

大飞机， ——“BEI”子！

马克杯
白色款



内含杯垫



陶瓷杯身



礼盒包装

枢纽建设

- C909 正从这里开始“中亚梦想”
- 全球空运格局调整窗口期的枢纽建设机遇
- 国内通程航班“库尔勒模式”的创新样本



大飞机

JETLINER

06 June

2026.06 | 总第144期

ISSN 2095-3399





P10



P32



P46



P62



P76



05 卷首语

05 在这片热土扎根生长 | 林喆

06 资讯

10 封面文章

10 C909 正从这里开始“中亚梦想” | 张凯敏

14 基于中转视角下的“边疆快线”建设实践研究 | 陈峰

20 全球空运格局调整窗口期的枢纽建设机遇 | 邹建军

24 第六航权：旅途何必直达，处处都有转机 | 李桂进

27 国内通程航班“库尔勒模式”的创新样本 | 冯锐 黄晶

32 航空制造

32 罗罗携 UltraFan 30 重返窄体客机市场 | 陈玉洁

36 从空客机翼生产看专业化发展之路 | 钟怡菲 王元元

40 欧洲发布《欧洲混动、电动与氢动力飞行路线图》 | 纪宇晗 高丹 于凡超 李莉娜

46 航空运输

46 “航油困局”下的行业大考 | 游熙

50 2025 年欧美主流航空公司业绩剖析——兼论中国三大航的差距与优化策略 | 赵巍

56 地方民航航线补贴如何规范 | 卢梦圆

62 产业观察

62 A220 最大订单背后的市场重构逻辑 | 钟敏娟

68 人机比与盈利水平呈反比的减法式经营策略联想 | 张兆全

73 人物

73 吴兴世：发展商用飞机产业是我们必须走的路 | 姜浩峰

76 科普

76 闪电与复材的博弈：如何构筑空中“金钟罩” | 凌晨



封面图片 | 王脊梁 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 06 期 | 总第 144 期 | 06 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 陈 勇

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
编辑部主任 庄 敏

主编 林 喆
副主编 陈伟宁 欧阳亮
责任编辑 张凯敏 哲 良 郑小芳
新媒体编辑 张竞霄
图片编辑 王脊梁
美术编辑 刘晓雨 邵奕辰

采访主任 柏 蓓
文字记者 李 琰 廖天航 赵婷婷
摄影记者 管 超 华思清 颜康植

发行总监 刘 影
广告主管 瞿席燕

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 021-20887106
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



让我们在这片辽阔热土，乘着国产民机的羽翼，继续探索、开发、改进、提升，并以此为起点，让支线航空发展的星星之火点亮更广阔的未来。

卷首语

在这片热土扎根生长

文 | 林喆

且末，隶属于中华第一州——巴音郭楞蒙古自治州，坐落在塔克拉玛干沙漠南缘、昆仑山北麓，深居大漠腹地。距离巴州州府库尔勒 700 多公里，进出只有一条沙漠公路，路途遥远、风沙漫天，往返动辄数日，是名副其实的“天边小城”，一度也是南疆最闭塞的角落之一。

这两年，随着 C909 边疆快线常态化执飞库尔勒—且末航线，把“天边距离”缩短为半小时空中航程。曾经的千山万壑、大漠阻隔，蜕变成如今的朝夕往返，一条“空中天路”让远在天边的小城不再偏远，触手可及。这样的地方，在新疆还有很多。

地面路途遥远，疆内地广人稀的现实，注定支线航空成为联通南北疆、通达疆内外、激活全域发展的关键抓手。如今的新疆拥有全国规模最大的机场网络，以乌鲁木齐天山国际机场为核心枢纽，喀什、伊宁、库尔勒、吐鲁番等次枢纽多点支撑，构建起“一核多辅”的立体航空格局。2023 年 6 月，成都航空率先开通 C909 全疆第一条商业定期航线，拉开了国产支线客机正式扎根新疆支线航空网络，不断织密“干支通 全网联”空中脉络的序幕。经过 3 年的发展，成都航空、华夏航空、乌鲁木齐航空共计 30 多架 C909 飞机连通疆内全部 29 座民航机场，通过“支支串飞、环飞”模式基本实现了疆内民航机场日日通航班的目标，日均执飞近 150 个航班，使 C909“边疆快线”初具规模。

“边疆快线”重构新疆民航的发展逻辑，实现枢纽与支线双向赋能。一条条国产支线客机搭建的空中走廊，不止便利各族群众返乡探亲、学习就医、商旅往来，更串联起草原、雪山、古城文旅资源，激活县域旅游、特色农产品外销等，让偏远边疆共享发展红利。展望未来，新疆作为向西开放的桥头堡，依托新疆航空枢纽和 C909 支线客机，架起空中丝路新桥梁，打通中亚通道，拉近中国与周边国家人文经贸距离，未来可期。

长空通途，扎根的是民生温度，生长的是发展活力。让我们在这片辽阔热土，乘着国产民机的羽翼，继续探索、开发、改进、提升，并以此为起点，让支线航空发展的星星之火点亮更广阔的未来。

本期“封面文章”以新疆航空枢纽建设及支线航空发展为主题，介绍了新疆上空正在发生的变化与新的探索。



01

1 C909 迎来商业运营 10 周年

6月28日,国产商用飞机C909迎来商业运营10周年。10年来,从新生到成熟、从内陆到边疆、从国内到海外,C909飞机规模化系列化产业化发展稳步推进。截至目前,C909飞机已向十余家用户交付186架,占国内支线机队70%,载客超3700万人次,累计开通860余条航线,通航180余座城市,日均执飞超500个航班。

经过10年运营,C909逐步探索出了一条具有中国特色的支线航空运输市场发展路径,形成了“边疆快线”“干支融合”“周边国际”“出海先锋”“衍生发展”五种典型运行模式,有效补充了支线飞机和支线航班的数量,充分释放民航运输航线网络优势,提升通达性,为人民出行提供了便捷的新选择。

▼ 徐炳南 摄



02

2 首架 CBJ 公务机投入商业运营

6月22日,新海航航空集团旗下金鹿公务在上海虹桥国际机场举行了全球首架CBJ公务机投入商业运营首航仪式。此举标志着我国自主研制公务机在高端服务市场取得重要突破,金鹿公务正式成为首家运营国产公务机的运营商,助力中国公务航空迈入全新发展阶段。

首航仪式结束后,当日15时58分,这架注册号为B-65A9的CBJ公务机从上海虹桥机场起飞前往北京,正式开启市场化运营之路。

3 C919 首航延安, 恰与 C909 同框

6月24日上午,C919首次飞抵延安。这架C919飞机当天执行CA1279航班首航北京首都至延安,与正好执行CA2759成都天府至延安航班的C909飞机在南泥湾机场同框出现。

当日,“人民航空为人民 感恩老区担使命”国航系红色航线网络宣介大会在陕西延安举办。活动同步启动老区青年赴京公益研学,邀请师生代表搭乘C919航班赴京参加国航开放日交流活动,参观首都红色文化地标与科教前沿阵地,以公益行动助力老区发展。

4 上海波音新机库正式启用

6月17日,上海波音航空改装维修工程有限公司新机库正式启用。

新机库位于上海临港特殊综合保税区。机库宽度200米,采用无内柱设计,可同时容纳四架宽体机和两架窄体机。该机库为中国同类型中最大单跨结构。

上海波音成立于2006年6月,由波音公司、上海机场(集团)有限公司与中国东方航空股份有限公司共同出资组建。该公司以上海浦东国际机场为基地,已运营20年。



▲ 陶冉 摄

5 “日出计划” 主角 A350-1000ULR 首飞

6月2日,空客专为澳大利亚航空公司“日出计划”(Project Sunrise)打造的超远程客机A350-1000ULR在法国图卢兹完成首飞。

“日出计划”最早是澳航在2017年提出的,其目标是实现澳大利亚东海岸与欧美主要国际枢纽之间的不经停直飞。

按照规划,未来澳航将开通4条核心航线:悉尼—伦敦、墨尔本—伦敦、悉尼—纽约及墨尔本—纽约。其中最具代表性的悉尼—伦敦航线全长约17016千米,预计飞行时间超过20小时,将成为全球最长的定期直飞客运航班。

6 PD-8 发动机启动批量生产

据外媒6月25日消息,俄罗斯联合发动机公司(UEC)已正式启动PD-8发动机的批量生产,首台生产型动力装置已开始组装,将配装SJ-100支线客机。

UEC旗下土星公司负责人伊利亚·科纽霍夫表示,当前产线已具备实现高交付率的能力,首批量产发动机预计将在未来数月内交付客户。目前,SJ-100客机本身的型号认证工作仍在持续推进中。

7 FAA 拟加快新型商用飞机认证进程

近日，美国联邦航空管理局（FAA）公布改革提案，旨在加快新型商用飞机认证进程，同时与欧洲相关法规进行协调。

FAA 表示，通过对标欧盟航空安全局（EASA）的部分合规要求，航空制造企业将获得统一的认证标准，既能压缩认证环节的资金、时间成本，也能降低流程的复杂程度。两大航空监管机构已承诺，将深化在航空安全与适航认证领域的合作。



▲ 来源: <https://www.cannews.com.cn/>

8 亚航将加速退役老旧 A320

亚航集团将在 2026 年内退役 12 架老旧 A320 飞机。亚航集团首席执行官保·林伽（Bo Lingam）近日表示，今年计划退役最多 12 架机龄最长的 A320，优先从菲律宾和印尼子公司着手。过渡期内，两家子公司先接收集团内部调拨的中龄空客 A320 及 A320neo。

亚航集团还计划在 2027 年接收 7 架 A321LR 飞机。林伽表示，这些 A321LR 飞机将逐步投入中程航线运营，例如吉隆坡至釜山及仁川的航线，而亚航此前订购的 15 架 A330-900 飞机订单已被取消。

9 GKN 加州工厂拟部分重启

近日，GKN 航空航天公司位于加州加登格罗夫的工厂计划在部分未受影响的区域恢复生产。该工厂于 5 月底因一装有甲基丙烯酸甲酯的化学罐过热，引发爆炸风险和有毒物质泄漏担忧，导致周边 5 万居民紧急疏散。消防部门随后确认罐体已无风险。

该工厂主要供应波音 737MAX、空客 A350 及 F-35 战机等机型的驾驶舱窗户。目前，员工已返厂进行安全检查，复工初期将从事透明材料的机加工和组装，不涉及丙烯酸制造。目前，美国联邦政府、加州职业安全部门及地方检察官已展开调查。



▲ 来源: <https://www.cannews.com.cn/>

10 Eve eVTOL 完成悬停及低速飞行测试

巴航工业旗下 Eve Air Mobility（Eve）宣布，其全尺寸工程原型机飞行测试活动中的悬停及低速飞行阶段已圆满收官，为 Eve 迈向过渡飞行测试奠定了坚实基础。

未来数周内，Eve 工程原型机将按计划开展地面测试，为预计于 2026 年夏季启动的过渡飞行阶段做好准备。

▼ 来源: <https://www.cannews.com.cn/>



C909 正从这里开始 “中亚梦想”

