

# 大飞机， —“BEI”子！

COMAC  
马克杯



内含杯垫



陶瓷杯身



礼盒包装



## 回顾与展望

- 复苏提速 韧性承压 格局再塑——2025 年全球商用飞机市场回顾与展望
- “提质”与“扩产”双线并进——民用航空发动机产业回顾与展望
- 从复苏到超越——2025 年全球航空市场分析与 2026 年展望



# 大飞机

JETLINER

02 February

2026.02 | 总第140期

ISSN 2095-3399





P10



P32



P43



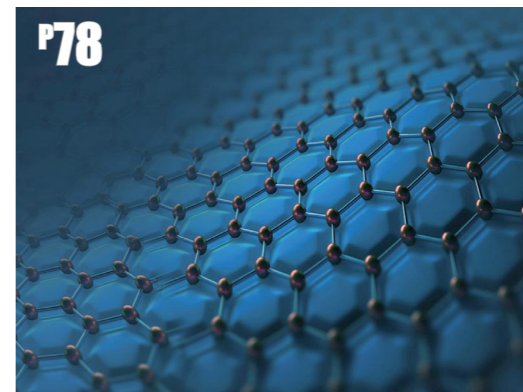
P64



P74



P78



P81



## 05 卷首语

05 做难而正确的事 | 欧阳亮

## 06 资讯

## 10 封面文章

10 复苏提速 韧性承压 格局再塑——2025 年全球商用飞机市场回顾与展望 | 刘振敏

16 “提质”与“扩产”双线并进——民用航空发动机产业回顾与展望 | 李蕴

22 从复苏到超越——2025 年全球航空市场分析与 2026 年展望 | 杨波 陈波伊

28 以技术创新重塑全球物流新格局——IATA 2025 全球航空物流报告解读 | 冯鲁文 王元元

## 32 航空制造

32 下一代单通道客机动力之争已拉开帷幕 | 陈玉洁

36 巴航工业着眼南亚支线航空市场 | 彭健

40 从战略计划看航空业新技术发展趋势 | 李佳宇

## 43 航空运输

43 从“点对点”到“轮辐式”——中国天空的下一场革命 | 周恒

48 空铁迭代：2028 中国民航客运的世纪登顶 | 赵巍

54 AI 赋能与动态能力构建——中小型航司打造相对竞争优势的思考与探索 | 张建恩 彭强

57 法兰克福机场携手汉莎航空打造欧洲枢纽的实践意义 | 蒋星

## 64 产业观察

64 商业航天——大国博弈的星际角力场 | 陈伟宁 李琰

## 70 人物

70 马楠：我开上了国产大飞机 | 陈姗姗

## 74 专栏

74 超声速客机能否“王者归来” | 于达维

76 云程万里春潮涌——2026 年民航春运创下新纪录 | 詹东新

## 78 科普

78 “散热卫士”为航空航天器保驾护航 | 吴苡婷

## 81 回眸

81 征战 AG600 水上首飞的日子（之一） | 汪亚卫



#### ▼ 本期导读

2025 年已经过去。回顾这一年，我们欣喜地发现全球商用航空制造业迎来了全面复苏——商用飞机交付数和订单数双双创下 2018 年以来的新高。空客稳居交付榜首，波音时隔多年后，订单量再次反超空客；巴航工业凭借 E2 系列，巩固支线飞机市场龙头地位；中国商飞 C919 和 C909 飞机交付稳步提速，新竞争力量加速入局。

但是，全球供应链韧性仍显不足，尤其是核心部件的产能依然是制约商用飞机制造商产能提升的关键。为此，一方面产业链供应商正通过技术创新提高生产效率，另一方面主制造商也在加快供应链垂直整合的速度。

在航空运输方面，国际航协 (IATA) 近期公布的有关资料显示，2025 年全球航空旅客运输量为 49.9 亿人次，同比增长 4%，创历史新高。但是，全球航空运输业仍处于低盈利水平，每位航空旅客每航段利润仅有 7.2 美元，折射出航空运输业的发展态势仍然脆弱。

#### ▼ 封面图片 | 万全摄



- 关注我们 -  
FOLLOW US

#### 本刊声明：

1. 稿件从发表之日起，其专有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

2026 年第 02 期 | 总第 140 期 | 02 月 28 日出版

中国标准连续出版物号

ISSN 2095-3399 CN 31-2060/U

主管主办 中国商用飞机有限责任公司

出版发行 上海《大飞机》杂志社有限公司

#### 编委会

主任 贺东风

常务副主任 沈波

副主任 罗晓

委员 戚学锋 于世海 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 郭宗磊

主编 陈伟宁

执行主编 欧阳亮

副主编 庄敏 林喆

文字编辑 哲良 张凯敏

美术编辑 邵奕辰 刘晓雨

采访主任 柏蓓

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



**人类历史上无数的案例告诉我们：如果贪图入口的舒适，终将徘徊于平庸的荒原；在最艰难的道路上，往往埋藏着最珍贵的宝藏，唯有勇于直面困难，才能抵达卓越的顶峰。**

#### 卷首语

## 做难而正确的事

文 | 欧阳亮

2008 年金融危机之后，全球形势复杂多变，不确定性陡增。为穿越迷雾，中国企业界提出要“做难而正确的事”，倡导不畏艰险、不为短期诱惑所动的精神，既要攻克技术难关，也要锻造企业韧性，在时代的跌宕中筑就抵御风险、穿越周期的根基。

在《论语》中，孔子教导学生：“仁者先难而后获”。可见，在人类的古老智慧中，就明白曲折险峻、荆棘遍布的小路往往是通往高一层境界的康庄大道，而那些看上去宽阔平坦的“大路”，虽选择者众，实际上却很难走远。

回顾近几十年中国工业由弱而强的历程，便可发现很多企业是在正确的方向上选择了做困难的事，最终才实现了凤凰涅槃。1993 年，北京电子管厂改制为京东方，准备进军液晶显示领域。当时，北京电子管厂已连续亏损 7 年，面临资金短缺、技术断层等一系列问题，但大部分员工对改制有顾虑，害怕“丢了国企身份”，也反对通过收购外企的生产线进入液晶显示领域。

收购完成后，由于外方故意设置参数陷阱，国内又没有上下游产业链，再加上外资产品倾销，京东方的每一步都格外艰难，2005 年至 2006 年连续亏损了 33 亿元，生产线被认为“烧钱的机器”。但京东方“咬定青山不放松”，坚守液晶赛道，终于超越众多国内外竞争对手，成为全球最大的液晶面板供应商。

芯片曾是中国人心头之痛。世纪之交，有人认为中国不可能研制高端芯片，也有人认为从国外进口更划算。1998 年，年轻的中国科学院计算机所副研究员胡伟武参加香山会议，我国高性能计算机领域专家金怡廉院士对他说：“CPU 一定要做，哪怕做个 586 也得试一下。”当时，英特尔的产品已经出到奔腾 2 和奔腾 3，586 的性能比其至少差十倍，但那就是我们的起点。

1999 年，胡伟武在中科院计算所的支持下承担了研发 CPU 的任务。尽管面临很多意想不到的困难，但他坚持在 Wintel（微软 + 英特尔）体系和 AA（ARM + 安卓）体系之外建立起第三套体系，用属于中国自身的技术底座来支撑产品的可持续发展。终于，其龙架构申请专利超 5000 项，实现了从嵌入式到服务器全场景应用。

很多人羡慕京东方、龙芯中科的成功，却以为他们只是押对了风口，没有看见他们选择“做难而正确的事”背后“虽九死其犹未悔”的执着与艰辛。人类历史上无数的案例告诉我们：如果贪图入口的舒适，终将徘徊于平庸的荒原；在最艰难的道路上，往往埋藏着最珍贵的宝藏，唯有勇于直面困难，才能抵达卓越的顶峰。

01



**1** 中国商飞参加 2026 年新加坡航展

2月3日，中国商飞公司参加在樟宜会展中心举办的2026年新加坡航展，展示C909和C919飞机，并与合作伙伴进一步深化交流合作。航展期间，C919飞机、C909医疗机与印尼翎亚航空C909飞机共同亮相静态展示区，C919飞机还进行了飞行表演。

中国商飞公司高度重视东南亚航空市场。近年来，C909飞机相继在印尼、老挝、越南投入运营，由翎亚航空、老挝航空和越捷航空运营的9架C909飞机已累计开通20余条航线。

中国商飞公司持续推进飞机产品系列化发展，首次在东南亚地区展示一架配置眼科诊疗设备、具备眼科手术条件的C909医疗机。C909医疗机由C909基本型研制改装而来，舱内可根据不同需求灵活布局，能够满足医疗救助、伤病员转运、医疗救援队伍出行等多场景应用。

**2** 春节长假，C909、C919 全力投入航线运营

春节长假期间，C909、C919两款飞机全力投入航线运营。统计数据显示，2月16日除夕到23日初七，两型飞机共执行国内、地区航班超过5500个。在最繁忙的23日，共有38架C909、C919飞机平均出勤超过10个小时。

23日全天，国航9架C919平均出勤超过10个小时，其中B-659J的空地时间达到12.68小时，为长假期间之最。东航于春运首日“上新”C919航线，新开上海虹桥—珠海航线，旗下C919航线增至18条。南航9架C919全部投入运营，实现了在广州、长沙双基地运营国产大飞机。春节长假期间，南航C919国产大飞机共执行航班超290班次，承运旅客超4万人次。

**3** 民航局就 C919 窄跑道运行征求意见

2月2日，中国民航局就C919飞机窄跑道运行专用条件公开征求意见。

据介绍，C919飞机适用于4C标准跑道，需满足45米跑道宽度的运行要求，若在低于45米宽的跑道运行应视为窄跑道运行。为满足市场需要，现拟将C919飞机最小跑道宽度缩小至30米。根据《民用航空产品和零部件合格审定规定》有关规定，民航局制定了专用条件，明确C919飞机最小跑道宽度的确定方法，并相应提出安全要求。

最小跑道宽度是指在起飞和着陆过程中，在服役中能够由具有中等技巧的飞行机组按照规定的使用程序始终一致地保证飞机安全操纵的跑道宽度。该跑道宽度应足以防止在起飞和着陆过程中任何预期的使用条件下（包括发动机意外失效），起落架机轮不会偏离跑道。

02



**4** 五官健康 C909 飞机医院获准执业

近日，上海市卫生健康委员会正式批准复旦大学附属耳鼻喉科医院开展“五官健康C909飞机医院”执业试点。这是国内首张包含飞机医院执业点的医疗机构执业许可证，标志着我国航空医疗开启新航程。

自2025年9月首飞新疆石河子以来，五官健康C909飞机医院已实现从基础诊疗到手术能力升级，为来自新疆伊犁、贵州等地的患者在机上完成手术。同时，为满足眼科手术对无菌环境的严格要求，医院与中国商飞共同制定飞机舱I级洁净手术室方案，工程实施后达到百级层流净化标准，满足可进行眼科等精细手术的无菌环境要求。

## 5 低空经济标准体系建设指南出台

2月2日，国家市场监管总局会同中央空管办、中国民航局等10部门联合发布《低空经济标准体系建设指南（2025年版）》。

该指南提出，到2027年，低空经济标准体系基本建立，基本满足低空经济安全健康发展需求。到2030年，低空经济领域标准超过300项，结构优化、先进合理、国际兼容的低空经济标准体系基本形成，为低空经济安全健康发展提供有力支撑。



05

## 8 空客1月交付飞机19架

1月，空客新增订单49架（32架A320neo、16架A321neo、1架A330-900；无订单调减），受2025年底公布的供应链质量问题影响，仅交付19架（3架A220、5架A320neo、10架A321neo、1架A350-900），接近过去5年中的最低值（20架）。

## 6 波音1月交付飞机46架

1月，波音商用飞机项目共获得107架新订单，包括73架737 MAX、4架787-9和30架787-10；共交付46架飞机，包括37架737 MAX、1架767军用衍生机、3架777货机、2架787-9和3架787-10。

## 7 波音将在上半年交付首批改进型787飞机

近日，波音表示将在2026年上半年交付首批增加最大起飞重量的787-9和787-10，但未透露具体首批运营这些飞机的运营商。

波音商用飞机营销副总裁Darren Hulst在新加坡航展上表示，787-9的最大起飞重量将增加4.5吨，787-10的最大起飞重量将增加6.35吨。这些飞机已进入生产流程，即将取证。

## 9 巴航工业推出全新领航者600E/500E

2月24日，巴航工业发布新一代领航者600E/500E公务机，这是领航者系列首款升级机型。两款新机皆采用全新客舱，配备专属座椅，搭载先进客舱管理系统、航电系统、跑道超限感知与告警系统、增强视景系统等。

领航者600E搭载行业首创的4K OLED智能窗，可实现视频会议、沉浸式私人影院体验，实时外景查看等功能。所有新订单预计将从2029年第一季度开始交付。

09

## 10 MC-21垂尾和水平安定面获准使用俄罗斯国产复材

近日，俄罗斯联邦航空运输署（FATA）已批准MC-21使用国产复材制成的垂尾和水平安定面，标志着MC-21复材国产替代项目全面完成，国产替代工作进入重要阶段。

MC-21复材垂尾和水平安定面盒段结构的生产由KAPO-Komposit公司承担，该公司是复材结构件制造商航空复材公司（AeroComposit）的子公司。UAC总经理巴杰哈表示，该公司已在MC-21上完全剔除进口材料，并验证国产材料的可靠性。

目前国产化MC-21仍在认证中。俄交通部长尼基京表示，该型号即将交付航司，航司将有机会建立完全不依赖外国技术的运营体系。

## 12 CFM供应链改善助力产量提升

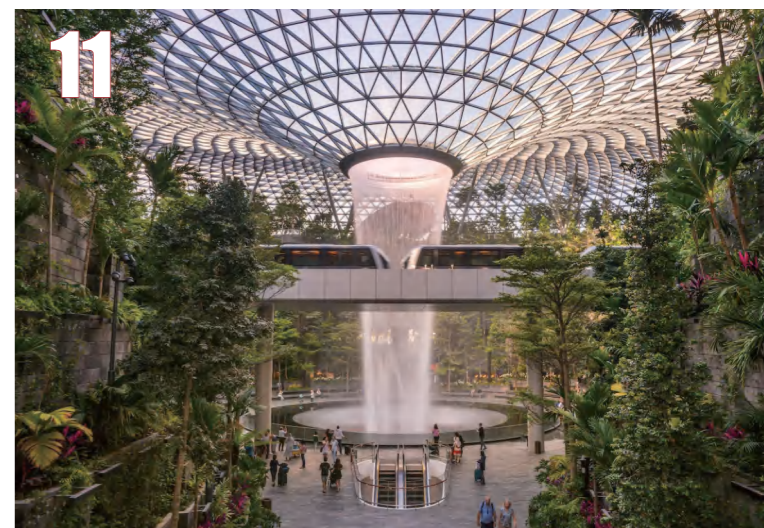
2月13日，赛峰集团首席执行官奥利维耶·安德里斯表示，CFM正加速推进LEAP发动机产能扩张。2025年，CFM实际交付1802台，同比增长28%，已超预期；2026年计划再增15%至约2070台，并力争在2028年达到2600台的年交付目标，这标志着长期困扰生产的供应链瓶颈已基本消除。赛峰通过控股锻造供应商Aubert & Duval、在法国雷恩新建涡轮叶片工厂等举措，降低对外部锻造与铸造企业的依赖，为产能爬坡提供保障。

## 11 新加坡机场将成为RISE开式风扇发动机首个测试地

2月2日，在2026年新加坡航展前夕举行的第三届樟宜航空峰会上，新加坡民航局、空客公司与CFM国际公司三方共同签署了一份合作备忘录，新加坡将为CFM国际公司可持续发动机革命性创新技术（RISE）项目研发的开式风扇发动机开展实境测试验证。

根据合作计划，新加坡樟宜机场或里里达机场将作为测试场地，助力开式风扇发动机及下一代航空器融入现有机场运营体系。研发工作将涵盖航空器与发动机的设计考量、机场基础设施改造、运营流程优化、安全标准制定及监管流程完善等多个维度。

新加坡民航局局长在协议签署前表示，该局将与CFM国际公司敲定项目具体范围与时间规划，该项目预计将历时数年。



11



▲ 万全摄

# 复苏提速 韧性承压 格局再塑

## ——2025 年全球商用飞机市场回顾与展望

文 | 刘振敏 编辑 | 欧阳亮

2025 年，伴随着全球民航客运量的持续回升和航空公司机队更新与扩张需求的集中释放，全球商用航空制造业迎来了全面复苏——商用飞机交付数和订单数双双创下 2018 年以来的新高。空客稳居交付榜首，波音时隔多年后，订单量再次反超空客；巴航工业凭借 E2 系列，巩固支线飞机市场龙头地位；中国商飞 C919 和 C909 飞机交付稳步提速，新竞争力量加速入局。

全球供应链的承压与重构则是 2025 年全球商用飞机市场的另一个关键词。受到多重因素影响，2025 年供应链韧性仍显不足，尤其是核心部件的产能依然是制约商用飞机制造商产能提升的关键。为此，一方面产业链供应商正通过技术创新提高生

机订单，比上一年增长 122 架，其中净订单 889 架，比上一年增长 63 架。截至 2025 年年底，公司商用飞机储备订单创纪录地达到 8754 架，储备订单价值高达 6190 亿欧元。

交付和订单数双增长也使得空客 2025 年取得了不俗的业绩表现：收入 734 亿欧元，调整后息税前利润 71 亿欧元，实现了 2025 年指导目标。其中，空客商用飞机业务产生的收入增长 4%，达到 526 亿欧元。

值得一提的是，2025 年 10 月 7 日，伴随着一架 A320neo 交付沙特 Flynas 航空公司，A320 系列飞机交付数达到 12260 架，正式超越波音 737 系列，成为全球航空史上交付量最大的机型。

在行业强劲复苏、737 系列飞机产能提升、非核心业务出售等多重因素的共同作用下，2025 年波音终结了长达 6 年的亏损，实现盈利。根据波音发布的年报，2025 年公司全年营业总收入 894 亿美元，同比增长 34.5%，创 2018 年以来新高；归母净利润 22.38 亿美元，扭转 6 年来的亏损局面，其中 2025 年第四季度单季营收 239.48 亿美元，同比增长 57%；按 GAAP 计算，净利润 82.20 亿美元，为近 3 年来首次季度盈利；公司经营活动现金流净额转正至 10.65 亿美元，现金流压力明显缓解。

从交付来看，2025 年波音全年共交付商用飞机 600 架，虽然仍少于空客，但同比增长 72%。从机型来看，737MAX 系列交付 440 架、787 系列 88 架、777 系列 35 架、767 系列 30 架。737MAX 的产能提升是波音交付量得以增长的关键所在。由于受到美国联邦航空局的监管要求，2024 年 737MAX 系列飞机的月产量为 16 架。2025 年，波音不断完善生产体系，优化标准，2025 年第二季度，737MAX

产效率，另一方面主制造商也在加快供应链垂直整合的速度。

### 订单与交付均实现突破

数据显示，2025 年全球主要飞机制造商累计交付飞机 1486 架，同比增长 12%，新增订单数突破 2000 架。与此同时，商用飞机订单出货比持续大于 1，意味着行业进入强需求周期。

空客全年交付商用飞机 793 架，同比增长 4%，顺利完成下调后的年度交付目标。从机型来看，A220 系列飞机交付 93 架，A320 系列飞机交付 607 架，A330 系列飞机交付 36 架，A350 系列飞机交付 57 架。

订单方面，根据空客发布的财报显示，公司 2025 年共获得 1000 架商用飞

系列的月产达到 38 架，10 月在生产一致性与质量管控达标后，FAA 解除限制，同意波音将 737MAX 系列飞机的产量提升至月产 42 架。得益于此，2025 年 12 月，波音单月飞机交付量达到 63 架，创 2023 年以来的峰值。此外，787 系列飞机的产量在去年也从年初的 5 架稳步提升至 8 架，777 和 767 则保持相对稳定的产能，两款机型共计交付 65 架，为全年提产提供支撑。

值得关注的是，过去一年波音围绕质量体系重建做了一系列的工作。波音对管理架构进行了调整，工程师重回核心决策层，并建立跨部门安全管理体系；进一步完善全流程质量管控体系，对关键工序数据上链溯源。质量体系的重建帮助波音在 2025 年实现以稳促快，夯实了交付基础。

从订单来看，2025 年波音商用飞机净订单 1173 架，同比增长 211%，不仅是公司历史第五高的订单量，也是 7 年来首次订单数超过空客。截至 2025 年年末，公司累计订单超过 6100 架，价值约 5670 亿美元，创历史新高。

从机型来看，737MAX 系列共收获了

601 架新订单，787 系列飞机收获 381 架订单，777 系列收获 178 架订单，767 系列收获 15 架订单。今年波音飞机订单反超空客的一个重要原因是其宽体客机再次成为订单增长引擎。787 系列和 777 系列合计订单数 559 架，同比增长达到惊人的 600%。这主要得益于波音宽体客机重要的战略市场——中东市场去年大量采购 777X 和 787 系列飞机，帮助波音进一步巩固了在宽体客机市场的优势。737MAX 系列飞机订单数的增长，也使得去年波音窄体客机和宽体客机的订单比达到 5 : 4，从长远来看更为均衡。这一订单比也从侧面反映出市场恢复期航空公司“短途加密 + 长途重启”的需求。此外，除了中东客户外，去年租赁公司订单占比也有所增长，反映出在中国市场交付受挫的情况下，波音也在致力于构建更为多元化的客户结构，降低对单一市场的过度依赖。

在 E2 系列和公务机产品的双重加持下，巴航工业 2025 年实现了丰收年，公司飞机储备订单、交付量、营业收入全面突破，巩固了商用飞机市场第三把交椅的地位。

2025 年巴航工业共交付 244 架飞机，同比增长 18%，其中商用飞机 78 架，完成 77 ~ 85 架年度目标。E175 交付 34 架，E190-E2 交付 6 架，E195-E2 交付 38 架，第四季度 E195-E2 交付数达到 15 架。

订单方面，2025 年巴航工业全系列飞机共收获净订单超过 260 架，截至 2025 年年末，公司商用飞机储备订单达 1477 架，储备订单价值达 316 亿美元，创历史新高。在支线飞机方面，经过多年的市场开拓，E195-E2 已经成为主力销售机型。

2025 年，巴航工业商用航空板块新增净订单 131 架，同比增长 400%，E175 新增订单 60 架，E195-E2 新增订单

125 架，E190-E2 新增订单 15 架。去年，E195-E2 在北美市场实现销售突破，成功获得美国 Aveol 航空 50 架 E195-E2 确认订单和 50 架意向订单、True Noord 租赁公司 20 架确认订单和 20 架意向订单。与此同时，巴航工业积极开拓拉美市场，获得 LATAM 航空集团 24 架 E195-E2 确认订单。目前，E2 系列确认订单数已达 401 架。

## 下一代机型浮出水面

2025 年飞机制造商一方面在加快衍生机型的研发，另一方面下一代机型也终于浮出水面。

衍生机型研发方面，空客 A350F 货机完成了首架原型机总装核心工序，正式进入地面测试阶段。目前该项目的首飞时间已经从 2025 年推迟至 2026 年第三季度，力争 2027 年下半年完成首架交付。截至 2025 年年底，A350F 累计订单数已超过 100 架，规划产能为月产 12 架。

由于 A220 的市场开拓一直未能打开，截至 2025 年年底，该型号累计订单数已和 7 年前空客收购该项目时数量相当，订单数难以支撑后续生产。因此，空客正在评估推出加长型 A220 以开拓更多的潜在市场。根据路透社报道，空客将有可能在 2026 年的范堡罗航展上正式宣布推出 A220 加长型，目前公司已经在和租赁公司一起对项目进行评估。加长型 A220 座位数可达 180 座，但显然这个座级会与空客自家的 A320neo 形成竞争，因此空客究竟会如何定义加长版的 A220 值得关注。

波音 737MAX7/10 这两款衍生机型的适航认证工作要比早前设想的进度慢得多。根据外媒报道，2025 年波音根据美国联邦航空安全局的要求，完成了对发动



▲ 来源: news.carnoc.com

机进气道防冰系统的重新设计工作，而这项工作被视为这两款衍生机型获颁型号合格证的关键之一。

波音 777X 的研发则可谓命运多舛。根据波音最新发布的信息，777X 最快也要到 2027 年才能投入市场，这意味着这一机型要比原计划至少晚 5 年。在 2025 年的迪拜航展上，波音宣布该项目的试飞工作已经进入到 FAA 型号检查核准书的第三阶段，也是项目最终获得型号合格证的关键阶段。

2025 年巴航工业以 E195-E2 为核心进一步对其性能进行优化和完善。该机型最大起飞重量提升至 62.5 吨，航程从 4815 公里增至 5556 公里，大幅拓展中远程航线和高海拔、短跑道机场的运营能力。同时，普惠发动机也配合完成了适配优化，在翼时间延长 10%，单架机 15 年可以帮助航空公司节省 50 万美元的维护成本。客舱布局优化后，E195-E2 的座位数增至 146 座，机身减重每年可节约燃油 16 万公斤，单座碳排放再降 3%，噪声足迹较上一代机型降低 63%，可满足 ICAO 严苛的环保标准，全面提升飞机的运营效率和

▼ 来源: www.airdatanews.com



环保性能。

时隔多年后，波音和空客在 2025 年终于抛出了下一代单通道窄体客机的想法。

空客率先抛出了下一代单通道飞机 (NGSA) 的技术选型逻辑和战略考量。空客认为，下一代单通道窄体客机的技术选择将围绕商业可持续性、环保性能和生产效率三方面展开。尤其在工业效率方面，空客希望在下一代飞机研发之初就将供应链配套考虑进来，同步构建高效、稳定的工业生产体系，支持未来年产 1000 架飞机的长远目标。在动力的选择方面，空客似乎更倾向于高涵道比涵道式发动机这种更接近传统布局的方案。目前，普惠和罗罗都提出了这样的动力方案，CFM 国际公司的开式转子发动机由于需要对飞机的总体布局作出调整，虽然可大幅提升发动机效能，但相对研发风险更大。

相对于空客，波音对下一代窄体客机的研发则更为“低调”。据《航空周刊》报道，2025 年 6 月，波音已经向发动机制造商发出信息征询 (RFI)。对此波音回应称，该信息征询是评估最先进发动机

概念的持续措施的一部分，并确认其在下一代发动机研究中仍然优先考虑涵道推进系统，而不是开式转子发动机。

波音一直以来的传统是会提前几年公布研发计划，以吸引航空公司、锁定供应商并激发投资者兴趣。但近几年，接二连三的事故让这个百年企业遭遇重创，再加之研发一款新机型耗资巨大，因此波音一定会慎之又慎。但在空客公开抛出下一代窄体客机研制计划后，波音唯有做出相应的跟进才能不被竞争对手进一步拉开差距。

从公开信息来看，波音下一代窄体客机仍处于与供应商洽谈阶段。2026 年 2 月，波音与罗罗的高层还进行了会面，探讨新型发动机的合作研发。如果波音与罗罗的合作能够达成，将意味着波音的一个重大战略转变，罗罗将成为波音在窄体客机项目上除了 CFM 国际之外的第二家动力供应商。

### 供应链依然焦灼

过去一年，供应链问题依然困扰着主制造商，核心部件的短缺制约了产能的提升。普惠 GTF 发动机的严重短缺、CFM 国际产能已满载工作、势必锐的破产、地缘政治导致的高端原材料供应不稳定、价格高企、劳动力短缺等问题依然存在。为此，过去一年，无论是主制造商还是供应商都在进行各种尝试。

