%，其中往返中国的运力投入仅相当于 2019 年的 62.6%。2024 年，亚太地区航空公司开足马力增投运

2024 年，尽管受到了通货膨胀和地缘政治局势紧张等多重因素的影响，但是全球范围内的航空旅游业得到了恢复，并且亚太地区的航空运输业同样出现了持续性增长。

力，国际航线运力比 2023 年夏季增长了 19.7%；2023 年，亚太地区航空公司承运国际旅客超过了 2.785 亿人次，比 2022 年承运 1.067 亿人次增长了 161%，是 2019 年承运国际旅客 3.755 亿人次水平的 74%。

2024 年，亚太地区国际航空运输市场快速恢复和增长，尤其是随着中国、新加坡和泰国等一些国家放松入境签证管制进一步刺激了地区内的商务与休闲旅游市场的有力增长。亚太地区航空公司国际市场旅客运输量达到了 3.65 亿人次；客公里收入增长了 28%，可用座位数投入比 2023 年增长 26.6%；客座率比 2023 年增长 0.9 个百分点，也创下了近年来新高，达到了 81.6%。

根据亚太航空公司协会提供的数据，2024 年亚太地区航空旅游市场快速反弹，旅客运输量比 2023 年增长超过了 33%，远程国际航线客公里收入比 2023 年增长了 19.7%。数字快速增长的背后表明，在解除旅行限制后的亚洲地区航空公司不断增投航线运力，开放的国际旅客运输市场已经步入恢复与发展的健康轨道。

出境游刺激市场增长

中国作为亚太地区最大的航空运输市场，在地区运输经济增长上发挥了极为重要的作用，不管是国内还是国际市场，旅客运输量均有显著增长。

2024 年，中国与 38 个国家实行单方面免签，与 26 个国家实现全面互免签证。中国政府持续推出了 240 小时过境免签、外国旅游团乘坐邮轮入境免签等 18 项便利外国人来华政策举措。“中国游”成为了 2024 年国际互联网热门搜索词条，外国人出入境中国 6488.2 万人次，同比 2023 年增长 82.9%。其中，免签入境外国人 2011.5 万人次，同比上升 112.3%。中国政府推出的入境便捷政策进一步加快了入境游旅客人数和消费的同时增长，进一步促进了国际航线运输量的增长。

另一方面，随着新加坡、泰国等一些国家对来自中国的游客实行免签政策，也相应带动了中国居民出境游的热潮。2024 年，中国内地居民出入境达 2.91 亿人次，比 2023 年增长了 41.3%。另外，根据迪拜经济和旅游部 2025 年 2 月公布的数据，2024 年迪拜迎来中国游客数量达 82.4 万，同比 2024 年增长 31%。

中国作为亚太地区最大的航空运输市场，在地区运输经济增长上发挥了极为重要的作用，不管是国内还是国际市场，旅客运输量均有显著增长。

根据中国旅游研究院的数据分析，2024 年出入境中国游客人数虽然比 2023 年有显著增长，但是总体人数仅恢复至 2019 年水平的八成。

新加坡樟宜国际机场在 2024 年第四季度旅客吞吐量为 1780 万人次，比 2023 年第四季度增长 10.7%，已经完全恢复到 2019 年水平。2024 全年旅客吞吐量超过了 6770 万人次，比 2023 年增加了 14.8%，基本恢复到 2019 年旅客吞吐量的 99.1%。新加坡樟宜国际机场最主要的客源来自中国，其次是印度尼西亚、马来西亚、澳大利亚和泰国。中国是新加坡入境旅游最大的市场来源国，2024 年来自中国的旅客运输量几乎是 2023 年的 2 倍，并且比 2029 年还增长了 6%。

2024 年，有亚航柬埔寨航空、加拿大航空、天津航空、西部航空等 8 家航空公司开通了 11 条通往新加坡樟宜国际机场的航线，其中包含中国的贵阳、拉萨、临沂、泉州和温州等城市。截至 2025 年 1 月，在新加坡樟宜国际机场有 100 家航空公司每周运营超过 7400 航班，通达全球 49 个国家 163 座城市。

在 2024 年 1～8 月，日本成为了亚太地区最繁忙的旅游目的地之一，尤其是日本连接韩国、中国的航线旅客运输量一直处于领先地位。值得一提的是，日本与韩国之间的航线旅客运输量比 2023 年 1～8 月呈现两位数的强劲增长，但是日本与中国之间投入的航线座位数比 2023 年 1～8 月下降了 21%，旅客运输量比同期也明显下降了 25%。另外，越南至韩国航线投入座位数比 2019 年同期增长 11%，旅客运输量也同比增长了 15%。印度与阿联酋的旅客运输量和座位投入数比 2019 年同期均分别增长了 15%。



▲ 图 | pixabay.com

2025 年预期创历史新高

2024 年，尽管亚太地区航空公司整体的旅客运输量有所增长，但是一些现实的问题依然对亚太航空市场的发展产生了一些负面影响。例如，新加坡、吉隆坡和东京等一些枢纽机场因运力增长受限，导致航班延误现象严重并增加了运行成本等，在 2025 年能否得到改善并进一步促进地区航空运输量的增长呢？

另一方面，我们不难看到，由于存在一些因地缘政治和贸易冲突带来的诸多不利因素，亚太地区航空公司依然会面临着一些挑战。这些挑战，一方面是供应链供给不足导致的零配件短缺，飞机维修和人工成本会有所增加，一些公司依旧还会面临飞机延迟交付而导致运力不足的状况；另一方面，航空公司还将面临货币汇率不稳和运营成本增加所带来的障碍，因此，在航线结构优化和机型适配方面也将不得不继续采取稳健措施，从而确保全年收益的增长。

据 Avolon 公布的信息表明，由于 2024 年油价下跌抵消了航空公司 19% 的维修成本和劳动力成本的增长，这对于亚太地区航空运输业能够回到 2019 年前的盈利水平起到了极其重要的作用。Avolon 预测在 2025 年，美国和欧洲的航空公司经济增长会有所放缓，但是亚太地区的旅行需求将会持续增强，航空公司在运力投入上将会有进一步增加，能基本恢复到疫情前水平。Avolon 进一步表示，2025 年亚太地区航空运输业净利润将比 2024 年增长 16%，并且将会推动全球航空运输企业收入首次超过 1 万亿美元。

目前来看，2025 年的亚太地区国际航空运输市场，在没有重大影响地区航空运输经济发展不利事件发生的情况下，会在 2024 年的基础上继续保持一个稳步增长的趋势。但是相比前两年来说，增幅会相对放缓下来。预计到 2025 年底，亚太地区的航空公司国际航线运力和旅客运输量总体上会完全超过 2019 年的水平，并能够创造近年来的一个新高。■

市场需求驱动低空经济健康发展

文 | 顾胜勤

低空经济作为经济高质量发展的新引擎，其需求开拓与国家扩大内需战略高度契合。低空经济不仅能创造增量需求，还能重构传统需求结构，形成“需求牵引供给、供给创造需求”的良性循环。就目前而言，社会各个方面都聚焦在低空经济供给侧（技术、政策、基建），一定程度上忽视了市场需求驱动供给侧发展的重要性。笔者认为，未来三年将是低空经济从供给驱动转向需求驱动的关键窗口期。作为政府部门应着力培育市场需求生态而非单纯补贴供给端，作为供给端的企业应该在以市场需求为导向下，实现从产品到商品转化，推动低空经济健康发展。

▼ 图 | ars.els-cdn.com



以市场需求为导向

低空经济市场需求决定供给侧的成败，这是低空经济发展的客观规律，不容置疑。低空经济市场需求是推动低空经济发展的引擎，是供给侧企业一切活动的出发点。

之所以强调以市场需求为导向，因为它不仅是一切经济活动的核心，也是企业活动的出发点。市场经济规律告诉我们，供给侧企业一旦偏离市场需求将陷入万丈深渊。由于低空经济的市场需求不同于一般市场需求，有其独特性与复杂性、多样性，且地域需求差异极大。这就迫使低空经济供给侧必须把市场需求作为自身行动的刚性准绳。从生存上看，市场需求不仅是赖以生存的基础，而且对生产活动的方向和规模有着指引作用。从发展的角度来看，市场需求能够激发供给侧的创新能力和提升企业运作效率，成为推动供给侧持续健康发展的不竭源泉。

低空经济市场需求是推动供给侧企业发展的引擎。需求驱动供给侧是市场经济的规律不容置疑。在低空经济中最显著的优势是能够积极推动供给侧对应用场景的拓展。随着经济的发展加快和人们对高品质生活的追求，低空经济各种需求应运而生，应用场景繁多。如空中观光、应急救援、航空物流等，这些市场需求不仅为供给侧的发展开辟了一片生机勃勃的新天地，而且成为推动供给侧发展的引擎。另外，以需求为导向能够促使供给侧不断创新，适时调整生产策略和产品结构，通过提升产品与服务的品质来满足市场需求。更重要的是，市场需求能够驱动供给侧商业模式创新，诸如：服务模式创新、平台模式创新、尤其是引人注目的跨界融合创新，无人机+娱乐、无人机+教育等等为供给侧提供大展身手的舞台，成为推动供给侧发展的强大引擎。

供给创造需求

需求与供给的关系是辩证的，供给创造需求是推动低空经济未来健康发展的关键要素。“以需求感知为导向+企业文化与品牌+创造需求”是低空经济供给侧创造需求的重要路径。

以需求感知为导向，预测未来需求是核心。供给创造需求绝不是“闭门造车”，而是需要以市场需求为导向。通过对需求端的场景化、规模化、精准化的分析，灵敏地捕捉未来市场需求趋势，并把这一趋势作为自身未来发展方向。在信息化数据化的今天，感知与预测未来市场需求对供给侧企业至关重要。尤其在信息化数据化的条件下，低空经济市场需求多变成为常态，消费者对产品和服务的需求不断提高，新型需求更是层出不穷，形成需求倒逼供给侧趋势，迫使供给侧要领先一步，实施“以需求感知为导向+企业文化与品牌+创造需求”的策略。

供给侧企业文化与品牌是创造需求的内在驱动力。一般人可能认为供给侧企业文化与品牌与供给创造需求无关，其实不然。企业文化与品牌对市场需求的影响是显著且深远的。供给侧切不可掉以轻心，忽视其对市场需求的作用。一个拥有良好企业文化的企业，往往能够赢得公众的认可和信任，使得消费者更愿意选择该企业的产品和服务，这种信任和认可转化为市场需求，也为供给侧开辟了新的市场空间。另外，品牌不仅对市场需求具有独特的吸引力，而且能够在消费者购买决策中起着推波助澜的作用。对此，供给侧切不可掉以轻心，必须把塑造和提升品牌形象提到议事日程上，实施品牌战略不仅可以赢得消费者信任，形成对品牌的忠诚度，而且在一定程度上增加市场需求，为供给创造需求提供良好条件。