文 | 张凯敏 编辑 | 张凯敏



徐炳南 摄

2023 年 6 月，C909 进入新疆运营。经过 3 年的发展，从最初的阿拉尔过夜基地，发展到乌鲁木齐、喀什、伊宁、吐鲁番多个枢纽，运营航司从 1 家发展到 3 家，成都航空、华夏航空、乌鲁木齐航空共计 30 多架 C909 飞机连通疆内全部 29 座民航机场，实现了“疆内环飞、一日可达”。

在新疆这个航点间距离普遍较长、客流密度较小的市场，C909 这款支线客机体现出自身客座数较少、比干线客机单机运营成本低的优势，以喀什、伊宁、吐鲁番等次枢纽为核心，通过“支支串飞、环飞”模式基本实现了疆内全部民航机场日日通航的目标，使 C909 “边疆快线”运营模式初具规模。

喀什，是目前国内 C909 最西端的运营枢纽，成都航空、华夏航空均安排该机型运力在此过夜。喀什—胡占德、喀什—奥什是 C909 已经开通的两条连接我国新疆与中亚的“空中桥梁”，这让喀什成为 C909 在疆的第一个国际航线枢纽。

特别值得关注的是，喀什—奥什航线于今年 4 月底开通，仅仅一个多月后的 6 月初，成都航空就宣布将这条航线由最初的每周运营 1 班加密到 2 班，理由是商务需求旺盛。

在一张喀什机场“航空经济圈概念图”上，记者看到，以喀什为圆心，1.5 小时航空圈内覆盖的主要城市包括阿拉木图、阿斯塔纳、塔什干、比什凯克、杜尚别、喀布尔、伊斯兰堡以及新德里，3 小时航空圈可以覆盖迪拜、德黑兰、多哈、第比利斯、加德满都、达卡，不到 4 小时可以抵达莫斯科，6.5 小时抵达伦敦。

仅从航程来看，C909 可以轻松覆盖大部分中亚主要城市。并且，参照目前该机型最长不经停航线广州—美娜多 4 小时的飞行时长，从喀什飞往迪拜、第比利斯，甚至莫斯科都是可以考虑的。

当然，对于民航运输业来说，能不能飞到只是第一步，航线两端是否有足以维持运营的客流支持至关重要。一条航线两个端点，在一般人看来，点对点的客流决定了一条航线的“生死”，但越来越多专家学者对枢纽与中转的观点，或许正在改变大家的固有观念。

拥抱第六航权 C909 更多中亚航线不是梦

第六航权又称桥梁权，指航空公司经本国中转连接境外两国的权利。例如，国航同时拥有北京—首尔、北京—法兰克福两条航线的航权，便可以运营首尔—北京—法兰克福航线。有学者特别指出，第六航权对航司来说“与生俱来”，只要有任意两条前往不同目的地国家的航线便可经营，无需任何申请或报备。

上海浦东国际机场 T2 航站楼，韩亚航空每天有 3 个航班从这里出发飞往首尔。有意思的是，韩亚航空的值机区域中，有一个专门为前往北美旅客办理乘机手续的柜台。据有关专家介绍，长期以来，韩国航司纷纷潜心经营中国国内经首尔仁川转机前往美国、加拿大的航线，为其北美航线贡献了大量客座率与票款收入。

7 月 1 日起，韩亚航空将每日上海出发第一班前往首尔的航班从早晨 8 时提前到凌晨 1 时，为的是让更多从上海出发的旅客能够来得及当天中转首尔上午出港的航班，而这些航班大多为飞往日本、东南亚的中短途航班。可见，国外航司对第六航权这门生意可谓下足了工夫。

目前，成都航空已开通喀什出发至胡占德、奥什的两条国际航线，理论上讲，可以出售胡占德经喀什中转至奥什的联程机票。

把第六航权作为概念引入国内航线，

一家航司可以将任意同一目的地出发的两个航班连接成中转航班进行销售，这也是目前中国民航局正在推广的国内通程航班。华夏航空是比较早引入此理念运营干支结合航班的航空公司，库尔勒、阿克苏均是其涉及新疆航线的主要中转枢纽。

上述模式在形成一定规模效应后，会显著提高枢纽出发各航班的客流。记者近期发现，不少境外航司执飞中亚至新疆航点的航班拥有较高的客座率，而背后的秘诀正是来自其自身枢纽的中转效应。例如：国泰航空利用香港中转，将东南亚旅客运送到乌鲁木齐；哈萨克斯坦飞狮航空利用阿拉木图通往伊斯坦布尔、迪拜的航线网络，将土耳其、阿拉伯地区的旅客带到伊宁。

目前，成都航空已与南航建立了包括新疆、东北等地的跨航司中转网络，南航通过其遍布全国的骨干航线网络将旅客运送到乌鲁木齐、伊宁、喀什、哈尔滨等枢纽，再由成都航空 C909 航班完成前往中小支

线机场的运输。随着成都航空疆内网络的不断织密，或许类似的合作将从国内航司逐渐扩展到境外航司。

由此畅想，成都航空在喀什、伊宁等枢纽开辟更多国际航线或许不再只是梦想。

打造航班波 让中转在疆内更加顺畅

奇台机场是新疆近年来新通航的支线机场之一，成都航空正将该机场打造成其航线网络的进出疆通道。

据介绍，在设置干支航班衔接时，成都航空引入了航班波概念——11 时许，从库尔勒、喀什飞来的 C909 抵达奇台，可以方便两条航线互转，也能衔接后续前往阿勒泰，以及出疆前往郑州、福州的航班，而 14 时许郑州、福州抵达奇台的旅客则可以快速衔接当天前往喀什的 C909 航班。

据有关专家介绍，航班波是加快旅客中转效率的重要手段，国际大型枢纽一般

都采用这种高效的模式，提高旅客快速中转过站效率，从而达到缩短总行程时间的目的。统计数据显示，国内大型航空枢纽近些年也逐渐引入航班波概念，但与国际运营水平相比尚存在差距，需要航司、机场等多方联合研究中转高效运营的方法。

与此相关，机场中转最短衔接时间（MCT）也是一个与运营效率相关的概念。MCT 指的是从前序航班计划抵达时间开始多久，可以衔接后续出港航班。以乌鲁木齐机场为例，其 MCT 为：国内转国内 60 分钟，国内转国际 100 分钟，国际转国内 120 分钟。而一些国际大型枢纽，如香港、首尔仁川，国际转国际的 MCT 都已压缩到 50 分钟。因为决定了中转后续航班的最短时间，该指标也成为大型枢纽间比拼硬实力的一个重要因素。

目前，境内枢纽国际中转业务多为国际、国内互转，而中转流程中设有旅客、行李出入境检查环节，这是 MCT 难以进一步缩短的主要原因之一。

此外，成都航空正在运营中推动飞机快速过站，目前其吐鲁番枢纽实现了前后航班间 35 分钟短停。随着不断积累经验，此举有望进一步提升 C909 运营效率，特别在新疆地区航程较短、航段较多的运营条件下。

运营高密度航线 或将带来“滚雪球”效应

在不断提升航线通达性，确保新疆境内全部航点日日通航的基础上，成都航空正在加强几个疆内枢纽间的航班连接密度：吐鲁番—伊宁每周 14 班、吐鲁番—喀什每周 17 班，均由 C909 执飞；乌鲁木齐—喀什每周 14 班，每天一班 C909，另一班则由机队中最大的 A321 执飞。

有学者表示，从市场规律来看，一条



航线每天用 C909 飞早晚两班与用单通道

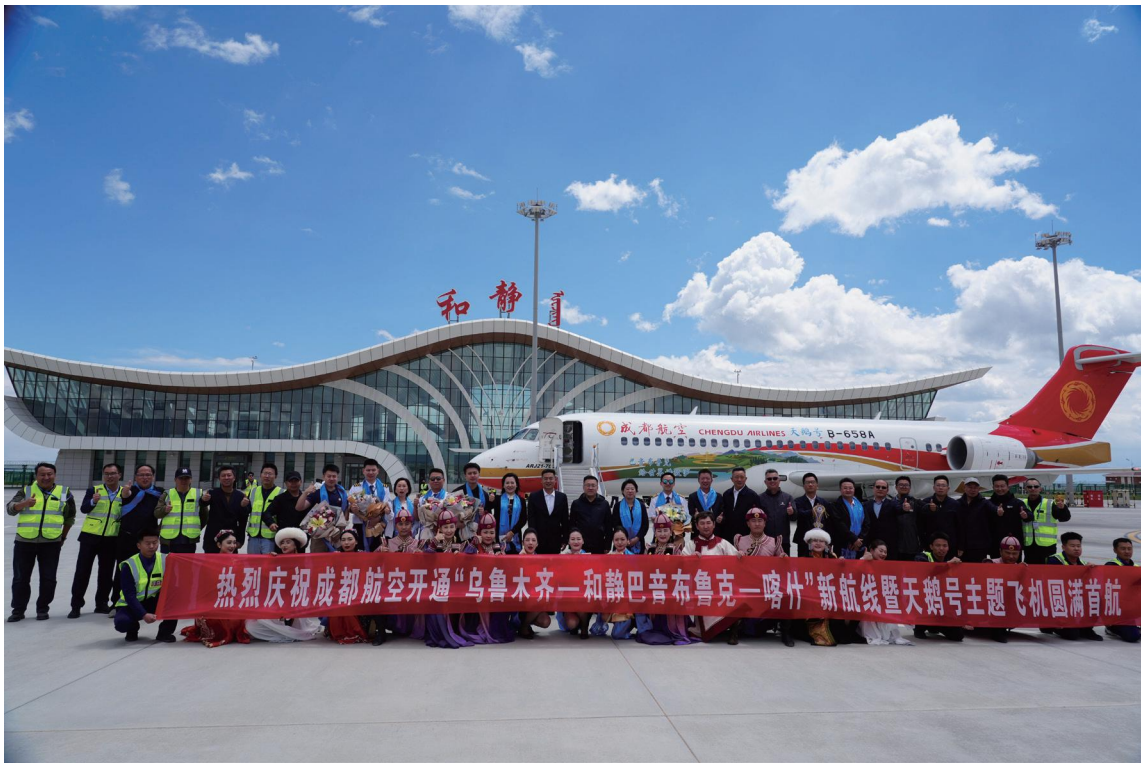
▲ 王脊梁 摄

飞机飞一班载客量相当，但对于客流培育来说前者效果明显。在黑龙江，成都航空正使用 C909 高密度运营哈尔滨—黑河航线，每周超 30 班，单日最多运营 5 班。从零起步，这正是航班密度对客流增长促进的显现。

还有专家指出，随着同一枢纽高密度运营的航线不断增加，会为相互之间的中转，以及一些支线、新开航线的客流带来“滚雪球”效应，前文提及国泰航空香港—乌鲁木齐、飞狮航空阿拉木图—伊宁航线当前的景象，就是成都航空、C909 疆内航线的未来画面。