2025 年，首当其冲的问题是发动机产能严重落后于飞机制造商的产能提升计划。PW1100G 耐久性问题直接影响了 A320neo 系列飞机的交付；尽管 CFM 国际公司已经开足马力生产，但 LEAP 系列发动机的产能依然无法满足制造商的需求；PW1900G 发动机的产能同样也制约着巴航工业 E2 系列飞机的交付速度。

再看二三级供应商，钛合金、航空级芯片、传感器等交付周期变长，直接推高了生产成本和交付周期；断供导致的复合材料、钛材料供应短缺；疫情后出现的成熟人力的断层，资深工程师和成熟工人的短缺直接导致质量问题引发的返工，进而影响交付进度。

为了应对和解决供应链出现的这些问题，主制造商采取了一些应对措施，并取得了初步成效，但总体来看，与市场需求相比，供应链依然焦灼。

2025 年，波音和空客两大飞机制造商罕见联手完成了对势必锐的拆分与收购，前者以 47 亿美元全股票交易收购势必锐，空客以 4.39 亿美元现金收购势必锐为其配套的特定资产和工厂。这是全球航空制造商 40 年来最大规模的供应链整合，标志着产业链进入了垂直整合的新阶段。

这场拆分式收购被视为航空业危机驱动的战略重组。波音通过收购实现垂直整合，空客通过资产收购保障了供应链安全，而两家制造商携手又推动了全球商用飞机供应链从分散外包向核心环节自主可控转型，这无疑会对全球产业链格局产生深远影响。但从短期来看，势必锐作为曾经全球最大规模的机体结构制造商，此次拆分并购后的磨合将在短期内对生产效率产生一定影响。

发动机制造商一方面通过数字化手段在生产环节进一步提高效率，另一方面则通过投资帮助下游供应商提升产能，并加快开拓双源采购，减少对单一供应商的依赖。

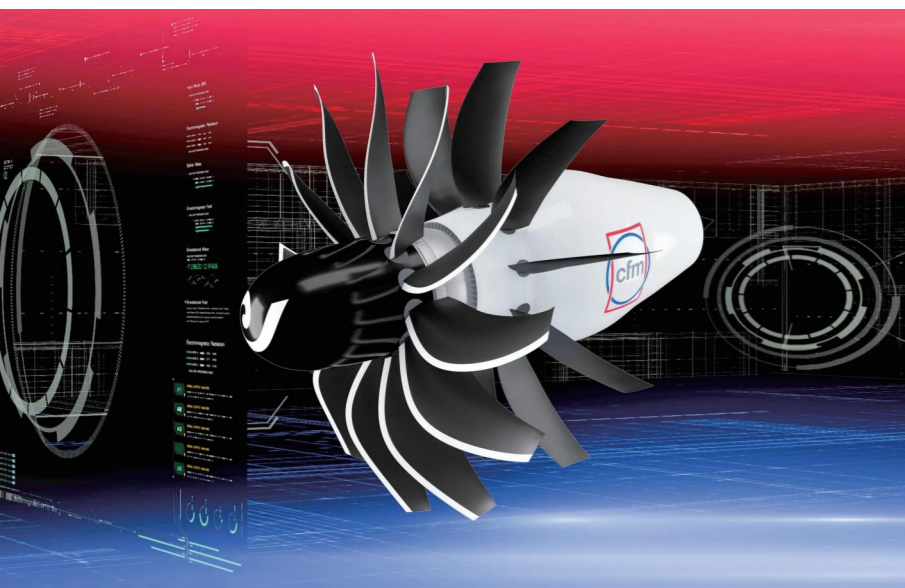
CFM 国际公司 2025 年共交付 1800 多台发动机，同比增长 28%，实际交付较年初目标提高 20%。为实现这个目标，一方面，母公司 GE 投入了 1.13 亿美元用于工厂扩产，更重要的是其也向一级供应商投入了 1 亿美元，用于研发和生产，

以缓解锻件 / 单晶叶片的生产瓶颈问题。为了提升产能，普惠发动机公司除了北美 / 欧洲工厂“开足马力”投入生产之外，还向供应链投入了 3 亿美元，用于提高热端部件、燃烧室的产能，同时推行双源采购，以缓解单晶叶片、高温合金单一来源的风险。罗罗也同样如此，除了扩建英国德比、德国达姆斯塔特工厂，将总装生产线从 4 条增至 6 条，并投入 2.5 亿美元升级数字化生产线之外，也对关键核心部件和材料进行了双源供应商的开拓，加强了与日本、韩国供应商的合作。

此外，生产线的海外扩张也是飞机制造商布局海外供应链的关键举措。2025 年 10 月，空客天津 A320 系列第二条总装线正式投产，标志着空客在中国的布局迈入“双线并行”新阶段。这条生产线是空客在全球的第 10 条 A320 系列飞机总装生产线。新产线投产后，空客在天津的总装能力将实现翻倍，年产能将可达到 110 架，占空客全球单通道飞机产能的 20% 左右。

为了突破限制条款，同时押注新兴市场未来的增长潜力，巴航工业正在谋划未来 5 年在印度开设 E 系列飞机总装生产线的可能性。但该生产线能否落地还受到诸多因素的限制。从市场需求来看，尽管近年来印度航司采购了一批新飞机，但考虑到经营问题，航空公司更倾向于购买大飞机，而非支线飞机。从产线配套来看，还需要提前在印度孵化一批配套企业，加强管理人员的投入。目前，巴航工业已在新德里设立印度办公室并组建本土采购团队，下一步公司将围绕结构装配、机械加工、航空材料、软硬件开发等领域加快培育印度本土供应商，以满足未来开设生产线的要求。

来源：www.seattletimes.com



# “提质”与“扩产”双线并进

## ——民用航空发动机产业回顾与展望

文 | 李蕴 编辑 | 欧阳亮



▲ 来源: www.85advisors.co

2025年,全球民用航空发动机产业在经历了供应链与可靠性双重危机后稳步复苏,呈现出“提质”与“扩产”双线并进的鲜明特征。主流航空发动机制造商一方面高度聚焦以热端部件改进为主的耐久性提升工程,大幅提高发动机在翼时间,

增强运营经济性,另一方面通过持续扩产满足飞机交付回暖带来的需求增长。同时,发动机制造商还在持续加大研发投入,推进下一代航空发动机技术研发,为未来更经济、更环保的民航运输业解决方案提供核心支撑。

### CFM: 持续扩产与性能升级

当前,CFM国际公司基本主导窄体客机发动机市场。2025年,公司共交付1802台LEAP系列发动机,同比增长28%,创历史新高,2026年公司计划交付超2000台LEAP系列发动机。

据外媒预测,2026~2035年,全球飞机制造商将生产42000架装配涡扇发动机的商用飞机,其中约23706架装配LEAP系列发动机,占比一半以上,这也意味着CFM国际公司还需要提升发动机产能。

除持续扩产外,CFM国际公司还在开展LEAP系列发动机耐久性升级工作,主要是更换高压涡轮耐久性套件,套件包含第一级高压涡轮叶片、喷嘴及喷嘴支撑件。

LEAP-1A的耐久性套件已于2024年12月获得FAA和EASA认证,目前已生产超1200套,正在全机队改装。LEAP-1B的耐久性增强套件预计将于2026年上半年获得认证。整个改装工作将持续五年左右,预计到2030年将完成绝大部分LEAP系列发动机的改装。此外,CFM国际公司还将持续提升LEAP系列发动机的耐久性,防止因吸入灰尘和其他污染物导致的过早磨损或损坏。通过持续改进,LEAP-1A发动机在恶劣环境下的首次进厂时间已从运营初期的约1.5年延长至约4年,或约8000个循环。

在技术开发方面,CFM国际公司重点推进“可持续发动机革命创新”(RISE)计划,研发下一代窄体客机发动机技术。截至2025年,先后完成了超350项技术测试,包括先进发动机架构试验、叶片耐久性、热性能、机械性能等试验。近期重点是开展新型高压涡轮叶片的粉尘吸入测试。随着研发进程深入,2026年,相关

试验的规模和复杂性将持续提升。

### 普惠: 努力消除质量问题影响

普惠2015~2021年间生产的PW1000G系列发动机(包括PW1100G、PW1500G、PW1900G三个型号)的粉末冶金材料存在重大质量问题,会加速高压涡轮部件磨损,在2023年启动了大规模停飞检查。发动机单台停飞维修总周转时间约为300天、进厂维修时间约160天。经不断优化后,PW1000G系列发动机现停飞总周转时间已缩短至250天,且进

▼ 来源: www.seattletimes.com



▼ 来源: www.cfmaeroengines.com



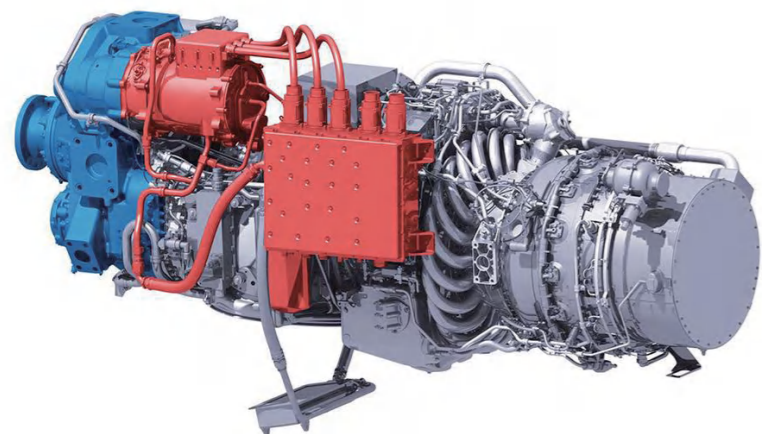
厂维修时间有望缩短至 110 天。

尽管如此，市场对普惠公司 GTF 发动机的需求依然强劲，该公司目前已交付超 2500 台 GTF 发动机，且已签订单和意向合同超 1.3 万台。据美国《航空周刊》预测，2026 ~ 2035 年间，普惠有望交付近 8600 台 GTF 发动机。

针对 GTF 发动机早期服役过程中遇到的诸多问题，普惠迭代开发出 GTF “优势” 发动机，即 GTFA 发动机，通过增加核心机气流降低运行温度、改进热端部件等方式大幅提升发动机耐久性，使在翼时间翻倍并略微提升推力。2026 年上半年，空客将交付首批搭载 GTFA 发动机的 A320neo 飞机。

另外，普惠基于 GTFA 发动机，开发了 PW1100G 发动机热端部件升级 (HS+) 方案，包含约 35 个关键部件，如燃烧室改进部件、采用先进涂层的高压涡轮第一级叶片、3 号轴承舱密封改进等，使 PW1100G 发动机的在翼时间最高提升至 GTFA 发动机的 95%。普惠正在其波音 747SP 飞行台上开展 HS+ 套件的飞行试验，预计于 2026 年初获得 FAA 的 FAR 33 部认证，随后利用发动机进厂大修，启动

▼ 来源: www.rtx.com



首批 HS+ 套件的安装工作。此外，普惠针对 PW1500G 和 PW1900G 发动机的热端部件升级也正在进行，现处于技术测试阶段。

## GE：加速测试新型发动机

目前，波音 787 飞机约有 1050 架确定订单，其中 80% 计划采用 GEnx-1B 发动机。2026 年，波音计划将 787 产量从 10 架 / 月提升至 16 架 / 月，即 GEnx-1B 发动机的生产交付也将提速。据《航空周刊》预测，2026 ~ 2035 年间，GE 有望交付约 2600 台 GEnx-1B 发动机。

作为世界上推力最大的民用航空发动机，GE9X 发动机在波音 777-9 客机上的商业运营时间被推迟至 2027 年。目前，该发动机正在开展服役前的耐久性试验和第二轮粉尘吸入测试，并加速产能建设。同样据《航空周刊》预测，2026 ~ 2035 年间，随着波音 777X 系列飞机（包含波音 777-9 等飞机）的快速投产，GE 航空航天公司将交付约 1784 台 GE9X 发动机。

## 罗罗：或有意重回窄体市场

罗罗在 2012 年出售国际航空发动机公司 (IAE) 股份后，基本退出了窄体客机发动机市场，近年来，随着“超扇”发动机原型机的顺利测试，其计划重返该市场。目前，罗罗公司有“超扇”80（推力约 378 千牛）和“超扇”30（推力约 133 千牛）两型原型机。其中，“超扇”30 原型机是低推力衍生版本，也是罗罗重返窄体客机发动机市场的核心项目，其开发与地面测试工作主要由欧盟“净洁航空”计划中的“超新型创新全集成发动机演示验证” (UNIFIED) 项目资助。

2025 年，罗罗完成了“超扇”30 原



▲ 来源: www.geaerospace.com

型机的初步设计。2026 年，罗罗将对优化后的“超扇”80 原型机开展地面试验，并详细设计“超扇”30 原型机，后者预计于 2028 年开始地面试验。

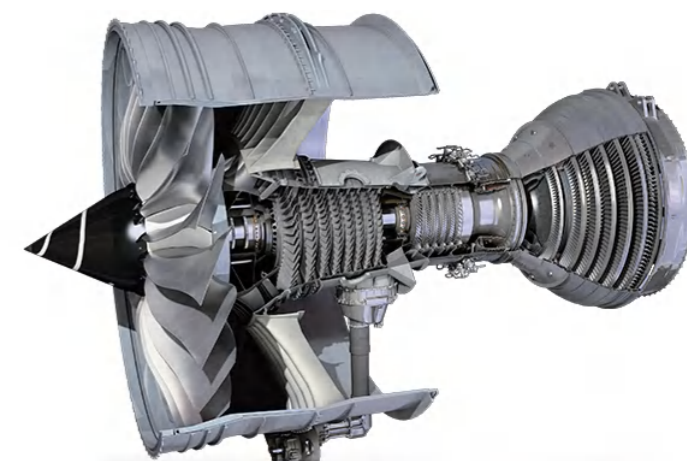
宽体客机方面，罗罗在产型号主要为遛达 7000、遛达 1000、遛达 XWB-97/84 发动机，分别主要配备 A330neo、波音 787、A350 飞机。

2022 年起，罗罗为遛达 7000、遛达 1000 (TEN 版本) 开发耐久性增强套件，并在新出厂的遛达 7000 发动机上安装。该套件通过改进冷却设计（冷却流量增加 40%），更新燃烧系统、燃油喷嘴和控制软件，显著提升热端部件的耐热与抗疲劳性能，提升发动机在翼时间。数据表明，2025 年遛达 7000 耐久性增强套件已使发动机在翼时间提升至原来的三倍。

罗罗还计划将该套件应用于遛达

1000 TEN 发动机，并在此基础上升级为遛达 1000 XE 发动机 (X 代表此前的 TEN, E 代表增强型)，大幅提升在翼时间，重新争夺波音 787 市场份额。首架装配遛

▼ 来源: www.rolls-royce.com



达 1000 XE 发动机的波音 787-9 飞机已于 2025 年 11 月初交付德国汉莎航空。同时，罗罗正开展第二阶段升级测试，主要包括更新燃烧室衬里涂层、改进喷嘴导叶薄膜冷却、减轻高压涡轮叶片重量等，使发动机在翼时间再延长 30%。第二阶段升级预计于 2026 年一季度完成认证，并通过扩大 MRO 网络，在 2027 年底前将所有遛达 1000 TEN 机队升级至 XE 标准。

此外，罗罗还在开展遛达 XWB-97/84 发动机的耐久性升级，2025 年对改进型高压涡轮叶片进行了初步评估，2026 年将进一步测试叶片冷却能力。据《航空周刊》预测，2026~2035 年间，遛达发动机的交付量可能达 3084 台，其中 77% 是遛达 XWB 型。

### 俄罗斯：艰难推进研发与取证

俄罗斯以解决国产替代为核心任务，同步开展宽体客机飞发研制，2025 年

9 月，俄罗斯政府及工业部门先后公开 PD-35 与 PD-26 两型大推力航空发动机研制进展。

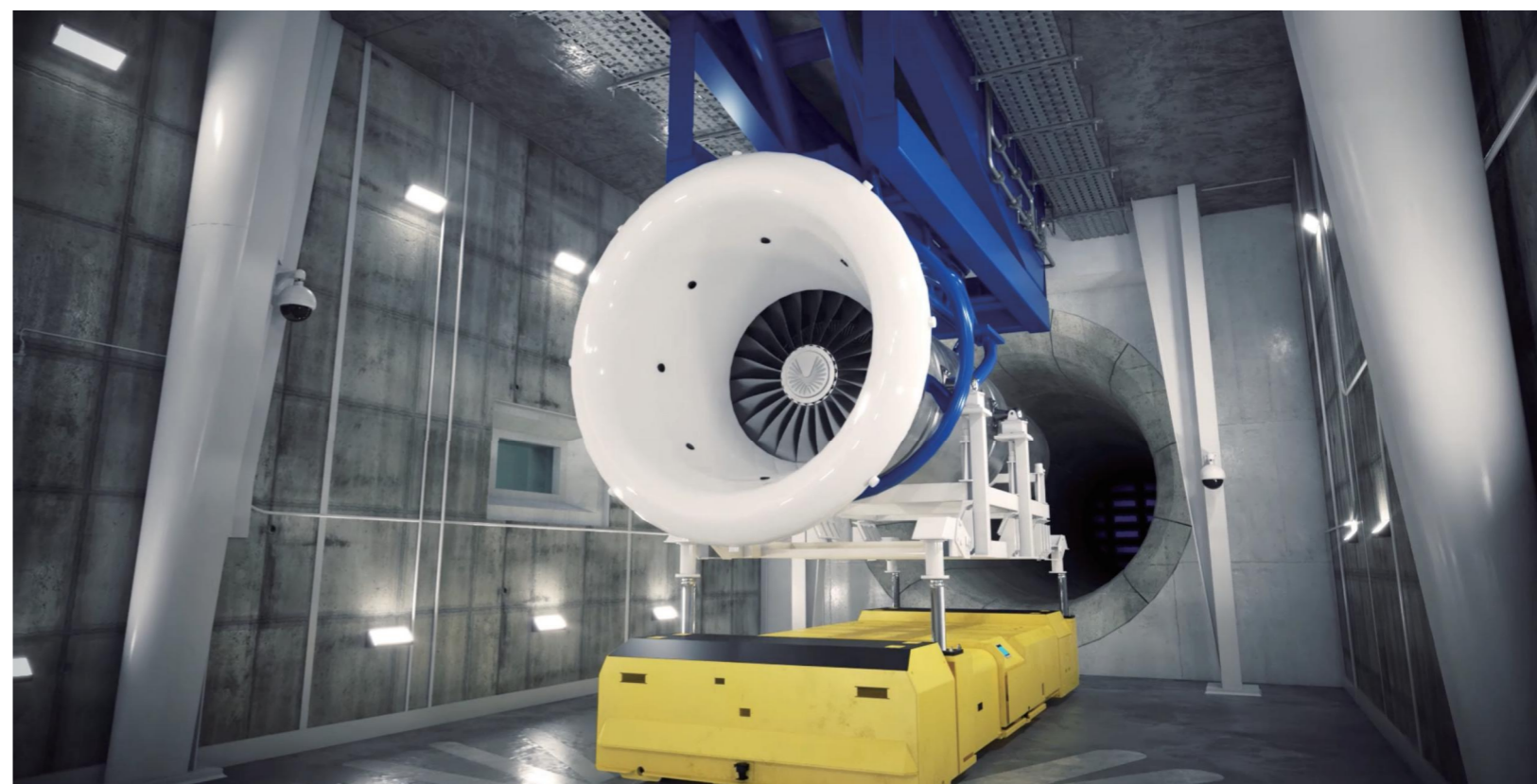
PD-35 发动机研制工作于 2017 年启动，推力 35 吨级。2025 年，俄罗斯联合发动机制造集团（UEC）完成了技术验证机制造，在俄罗斯国内最大的露天试验台（可承载发动机最大推力达 50 吨）开展测试。第一阶段测试中，PD-35 启动超过 50 次，发动机推力达 35 吨以上。第二阶段主要评估采用新型材料制造的高压压气机叶片、高压涡轮叶片及俄国产新材料低压涡轮轴的运行性能。在 PD-35 发动机研制过程中，UEC 最大限度借鉴了 PD-14 发动机的研发成果，攻克了 20 余项关键技术，包括新材料、涂层工艺、结构方案创新及新型设计与制造技术等。

PD-26 发动机是俄罗斯 2025 年最新确认研发的一型 26 吨级航空发动机，可能用于改装远程宽体客机（与波音 787-9 飞机接近），但目前披露信息较少。

PD-14 是俄罗斯用以解决国产替代的窄体客机发动机，并以此研发一系列衍生型号，以支撑俄罗斯国内民航运输业发展。2025 年，UEC 正式向雅科夫列夫公司（MC-21-310 飞机研制方）交付首批批产型 PD-14 发动机，计划 2026 年完成取证相关工作。同时，UEC 还在持续优化升级 PD-14 发动机，旨在降低重量、油耗与噪声，提高耐久与可靠性。

### 其他领域动向

支线客机发动机动力方面，GE 航空航天 CF34 涡扇发动机、加普惠 PW100、PT6A 涡桨发动机等均按计划生产。据《航空周刊》预测，2026~2035 年间，CF34-8E/-10A 发动机的交付量将达 1256 台，用于支线客机的 PW100、PT6A 发动



▲ 来源：boomsupersonic.com

机交付量预计分别为 642 台、202 台。

超声速客机发动机动力方面，博姆公司针对目前低声爆设计约束与飞机经济性之间的矛盾，设计了 50~80 座级的“序曲”超声速客机，于 2025 年初完成了 XB-1 缩比验证机超声速试飞。公司正在为“序曲”客机研发 Symphony 发动机，推力约 178 千牛（40000 磅），2025 年完成了核心机最终设计评审。同时，选定科罗拉多航空航天港作为发动机测试基地并投入 300 万~500 万美元扩建，2025 年开展核心机试验，2026 年开展全尺寸原型机试验。此外，博姆公司还获得了 3 亿美元 B 轮融资，将全部用于 Symphony 发动机开发。

加普惠、GE 等还在大力开发混合动力技术，为未来窄体客机动力提质增效。

2025 年 9 月，欧盟“净洁航空”计划 PHARES 项目选择加普惠牵头，联合

柯林斯航宇、ATR、空客等单位，基于 PW127XT 涡桨发动机开发混合动力技术验证机，该项目将于 2026 年正式启动。同时，加普惠还在 RTX“混合动力飞行演示项目”下，联合 AeroTEC、柯林斯航宇等公司，改装一架冲 8-100 混合动力验证机，将其中一台涡桨发动机替换为一套 2 兆瓦并联式混合动力系统（1 兆瓦热机+1 兆瓦电机+电池组），目前该系统已完成全功率地面测试，正向集成试飞转化。

GE 在涡轴、涡扇等军民多路线并行推进混合动力技术开发。2025 年，公司在 RISE 等计划支持下，开展了“护照”发动机混合动力技术验证机地面试验。2026 年，试验将继续进行，持续评估混合动力部件与整机技术。

▼ 来源：aviationweek.com





▲ 张竞霄 摄

# 从复苏到超越

## ——2025 年全球航空市场分析与 2026 年展望

文 | 杨波 陈波伊 编辑 | 欧阳亮

国际航协 (IATA) 近期公布的有关资料显示, 2025 年全球航空旅客运输量为 49.9 亿人次, 同比增长 4%, 创历史新高。但是, 正如国际航协理事长威利·沃尔先生指出, 每位航空旅客每航段利润仅有 7.2 美元。全球航空运输业的运输量历史纪录与低盈利水平, 折射出航空运输业脆弱的发展态势。

### 2025 年的“变”与“不变”

根据 IATA 公布的统计数据, 2025 年全球航空客运总需求 (收入客公里,

RPK) 同比 2024 年增长 5.3%, 总运力 (以可用座公里计, ASK) 同比增长 5.2%。需求增长快于投入增长, 从而带动客座率提升 0.1 个百分点, 达到 83.6%, 创历史新高。解析 2025 年全球航空运输业的“变”与“不变”, 我们可以从“不变”中进一步认识全球航空市场的发展之根, 从“变”中探求全球航空运输市场的发展之势。

总体而言, 全球航空运输业的“不变”主要表现在两个方面: 一是全球航空运输业保持持续发展, 二是市场总体格局保持不变。

2025 年全球航空运输业全面超过

2019 年水平, 全行业成功跨越了新冠肺炎疫情引发的冲击, 关键投入指标 (可用座公里) 创历史新高。

从表 1 可以看出, 2025 年全球航空业投入规模全面超过 2019 年的水平。其中, 2025 年全球航空业可用座公里投入较疫情前增长了 9.0%, 投入座位数增长 5.8%, 全球航班总量小幅下降了 1.8%。2025 年, 全球航空市场保持了疫情以后的持续恢复增长态势, 各种机型的投入均呈现增长态势。相对而言, 窄体机的投入增幅更快。

在市场格局上, 全球航空市场格局保持高度稳定, 亚太、北美、欧洲仍然占据主导地位。

2019 年之后, 全球政治经济秩序加速演进, 航空市场发展的不确定性明显增加。但是, 基于全球各区域航空座公里投入所占份额来看, 全球航空市场仍然保持高度稳定, 亚太、北美、欧洲是全球航空市场的主导者, 所占市场份额稳定保持在 80% 以上, 中东、非洲、拉丁美洲仍不足 20%, 全球航空市场的“八二”定律惊人稳定。

时间	2025 年全球航空业投入主要指标		
	可用座公里	座位数	航班班次
2025 年与 2019 年相比	9.0%	5.8%	-1.8%
窄体飞机	18.6%	11.5%	6.1%
宽体飞机	-0.7%	-5.5%	-6.5%
支线飞机	-18.4%	-18.6%	-21.7%
2025 年与 2024 年相比	5.0%	3.4%	3.0%
窄体飞机	5.3%	3.8%	3.2%
宽体飞机	4.7%	2.1%	1.5%
支线飞机	3.0%	2.3%	3.1%

▲ 表 1 | 2025 年全球航空业主要投入指标

备注: 数据来源于 IATA 航班计划统计数据。以下未作说明, 均是源于此。

时间	全球总体	北美	亚太	欧洲	中东	非洲	拉丁美洲
2019	100%	24%	33%	25%	9%	4%	6%
2020	100%	25%	35%	23%	8%	4%	6%
2021	100%	29%	29%	23%	8%	4%	7%
2022	100%	27%	26%	27%	9%	4%	7%
2023	100%	25%	30%	25%	9%	4%	6%
2024	100%	24%	32%	25%	9%	4%	6%
2025	100%	23%	32%	25%	9%	4%	6%

▲ 表 2 | 2019 年至 2025 年全球航空分区域市场份额 (以可用座公里计)

▼ 表 3 | 2019 年至 2025 年全球航空市场机型特征

时间	全球市场		窄体机		宽体机		支线客机	
	航班平均座位	航段平均距离	航班平均座位	航段平均距离	航班平均座位	航段平均距离	航班平均座位	航段平均距离
2019	150	1823	164	1314	306	4736	67	770
2020	145	1568	165	1261	303	4242	68	779
2021	147	1555	166	1296	296	4157	68	806
2022	153	1687	169	1318	302	4778	69	784
2023	159	1792	170	1349	305	4700	71	748
2024	161	1851	171	1379	307	4849	71	747
2025	161	1879	172	1399	309	4974	71	751
2025 年与 2019 年相比	7.7%	3.1%	5.1%	6.4%	1.1%	5.0%	5.8%	-2.5%