以创新实现供给创造需求。从“被动满足需求”到“主动创造需求”，这需要供给侧具备创新思维与坚韧不拔的精神才能实现。传统经济模式中，供给端主要根据市场需求进行生产，而供给侧创造需求则强调通过创新和改革，主动开发新产品、新服务来实现供给创造需求，这些新产品、新服务成为供给侧主动创造需求的助力器。例如，大疆无人机致力于技术与产品创新，技术上，可折叠的无人机设计、高清低延时的数字图传解决方案等，将无人机从专业领域带入消费市场，不仅满足消费者航拍机摄影爱好的需求，而且创造了崭新的航空摄影市场需求，推动了航空摄影市场的快速发展。

此外，供给侧创造需求还必须把控风险。其一，供给侧应规避投入与回报不相符的风险。低空经济作为新兴领域蕴含巨大机遇，容易引起蜂拥而上，甚至盲目投资。作为供给侧的投资者必须敬畏与遵循“投资有回报”的市场经济规律，只有这样才能保证自身的生存与发展。例如，顺丰无人机物流布局珠三角，他们通过物流大数据库锁定日均订单 ≥ 5000 单的高密度区域(如深圳科技园)，而非全域覆盖。初期仅投入 50 架无人机，按订单增长动态增投，确保单机日均配送 ≥ 30 单（盈亏平衡点）。结果 2023 年单机利用率达 85%，投资回报周期从 5 年缩短至 2.8 年。

其次，供给侧应规避技术过剩与需求错位的风险。技术开发不能脱离市场需求，技术最终是为市场需求服务的，再好的技术若不能被市场接受，技术仅仅是技术，技术必须服务于市场需求，这是市场规律。供给侧应该在以市场需求为导向的前提下把规避技术过剩与需求错位作为防备的风险，应该清楚地认识到低空经济市场需求的多样性与复杂性，地域需求的差异性，要恰到好处把握好技术与市场需求



▲ 图 | scmp.com

的尺度，防止技术与应用场景不匹配与需求错位带来的困窘。例如，有些供给侧企业一味追求技术参数突破（如无人机续航突破 6 小时），但农村物流场景仅需 1 小时作业能力，续航 6 小时会造成极大的人财物的浪费。低空城市交通也是如此，基本上是短途飞行为主，不需要太长飞行时间。无数市场的事实告诫我们，技术开发千万不能脱离市场需求，只有符合市场需求的产品和服务技术才有生命力，才能为企业创造价值。

政府与企业携手打造市场生态

未来三年将是低空经济从供给驱动转向需求驱动的关键窗口期，无论是政府管理部门，还是低空经济供给侧企业，都必须把开拓低空经济市场需求提升到议事日程上，充分认识到开拓低空经济市场需求与打造需求生态圈的重要性。

从低空经济发展的进程来看，目前还处在初创时期，政府管理部门的认知与措施需要前移。

其一，政府管理部门要担负起维护市

场需求的职责。由于低空经济市场需求无论从横向还是纵向都极其复杂，涉及面之广，各种需求种类繁多，加上使用空域各有不同，制定统一标准刻不容缓，没有统一的标准无法保障低空经济市场需求正常运作。更重要的是，没有统一标准不仅仅是经济上得不到实现，安全更是隐患。故当务之急，是政府管理部门应该先行一步担负起培育低空经济市场需求生态圈的责任。

其二，政府管理部门应该牵头加强数据共享与管理平台，建设市场需求生态圈。政府管理部门牵头建立一个统一的低空经济数据共享平台至关重要，整合来自不同来源的数据，如飞行器追踪、气象信息、空域使用情况等，以便所有相关方能够访问和利用这些数据，来保障市场需求得以有序正常运转。除了确保数据的有效共享和使用，政府管理部门还需要制定统一的数据标准和交换协议，确保不同系统和平台之间的兼容性和互操作性，为建设良好的需求生态圈打下基础。

政府管理部门应该担负起履行监管和评估的职责。数据与信息是低空经济市场需求的重要资源。政府管理部门在推动数据共享的同时必须确保数据的安全性和隐私保护，制定严格的数据保护法规和标准，防止数据泄露和滥用。另外，定期评估数

据共享的效果和影响，制定相关政策与法规，确保数据共享政策的实施符合预期目标，通过监护平台维护低空经济市场需求的健康发展，为构建一个良好的需求生态圈打下基础。

供给侧企业需要努力实现“供给创造需求”的目标。创新首先要落在飞行器上，飞行器是低空经济供给侧的重要载体，充分利用数据化与智能化提升飞行器的高效、环保、安全等特性，拓展到更多应用场景。诸如，利用人工智能、大数据、云计算等先进技术，开发智能飞行控制系统，提高飞行的自动化和智能化水平，降低飞行器操作难度，提升飞行的安全性和可靠性，使得更多非专业用户能够轻松使用低空航空器，这不仅扩大了市场需求，而且激发了消费者的消费欲望。另外，拓展应用场景是激发市场需求的利器。以新技术、新产品、人性化服务实现“供给创造需求”的目标。

构建市场需求生态合作圈是供给侧企业共同的职责。供给侧企业之间可以建立合作机制，明确各自的责任和义务，整合各自的优势资源，为共同建造需求生态圈打下基础。另外，供给侧合作共赢，各自发挥自身优势开拓低空经济市场需求，尤其在共同开发应用场景方面是大有作为的。例如，亿航与地方政府、交通部门合作，开展 eVTOL 飞行器试点满足城市短途交通需求、政府提供空域和基础设施支持，亿航提供飞行器满足旅游观光的需求，旅游公司提供应用场景，三方共同构建了良好的市场需求生态，使得低空经济得以健康发展。

综上所述，供给侧以市场需求为导向，推动低空经济健康发展的重要性不言而喻，唯有如此，低空经济方能真正融入经济社会发展的大局之中，为社会进步注入新的活力。■

▼ 图 | 亿航智能



美国低成本航空破局寻路

文 | 郑雪

今年初，美国主要航企陆续公布 2024 年第四季度和全年业绩。以达美航空、美国联合航空和美国航空为代表的美国全服务航企持续实现盈利，美国三大航企 2024 年净利润总和逼近 75 亿美元，而主要低成本航企美国西南航空、捷蓝航空、精神航空和边疆航空的业绩表现却不尽如人意，有的甚至深陷亏损的泥潭。

在新冠疫情暴发前，尽管面临全服务航企基础经济舱等产品的渗透，但低成本航企尤其是超低成本航企仍是美国航空市场上的盈利常客。为什么它们在后疫情时代面临重重挑战，业绩持续下滑？它们都采取了或计划采取什么措施来应对市场挑战，扭转不利局面？这又将给全球航空市场上的其他同行带来什么启示？

▼ 图 | pixabay.com



业绩出现“冰火两重天”

在世界民航业，美国西南航空是一个神话般的存在。它是全球第一家低成本航空公司，是哈佛商学院的经典研究案例，是股神巴菲特曾试图收购的公司……然而，在疫情冲击、员工罢工、飞机停飞等多重因素影响下，美国西南航空遭遇了前所未有的冲击，盈利能力相对于竞争对手一直落后，导致股价走低，慢慢走下了神坛。

2024 年，美国西南航空实现营业收入 275 亿美元，实现净利润 4.65 亿美元，虽然营业收入创新高，但成本压力增加，导致净利润基本与上一年持平。事实上，在新冠疫情发生后，美国西南航空结束了连续 47 年盈利的历史，在 2020 年亏损超过 30 亿美元，虽然在 2021 年扭亏为盈，但随后几年净利润持续减少，业绩颓势明显。2022 年圣诞节假期期间，该公司航班大面积延误或取消，甚至导致美国交通部对其开出了有史以来最大的罚单。

相比之下，捷蓝航空面临的处境更为艰难，尤其是在其对精神航空的收购被美国司法部叫停之后。该公司 2024 年收入减少 3.5%，为 92.8 亿美元；净亏损 7.95 亿美元，是自疫情发生以来连续第 5 年陷入亏损。该公司全年每可用座位英里收入保持在 14.04 美分；而每可用座位英里成本增加了 4.9%，达到 15.08 美分。数据显示，捷蓝航空在疫情发生前 10 年持续盈利，而自 2020 年以来连年亏损，5 年内共亏损超过 30 亿美元。

作为超低成本航企的代表，精神航空在疫情发生前连续多年实现盈利，但自 2020 年起持续亏损，截至目前已亏损超过 31.3 亿美元。其中，2024 年的亏损额创新高，达 12.3 亿美元。中国民航大

学经济与管理学院教授、航空经济与发展研究所（AIR）所长李晓津分析称，精神航空因供应链问题（如引擎维修延误）和与捷蓝航空合并失败陷入资金链断裂，合并折戟后运力扩张受限，同时面临燃油成本上涨和价格战压力，故 2024 年净亏损大幅增加。

事实上，有意收购精神航空的边疆航空同样面临着重大挑战，只是比精神航空稍好一些。该公司在 2024 年恢复了盈利，从而结束了连续 4 年的亏损。就全年业绩而言，该公司的收入和运营费用分别为 37.7 亿美元、37.1 亿美元，加上 2800 万美元的其他收入，使其在 2024 年实现了 8500 万美元的净利润。

与美国低成本航企形成鲜明对比的是，美国三大航和全球航空市场上的一些低成本同行在遭受疫情重创后已经全面恢复，近年来的业绩表现可圈可点。以欧洲的瑞安航空为例，在截至 2024 年 3 月的财政年度，其净利润达到 19.17 亿欧元，创历史新高；2024 年 4 月～12 月，其净利润达到 19.4 亿欧元。在截至 2024 年 9 月的财政年度，易捷航空实现税前利润 6.1 亿英镑，增长 34%；每个座位的利润为 6.08 英镑，增长 24%。

成本优势难以为继

美国低成本航企与美国全服务航企的业绩出现“冰火两重天”，引出一个有趣的问题：美国航空市场究竟发生了什么，彻底扭转了低成本航企的局面？

在后疫情时代，美国低成本航企被迫应对的一大问题是，成本优势难以为继。在这个利润稀薄的行业，成本端的小幅波动都可能给利润带来巨大影响。我们知道，劳动力成本和燃油成本是航企的两大运营成本。多位专家同时谈到，

疫情暴发后美国航企劳动力成本上涨，叠加员工罢工频发、燃油价格上涨和通货膨胀，进一步推高了运营成本。全服务航企有更多可用资源来抵消部分成本压力，如洲际航线和增值服务收入、燃油套期保值，甚至像达美航空那样投资炼油厂。反观低成本航企，面对一群对价格非常敏感的旅客，几乎没有灵活调整的空间。

单一机型本是低成本航企控制成本的优势，但波音 737MAX 停飞和空客 A320neo 系列飞机发动机出现问题，给低成本航企带来了沉重打击。例如，美国西南航空运营全波音 737 机队，由于波音 737MAX 停飞和延迟交付，其被迫缩减运力，错失市场需求高峰，规模效益打折，同时推迟老旧飞机的退役时间，导致运营成本增加。类似的问题同样困扰着精神航空和边疆航空，它们都运营全空客 A320 机队。相比之下，拥有多种机型的美国三大航可以根据市场需求更精准地调整运力。