随着我国正加快“一带一路”核心区建设，新疆成为我国向西开放的桥头堡。新疆建设国际航空枢纽未来可期，成都航空、华夏航空、乌鲁木齐航空以及更多航司与 C909 也未来可期。期待 C919 也能尽早参与到这场建设中来，共同把新疆航空运输市场做实、做大、做强。

▼ 王脊梁 摄



基于中转视角下的“边疆快线”建设实践研究

文 / 陈峰 编辑 | 林喆



▲ 王脊梁 摄

在民航高质量发展与区域协调发展的双重驱动下，“边疆快线”作为“干支通、全网联”理念在西部地区的先行实践，将传统的“点对点”支线运输重构为“干支通、全网联”的中转生态系统。通过高频次串飞织密疆内“毛细血管”航线，无缝衔接干线“大动脉”，实现了从“单点通航”到“全域通达”的质变。本文立足航空公司中转视角，围绕中转产品定价、中转服务保障、航线网络衔接、机场通达性提升四个维度，系统分析成都航空以 C909 机队为载体，推动边疆地区航空运输从“物理连接”向“化学融合”跃升。通过构建利益共同体、打造智慧化保障体系及深化

“航空+”生态，形成覆盖全疆、联通全国的高效航空网络，将“边疆快线”打造为国家边疆治理现代化的航空样板。

为何必须走“中转”之路

新疆地域辽阔，面积占全国六分之一，地州间距离动辄上千公里，2025 年新疆总人口 2600 多万，这一特殊的地理特征及人口总量，决定了传统航空模式难以有效满足边疆地区的出行需求：一方面，除乌鲁木齐、喀什等少数大站点外，多数地州单点客源不足以支撑高频次直达干线，导致航班稀少、票价高，旅客“想

走走不了”；另一方面，普通中转旅客需自行在中转地进行二次托运、二次安检，时间成本与体验痛点极大抑制了潜在出行需求。

在此背景下，“边疆快线”应运而生。其本质并非简单的增加航班，而是以中转为核心逻辑，通过支线飞机的高频次集散，将分散的边疆客源汇聚至枢纽或次枢纽，再批量运送至全国。这是破解边疆交通“最初一公里”与“最后一公里”难题的唯一可行解。

从政策层面看，民航局明确提出构建“干支通、全网联”航空运输网络服务体系，并将新疆列为先行试点地区，

政策导向从追求“通达率”转向追求“中转便捷度”。从技术层面看，国产 C909 飞机具备灵活布局、高效性能和强环境适应性，优异的高原、高寒及抗侧风性能，是适合边疆复杂环境的机型，也是目前支线航空市场的有力竞争者。成都航空作为国产 C909 飞机全球首家商业运营商，肩负着验证国产飞机在边疆规模化运营、探索“国产飞机+边疆网络”新模式的双重使命。

自 2023 年 6 月首架 C909 执飞阿拉尔—伊宁航线起，成都航空就以新疆为战略支点，系统性推进网络布局。截至 2026 年 6 月 28 日，成都航空在疆 C909 运力已达 21 架，覆盖吐鲁番、喀什、伊宁、乌鲁木齐四大过夜基地；形成以乌鲁木齐为“一核”、喀什、伊宁、吐鲁番为“三翼”的干支航线网络，覆盖全疆所有在运营机场。成都航空并未简单复制传统的“省会辐射”模式，而是针对新疆地理特征，创新性地构建了多层级网络结构——从“放射状”到“环飞串飞+枢纽衔接”。利用 C909 机型优势，开通了大量疆内“环飞”和“串飞”航线，如伊宁—库车—石河子—阿拉尔环线，以及喀什—塔什库尔干高原航线，使新疆航空网络从“单点通达”走向“全域互联”。

从“点点定价”到“OD 一体化”的价值重构

在传统航空商业模式中，票价是航段的函数，而非旅程的价值映射。这种“点点定价”模式在中转场景下极易造成价格扭曲：旅客需分别购买“始发地—中转地”与“中转地—目的地”两张机票，不仅操作繁琐，更因各航空公司独立收益管理导致总价远高于全程价值，严重抑制中转意愿。在目前的技术支持下，旅客输入始发

地和目的地,既可以显示点对点航线价格,还可以显示由在线旅游商 (OTA) 组合的中转联程航班价格,包含中转地、中转时长,总时长、中转权益等信息。也可以自建中转系统,通过 OD (起点到终点) 定价实现价格重构,灵活定价,贴合市场,干支结合,提升增量客源,提升“边疆快线”客座率。

何为 OD 定价? OD 定价是航空收益管理中的核心概念,OD 是 Origin (起点) 和 Destination (终点) 的缩写。OD 定价指的是不按单个航段 (航节) 来定价,而是以旅客完整的行程 (起讫点) 作为整

体进行定价,综合考虑旅客的市场需求、竞争状况、旅客价值感知、时间价值等因素来制定价格,丰富了旅客的选择,降低了旅客的出行成本,也使得航空公司对不同的 OD 市场实施差异化的价格策略,实现收入最大化。

成都航空在“边疆快线”建设中,逐步将 OD 定价的理念付诸实践,对旅客来说,在价格、出行体验、航班选择、个性化需求方面能有更多的满足感,让旅客用更合适的价格买到更合适的行程。让航空公司从“买座位”升级为“卖行程”,实现收益最大化,实现从成本导向到价值导向的根本性跃迁。

成都航空打破将疆内各个机场视为孤立节点的传统思维,建立“疆内支线城市—枢纽城市—疆外城市”的定价矩阵。所有选择成都航空中转的旅客,无论始发地是喀什、库尔干、喀什、阿勒泰还是塔城,通过乌鲁木齐或成都中转抵达北京、上海、广州等地的票价,均由同一套算法生成。

其核心逻辑在于: C909 在疆内高频次、公交化的环飞,稳定了“疆内—疆内”“疆内—枢纽”航段的客源基础与单位成本;而枢纽机场出疆方向的密集干线运力,共同保障了“疆内航点—枢纽/次枢纽—疆外城市”往返航段的供给弹性。二者协同,使全程票价能真实反映整个链路的综合运营效率与市场价值。成都航空在喀什、伊宁、吐鲁番三地投放了 16 架运力,旅客可从这三地中转至疆外的城市,旅客出疆不仅会有更多的选择,而且价格比从乌鲁木齐中转要便宜许多,再加上全程无忧的服务保障,对旅客更具有吸引力。

2025 年的数据显示,喀什—广州经成都中转的全程票价,较直飞低 28.3%,较分段购票总价低 19.7%。价格优势成为旅客选择中转的首要动因。此外,选择隔夜中转的旅客还能在中转地感受风土人

情,享受“多玩一城”的独特体验。

同时,成都航空进一步加强跨航司合作,积极拓展网络协同效应。成航联合南方航空、四川航空、厦门航空、天津航空、华夏航空等多家公司,推动 C909 执飞的疆内航线与联运合作航空公司执飞的出疆航线进行衔接组合,构建高效协同的“疆内+疆外”中转航班网络。

通过收益管理的运价调整,实现不同时段、不同组合的动态定价。依托第三方平台热门 OD 组合 (如“阿勒泰—成都”“那拉提—杭州”) 的搜索热度与转化漏斗数据,系统动态计算合适运价并更新最优价格区间,实现中转组合的实时调价与竞争航班价格的智能匹配,最大化网络协同价值。

当然,OD 定价不应采取“一刀切”的标准化模式,而应以旅客细分画像为基础,实施差异化、场景化的产品定价策略。本研究提出面向两类核心客群的精细化定价实践路径。

面向旅游散客群体: 构建“中转乐游套票”产品体系,深度融合“多玩一城”概念,以隔夜中转旅客为关键目标客群,通过票价联动机制,将航空运输服务与经停地文旅资源有机整合,在保障航班收益的同时延伸旅客停留时长与消费链,提升中转枢纽的非航收入贡献度。

面向价格敏感型旅客: 创新推出“新疆随心飞”系列弹性出行产品,包括次卡、月卡等多元套票产品,有效降低边疆地区居民的边际出行成本。此举不仅提升了 C909 航线网络在区域的触达性与渗透率,而且推动形成了“多点进出、环游新疆”的开放式旅游交通格局,强化了航空运输对区域旅游经济一体化和商务要素流动的赋能效应。

2025 年,成都航空新疆进出港中转客源达 12.2 万人次,跨航司中转客源占

比超 60%。其中同一订座记录下完成全程预订与值机的比例高达 93.1%,表明价格机制已基本弥合了信息与流程鸿沟。

然而,挑战依然存在。当前中转产品主要覆盖成都航空自身及有联运协议的航空公司,难以广泛实现真正的“一张客票、一次支付、一个票价”。这也是“干支通、全网联”在跨航司合作层面尚未完全打通的缩影。未来亟需在民航局统筹下,依托“国内通程航班服务管理平台”,推动建立跨航司的 OD 收益共享与结算机制,让“干支通、全网联”不仅体现在物理连接上,更体现在价值分配的公平性上,形成合作共赢的局面。

从“单点加密”到“多维耦合”的网络智能

航线网络是“干支通、全网联”的物理骨架,其价值不在于单点密度,而在于节点间的衔接效率与耦合紧密度。成都航空在新疆的网络衔接策略,以解决旅客出行为核心,不断优化时刻衔接,促进疆内航线有效对接出疆航班,最终进化为一种以 C909 机队为纽带、多维数据为驱动的“多维耦合”智能网络。

该网络结构可具体为“三纵三横”,三纵 (纵向主干) 包括——

北疆纵轴: 依托乌鲁木齐枢纽,串联克拉玛依、巴里坤、喀纳斯、塔城,形成面向中亚的开放走廊。

天山纵轴: 以伊宁为核心,贯通阿勒泰、昭苏、那拉提、阿克苏、吐鲁番、奇台、富蕴、博乐,打造“天山旅游黄金线”。

南疆纵轴: 以喀什为龙头,辐射喀什、库尔干、和田、且末、若羌、图木舒克、阿拉尔、于田,构筑“一带一路”西向门户。

三横 (横向动脉) 包括——



东疆横轴：吐鲁番—哈密—敦煌，打通新疆与甘肃的文旅大通道。

中部横轴：乌鲁木齐—喀什—塔什库尔干，实现疆内东西部的快速直达。

南部横轴：喀什—和田—于田—且末，强化南疆内部互联互通。

在“纵”与“横”的交汇点，均设有 C909 过夜基地或高频次环飞节点，确保旅客可在任意交汇点灵活换乘，逐步让旅客摆脱对单一枢纽（乌鲁木齐）中转的依赖。2025 年，成都航空编排的航线网络使疆内任意两座机场间的平均中转次数由 2.1 次降至 1.3 次，平均中转耗时由 382 分钟压缩至 247 分钟。

网络的智能性体现在其动态进化能力。成都航空建立了“疆内航线网络健康度指数”，每季度评估各航线的六大维度：客座率、准点率、中转转化率、旅客净推荐值、地方 GDP 贡献度、文旅产业带动系数。