全球航空运输业的“变”也表现在两个方面：一是飞机更大、飞得更远，二是窄体机的重要性明显提升。

2025年，全球航空业飞机大型化、航距提升的趋势非常明显。从表3可以看出，全球航空市场投入机型的主要特征包括：第一，平均座级增长。与疫情前相比，窄体机型的每班座级增长了5.1%，达到172座。第二，航段平均航距呈增长趋势。与2019年相比，窄体机型航距增长了6.4%，平均航距接近1400公里；宽体机型平均航距增长了5.8%，平均航距达约5000公里。

不过，虽然飞机在大型化、航距提升方面表现明显，但是，以投入座公里计，我们却看到窄体机的投入占比持续提升，宽体机投入占比出现下降。

从表4可以看出，在航空市场的总投入中，2025年窄体机投入占比疫情

▼ 表4 | 2019年至2025年全球航空业分机型投入座公里份额

时间	全球市场	窄体机	宽体机	支线飞机
2019	100%	53.1%	43.8%	3.0%
2020	100%	62.1%	34.1%	3.8%
2021	100%	65.8%	30.3%	4.0%
2022	100%	61.8%	35.2%	2.9%
2023	100%	58.5%	39.2%	2.3%
2024	100%	57.7%	40.0%	2.3%
2025	100%	57.8%	39.9%	2.2%

▼ 表5 | 全球分区域投入增速情况

区域	全球总体	北美	亚太	欧洲	中东	非洲	拉丁美洲
2025年与2019年相比	8.8%	7.4%	6.0%	9.0%	13.5%	22.5%	13.4%
窄体飞机	21.6%	18.6%	19.5%	19.1%	41.1%	43.8%	26.9%
宽体飞机	0.2%	-0.2%	-4.1%	2.7%	4.8%	9.5%	-1.2%
支线飞机	-18.4%	-22.4%	7.7%	-34.9%	-51.6%	12.4%	-19.2%
2025年与2024年相比	5.4%	3.0%	6.0%	6.0%	6.7%	8.5%	5.5%
窄体飞机	5.8%	1.5%	6.3%	7.6%	10.6%	13.6%	5.9%
宽体飞机	5.1%	4.1%	6.0%	4.8%	5.1%	5.1%	5.3%
支线飞机	3.0%	9.9%	-4.3%	-4.2%	-29.3%	-3.0%	-11.8%

前提升了4.7个百分点，宽体机下降了3.9个百分点，支线飞机下降了0.8个百分点。

## 区域市场的分化与演进

总体而言，2025年全球航空市场呈现出积极的发展态势，但对各区域市场而言，其发展特点不尽相同。

一、全球航空市场全面复苏，非洲、中东增速领跑全球。

表5说明，从区域发展来看，非洲和中东的增速领跑全球，亚太和欧洲复苏进程加快，北美市场步入正常增长态势。

从各机型投入的角度来看，窄体机在全球市场增加较快。其中，非洲和中东市场增速最快。宽体机在全球市场的增长正在恢复，投入规模接近2019年水平。支线飞机在亚太市场和非洲市场的增长超过2019年的水平。2025年，支线飞机除了在北美市场有所增长之外，在其余市场均呈下滑趋势。窄体机和宽体机市场恢复显著，从一个侧面表明航空市场需求处于上升期。

二、各区域市场运营产投差异与效益分化显现。

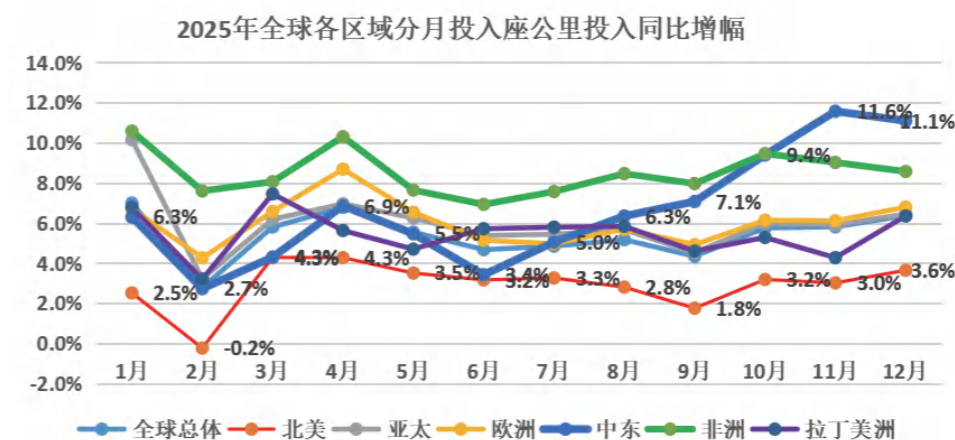
表6说明，2025年全球客运市场的产出增长大于投入增长。其中，亚太地区表现最为突出，差异达1.3个百分点。但是，北美市场出现了投入增长快于产出增长的情况。2025年5月起，美国国际客运市场开始步入负增长，2025年10月同比下降了4.8%。这一变化表明，美国发起的全球贸易战也伤及了自身的发展。

2025年，全球航空客运市场总体向好，全球各区域均实现了盈利。但是，盈利水平分化明显，中东、北美、欧洲的旅客公里利润水平最高，亚太和拉丁美洲盈利水平相当，非洲区域的盈利水平最低。

从飞机平均座级和航距来看，中东

区域	全球总体	北美	亚太	欧洲	中东	非洲	拉丁美洲
客公里年度增幅 (%)	5.3	0.4	7.8	5.3	6.8	9.4	7
可用座公里年度增幅 (%)	5.2	2	6.5	5.2	5.9	8.3	7.4
客座率 (%)	83.6	82.9	84.2	84.8	81.5	75.3	83.4
客均利润 (美元)	7.2	11.1	2.6	8.9	27.2	1.3	3.4
每座平均航距 (公里)	2309	2376	2061	2389	3213	2475	2151
客公里利润 (美元)	0.0031	0.0047	0.0013	0.0037	0.0085	0.0005	0.0016
航班平均座位数 (座位)	161	135	171	174	215	143	147

▲ 表6 | 2025年全球客运市场主要运营指标



▲ 图1 | 2025年全球分区域月度投入座公里同比增幅

地区航班的平均座位数最多，达到215座，航班飞得最远，达到3213公里。北美地区航班的平均座位数最少，为135座。亚太和欧洲地区的平均座级均在170座以上，客座率全球领先。其中，亚太市场的平均航距为2061公里，处于全球最低水平。

2025年，全球航空运输市场处于“牛市”状态，增长是主基调。

主基调之一：全年航空市场月度增长稳定，增长几无月度差异。

图1表明，2025年全球航空市场全年需求强劲，除了北美地区2月投入小幅下降以外，全球各区域其他月份均处于正增长态势。其中，中东市场表现最为抢眼，2025年9月起增速呈现加快趋势，11月

和12月投入增幅均超过10%。

主基调之二：窄体机表现强于宽体机，中东和非洲窄体机市场发展迅猛。

从全球来看，窄体机月度投入增幅略高于宽体机，但是存在显著的区域差异：一是中东和非洲市场窄体机全年增幅均超过10%。其中，非洲市场窄体机的全年投入增速达到13.6%。考虑到窄体机主要执飞中短程航线，非洲市场窄体机投入的强劲表现，说明非洲经济正处于快速复苏增长期。非洲银行公布的数据显示，2025年非洲有21个国家的经济增速超过5%。其中，埃塞俄比亚、尼日尔、卢旺达、塞内加尔等国有望达到7%。二是北美市场的宽体机投入优于窄体机。北美是全球最大也是最成熟的市场，其宽体机表现

优于窄体机，仍然是得益于国际航空市场的需求强劲。

## 中国客运市场创新高

2025年，中国民航全年旅客运输量达7.7亿人次，同比增长5.5%，创历史新高。总体而言，中国民航2025年市场发展呈现出以下主要特点：

特点之一：中国市场窄体飞机和支线飞机投入创历史新高，宽体机投入保持复苏态势。

▼ 表7 | 2025年中国市场各机型投入情况

时间	2025年中国市场投入主要指标		
	可用座公里	座位数	航班班次
2025年与2019年相比	5.1%	7.8%	7.2%
窄体飞机	19.5%	12.1%	9.0%
宽体飞机	-18.8%	-15.6%	-16.5%
支线飞机	91.4%	61.4%	44.7%
2025年与2024年相比	5.3%	1.9%	1.8%
窄体飞机	5.1%	3.1%	2.9%
宽体飞机	6.2%	-3.2%	-3.8%
支线飞机	-12.8%	-11.5%	-11.2%

▼ 表8 | 2025年中国市场各机型投入情况

时间	2025年中国市场投入主要指标		
	整体市场	座位数	航班班次
2025年与2019年相比	5.1%	7.8%	7.2%
国内市场	24.0%	14.5%	12.2%
国际市场	-18.6%	-16.0%	-15.4%
2025年与2024年相比	5.3%	1.9%	1.8%
国内市场	1.0%	-0.2%	0.0%
国际市场	14.4%	13.5%	14.1%

▼ 表9 | 2025年中国民航客运主要生产指标增长幅度

比较时间段	旅客周转量	国内旅客周转量	国际旅客周转量
2025年与2019年相比	19.6%	26.0%	3.4%
2025年与2024年相比	8.4%	4.7%	21.1%

表7说明，窄体机和支线飞机投入均较2019年有所增加，并且在2025年延续了持续增长态势；而国际市场尚未全面复苏，影响了中国市场宽体机的投入水平，仅保持了投入座公里增长，宽体机投入座位数和班次略有下滑。

2020年，中国三大航空集团开始引进C909支线客机。到2025年底，中国三大航空集团运营的C909飞机达到106架，推动中国市场2025年支线飞机投入较2019年有大幅度增长。值得关注的是，2025年中国航空公司支线飞机规模有所增长，但在中国市场的投入却相比2024年有所下滑。如何持续提升中国航空公司支线飞机运营水平是值得关注的问题。

特点之二：2025年中国国际市场强势复苏，国内市场效能有所提升。

表8说明，2025年中国航空市场超过2019年水平，国内总投入规模超过历史最高水平，国际市场强势复苏，但中国国际市场的总体投入较2019年存在一定差距。如果仅从中国航空承运人来看，表9说明中国民航客运的主要生产指标全面超过历史最高水平。面对百年未有之大变局，国内航空运输企业紧盯市场发展机会，创造了中国民航运输企业发展的新高度。

## 2026：中东、非洲继续领跑

2025年全球政治经济动荡，航空运输市场发展犹如在波涛汹涌的大海前行。但是，全球航空运输业依然创造了历史纪录。

回望2025年，全球航空市场让人感慨良多。中东、北美、欧洲市场的盈利能力领先于世界其他地区，这种盈利能力的背后是效率与效益同步协调发展的结果。

借助独特的地理位置优势，中东地区航空公司构建了面向全球的航空枢纽，



▲ 来源：www.airlinerratings.com

成就了中东航空市场。北美和欧洲作为全球航空市场最发达的地区，航空运输模式更为成熟，枢纽航空和低成本航空协调发展，保持良好的发展态势。亚太、非洲、拉丁美洲地区的航空运输企业整体仍然处在盈亏平衡点附近运营，航司盈利能力不强。在这些地区如何实现效率与效益的同步提升，仍然是一个漫长的过程。

2026年，世界政治经济动荡、地区冲突等因素有可能减弱，再加上美加墨世界杯等因素，这些都推动全球航空市场持续发展。因此，笔者一如既往地乐观看待全球航空市场的发展前景。

一是从全球区域发展来看，中东、非洲等区域发展速度有望领跑全球，亚太地区将是推动全球航空市场增长的重要力量，尤其是更加开放的中国为本地区的发展注入新动力，欧洲和北美市场的发展值得期待。

二是宽体飞机供求紧张的现象仍然存在。波音777X推迟至2027年交付，已经影响了部分航空公司的宽体机投入计划。2026年，波音在宽体机市场的份额有可能继续下滑。波音和空客在宽体机市场的主导权是否易位？这或许是一个茶余饭后的谈资，但其实折射出市场发展的最基本逻辑——适者生存。

1919年2月，首条国际客运航线在巴黎至布鲁塞尔之间正式开通，标志着国际航空客运市场正式起步。百年来，技术创新与经济增长为全球航空运输市场注入了源源不断的发展动力，航空运输变得更经济、更大众化，助力人类实现更美好的生活愿景。2026年，全球航空市场发展可期，但变化常在，唯有创新者才能生存。

# 以技术创新重塑全球物流新格局

## ——IATA 2025 全球航空物流报告解读

文 | 冯鲁文 王元元 编辑 | 欧阳亮

在国际航空运输协会（IATA）发布的《2025 航空货运设施未来愿景：以技术与创新重塑全球物流新格局》报告中，行业专家探讨了航空货运业在技术驱动下的转型方向、关键挑战及未来发展趋势。笔者对报告进行了编译和解读，具体内容总结如下：

### 变革的十字路口

报告指出，全球航空货运业正面临历史性转折。这一转型不仅源于持续增长的贸易量与不断升级的客户需求，更在一个充满波动性、不确定性、复杂性与模糊性

▼ 来源：www.iata.org



的全球宏观背景下推进。作为衔接陆运与空运的核心枢纽，航空货运设施在保障货物安全、合规与高效流转方面具有不可替代的作用。尤其是在后疫情时代，航空货运已成为维持全球供应链持续运转与支撑航空公司盈利能力的重要支柱。

然而，传统货运设施往往受限于陈旧的基础设施与高度依赖人力的操作模式，这使其日益难以满足现代物流对运营效率、扩展能力及合规标准的严格要求。

为应对这些挑战，IATA 更新其战略愿景，明确提出未来货运设施应向安全、安保、可持续、自动化、互联与智能化六大方向演进。通过推动数据无缝交互与人工智能驱动运营优化，该行业方能在未来的不确定性中保持韧性与竞争力。

### 存在的主要问题

为适应不同地区的贸易特征与货运规模，航空货运设施的物理形态与战略布局正在经历系统性重构。当前设施模型主要依据地理位置与核心功能进行划分：

机场内设施主要承担转运枢纽功能，注重货物高周转率与快速衔接能力，并需集成航空公司、货运代理及海关等多方主体。

机场外设施则侧重于存储、分拨与中长期物流规划等功能。随着出口业务中“预组装集装箱”（Shipper-built ULDs，由托运人在自己的仓库完成集装箱组装）比例持续上升，利用场外设施缓解机场核心区拥堵、提升整体运力迫在眉睫。尤其在出口量大、依赖预安检与货物预装地区，将部分处理流程外移不仅能够优化空间资源配置，还可通过建设专用运输通道、引入自动化追踪技术等手段，在保障供应链完整性的同时，显著提升作业效率。

机场外货运设施规划应全面纳入机场整体战略蓝图，确保机场内外货运衔接顺畅，并使其具备应对未来业务增长与恶劣天气的能力。

劳动力短缺与环境合规压力在货运设施的现代化进程中同样突出。IATA 的调查显示，57% 的货运运营相关方将人员配置不足视为影响业务顺畅运行的主要障碍。这一问题由多种因素造成：经验丰富人员的持续流失、后疫情时代求职人数下降，以及行业工作条件相对艰苦导致较高的员工流动率。更为紧迫的是，当前陈旧的技术环境难以吸引追求数字化工作体验的年轻人才，行业唯有加速现代化转型，方能在人才竞争中占据主动。

与此同时，可持续性要求已从“可选项”转变为“必选项”。监管机构与投资者日益重视货运设施的碳足迹管控，这意味着运营商必须逐步淘汰依赖化石燃料的设备，通过改造老旧建筑提升能源效率，并积极应对气候变化引发的极端天气风险。

因此，破解人力资源困局、建设具备气候适应能力的基础设施，已成为航空货运公司维系行业持续竞争力的关键前提。

最后，航空货运流程自动化与智能化程度依然不够。航空货运业长期存在显著的“创新鸿沟”，数据不准确与依赖人力操作导致运力浪费问题突出。IATA 对 262 份货运清单进行分析，仅有 27.5% 的货物申报体积准确，这导致平均每个货运航班有近四分之一的舱位空间未能得到有效利用。

为此，IATA 提出了“数字化—自动化—优化”的转型路径：推动全面数字化，实现货物信息实时可视，逐步取消纸质单据并纠正数据源头的误差；引入射频识别（RFID）、数据记录器等先进技术或设

备，实现标准化作业的自动化处理；基于精准的实时数据开展智能装载规划与动态调度，以实现运营流程的系统性优化。

## 重塑六大领域

为了给行业提供具体的现代化指南，IATA 基于 90 位行业专家的洞察，构建了“货运设施技术趋势雷达”，详细评估了六大技术领域对航空货运的影响。

一是智能决策与分析领域，人工智能（AI）正在从理论走向核心应用。AI 不仅仅是概念，而是开始在预测性维护、劳动力调度和异常检测中发挥了关键作用，帮助运营商从被动响应转向主动规划。尽管人工智能在实际操作时将面临成本与系统集成的挑战，但其在优化运力分配和提升决策速度方面具有“极高”的影响力。计算机视觉技术也在航空货运方面进行了试点应用，通过自动化货物识别、尺寸测量和安检图像分析，能够大幅减少人工干预并提升安全性。

二是机器人技术领域。当前，自动导引车等自动化设备因其在固定路线上的高效率，预计将在 5 年内成为主流，广泛应用于集装箱和托盘的自动化运输。相比

之下，自主移动机器人凭借更灵活的导航能力，适用于布局多变的复杂仓库环境，虽然其全面普及仍需时日，但必将成为提升航空货运效率的关键。此外，一些固定机器人正在接管货物分拣等重复性任务，而无人机则在库存盘点、安防巡逻甚至最后一公里配送中展现出独特价值。

三是物联网领域。物联网（IoT）设备和实时运输可见性平台（RTTVPs）正在打破长期存在的数据孤岛，使端到端的供应链监控成为可能。这些技术不仅能追踪货物位置，还能实时监测舱内温度、湿度等状态，对于医药和易腐品运输至关重要。特别是智能标签（Smart Labels）和射频识别（RFID）技术的结合，提供了一种低成本、可扩展的解决方案，极大提升了货物在仓库内外的追踪效率和准确性。行业专家预计，该技术将在 5 年内对航空货运产生较大的影响。

四是可持续运营技术领域。随着行业迈向净零排放，节能基础设施和零排放车辆正迅速成为标准配置。现场能源发电系统和生物基包装材料的应用，不仅有助于降低运营成本，更是满足日益严格的环保法规和碳中和要求的必要手段。

五是数字化流程领域。API（应用程序编程接口）是数字化集成的支柱，使不同软件系统能够实时通信和共享数据，通过该工具能够简化预订、海关申报和即时数据交换流程，消除传统流程的各种断点。配备机器人等自动化设备，大量重复性的行政工作得以自动化，从而释放人力资源专注于更高价值的客户服务和异常任务处理。

六是可穿戴设备领域。航空货运也需要人机协作，虽然相较于其他技术，其普及速度较慢，但增强现实眼镜和外骨骼正在逐步进入行业视野。前者用于提供沉浸式员工培训指导，后者则致力于减轻重

技术领域	核心技术	应用时间	运营影响
人工智能	高级分析：需求规划、资源分配	<5 年	极高
	人工智能：预测性维护、自动调度与异常检测	5-10 年	高
	计算机视觉：自动测量、货物识别与安检	5-10 年	中等
机器人	自动导引车：固定路线运输与码头货物移动	<5 年	高
	固定机器人：自动化分拣、打板与高精度扫描	<5 年	高
	自主移动机器人：动态环境下灵活搬运与导航	5-10 年	高
	无人机：库存盘点、安防与最后一公里配送	5-10 年	中等
物联网	物联网监控：实时状态监控、资产追踪	<5 年	极高
	货运平台：供应链监控与风险管理	<5 年	极高
	射频识别技术：自动扫描、库存管理与安保	<5 年	高
可持续运营	节能基础设施：智能建筑与高效系统	<5 年	极高
	零排放车辆：电动 / 氢能地面设备替代柴油车	<5 年	极高
	现场能源发电：太阳能、风能与储能系统	5-10 年	高
数字化	API 访问：系统间实时数据交换与集成	<5 年	极高
	机器人流程处理：行政任务与文档处理自动化	<5 年	高
可穿戴设备	智能穿戴设备：免提操作与即时信息	<5 年	中等
	扩展现实：沉浸式培训、设施规划与 AR 导航	5-10 年	中等
	外骨骼：辅助重物搬运，减少身体劳损	>10 年	中等

▲ 表 | 关于各类新兴技术在航空货运中的运用预测与运营影响力评估

体力劳动对工人的身体损伤，这在老龄化和劳动力短缺的背景下显得尤为重要。

上表总结了报告中关于各类新兴技术在航空货运中的运用预测与运营影响力评估。

## 结论与展望

航空货运设施的发展愿景并非单纯追求技术叠加，而是一场涵盖运营逻辑、基础设施与人才体系建设等方面的系统性重塑。未来的货运枢纽将不再是简单的货物中转站，而是朝着高度互联、数据赋能、

绿色低碳的智能生态节点转型。

为实现该愿景，相关各方需共同应对初始投入高昂、系统集成复杂及网络安全等挑战，积极采纳 IATA 推出的 ONE Record 数据共享标准与智能设施运营能力（SFOC）认证等行业规范，通过投资可扩展的数字化方案，推进绿色基础设施建设，并构建新型人机协同模式。只有这样，航空货运业才能更从容地应对全球贸易波动，确保在日益复杂的市场格局中持续发挥对全球经济的推动作用。

▼ 来源：www.iata.org



# 下一代单通道客机动力之争 已拉开帷幕

文 | 陈玉洁 编辑 | 庄敏



▲ 来源: www.safran-group.com

尽管下一代单通道客机 (NGSA) 进入市场的时间尚不确定, 但动力市场的竞争已拉开帷幕。目前, 空客和波音在推进系统的选择上存在差异, 空客公开支持 CFM 国际公司的开式转子发动机, 波音则更倾向于传统通道式发动机。未来两者之间的分歧是否会持续, 很大程度上取决于关键技术研发进展及其最终结果。

## “鸥翼”与 RISE 开式风扇

空客通过与 CFM 合作, 计划进一步

扩大并提升“可持续发动机革命性创新”(RISE) 开式风扇的测试规模和复杂程度。双方合作设计并制造了两架缩比全机模型, 用来评估开式风扇推进系统对飞机性能的影响。评估结果将为空客下一代单通道客机选择开式风扇推进系统还是沿用传统先进通道发动机提供重要依据。其中, 正在研制的 1:11 缩比模型将在法国航空航天研究院 (ONERA) 开展高速试验, 而 1:14 的缩比模型计划将于 2026 年在英国菲尔顿的空客低速风洞开展试验。

与此同时, CFM 的 RISE 联合研制项

目已完成 350 多项关键测试, 其中母公司 GE 航空航天开展了 3000 多小时高压 (HP) 涡轮和喷管耐久性测试, 还模拟了大推力起飞和爬升场景, 以验证紧凑部件承受飞行载荷的能力。另一家母公司赛峰则重点开展叶片试验, 针对三种不同构型的叶片进行评估, 成功验证了叶片的机械强度以及改进后的气动特性和声学性能, 并对低压涡轮、压气机、轴承系统、开式风扇变距控制功能相关的设备进行全面评估。

2024 年, GE 航空航天与美国能源部签署“超级计算合作研发协议”(CRADA)。通过该协议, GE 航空航天的先进技术和橡树岭国家实验室的超级计算能力深度结合, 大幅提升计算建模和仿真能力, 加速推进发动机的设计和试验进程。

为研究全尺寸开式风扇发动机的气动特性和声学性能, 以及与飞机集成等相关技术, GE 航空航天开发了可在全球最快的超级计算机“前沿”上运行的流体力学计算软件。借助强大的计算能力, 可优化发动机设计, 进一步提升效率、降低噪声。CFM 用缩比开式风扇的风洞试验结果, 验证了数字仿真模型的准确性。这一成果可有效减少 RISE 项目的风洞试验次数, 加快研究和技术开发进度。

2024 年, 法国 ONERA 对莫达纳的 SIMA 风洞设施进行了重大升级, 以支持赛峰对新型推进系统 ECOENInE (开式风扇发动机的 1:5 验证机) 进行测试。CFM 的工程师将缩比开式风扇和机翼集成后, 利用 ONERA 风洞评估高速巡航下的气动表现。随后, 在荷兰—德国联合风洞 (DNW) 中对开式风扇 1:7 缩比模型完成验证, 评估低速起飞、爬升和下降时机翼与发动机集成后的表现。试验结果表明, 其在性能和噪声方面表现良好。

赛峰表示, 除与空客在 ONERA 和

DNW 合作完成开式风扇缩比模型的 300 小时测试外, 赛峰还在 Villaroche 试验基地专门搭建了大型部件试验台, 完成 175 项进气和耐久性测试。此外, 赛峰还将在该基地新建一座直径为 8 米的试验设施。2026 年该设施将具备大型单元体试验能力, 可对开式风扇变距控制系统进行测试。

作为 RISE 项目的重要组成部分, 赛峰还将持续提升混合电推进系统的技术成熟度, 其中大部分工作聚焦于改进型“银冠”(Silvercrest) 发动机试验。尽管“银冠”发动机尺寸小于 RISE, 但这款试验发动机可以支持数百千瓦的等效电力输出。

CFM 表示, 开式风扇的直径约为 4 米。为确保 RISE 发动机有足够的离地间隙, CFM 计划 2026 年开展测试的缩比模型将采用低机翼设计, 并增加内侧上反角, 即“跨翼”。相较于更长的起落架支柱, 这种非常规机翼设计优势更多, 避免增加重量以及对机身进行重大的设计更改。

不过, “跨翼”设计也面临诸多挑战。内侧上反角的增加会导致垂直升力损失和阻力增加, 尤其是在机动飞行时更为明显。此外, 从结构来看, “跨翼”的制造更为复杂, 且比传统机翼更重。

与此同时, 空客计划于 2027 年或 2028 年在改装的 A380 上进行 RISE 验证机飞行试验。在开展飞行试验之前, 还将在俄亥俄州和加利福尼亚州进行全尺寸地面试验。

## 下一代 GTF

为在推进效率方面取得突破, 普惠在 2008 年推出了齿轮传动涡扇 (GTF) 发动机。下一代 GTF 发动机的设计目标是比目前为空客 A320neo 系列提供动力的 PW1100G 发动机降低 20% 的燃油消耗。普惠计划将当前 GTF 的直径 81 英尺

(约 2.06 米) 的风扇升级为 85 ~ 90 英尺 (2.16 ~ 2.29 米) 的复合材料风扇, 并将其封装在复合材料机匣和更短、更紧凑的通道内。

与此同时, 普惠的工程师们也在积极探索如何提升发动机的热效率。目前, GTF 发动机的热效率仅实现了理论极值的一半。面对高温环境带来的挑战, 工程师正积极研发新的陶瓷基复合材料 (CMC) 以及更加先进的内部冷却结构。

为此, 普惠正在北卡罗来纳州阿什维尔市投资建设一座全新的专用工厂, 致力于推动高性能发动机材料的发展。该工厂投资近 10 亿美元, 以打造一个“先进铸造工厂”。该工厂预计将在 2028 年正式投产, 主要生产用于配装 A320neo 的 PW1100G 和配装 A220 的 PW1500G 的高压涡轮叶片和轱叶。其中, 动叶和轱叶由高镍合金制成, 并采用陶瓷涂层以提升耐久性。