广州民航职业技术学院副教授慕琦评论说，美国低成本航企近几年创新力度不够，“吃老本儿”的状态给了全服务航企赶超的机会。达美航空、美联航等全服务航企在美国国内航线上通过基础经济舱产品，分流了原有低成本航企的市场，同样的票价对美国三大航的吸引力会更大。由于缺乏成本优势，低成本航企陷入两难的境地：要么维持低票价，财务表现变弱；要么提高价格，暴露在残酷的价格竞争中。这两种策略似乎都不适用于低成本航企。

虽然美国三大航在 2024 年实现了近 75 亿美元的利润，但它们的每可用座位英里成本（CASM）都高于每可用座位英里乘客收入（PRASM）。它们的盈利在很大程度上受益于忠诚度计划，尤其是

联名信用卡收入。李晓津表示，目前，美国全服务航企的忠诚度计划已扩展到联盟层面，不仅为旅客提供更便捷的出行选择和更多的奖励机会，也为航企提供了更多收益。全服务航企依托更低的裸票价、庞大的航线网络和忠诚度计划，进一步分流了低成本航企的客源。

美国低成本航企业绩下滑的背后，反映了美国消费升级和市场结构出现深刻变化。民航新型智库专家韩涛表示，疫情暴发后，高收入家庭财富显著增加推动高端旅行需求激增，美国中高收入群体主导休闲旅行市场，对低成本航企“拥挤客舱 + 无附加服务”模式接受度下降，转而选择全服务航企的高端舱位或差异化服务。低成本航企的运营成本优势因劳动力成本上涨、飞机停飞等因素被削弱，亟需通过高端服务提升溢价能力。

形成“服务分层 + 收入多元化”的生态

“当全服务航企向低成本市场下移时，低成本航企的一个出路就是向全服务市场上移。”慕琦这样评论。的确，在后疫情时代，随着行业的持续恢复，美国全服务航企一路高歌，而低成本航企却业绩不振，它们纷纷瞄准高端市场进行战略转型。

2024 年夏天，美国西南航空宣布将对航班座位进行重新分配。今年 3 月，该公司宣布了旨在推动收入增长和奖励忠诚客户的改革措施，其中包括结束其标志性的免费托运两件行李政策。同时，该公司还将推出基本经济舱机票，减少折扣机票可累积的积分，并恢复未用机票的有效期为一年。

无独有偶。2024 年 9 月，捷蓝航空宣布，计划在美国纽约和波士顿开设其首个机场休息室。该公司正在推进一项恢复

待到山花烂漫时 ——大飞机巾帼设计师群像速写

文 | 欧阳亮

在世人眼里，作为“现代工业皇冠”的大飞机，不仅是逻辑推理的最高竞技场，也是现代工业力量的绝佳体现——不管是设计、制造还是试飞，大飞机的每一步都要经过精密的计算；无论是晨曦中的起飞，还是豪雨中的降落，其巨大的身形都让观者不得不折服于现代工业产品展现出的雄浑张力。

在经历了 C909、C919 两个型号的锤炼之后，中国大飞机事业目前正在向 C929 宽体客机进军。在以数理逻辑及力量为特征的大飞机背后，以细腻、耐心、韧性、谦和、担当、关怀、爱为特色的巾帼力量的努力和奉献也不可或缺。

“C929 团队的在编人员中，有 799 名女性，占比达 31.9%。另外还有许多女性员工在干 C929 的活，但她们分散在其他的团队中。” C929 总设计师赵春玲告诉记者：“在工作中无须特意区分员工的性别，大家干活都遵循同一个标准，但女性性格中的细腻、韧性、谦虚、亲和力等，在高强度的工作中又能起到特有的作用。”

始于兴趣： 与时代同频共振

赵春玲毕业于西工大电子工程系，经历了中国商飞 C909、C919、

C929 三大型号，一步步从设计员成长为主任设计师、副总设计师、总设计师。“我高中时物理、化学成绩特别好，数学倒没那么突出。于是跟家里人一商量，就决定去学电子工程。”赵春玲回顾当年的选择时说，当初倒并不是冲着学航空去的，但西工大作为三大航校之一，很多专业都结合了航空方面的课程，而且学习期间又去了相关企业实习，慢慢就培养起了对航空的兴趣和志向。

1991 年，赵春玲硕士毕业参加工作，正赶上中国航空工业最艰难的时候，研究所型号任务不饱满，她们得自己找事做，自己挣钱养活自己。当时市场经济刚刚起步，到处都是对人才和知识的渴求，于是赵春玲和同事们就利用自己的知识去帮助人家改造生产线，提高生产效率，然后用所赚的钱再来反哺航空方面的研究。

这种困难不只是赵春玲所在研究所单方面的情况，中国航空工业的整体情况都差不多。C929 副总设计师严林芳当时正在上海飞机设计研究所（中国商飞上海飞机设计研究院前身），她参加过很多其他工业品项目。“比如做圆盘拉伸机，给温室大棚做喷淋设备，给某品牌空调做控制器，给温州的档案室做控制柜。”严林芳介绍说，档案室需要保持恒温恒湿，叫她们去做电器控制柜，她们团队总

欧洲低成本航企为何业绩向好

在美国低成本航企面临重重挑战之际，为什么欧洲的低成本同行瑞安航空、易捷航空依然能保持良好的业绩？

事实上，欧洲和美国航空市场存在显著差异。李晓津表示，在市场策略方面，欧洲市场分散，低成本航企专注于短途航线，可灵活调整运力；而美国市场集中，过度依赖枢纽网络，导致价格战。在疫情恢复节奏方面，欧洲休闲旅游需求恢复较快，而美国商务旅行需求复苏更快。在竞争环境方面，美国全服务航企推出基础经济舱等低价产品，直接冲击低成本航企的核心客群；而欧洲的全服务航企并没有激进地进入低价市场。

李晓津还特别提到，在成本控制能力方面，瑞安航空在疫情防控期间通过不裁员、保持员工效率等措施控制和维持了培训成本；而美国航企在此期间大幅裁员，导致后疫情时代招聘和培训新员工成本过高。

的确，欧洲低成本航企的成本优势更加突出。民航新型智库专家于占福解释说，瑞安航空和易捷航空保持了更纯粹的低成本模式，严格控制成本，并通过辅助收入增加盈利。它们的成本控制措施更为严格，如快速周转、次级机场运营等。欧洲机场尤其是次级机场对低成本航企依赖度高，往往提供更优惠的着陆费和机场服务费。

同时，欧洲低成本航企在劳动力管理上有更大的灵活性。瑞安航空和易捷航空采用更多元化的雇佣模式，包括合同工和第三方雇佣关系，这在疫情防控期间为其提供了更大的成本调整空间。疫情防控期间，它们还从英国、法国等国家获得了就业保留计划的支持。美国航企则普遍面临较高的劳动力成本和更严格的工会协议，限制了其调整人力资源的能力。■

持续盈利能力的全面计划，其中包括作出改变“以满足日益增长的高端产品需求”。2024 年底，边疆航空宣布将推出一些新举措，包括提供头等舱产品、为特定会员免费升舱、提供无限次免费同伴旅行和更多里程兑换产品等，以吸引那些有更高支付意愿的旅客。今年 3 月，精神航空在经历 4 个月的重组后走出破产保护程序，正式启动品牌重塑计划，向高端航空服务商转型。

美国全服务航企通过基础经济舱等产品直接争夺价格敏感客群，低成本航企被迫通过增值服务向高端市场延伸，两者的界限持续模糊。李晓津表示，美国航空市场正从“全服务 VS 低成本”的二元对立转向“服务分层 + 收入多元化”的生态。全服务航企通过低价产品巩固市场份额，低成本航企则通过服务升级争夺高净值客户，双方核心差异从“有无附加服务”转向“服务品质和客户体验”，服务项目与收入结构趋同。

谈起这种变化给美国航空市场带来的影响，韩涛表示，市场竞争和服务分层将加剧，低成本航企与全服务航企的边界模糊化，将推动市场从“价格战”转向“体验战”；行业盈利模式将迎来转型，辅助收入占比提升，低成本航企成为“带翅膀的电商平台”；低成本航企品牌管理与成本控制面临挑战，其转型可能推高运营成本，导致客户流失。

在于占福看来，这些变化可能导致美国航空市场中间层次的竞争加剧，即介于基础经济舱和全服务商务舱之间的产品层次。同时，低成本航企的转型可能使市场更加分化，形成更为明显的超低成本、混合型和传统全服务三个主要层级。市场整合可能继续，但形式更加多样化，除了传统的并购，还可能出现战略联盟、合资企业等。

▼ 从左至右依次为：赵春玲、严林芳、李革萍、李明、王奕、张利娟



共4个人，既负责设计又负责施工。

那个年代，计算机还没普及，但严林芳已自学了编程。这些技能都是当时的市场所急需的，但赵春玲也好，严林芳也好，另一位C929副总设计师李革萍也好，都没有考虑过离开航空工业。“我毕业的时候，华为等企业已经开始大规模在西工大招人，所以我的很多同学去了深圳以及珠三角的其他城市。我们一百多个同学中，现在仍然留在航空系统的，已经不到五分之一了。”赵春玲说，要是比收入的话，那些跳出去的同学收入比她高得多，差距很大，但她始终没有动过离开航空工业的念头，“因为我就喜欢干这个。”

熬过那段艰难的日子，2002年C909立项，2007年C919立项，2008年中国商飞成立，国产大飞机迈进了只争朝夕的峥嵘岁月。2024年9月1日上午，在西工大新生开学典礼上发表演讲时，赵春玲鼓励同学们“有意识地构建兴趣、努力与目标的黄金三角形，以兴趣为牵引，学习会更有主动性；将兴趣与个人事业和国家发展需要相契合，将更会与时代同频共振、与快乐相向而行”。

C929项目系统工程团队的王奕正是将兴趣与国家发展需要相契合才选择的大飞机事业。家住景德镇的王奕从小就与直升机打交道，初中开始

玩航模，2008年高中毕业时正赶上中国商飞成立，于是直接报考了南京航空航天大学，并于硕士毕业后加入中国商飞上海飞机设计研究院。

C929项目复材团队的李明与王奕的情况相似，也是冲着国产大飞机而考进了上海交大航空航天学院大飞机班，毕业就直接进了上飞院。“我读研的时候就有中国商飞的老师来给我们授课，那时就明确了加入国产大飞机研制队伍的决心。”李明说，大飞机班也不是说每个人都能进中国商飞的，自己也是凭着热爱经过一番竞争才拿到入职通知。

“我一入职就加入了C919团队，心里骄傲得不行。一方面是因为自己喜欢，另一方面是觉得自己踩准了时代的脉搏。后来又加入C929团队，这是一个真正从“0”到“1”的项目，我能参与其中，再怎么辛苦都是快乐、幸福的。”王奕表示。

久于努力：我一定能干成

20世纪八九十年代，中国大飞机事业走过了一段非常艰难的历程，到2002年C909项目立项时，曾经参与过运10项目的人大多已经超过或接近退休年龄，这给C909甚至之后的C919项目都带来了极大的困难。