基于此指数，2025 年对网络进行了两次重大优化：一是加密“喀什—伊宁”航线至每日 5 班，以满足日益增长的南北疆商贸客流；二是新开“那拉提—乌鲁木齐”早班机，精准对接乌鲁木齐出疆早高峰干线，将那拉提游客赴内地的平均总耗时缩短至 5.8 小时。这种“评估—诊断—优化”的闭环，正是“干支通、全网联”从理念走向实践的生动体现。

从“能飞起来”到“飞得值”的价值跃升

2025 年，依托“边疆快线”网络，全疆 27 个运输机场中，有 25 个实现了每日至少 1 班的常态化运营，覆盖率 92.6%；疆内任意两座机场间，4 小时内可抵达的出行产品组合占比达 88.3%，6 小时内可触达率 100%；经成都中转

赴全国一线城市的平均总票价，较 2023 年下降 17.2%，其中三四线城市降幅达 22.8%；中转旅客在成都的平均停留时间从 2023 年的 11.2 小时优化至 2025 年的 7.8 小时，显著提升了时间效率。

快线改变生活：一名来自塔什库尔干的患者，如今可以乘坐每日 1 班的 C909 航班，用 1 小时抵达喀什，再经成都中转，12 小时内便可出现在广州的医院里接受治疗；一名伊犁的大学生，凭借优惠的中转票价，用不到 800 元的成本，便可从家乡回到杭州的大学校园。通达性，已从一个技术指标，升华为一种发展权利。

此外，从社会协同效应看，“边疆快线”的价值早已溢出交通领域，成为撬动区域发展的战略支点。

经济赋能：2025 年，依托高效中转，喀什跨境电商出口额同比增长 41.7%，大量本地干果、地毯通过成都枢纽快速销往全球。

文旅激活：“伊宁—成都—三亚”中转旅游线路，带动南疆游客赴海南旅游人次增长 320%，反向亦然。

人才回流：阿勒泰地区 2025 年引进高层次人才数量创历史新高，C909 让回家的路不再遥远，是吸引人才的关键软环境。

医疗普惠：依托“边疆快线”网络，喀什地区百姓到内地三甲医院就医，转院时间由过去平均 3 天可缩短至 8 小时。

构建“边疆快线”可持续发展的长效机制

成都航空在新疆“边疆快线”的实践证明：“干支通、全网联”不是一句空洞的口号，而是一套可设计、可执行、可评估的系统性解决方案。其成功的关键在于始终将“中转”作为价值创造的核心枢



▲ 王脊梁 摄

纽，通过 OD 一体化定价重塑价值逻辑、多维耦合网络优化物理连接、通达性提升兑现民生承诺等形成强大的正向循环，共同托举起一个充满活力的边疆航空出行新生态。

面向未来，要将这一“快线样本”推向全国，须着力构建三大长效机制。

一是制度保障机制。加快制定“干支通、全网联”中转服务行业国家标准，明确跨航司 OD 定价规则、数据共享边界、责任共担原则与监管问责机制，让各机场、航空公司参与进来，共同为全国推广扫清制度障碍。

二是技术赋能机制。依托中航信“民航中转旅客服务平台”，整合全行业航班、旅客、航班动态数据、空中服务平台、地面保障信息、空管资源数据，实现中转需求的秒级响应与资源的全局最优配置。

三是生态共建机制。鼓励地方政府将

“中转便利化”纳入营商环境考核，支持机场、航空公司、OTA、文旅、物流等主体共建“中转服务共同体”，提升中转效能，助推区域协同发展。

“边疆快线”不是一条地理意义上的航线，而是一条以中转为支点、以通程为杠杆、以人民为中心的服务跃迁之路。成都航空将持续深化“干支通、全网联”航线网络布局，探索打造“干支通、全网联”边疆快线新模式、新品牌。真正的边疆快线，不在于飞得多远，而在于接得有多稳；不在于航班多密，而在于旅客多安心。



▲ 华思清 摄

全球空运格局调整窗口期的枢纽建设机遇

文 | 邹建军 编辑 | 林喆

在全球经济、政治、技术与气候等多重因素交织影响下，全球航空业正进入市场格局深度调整的关键窗口期。

地缘冲突频发、供应链持续中断、运营成本高企、贸易壁垒加剧，叠加人工智能、低空经济等新技术快速迭代，推动航空运输网络、枢纽竞争格局与资源配置方式发生根本性变革。在此背景下，国内类似乌鲁木齐天山国际机场这

样，依托独特区位优势与国家战略支撑的门户机场，迎来了打造亚欧航空枢纽新标杆的历史性机遇。

格局之变：全球航空业进入深度调整窗口期

当前全球航空业的发展环境，正从稳定增长转向复杂多变，固有风险与突

发不确定性因素叠加，推动市场格局进入深度重构阶段。

一是多重压力交织，航空服务“中断”常态化。全球航空业面临供应链中断、保险费用上涨、燃料价格高企、运行维护成本增加、熟练劳动力短缺等多重压力，行业运行稳定性持续下降。

同时，极端天气事件频发，干旱、洪涝、飓风、地震等灾害直接冲击航空设施与运输链条，进一步加剧运营风险。

二是地缘与经济因素重塑市场结构。地缘政治格局变幻莫测，俄乌冲突、中东局势、大国关系调整等，深刻影响国际航空通道与市场布局。

国际贸易摩擦加剧，贸易壁垒增多，全球主要经济体增速放缓，发展中国家债务风险上升，通货膨胀压力持续，导致航空市场需求结构与区域表现分化明显。

从市场数据来看，2015～2025 年全球窄体机长途航线数量波动变化，2019～2024 年各区域航空市场表现差异显著：欧洲内部、欧洲—北美等传统市场保持温和增长，中国—东北亚、中国—大洋洲等市场出现明显下滑，南亚、南美内部等新兴区域市场增速突出。这一变化表明，全球航空客流与运力正从传统欧美主导格局，向多元区域分散转移。

三是中东冲突加速枢纽格局重构。

2025 年爆发的中东地区冲突，成为全球航空枢纽格局重构的重要催化剂。数据显示，2025 年全球国际收入客公里（RPK）的 10% 经由中东地区中转，超 6700 万人次旅客通过中东枢纽完成转机，其中中国在 2025 年有超百万旅客以迪拜、多哈为首要中转点到达第三方国家或地区。

冲突爆发后，中东地区航班服务一

度出现 73% 的大规模中断，客运市场影响从初期安全风险，逐步转化为高油价、高通胀的长期冲击，全球航空运力向中东以外区域分流，为亚欧内陆枢纽发展创造空间。

机遇所在：乌鲁木齐枢纽建设的“天时、地利、人和”

在全球空运格局调整的大背景下，乌鲁木齐航空枢纽建设恰逢其时，兼具政策、区位、市场三重优势，形成“天时、地利、人和”的发展合力。

天时：行业趋势与国家战略双重赋能。

首先，高油价往往能倒逼枢纽结构优化。高油价与高 CPI 通常对应航空业低净利润率，行业普遍采取取消短途航线、聚焦核心枢纽的发展策略。2026 年国内夏秋季航班数据显示，1200 公里以下短途市场持续萎缩，2000 公里以上长途市场成为增长核心，2500 公里以上航线增速最为突出。

乌鲁木齐作为西向长途航线核心节点，枢纽价值显著提升，疆内市场成为行业“扬长避短”的最优选择。

其次，入境旅游市场迎来高速增长期。中国国际旅游服务从单向出境主导，转向入境游加速增长。2025 年外国人入境游客量创历史新高，发达国家和中等收入国家旅游与旅行者对中国的旅游关注度持续提升，是推动国际航线成为行业增长主导力量的关键要素。

第三是国家战略定位明确支撑。作为丝绸之路经济带核心区与“五大中心”建设的重要载体，乌鲁木齐被定位为“辐射中亚和西亚、连接欧洲大陆的重要门户航空枢纽”，国家向西开放的战略部署，为枢纽建设提供了政策、资源和机

制保障。

地利：区位优势构建西向航空通道核心。

乌鲁木齐地处亚欧大陆地理中心，是连接中国内地与中亚、西亚、欧洲的天然航空节点，已搭建了西向航空通道的雏形。

2025 年数据显示，经乌鲁木齐中转的旅客覆盖格鲁吉亚、哈萨克斯坦、俄罗斯、乌兹别克斯坦等 20 余个国家，形成三级客流梯队：第一梯队为 3 万人次以上的格鲁吉亚、哈萨克斯坦等；第二梯队为 1 万～3 万人次的俄罗斯、乌兹别克斯坦等；第三梯队为 5000～10000 人次的伊朗、亚美尼亚等。

同时，乌鲁木齐 6 小时飞行圈覆盖中亚核心区域，9 小时飞行圈延伸至西亚、东欧，具备打造亚欧中转枢纽的天然区位条件。

人和：市场需求与产业基础协同发力。

中国与中亚、西亚、欧洲的经贸往来持续深化，跨境物流、商务出行、旅游交流需求旺盛，为航空枢纽提供坚实市场基础。

同时，乌鲁木齐作为国际性综合交通枢纽城市、面向中亚西亚的交往中心、国际商贸物流中心，产业配套与城市功能不断完善，形成了“航空枢纽+经贸物流+文化交流”的协同发展格局。

策略建议：把握窗口期，打造亚欧航空枢纽新标杆

乌鲁木齐航空枢纽建设，需立足全球格局变化与自身优势，坚持战略聚焦、精准施策，推动从传统航空港向亚欧航空枢纽新标杆转型。

一是以经济联系为根基，做强服务贸易。

航空枢纽与地区经济、产业发展相互促进，但枢纽建设无法脱离经济基础凭空形成。

乌鲁木齐西向航空通道与枢纽的形成，根植于中国与中西亚、欧洲的经济联系，因此必须立足经贸往来，做大做优服务贸易，重点发力金融、咨询、技术等知识密集型行业，依托航空连接性提升城市全球吸引力。

二是发挥政府统筹作用，完善枢纽建设环境。

强化基础设施与交通衔接，完善枢纽综合交通网络，解决“最后一公里”痛点，优化空地联运空间，开发多式联运客货服务产品；加强枢纽运行监管，提升航班准点率、行李交付效率、靠桥率等核心指标。

提升中转服务体验，推动信息共享、标识优化、流程简化，推出乌鲁木齐中途停留优惠政策，覆盖数小时至数天不

同时长，将中转等待转化为旅游消费；加强航站楼在地文化视觉传达，提升枢纽品牌知名度。

推动绿色与智慧转型，加快可持续航空燃料（SAF）基础设施布局，推进智能生产技术应用，打造全球能源与环境绩效标杆；建设智慧货站与物流数据中枢，提升货运数字化水平。

突破政策瓶颈，积极推动联检服务创新，提高通关效率，用好与 240 小时过境免签政策相关的便利服务措施，并力争获得更开放的突破。当前全国 60 个开放 240 小时过境免签口岸中，47 个为航空口岸，乌鲁木齐作为“3+7”核心枢纽，尚未开放该政策，政策突破将大幅提升国际中转吸引力。