在混合动力开发测试方面, 吉凯恩公司 (GKN) 开发的高压线束已交付 RTX 集团旗下的柯林斯宇航公司, 用于集成到 PW1100G 验证机开展测试。后续, GKN 还将为普惠 GTF 混合动力发动机演示测试提供支持, 测试计划在波兰 EME 航空航天公司 (该公司专注于普惠 GTF 发动

得益于额外的冷却设备与双层壁叶片应用, 发动机的耐久性显著提升, 可增加发动机在翼时间。普惠还计划采用新的冷却孔和涂层技术, 进一步提升发动机推力。

机的维护、修理和大修服务, 是普惠 GTF MRO 网络的重要成员) 进行。首批线束已交付至柯林斯位于英国索利哈尔的电子控制与电机系统卓越中心, 其余单元将直接交付给柯林斯开展测试。

此外, 普惠的 PW1100G 升级型——GTF Advantage 已于 2025 年 2 月获 FAA 认证。与升级之前的发动机相比, GTF Advantage 的推力增加了 4% ~ 8%。同时, 得益于额外的冷却设备与双层壁叶片应用, 发动机的耐久性显著提升, 可增加发动机在翼时间。普惠还计划采用新的冷却孔和涂层技术, 进一步提升发动机推力。

### 通用架构的“超扇”

罗罗采用通用架构同步开发两种不同尺寸的“超扇”发动机 (UltraFan), 不仅可以有效减少重复测试工作, 未来还可以针对各种应用场景组装两台发动机, 以覆盖全范围测试需求。

UltraFan 80 发动机的涵道比预计将达到 15, 总增压比达到 70, 推力达 356 千牛, 燃油消耗和污染物排放相比第一代遛达发动机下降 25% 以上, 氮氧化物减少 40%, 噪声降低 35%, 并可以使用 100% 可持续航空燃料 (SAF)。相比现役最高效的宽体飞机发动机 Trent XWB, 其油耗降低 10%, 碳排放也大幅降低。目前, UltraFan 80 的首台验证机已完成约 70 小时地面测试。

新的小型 UltraFan 30 齿轮传动发动机验证机技术源于 UltraFan 80 发动机, 其推力约 133 千牛, 旨在为 A320neo 和 737MAX 的后继机型提供动力, 在较低推力量级市场, 与 CFM 的开式风扇发动机、普惠的下一代 GTF 发动机进行竞争。罗罗计划在 2028 年开始对 UltraFan 30 验

证机开展地面试验, 这一安排符合罗罗早前发布的战略目标, 也标志着公司向单通道窄体客机领域迈出关键一步。

UltraFan 30 还借鉴了欧洲净洁航空 HEAVEN (氢发动机架构虚拟新颖设计) 项目的技术, 旨在扩展 UltraFan 架构以适应中短程客机。通过 HEAVEN 项目, 罗罗对燃烧室、齿轮箱等子系统进行验证, 推动混合动力与氢能技术融合。罗罗计划利用 747-200 飞行试验台或联合客户共同开展飞行测试, 目标在 2029 年达到技术成熟度 5 级。同时, 罗罗还将继续与英国航空航天技术研究所 (ATI) 和德国企业合作, 以争取净洁航空计划第二阶段经费。

### 行业发展趋势

各大发动机巨头秉承“动力先行”的理念, 整合最先进的技术和资源投入这一战略级产品的研发。从各大公司的研制项目和进程中, 可清晰洞察行业未来发展趋势。

齿轮传动结构成为下一代单通道窄体客机发动机的必然发展趋势。CFM、普惠、罗罗的下一代窄体飞机发动机尽管构造不同、特点各异, 但都选择了齿轮传动结构, 核心目标是实现更高的效率、更低的排放和噪声。结合齿轮传动与电气化的混合动力设计, 不仅可进一步优化效率, 还可助力航空业实现零排放目标。

第二, 数字化技术可大幅提升新型发动机的设计迭代速度。美国能源部为 GE 航空航天提供两台超级计算机, 共计 84 万“节点小时”, 用于模拟开式风扇发动机设计与飞机的集成, 开展发动机迭代设计, 这充分证明了超算在发动机研制中的巨大作用。CFM 公司则利用数字仿真模型减少 RISE 项目的风洞试验次数, 加快研究和技术开发进程。



▲ 来源: www.safran-group.com

第三, 先进的大型航空发动机试验设施为发动机研制提供了有力保障。为提升风洞对新型开式风扇发动机气动特性和声学性能的验证能力, 法国 ONERA 的 SIMA 风洞进行了一系列现代化升级, 包括增强声学测量能力和改进测试平台。这一系列升级不仅为开式风扇发动机的测试做好准备, 还能为风洞实验技术的创新发展, 对开发更环保的航空发动机、实现未来航空业的碳排目标具有重要意义。

第四, 大型研发项目可推动产品开发和行业发展。GKN 公司在欧洲净洁航空项目中开发的高压线束用于普惠公司下一代 GTF 的混电结构开发测试, 罗罗公司的 UltraFan 30 也借鉴了净洁航空项目的技术。由此可见, 依托此类研发项目, 企业不仅可以缩短技术研发周期, 降低研制成本, 还能以国家顶层战略为导向, 推动行业高质量发展。

# 巴航工业着眼南亚支线航空市场

文 | 彭健 编辑 | 庄敏

随着全球航空产业布局的不断调整，新兴航空市场的需求也在快速崛起，支线航空在此过程中所承担的激活区域经济内生动力的作用也愈发明显。在众多新兴市场中，南亚凭借着庞大的人口基数、快速的经济增长、有力的政策驱动，被认为是全球支线航空市场最具潜力的增长极之一。近年来，巴航工业以印度为中心，通过飞机产品落地、捆绑本地制造业上下游企业、开设生产线等多种方式，加速对以印度为主的南亚支线市场的布局，以期争取更多订单，进一步巩固在支线飞机市场的领先地位。

▼ 来源: aeroflap.com



## 战略蓝海市场

南亚地区涵盖印度、巴基斯坦、孟加拉国、斯里兰卡、尼泊尔等国家，总人口超过 18 亿，地区经济增速长期高于全球平均水平。尤其是近年来该地区中产阶级数量的增长，使得航空出行成为越来越多人的选择。

根据巴航工业发布的《2025-2044 年南亚地区航空市场预测报告》（以下简称“报告”），未来该区域将成为全球航空市场增长最快的战略蓝海。未来 20 年，南亚地区 80 ~ 146 座级支线喷气客机总需求将突破 550 架，支线航空将成为重塑南亚区域联通格局、激活经济内生动力的核心引擎。报告指出，未来 20 年，该区域航空旅客周转量（RPK）年均增速将达到 4.5%，超过全球 3.9% 的平均水平。

巴航工业在报告中指出，当前南亚航空市场呈现显著的结构失衡，航空公司的运力过度集中在头部枢纽机场。南亚地区 30% ~ 35% 的航班量集中在前五大机场，而北美等成熟市场的这一比例仅为 15% 左右。运力错配带来两个主要问题：第一，头部枢纽空域紧张，各类保障资源有限，航班准点率和运营效率都承受一定压力。第二，二三线城市间用干线飞机运营，造成运营成本过高，航空公司失去培育市场的积极性。巴航工业同时指出，这两个突出的问题，也是该区域支线航空发展的机遇所在。

此外，在促进支线航空市场发展方面，南亚地区也有自身的特点。首先，南亚地区多山地、高原，陆路交通网络覆盖不足，因此航空运输就成为更优的解决方案。为此，包括印度在内的多个国家都将区域航空联通列为国家战略，通过补贴、票价管控、支线机场建设等

多种方式来推动支线航空发展。印度政府推出的一项名为“让普通人翱翔”（UDAN）的区域航空连接计划，通过财政补贴、票价上限控制、航线独家运营等措施，强制推动航空公司开通二三线城市与偏远地区航线。截至 2025 年年底，印度航空公司已经开通了超过 500 条区域航线，覆盖超过 100 个未通航 / 低通航城市，激活了国内支线航空市场的需求。

其次，该地区一些国家也希望通过采购更多飞机，带动当地航空制造业的发展，提升自身的制造能力。其中，“自力更生印度”战略、斯里兰卡旅游振兴计划等措施，都将航空基础设施建设、本土航空产业培育作为核心方向，为外资制造企业落地提供政策支持与市场机遇。

## “让普通人翱翔”

与其他地区有所不同，印度是南亚地区最大的飞机市场。过去 10 年，印度民航旅客运输量持续保持两位数增长，运营航线数量、机队规模、国际通航点都有了大幅提升。更为重要的是，早在 2016 年印度就推出了 UDAN 区域航空连接计划，该计划隶属于《国家民用航空政策》（NCAP），旨在通过“票价管控 + 财政补贴 + 基础设施升级”三位一体的机制，来推动二三线城市及偏远地区航空运输的普及，这为印度支线航空市场的发展打开了巨大的空间。

UDAN 计划在票价管控方面，50% 的座位执行政府限价，每飞行小时约为 30 美元，剩余座位可按市场定价，以平衡普惠性与盈利性。在可行性缺口资金（VGF）补贴方面，政府对新开航线补贴 3 年，以鼓励航司培育支线市场。航线距离的补贴上限是 600 公里，超

出部分不享受相应补贴。同时，政府还鼓励航空公司通过“最低补贴招标”来获取航线经营权。此外，政府还对支线机场的航空燃油税费进行相应减免，机场对降落、停机、航站楼导航费等进行豁免或降低收费标准。政府还投入大量资金用于支线机场的翻新与新建，预计2026~2027财年将投入550亿卢比。

在提供大量政策支持的同时，政府也对航司支线航线的运营成效有明确的要求：在航司准入方面，除了必须具备印度民航运营资质、拥有适配的支线飞机（座级在50~146座）之外，还要承诺连续运营3年；在运营绩效考核方面，如果季度平均客座率低于50%，或者出现连续亏损将被取消航线独家运营权；如果航空公司中断航线，不仅需要提前报备，还要受到相应的处罚。

从目前实际运营效果来看，印度已开通649条支线航线，连接93个机场，累计运送旅客1.56亿人次。其中，非一线城市客流占比达51.1%，并在2025年首次超越大都市间客流。国内支线航空渗透率从0.5%提升至2%，带动了非一线城市航空出行的增长。根据印度UDAN 2.0+的规划，除了要进一步拓展新的支线航线，强化南亚区域支线网络之外，还希望通过引进新一代支线飞机来降低运营成本。这对于飞机制造商而言，显然是一个巨大的商机。

### 本土战略与生态构建

为了进一步拓展市场空间，巩固在支线市场的领先地位，巴航工业很早就将印度定义为重要的战略市场之一，并在近几年围绕加强产品销售力度、与航司共同研究航线开辟、培育本土供应商、布局产业链等方面开展工作。

根据Cirium的数据，截至2025年年底，印度共有支线飞机32架，其中喷气支线飞机12架，均为巴航工业的产品，分别是8架E175和4架ERJ-135/145，主要运营商为星空航空（Star Air），共运营11架支线飞机（8架E175和3架ERJ-145）。此外，联盟航空运营20架ATR涡桨支线飞机。巴航工业预测，随着印度二三线城市互联互通、中小机场扩容以及UDAN政策的持续发力，未来20年，印度市场需要至少500架80~146座级的支线飞机，巴航工业E系列飞机恰恰能够满足需求。

目前，印度星空航空已成为巴航工业支线飞机运营的样本。这家成立于2019年的支线航空公司，发展之初采购二手ERJ-145飞机，经过6年的发展已成为印度国内唯一规模化运营巴航工业飞机的航空公司。截至2025年年底，星空航空凭借着11架支线飞机开通了印度中西部、南部多个二三线城市航线，运营效率和盈利水平在印度支线航空公司中处于中等靠前的水平。2025年年底，星空航空宣布计划最多采购50架巴航工业支线飞机用于满足到2030年扩张机队的目标。同样，巴航工业也希望将星空航空这一成功案例复制到更多印度本土甚至南亚其他国家的航空公司。

从飞机产品本身来看，无论是上一代E系列还是新一代E2系列飞机都有良好的稳定性和经济性。截至2025年年底，E系列飞机已经在印度累计飞行超过15万小时，准点率达98.2%。尤为值得一提的是，2025年印度民航局批准，将E175的运营范围扩大至国际支线，如印度—尼泊尔、印度—孟加拉国航线，助力航空公司抢占跨境市场。

除了产品销售本身之外，加强与印度本土企业的工业合作也是巴航工业开

拓市场的重要举措。2025年9月，星空航空与印度斯坦航空签署谅解备忘录，巴航工业作为技术合作伙伴参与其中，三方将共同建立印度首个本土支线喷气飞机MRO基地。

这一工业合作对于三方来说都有重要意义。对于星空航空来说，本土化维修可以帮助其降低30%~40%的维修成本，飞机停放时间可以减少60%以上，可大大提高机队利用率。对于印度斯坦航空来说，意味着实现了从军机维修向民用航空领域战略扩张的重要一步。对于巴航工业来说，向印度企业提供E系列飞机维修技术授权、培训、工具包与零部件支持，契合印度政府倡导的“印度制造”与“自力更生印度”战略，同时也可以为未来更多E系列飞机进入印度市场提供基础设施的支持。

根据规划，这个MRO基地将在2026年完成设施改造、人员培训与技术认证相关工作，并开始为星空航空提供维修服务。到2028年，该维修基地将扩大服务范围至全部E系列飞机，并获得欧洲航空安全局（EASA）的相关认证，拓展国际市场。到2030年，巴航工业希望将这一维修基地发展成为亚太地区支线飞机维修中心，能够提供从零部件维修、技术培训到工程支持的全链条服务。

2026年2月，巴航工业与印度阿达尼防务与航空航天公司签署谅解备忘录，计划在印度建设E175支线喷气式飞机总装生产线，这是印度首个商用飞机总装线。根据计划，双方将通过成立合资公司的方式在印度建立覆盖制造、维修、飞行员培训、供应链构建等在内的产业生态。但同时巴航工业也明确指出，总装线落地的前提是需要有200架以上确认订单来支持生产线的投产。若2026年能够达成订单目标，总装线可在24个

月内建成，预计2028年正式投产。

考虑到E175飞机的座级能够很好地适配印度UDAN区域航空连通计划，因此总装线建成初期将专注于这一机型的生产。总装线的选址首选古吉拉特邦Dholera特区，纳西克、班加罗尔为备选选址。双方的分工为：巴航工业作为技术方，提供飞机制造技术授权、适航认证支持与全球供应链整合；阿达尼集团负责总装线基建落地、本土供应链开发及政府协调，依托其产业园区与基建优势推进项目实施。项目的推进将分三个阶段进行：2026年完成既定200架订单目标，同步推进生产线的设计工作；2027年启动工厂建设并推动零部件国产化，设定的国产化率为40%；2028年投产后初期年产能12~18架，逐步提升至30架。

如果这一项目能够顺利落地，对于双方来说都具有战略价值。对于印度来说，填补了商用飞机总装的产业空白，不仅可以帮助国内航空公司将采购成本降低15%~20%、维修成本降低30%以上，同时还可创造5000余个高技能岗位，带动本土航空供应链升级。总装生产线还可与上文提到的MRO中心形成产业协同效应，在完善印度航空产业链的同时，也在一定程度上摆脱对国际供应链的过度依赖。对于巴航工业来说，则不仅有助于其抢占印度支线航空市场份额，还可以凭借印度样本和产业链优势吸引更多南亚乃至亚太地区客户订单，最终实现让南亚地区成为公司全球第二大战略市场的目标。

▼ 来源：starair.in





本图由 AI 生成。

# 从战略计划看 航空业新技术发展趋势

文 | 李佳宇 编辑 | 庄敏

2025年10月，法国国家航空航天研究院（ONERA）发布《2030年科学战略计划》文件（以下简称《计划》）。《计划》聚焦未来5年航空领域重点研究方向和核心发展需求，并以解决科学挑战为核心框架，以发展科技基础为技术支撑，形成覆盖“基础研究-技术开发-应用验证”的研发体系。《计划》特别强调，希望能够通过量子技术、人工智能等新兴科技带动产品技术实现突破，进而强化法国航空航天产业的全球竞争力。

## 战略出台背景

2016年，法国国家航空航天研究院曾发布《2015-2025年科学战略计划》，提出12项科学研究领域所面临的重点问题，指导法国民航局、法国空间研究中心以及航空航天领域制造商等开展相关工作，并取得了不错的成效。

当前，随着国际竞争加剧和新兴技术不断涌现，全球科技格局发生变化。法国国家航空航天研究院根据法国科技发展需

求，结合研究院科学委员会建议，出台了《2030年科学战略计划》作为战略指引文件，引导相关企业做好未来5年科学与技术发展的整体规划，指导研发工作，以巩固法国在航空航天等领域的领导地位。

《计划》明确了构建未来航空核心优势的重点领域。围绕下一代民机与无人机、可持续燃料与新型动力等产品与能力发展重点，开展科学研究重点布局，引导推动基础研究突破和创新链形成。《计划》强调了基础研究的重要性，通过开展基础性原理、工具和手段方法的研究，为装备实现性能突破夯实基础。

另外，《计划》还关注量子、人工智能等新兴科技的应用以加速创新，提出探索量子计算提升仿真效能、开发量子传感器提升导航精度、利用人工智能技术推动新材料开发和数据处理等，通过新兴科技带动产品技术实现突破，进而强化法国航空航天产业的全球竞争力。

## 民用航空领域重点研究方向

《计划》分析了未来5年航空航天等领域的发展需求，提出了科学研究面临的挑战和需要重点发展的科学与技术基础。围绕民用航空相关领域，《计划》着重强调首先要将满足法国民用航空领域未来发展需求作为发展目标。

具体来看，民用航空领域需应对能源转型和脱碳带来的挑战，控制航空活动对全球变暖的影响，同时满足对系统性能和竞争力的高要求，需围绕5个关键领域实施能力升级。

一是提高飞机和航空运输系统的能源效率与脱碳，通过使用清洁燃料代替传统煤油燃料，发展可持续技术，开发低排放飞机概念，实现碳中和。二是减少非二氧化碳影响，研究非二氧化碳飞机排放物对

气候的影响，同时开发新技术，减少环境影响。三是飞行安全保障与技术转型加速，需制定严格的认证流程，开发新飞机结构、新推进方式、机载系统以及工业生产系统，以满足航空技术转型的基本需求。四是未来连通性与空中交通管理，通过实时空中交通管制，优化空域管理与交通运营，提升航空安全性、提高飞行效率以及减少环境影响。五是自主与工业能力，加强原材料（例如钛）与关键技术的供应，促进突破性技术研发。

为应对上述挑战，法国国家航空航天研究院提出了与民用航空发展相关的基础性科学研究的6项科学挑战，以及应对挑战的优先任务，指导未来5年的研究工作。

一是未来数字化数值模拟。航空领域面临的挑战对先进数值模拟能力提出了更高要求，包括新一代多学科仿真软件、工具与方法。优先任务包括：加强用于高保真分析和设计的高性能计算的数值方法研究，了解多物理场和多尺度系统的不确定性，通过多软件环境解释复杂系统，实现数值模型与实验数据的结合与互补，利用

来源：www.rtx.com



超级计算机提升效率，开发数值模拟方法拓展对复杂物理现象的认知。

二是环境感知、认知与模拟。需开发新的信息处理方法，尤其是利用人工智能加速数据融合、处理，以丰富对环境的认知并预测其演变。优先任务包括：利用多模态感知技术开展环境物理建模，实现多传感器数据采集和数据融合，整合高分辨率和多时空维度信息，通过分析场景的时空演变来丰富对场景的理解，将测量结果与建模相结合以加深理解和进行预测。

三是极端条件下的材料与结构。需针对航空极端环境要求，保障飞机在高温、辐射、雷击等极端条件下的安全性与性能。优先任务是：实验室环境下极端条件的复现、观察与模拟，材料损伤机制的识别、建模和控制，开发多功能材料和涂料，材料的多尺度建模与设计，材料在复杂载荷下的行为分析与模拟，开发并应用实时无损检测技术。

四是量化并减少航空运输对环境的影响。新一代飞机需从设计、制造、运营、维护到退出全寿命周期角度考虑降低其环境影响，涉及设计工具与模型、运营模式、推进系统等多个方面。优先任务包括：航空排放过程的建模，航空运输对环境影响的建模与评估，新型航空推进概念研究与验证，研究航空替代燃料等的可行性，飞机全寿命周期的环境影响评估，开展飞机噪声研究、降噪设计以减少飞机噪声。

五是提升航空航天系统性能。航空航天系统复杂程度日益增长，需通过数字化技术优化设计和制造流程，并满足安全、认证和维护方面的要求。优先任务包括：开展多学科高保真优化方法研究，进行先进推进控制系统研究，开发健康状况监测系统，优化自诊断与自修复能力以提升抗毁性和可靠性，应用人工智能提升自主决策能力，构建动态数字孪生。

六是计算与数字处理融合。需开展传感器与数字处理协同设计，以突破仪器性能极限。优先任务包括：开发可动态感知环境的传感器，优化测量仪器性能，开发先进自主导航技术，研究多模型和多传感器数据的融合，为协同设计提供支撑，开发自适应感知的多传感器人工智能方法，开展量子技术研究。

### 科学与技术基础是核心支撑

科学挑战的研究工作有赖于先进方法与工具的支撑，为此法国国家航空航天研究院提出7个方面的科学和技术基础，指明了基础科研的7个发展方向。

一是多物理场高性能计算仿真，主要内容是开发高保真物理模型与高性能算法，涉及气动、材料与结构、电磁等专业领域。二是实验模拟，旨在利用实验验证复杂现象的模型，包括气动、航空声学、气动弹性、材料与结构力学、推进系统等实验模拟研究。三是试验手段与方法，建设并利用高性能试验设施设备，通过试验分析深入了解物理现象、确认模型、验证预测，包括复杂载荷试验、风洞试验、极端环境试验等。四是数据与模型的混合建模与仿真，将基于物理模型的数据与人工智能相结合，用于支撑航空航天系统的设计、认证和预测性维护。五是高性能仪器与传感器的设计，研发航空专用仪器和传感器，提升数据处理能力。六是材料、零件、结构工程，进行新型复合材料的工艺方法研究、材料性能的实验验证、结构设计优化。七是航空航天系统的设计方法，包括开发多学科建模方法与工具、决策支持工具、面向“智能”系统的人机交互设计以及动态环境分析方法等。

# 从“点对点”到“轮辐式” ——中国天空的下一场革命

文 | 周恒 编辑 | 林喆

当越来越多的航班挤在少数几条热门航线上，当大型机场不堪重负而支线机场却门可罗雀时，中国航空运输业增长的辉煌之下，一场深刻的效率危机正在酝酿。主流的“点对点”直飞模式是否已触及增长的天花板，是否能够承载未来数倍于现在的天空流量？中国的天空正呼唤一场从“线”到“网”的底层逻辑革命——这不

再是简单的航线拓展，而是一场关乎资源分配、运行效率与民机产业发展的航空运输体系的竞争。

本文通过梳理航线网络的发展现状和演变历程，对比中美航线网络的差异化发展，深入剖析差异原因，探索支撑我国航空运输业高质量发展的航线网络变革方向，并提出发展建议。

▼ 华思清 摄



## 中美航线网络发展现状分析

全球首个定期航线起始于 1914 年美国首次开通的坦帕到圣彼得斯堡的定期航班。在民航发展初期，由于乘客出行需求和航空器运输能力等方面的原因，航线都是点对点的模式。直到上世纪七八十年代，随着新一代民用飞机的出现，以及航空管制的放松，大型航空公司开始主导航线网络向轮辐式结构转变，以扩大航线网络覆盖范围，降低运营成本。到二十一世纪，随着民机技术的进步，民用飞机的航程和座位数不断提高，市场需求快速增长促使航线网络不断加密，低成本航司冲击了原有全服务航司搭建的以枢纽为中心的航线网络，点对点的航线大幅出现。

首先是美国航线网络层级减少，形成多中心轮辐式网络结构。自 1978 年美国出台《航空放松管制法案》后，在大型航空公司的推动下，美国航线网络演变为哑铃型的轮辐式三级航空网络，并呈现地区性特征，每个支线机场通常只与 1 个枢纽机场连接，乘客出行通常需要到枢纽机场或干线机场进行中转。不同的枢纽通常意味着不同的航空公司网络，各航空公司网络间形成激烈竞争。

到二十一世纪，与全球航线网络变化类似，美国航线网络枢纽辐射的范围不断扩大，枢纽的地区性特征减弱，不同枢纽网络航线范围开始交叉，干线机场作为枢纽与支线之间的桥梁作用减弱，航线网络的层级减少，但并没有完全转变为点对点模式，而是呈现了多中心的特征。每个支线机场连接的枢纽数量变多，乘客出行通常只需要选择 1 个最优的枢纽机场进行 1 次转机即可到达目的地。

而中国的航线网络则是打破区域垄断，呈现“点对点”的发展趋势。上世纪八九十年代，中国民航各航司（国航、南航、东航、北航、西北航、西南航等）都是基于原地区管理局的航空运输企业，以其所在基地为中心设置航线，各航司的势力范围尚未打破，难以在其他区域设置基地开展航空业务，航线拓展通常采用经停的方式，航线网络呈现轮辐式特征。

2002 年国务院出台《民航体系改革方案》，民航各省、区、市管理局实行政企分开，民航实现了组织结构层面的全面市场化改革。航空公司整合后，打破区域垄断，开始多点开设基地。随着市场需求不断扩大，中国航线网络快速加密，各类机场的连接数量均大幅增加，旅客对出行

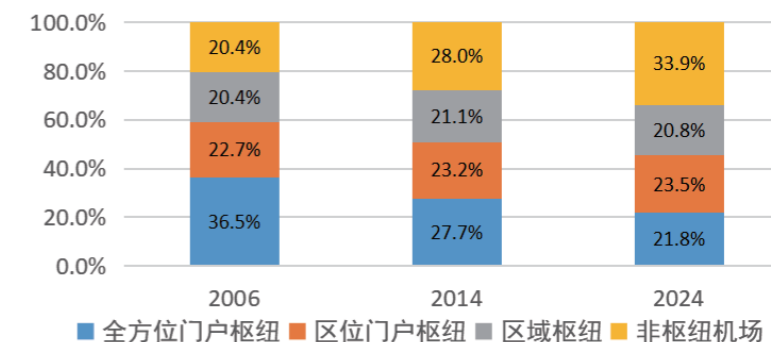
的要求不断提高，希望直达目的地，使航线网络的层级变得模糊，逐渐发展为复杂的点对点模式。

## 中美航线网络差异化发展分析

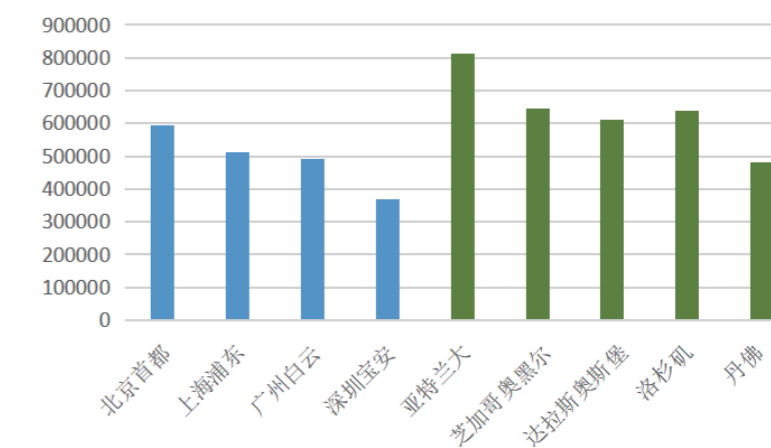
一是中国机场呈逆枢纽化发展趋势。中国枢纽机场市场份额持续下滑，运力集中度较低。根据民航局对中国枢纽机场的类型划分，从近二十年中国机场年吞吐量结构看，全方位门户枢纽机场吞吐量占比下滑明显，从 2006 年的约 80% 下降至 2024 年的 66%，而非枢纽机场吞吐量占比从 20% 增长至 34%，反映出中国民航运输机场呈现逆枢纽化的发展趋势，不利于运力向枢纽集中，无法支撑轮辐式航线网络的构建。