人才不够，只有两个办法，一是加快培养新生力量，二是现有人员一个当两个用，大家共同努力。赵春玲带领C909攻关团队的时候，办公室在大场，家住在浦东周浦，上下班的路上必须经卢浦大桥跨越黄浦江。

“C909取证前的3年攻关期间，我没见过白天的卢浦大桥。”赵春玲说，早上天未大亮她就出发了，晚上回家总在22点以后。

2014年12月30日，C909获颁中国民航局的型号合格证。紧接着，又开始驾驶舱优化攻关。这一次的攻关一直延续到2019年。2020年，赵春玲开始担任C919攻关组的副组长，又是3年的攻关。“这些年，一直是快节奏的工作方式，累是真累，但我心里的信念从来不曾动摇：不管什么困难，一定能解决，国产大飞机一定能干成！”赵春玲说。

2008年7月，李革萍到上飞院报到的第二天，领导就让她赶紧到大场的C909总装车间去干活。“当时不是人手不足嘛，刚好我又有经验，于是赶紧去现场干活。”李革萍说，在以往的工作中，很多项目她都要全流程管理，“从图纸到生产到适航甚至维修，全都要管，所以也就锻炼出了自己专业之外的能力。”

在工作现场，李革萍经常说：“我不是什么领导，我就是你们的师

傅，你有什么困难来找我，我告诉你怎么解决问题。”李革萍常常一听问题的描述，就能给下属指出应该去找什么材料的哪个章节，或者哪个供应商的哪个资料。所以，很多曾经在李革萍团队工作的员工都对李革萍特别感恩，因为与她一起工作期间，不仅学到了技术，还学到了管理方法，真正实现了自我成长。

2011年5月，一个无比棘手的问题出现在李革萍和她的团队面前：按照适航条款的要求，C909飞机的短舱防冰系统必须进行模拟结冰条件下的机上地面试验，而国内从未做过类似试验，甚至没有相关试验设备。李革萍带着她的团队主动承担了这项任务，设计方案、绘制图纸、生产装配试验设备，最终使试验取得圆满成功。

李革萍带领团队完成了这个不可能完成的任务，不仅为项目节约了资金，而且为C909的试飞节约了时间。

严林芳也碰到过这样紧急的任务。那是C909首飞的前夜，突然某系统发生了一次故障。每一分每一秒都是倒计时，严林芳的压力可想而知。但严林芳和她的团队没有丝毫畏惧，立即投入工作。首飞当天凌晨1点的时候，故障基本排除，到太阳出来的时候，问题彻底解决。

“我的性格比较自信，也比较乐观。我读书的时候数学比较好，再难的题目我都有信心一定能解答出来。参加工作后，这种性格也带到了工作中，不管碰到什么困难，我都坚信一定能干成。”严林芳表示。

经过C909、C919两大型号的磨炼，年轻一代也成长起来了。C929项目总体团队的张利娟就是其中一员。本科、硕士都就读于北京航空航天大学的张利娟2015年加入中国商飞，一直从事系统布置的工作。“我们的工作，就是要从全机的角度来考虑，哪个设备适合摆放在哪个位置。在设计师眼里，自己的系统都是最重要的，但从全机的层面来看，必须取得平衡。”张利娟说，在她的工作中，除了精密的计算、逻辑的推理，与同事讨论，甚至争论也是常事，但她从来认理不认人，“只要是综合权衡后认可的决定，阻力再大，我也要把它干成。”

终于目标：那种喜悦无法形容

2008年11月28日，C909在大场机场首飞成功。严林芳坐在监控室里，看着C909矫健的身影起飞又降落，流下了激动的泪水。“真的非常激动，非常非常激动！”严

林芳表示，那种喜悦是无法形容的，后来她们几个同事聚会，想起当时的情景，再次流泪。

20世纪90年代，严林芳她们是一边做其他工业品一边做民机技术的研究，实际上在2002年C909立项之前就已经开始为其做技术储备了。所以，她的激动不是因为连夜排故的辛劳，而是因为C909是她多年来倾注的心血的结晶。“不仅仅我一个人激动，当天很多人都来看C909的首飞，不仅跑道旁站满了人，有些人甚至还爬上了屋顶。”严林芳说，后来的C919首飞也是一样，大家都非常激动，现场一片欢腾。

赵春玲进入中国商飞时，C909已经完成首飞，开始各种试验试飞工作。她先是在C919团队工作了一段时间，后于2012年加入了C909团队，担任C909飞机航电电气系统副总设计师。随着C909飞机航电和电气系统关键技术攻关、机上试验、试飞等适航验证工作的展开，赵春玲带领团队赴阎良、银川、东营、中卫、成都、乌鲁木齐、格尔木等全国各地大大小小的机场跟飞，解决了无数大大小小的问题。最典型的是C909飞机试飞过程中的一次技术攻关，如果该问题不能解决，C909飞机的试验试飞将被迫停滯。赵春玲带着攻关团队承受着巨大压

客机衍生型易改性设计思考

文 | 张建军

力，在经历了十余个版本的软件迭代后，终于解决了该难题，成功支持了 C909 飞机的后续试飞。

回顾这些过往，赵春玲记起的都是喜悦：“任何一个问题，你没看透时都是一座山，等你研究透了，它就是一粒沙，你轻轻一弹就把它解决了。这时，你内心的喜悦，真是无法形容的。而且，之前的压力越大，之后你的喜悦也就越大。”

李革萍则用一个“爽”字来形容解决难题之后的心情。在说起短舱防冰系统模拟结冰条件下的机上地面试验圆满成功后的心情时，李革萍大笑：“干这种活就是爽啊！”

对于李明、王奕、张利娟等年轻人来说，同样的喜悦如期而至。2021 年，李明刚到 C929 项目复材团队不久，就碰上了一个大任务，如果按平常的流程，时间根本不够用。于是，她联合团队成员，提出上海、北京、沈阳等“三城四地打攻坚”，又创新了工作方法，提出工程、工艺、工装“三工协同”，三方随时联系，一有进展马上传递给下游，而不是等所有任务都完成了再传递，这样下游先做准备，最终使工期按时完成。

“每次完成一项阶段性的工作，我都会感觉到内心非常充实，心里那种放松又充盈的感觉，真是妙不可言。”李明说。

成于幸福：不需要特意去平衡

能够留在回忆中的，都是开心的事，但身处其中时，那巨大的压力、无尽的煎熬、无休止的出差，考验着每个人的身心。严林芳的女儿曾经问她：“妈，你什么时候能不那么忙？”严林芳回答说：“等 C909 首飞后应该就好了。”但事实是，首飞之后，她继续那么忙，以至于不得不向女儿解释：“妈妈算得不太准。”

如何平衡家庭与工作的关系，是每个职场女性必须面对的一道难题。李革萍的答案是，幸福不幸福，看你追求的是什么。如果你追求的是照顾家庭，那你就把精力往家庭那边多放一点，如果你追求的是工作，那你就把精力往工作那边多放一点。

李革萍的先生工作也很忙，两人经常加班、出差，孩子的学习、生活相对管得少。“她小学三年级时，作业需要家长签字。有一次拿了作业本回来，责怪她爸爸说，‘你怎么检查的，我写错了也没纠正过来’？那一次，我们就约法三章，以后签字只管数量，不管质量，只管有没有完成作业，不管写对了没有。”李革萍的孩子独立性、自主性特别强，后来上大学、出国留学，乃至工作，都不用李革萍操心。

赵春玲的孩子小升初那年，她在外常驻了一年，一个月顶多能回家一次。那时孩子正是长个的时候，赵春玲出发前还能用下巴卡到孩子的头顶，但一年后再来比，妈妈再怎么抬下巴也卡不到孩子的头顶了。

没能陪伴孩子成长，心里固然难过，但一转念，赵春玲说起那些当年离开航空工业的同学：“她们的工作也忙，但一般不至于像我们这样忙，对家庭的照顾当然比我们多，收入也比我们高，但她们仍然很羡慕我们，觉得我们能为国家做这么大的事，个人事业与国家命运能够同频共振，是很光荣的事。”赵春玲说，在飞机交付前还不觉得，现在 C909、C919 都在运营了，而且飞得很好，再想想自己能参与其中，再忙再累也是很幸福的事。

90 后王奕的孩子刚一岁半，正是对妈妈最为依赖的时候。不过，王奕思考生产之前和之后的区别，觉得最大的改变不是孩子的到来给自己带来的责任，而是自己心态的变化。“生孩子之前，我碰到难题容易焦虑，但生孩子之后，我觉得我这么大的问题都能解决，其他再也没有什么能难倒我了。”王奕说，“不管是在公司面对工作，还是回家面对孩子，我都很幸福，完全不觉得这是需要如何去平衡的事。”■

成功的客机必定会改装成多款衍生型飞机。我们在新闻里看到的衍生型飞机，比如公务机、货机，大多是通过客机改装而成。用客机改装衍生型号，优势很多，如可以减少设计改动量，减少技术风险，节约成本周期，从而达到事半功倍的效果。但是，用客机改装衍生型号也会受到客机平台的限制，如客机本身的布置布局、结构强度、系统架构等方面的约束，因而给改装设计衍生型号带来一定的设计难度和设计代价。

易改性设计的意义

客机易改性设计是指飞机在设计阶段就预先考虑了未来将客机改装为衍生机型，如货机、公务机、医疗机等的需求，通过采用模块化、标准化、预留空间与接口、设计冗余等方式，在结构、系统、布局等方面进行优化，便于后期根据需求进行快速改装或升级，使飞机能够在不进行大规模重新设计的前提下，快速、高效地适应不同的任务需求和市场变化，从而提升客机的价值，降低改装成本和周期，增强市场竞争力，促进销售，增强流通性。

实践案例

行业巨头波音和空客基于其长期积累的工程经验与市场需求洞察，通过易改性设计理念，为航空业的技术迭代与可持续发展提供了重要支撑，推动了航空改装市场的多样化发展，满足货运、特种任务及环保升级的多元需求，持续扩展应用边界，使飞机产品成为航空改装领域的“多面手”，最大化提升全生命周期价值。其主要机型被广泛改装为多种专用机型，主要涵盖货机、特种机和实验验证机等领域。

比如，737 系列飞机改装而来的货机，除了波音设计的 737-800BCF 外，非 OEM 公司方案，有美国航空工程公司 (AEI) 的

737-300SF/ 400SF/ 800SF, 佩姆科世界航空服务公司 (PEMCO) 的 737-300F/300QC/300C、737-400F/400C 和以色列飞机工业公司 (IAI) 的 737-700BDSF 等。公务机方面，目前基于 737 系列飞机改装而来的有 BBJ1、BBJ2、BBJ3、BBJMAX7、BBJMAX8 和 BBJMAX9。特种任务飞机方面，737 系列飞机改装而来的有军用预警机 P-8A、电子战与侦察机 EA-18G、要员专机、环保技术验证机、空中医院等。

A320 系列飞机的改装，在货机 / 运输机方面有 A320P2F/A321P2F，以及轻型军用运输机；在特种机方面有预警机与侦察机、医疗救援机、空中指挥机、行政专机、清洁能源验证机和气象机等。