三是坚持客货协同，优化航线网络结构。

抓住国际旅游“斯坦”现象与中国旅游竞争力提升机遇，精准对接市场需求，开辟中东欧、东北亚、东南亚、澳新等客运新航线，完善“东联西出”网络。

对接地区产业转型需求，打造与空运区位匹配的国际航空物流通道，服务跨境电商、高端制造、生鲜农产品等特色产业；将包机航线逐步转化为定期航班，提升物流履约稳定性。

清晰区分疆内环线、进出疆通道、西向国际通道功能，最大化提升航权、时刻等核心资源使用效率；针对 OD 流量远大于航线流量的市场，填补航线空白，减少客流境外中转流失。

四是转型服务模式，打造目的地管理枢纽。

顺应旅客体验需求升级趋势，推动从传统枢纽服务向目的地管理模式转型。

重构空间与流程，扩大机场公共区开放范围，整合混合零售、在地美食、

文化体验等业态，打造安全、沉浸式的出行环境。

应用数字技术，推广生物识别智能验证、自动海关、行李追踪、实时翻译等技术，实现全流程无缝衔接；满足旅客对个性化、人性化服务需求，强化员工同理心与主动服务意识。

挖掘在地价值，突出新疆特色文化、美食与旅游资源，让机场成为城市与区域的展示窗口，提升旅客对目的地的认同感。

五是构建开放生态，打造一体化服务供应链。

秉持开放、合作、共赢理念，构建乌鲁木齐一体化航空服务供应链，打造高效协同、多方联动的航空枢纽生态；建设智慧机场，打造数据中枢与服务链平台，用区块链等技术打通不同航司间的市场与服务协作，提升枢纽连接性与运行效率；发挥枢纽的门户作用，推动航空业与多产业融合，推进“港—产—城”一体化，构建产业共同体，放大西向通道与枢纽经济效应。

全球空运格局深度调整，为乌鲁木齐航空枢纽建设带来前所未有的战略机遇。立足“天时、地利、人和”的综合优势，乌鲁木齐需把握窗口期，以政府统筹为保障、客货协同为核心、服务转型为抓手、开放合作为支撑，加快建成辐射中亚、西亚，连接欧洲的亚欧航空枢纽新标杆，为国家向西开放、丝绸之路经济带建设注入强劲航空动力。



▼ 华思清 摄

第六航权：旅途何必直达，处处都有转机



▲ 来源：<https://www.seetao.com/>

文 | 李桂进 编辑 | 张凯敏

第六航权 (sixth freedom of the air)，也被称为桥梁权 (right to carry traffic between two third States via home State)，是指某国或地区的航司在境外两国或地区之间载运客货且中途中停其登记国或地区的权利。

历史上，第六航权的传统玩家包括英国航空、荷兰皇家航空、新加坡航空和国泰航空等航司。本世纪以来，阿联酋航空、卡塔尔航空和阿提哈德航空都在第六航权业务发力并快速崛起，一度以“中东三杰”称雄于洲际航空市场。

新冠疫情后，土耳其航空一骑绝尘，成为实施中东第六航权的“第一高手”。在英国航空数据和分析服务提供商 OAG 发布的全球超级枢纽连通性排行榜上，土耳其航空的伊斯坦布尔枢纽由 2024 年度的第 8 位跃升到 2025 年度的第 2 位。伦敦希思罗机场连续 3 年获得这个排名的冠军，足以显示英航在枢纽锻造方面的深厚功底。

这个排序取决于两个指标：第一个指标是最繁忙那一天的转机数量，2025 年度伊斯坦布尔机场第 1，迪拜机场第 8；第二个指标是最繁忙那一天的服务目的地数量，2025 年度迪拜机场第 5，多哈机场第 24，第一名还是伊斯坦布尔机场。

虹吸有道，让旅客坐满 110 多架 A380

说到全球宽体机队的领先者，不得不提阿联酋航空，旗下 A380 机队数量超过 110 架。让全世界同行都羡慕，阿联酋航空是如何提升这些飞机每架约 500 个座位的客座率的？为什么它的收入利润率可以超过 10%？

行业研究表明，中东航司之所以傲视群雄，既不靠人口众多，也不靠幅员辽阔更不是仰仗经济体量或军事实力强大，它们的核心竞争力是枢纽网络的虹吸能力和产品的品牌效应。

强大的虹吸能力与第六航权的利用密切相关。第六航权不是争取来的，而是利用现成的第三、第四航权组合起来的。举一个例子，南航用第六航权可以安排旅客乘坐 2026 年 6 月 19 日 CZ6042 航班从德国法兰克福到乌鲁木齐（德国到中国的第三航权），在乌鲁木齐再换乘南航 6 月 22 日 CZ6007 航班到巴基斯坦伊斯兰堡（中国到巴基斯坦的第四航权）。6 月 19 日，法兰克福到伊斯兰堡，没有直飞航班，但有较多的中转联程航班，中转地包括多哈、迪拜、阿布扎比、伊斯坦布尔和利雅得。卡塔尔航、阿联酋航、土耳其航和沙特航分别用各自的第六航权，组合出来的国际联程航班，其频次、价格、总时长、行李直达和退改签政策都很诱人。

从上世纪 90 年代开始，美国倡导的天空开放政策，使得第六航权成为决定

航空枢纽洲际竞争力的重要武器。第六航权的功能被中东承运人发挥到了极致，实现了它们航空立国的梦想，改变了全球航空枢纽的竞争格局。

中东的迪拜、阿布扎比和多哈，位于“五海三洲”之间，也就是里海、黑海、地中海、红海、阿拉伯湾和亚洲、欧洲、非洲之间，是东西方的交通要道和贸易枢纽，用 10 年前流行的宽体机，飞行 8 个小时，可以覆盖世界三分之二的人口。第六航权的广泛运用，使得阿联酋和卡塔尔——两个几乎没有国内航空市场的国家，成为连接欧洲与亚洲、澳洲和北美、非洲和亚洲的理想中转点，给亚欧传统的枢纽带来巨大的挑战，特别是抢夺了伦敦—悉尼这样高收益的“袋鼠航线”的生意。

得天独厚的空运区位，是中东枢纽第六航权业务排在第一位的成功要素。如今在迪拜，4 个小时的飞行可以覆盖世界 40% 的人口和世界 17% 的 GDP，8 个小时的飞行可以覆盖世界 87% 的人口和世界 64% 的 GDP。

多管齐下，勿以地理位置论枢纽成败

不过，在笔者看来，研究中东航空枢纽的成败，不能陷入“地理位置决定论”的误区，其他五个方面的因素也是缺一不可。

除了地理位置与宽体机队实力，第三个成功因素是最短中转衔接时间 (MCT)。近年来，国内一些枢纽机场的 MCT 随着新跑道和新航站楼的启用，不但没有缩短，反而变得更长，短板变得更短。以境外转境外的 MCT 为例，中东枢纽可以控制在 60 分钟之内，我们“3+7”国际航空枢纽普遍都在 90 分钟以上，有些枢纽的跨航站楼 MCT 延长到 150 分钟以上，亟待改善。

与 MCT 相关的 2 个技术难度更高的话题是航班波 (hub banks) 和航班密度。中东枢纽的成功一再提醒我们：覆盖广泛的过境免签政策和性价比高的“一票到底、行李直挂”的通程航班，也是中东第六航权业务吸引旅客的两大因素。当然，毋庸置疑，票价永远是讨好旅客的核心因素。通常在暑运期间，国内旅客选择经过中东中转到欧洲，比从北上广直飞要便宜一半，也就是说，单程直飞 9000 元左右，经中东中转只需要 4500 元左右。三口之家，来回节省 27000 元左右，有多少家庭不动心呢？

近年来，中东枢纽城市的旅游做得很成功，越来越多的旅客把迪拜和多哈不再作为中转过站，而是作为旅行目的地。迪拜和多哈已成为世界著名的网红打卡地，这也是阿联酋航、卡塔尔航在疫情之后更加赚钱的原因。

作为后起之秀，土耳其凭借其无与伦比的世界遗产资源和旅游资源，正在构建辐射全球的超级枢纽。土耳其第六航权产品对全球旅客的吸引力，从长期看，远超阿联酋和卡塔尔两个国家。

匣里龙吟，取出闲置已久的“利剑”

2026 年 2 月 28 日海湾战火爆发，导致迪拜、多哈和阿布扎比在全球枢纽格局中的地位严重下滑。何时复苏？难以预判。这个事件，引发我们对中东模式更深层的思考。

原来青睐迪拜、多哈和阿布扎比的旅客，现在出行时，选择中东以外的枢纽机场作为中转站。以北上广为中转站的外国乘客明显增加，如近期从澳大利亚出发经北京中转到欧洲的第六航权乘客，占澳大利亚到北京航班乘客的比重已经超过 29%。

会当凌绝顶，一览众山小。从目前“十五五”规划释放的信息了解到，2026

年到 2030 年，民航国际市场开拓的重点是“一圈”，也就是周边的邻国。预计 2030 年我国民航的国际客运需求在 1.25 亿人次，将是 2025 年的 1.6 倍。这意味着我国民航的市场拓展要放眼全球，站位要更上一层楼，不但为 14 亿中国人民服务，也要为 48 亿亚洲周边国家的人民服务，让他们在与世界的往来中选择到中国来中转。对于乌鲁木齐枢纽来说，这意味着，在亚洲和欧洲之间，在中亚和亚洲其他地区之间，有很大的第六航权业务的市场空间。

此外，乌鲁木齐枢纽需要配备国内最好的通程航班政策和出入境政策。对于国际通程航班的“一次值机、行李直挂”服务，需要得到海关的大力支持。希望有关部门，将乌鲁木齐纳入 24 小时直接过境免办手续试点和 240 小时过境免签停留政策覆盖范围，为机组和旅客出入境提供更多的便利。

关于第六航权的产品设计，也有必要借鉴中东枢纽的做法，让旅客体验到世界一流的食、住、行、游、娱、购服务。

古语云：工欲善其事，必先利其器。有一柄宝剑，我们已经让它在匣中闲置太久，它也早就盼望能飞出匣外，闪闪发光，为交通强国贡献它强大的虹吸力量。

在新发展格局下，对于大都市而言，航空转机就是发展转机。对于乌鲁木齐枢纽来说，争取更多的第三、第四、第五航权固然重要，而在中转产品组合中更多地使用第六航权，才能跻身世界一流。让我们一起努力，拿出沉睡已久的第六航权，打造幸福中转站，让旅客的待机时间也精彩。让越来越多的旅客相信：旅途何必直达，处处都有转机。



国内通程航班“库尔勒模式”的创新样本

文 | 冯锐 黄晶

编辑 | 林喆

库尔勒梨城机场作为新疆“干支通、全网联”航空运输服务网络的核心试点，面对支线通达性不足、传统补贴模式难以为继等挑战，创新性地构建了“区域枢纽通程航班模式”。该模式以“政策引导 + 市场化运行”为双轮驱动，通过系统性的网络重构、产品服务升级、数字平台赋能和产业深度融合，成功将库尔勒机场从传统支线机场转型为疆内高效联通、辐射全国的区域性航空枢纽。不仅显著提升了机场的枢纽能级、运行效率和服务质量，实现了旅客吞吐量、中转量、通