中国枢纽机场的资源竞争愈加激烈，不利于主基地航司构建轮辐式中转网络。从中国吞吐量最大的枢纽机场上海浦东国际机场来看，该机场起降的航司数量从 2015 年的 79 家增长到 2024 年的 89 家，国内航线目标城市从 2015 年的 100 个扩大到 2024 年的 157 个，反映出浦东国际机场主基地航司正面临激烈的市场竞争。虽然新进入的航空公司没有在主基地航司的核心优势航线上开展正面竞争，而是更倾向于开辟增量市场，但对跑道、空域、登机口、地面服务等机场资源的争夺不可避免，可能引发航班延误和服务质量下降。枢纽机场的资源争夺不利于主基地航司设置高效的中转航线网络。

二是中国枢纽机场的中转能力明显弱于美国，无法支撑起降密度更大的轮辐式航线网络形成。2019 年中国主要枢纽机场的吞吐量略高于美国机场，但中国机场的平均起降架次仅为美国机场的 77.2%，中国机场单次起降载客量平均为 152 人，远高于美国机场的 92 人，反映出中国主要

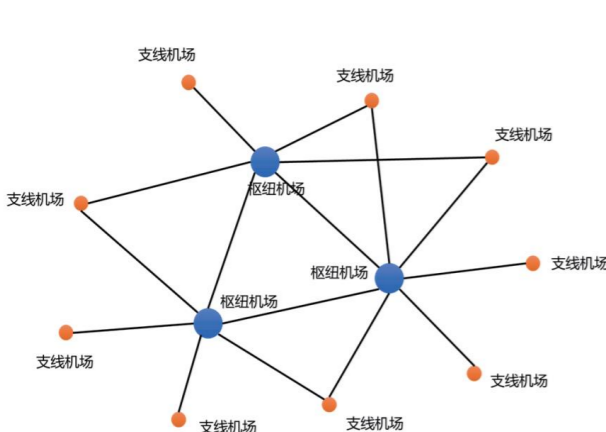


▲ 图 3 | 中国民航运输机场吞吐量占比变化

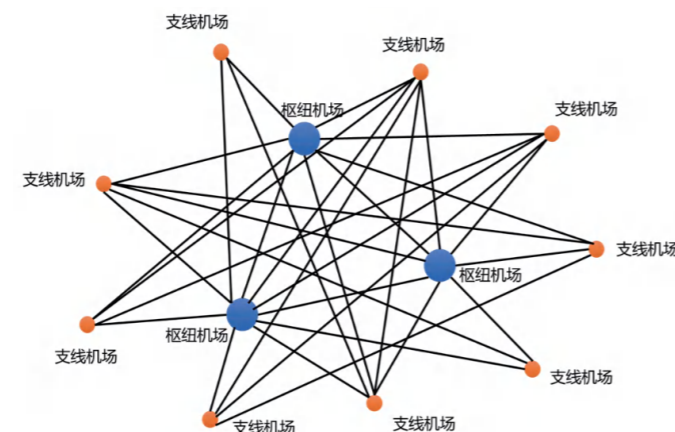


▲ 图 4 | 2019 年中美主要枢纽机场起降架次对比（次）

▼ 图 1 | 美国多中心轮辐式航线网络结构



▼ 图 2 | 中国点对点航线网络结构



枢纽机场的起降能力明显弱于美国。轮辐式航线网络需要引入更多的窄体客机和支线客机，航班密度将大幅提升，目前中国枢纽机场的起降能力不足以支撑轮辐式航线网络的形成。

中国枢纽机场主基地航司掌控力较弱，难以建立高效的中转能力。2024 年，浦东国际机场和亚特兰大机场的旅客吞吐量相差 1000 万人次，但在浦东国际机场开通航线的航空公司数量是亚特兰大机场的三倍多，并且主基地航司市场份额远低于亚特兰大机场，国内航线份额也小于亚特兰大机场，反映出中国的航空市场结构碎片化严重，主基地航司并没有形成垄断，中转能力较弱。而达美在亚特兰大拥有最好的登机口、专属候机楼、维修设施和最

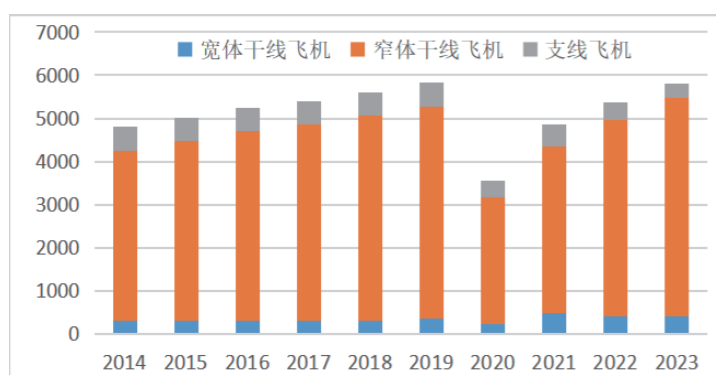
优质的起降时刻，建立了强大的护城河，推动亚特兰大机场成为专注于高效国内中转的超级枢纽机场。

三是中国枢纽机场国内航线的宽体客机运力占比明显高于美国。较高的国内航线宽体客机占比不利于轮辐式航线网络的形成。由于中国主要枢纽机场的时刻资源紧张，为了提高载运能力，中国航司不

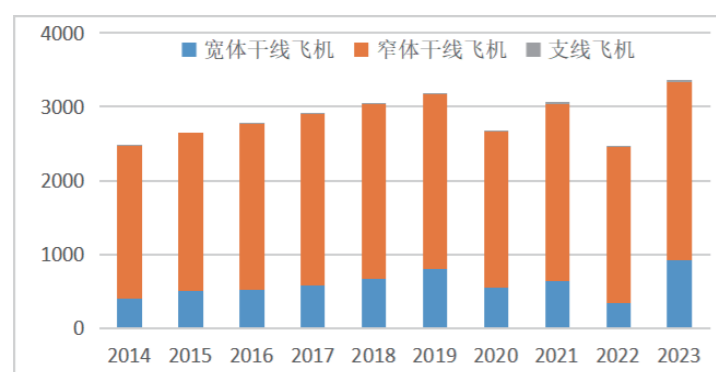
▼ 表 1 | 中美最大机场对比

	上海浦东机场	亚特兰大机场
吞吐量 (万人次)	7679	8781
起降架次	493513	764565
开通航线的航空公司数量 (条)	89	26
国内航线目标城市数量 (个)	157	151
主基地航司份额	东方航空, 30%	达美航空, 77%
国内航线份额	64%	89%

▼ 图 5 | 美国主要枢纽机场国内航线运力机型结构 (亿座公里)



▼ 图 6 | 中国主要枢纽机场国内航线运力机型结构 (亿座公里)



得不在中短程国内航线使用座位数更大的宽体客机。从近十年数据看，中国主要枢纽机场的国内航线宽体客机运力占比高达 20.5%，远高于美国的 6.7%。宽体客机运营国内航线相比窄体客机需要更长的过站时间，对跑道也有更高的要求，因此较高的国内航线宽体客机占比将降低机场的运转效率，不利于国内航班的高频次起降，也不利于轮辐式航线网络的形成。

## 探索航线网络变革方向

当前，我国航空运输业正从高速增长阶段转向高质量发展阶段。面对机场地面与空域资源日趋紧张、航线网络结构不均衡、整体运营效率有待提升等核心挑战，探索支撑我国航空运输业高质量发展的航线网络变革方向，关键在于推动航线结构从当前的“点对点”散点布局向集约高效的“轮辐式”网络转型，这一转变是破解行业结构性矛盾、实现内涵式增长的必然要求。

首先，轮辐式网络是提升行业效率和盈利能力的核心引擎。当前“点对点”的航线结构，直接导致了运力分配的错配，宽体客机被大量投放于国内中短程航线，而高效率的支线客机却几近绝迹，这种“大飞机飞小航线”的模式，造成了燃油效率低、运营成本高、航班周转慢等结构性问题。相比之下，窄体与支线客机在中短程航线上拥有无可比拟的燃油经济性、成本优势和机场适应性。通过发展轮辐式网络，可以将宽体客机资源从不经济的国内航线上释放出来，转向国际远程航线。同时，以窄体客机密集连接主要枢纽，以支线客机作为“毛细血管”深入三四线市场，汇聚客流，这将实现运力与市场需求的精准匹配，系统性降低运营成本，并通过提升航班客座率与周转率，直接夯实航空公司

的盈利能力。

其次，轮辐式网络为国产大飞机事业创造了不可或缺的战略机遇。航线网络的转型要求机队结构进行与之配套的梯次化、合理化调整。当宽体客机重心转向国际航线，会在国内市场留下巨大的运力缺口，需要大量窄体客机来填补以实现高班次、高密度的运营。同时，被轮辐式网络激活的支线市场需要支线客机承担起客流汇集功能。轮辐式网络构建的机型梯队需求，为国产 C919、C909 客机提供了规模化、商业化应用的空间。航线网络与机队的协同演进将牵引国产飞机从“造得出”迈向“用得好”，最终在中国自己构建的航空生态体系中实现商业成功与技术迭代的良性循环。

综上所述，向轮辐式航线网络的变革，既能通过对运力结构的优化直接提升行业的效率与盈利水平，又能通过定义清晰的机型需求，为国产干支线飞机创造并锁定广阔的市场空间，这一路径是支撑中国从“航空运输大国”迈向“航空运输强国”、实现高质量发展的战略基石。

## 构建轮辐式网络的建议

推动中国航线网络向轮辐式结构演变，可以从以下几个方面着手。

推动航线资源向核心枢纽机场集聚，优化航线规划与时刻分配机制。中国民航局应在宏观层面统筹航线资源配置，在航线规划上，应引导干线航班和高密度航线向北京、上海、广州等枢纽机场集中，提升其航线覆盖度与中转衔接能力。在时刻分配上，应建立与航线网络优化目标相匹配的动态管理机制，对枢纽中转航班实行优先保障，对重复性、低效率的点对点航线进行结构性调整。同时，完善枢纽机场航班波次协调制度，鼓励航空公司通过集

中时刻形成高效中转波次，提升枢纽运作效率。

优化全国机场体系布局，形成层级分明的航线网络结构。2024 年，民航局联合国家发展和改革委员会发布《关于推进国际航空枢纽建设的指导意见》，进一步明确“3+7+N”国际航空枢纽功能体系建设，将推动国内枢纽机场国际航班的合理化分配，并凸显北上广“3”大全方位复合型门户枢纽机场的国际中转地位。通过在国家层面统筹枢纽与支线机场的功能分工，推动航空交通流量的分级分流，形成覆盖全国、层次清晰、运力匹配的轮辐式航线网络结构。

推动枢纽机场与主基地航司协同发展，增强中转枢纽功能。鼓励大型航司与枢纽机场建立战略联盟，共同进行航班波次设计、时刻协调与地面资源共享。机场在航站楼布局、登机口调度、滑行道设计等方面应为主基地航司提供定制化支持，形成高效的“航司—枢纽机场”合作模式。通过优化航班波次结构与地面中转衔接，提升旅客中转效率和整体运行时效。

鼓励航空公司开通支线航线，打通轮辐式航线网络的“毛细血管”。通过航线补贴、运力引导、时刻激励等方式，鼓励航空公司开通支线机场至枢纽机场的航线，推动支线航空与干线航空实现无缝衔接，完善行李直挂、航班联程、票务互认等服务机制，充分发挥支线航线的“毛细血管”作用，提升枢纽机场的通达性与客流集聚能力。通过干支协同运行，既能提升全国航线网络的整体连通性，也能促进中小机场的可持续发展与区域经济活力。

航空运输



▲ 来源: worldaviationfestival.com

# 空铁迭代： 2028 中国民航客运的世纪登顶

文 | 赵巍 编辑 | 林喆

在中国交通现代化建设的宏大进程中，以运输结构优化为核心的深刻变革正深度演进，客运市场格局的重构已成为行业发展的核心主线。本文基于对我国历年客运周转量数据的追踪分析，对行业未来发展趋势作出预判：2028年，中国民航旅客周转量将实现对铁路的历史性超越，正式跻身客运领域核心战略力量。这一突破不是单纯的数值更迭，而是国民出行模式升级、区域经济地理格局重塑与国家综合交通战略落地的集中体现。本文将穿透

数据表象，系统剖析民航业崛起的内在驱动逻辑与核心竞争优势，全面展望以天空维度定义出行效率、多式联运协同发展的新时代交通发展图景。

## 铁轨时代的辉煌与天空序曲

21世纪的前二十年，中国高铁网络以震惊世界的建设速度与规模扩张，构建起覆盖全国主要城市群、经济圈的钢铁动脉网络，实现了从四纵四横到八纵八横骨

干框架的跨越式发展。在此背景下，铁路运输（尤其是以高速铁路为核心）凭借其安全可控、准点率高、受天气影响小、大运力高效等核心优势，长期主导国内中长途客运市场，成为国民跨区域出行的首选方式之一。回溯2015年这一关键时间节点，国家统计局发布的统计数据清晰勾勒出当时多元化客运市场的竞争格局。见下图1。

其中，公路以38.74%的份额居于首位，在短途城际、县域乡村及偏远地区出行场景中承担关键功能，是保障出行通达性的基础载体；铁路以37.95%的市场份额略低于公路，凭借覆盖广、班次密的网络优势，成为当时客运市场的绝对主导力量，其客群覆盖了从商务出行到大众旅游的广泛群体；民航市场的份额为23.07%，虽然已经成为高端商务出行、长途跨区出行的核心载体，但受限于机场覆盖范围、票价门槛等因素，整体规模仍然较低；水运的份额仅为0.23%，主要集中在沿江、沿海地区的短途接驳及特色旅游航线，仅服务于特定的细分出行场景。

2015年，民航相对铁路的旅客周转量比值仅为0.607，民航运输体量不足铁路的三分之二，两者存在显著差距。铁路依托其深入县域网络覆盖深度与大规模集中运输的规模效应，确立了当时国民快速出行的行业基准。而民航则处于蓄力发展阶段，通过持续完善枢纽机场布局、更新机队提升运力、优化航线网络结构，在长途运输领域持续积蓄改写市场格局的核心动能，为后续跨越式发展奠定基础。

## 格局之变 ——此消彼长的十年博弈

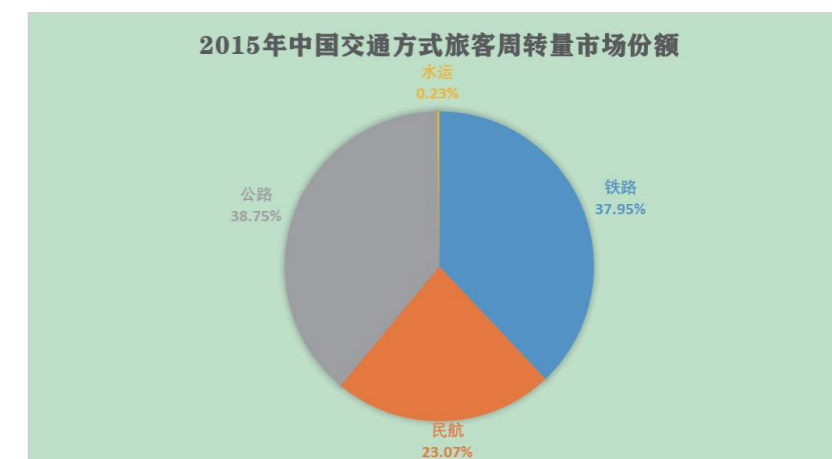
2015至2025年的十年间，是中国交通体系结构经历剧烈调整与深度优化的

关键周期。这一时期，国民经济持续稳步增长、城镇化进程加速推进、居民消费能力显著提升，多重因素共同驱动客运市场需求结构发生根本性变化。变革的核心并非单一交通方式的孤立升级，而是各种运输方式围绕效率优先级与距离适配性展开的市场份额动态重构，形成了公路份额收缩、铁路与民航份额协同增长的差异化发展态势。

此阶段最显著的市场变化，集中体现为公路客运份额的断崖式下滑：其市场占比从2015年的38.74%骤降至2025年的14.24%，降幅超24个百分点，下滑幅度远超同期其他运输方式。公路客运因为长途运输效率低、安全性相对较弱、舒适度不足等固有短板，在中长途出行市场逐步丧失竞争力，大量客源向铁路与民航转移。公路客运释放的这一巨大市场空间，自然成为铁路与民航客运两大优势运输方式争夺的核心增量空间，推动两者进入份额快速提升的发展通道。

在客运市场份额的激烈争夺中，民航凭借其在长途运输领域的独特优势，展现出远超铁路的增长活力：其市场份额从2015年的23.07%持续攀升至2025年的38.99%，增幅近16个百分点，年均增长

▼ 图1 | 2015年中国旅客周转量市场份额图



率超 1.5 个百分点，增速显著高于同期铁路客运 0.8 个百分点的年均增幅。这一增长态势不仅体现了民航业的快速发展，更反映出国民出行需求向长途化、高效化转型的核心趋势，为民航后续实现对铁路的超越积累了充足势能。

趋势图清晰显示，铁路客运份额在 2023 年触及 51.48% 的峰值后逐步回落，而民航客运份额则呈现出近乎线性的陡峭上升态势，两者在 2024 年后形成鲜明的剪刀差走势，预示着市场格局即将发生根本性逆转。民航客运的核心竞争力，源于长途运输场景下的距离与效率的乘数效应。数据显示，2025 年民航平均运输距离超 1800 公里，约为铁路平均运输距离（350 公里左右）的 5 倍，其中超 2000 公里的长途航线周转量占比达 65% 以上。旅客周转量作为衡量运输行业贡献度的核心指标，核算逻辑是运量 × 距离，天然赋予了民航在长途运输领域的权重优势，使得同等运量下民航的周转量贡献远高于铁路。

当国民出行半径从传统的百公里级的县域和市域出行向千公里级的省域和跨区域出行跨越时，民航的效率优势呈指数级放大。以北京—广州（约 2200 公里）、上海—成都（约 1900 公里）等典型超长

途航线为例，民航单程运输时间仅需 3~4 小时，而高铁单程时间则需 8~10 小时。此类超长途航线的出行需求持续增长，不仅为民航带来了稳定客源，更持续为民航周转量增长提供了重要支撑，成为推动民航份额提升的核心动力。

此阶段，铁路客运虽然实现了市场份额的稳步增长，但深入分析可知，其增量主要源于对公路客运中短途份额的承接，在与民航客运的直接竞争中，尤其是在 800 公里以上的中长途市场，其份额在触及天花板后便逐步显现承压态势。这充分表明，在 800~1500 公里及以上的超长距离运输市场，民航凭借不可替代的时间效率优势，已形成坚实的竞争壁垒，铁路即使通过提速、加密班次等方式，也难以弥补两者在长途运输中的效率差距，客源向民航转移的趋势逐步显现。

截至 2025 年末，民航相对铁路的旅客周转量比值已达到 0.817，民航运输体量已接近铁路的 82%，两者之间的差距大幅缩小。十年发展周期中的厚积薄发，不仅让民航在运力规模、网络覆盖、服务质量等方面实现了跨越式提升，更培养了国民的航空出行习惯，为民航最终实现对铁路的历史性超越奠定了坚实的市场基础、运力基础与客群基础。

## 临界点 ——2028，天空之王的加冕时刻

结合 2015~2025 年的行业发展趋势、各运输方式的竞争态势以及宏观经济与出行需求的变化规律，多重趋势叠加表明中国客运市场将迎来格局变革。基于历年旅客周转量、运量、航线网络等核心数据构建的时间序列预测模型，通过线性外推与周期性波动修正分析，可以得出结论：2028 年将成为中国交通

月度对比	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年
1月	67.00%	65.38%	65.59%	83.75%	78.61%	77.48%	79.87%	65.66%	62.17%	82.20%	82.56%
2月	56.12%	53.69%	58.48%	66.04%	70.50%	87.58%	68.25%	63.29%	62.96%	69.33%	76.62%
3月	52.87%	67.79%	79.17%	72.32%	85.48%	72.59%	76.38%	60.85%	70.07%	87.99%	95.09%
4月	60.38%	66.90%	70.26%	76.34%	80.47%	56.79%	73.61%	60.06%	66.14%	76.23%	83.50%
5月	61.66%	68.75%	72.00%	80.92%	82.44%	66.63%	69.86%	57.05%	69.53%	79.86%	82.74%
6月	60.98%	65.94%	72.91%	77.04%	80.55%	76.61%	69.01%	55.11%	72.72%	81.69%	84.60%
7月	52.15%	58.02%	60.10%	63.88%	67.75%	75.34%	58.25%	56.41%	60.86%	73.67%	73.94%
8月	54.37%	58.91%	59.82%	62.84%	65.65%	71.57%	56.25%	54.27%	61.26%	68.96%	71.57%
9月	59.82%	67.20%	72.75%	75.35%	82.79%	76.69%	64.00%	52.09%	73.46%	87.46%	93.27%
10月	63.93%	70.22%	74.23%	77.75%	81.41%	74.03%	65.86%	55.21%	74.68%	86.64%	86.57%
11月	73.41%	82.22%	88.56%	92.61%	95.93%	89.29%	67.92%	72.38%	86.90%	102.22%	104.68%
12月	80.96%	87.30%	92.95%	97.39%	102.48%	89.58%	74.83%	76.90%	92.77%	108.28%	110.00%

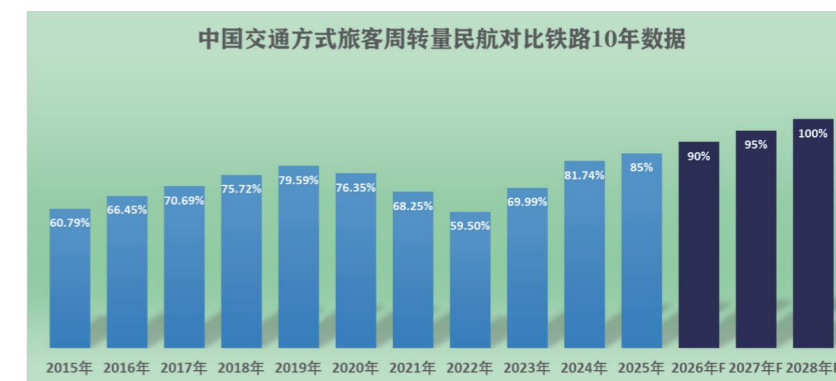
▲ 2015年~2025年中国民航旅客周转量和铁路周转量10月对比统计

发展史上的标志性节点，民航将在这一年实现对铁路的历史性超越。

上表是 2015 年到 2025 年中国民航旅客周转量和铁路周转量月度对比统计。2019 年 12 月，民航旅客周转量第一次超越铁路；2024 年 11 月和 12 月，民航旅客周转量连续两月领先铁路，2025 年最后两个月，民航旅客周转量继续领先铁路，领先幅度继续加大。

通过追踪民航与铁路旅客周转量比值这一核心指标，年度数据序列中的趋势线明确指向 2028 年这一关键节点：2026 年比值预计达到 0.90，较 2025 年提升 0.083 个百分点，民航与铁路的差距进一步缩小；2027 年比值预计升至 0.95，差距缩小至 0.05 个百分点，进入超越前的最后冲刺阶段；2028 年，随着民航运力持续投放、国际航线全面复苏以及长途出行需求进一步增长，比值将正式突破 1 这一关键阈值。

这个数值，不仅是民航与铁路在旅客周转量上实现平衡的象征，更是中国客运市场格局重构的核心信号。其核心内涵在于，在衡量客运行业核心实力与贡献度的关键指标——旅客周转量上，中国民航将首次与铁路实现持平，并凭借其在长途市场更强的增长惯性、更广阔的发展空间，实现历史性反超，正式确立在客运市场的



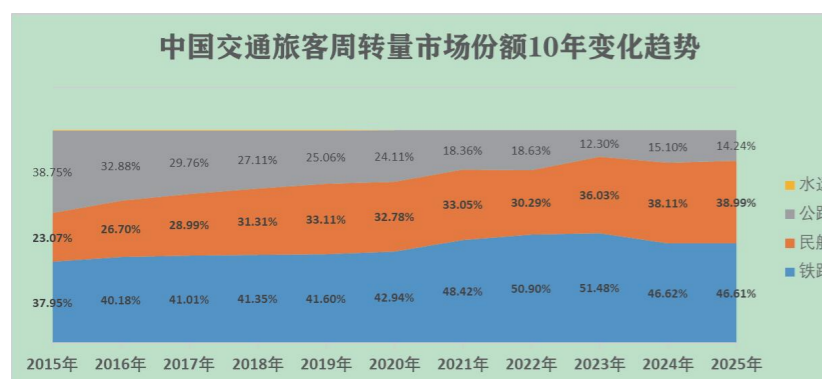
▲ 图3 | 2015~2028年民航/铁路旅客周转量比值预测曲线图

核心地位。

预测曲线以昂扬的上升态势顺利穿越 1.00 横轴，清晰标注出 2028 年作为民航超越铁路的核心临界点。曲线的斜率变化同时表明，2028 年后民航的增长势头将持续优于铁路，两者的比值将进一步扩大，市场格局的逆转将呈现不可逆的趋势，标志着中国客运市场正式进入天空主导的新时代。

民航实现对铁路的历史性超越后，国内客运市场份额将迎来根本性重构，形成全新的竞争格局：民航预计将占据 45%~50% 的市场份额，凭借在长途、跨境出行领域的绝对优势，跃升为中国客运体系的绝对核心力量；铁路份额或将回落至 40%~45% 的区间，虽然仍将稳居中短途及区域运输网络的主导地位，是都

▼ 图2 | 2015~2025年铁路与民航市场份额此消彼长趋势线图



市圈、城市群通勤出行的核心载体，但长期占据的行业主导地位将正式发生更迭。

这一格局将开启民航和铁路双雄并立、优势互补的全新客运发展阶段。与铁路相比，民航将凭借在长途、跨境出行领域的绝对统治力，以及对高端客群的强吸引力，占据行业战略制高点。同时，两者在中短途市场形成差异化竞争，共同推动中国客运体系向更高效、更优质的方向发展。

## 超越之后

### ——新时代的挑战与多元机遇

民航跻身客运的核心地位，不是中国交通变革进程的终点，而是更宏大的综合交通发展篇章的开端。这一历史性转折将引发行业发展、区域经济、国家战略等多个层面的连锁反应，不仅对民航、铁路等运输行业的发展路径产生深远影响，更将为国家对外开放、产业升级提供重要支

撑，同时也将提出一系列全新的发展课题与挑战，需要各相关主体协同应对。

其一，基础设施承载压力全面凸显。随着客流量的持续激增，现有空域资源紧张、大型枢纽机场保障能力接近饱和、中小机场通达性不足等问题将进一步加剧，对空域资源的精细化配置、大型枢纽机场的扩容升级、支线机场的配套完善提出空前挑战。因此，深化空域管理体制改革、推进机场群协同规划建设、完善机场集疏运体系，成为民航业应对增长压力的首要攻坚任务。