▼ 图 | aviationbusinessnews.com



活塞发动机时代的意大利王者

文 | 沈海军

主要经验

经过数十年的发展，全球衍生出了约 30 种衍生机型，其中，货机的市场占比最大，其次是公务机。因此，本文重点谈谈货机和公务机在改装设计过程中的主要问题。

货机的改装设计有两点非常重要。一是货机在装卸货过程中，往往需要将升降平台车与主货舱门框以右对齐方式作业，同时为了避免刮碰发动机，其右边缘与发动机短舱前缘应有约 1 米的间距。比如，A 飞机货机受客机风标位置和机翼前的机身长度较短限制，其主货舱门开口位置只能距离发动机短舱前缘不足 0.5 米，以致于

只能采用定制的升降平台车，并需要改变地面人员的操作习惯，以左对齐方式作业。因此，其市场竞争力被大大削弱。

其二，货机能装载的集装器数量越多，其最大商载和有效装载容积就越大。因此，货机的集装器装载能力是货机客户最关注的核心需求。比如，在都不前移登机门的前提下，C 飞机客机受中后机身收缩段过早、收缩率过快的限制，其最后一个 A 型或 M 型集装器只能旋转 90 度，从而侵占了本可放置 K 型集装器的空间。这样，C 飞机改装的货机就比 B 飞机货机少装 1 个 AKE 集装箱，意味着要少装 4 个立方米或 1.5t 左右的货物，因而其市场竞争力会弱于 B 飞机货机。

将客机改装为公务机，随机登机梯是必须有的标配。在现实中我们看到，某型飞机受前登机门下方的主结构、排水管路、环控管路的限制，没有预留合适的空间，以至于加装随机登机梯的代价过大，导致该机型目前无有竞争力的公务机产品。

易改性设计建议

客机设计时，应全面开展衍生型易改性设计需求研究。第一，要充分考虑后续衍生型，特别要考虑未来改货机的主货舱门位置和集装器装载方案，机身段留出足够的长度，并尽量将主货舱门开口设为整数框距，避免半框，以及确保集装器不再旋转 90 度。

第二，要从全生命周期的角度，多维度权衡机头与前机身部段的对接分离面位置、大气数据系统的布置、前机身的长度、地板滑轨的数量及间距、中后机身的外形等，以便为改装货机时预留方便。

第三，要考虑公务机改装需求，在前登机门下部区域预留空间、相关的机载系统中也要预留额外的电源接口和信号接口，以便未来增加新的电子设备等。■

从第一次世界大战到 20 世纪 40 年代，活塞式飞机年代的意大利航空发动机一直处于世界先进水平。由于战争的需要，一大批意大利企业加入到航空发动机的行列，譬如菲亚特、阿尔法·罗密欧、比亚乔、雷贾尼公司等。这些企业原本从事汽车或机械行业，因战争而涉足航空发动机，甚至飞机研制，为意大利的航空业发展做出了巨大贡献。

航空引擎是飞机的“心脏”，直接决定了飞机的性能和发展，二战及战前，意大利一直坚持发展自己的航空引擎，可因为种种原因，没能发展出如英国梅林或者是德国 DB 那样传奇的航空发动机。

二战期间，德国戴姆勒奔驰研制的 DB601、DB605 等航空发动机的性能达到了登峰造极的地步，引得不少意大利航空发动机公司授权生产或仿制。靠着生产德国授权的发动机，意大利突破了一线军用飞机马力不足的设计瓶颈，涌现了一批像 Mc.200、菲亚特 G.50 和雷贾内 Re.2000 等知名战机。

菲亚特发动机：源自美国技术

1899 年成立的意大利菲亚特

公司最早是造汽车的。到了 1908 年，该公司将一款赛车发动机改装成了航空发动机，名为 SA8/75，开始步入航发行业，并迅速成为行业内的佼佼者。

一战中，波米里奥 PC、PD 和 PE 武装侦察机使用的就是菲亚特公司的 A.12 系列液冷发动机。当时，早期装备 PC 侦察机的菲亚特 A.12 型发动机功率为 260 马力，而装备 PD 和 PE 武装侦察机的菲亚特 A.12bis 发动机功率提升到了 300 马力。一战结束时，波米里奥 PD/PE 曾是意军中装备最广的侦察机。1918 年，菲亚特 BR 双座双翼飞机诞生，装配一台 700 马力的菲亚特 A.14 发动机；次年 5 月，该飞机便

以 270 公里 / 小时的速度打破了世界飞行高度的纪录。

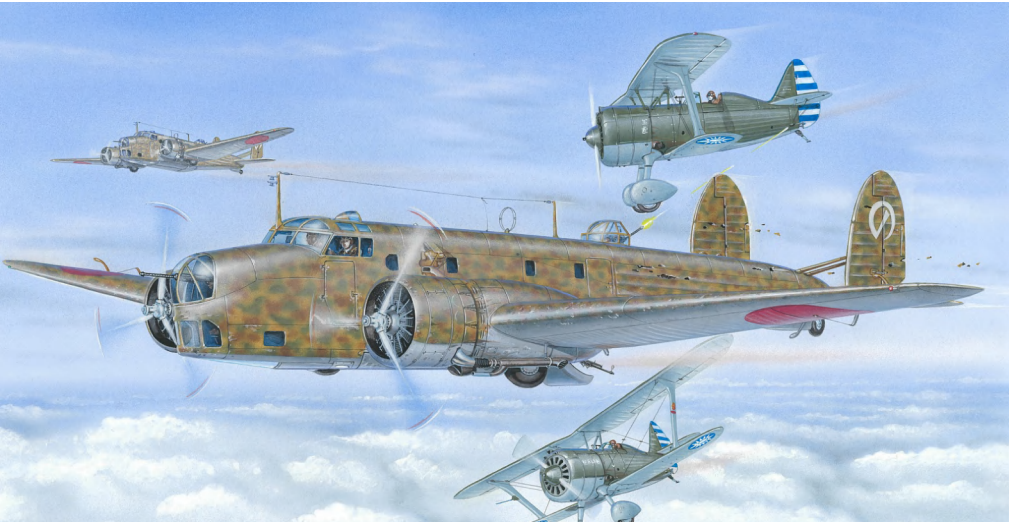
二战前，菲亚特公司在意大利发动机研发领域地位显赫，曾成功研发过多款 V 型液冷发动机，最典型的为菲亚特 CR.32 战机配套的菲亚特 A.30R.A.bis 型 12 缸液冷直列发动机。此后该公司转向气冷发动机研发，其中比较重要的两款星型气冷发动机分别为 14 缸、功率为 840-870Ps（这里的 ps 指米制马力）的 A.74R1C38 型和 18 缸、功率为 1000-1030Ps 的 A.80 型发动机。

菲亚特战斗机的发动机和螺旋桨其实大多起源于美国。双排 14 缸菲亚特 A.74R1C38 发动机是 1935 年著名的普惠双黄蜂发动机的

▼ 图 | asqs.net



▼ 图 | 菲亚特 BR.20



改进型。主要的区别是意大利重新设计了曲轴，A.74R1C38 发动机结构紧凑，常配合三桨叶可变螺距恒速菲亚 - 哈密伦螺旋桨，螺旋桨更有效地利用了发动机的动力。

20 世纪二三十年代，菲亚特公司相继研发成功了 A.12/20/30/AS6/A.74/A.80 等一系列液冷发动机，成为当时世界范围内液冷发动机中的经典产品。菲亚特公司的发动机的特点是功率大、性能稳定，因此当时意大利的不少飞机公司在研制各自新机型时都纷纷选用菲亚特的动力。

作为当时意大利为数不多的航空发动机和飞机研制“双挑”龙

头企业，菲亚特在二战及战前充分发挥自己的发动机优势，打造了不少知名飞机型号。譬如 1930 年诞生的菲亚特 CR.20 特技飞机，第一批原型机配备了 420 马力的菲亚特 A.20 直列发动机；菲亚特 CR.30，其动力为菲亚特 A.30RA 十二缸液冷发动机；一代名机菲亚特 CR.32 及 CR.32bis，配备的发动机分别为菲亚特 A.30RA 和 A.30RAbis；菲亚特 CR.33 装有一台 700 马力的菲亚特 A.30R.C.35 发动机。菲亚特 BR.20 轰炸机配备的发动机为菲亚特 A.80RC.41，功率为 1030 马力；知名战机菲亚特 CR.42 的动力为菲亚特 A.74R1C38 发动机。

阿尔法·罗密欧发动机：源自英国技术

1910 年 6 月，一些有远见卓识的企业家从法国母公司手中接管了意大利 Darracq 汽车公司，这一天也成为阿尔法·罗密欧（Alfa Romeo）的誕生日。

不久，第一次世界大战爆发，意大利卷入战火，阿尔法·罗密欧的汽车被大量征召服役，载运人员与军械，后来战况吃紧，阿尔法车厂被迫停产。1926 年，阿尔法·罗密欧得到英国 Bristol 公司许可后，

开始生产 9 缸星型航空发动机。

1929 年，世界经济危机使阿尔法·罗密欧陷入困境，意大利政府被迫通过 IRI 集团公司来参与阿尔法·罗密欧的经营。尽管此时的阿尔法·罗密欧已经是汽车行业佼佼者，但是 IRI 集团公司要求阿尔法·罗密欧转向生产工业用车及航空发动机。在此背景下，1931 年阿尔法·罗密欧生产出第一辆卡车；1939 年其生产的航空发动机也由于出色的表现而声名鹊起。

二战及战前，阿尔法罗密欧曾成功研制出了一系列星型气冷发动机，主要型号包括 205 马力的阿尔法·罗密欧 115、680 马力的阿尔法·罗密欧 125、750-780 马力的阿尔法·罗密欧 126、930 ~ 1000 马力的阿尔法·罗密欧 128、1350-1400 马力的阿尔法·罗密欧 135 等。此间，该公司还先后授权生产多款来自德国戴姆勒奔驰公司的 V 型液冷发动机，主要的发动机型号有两款，一款是 1175 马力的 DB601 N .RC41 型，另一款是 1475 马力的 DB605ARC58 型。

和菲亚特的发动机一样，阿尔法·罗密欧的发动机也在同期意大利许多飞机公司的飞机型号上被选用。譬如纳迪公司 1935 年研制的 FN.315 飞机、1938 年研制的

FN.315 飞机，试飞时都曾选用过 205 马力阿尔法·罗密欧 115 型发动机；1935 年 9 月，萨伏亚 S.M.79 原型机成功试飞，安装的就是阿尔法·罗密欧 126RC.34 发动机，飞行速度竟达到了 430 公里 / 小时，这款发动机在 1936 年量产的坎特 Z.506 水上飞机上也曾被使用；萨伏亚 S.M.79 飞机被改型为 S.M.79-II，试飞中也曾选用过阿尔法·罗密欧的 1350 马力发动机阿尔法·罗密欧 126RC.34。

第二次世界大战爆发后，阿尔法·罗密欧工厂饱尝轰炸之苦。德军占领了意大利北部，公司原材料短缺。虽然面临重重困难，公司还是保持着其产品的高水准，以 1942 年三引擎的 S.M.75 型飞机为例，它采用了阿尔法罗密欧 128 型发动机，飞到东京后再返回，全程达 2 万公里，可见其发动机的优异品质。