达性的历史性突破和地方政府财政负担的实质性减轻，更探索出了一条符合中型机场、区域性枢纽发展实际的高质量转型路径，为民航业深度服务区域经济社会发展提供了可复制、可推广的“库尔勒模式”。

背景和问题

新疆维吾尔自治区地域广袤，旅游资源丰富，但航空运输发展长期面临结构性矛盾与挑战。一方面，受制于人口分布、经

济规模和地理距离，众多支线机场普遍存在直达航线稀少、航班频次低、运营成本高昂的问题。旅客跨区域，特别是出疆出行，往往需经乌鲁木齐枢纽多次中转，流程繁琐、耗时漫长，航空出行的便捷性优势未能充分体现。另一方面，为维持基本航空服务,地方政府普遍采取航线补贴模式，财政压力持续增加，且传统补贴方式侧重于考核航线条数和航班量，易导致资源分散、航线可持续性差，难以形成内生的市场活力和网络协同效应，属于“输血式”发展。

库尔勒梨城机场地处新疆中部，是巴音郭楞蒙古自治州首府，是连接南北疆的重要交通枢纽与物资集散地，具备发展成为区域性次级枢纽的天然区位优势。然而，在试点之前，库尔勒机场同样深陷上述发展瓶颈：航线网络主要以点对点的疆内及部分出疆航线为主，网络结构单一，中转功能弱；对地方航线补贴依赖度较高；服务产品同质化，对旅客，特别是中转旅客的吸引力有限；机场功能相对单一，与地方旅游、经济产业的联动不足。如何破解航线网络分散、依赖补贴的困局，激发市

场内生动力，提升网络衔接效率和整体运营效益，实现从“交通末端”向“流量门户”和“经济引擎”的转变，是库尔勒机场面临的核心挑战。

在此背景下,民航局推动的“干支通、全网联”航空运输服务网络建设，以及新疆维吾尔自治区“旅游兴疆”战略的深入实施，为库尔勒机场的转型发展提供了历史性机遇。自 2023 年 7 月起，库尔勒机场作为核心试点单位，主动将自身发展置于国家战略和行业创新方向中谋划，开启了一场以系统性业务模式创新驱动高质量发展的深刻实践。

探索中前行

库尔勒机场的创新实践遵循“规划引领、试点突破、系统集成”的路径，逐步构建起以“区域枢纽通程航班模式”为核心的协同发展体系。

顶层设计与网络重构阶段：打造“三网三环”，激活枢纽聚合效应。机场摒弃了盲目增开孤立点对点航线的传统思维，从顶层设计出发，以库尔勒为核心，致力于构建一个干支高效衔接、疆内外顺畅联通的立体化航线网络。

一是积极做强“通程衔接网”：机场作为网络组织者，与民航局国内通程航班服务管理平台、各大航空公司、疆内外枢纽机场开展深度协同对接，大规模备案通程航班。截至 2026 年 6 月，已完成通程航班备案超过 5300 组，通航城市从试点前的 38 个扩展至 112 个，网络覆盖呈几何级数增长。特别是与乌鲁木齐、西安、成都、武汉、重庆、兰州等国内主要枢纽机场建立了紧密的通程合作关系，成功开辟了经这些枢纽中转至昆明、三亚等众多热门旅游城市的联程航线，极大拓展了新疆旅客，特别是南疆旅客的

出疆通道。

二是探索“干支通短途网”：作为对传统干支网络的重要补充，积极探索通用航空短途运输。2024 年 8 月，开通和静巴音布鲁克至库尔勒的短途运输航线，将世界级景区高效接入航空主干网。2025 年 7 月，以库尔勒机场为核心的巴州低空飞行服务保障体系“一中心三站”正式揭牌，为未来融合更多低空资源、完善“干支通、全网联”立体交通体系奠定了基础。

三是创新网络格局：通过构建“支支+干支”联动的通程模式，变过去的“航线网络分散”为“区域枢纽化”。这一模式高效集聚全疆各地，尤其是南疆地区的客源，经库尔勒枢纽进行集散，为开通和稳定运营更多出疆干线航班提供了规模化的稳定客源(例如:喀什、若羌、和田、且末等南疆机场经库尔勒出疆日均贡献中转旅客达 30 ～ 50 余人)，显著降低了新开航线对单一地方客源市场的依赖和运营风险，形成了“疆内广联通、国内高通达”的良性网络布局。

合作模式创新阶段：“政策+市场”双轮驱动。在实践中，库尔勒机场总结出“政策引导初期培育，市场机制主导持续”的核心逻辑，推动区域航空市场形成良性循环。

一是发挥政策引导“催化剂”作用：试点初期，地方政府及新疆机场集团通过针对性的政策工具(如航司停放过夜运力补贴以及对经库尔勒中转旅客住宿和餐食、支线航班给予货邮服务费减免等)，降低航司运营成本，引导运力投放和初始网络构建，快速培育市场。

二是建立市场化“内生动力”机制：随着通程网络日益密集和中转客源规模效应显现，航空公司通过库尔勒枢纽能够更经济、高效地触达新疆全域市场，航线收益和运营效益显著提升。由此激发了其自

发加密航班(如库尔勒至成都、郑州、北京等航线增至每日 3 ～ 5 班)、优化时刻乃至新开航线(如库尔勒—上海)的内生动力，实现了从“要我飞”到“我要飞”的根本转变。

产品服务创新阶段：品牌化与数字化融合，重塑旅客体验。机场将提升中转体验作为核心竞争力，打造特色服务品牌，并依托数字化实现服务流程再造。

始发机场	中转站	25年中转旅客数 (人)	24年中转旅客数 (人)	同比人数 (人)	同比增长率 (%)	年度总量占 比 (%)
喀什	库尔勒	17,795	11,922	5,873	49%	30%
若羌		11,005	9,727	1,278	13%	
和田		7,837	7,044	793	11%	
且末		7,279	6,625	654	10%	
阿拉尔		4,856	3,864	992	26%	
于田		3,505	1,044	2,461	236%	
莎车		1,941	1,793	148	8%	
以上疆内航点均为南疆地区，中转旅客占比30%						
郑州	库尔勒	16,555	13,912	2,643	19%	40%
西安咸阳		12,241	13,767	-1,526	-11%	
成都天府		10,512	10,215	297	3%	
重庆		10,296	9,930	366	4%	
北京大兴		6,221	4,079	2,142	53%	
北京首都		5,521	4,524	997	22%	
兰州		2,456	1,919	537	28%	
以上疆外航点均为库尔勒出疆主流向，中转旅客占比40%						

创建“天缘缘中转 梨城飞”服务品牌：围绕该品牌，系统性推出“五免四优三专享”标准化产品矩阵，涵盖免费住宿、餐食、行李寄存、优惠购物等 12 项增值服务，将中转等待时间转化为休闲体验机会。

全面数字化赋能：深度应用“国内通程航班服务管理平台”和“民航中转旅客服务平台”。旅客通过“中转旅客服务通”微信小程序等线上渠道，可一站式完成通程航班值机、行李直挂确认，并提前预约所有中转服务，实现了“一次支付、一次值机、一次安检、行李直挂”的无忧中转。机场公布的最短中转衔接时间(MCT)缩短至 40 分钟，2024 年 2 月 27 日在实际保障中曾创下 18 分钟高效保障 15 名旅客、9 件行李中转的纪录。2025 年，中转保障成功率高达 96.6%，数字化支撑下的流程效率显著提升。

通程航班号	机场			航线	运输旅客合计	通程航班执行量
	始发	中转	到达			
TC15WQ	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	KMG 昆明长水	KRL-TFU-KMG	374	121
TC11TS	KRL 库尔勒机场	XIY 西安咸阳	KMG 昆明长水	KRL-XIY-KMG	316	95
TC1S8W	KRL 库尔勒机场	XIY 西安咸阳	KMG 昆明长水	KRL-XIY-KMG	202	43
TC15WR	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	KMG 昆明长水	KRL-TFU-KMG	167	70
TC1S8V	KRL 库尔勒机场	XIY 西安咸阳	KMG 昆明长水	KRL-XIY-KMG	85	26
TC15WS	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	KMG 昆明长水	KRL-TFU-KMG	81	26
TC1S8X	KRL 库尔勒机场	XIY 西安咸阳	KMG 昆明长水	KRL-XIY-KMG	43	23
TC3VGK	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	KMG 昆明长水	KRL-TFU-KMG	39	12
TC3VGL	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	KMG 昆明长水	KRL-TFU-KMG	37	9
TC2H0D	KRL 库尔勒机场	XIY 西安咸阳	KMG 昆明长水	KRL-XIY-KMG	29	11
					1373	436
TC2GVL	KRL 库尔勒机场	XIY 西安咸阳	SYX 三亚凤凰	KRL-XIY-SYX	121	19
TC2W4V	KRL 库尔勒机场	CKG 重庆江北	SYX 三亚凤凰	KRL-CKG-SYX	50	22
TC1T48	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	SYX 三亚凤凰	KRL-TFU-SYX	50	23
TC223G	KRL 库尔勒机场	URC 乌鲁木齐	SYX 三亚凤凰	KRL-URC-SYX	48	11
TC2G4C	KRL 库尔勒机场	CKG 重庆江北	SYX 三亚凤凰	KRL-CKG-SYX	47	21
TC4MT8	KRL 库尔勒机场	CKG 重庆江北	SYX 三亚凤凰	KRL-CKG-SYX	47	15
TC2W4W	KRL 库尔勒机场	CKG 重庆江北	SYX 三亚凤凰	KRL-CKG-SYX	31	13
TC2GR7	KRL 库尔勒机场	CKG 重庆江北	SYX 三亚凤凰	KRL-CKG-SYX	30	15
TC224E	KRL 库尔勒机场	URC 乌鲁木齐	SYX 三亚凤凰	KRL-URC-SYX	28	11
TC29A5	KRL 库尔勒机场	TFU 成都天府	SYX 三亚凤凰	KRL-TFU-SYX	26	9
					513	177

精准响应细分需求：针对不同中转时长旅客，联合本地文旅企业推出“半日微度假”“一日深度游”等定制化产品；常态化开展“云端看新疆”公益行、“小小民航人”航空研学等“民航+”活动,延伸服务价值链。

产业融合深化阶段:拓展“民航+”生态，服务区域发展。机场主动跳出单一运输功能定位，将自身打造为区域经济发展的流量入口和产业融合平台。

深化航旅融合: 直接服务“旅游兴疆”战略，航线网络规划重点连接疆内 14 个 5A 级景区。通过“机票 + 门票”一站式产品，将航空客流高效导入旅游产业链。2024 年暑运期间，联合 OTA 平台推出买中转机票送门票活动，累计赠送 6529 张景区门票，有效助力尉犁县罗布人村寨、巴音布鲁克等景区实现客流快速导入。