其二，国际旅行持续扩大带来新的发展课题与机遇。随着全球经济复苏、中国对外开放深度拓展及国民消费能力提升，出境旅游、跨境商务等国际出行需求将持续扩大，推动民航国际航线网络不断加密、覆盖范围持续延伸。这要求民航业进一步强化国际枢纽机场的中转功能，优化出入境通关流程，提升多语言服务能力与国际航班保障水平，同时加强与国际航

空联盟及海外航司的合作，在满足大众国际出行需求的同时，提升中国民航在全球航空网络中的话语权与竞争力。

其三，服务能力需实现系统性升级。随着民航客群从高端精英向大众普惠扩展，旅客对出行服务的多元化、个性化需求显著提升，民航业需要在票价灵活性、票务服务便捷性、机场候机体验、航班准点率保障等核心维度进行全面优化，构建覆盖全客群的品质化服务体系，实现从高端专属服务向品质化大众服务的战略转型。

其四，可持续发展成为必然要求。在“双碳”战略背景下，航空业的碳排放问题将日益凸显，成为制约行业长期发展的重要因素。因此，大力发展可持续航空燃料（SAF）、优化航路规划减少无效飞行、引进高效节能机队、推进机场绿色化改造，是民航实现绿色崛起、践行可持续发展理念的必由之路。

国家战略层面，民航的崛起将显著增强中国与全球的经济联通效能，进一步提升中国在全球交通网络中的枢纽地位，为更高水平对外开放提供硬核交通支撑。同时，民航业的发展将带动高端航空制造、航空物流、现代航空服务等关联产业的升级发展，形成千亿级产业集群，为国民经济增长注入新动力。在区域发展层面，枢纽机场将成为区域经济发展的核心引擎，带动临空经济区建设，促进人才、资本、技术等优质资源向机场周边集聚，优化区域经济布局。国民生活层面，旅客将获得前所未有的多元化出行选择权，跨省中短途出行优选高铁、跨省长距离及跨境出行首选飞机将逐步成为生活常态。一个以速度定义时间、以距离拓展选择、以品质提升体验的全国一日生活圈与全球一日通达圈正在加速形成，深刻改变国民的生活方式与发展机遇。



▲ 华思清 摄

## 飞向未来的交通新纪元

2028年，当中国民航旅客周转量最终超越铁路的那一刻，不仅仅是统计报表上的数值更迭，更是中国交通发展阶段演进的重要节点，是国家综合国力提升、产业升级、民生改善的集中体现，它标志着以速度和空间为核心坐标的交通新纪元已然到来。

这场天穹之上的历史性超越，是中国综合国力持续提升、经济结构深度转型、人民对美好生活向往不断升级的必然结果。在未来的中国发展版图上，流动的不仅是人与物，更是跨越时空的梦想、互联互通的机遇与民族迈向伟大复兴的磅礴力量。天空，已不再是遥远的天际线，而是新时代中国发展的全新坐标与极限探索方向，将引领中国交通事业在更高质量、更可持续的发展道路上不断前行。

▼ 徐炳南 摄





本图由 AI 生成。

# AI 赋能与动态能力构建

## ——中小型航司打造相对竞争优势的思考与探索

文 | 张建恩 彭强      编辑 | 林喆

日前，中国民航局出台《关于推动“人工智能+民航”高质量发展的实施意见》，明确规划了“人工智能+民航”的发展路径：2027年，AI在关键领域取得实质性进展。2030年，AI成为行业发展的核心驱动力。这一顶层设计将AI从“可选的辅助技术”提升为“不可或缺的发展基石”。

当前，航空市场竞争白热化且充满不确定性，中小航司的生存发展面临严峻挑战。动态能力理论指出，企业的长期优

势源于整合、构建和重组内外部资源以适应环境快速变化的能力。本文以此框架探讨AI如何赋能中小航司构建动态能力，形成相对竞争优势。

### 动态能力的赋能器

中小航司应用AI的驱动力源于市场需求与自身发展的双重推动。

首先，环境的不确定性要求中小航

司提高动态响应能力。燃油价格波动、地缘政治事件、突发公共卫生事件等因素持续考验航空业韧性，中小航司抗风险能力弱，亟需提升应对波动的敏捷性。

其次，市场竞争的压力倒逼中小航司积极创新。大型航司凭借规模优势在收益管理、机队规划等领域建立壁垒，中小航司需借助AI实现差异化竞争。例如，通过智能排班、燃油优化等应用重构运营流程。

再次，技术的发展降低了动态能力的构建门槛。云计算和开源AI工具使中小航司能以按需付费的模式快速获取算力与算法。AI技术将海量运营数据转化为感知市场趋势、支持决策的核心手段，帮助航司精准洞察客户需求与市场变化。

目前来看，中小航司在AI应用上具有鲜明的两面性。资源短板方面：资金约束使其难以承担高昂的前期投入或大型定制化项目；数据基础薄弱，航线网络和航班量较少导致训练数据样本有限；技术人才匮乏，难以与互联网巨头或大型航司竞争顶尖人才；组织弹性不足，部门壁垒和员工的抵触心理增加了变革管理难度。

但中小航司亦具备敏捷优势：决策机制灵活，管理层级少，可快速批准资源投入；试错成本较低，可在单一航线或部分机队进行小范围AI试点；业务聚焦，能集中资源解决核心痛点，如收益管理与成本控制等。

AI作为“效能放大器”与“智能决策中心”，能有效地通过提升动态能力维度构建竞争优势。在运营韧性方面，预测性维修通过分析飞机传感器数据提前预警故障，将非计划性维修转为计划内维护。在不正常航班处置中，AI可以快速生成最优调整方案，减少突发情况损失。在商业敏捷性方面，可以通过AI进行航线网络规划，提升航司感知市场机会并构建新

优先级	场景举例	选择理由
高 (快速见效)	动态定价与收益管理、智能客服(基础问答)、预测性维护(基于成熟平台)、燃油效率优化。	价值高(直接创收或降本)、难度较低(有成熟的SaaS解决方案或行业案例)、见效快(6至12个月)。
中 (重点突破)	个性化营销、航线网络规划辅助、机组智能排班、舆情监控与危机预警。	价值高(提升竞争力)、难度较高(需要进行数据整合或定制开发)、见效较快(1至2年)。
低 (长远布局)	全机队AI统一调度、自主研发大模型、完全自主的AI飞行安全系统。	价值潜力大但难度高(远超中小航司当前能力)、见效慢(战略技术储备)。

▲ 表1|中小航司AI应用场景优先级评估矩阵

资源的能力。在客户关系层面，AI可以提供全流程个性化服务并实时感知旅客情绪，提升旅客的出行体验。

### AI 场景选择框架

鉴于资源有限，中小航司不可能在所有场景同步推进AI应用。因此，建立科学的优先级评估框架，确保将资源投入到“刀刃”上至关重要。建议从三个维度进行评估：

**价值维度：**评估场景对提升动态能力（感知、决策、响应）的贡献度，以及对核心业务指标（收入、成本、客户满意度）的提升潜力。

**实施难度：**评估数据可获得性与质量、技术复杂度、所需投资规模及集成难度。

**见效速度：**评估项目从启动到产生可衡量价值的时间周期，快速见效有助于增强内部信心。

基于此框架，可构建优先级矩阵，将AI场景分类施策。

面对资源约束，中小航司应采取务实、渐进的技术路线，其核心是“小步快跑，积小胜为大胜”。

# 法兰克福机场携手汉莎航空 打造欧洲枢纽的实践意义

文 | 蒋星 编辑 | 林喆

公司名称	项目名称	技术	成效
国泰航空	预测性维护与燃油优化	AI 模型分析飞机传感器数据及航班调度	预测未来两周故障，减少停飞导致的航班延误。优化机型部署与燃油效率，单架飞机每年节省燃油 5 万欧元
东方航空	AI 数字人赋能核心业务	AI 数字人应用于采购管理、成本管控等场景	提升采购效率与合规性，入选 2025 年《AI 中国生态范式案例集》
春秋航空	空客 Skywise 预测平台	AI 分析历史数据，预测技术故障	国内首家引入该系统的航司，减少意外维修导致的延误
荷兰皇家航空	AI 客服 BlueBot	Facebook 聊天机器人	全天候处理值机、航班状态查询等任务
美国联合航空	生成式 AI 解释航班延误	AI 扫描系统生成延误原因，人工审核后发送	2024 年覆盖超 6000 个航班，提升信息透明度及客户满意度
法国航空	AI 燃油优化系统	SafetyLine 工具优化爬升阶段飞行曲线	爬升阶段节油 6%，单机每年节省 5 万欧元
北欧航空	AI 收益管理系统	与 Amadeus 合作开发实时需求预测模型	需求预测准确率提升 33%，优化航线定价策略

▲ 表 2 | AI 应用案例及其动态能力体现

一是走“轻量级”技术路径。优先采用 SaaS(软件即服务)模式提供 AI 服务，直接订阅成熟的 AI 应用（如云端的收益管理、智能客服系统等），避免大量的硬件投入和运维成本，按需付费，快速上线。

聚焦行业通用模型，根据自身业务进行微调。利用航空业已有的模型，使用自身业务数据进行微调，以较低成本获得贴合业务的 AI 能力。

合作共建，采用“业务主导、技术外包”模式，与专注航空领域的科技公司成立联合项目组，共同开发适合的解决方案。

二是采用分阶段推进策略。

第一阶段（起步期，1 至 2 年），外购成熟解决方案，主攻“高优先级”场景，核心目标是快速验证 AI 价值，积累数据和经验。

第二阶段（发展期，2 至 3 年），在已验证价值的领域，就“中优先级”场景进行定制化开发，逐步构建自身的数据治理能力。

第三阶段（成熟期，3 至 5 年），在对业务有战略意义且形成核心竞争力的环节，对关键 AI 模块进行自研或深度定制。

在选择技术平台和供应商时，必须

优先考虑开放 API（应用编程接口）和标准数据接口，确保不同系统间能够顺利集成。要避免被单一供应商锁定，保持未来切换或引入更优技术方案的可能性。

## 动态能力的实践印证

人工智能在民航领域的应用案例，清晰地展示了其在飞机维修、客户服务、商业运营等方面如何转化为企业的动态能力。

AI 在航司的成功应用，本质上是动态能力的制度化与流程化过程。其核心是建立一套能够持续产生和优化 AI 应用的机制。

展望未来，AI 将成为中小航司动态能力的核心引擎。竞争将不再是静态的资源规模比拼，而是基于 AI 的生态系统协同效率之争，即看谁能更快、更准地感知、决策与响应，从而形成非对称竞争优势，在特定航线和细分市场中占据先机。

法兰克福作为欧洲传统枢纽机场，虽然近年来吞吐量排名有所下降，但其对于欧洲市场的辐射能力依然极强，作为全球旅客进出欧洲的门户枢纽地位依旧稳固，而基地航空公司汉莎航空在其中发挥了重要作用。本文分析讨论了法兰克福机场携手汉莎航空打造欧洲枢纽的主要举措，以期使中国民航有所借鉴。

▼ 来源：www.fraport.com



## 基本情况

法兰克福美茵机场（FRA）是德国最大航空枢纽，2024年旅客吞吐量6156万人次，货运量205万吨，连续多年位居德国第一。其核心优势在于欧洲中心区位、顶级硬件设施及高效的物流网络支撑，拥有4条4000米级跑道，可保障A380等所有现役机型。

与全球各地区主要枢纽相比，虽然法兰克福机场吞吐量不算太高，但其通航点数量仍然处于全球前列，连通性仍首屈一指，枢纽竞争力极强。根据OAG数据，法兰克福机场通航点271个，仅次于土耳其伊斯坦布尔机场，而其国际通航点257个，在全球主要机场中名列前茅，特别是其通航欧洲147个航点，显示出对欧洲较强的辐射能力（详见下表）。

▼ 表1 | 全球主要机场通航点对比

机场	通航点				
	总量	国内	国际	其中洲际	基地航
首尔	149	2	147	47	大韩航空 85
迪拜	251	0	251	211	阿联酋航空 123
伊斯坦布尔	301	48	253	229	土耳其航空 260
法兰克福	271	14	257	110	汉莎航空 165
芝加哥	240	174	66	59	美联航 182
上海浦东	221	134	87	39	东上航 157
北京首都	200	123	77	45	国航 154
广州	189	128	61	29	南航 147

▼ 表2 | 法兰克福机场主要中转区域（2025年1~10月）

类型	旅客量	占比
欧洲互转	9414636	34%
欧洲北美互转	7931858	29%
欧洲亚洲互转	2922664	11%
欧洲拉美互转	1816662	7%
欧洲非洲互转	1745464	6%
合计	23831284	87%

与此同时，法兰克福机场中转比例高、能力强，充分体现了枢纽特征。2025年1~10月，法兰克福机场旅客吞吐量5500万左右，中转比例高达49%，中转人次超2700万。从中转区域看，法兰克福主要承担了欧洲和各个区域之间的中转业务，欧洲互转、欧洲北美互转、欧洲亚洲互转、欧洲拉美互转、欧洲非洲互转分别占比34%、29%、11%、7%、6%，合计87%，此外还少量开展其他大洲之间的跨洲中转，如北美与亚洲、北美与非洲之间，总体来说进一步体现了法兰克福机场作为欧洲门户的特征（详见表2）。

德国汉莎航空是德国的国家航空公司，按照载客量和机队规模计算，是欧洲最大的航空公司；按照旅客量计算，是全球第四大航空公司。其母公司德国汉莎航空集团旗下还包括奥地利航空、布鲁塞尔航空、探索航空、欧洲之翼航空、瑞士国际航空等子公司。汉莎航空目前以法兰克福、慕尼黑、柏林、杜塞尔多夫、维也纳、苏黎世等6个机场为运营枢纽。

## 主要举措

在枢纽建设过程中，需要枢纽机场与基地航空公司之间通力合作，而法兰克福机场与汉莎航空在此过程中开展了大量工作。

一是航线布局强化空空中转。从全球实践来看，基地航空公司在枢纽机场普遍积极打造航班波，通过航班波强化空空中转能力，汉莎航空在法兰克福机场亦采用该模式。但是，法兰克福机场实施宵禁，在23点至次日凌晨5点不能运营航班，在航班编制过程中造成一定影响。凌晨时段航班波对于国际中转意义重大，在此时段可以提供充分的时刻资源供基地航空公司打造航班波，且国际中转旅客对时间敏

感性不强，实际上在中东部分机场（如伊斯坦布尔、多哈）都依托凌晨时段构建了质量极高的航班波。

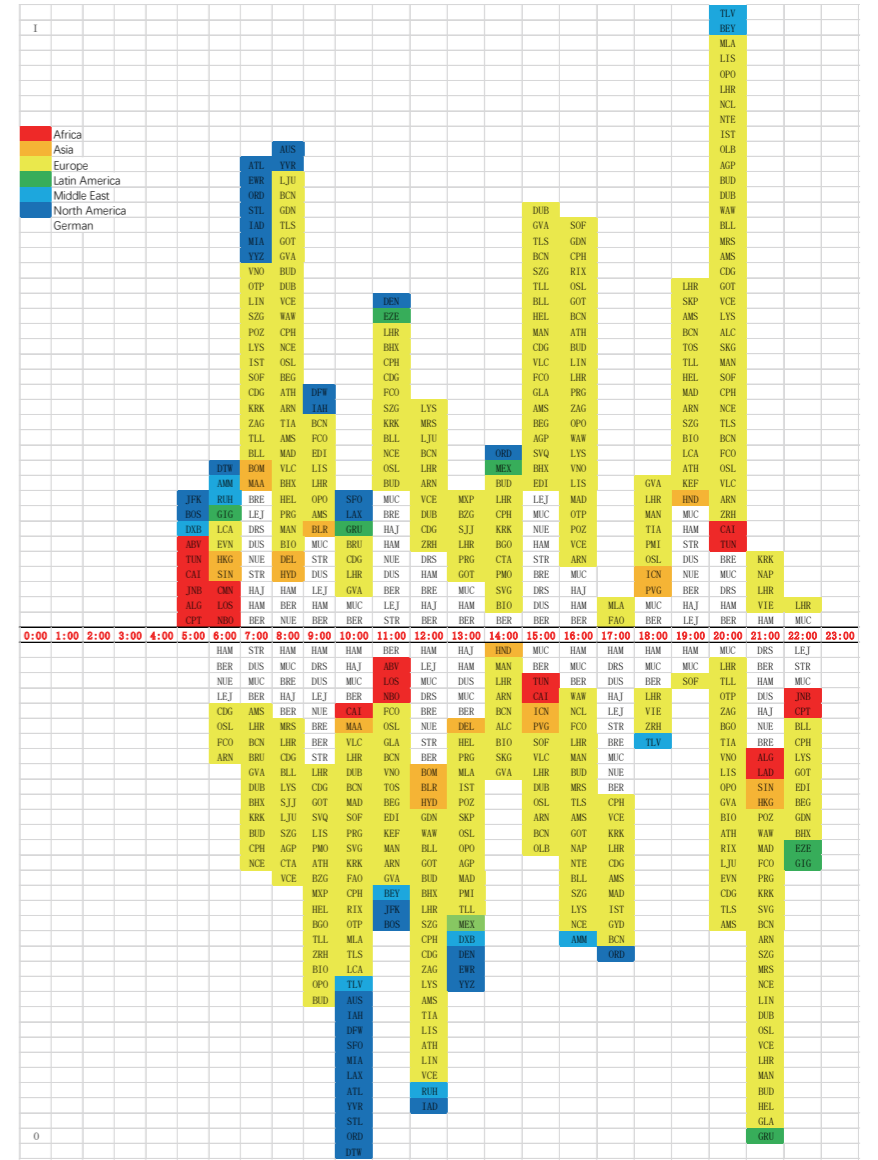
尽管汉莎航空在法兰克福只有18个小时的运营时间，但汉莎航空仍然充分利用这段时间有效构建了高质量的航班波。从下图可以清晰看出，汉莎航空构建了“四进四出”航班波：第一个波主要是非洲、亚洲、中东、北美转欧洲，以及欧洲互转；第二个波主要是欧洲转北美、非洲、中东、亚洲，以及欧洲互转；第三个波主要是欧洲互转；第四个波主要是欧洲转非洲、亚洲、拉美。

二是联盟合作深化枢纽地位。作为星空联盟创始成员之一，汉莎航空和其联盟伙伴在法兰克福的合作非常深，特别是同为星空联盟创始成员的美联航、加拿大航空，包括后来加入的中国国航，通过航空公司之间航线网络、票务合作，大量开展了以法兰克福为枢纽的中转业务。

从市场份额来看，汉莎航空（LH）及汉莎集团旗下探索航空（4Y）、多洛米蒂航空公司（EN）大量开展中转业务，中转旅客超过2100万人次，份额高达77%。此外，神鹰航空（DE）亦以法兰克福为枢纽开展了中转业务，旅客量达118万人次，份额占4%。美联航（UA）、加拿大航空（AC）、中国国航（CA）作为联盟伙伴，分别在法兰克福完成了178万、78万、37万中转旅客，占比11%，成为法兰克福枢纽建设的重要成员。但是需要说明的是，这些航空公司必须依靠汉莎航空航线网络，才得以开展中转业务。

三是空铁联运提升腹地辐射能力。汉莎航空通过和德国铁路的合作，推出空铁联运服务。该服务适用于德国国内各个火车站，包括城际火车、欧洲城际列车、城际特快专列等，从而辐射国内腹地。

流程方面，旅客抵达航站楼后可以



▲ 图1 | 汉莎航空航班波（法兰克福机场）

航司	旅客量	份额
LH	18290330	67%
4Y	2196108	8%
UA	1783930	7%
DE	1186980	4%
AC	778746	3%
EN	592778	2%
CA	374726	1%

▲ 表3 | 法兰克福机场主要中转航司（2025年1~10月）

快速走到火车站，这一点从设施设计方面就做了考虑，但是美中不足之处是需要提取行李，无法做到行李直挂。为了弥补这个问题，汉莎航空设置了专门的空铁联运行李提取处，为空铁联运旅客提供方便。

票价方面，空铁联运产品价格普遍较为便宜。以上海至科隆为例，汉莎航空空铁联运价格为 3570 元，而空空中转产品最便宜的是土耳其航空经伊斯坦布尔中转，售价也是 3500 元左右，但是除此之外其他航空公司的产品价格均在 4100 元以上。

时效方面，由于换乘十分便捷，而且火车车次较多，空铁联运产品和空空中转产品相比，总时长经常不相上下甚至更短。还是以上海至科隆航班为例，汉莎航空空铁联运产品最短时间为 16 小时 5 分钟，而空空中转时效最短的解决方案为土

耳其航空经伊斯坦布尔机场中转，总时长为 18 小时 30 分钟。而且，该空铁联运产品为旅客提供了调整的便利性，只要火车上有空座位，旅客可以在航班起飞或到达日期的当天、前后一天内使用，而不一定要按照预先选择的车次乘坐。

四是依靠中转服务提升旅客黏性。法兰克福机场的商业化水平全球出名，诸多进出欧洲的旅客都会在法兰克福机场购物。此外，值得一提的是，法兰克福机场推出机场游览活动，旅客可付费完成机场内体验游览，包括通过 AR 沉浸式体验机场作业，以及在航站楼旁观看飞机起飞、降落、地面服务操作、消防作业等。同时，法兰克福机场针对特定人群提供专项服务，例如由于中国旅客数量较大，法兰克福机场还专门推出中文官网，开设中文导购等方式引导中国旅客在机场消费。



▲ 徐炳南 摄

## 中国民航经验借鉴

第一，依托基地航空公司构建高质量航班波。航线网络是枢纽的根本，高质量航班波是开展枢纽中转的核心。目前，中国三大航在三大枢纽的航班结构已有航班波雏形，但洲际航班量少导致航班波规模不大。凌晨时刻资源较为充裕，是枢纽机场打造高质量航班波的绝佳窗口。难点是从旅客出行习惯考虑该时段只适合运营洲际航班，三大航凌晨航班波通常只有十几个航班，和法兰克福机场（每个波 60~70 个航班进港衔接 60~70 个航班出港）差距显著。

第二，积极发挥联盟作用打造区域门户。近年来，国内诸多机场正在积极探索开展跨航司中转业务，但是从法兰克福等国外机场的实践来看，基于联盟发展跨航司中转还是主要模式。

跨航司中转业务的开展需要有三方面条件，即政策、商务、保障。政策层面目前国内相关政府部门正大力推进；保障层面很多机场地面保障单位也承担了托底职责；商务层面则必须靠两家航空公司之间签署商务合作协议。除了基地航空公司

外，作为全球航网中的一个站点，航空公司未必愿意与过多的其他航空公司开展跨航司中转业务，此时联盟的意义充分显现。

第三，空地联运提升腹地辐射能力。目前北上广三大枢纽均无法实现高铁直连，且无法解决空铁联运行李的托运问题，其他区域枢纽亦没有太好的空铁联运实践，对腹地市场旅客吸引力不够。例如，天津旅客需携带行李经过家—天津高铁站—北京高铁站—首都机场，再从首都机场托运行李上飞机，相较而言从家中至天津机场，托运行李后乘坐飞机至东京、首尔、香港等地空空中转更为便捷。只有通过高效便捷的空地联运模式，才能充分服务腹地市场。

第四，做好中转服务提升软实力。中转服务有利于枢纽机场构成中转竞争力，通过文旅、餐饮、消费等提升中转吸引力。因此，枢纽机场需要通过服务提升品牌形象，在旅客购买航空产品时就选择该机场作为中转机场。



# 拾年·再出发

## 成都航空 C909 国产民机 商业运营十周年主题作品征集大赛 正式启动



从蓉启航，翼梦九天。2026年6月28日，成都航空将迎来C909国产民机商业运营十周年的重要时刻。十年翱翔，承载着中国航空工业的智慧结晶与成都航空人的不懈奋斗；十年耕耘，见证了国产民机从起步到成长的非凡历程。为系统回顾这段波澜壮阔的成长之路，展望国产民机更加广阔的未来，凝聚产业力量，塑造品牌形象，现正式启动“拾年·再出发”主题作品征集大赛。我们诚挚邀请您，用文字与影像，共同记录这段荣耀时光，描绘未来蓝图。

### 一、征集对象

面向所有关心、支持、参与国产民机事业的社会各界人士，包括但不限于：航空产业从业者、科研人员、C909航班旅客、航空爱好者、媒体工作者、广大公众等。

### 二、征集主题

紧扣“拾年·再出发”核心主题，作品需围绕以下方向展开：

- 铸梦·足迹**：聚焦C909运营保障、技术攻关、协同成长中的真实感人故事，以及乘坐C909的旅行体验、见闻与感悟等。
- 未来·展望**：对国产民机未来在服务品牌打造、航线网络运营等方面的建议。

### 三、征集形式

图文类、视频类

### 四、作品要求

- 图文类**：体裁不限，字数不少于800字。
- 视频类**：画面清晰稳定、色彩自然，禁止剪辑网络素材。时长原则上不超过3分钟，分辨率1080P及以上、格式为MP4。
- 紧扣主题，内容真实，情感真挚，必须为原创、未公开发表的作品。
- 内容积极健康，符合社会主义核心价值观，不涉及国家秘密和商业秘密，不侵犯他人合法权益。

### 五、投稿方式

- 投稿渠道**：投稿至官方邮箱：brand@cdal.com.cn
- 投稿格式**：邮件主题请统一命名为：【C909十周年征集】-【图文类/视频类】-【作者姓名】-【单位/职业】
- 投稿说明**：请在邮件正文中注明作者真实姓名、联系方式、通讯地址及作品简要说明。

### 六、奖项设置

本次大赛将设立以下奖项：

- 最具创意奖(5名)**：奖金3000元+价值909元成都航空专属文创产品+荣誉证书
- 最具价值奖(5名)**：奖金3000元+价值909元成都航空专属文创产品+荣誉证书
- 优秀奖(若干)**：奖金500元+荣誉证书

### 七、活动流程

**作品征集期**：即日起至2026年5月31日。

**作品评审期**：2026年6月1日至6月15日。由活动组织方联合成立评审委员会，秉承公平、公正、公开原则进行初筛、复评与终审。

**结果公示与展示期**：2026年6月28日起，通过活动组织方官方平台公布获奖结果，并对获奖作品进行展播宣传。

### 八、版权声明

投稿作品须为原创，作者应对作品拥有完整著作权。一经投稿，即视为作者授权活动组织方在本次及相关宣传推广中（包括但不限于出版物、展览、媒体报道、网络传播等）免费进行使用。

十年凝聚，既是里程碑，更是新起点。

我们期待您的精彩作品，共同铭刻国产民机翱翔的印记，携手擘画“再出发”的壮丽航程！



▲ 来源: www.taibo.cn

# 商业航天 ——大国博弈的星际角力场

文 | 陈伟宁 李琰 编辑 | 陈伟宁

半年之前，如果你在街上随便问个路人甲，商业航天是什么？低轨卫星通信又有什么用？不太关心科技的路人可能很难说出个所以然。如今，在各大媒体头条新闻的影响下，特别是在资本市场中与商业航天相关个股短期内令人惊掉下巴的涨幅的刺激下，你再做同样的事，可能结果大相径庭——大多数人都能说些七七八八，从可回收火箭到低轨卫星通信，从3D打印材料到相控阵雷达芯片，从SpaceX到蓝箭航天或中科宇航，总能和你叨唠上一阵子。