二战后期，不断的轰炸使阿尔法·罗密欧工厂大部分的生产设备毁于战火，1945 年，生产线再度缓慢启动，其中包括汽车、飞机及舰艇引擎。直到 1946 年，公司的主业——汽车生产才走上了正常轨道。

1997 年，因种种原因，阿尔法·罗密欧公司的航空部门被菲亚特收购，将精力集中于汽车、车辆等业务。

从船舶起家的比亚乔发动机

1884 年，极具商业头脑的意大利人瑞纳尔多·比亚乔（Rinaldo Piaggio）以自己的名字创建了比亚乔公司，以船舶设备为主要的业务方向。仅用十几年，比亚乔便把业务从船舶设备，扩展到火车车厢、货车以及发动机等。

1916 年，比亚乔开始航空制造。不久，第一次世界大战爆发，战时的比亚乔凭借军品得到快速发展。一战后的世界局势仍然动荡不安，船舶制造行业遭受了巨大的危机，但是比亚乔仍然在铁路建设和航空制造领域取得了成功。1920 年，比亚乔成立了新的公司，并决定在航空领域大力发展，他聘用了 Giovanni Pegna（乔凡尼·佩根纳）和 Giuseppe Gabrielli，安排他们负责设计第一架飞机。到 1924 年，他们生产了几架原型机，并推动了汽车、发动机的研发。

二战以前，比亚乔公司的名气和地位均远不如菲亚特和阿尔法·罗密欧公司，但战争中公司坚持不懈地研制和生产活塞发动机，并且成为意大利那个时期航发的重要力量。比亚乔以生产星型气冷活塞发动机而著称，二战前该公司在 20 年间共生产了 16 款航空发动机，

并以精良的品质实现了大规模生产。主要航空发动机产品包括：7 缸 450 马力的比亚乔 P.7、9 缸 610 马力的比亚乔 P.9、14 缸 1000 马力的比亚乔 P.11、18 缸 1350 马力的比亚乔 P.12、14 缸 1175 马力的比亚乔 P.19、18 缸 1600 马力的比亚乔 P.22 等型号。1944 年，比亚乔甚至还研制出过一款功率更大的比亚乔 P.12 型发动机，可输出 1500 马力。

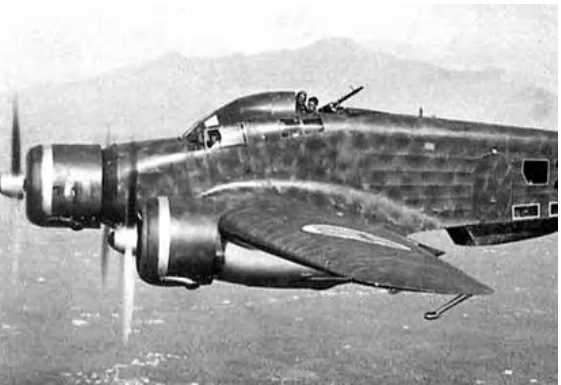
这一时期，比亚乔在飞机制造领域也一再取得辉煌的成绩，奠定了日后比亚乔在发动机制造上的坚实基础。

▼ 图 | 军团航空的菲亚特 BR.20 Cicogna



▼ 图 | 比亚乔和飞机设计师





▲ 图 | 萨伏亚 S.M.57 水上侦察飞机

20 世纪三十年代到四十年代初，比亚乔的几款星型气冷活塞发动机在意大利国内得到了广泛应用。

1930 年，萨伏亚公司研制了一款三引擎八座运输机 / 轰炸机 S.M.71，其部分飞机安装了 370 马力的比亚乔 P.7 发动机。同期，布雷达公司的 Ba.28 飞机、卡普罗尼的 Ca.310 也不约而同地选用了比亚乔 P.7 型发动机。

1937 年 10 月，一架装备有两个 746 千瓦比亚乔 P.11R.C.40 发动机的卡普罗尼 Ca.161 飞机创下了新的飞行高度纪录。1938 年 10 月，安装了带二级增压和变速器的比亚乔 P.9R.C.100T 型发动机的改型 Ca.161bis 飞机，再次将飞行高度纪录打破。

比亚乔二战前设计的 P.23R 飞机是一款大型三发飞机，动力为三台比亚乔 P.11RC40 引擎。1938 年年底，P.23R 以 404 公里 / 小时的

平均时速刷新了两项国际航联的速度纪录。遗憾的是，随着战争的爆发，该机竟没有用武之地。1939 年，二战爆发。意大利举国动员战备，因为在发动机和飞机制造领域取得的骄人成就，比亚乔也被卷入其中，为意大利军方生产发动机和飞机。

二战中，比亚乔的工厂一再遭到盟军的轰炸，几成一片废墟。战后，比亚乔公司将主要精力投放到摩托车市场。再后来，比亚乔公司重操旧业，又开始设计生产两栖水上飞机、教练机和通用飞机。

伊索塔·法拉西尼发动机：源自法国技术

1900 年，意大利人塞萨尔·伊索塔 (Cesare Issotta) 和奥里斯特·法拉西尼 (Oreste Frascini) 合伙创立了一个名叫伊索塔·法拉西尼 (Isotta Fraschini) 的公司。该公司初期只是一个汽车进口商，销售和修理法国雷诺汽车。1904 年，该公司在雷诺汽车基础上制造了第一辆伊索塔·法拉西尼汽车，取得了初步的经验。到 1906 年，伊索塔·法拉西尼已经成长为仅次于菲亚特的意大利第二大汽车品牌。

1907 年，伊索塔·法拉西尼公司迎来了第一个转折点，它和法国

的洛林·迪特里希公司进行了合并。洛林·迪特里希原是法国汽车发动机和航空发动机的先驱之一，在技术上有一定的优势。合并后的伊索塔·法拉西尼开始主攻高性能航空发动机和豪华轿车，正式进入航空领域。

1914 年，第一次世界大战爆发后，伊索塔·法拉西尼获得了意大利空军订单，成为飞机发动机的制造商。

1929 年的美国金融危机，伊索塔·法拉西尼车型销量急剧下降，1931 年汽车生产被迫暂停，第二年卖给了意大利飞机制造公司卡普罗尼，负责飞机和船舶的发动机生产。在上世纪三四十年代，伊索塔·法拉西尼和菲亚特、阿尔法·罗密欧、比亚乔成为意大利的几个主要的航空发动机制造商。

在两次世界大战期间，伊索塔·法拉西尼公司曾成功研制过多款活塞发动机，主要型号包括伊索塔·法拉西尼 V.4B、V.6、Asso11、Asso120/121 等，并被各意大利飞机公司的飞机作为动力。

伊索塔·法拉西尼 (Isotta-Fraschini) V.4B 是该公司早期比较成功的一款发动机，功率为 150 马力，曾于 1916 年装备于卡普罗尼 Ca.32 轰炸机上，不久该款发动

机的改进型又安装到了安萨尔多 SVA.10 双座侦察机上。

S.M.57 是萨伏亚于 1923 年研制成功的一款水上侦察飞机，为一战后的意大利空军建造的，其动力为一台 249 马力的伊索塔·法拉西尼 V.6 发动机，不过后来 20 余架 S.M.57 被转交付了意大利海军。

坎特飞机公司的多款水上飞机也都选用了伊索塔·法拉西尼的动力，譬如水上邮政机 Z.505、Z.508 重型轰炸机和 Z.1007 “翠鸟”轰炸机，它们都装备的是伊索塔·法拉西尼的 Asso11RC.40 发动机或发动机的改进子型号。

第二次世界大战结束后，伊索塔·法拉西尼公司恢复轿车生产未果，后退出了汽车行业。再往后，伊索塔·法拉西尼放弃了航空发动机业务，将主营方向放在了船舶和火车用发动机业务上。

雷贾尼发动机：二战中化为乌有

雷贾尼飞机制造公司创建于 1901 年，以生产单引擎战机而闻名。1936 年，雷贾尼试图发展航空发动机业务。最初，雷贾尼计划与菲亚特和比亚乔合作，通过授权方式获得后两者航空发动机的生产许可后

制造，但不久该公司便走上了自主研发自己飞机引擎的道路。

雷贾尼于 20 世纪 30 年代最早自主研发的航空发动机是 RE101RC50i 和 RE101LRC50。这里，“R”代表引擎为齿轮减速 (Riduttoredegiri)；“C”指的是增压 (Compressore)；“50”代表发动机临界高度为 5000 米；“i”代表发动机 V 型 (Invertita) 倒置；L 表示“直列”的意思。RE101 是一款倒 V 型 12 缸液冷引擎，要求在 5000 米高度能够输出 1100 马力。不过 RE101 最后被放弃了。

20 世纪 30 年代末，雷贾尼和 RE101 平行发展的一个航空发动机项目为 RE102RC50i，这是一个倒置 W 型 18 缸液冷引擎，为三排气缸，每排 6 个，102 的排量是 34L，在 5000 米高度功率是 1350 马力。雷贾尼对 RE102 发动机非常重视，该发动机有 18 个气缸，排量更大，意味着有更大的功率。但因经验不足，RE102 发动机无果而终。

1940 年，雷贾尼又开始研制新的 RE103RC50i 型飞机引擎。与 RE101 和 RE102 不同，雷贾尼很快生产出了两台 RE103 原型机，并进行了测试。初步实验结果表明，RE103RC50i 最大起飞功率可达 1740 马力。总的来说，在 1940 年，

该发动机性能实际上已经较接近同期英德航发的水平。

RE103RC50i 本来是打算装配 RE.2005 战机的，但该发动机毕竟是新型号，稳定性等各项性能均不及授权生产型的德国 DB605 引擎，因此，绝大多数的 RE.2005 安装了 DB605 而非 RE103。后来，RE103 引擎还衍生了子型号 RE103RC57i，发动机增压器为了把临界高度提到 5700 米进行了优化，但 RC57i 仍没有获得任何订单。

在 RE103RC50i 的基础上，雷贾尼希望再次将飞行临界高度提高到一万米，于是推出了 RE105RC100i 发动机，空军在 1943 年也下了 3 台 RE105 的单子，然后意大利不久投降，处于研发阶段的 RE105 引擎到此结束。

值得一提的是，在研制上述几款发动机的同时，雷贾尼还曾提出了另两个发动机项目。一款是 V 型 12 缸布局的 RE104RC38，另一款是 H 型 24 缸引擎项目。

1943 年 9 月，意大利投降后，雷贾尼北部的工厂被德国人控制，德国人对雷贾尼的飞机引擎不屑一顾，于是雷贾尼所有的引擎研发停止。自此，雷贾尼公司自主研发的引擎，全部化为乌有。■

图 -204： 对标波音 757 的苏联喷气式客机

文 | 乔善勋

1960 年代末期，图波列夫设计局推出三发客机图 -154，在苏联、东欧地区的民机市场取得空前成功。但与此同时，西方国家的民机也取得了长足进步，尤其在飞机的运行可靠性和经济性方面，和苏制民机的差距越拉越大。