创新“民航 + 研学”：将机场运行资源转化为科普教育资源，常态化开展“小小民航人”研学活动,设计涵盖值机、安检、

进一步激活当地消费。

库尔勒机场的创新实践取得了显著的综合成效，并在多个关键指标上实现了跨越式提升。

2024 年库尔勒机场旅客吞吐量达 284 万人次，创历史新高；2025 年进一步提升至约 296 万人次（受 3 ～ 8 月跑道限制影响）。全年中转旅客达 35.6 万人次，中转率提升至 12%，其中通程旅客 8 万人次。上半年跨航司通程旅客增速曾位列全国前三，枢纽辐射能力显著增强。

通航城市从 38 个拓展至 112 个，经库尔勒枢纽“当天可达”和“当天往返”的国内城市数量大幅增加，网络覆盖面和便捷性实现质的飞跃。

MCT 时间优化至 40 分钟，2025 年全年中转保障成功率高达 96.6%，年度航班放行率达 93.64%，其中四个月在 200 万～1000 万级机场中位列第一。通过全面推行通程航班“一票到底、行李直挂”服务，旅客出行的便捷性与体验得到根本性改善。

近三年累计为地方政府节省航线补贴近五千万元，以出疆航线为例，在同类机场普遍需 5 万～10 万元 / 班补贴的情况下，库尔勒通过强化干支连通与客源互补，成功转向市场化自主运营。航空公司因运营效益提升，主动增加运力,飞机日利用率与航班客座率同步优化，可持续发展能力显著增强。

此外，在辅营与非航收入、服务品牌打造和满意度提升、产业带动与低碳出行等方面都取得了一定成效。

成功要素和重要启示

库尔勒梨城机场的成功实践，为全国同类型机场，特别是中西部地区的区域性枢纽机场转型发展，提供了宝贵的经验和

启示。

以库尔勒机场为例，其年旅客吞吐量达 200 万级。对于这类非省会、亦非传统核心枢纽的机场而言，突围之路不在于盲目追求直达航线的数量,而在于走“枢纽化”与“网络化”之路。库尔勒的实践表明：立足区位优势，大力发展通程中转，是一条有效路径。相关数据显示，“十四五”期间，库尔勒机场累计保障中转旅客近 100 万人次，中转旅客占比达 9%，成功成为区域性网络的关键节点，实现了通达性提升、客流增长与补贴依赖降低的良性发展。

“干支通、全网联”的本质是服务集成与价值创造：它不仅是物理航线网络的连接，更是服务流程的整合、信息数据的互通和商业价值的重塑。成功的核心在于以旅客为中心，提供无缝、便捷、有吸引力的出行体验。

民航高质量发展必须与地方经济同频共振：机场不能孤立发展。库尔勒机场通过深度融入旅游、研学、文化等产业，将航空流量转化为经济增量，实现了自身发展与地方经济的双赢，这也为民航业支撑区域协调发展提供了范本。

政策引导需精准且具有前瞻性：地方政府在航空市场培育初期的作用不可或缺，但政策工具应从简单的“补航线”转向“补网络”，激励市场主体共建共享、优胜劣汰。

展望未来，库尔勒机场依然面临着如何进一步突破瓶颈，实现与疆内其他次枢纽机场差异化发展的新问题，可从以下几方面协同发力。

一是持续提升枢纽规模，力争旅客吞吐量稳步增长，中转率向更高水平迈进，巩固并提升新疆第二大核心中转枢纽地位。

二是深化网络与效率，进一步加密与



国内主要枢纽的通程连接，拓展国际通程可能性。持续优化 MCT，提升中转便捷度与成功率，航班正常率保持高水平。

三是强化产业融合，深度参与巴州低空经济开发，丰富“干支通”内涵。将“民航 + 旅游 + 研学 + 文化”模式做深做实，打造若干条精品航旅融合线路，显著提升中转旅客的消费转化率。

四是加大数字化投入，打造更智能的中转服务平台和机场运行体系。探索绿色节能技术应用，建设环境友好型机场。

五是优化经济效益,在市场化机制下，进一步吸引航司投放运力，提升整体航班频次和客座率。扩大非航收入占比，形成更健康的盈利模式。

罗罗携 UltraFan 30 重返窄体客机市场

文 | 陈玉洁 编辑 | 庄敏

2026 年 2 月，罗罗公司在伦敦举行的年度财务简报会上正式揭幕了其针对下一代单通道客机研发的 UltraFan 30 发动机全尺寸模型。公司表示，因为需要投资者及行业利益相关方来共同应对重返这一市场的挑战，展示这一实体模型是为了向大家传递明确信号：罗罗在技术投资上是

“严肃且坚定的”。

这款集成了短进气道与仿生学波纹边缘出口导向叶片（OGV）的动力装置，不仅展示了罗罗重返窄体机市场的决心，更标志着其技术路线图的实质性推进。

目前，窄体飞机发动机市场主要由两大系列发动机主导：普惠公司的

PW1000G 齿轮传动涡扇发动机和 CFM 国际公司的 LEAP 发动机。然而近年来，这两个项目都面临着严峻的挑战。

由于部分部件受到粉末冶金污染，PW1000G 发动机遭遇大规模召回，高峰期导致数百架飞机停飞，维修周期也大幅延长。航空公司对此次运营中断表示强烈不满。LEAP 系列飞机虽然没有面临同样的检查危机，但受到供应链压力和恶劣运行环境下的耐久性问题的制约，导致交付瓶颈以及大量的难以及时交付发动机。对于空客和波音以及航空公司客户而言，这凸显了在世界销量最高的飞机领域依赖双寡头垄断的风险。

罗罗公司在窄体客机领域有着悠久的历史。它曾通过 IAE 财团成为 V2500 发动机的主要合作伙伴，此前还曾为波音 757 提供 RB211-535 发动机。但为了专注于宽体机市场，该公司于 2012 年出售了其在 IAE 的股份，正式退出窄体客机市场。UltraFan 30 代表着扭转这一战略退缩的尝试，通过寻求英国政府的支持，罗罗正在抢占先机，以应对空客和波音预计将在 2020 年代末前推出下一代窄体飞机做出的决定。

UltraFan 30 发动机

罗罗公司下一代 UltraFan 技术的研发已历时约十年，其验证机采用钛合金前缘碳复合钛风扇叶片及复合材料机匣设计，在材料与结构上实现了双重创新。采用该技术的宽体机版本发动机 UltraFan 80，已于 2023 年在罗罗公司位于德比的专属测试中心完成首次测试，为窄体机版本 UltraFan 30 的研发积累了大量技术经验与数据支撑。

罗罗表示，该发动机的目标是比目前使用的发动机燃油效率提高 20%，并

且从一开始就能与 100% 可持续航空燃料兼容，有效降低快速增长的窄体机市场的碳排放，契合全球航空业的可持续发展需求。该公司表示，UltraFan 架构的设计效率比第一代 Trent 发动机高出约 25%。

采用齿轮传动结构是其核心所在。与业内其他公司正在研究的开式转子发动机概念不同，UltraFan 30 仍然采用涵道式设计，这体现了罗罗的观点，即高涵道比齿轮传动涡扇发动机能够在不增加开式转子设计相关的集成和认证复杂性的情况下，显著提高发动机效率。重要的是，罗罗将该计划描述为“以合作方式”交付，这表明最终生产形式可能为风险分担或产业合作。

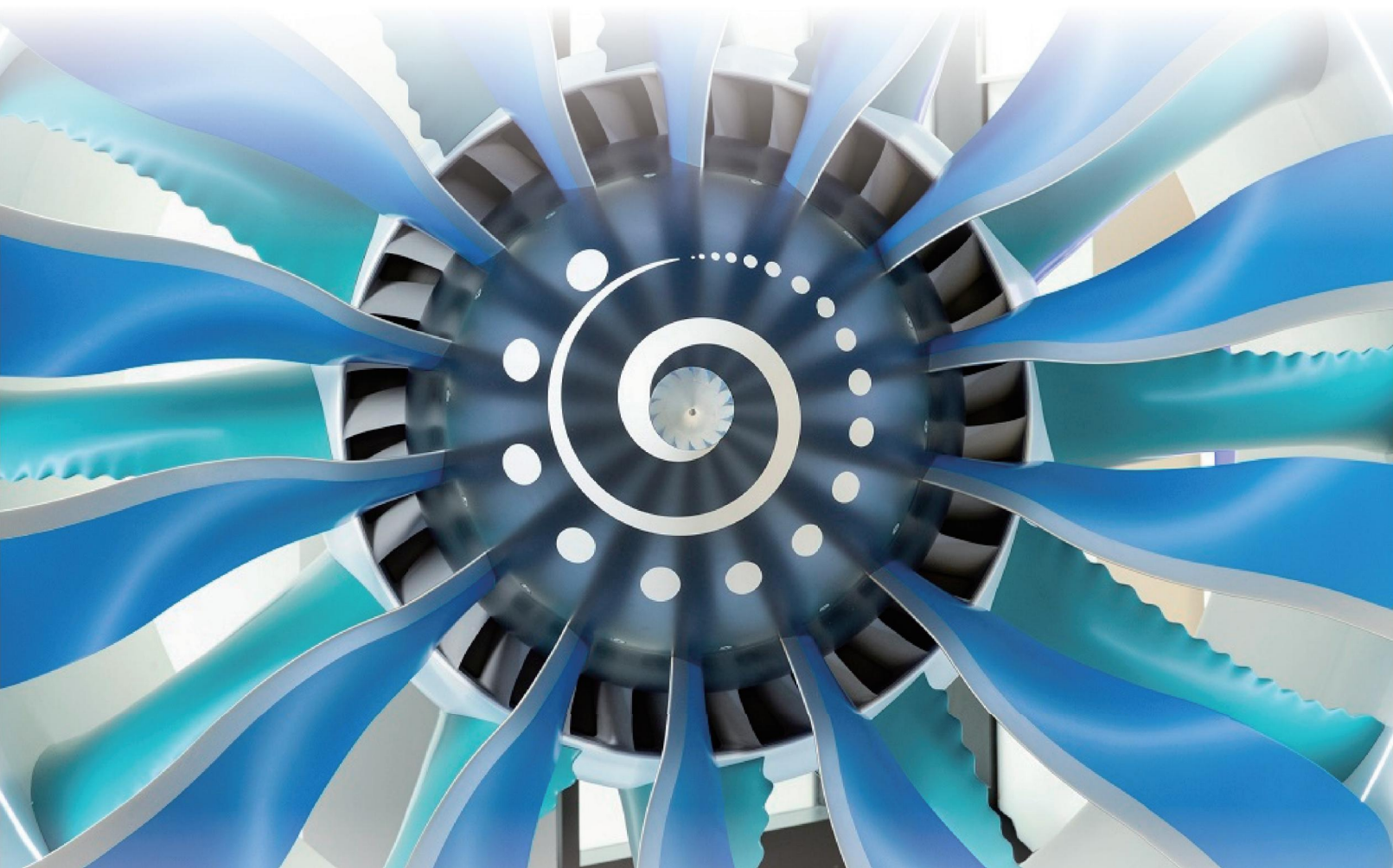
UltraFan 30 发动机以其约 30000 磅（133 千牛）的推力级别命名。模型风扇直径达 90 英寸（约 2.29 米），比现役主流窄体机发动机（如普惠 PW1100G 的 81 英寸）更大，但实际验证机的风扇尺寸将略小于此。涵道比高达 15:1（现役齿轮传动发动机通常为 10:1—12:1），能显著提升燃油效率。验证机将采用基于“珍珠”10X（Pearl 10X）公务机发动机的核心机。