为何短短半年之内，商业航天如此吸睛？为何中美两国在这个时间节点上不约而同地高度关注可回收火箭和低轨卫星的发展？个中缘由，值得一探究竟。

## “一飞冲天”的商业航天

2025年下半年以来，与商业航天和低轨卫星相关的新闻在全球媒体中突然火了起来，引发社会各界高度关注。

根据新华网报道，2025年11月中国国家航天局发布《推进商业航天高质量发展行动计划》，明确将商业航天纳入国家航天总体布局，提出到2027年基本实现高质量发展，形成3个国际级产业集群，卫星应用市场规模突破5000亿元。与此同时，国家正式设立商业航天司，负责推动全产业链协同发展，涉及国内相关企业超600家。一个月后，中国正式向国际电信联盟（ITU）集中申报了20.3万颗卫星的频率与轨道资源，覆盖14个星座，这是我国迄今为止规模最大的频轨申报行动。

无独有偶，在中国加紧布局商业航天领域的同时，美国也加快了在该领域的发展步伐。此前，马斯克旗下的SpaceX已申报了4.2万颗卫星发射规划，目前已完成发射9000余颗，星链体系基本成型。无论从技术还是商业模式而言，SpaceX在全球都处于领先地位。

然而，马斯克的野心远不止于此。2026年1月30日，据美国媒体披露，SpaceX向美国联邦通信委员会（FCC）提交了“轨道数据中心系统”申请，计划部署最多100万颗卫星，用于AI算力及通信服务。这些卫星主要运行在500至2000公里的多轨道壳层，与星链激光互联。马斯克在社交平台称该系统是“迈向卡尔达肖夫II级文明的第一步”，并确认将收购xAI强化垂直整合。

在如此劲爆消息的反复刺激下，全球资本市场风起云涌。中国蓝箭航天科创板IPO进入“已问询”阶段，中科宇航推进IPO辅导验收，天兵科技、星河动

力、星际荣耀等企业则处于上市辅导阶段。而在大洋彼岸，SpaceX计划2026年6月IPO，预计募资500亿美元，估值高达1.5万亿美元，有望成为史上最大规模的IPO。而另一家美国企业“蓝色起源”公司，也在加速卫星星座部署与融资节奏。

一时间，商业航天企业成为全球资本市场的“香饽饽”。中国A股市场中与商业航天相关的公司，如航天发展、中国卫星、臻镭科技、铖昌科技等在短短的2个月内，涨幅都在3倍以上。是概念炒作？还是着眼未来？商业航天相关股票短期内的“一飞冲天”，究竟意味着什么？

## 星际博弈的制高点

在笔者看来，商业航天股短期之内的暴涨，固然脱不了概念炒作的嫌疑，但更大的可能是，其代表着新质生产力未来发展的一个方向。

事实上，自SpaceX2002年6月成立以来，以美国为代表，商业航天正以前所未有的速度蓬勃发展，市场规模持续扩大，技术创新不断涌现。

从市场规模来看，近几年全球商业航天市场呈现爆发式增长。卫星通信、卫星遥感、卫星导航等传统商业航天领域需求旺盛，市场规模稳步提升。而新兴的太空旅游、太空资源开发等领域也开始崭露头角，为商业航天市场注入新的活力。

2026年1月底，中国航天科技集团正式发布“十五五”商业航天发展蓝图，首次将太空旅游列为四大重点新兴领域之一

（另外三项为：太空数字基础设施、太空资源开发、太空交通管理），目标是在“十五五”末期实现亚轨道太空旅游的航班化运营，并逐步发展轨道级旅游。根据赛迪研究院预测，到2030年，全球太空旅游市场规模或达3000亿美元，中国有

望占超 30% 份额。在此情境下，众多商业航天企业如雨后春笋般涌现，吸引了大量资本投入，推动整个市场朝着更加繁荣的方向发展。

在技术创新方面，火箭发射技术取得重大进展，可重复使用火箭技术逐渐成熟，极大地降低了发射成本。例如，SpaceX 猎鹰 9 号复用后，其单次发射报价从原来的 6200 万美元降至 3000 万美元。而中国的“朱雀三号”可回收火箭的目标是从目前的 7.5 万元/公斤降低至 2 万元/公斤，发射成本降幅超过 70%。此外，传统火箭每次发射都需要制造全新的箭体，准备周期长达 3 到 6 个月。采用可回收技术后，SpaceX 可以在 21 天内两次发射同一枚猎鹰 9 号火箭。与此同时，卫星技术也在不断革新，小卫星、微纳卫星技术快速发展，具有成本低、部署灵活等优势，在遥感、通信等领域得到广泛应用。太空探索技术也在不断探索，如太空服、太空舱等技术的创新，为人类深入太空探索奠定了基础。

美国作为全球航天领域的领头羊，

▼ 来源：www.landspace.com



在商业航天布局方面一直处于世界前列。美国政府大力支持商业航天发展，出台了一系列鼓励政策，为商业航天企业提供良好的发展环境。目前，美国拥有众多实力雄厚的商业航天企业，如 SpaceX、蓝色起源等。其中，蓝色起源专注于太空旅游领域，致力于为游客提供安全、舒适的太空之旅。美国在卫星通信、卫星遥感等领域也具有较强的竞争力，拥有全球最大的商业卫星通信网络。

中国近年来在商业航天领域发展迅速，取得了显著成就。中国政府高度重视商业航天发展，加大政策支持和资金投入，推动商业航天产业的快速发展。中国涌现出一批具有创新能力的商业航天企业，如蓝箭航天、星际荣耀等。这些企业在火箭发射、卫星研制等领域取得重要突破，打破了传统航天企业的垄断，推动中国商业航天市场的竞争和发展。

俄罗斯作为传统航天强国，在商业航天领域也具有一定的实力。俄罗斯拥有先进的火箭发射技术和丰富的航天经验，在国际卫星发射市场占据一定份额。但近年来，由于经济等因素的影响，俄罗斯商业航天发展相对缓慢。为了重振航天大国地位，俄罗斯正在积极调整商业航天战略，加大技术创新力度，拓展新的应用领域。

商业航天作为科技创新的前沿领域，对提升国家科技实力具有不可忽视的重要作用。它涉及众多高精尖技术，如火箭发射技术、卫星制造技术、太空探索技术等。在商业航天的推动下，企业为了降低成本、提高性能，不断进行技术创新。SpaceX 的可重复使用火箭技术便是典型例子，这一技术的突破不仅降低了发射成本，还推动了火箭回收、发动机重复利用等相关技术的发展。

商业航天的发展也带动了新材料、新能源等领域的创新。为了满足太空环境



▲ 来源：www.spacexusa.org

的特殊需求，高强度、轻质材料、抗辐射材料等得以研发和应用。在能源方面，为了提高航天器的续航能力和效率，新型太阳能、电能等能源技术不断涌现。这些关键技术的突破，不仅提升了商业航天的技术水平，也对国家的整体科技实力产生辐射效应，带动相关产业的技术进步，提升国家在全球科技竞争中的地位。

商业航天在增强国家安全保障方面意义重大。在军事侦察领域，高分辨率遥感卫星能够实时监测敌方军事部署和动态，为军事决策提供准确情报。商业航天企业开发的合成孔径雷达卫星，即使在恶劣天气条件下也能获取地面目标信息，大大提高了军事侦察的能力和效率。

在通信保障方面，商业卫星通信系统可为军事行动提供稳定、可靠的通信链路。在偏远地区或战时，传统的地面通信网络可能受到破坏或干扰，而卫星通信则能确保指挥畅通，信息传递无误。导航定位方面，全球导航卫星系统是现代战争不可或缺的一部分。它能为军事部队提供精确的定位、导航和授时服务，确保军事行动的准确性和时效性。无论是精确打击、兵力部署还是后勤保障，导航卫星系统都发挥着至关重要的作用。商业航天的发展使得国家能够拥有更先进、更可靠的卫星

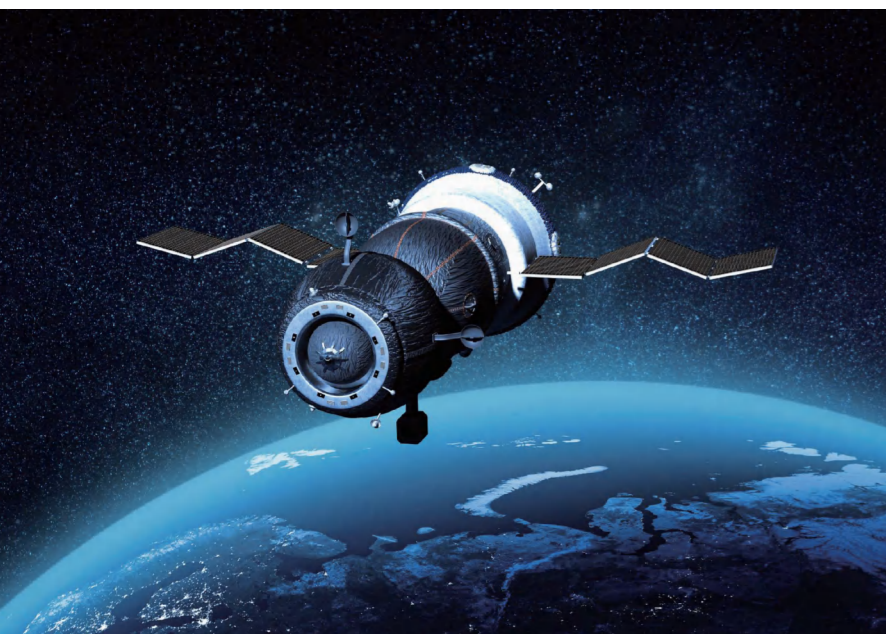
系统，为国家安全构筑起坚实的屏障。

商业航天在经济发展中扮演着越来越重要的角色。在卫星应用领域，卫星通信为全球互联网接入提供了重要手段，尤其对于偏远地区和海上平台来说，卫星通信是实现网络覆盖的关键。这不仅促进了信息交流，也为相关产业发展带来机遇。卫星遥感在农业、林业、海洋、环境监测等领域的应用，提高了资源利用效率和灾害监测能力，为相关产业的可持续发展提供支持。

太空旅游作为新兴领域，吸引了大量资本和消费者关注。虽然目前仍处于起步阶段，但未来发展潜力巨大，有望成为新的经济增长点。太空资源开发更是前景广阔，小行星采矿、太空能源利用等概念逐渐从理论走向实践。一旦技术成熟，将为人类带来丰富的资源，极大地改变现有经济结构和产业布局。商业航天的发展不仅带动了相关产业链的发展，也为国家经济注入了新的活力，推动经济转型升级。

## 面临的挑战与机遇

商业航天在发展进程中，面临着诸多严峻的技术挑战。火箭回收技术虽取得一定进展，但仍有诸多难题待解，如回收



▲ 来源：www.eeo.com.cn

过程中的精准控制、发动机重复利用的可靠性等。太空垃圾处理更是棘手问题，随着航天活动的日益频繁，太空垃圾数量急剧增加，对在轨航天器构成巨大威胁。清除太空垃圾的技术目前尚不成熟，无论是机械臂捕获还是激光清除等方法，都还处于探索阶段，且成本高昂。

深空探测技术也面临巨大挑战，远距离通信时延、能源供应等问题亟待解决。在卫星技术方面，如何提高卫星的性能、延长使用寿命、降低成本，也是商业航天企业需要攻克的技术难题。太空环境的极端条件，如高真空、强辐射、极端温差等，对航天器的材料和设备提出了极高的要求，需要不断研发新型材料和设备来适应这些环境。这些技术挑战是商业航天发展道路上的“拦路虎”，需要企业、科研机构等共同努力进行技术创新和突破。

商业航天在市场拓展和国际合作方面，机遇与挑战并存，市场空间潜力巨大。在卫星通信领域，随着全球互联网接入需求的持续增长，尤其是偏远地区和海上平台对卫星通信的依赖程度越来越高，为商

业航天企业提供了广阔的市场。卫星遥感在农业、林业、环境监测等领域的应用需求也在不断增加，为商业航天企业带来了新的商机。

太空旅游作为新兴领域，虽然目前还处于起步阶段，但随着技术的不断进步和成本的降低，未来有望吸引更多的消费者，成为商业航天市场的一大亮点。太空资源开发更是充满无限可能，小行星采矿、太空能源利用等概念一旦技术成熟，将开辟出全新的市场空间。

在国际合作方面，不同国家在航天技术、资金、市场等方面各有优势，通过国际合作可以优势互补，共同推动商业航天的发展。例如，发达国家可以提供先进的技术和管理经验，而发展中国家则可以提供广阔的市场和丰富的资源。

为推动我国商业航天发展，加强政策支持至关重要。政府应制定和完善相关法律法规，为商业航天企业提供清晰的法律框架和稳定的市场预期。在市场准入方面，进一步放宽限制，鼓励更多社会资本进入商业航天领域，激发市场活力。加大对商业航天企业的财政补贴和税收优惠力度，减轻企业负担，助力企业技术创新和市场拓展。建立完善的商业航天保险制度，降低企业因航天活动风险带来的经济损失，提高企业抵御风险的能力。通过政策引导，推动商业航天与上下游产业的协同发展，形成完整的产业链条，提升我国商业航天的整体竞争力，为商业航天发展创造良好的政策环境。

技术创新是商业航天发展的核心驱动力，我国应加大商业航天技术研发投入。一方面，加大对火箭回收技术、太空垃圾处理、深空探测技术等关键领域的研发投入，组织科研力量进行攻关，突破技术瓶颈。加强对新型材料、新能源等基础技术的研究，为商业航天发展提供坚实的技术

支撑。另一方面，鼓励商业航天企业建立研发机构，加大研发投入，培养创新人才，形成以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系。推动商业航天企业与高校、科研院所的合作，加强技术交流与合作，实现资源共享和优势互补。通过政策引导和资金支持，激励企业进行技术创新，推动我国商业航天技术迈向新的高度。

在国际商业航天领域，我国应加强与国际商业航天企业的合作，共同开拓国际商业航天市场。我国商业航天企业可与发达国家商业航天企业开展技术合作，学习先进的技术和管理经验，提升自身技术水平。同时，我国商业航天企业可积极开拓发展中国家市场，为其提供卫星通信、卫星遥感等服务，实现互利共赢。加强与国际航天组织的合作，参与国际航天标准的制定，提升我国在国际商业航天领域的话语权。通过国际合作，我国商业航天企业可以更好地利用国际资源，拓展国际市场，提升国际竞争力，推动我国商业航天走向世界，为全球商业航天发展贡献中国力量。

## 有待突破的关键技术

从目前来看，尽管不少企业在商业航天领域的技术探索取得了明显成绩，但作为一个产业，商业航天要实现长期、可持续发展，必须在以下关键技术领域实现新的突破。

在火箭技术方面，可重复使用技术将持续深化，火箭回收将更加精准、高效，回收成本进一步降低，全复用火箭有望成为常态，甚至可能出现单级入轨的可重复使用火箭，大幅降低航天运输成本。火箭发动机技术也会不断革新，推力更大、性能更优的新型发动机将问世，提高火箭的

运载能力和可靠性。

在卫星技术方面，卫星将向小型化、智能化和多功能化方向发展。小卫星、微纳卫星的成本更低、部署更灵活，可快速组网。卫星的智能化水平将提升，能够自主完成更多任务。多功能卫星可实现通信、遥感、导航等多种功能一体化，提高资源利用效率。

在太空探索技术方面，太空服、太空舱等生命保障技术会更先进，为宇航员提供更安全、舒适的环境。深空探测技术将取得突破，通信时延和能源供应问题得到改善，人类有望实现更远距离的太空探索，甚至登陆更遥远的星球。

在通信领域，商业航天将为全球提供更广泛、更高速的互联网接入服务。随着低轨宽带通信卫星星座的部署，偏远地区、海上平台等将享受到与城市相当的网络服务，打破信息壁垒，促进全球信息交流。卫星通信在应急通信、军事通信等方面的应用也将更加可靠和高效。

在导航方面，全球导航卫星系统将不断完善，定位精度和稳定性进一步提升。在自动驾驶、智能交通等领域，卫星导航将发挥关键作用，为车辆提供精准的定位和导航服务。在精准农业、资源勘探等领域，卫星导航也能提供更精准的位置信息，提高资源利用效率。

在遥感领域，商业卫星遥感的分辨率和时效性将大幅提高。在农业方面，可实时监测农作物生长情况，为农业生产提供精准指导。在环境监测领域，能更快速、准确地监测自然灾害、环境污染等情况，为防灾减灾和环境保护提供有力支持。

# 马楠：我开上了国产大飞机

文 | 陈姗姗 编辑 | 张克农



## 人物简介

马楠，南航 C919 机长。

2007 年加入南航，安全飞行近 14000 小时，曾荣获全国民航技术能手、广东省五一劳动奖章等荣誉称号。现任南航飞行训练管理部 C909/C919 机型主任飞行检查员。2025 年，他带领团队为南航培训了 121 名 C919 飞行员，其中包括 15 名型别教员，为 C919 在南航的顺利运行提供了有力保障。

2026 年 1 月 12 日，南航的 C919 “大美湾区号”彩绘飞机平稳降落在南京禄口国际机场，缓缓穿过象征民航最高礼仪的“水门”，标志着 C919 国产大飞机正式在广州至南京航线上开始运营。

这是南京这座城市首次迎来 C919 国产大飞机，也令南航 C919 飞机执飞的航线再添一条。

此时，距离南航 C919 飞机首航，已有一年多的时间。

南航飞行总队的机长马楠至今还记得那个重要时刻：2024 年 9 月 19 日，南航派出了三位机长执飞 C919 商业首航，马楠就是其中的一位。一年多来，马楠已经驾驶 C919 飞过了上海、杭州、

海口、长沙、武汉、郑州、太原、成都、西安、北京、宁波、南阳等 12 个城市，参与了不少新航点的首航任务。

“能够驾驶国产飞机飞过这么多城市，我感到非常骄傲和自豪。”马楠说。

## 南航机长眼中的 C919

马楠有着 18 年的飞行经验，目前是 C919 机型的机长教员。在此之前，他曾执飞 A320 机型，担任南航飞行总队总飞行师办公室 A320 机型主任地面教员、南航飞行总队 C919 机队飞行技术管理室主任，现任南航飞行训练管理部 C909/C919 机型主任飞行检查员。

自 2007 年加入南航以来，马楠已安全飞行近 14000 小时，参与并圆满完成了重要航班、特殊机场试飞验证、新飞机交付、防疫物资及医护人员运输保障等多项重要任务。但最让他兴奋的，还是驾驶国产 C919 飞机。

2024 年 8 月 28 日晚间，国航和南航有关人员齐聚中国商飞公司总装制造中心机库，迎接了各自公司的首架 C919 飞机。

在此之前的一个多月，马楠完成了从 A320 到 C919 的改装训练。回想第一次走进 C919 驾驶舱，他就有一种强烈的震撼感——“如此先进、如此现代！那一刻，我在心底大喊：梦想成真了，我开上了国产大飞机！”

在首航之前，马楠随南航的 C919 飞行员们一起前往东营机场进行了充分的本场起落练习，以强化操纵能力，力求为旅客带来最舒适的飞行体验。

2024 年 9 月 19 日 12 时 11 分，马楠与其他两位南航机长一起，驾驶南航的首架 C919 飞机，完成了从广州到上海的商业首航。

对于首航时的感受，马楠至今记忆清晰：“我们的国产大飞机走到今天，一路披荆斩棘，克服了无数艰难险阻，获得了圆满成功。南航各部门为了顺利完成这次首航，上下同心、高效协同、空地联动、全力以赴，令我非常感动。”

谈到 C919 飞机的驾驶体验时，马楠告诉记者，国产 C919 飞机有良好的飞行操控品质，操纵体验非常棒，驾驶舱环境宽敞舒适，还有先进的仪表和友好的人机交互页面，起降操纵很平稳。“对于飞行员来说，这是一款容易上手的飞机。去年，C919 机型进行了多场真实飞机的起降训练，共计参训人员 100 余人次，全部学员在第五到第六个起落训练后就能够正确

掌握 C919 机型的操纵要领。”

这样的感受其实也得益于 C919 驾驶舱里的“黑科技”。5 块 15.4 英寸的高清显示屏给飞行员提供了更简洁的人机交互界面，降低了飞行员的工作负荷。相比传统飞机机头由正面两块、侧面四块，共六块风挡玻璃组成，C919 只用了四块大面积双曲风挡玻璃，这样可为飞行员提供更为广阔的视野，同时也能让飞机减少阻力，更省油。

据马楠介绍，目前南航可以执飞 C919 这一机型的共有 124 人，除了亲自参与一些航点的执飞任务外，他的主要工作精力放在了培训方面。

▼ 来源：作者提供





▲ 华思清 摄

为保障 C919 安全高效运营，近年来南航非常重视对国产大飞机的资源投入，从飞行队伍中精心选拔适配机型标准的优秀飞行员执飞 C919 飞机。“每年我们根据飞机的引进情况，提前做好飞行人员改装计划，并根据实际情况进行动态调整，总体思路是在满足飞机运力需求的基础上，打好提前量，确保在 C919 机型上始终保有充足的飞行人力资源。”马楠介绍说。

作为机长教员，马楠在 2025 年带领团队为公司培训了 121 名 C919 飞行员，其中包括 15 名型别教员，还有一名是南航 C919 机型的第一位女飞行员，也是中国民航 C919 机型的第一名女飞行员。

“她目前正在建立机长运行经历，”马楠说，“2025 年底，公司 C919 机型 5 名自主培养的初聘型别教员正式进入训练，也是这一机型的一个里程碑。”

### 对旅客更友好的 C919

对马楠来说，执飞 C919 飞机印象最深刻的经历，还是来自与乘客的一次交流。

“记得有一次执飞航班后从候机楼

离场时，一位旅客一直等候在登机口，他告诉我，能乘坐国产飞机让他感到特别幸福，同时也十分羡慕我们能驾驶国产飞机翱翔蓝天。”马楠回忆，“这件事更加坚定了我要飞好每一趟国产航班的决心，也让我立志要培养出更多优秀的国产民机飞行员。”

对于旅客来说，乘坐 C919 不仅有其他机型没有的幸福感和自豪感，实际体验也非常不错。

目前，在国内三大航的 C919 机队中，唯有南航的 C919 选择了三舱布局模式，公务舱、明珠经济舱和经济舱共配置了 164 个座位，各舱位均配备个人充电接口。

其中，公务舱座椅有 8 个，为 2-2 布局，单个座位宽度为 21 英寸，采用零重力摇篮式后倾设计，配有腿靠、脚蹬，配备集成电源系统、中间扶手吧台、六向调节头枕、书报盒及杂志袋、私密耳翼、手机支架等功能。在头部附近的两侧挡板处，南航 C919 还首家加装了毛毯夹，公务舱旅客盖毛毯时，把毛毯夹在两侧，就可以防止滑落。

经济舱座椅为 3-3 布局，全舱均配备个人充电接口。值得一提的是，南航在 C919 上设置了明珠经济舱座位，使南航成为全世界第一家运营“三舱布局” C919 的航空公司。和南航其他窄体机一样，C919 上的明珠经济舱采用了和普通经济舱一样的座椅，但是间距更加宽敞，对“长腿人士”更友好。

此外，C919 飞机采用下沉式行李架，边缘做弧形设计，对不同高度的人都比较友好，天花板高 2.25 米，客舱过道宽 48.26 厘米，提供了更大的顶部和前方视觉空间。南航还在客舱前后分别定制安装了 13 英寸和 15 英寸的储物柜，优化了客舱空间使用效率。

首批运营的南航 C919 飞机，也融合

了南航“亲和精细”和“绿色飞行”的理念，没有选配天花板小电视。近年来，随着手机、平板等个人电子设备的普及，在中短途客机内减配、取消小电视已成为国际上部分航司的新风向。取消客舱娱乐系统可以减轻飞机重量，对提升燃油经济性与控制碳排放都有益处。

而作为总部在美食遍地的广东的南航，对于 C919 航班的餐食也格外重视。比如，首航航班的公务舱就配有古法棉花鸡扎、粤式碌鹅等菜品，经济舱提供三杯鸡、普宁豆瓣酱焖鱼双拼饭，旅客不用再纠结选鸡肉还是鱼肉，一次可以全部品尝到。

据了解，南航 C919 航班上的菜单，每半个月会更新一次，但始终保持与首航航班一样的餐食标准。

### 解锁更多城市背后

截至 2025 年底，南航已经接收了 8 架 C919 飞机，累计开通航线 21 条，并实现了广州、长沙双基地运行。

马楠告诉记者，实现双基地运行意味着 C919 机型在南航从单一机队管理发展到多机队管理。“南航这些年一直推行大运行大训练模式，在现行工作体系下，广州、长沙两地在安全管理、运行训练标准、人力资源调配等方面一体化运行，全力确保 C919 机型在双基地模式下的运行顺畅和安全。”

作为 C919 机型的主任飞行检查员，这一机型的训练科目设计、手册更新解读、检查单优化等，也都是由马楠来牵头组织执行。他带领团队编写并完善了机型训练大纲，编制了各类训练科目，带领全机型检查员共同完善机型检查标准，为 C919 的顺利运行提供有力保障。

“在这个过程中，我不仅对 C919 机

型有了更加深入的了解，同时也对国产民机的发展历史更加了解，对从事国产民机研制工作的同志们有了更深的共鸣和共情。”马楠说。

据了解，为了保障 C919 飞机的安全持续运行，南航 C919 机队和技术分公司 GAMECO 联合商飞代表，共同建立了联防联控机制，每月定期进行技术交流，发现问题快速响应，及时将最新的技术动态和具体管控措施传达给一线飞行员。工程师们时刻在线，及时解决运行中遇到的问题。

截至 2025 年 12 月末，国内三大航已使用 C919 执飞国内航线 46 条，涉及 23 座城市共 26 个通航点，年载客量超过 200 万人次。

2 月 2 日春运首日，东航的 C919 飞机开始执飞上海虹桥至珠海的定期商业航线。至此，东航的 C919 飞机共执飞 18 条航线，日均超 50 个航班，同比增长 52.6%。国航的 C919 也全部投入春运航班运行，继续执飞北京至杭州、成都、武汉、西安等航线。

C919 不断解锁新城市的背后，是飞机日利用率和维修保障能力的不断提升以及故障率的持续下降。这与 C919 商业运营一年多来积累了经验，以及国产飞机维修能力的不断提升不无关系。而随着飞行小时的增加，国产飞机的稳定性也在不断提升。

“好飞机是造出来的，也是飞出来的。”马楠说，“作为 C919 机型的飞行员，站在新的起点上，我们要持续传承弘扬‘大飞机精神’，用一线飞行经验助力国产大飞机越飞越安全、越飞越舒适、越飞越高效，为谱写国产大飞机事业的新篇章贡献一份南航力量。”





# 超声速客机 能否“王者归来”

文 | 于达维 编辑 | 欧阳亮



## 作者简介

于达维，18年传媒行业知名媒体机构从业经验，多次对高科技领域技术特点、潜在问题、发展趋势等进行深入报道。

聚焦航空航天、通信导航、人工智能、生物医药研发等众多高科技领域，并对博世、霍尼韦尔、阿里巴巴、甲骨文等知名企业进行采访，各类报道累计1000余篇。

2003年10月27日，人类历史上第一款超声速飞机——协和飞机，在完成最后一次商业飞行后停止运营，并于同年11月26日退役。人类的第一次超声速商业飞行努力，以暂时性失败告终。在此之后，人们只能乘坐亚声速客机飞行。