进入 1980 年代，随着发动机技术的进步、稳定性的提升，搭载三台发动机的飞机市场逐渐被双发飞机侵占。波音率先出招，推出了双发窄体客机 757。苏联民航也要求苏联航空工业部门研发一款先进中型客机，作为图 -154 的后继机型。

苏联首款采用电传飞控的民机

1981 年 8 月 11 日，苏联部长会议发布 782-230 号命令，正式启动图 -204 项目。时任苏联航空工业部部长伊万·西拉耶夫要求新机型的油耗降低至图 -154 的一半，并采用当时苏联最先进的航空科技，包括航电设备、通信设备和飞行计算机系统。

上有所呼，下有所应，图波列夫设计局迅速跟进。波音已经打了样，图波列夫设计局也决定采用和 757 类似的设计：窄体双发布局、后掠下单式主翼、翼下吊挂发动机式。

图波列夫设计局为了增强图 -204 相对西方国家客机的竞争力，引入了当时苏联最先进的航空技术，将苏联民机的科技水平提升到新的高度。他们和莫斯科中央流体力学研究院联合研发大展弦比机翼，采用超临界翼型来降低巡航时的空气阻力。图 -204 还是首款采用电传飞控的苏联民机，当时只有协和式超音速客机和空客 A320 采用电传飞控技术。图 -204 搭载的 PS-90A 发动机同样引入了全权限数位发动机控制系统（FADEC）。设计师还对飞机的机翼翼尖、

发动机挂架和翼身连接处进行气动优化，包括机身天线、空速管、传感器等突出部分都做了最小化处理，以尽可能改善图 -204 的空气动力学性能。他们为了给飞机减少配平阻力，甚至还设计了将燃油从机翼油箱抽到垂尾的装置，重心向后移动减少了平尾和机身的负载。飞机下降时，还能将燃油抽回机翼油箱中。

工程师为了图 -204 的减重降耗可谓是绞尽了脑汁。图 -204 机身大量采用了轻质铝合金和复合材料，能减少 1.2 吨重量。使用经铣削加工的大尺寸金属蒙皮，大大减少了机身蒙皮之间的接缝。

图 -204 相比此前的苏制民机，还首度引入电传飞控系统、数字化航电设备、以多功能显示器为主的玻璃式座舱。

苏联最先进的高涵道比涡扇发动机

苏联还宣布为伊尔 -96-300 和图 -204 选择一款推力为 16000kgf 的涡扇发动机。索罗维耶夫设计局研制出了 PS-90A 发动机，其中 PS 就是设计师巴维尔·索罗维耶夫名字的缩写。

PS-90A 是一款拥有反推功能



▲ 图 -204 在制造工厂内的场景



▲ PS-90A 发动机



▲ 以多功能显示器为主的玻璃式座舱

▲ 俄罗斯国家邮政服务使用图 -204 进行邮件和货物的运输



的大涵道涡扇发动机，同时也是当时苏联唯一符合国际噪声和废气排放要求的发动机。PS-90A 符合现代运输机对高经济性的要求，是当时苏联最先进的高涵道比涡扇发动机。

PS-90A 的结构特点包括采用跨声速风扇，起飞时的平均压比为 1.6，涵道比为 4.7，其风扇有 33 块钛合金叶片；13 级高压压气机，前后机匣为无缝合面，采用焊接结构；进口导流叶片和第 1、2 级导流叶片可调；混合结构式燃烧室，前段是 12 个火焰筒的环管式结构，后段是环形集气腔；12 个离心式双路供油喷嘴；2 级高压涡轮、4 级低压涡轮。

PS-90A 发动机外涵道设计了叶栅形反推器，位于混合室和喷嘴之间，能通过改变外涵空气方向来产生反推力，它和戽斗式反推力装置结构相比，不受高温燃气的作用。从正推力状态转换到反推力状态或相反转换，对发动机工作状态影响很小。此外，这种反推器安装在外涵也不会增加发动机的长度和直径。

1995 年 11 月，国际航空委员会给 PS-90A 发动机颁发了规定寿命 3000 小时的证明书，1996 年 1 月规定寿命达到 5000 小时。

大修间隔从最初的 1500 小时增加至 2500 小时。该型发动机的研制和认证很复杂，经过了 435 项试验。除了传统的鸟撞试验中的大量水和大块冰之外，还首次进行投掷石英碎粒，人为拉断压气机和涡轮叶片等试验。试验结果显示，发动机在所有测试环境下都能保持工作能力。

在 PS-90A 的设计中，工程师十分重视发动机的可靠性，其中三个目标是：保证飞行安全、飞行中不出现危险故障、在发动机寿命期内具有飞行时间。搭载该发动机的图 -204 每年应飞行 3000 小时，两次飞行间的准备时间不超过 30 分钟。

尽管 PS-90A 相比此前的发动机有了长足进步，但在可靠性方面和罗罗 RB211、普惠 PW2037 还有很大差距。PS-90A 发动机的可靠性会随着年限的变化而改变。

彼尔姆航发公司为了提升 PS-90A 的寿命和可靠性也采用多种方法，例如提高位于热应力区的燃气发生器轴承支撑的冷却效果，对燃烧室进行改进，以提升燃烧室的安全性和寿命等。

同时，俄方还加强了 PS-90A 的售后服务。在俄罗斯和独联体的 12 座机场建立了办事处，配备

了高技能水平的员工和成套的诊断仪器设备和备件。新的保障措施让 PS-90A 不间断的工作时间提升到新的阶段，让日均飞行小时数提升到 13~15 个小时。

最终只生产了 89 架

1989 年 1 月，图 -204 原型机首飞成功，并在 1994 年拿到 EASA 颁发的适航证。早期的图 -204 有两个基础机型：客机版的图 -204-100 和货机版的图 -204-100C。其中图 -204-100 型能容纳 210 个座位，经济舱采用“3+3”的座位布局，腹舱存放行李和货物，飞机满载航程达到 4300 公里。

图 -204 客机还为出口机型准备了更符合西方适航标准的图 -204-120 客机和图 -204-120C 货机，为客户提供了罗罗 RB211-535 发动机的选装项目。该发动机的推力相比同类俄制发动机多了 4 吨，符合国际民航组织 (ICAO) 第 16 号补充文件第 3 章中的噪声法规，满足所有当前欧洲和国际民航组织的要求。1992 年 8 月，搭载美国霍尼韦尔 VIA2000 电子飞行仪表系统的图 -204 改型完成首飞，其首个国际客户是初创的

包机公司——开罗航空，他们在 1998 年 11 月接收了首架图 -204。

2000 年，图波列夫推出了图 -204-300，搭载 2 台 PS-300A2 涡扇发动机，机身缩短了 6 米，载客量为 166 人，满载航程达到 5800 公里。朝鲜的高丽航空购买的就是该型客机。

2009 年，图波列夫公司又推出了改进版的图 -204SM。除了更新大量航电和电脑系统外，它还加装了抬头显示器 (HUD)，而且飞行员也从 3 人减少为 2 人制机组。新的机载电脑也提升了飞机的效能，飞机在少用 5 吨航油的前提下，还能保持 4000 公里航程。

1996 年 3 月 21 日，图 -204 的重要衍生机型图 -214 完成首飞，两者的主要区别是由不同工厂生产。航星 -SP 在乌里扬诺夫斯克负责生产图 -204，而喀山飞机制造协会 (KAPO) 在喀山生产图 -214，有意思的是这两家工厂都独立于图波列夫设计局，因此对生产飞机都有一定的话语权。

图 -214 相比图 -204 拥有更大的起飞全重，配备了额外的油箱，并加强了机身结构。因此图 -214 也成为俄罗斯政府专机的改装平台，个别特殊机型续航里

程甚至达到 1 万公里。

图 -214 和图 -204 最大的区别是机身左侧的一个全尺寸主舱门。图 -214 有 3 个舱门和 1 个应急舱门，而图 -204 有 2 个舱门和 2 个应急舱门。

图 -204 虽然对标波音 757，但是它首飞的时候，波音 757 已经运营了 5 年时间。截至 2004 年停产，757 的产量达到 1050 架。而随着苏联的解体，很多潜在客户转而购买西方国家生产的客机，图 -204 最终只生产了 89 架。

1996 年 2 月 23 日，图 -204 在伏努科沃航空公司正式投入商业运营，执飞莫斯科到矿水城之间的航班。价格成为图 -204 为数不多的竞争力，它的单价比 ERJ-170 型还便宜 500 万美元。

俄罗斯和乌克兰发生冲突后，图 -214 也有望“咸鱼翻身”。2022 年 3 月，Rostec 首席执行官谢尔盖·切梅佐夫表示：可能重新开始大规模生产图 -214。2022 年 4 月 6 日，尤里·斯鲁萨尔宣布联合飞机公司开始生产 20 架图 -204，以弥补俄罗斯民航因无法进口飞机而导致的运力缺失。■

旧中国对航空技术的探索（中）

——《腾飞之路——中国航空技术的发展与创新》（摘编二）

文 | 汪亚卫



南苑航空学校及修理厂

1913 年，北洋政府在北京南苑建立了航空学校，同时建立了一个飞机修理厂。1914 年，南苑飞机修理厂分别由潘世忠和厉汝燕各自设计制造出一架飞机。

潘世忠 1889 年生于上海，1904 年赴法勤工俭学，1911 年 12 月在法国获得了飞行证书。辛亥革命爆发后，潘世忠回国到北京南苑航空学校任教，后又担任过学校飞机修理厂厂长。1913 年，

潘世忠主持制造了中国本土第一架飞机，该机装有一台 80 马力发动机，后置一台推进式螺旋桨，机头装有一挺机枪，该机是中国最早自制的军用飞机，被称为“枪车”。当年 10 月 12 日，潘世忠亲自驾驶飞机升空试飞获得成功，飞行高度达到 1500 米。此后，他不断对飞机进行改进，1914 年 3 月，该飞机完成了从北京飞往保定的航线飞行课目，这被视作中国国内首次的航线飞行。

厉汝燕 1888 年生于浙江定海，1909 年毕业于伦敦纳生布敦工业学校，后又进入布里斯托尔飞行学校学习，取得英国皇家航空俱乐部的飞行执照，成为第一个获得飞行执照的中国人，他还在英国布里斯托尔飞机制造厂进行了实习。1911 年底，厉汝燕带着海外华侨捐款购买的两架奥地利“鸽”式飞机回国，被委任为沪军航空队队长。1912 年 1 月 15 日，他在上海进行了飞行表演，引起轰动。1913 年，南苑航空学校成立后，厉汝燕担任飞行主任教官兼飞机修理厂厂长。1914 年，厉汝燕在南苑飞机修理厂主持设计并制造了一架水上飞机，但由于没有适当的试飞水面，该机未能进行试飞。厉汝燕后来