自协和飞机退役以来，其他公司也尝试开发超声速公务机和小型客机。这些项目多因高成本、技术难题和缺乏需求而陷入停滞，因为速度对航空公司而言并非首要任务。波音支持的一家名为Aerion的创业公司也于2021年因资金耗尽而关闭。

2015年，一位前亚马逊软件工程师Blake Scholl在丹佛创办了Boom Supersonic。按照他的设想，公司首款飞机“Overture”将在2029年投入运营，让跨大西洋的商务往返航程可以在一天内完成。

他的支持者包括OpenAI创始人山姆·奥特曼、特斯拉创始人埃隆·马斯克，还有美国总统特朗普、波音前CEO Phil Condit、联合航空前CEO Oscar Munoz等。美国联合航空、美国航空和Boom Supersonic

签订了有条件购买协议，日本航空则通过战略投资1000万美元获得了预购选择权。

在2025年1月的一次测试飞行中，XB-1示范机成功突破音障，飞行速度达到1马赫。Boom准备在2027年前进行全尺寸飞机飞行测试，并表示Overture的每座位成本将降至普通商务舱水平，纽约至伦敦单程商务舱价格约为1700美元。

波音前CEO Phil Condit说：“我认为这家公司不仅仅在打造一架更便宜的超声速飞机，而是用硅谷的现代方法，像特斯拉颠覆汽车行业那样颠覆航空航天产业。”

2025年，美国总统特朗普签署行政命令，指示联邦航空管理局（FAA）废除美国境内超过五十年的陆地超声速飞行禁令。

在超声速飞行方面，中国也不乏创业者。2025年1月20日，凌空天行在成都举行了“云行”超声速飞机发布会，介绍了发动机和超声速飞机验证机的最新进展。

据相关资料介绍，凌空天行的产品“窜天石猴”是一款采用燃油冲压发动机、运行于临近空间的高速飞机。根据公司规划，2026年“窜天石猴”验证机将完成首飞，2030年高速客机“齐天大圣”将实现客机原型机首飞。

“窜天石猴”验证机长7米，总重量约1.5吨，巡航速度接近4马赫，航程3000公里左右，正样机计划2031年首飞，长度扩大到约30米，类似波音737客机，巡航速度与验证机相当，航程则大幅提高。

凌空天行公司2018年10月在北京成立，法定代表人和创始人王毓栋。他毕业于清华大学自动化系，曾在中国运载火箭技术研究院担任过副总师，从事国家重大型号研制与科研生产组织工作。2017年，王毓栋开始涉足商业航天领域，2019

年4月实现了国内首次水平回收技术验证火箭的试飞成功。

凌空天行自称是国内唯一从事高超声速飞行技术与应用服务的商业航天企业，具有全系统覆盖的高超声速飞行器总体设计能力。

第三方机构IFG认为，基于2023年全球航空运输数据测算，假设高超声速飞行技术走向成熟，在超过5500英里、约10小时飞行时间的长途飞行市场中，预计每年将有1.5亿高净值乘客的市场容量，其中约有3%的高净值人群会选择超声速飞机作为交通工具，整体直接和间接的经济收益有望达到2万亿至4万亿美元。

目前，全球范围内对超声速飞机的研发一般采取航空和航天两条技术路线。航空路线的优点在于，继承了大量成熟航空技术，缺点是速度越往后越难提升；航天路线可以把速度提到很高，但没有那么多成熟技术借鉴，需要在工程设计上实现从一次性到可重复使用的转变。

当代超声速飞机研发正站在技术与商业交汇的十字路口。碳纤维复合材料、数字化设计与3D打印技术、低噪声引擎与可持续航空燃料，以及私营资本的涌入，都为超声速飞机的研发创造了新的可能。以Boom Supersonic与Aerion为代表的私营企业获资本注资，摆脱了政府主导的沉重枷锁，转向市场驱动模式。

然而，这些技术突破依然面临着苛刻的商业考验。在航空业，速度只是手段，而成本与需求的匹配才是决定生死的核心。真正的革命不在于让飞机飞得更快，而在于“快”能否以可持续的方式被市场定价。

而这条路径的终点，不是速度的飞跃，而是“成本可控、需求可验证”的务实革命。

# 云程万里春潮涌

## ——2026年民航春运创下新纪录

文 | 詹东新 编辑 | 欧阳亮



### 作者简介

詹东新，男，浙江杭州人，大学文化，中共党员，长期供职于民航系统。中国作家协会会员。

先后写作、出版科普文集《飞遍天下》《享受飞行》《人类的翅膀》；主编心理学专著《“管制”压力》；撰写纪实文学《万里云天》《中国之翼》《国家名片 C919》等。

2026年民航春运自2月2日启幕，至3月13日结束。为期40天的空中大迁徙，全国民航旅客运输量预计达9500万人次，同比增长5.3%。春节长假期间，民航累计运送旅客2205万人次，日均245万人次，同比增长7.7%；2月23日单日旅客量达266.8万人次，创下春运单日客流新高。

天路通达，银翼穿梭。这场年度大考不仅是对运力的检验，也是中国民航高质量发展的生动答卷。

今年春运，返乡流、探亲流、学生流与旅游流深度叠加，形成节前集中出发、节后密集返程的双高峰态势。国航、东航、南航三大主力航司以充足运力与精细服务扛起客流重担。东航春节假期累计运输旅客超433万人次，同比增长6.5%，刷新自身纪录；南航依托广州枢纽优势，

加大华南至东北、西南及海外航线投放，运送旅客465万人次，同比增长7%；国航聚焦京津冀、长三角等枢纽通道，加密热门城市与旅游目的地班次。三大航协同发力，织密覆盖全国、联通世界的航空网络，让团圆之路更为便捷。

三大航空枢纽机场高位运行，成为春运客流的“压舱石”。春节假期，北京两场共保障旅客347.8万人次，其中首都机场保障192.7万人次，大兴机场保障155.1万人次，两场日均保障旅客同比分别增长11.4%、12.4%，彰显国门枢纽的辐射力；上海机场共保障进出港旅客365.9万人次，其中浦东机场238万人次、虹桥机场127.9万人次，日均40.7万人次，同比增长5.5%，成为长三角出行的核心门户；广州白云机场运送旅客超240万人次，日均26.66万人次，同比增长9.45%，持续领跑全国机场客流。从北国冰城到南国椰林，从繁华都市到边陲小镇，枢纽机场与支线机场协同联动，让航空触角延伸至千家万户。

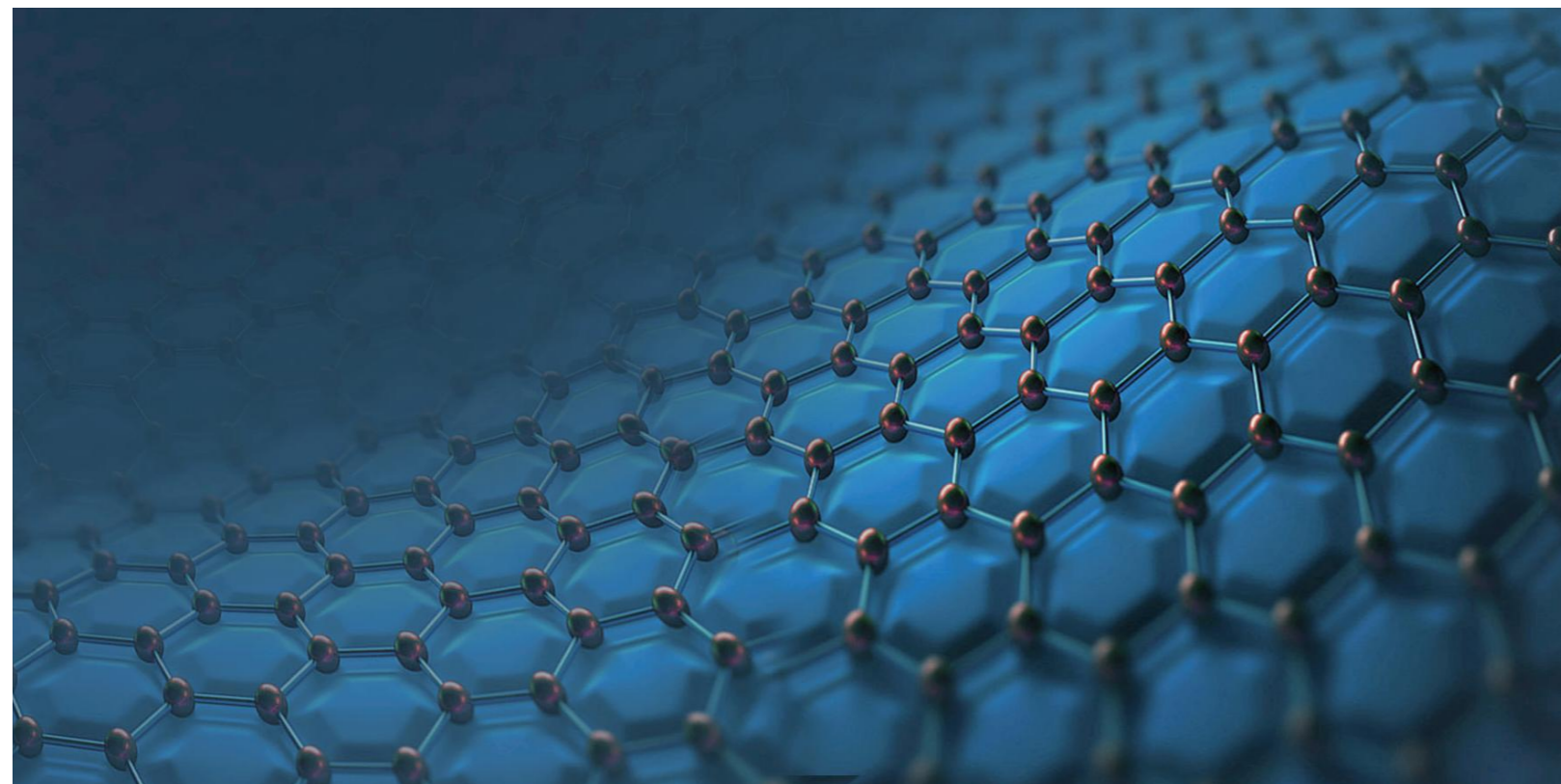
国产商用飞机首次大规模参运，是今年春运最耀眼的生力军。东航集结14架C919，执飞14个城市的18条航线，日均执飞超50架次，同比增长52.6%，用国产大飞机架起空中快车道。国航则将旗下的9架C919全部投入春运，重点执飞北京至杭州、成都、武汉等黄金航线。南航于2月11日迎来第九架C919并火速投入春运，首航广州至西安后，随即在长沙至北京大兴航线每日执飞2个往返，让更多旅客在家门口体验“国之重器”。与C919并肩作战的，还有深耕支线市场的C909。作为我国首款自主研发的涡扇支线客机，C909以其优异的短距起降性能，成为连接枢纽与支线、畅通春运的重要力量。春运以来，南航的C919与

C909累计执行航班近1400班次，同比增长49.1%，承运旅客超12.3万人次（截至2月25日）。

2026年的民航春运呈现出鲜明的时代特征，既承载传统温情，又彰显发展新貌，出行需求品质化趋势显著。广大旅客不再满足于“走得了”，更追求“走得好、走得舒心”，商务舱、优选座位预订量稳步提升，个性化、定制化服务备受青睐。旅游消费火热成为亮点，冰雪游、避寒游、民俗游带动航线热度飙升，哈尔滨、三亚、昆明等城市机票供不应求，航空与旅游深度融合，激活假日经济新动能。国际出行复苏势头强劲，东南亚等短线出境航线预订量大幅增长，入境旅客量同比增加15%，空中丝路重新热闹起来，中外旅客往来加速回暖。航班管家的数据显示，春节期间民航经济舱平均票价1026.9元，相比2025年增长6.6%。价格的坚挺，源于供需关系的趋紧。正月初三到初六的返程高峰期，国内客座率突破90%。

高效运行的背后，折射出中国民航硬核保障能力的全面升级。今年春运航班正常率达95.8%，同比提升0.6个百分点，在客流高峰与复杂天气的双重考验下，交出平稳有序的亮丽答卷。空管、机场、航司、油料等单位协同联动，运用大数据、人工智能精准预测客流，动态调整航班计划，优化安检、登机、行李转运全流程，缩短旅客等候时间。从自助值机、智能安检到无障碍服务，科技赋能与人文关怀并行，让春运旅途更有温度。

银翼载乡愁，云端连万家。数千万人次的出行期盼，化作万米高空的平安航程。2026年民航开春以来的不俗成绩，是行业复苏的坚实步伐，是国家综合交通实力的有力体现，也是人民对美好生活向往的真实写照。



▲ 来源: www.hfxdimension.com

# “散热卫士” 为航空航天器保驾护航

文 | 吴苡婷 编辑 | 张克农

在近地轨道中，大量卫星夜以继日地工作，密集运算会散发出大量热量，若不及时散热，将影响卫星性能甚至导致工作瘫痪。飞机上同样搭载着大量电子器件，散热需求迫切，尤其是油电混合动力新能源飞机，其内部大量锂电池在运行中会持续释放大热量，若散热不及时，将直接危及飞行安全。

近期，上海大学 / 上海大学绍兴研究院张齐贤教授团队成功研制出具有自主知识产权的碳基高导热复合材料，打造出碳基导热膜及导热索系列产品，有效破解了上述难题，为飞行器安全飞行保驾护航。该系列产品填补了国内航空航天碳基

热控材料领域的空白，为我国航空航天热管理系统提供了关键材料支撑。

## 实现散热材料进口替代

2004年，英国曼彻斯特大学的两位科学家安德烈·海姆 (Andre Geim) 和康斯坦丁·诺沃肖洛夫 (Konstantin Novoselov) 发现能用一种非常简单的方法得到仅一层碳原子厚度的石墨烯（厚度约0.34纳米）。这一方法突破了学界对“二维材料无法在常温稳定存在”的认知。之后，科学家发现石墨烯具有优异的导热性能和卓越的导电性能。

2007年，张齐贤团队就开始对石墨烯材料展开研究。2016年，团队接到一个特殊任务，希望他们为卫星做“导热膜”。

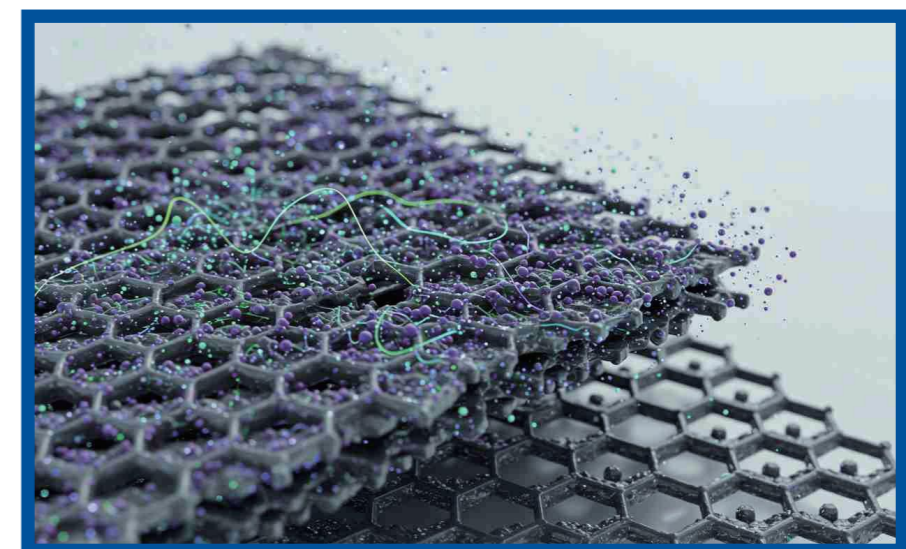
“卫星中的高分辨相机工作量很大，其中的元器件容易发热，性能容易出现波动，需要通过散热材料确保元器件保持恒温状态。另外，卫星对于载重有一定要求，散热材料需要轻质且有高导热的特性。过去一般采用航空铝（航空硬铝7075）作为主要散热材料，但随着高分辨率相机工作强度提升，其散热效果已无法满足恒温需求。”张齐贤向记者介绍，团队根据需求方要求，研发出以石墨烯为核心原材料的碳基高导热复合材料。这款新材料性能优异，导热性达到铜的4倍，质量却仅为航空铝材料的四分之三。

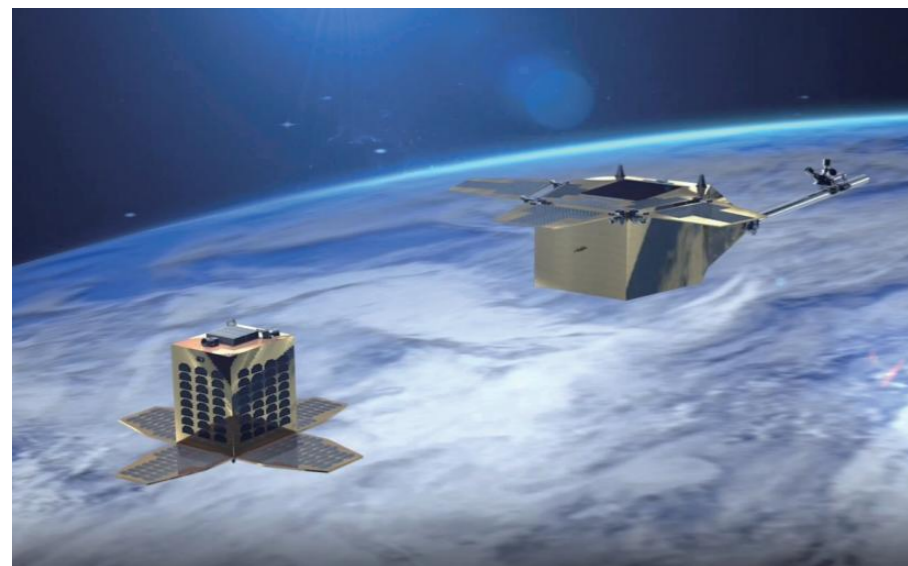
到了2018年，团队圆满完成了研发任务，实现了卫星导热膜的进口替代，产品性能达到同类国际先进水平。之后，团队又开发了“无磁化”碳基高导热复合材料。

“澳门科学一号”是首颗内地与澳门合作研制的空间科学卫星，也是国际

首颗低纬度地磁场与空间环境的科学探测卫星、国际首个监测南大西洋异常区域地磁场与空间环境的科学探测卫星。2023年5月21日，长征二号丙运载火箭在酒泉卫星发射中心以一箭三星方式将其成功送入轨道。2024年12月，卫星团队基于探测数据发布中国首个WM3实时四维地球磁场模型，并启动“澳门科学二号”卫星研制计划以构建地磁场

▼ 图 | 上海大学绍兴研究院张齐贤教授团队





▲ 图 | “澳门科学一号”空间科学卫星

星座观测系统。“澳门科学一号”成功的背后离不开无磁化碳基高导热复合材料的助力。

“该卫星所有元器件均要求无磁，避免干扰精密电磁信号，但银、铜、铝等导热性能优良的金属均带有磁性。我们通过‘碳基导热膜+特种铜材料’的研发策略，成功解决了这一核心矛盾。”张齐贤解释道。

### 守护航空器长期飞行

碳基高导热复合材料具有密度小、导热率高、力学强度高特点，可满足小空间、高热流密度元器件的散热需求，有效降低传热温差并减小热控重量。团队在该材料基础上，面向需求研发了导热索、隔导热一体化膜组件、集成式散热基板、高导热碳纤维复合材料等系列材料。目前，国内飞机飞控系统的散热模块已逐步引入该类材料。

在飞机电子设备热管理系统中，高导热复合材料可用于机载雷达、航电设备的散热组件。张齐贤举例说，例如在

新一代大型运输机的航电舱内，采用团队研制的集成式散热基板，能够将多个高功率芯片产生的热量快速传导至舱壁散热结构，预计可使设备工作温度波动控制在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内，较传统铝合金散热方案减重30%以上，同时提升系统的抗振动疲劳性能，可满足航空器长期高强度飞行的使用要求。

无人机凭借信息获取广、作业灵活、数据应用协同性强等技术优势，已成为守护自然资源的“空中尖兵”，但数据处理高强度运行带来的散热难题日益突出。张齐贤透露，此前为解决散热问题，不少无人机会在机翼开孔，而搭载碳基高导热复合材料后，这一难题得以彻底解决。

电动垂直起降飞行器以纯电驱动为主，可垂直起降，无需专用跑道，能源形式以锂电池为主，同时融合氢能等清洁能源。未来，该类飞行器有望成为城市空中交通的主要载体。根据摩根士丹利预测，全球城市空中交通（UAM）市场规模将于2040年达到1万亿美元，2050年进一步攀升至9万亿美元。高密度锂电池持续释放能量的过程中，离不开高性能散热材料的保驾护航。在张齐贤看来，该领域拥有巨大的市场空间。

张齐贤透露，未来将在上海大学建立“轻量化热管理材料研发工程中心”，重点突破石墨烯膜、碳纤维和树脂三大核心材料的国产化制备技术，力争形成从石墨烯膜（依托上海大学研发）—碳纤维（由精工科技生产）—树脂基材（上海大学绍兴研究院研制）的完整国产化供应链，实现100%国产化率，全力为中国航空航天产业发展保驾护航。

# 征战 AG600 水上首飞的日子（之一）

文 | 汪亚卫 编辑 | 张克农



▲ 来源：中航工业

2018年10月20日，国产大型灭火/水上救援水陆两栖飞机AG600在湖北荆门漳河机场成功完成了水上起降，标志着我国大型灭火/水上救援水陆两栖飞机的研制工作取得了重要成果。当天，在AG600飞机水上首飞现场，工信部领导宣读了习近平总书记发来的贺电。听着贺电，我不由想起了征战AG600飞机水上首飞的日日夜夜，激动的心情油然而生。

### 为什么要研制 AG600

水陆两栖飞机是一种专用飞机，它既可以在地面起降和飞行，也能够在水面上停泊和起飞降落，主要用于抢险救灾和应急救援。

我国国土面积辽阔，自然灾害较多，国家建立应急救援系统对装备水陆两栖飞机提出了迫切需求。2007年8月1日，国家应急救援系统航空装备——大型灭火/水上救援飞机座谈会在北京召开，有关部门对启动研制生产国产大型水陆两栖飞机予以充分肯定。

2007年11月，中国特种飞行器研究所（简称“特飞所”）上报了《大型灭火/水上救援水陆两栖飞机研制项目建议书》。2009年6月，国家同意该飞机研制正式立项，当时飞机命名为“蛟龙”600，后定名为“鲲龙”AG600。2009年9月5日，AG600飞机的设计研制工作正式启动。

AG600是一种全新研制的大型水陆两栖飞机，其外形尺寸与波音737和空客A320差不多，但比这两种喷气式客

▼ 来源：中航工业

机的最大起飞重量少了约20吨，这是因为AG600的机身下有船形浮箱，以适应在水上起降。与喷气式客机相比，AG600的空气阻力相对大一些，速度较慢，有效载荷也较低。由于AG600要在水中起降，对飞机的水密性要求很高，同时飞机要具备抗击2米海浪的能力。该机型的主要用途是执行灭火、水上应急救援、海洋巡察等多种水陆两栖作业。

AG600采用了大长宽比机身加船形浮箱、悬臂梯形上单翼布局，T形尾翼，前三点可收放式起落架。飞机采用了综合航电系统，配备红外探测和光学照相等搜索、探测设备，配备了汲水系统，可携带用于水上救援的多种救护设施。动力方面，AG600装配了4台国产WJ-6涡桨发动机，单台发动机起飞功率为3125千瓦。飞机的最大起飞重量为53500千克，最大航程为4500千米。

作为全新设计的国产飞机，AG600在研制中采用了民用飞机的“主承制商+供应商”研制模式和民机适航标准。飞机由中航工业下属的中航通用飞机有限责任公司作为项目的责任主体，中国特种飞行器研究所和中航通飞研究院作为设计单位，中航通飞华南飞机公司是主承制单位。

其中，成飞民机公司负责机头制造，西飞公司承担中机身和机翼制造，陕飞公司承担后机身和尾翼制造，中航通飞华北公司承担短舱制造，中航工业复材中心承担碳纤维复合材料件制造，哈飞工业公司承担浮筒制造，中航工业起落架公司承担起落架制造，飞机的其他部件和设备分别由中航工业、中国航发和中电集团的有关单位制造。

难能可贵的是，AG600的机载产品全部为我国自主研制，这将为我国民机产业的全面发展，特别是民机机载产业的发展闯出一条新路。此外，AG600全机的5

万多个结构件和系统零部件全都由国内供应商提供，全国共有150多家企事业单位、十余所高校的数万名科技人员和生产人员参加了AG600飞机的研制工作。

## 艰难的研制历程

2009年9月，中国唯一的水上飞机设计所——中航工业特飞所启动了AG600的设计工作。当时，该所面临着有经验的水上飞机设计骨干缺失等问题，承担设计任务的技术人员不少是刚刚毕业的大学生。

为解决上述问题，中航工业集团决定从哈飞和洪都等单位抽调一批飞机设计骨干，以加强AG600飞机的设计力量。在这批新调入的技术骨干中，有后来成为AG600飞机总设计师的黄领才和项目研制工作负责人熊贤鹏。此后，位于广东珠海的中航通飞公司成立了飞机设计部门——中航通飞研究院，该研究院承担了AG600飞机的部分设计工作。

2012年5月，AG600飞机项目的可行性研究报告和飞机总体技术方案通过评审，转入初步设计阶段。2013年4月，项目通过初步设计阶段评审，进入详细设计阶段。2013年7月，AG600飞机首次型号合格审定委员会（TCB）会议召开，适航审定工作全面展开。2014年9月，项目完成详细设计阶段评审，开始进入飞机试制阶段。

2015年3月，AG600的中机身、机头、后机身、中央翼等大部件陆续交付，原型机装配工作逐步展开。2015年7月，机身段对接完成，全面进入总装阶段。2016年7月23日，AG600在珠海完成总装下线。当年12月30日，飞机进入地面飞行试验阶段，启动了试飞前的各项地面试验工作。2016年11月10日，

用于进行全机静力试验的002架原型机实现整机适航挂签。2017年4月26日，AG600飞机静力试验机完成了全机67%的静力试验。

在AG600研制过程中，设计团队进行了大量的风洞试验和水动试验，先后攻克了大型水陆两栖飞机的气水动融合布局设计与试验技术、高抗浪船体设计与试验技术、复杂机构高支柱起落架设计技术、海洋环境下腐蚀防护与控制技术、气水密铆接制造技术、机翼薄壁高筋整体壁板喷丸成型技术、多曲变截面船体结构装配制造技术等一系列技术难关，显著提升了我国大型水陆两栖飞机的研制能力。

2017年底，经过研制全线的共同努力和协同攻关，AG600飞机完成了陆上首飞前的各项准备工作。2017年12月24日，AG600的001架原型机在珠海金湾机场成功实现了首次陆上首飞，飞机在飞行64分钟后安全着陆。

飞机陆上首飞成功之后，还要进行水上首飞。为此，要对原型机进行多种结构改装和新设备安装，还要完成一系列相关的地面试验、水面试验和铁鸟试验工作，任务十分艰巨。

为确保研制进度，中航工业党组提出要求，希望AG600研制全线不负众望、再接再厉、集智攻关，要在2018年全力夺取AG600飞机水上首飞的胜利，向党和国家交上一份合格的答卷。

2018年元旦刚过，按照中航工业党组的安排，担任集团公司总工程师的我开始承担起组织协调AG600飞机水上首飞的管理职责，由此踏上了新的征战历程。

（未完待续）