还曾亲自驾驶飞机参加实战军事行动。厉汝燕培养了一些中国飞行员，他们在北伐战争和抗日战争中发挥了骨干作用。

马尾海军飞机工程处

1918 年，北洋政府海军部在福州马尾建立了船政局海军飞机工程处，这是中国历史上第一家正规的飞机制造厂，主要从事水上飞机的制造。马尾海军飞机工程处由从美国归来的巴玉藻和王助负责组建和管理，参与水上飞机研制的航空工程专家还有从美国麻省理工学院航空工程系毕业后回国的王孝丰、曾诒经等人。

巴玉藻 1892 年生于江苏镇江，13 岁考入南京水师学堂学习，17 岁被清政府选派赴英国留学，主攻机械工程。1915 年，巴玉藻转赴美国留学，考入麻省理工学院航空工程系，1916 年获得硕士学位，后进入美国通用飞机公司担任工程师。1917 年底，巴玉藻回国，在马尾海军飞机工程处主要负责飞机制造工作。1919 年 8 月，他设计出该厂的第一架飞机。1928 年，巴玉藻前往德国参加国际航空展览会并在欧洲进行考察。

1918 年 2 月，王助从美国波

音公司回国后，投身中国飞机制造业，担任马尾海军飞机工程处副处长。

1919 年 8 月，海军飞机工程处研制出中国第一架双翼水上飞机甲 1 号初级教练机，该机采用前后串联式双座布局，最大飞行速度为 120 千米 / 时。1920 年和 1921 年，海军飞机工程处相继制造出甲 2 号和甲 3 号飞机，其中甲 3 号飞机还参加了北伐军讨伐军阀的战斗。马尾海军飞机工程处曾经使用木材等原料制造了水上教练机、水上轰炸机、水上侦察机和水上鱼雷攻击机等多种飞机。马尾海军飞机工程处先后制造了各类飞机共 17 架。

1931 年 2 月，南京国民政府命令马尾海军飞机工程处迁往上海高昌庙，并入江南造船所，继续生产飞机，其任务不仅要制造水上飞机，还要修理和仿制陆基飞机。1933 年，该所成功地为“宁海”号巡洋舰设计制造了“宁海”号舰载水上侦察机，该机的机翼可以折叠，它代表了当时中国飞机研制的高水平。该所还仿制了一批美国弗利特初级教练机，飞机是用钢管来焊接机身，结构比较简单。抗日战争爆发后，这家专业的海军飞机制造厂被迫

搬迁多次，技术体系四分五裂，最后被改编为空军的飞机修理厂，中国第一个正规的飞机制造厂由此退出了历史舞台。1942

年，国民政府在成都组建空军第三飞机制造厂时，吸收了原马尾海军飞机工程处的部分飞机制造技术力量。

表 | 旧中国的航空工业企业 (1918—1949 年)

厂名	历史阶段	起止年份	搬迁过程	产品及产量
海军飞机工程处	海军飞机工程处	:918-1931	马尾	“甲型一号”等系列水上飞机(17架)
		:931-1942	上海、宜昌	“宁海”水上飞机、弗利特教练机
广州飞机修理厂	广州飞机修理厂	:920-1934	广州	“羊城”号(60余架)
	韶关飞机制造厂	:934-1939	韶关	“复兴号”教练机(5架)、霍克-3型双翼机(4架)
	空军第一飞机制造厂	:939-1949	昆明、贵阳	霍克-3(40架)、“新复兴甲”教练机(22架)、伊尔-15驱逐机(30架)、AT-6教练机(3架)、“蜂鸟”甲直升机(1架)
中央杭州飞机制造厂	中央杭州飞机制造厂	:934-1939	杭州	弗利特(40架)、伏尔梯轰炸机(29架)、雪莱克(20架)
	中央垒允飞机制造厂	:939-1942	垒允	战斗机(99架)、轻型轰炸机(25架)、侦察机(65架)
中央南昌飞机制造厂	中央南昌飞机制造厂	:935-1939	南昌	轰炸机(3架)
	空军第二飞机制造厂	:939-1949	南川、南昌	驱逐机(36架)、教练机(6架)、滑翔机(30架)、“中运”1号运输机(1架)、“中运”2号运输机(1架)
大定航空发动机制造厂		:939-1949	贵州大定	“塞克隆”发动机
空军第三飞机制造厂	空军第三飞机制造厂(部分海军飞机工程处人员)	:942-1946	成都	弗利特教练机(15架)、“研教一”(15架)、“研教二”(1架)、“研教三”(1架)、“研运一”(1架)

从 1927 年之后，国民政府为发展自己的航空工业，先后在杭州、上海、南京和南昌等地设立了飞机工厂，有的工厂只能修理飞机，有的工厂还能够仿制外国飞机。从 1934 年起，国民政府采用依靠外国资金投入和引进国外技术的方式，陆续兴办了几家能够仿制和装配外国飞机的航空工厂。

国民政府的航空工业

从 1927 年之后，国民政府为发展自己的航空工业，先后在杭州、上海、南京和南昌等地设立了飞机工厂，有的工厂只能修理飞机，有的工厂还能够仿制外国飞机。从 1934 年起，国民政府采用依靠外国资金投入和引进国外技术的方式，陆续兴办了几家能够仿制和装配外国飞机的航空工厂。

中央杭州飞机制造厂，该厂是 1934 年由国民政府与美国寇蒂斯、道格拉斯两家企业合办的飞机制造厂，厂址在杭州笕桥，主要仿制美国飞机。先后制造了诺斯罗普 2E 全金属轻型轰炸机、道格拉斯飞机和弗利特教练机。该厂在中国第一次制造蒙皮受力的飞机。

抗日战争爆发后，中央杭州飞机制造厂被迫几经搬迁。1939

年，该厂迁至云南垒允。后来日军进攻云南，垒允的飞机厂被迫自行焚毁，多年航空救国的心血付之一炬。后来，该厂又到缅甸仰光建立了飞机装配车间，直接装配从美国运来的飞机零部件，该厂还在缅甸八莫设立了发动机厂。抗战期间，该厂先后组装生产过霍克式战斗机、道格拉斯 02M-3 轻型轰炸机、寇蒂斯 A-12 攻击机等机型，8 年中先后仿制、装配和修理过的各型美式飞机共约 300 架。

中央南昌飞机制造厂 / 空军第二飞机制造厂是国民政府与意大利 4 家航空公司于 1935 年 1 月合资建立的，主要仿制生产意大利飞机。1936 年 11 月开始修理飞机，1937 年 4 月开始制造飞机，先仿制意大利的“萨伏亚 S81B”双发轰炸机，共完成了 3 架的装配。抗日战争期间该厂被日机炸毁。1939 年，该厂迁往四川南川

县（今重庆市南川区）海孔洞丛林中重建。1939 至 1944 年间，该厂共仿制了苏联伊 -16 驱逐机 36 架、初级教练机 6 架，中级滑翔机 30 架。

1942 至 1948 年间，中央南昌飞机制造厂 / 空军第二飞机制造厂先后自行设计制造了双发运输机——“中运”1 号和“中运”2 号。其中“中运”1 号是中国第一架自行设计制造的运输机，采用单翼双发布局，载客 8 人，飞机装 2 台莱特 R-1820-E2 发动机，飞行总重 4537 千克，最大速度 342 千米 / 小时，飞机除襟翼、副翼采用金属材料外，机身、机翼和尾翼均为木质结构，于 1944 年 10 月在重庆试飞成功。“中运”2 号于 1948 年 2 月在重庆试飞成功，但这两种国产运输机均未能投入批量生产。1948 年 12 月，该厂迁回南昌，随后又迁往了中国台湾。

广州飞机修理厂 / 韶关飞机制造厂 / 空军第一飞机制造厂，是中国在马尾海军飞机工程处之后建立的第二家飞机制造厂。1920 年，该厂在广州大沙头建立，在孙中山先生的支持下，由杨仙逸负责，曾研制了“乐士文”号飞机，该机是以美国“詹尼”式飞机为基础制造的一架双翼教练机。从 1927 年起，该厂开始设计制造“羊城”号系列飞机，包括教练机、驱逐机和轰炸机，数量共计 60 余架。

1934 年，广东空军与美国寇蒂斯公司合办飞机制造厂，该厂迁到了广东韶关，定名为韶关飞机制造厂，后又称为空军第一飞机制造厂。该厂先后自行设计并生产了“复兴”号中级教练机 4 架，仿制过霍克 -3 驱逐机 4 架。抗日战争爆发后，该厂先迁往贵阳，后又转往昆明。1940 年新厂建成，该厂仿制生产了 30 多架苏联伊 -15 双翼战斗机，供抗日战场使用。

1944 年，时任该厂厂长的朱家仁主持研制出了“蜂鸟”甲型直升机，它是中国的第一架直升机。“蜂鸟”直升机采用共轴双旋翼布局。1948 年，朱家仁又研制了“蜂鸟”乙型直升机，该机

总重 725.5 千克，最大飞行速度 136 千米 / 时，航程 219 千米，该机的技术性能达到较高水平。由于朱家仁 1948 年调往中国台湾，导致该厂的直升机研制未能延续。从 1947 年起，该厂开始仿制并生产美国 AT-6 高级教练机，该机使用了由贵州大定发动机厂生产的 G-105 型星形发动机。

成都空军第三飞机制造厂 / 航空研究院试制厂，该厂是 1942 年 4 月由国民政府独资成立，也是设立在成都的国立航空研究院的飞机试制厂，其任务是培训设计制造飞机的技术人员，利用国产材料设计制造飞机，工厂员工约 400 人。1942 年至 1943 年，该厂仿制生产了 15 架“费力提”教练机。该厂生产过自行研制的“研教一”教练机，该机为双翼机、木质结构、蒙皮机翼，飞机成功进行了试飞，性能符合设计要求，“研教一”共制造了 15 架。此后该厂自行研制出“研教二”教练机，该机为单翼机、竹木复合结构，层板蒙皮，飞机经试飞，性能符合设计要求。

1942 年至 1943 年，该厂与航空研究院合作，以苏联 SB-3 轰炸机为基础，设计制造出了双发下单翼木质结构的“研轰三”轰炸机，飞机于 1944 年在成都试飞成

功。该厂自行研制的另一种飞机是“研教三”教练机，也是单翼机，采用了 V 形尾翼。该厂还曾研制成功“研运一”大型滑翔运输机，可运送 30 名全副武装伞兵，也可以运货。“研运一”除起落架、仪表及操纵系统外，全部采用了竹木复合结构，它是世界上独一无二的大型滑翔运输机，该机于 1946 年研制成功时，抗日战争已经结束，因此项目未能进行下去。1946 年 4 月，该厂整体迁往中国台湾。

大定航空发动机制造厂，是 1940 年由国民政府在贵州大定县建立的，又名云飞机器制造公司，是中国第一家专业的航空发动机制造厂。为避免日军轰炸，该厂建在黔西北大定乌鸦洞。这家建在大山洞内的发动机厂生产的第一个型号是美国“塞克隆”G-105B 型活塞式发动机，1945 年完成了两台发动机的试制。1946 年又完成了 30 台发动机的生产，该发动机的主要部件均从美国进口，发动机装在了美式 DC-3 运输机上使用。该厂于 1946 年在广州设立了分厂，1949 年初迁往中国台湾。■



图 | 徐炳南