设计亮点

UltraFan 30 根据大量的测试结果进行优化，采用了短进气道设计以减轻重量和阻力。出口导向叶片则采用了受鸟类仿生学启发的波浪形边缘设计，旨在将气流打散成频率更高的小股气流，从而降低噪音。

作为一款涵道比高达 15:1 的发动机，UltraFan 30 继承了大型 UltraFan80 及 Trent XWB 的技术基因。罗罗公司研究与技术总监将其形容为 UltraFan 80 在窄体机维度的“具象化身”，在保留

▼ 图 1 | UltraFan 30



▼ 图 2 | UltraFan 30 发动机全尺寸模型



谱系化设计的同时，针对单通道市场进行了深度优化。

对于验证机的定位，公司表示验证机并非最终定型的原型机，而是一个整合验证当前各项技术模块的平台。目前还不完全清楚未来的飞机平台具体会是什么样，但考虑到空客和波音大概率会采用更轻的复合材料及大展弦比机翼，UltraFan 30 的架构必须具备高度的适应性。

尽管可扩展性是 UltraFan 理念的基础，但公司表示，是否在窄体机推力范围内进行衍生扩展，将取决于飞机制造商的设计策略。这意味着是采用一个核心机搭配两种不同直径的风扇，还是采用独立的核心机，将很大程度上取决于波音或空客最终的设计细节，以及机型系列或飞机的具体定位。但罗罗公司的规划显然也考虑到了这一点，即如何覆盖一个完整的机型系列。

罗罗公司深知窄体机市场的游戏规则与宽体机截然不同。相比于远程航线对燃油消耗的毫厘必争，高频次起降的窄体机运营更看重耐用性、可靠性及在翼时间。鉴于目前由 CFM 国际和普惠主导的市场中普遍存在的耐久性挑战，以及罗罗自身在 Trent 1000 项目上的经验教训，公司

在材料科学上投入巨大。源自 UltraFan 项目的新型涡轮盘超合金现已投入生产，旨在大幅提升发动机的循环寿命。

此外，模块化维修设计也是亮点之一。罗罗构想了一种仅需更换核心机、将风扇模块和齿轮箱保留在机翼上的维护模式，从而规避大型风扇组件的物流运输难题。

产能与时间表

面对单通道飞机庞大的交付需求，制造的可扩展性被提到了前所未有的高度。罗罗公司表示，在设计阶段就必须考虑到未来高速率生产的需求，这直接影响到叶片等关键部件的结构选型。

空客曾表示，希望在 2030 年左右为下一代窄体机做出关键的发动机选型决定。罗罗公司此番押注于采用涵道风扇设计的 UltraFan 30，意在提供比开式转子更稳妥的选择，并试图打破 CFM 在波音供应链中的独家地位。

罗罗公司认为，2028 年的验证机测试将为发动机的物理尺寸和技术成熟度建立信心，为 2030 年的选型提供充分的数据支撑，并预留出 5~7 年的工程开发期，以确保 2030~2040 年代中期的顺利服役。目前罗罗正与飞机制造商密切合作以协调时间表。此外，公司还必须在最先进的技术与成熟度需求之间找到平衡。

尽管罗罗公司已离开窄体机市场近 15 年，但公司并不认为与竞争对手相比会处于劣势。宽体机发动机（如 Trent XWB 和 GE9X）代表了行业技术的天花板，罗罗完全具备将高端技术下放的能力。因此，接下来的问题在于哪些技术适合窄体机发动机市场，以及在绝对性能和耐久性之间该如何进行适当的权衡。

罗罗拥有一个“庞大的技术宝库”，

这些技术源自其在“全球作战空中计划”（GCAP）发动机上的工作。他们通过 GCAP 等项目，在材料科学、智能制造和系统集成上积累了深厚的内功。这些项目对材料耐热性、结构强度的极端要求，倒逼罗罗在基础材料和核心设计、高功率密度与先进制造工艺上取得了突破，这些突破自然成为了 UltraFan 30 的坚实后盾。

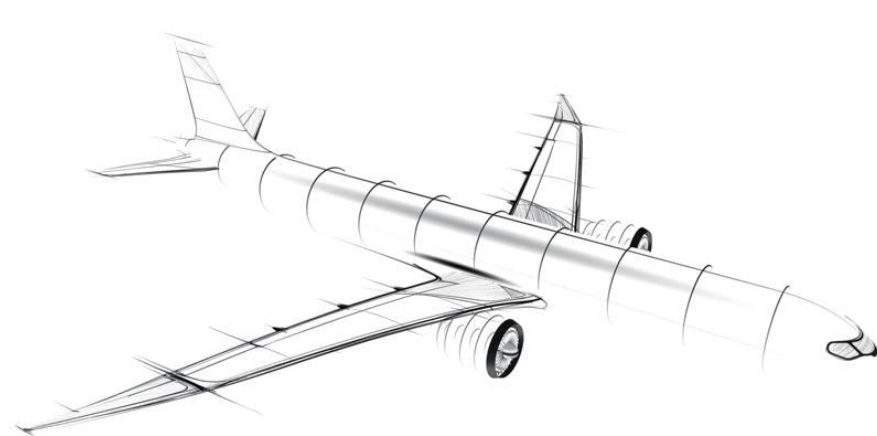
罗罗对其性能模型的预测能力充满信心，这些模型已通过验证机得到验证，吻合度高达 99.4%。概念冻结计划于今年年底完成，验证机的关键长周期材料已经下单。部分供应商已经就位——罗罗正与利勃海尔合作开发齿轮箱，并表示核心机已有相应的供应商。

面对供应链紧张的工业大环境，罗罗在开发 UltraFan 30 时不得不谨慎布局。公司强调，在完善设计和评估制造工艺的过程中，公司必须抢占先机，力求避免因制造工艺磨合而陷入被动。

支撑项目

UNIFIED 项目（全称为“超新型创新全集成发动机验证项目”）是欧盟“净洁天空”（Clean Aviation）计划资助的一项核心研发项目，由罗罗公司牵头。该项目获得了欧盟约 6400 万欧元的专项拨款，这笔资金将用于该公司窄体机专属 UltraFan 30 发动机的技术研发与地面测试，助力航空业低碳化升级。

本项目集结了欧洲多国的核心合作伙伴，包括空客、ITP 航空、汉莎技术、达姆施塔特工业大学、伦敦帝国理工学院、德国航空航天中心、荷兰国家航空航天实验室、法国航空航天研究院、里昂国立应用科学学院以及航空传动技术公司等。该项目也是欧盟净洁天空第三轮资助计划的一部分，总计投入约 9.45 亿欧元，着力强



▲ 图 3 | 空客公司下一代窄体机设计

化欧洲航空供应链的韧性，提升相关技术的成熟度，加速可持续航空技术的落地。

2026 年 4 月，项目联盟合作方与欧盟官员在英国召开项目启动会，就核心研发目标达成一致。依托 UltraFan 系列的超高涵道比设计，该项目致力于大幅降低航空排放。测算显示，相比 2020 年的顶尖技术，该发动机有望使 2035 年投入运营的中短程客机温室气体排放降低 30%。罗罗计划于 2028 年开展 UltraFan 30 验证机的地面测试，并已提前规划了后续飞行测试的技术路径，为未来 UltraFan 架构的飞行验证做准备。罗罗预计于 2030 年前后完成飞行测试，配合空客等飞机制造商进行下一代机型的发动机选型。

UNIFIED 项目的正式启动，标志着罗罗公司重返窄体机市场的战略正式从“蓝图”迈入了“实战”阶段。面对未来窄体客机对发动机燃油效率、耐久性、可持续性的极致追求，罗罗试图通过超高涵道比齿轮传动等颠覆性技术，在满足严苛环保标准的同时，解决当前窄体机市场高频率起降带来的耐久性与运营痛点，为下一代飞机提供绿色高效的发动机。



▲ 来源： <https://www.ccaonline.cn/>

从空客机翼生产看专业化发展之路

文 | 钟怡菲 王元元 编辑 | 庄敏

空客在英国布局四大跨地区航空制造基地，形成全球独有的机翼全产业链体系：英格兰菲尔顿作为机翼设计与前沿技术验证中心，统筹全谱系机型机翼气动、结构及与机翼系统集成，并依托 WTDC、AIRTeC 设施开展“明日之翼”、XPW 自适应机翼等下一代技术全尺寸试验；占地 4000 多亩的威尔士布劳顿工厂是全球机翼总装核心，承担 A320、A330、A350 等干线机型机翼批量制造，配备全套碳纤维自动化装配产线与大白鲸专属空运物流；北爱尔兰贝尔法斯特专攻 A220 支线飞机复合材料机身与机翼；苏格兰普雷斯特威克附属企业专业化生产机翼前缘、后缘、扰流板等活动部件。四地分工明确、研发制造联动、军民技术互通，依托英国政府 ATI

专项研发资金，持续迭代轻量化大尺寸复材结构、折叠翼尖、氢能源集成等机翼核心技术，牢牢占据全球民用飞机机翼产业制高点。

四大基地专业化分工

空客依托英国四个分属英格兰、威尔士、北爱尔兰、苏格兰的基地，构建全球唯一完整机翼研发—试验—制造—配套零部件全链条体系，总计提供约 12000 个直接岗位，承担全系列空客民机及其他飞机的机翼相关全部核心工作。

菲尔顿 Filton（英格兰）是机翼研发与技术创新中枢。它的核心定位是空客全球机翼设计卓越中心，统筹全机型机翼气动、结构、燃油系统、起落架研发与全尺寸试验，所有空客民机、A400M 军机机翼原始设计均出自此地，是英国航空工程人才高地。

该中心的核心业务包括几个方面。一是成熟机型工程保障，即负责 A320neo、A330neo、A350、A400M 机翼全生命周期技术支持，统筹机翼燃油、液压、起落架系统集成设计与台架试验；A400M 运输机机翼在此完成总装后发往西班牙塞维利亚。

费尔顿中心同时还负责空客三大未来前沿研发项目。一是“明日之翼”项目。配套新建 2023 年投用的机翼技术开发中心 WTDC，英国政府联合行业投入 1200 万英镑扶持；打造 3 架份 17 米全尺寸机翼验证件，攻关大展弦比轻量化复材机翼、地面折叠翼尖（解决机场廊桥尺寸约束）、一体化翼梁蒙皮集成工艺，目标是适配下一代单通道客机，兼顾减重、节油与规模化制造（月产 75 架以上）成本。

二是超高性能机翼 XPW。空客

UpNext 子公司承担的机翼仿生技术验证项目，基于塞斯纳奖状公务机改装缩比验证机，研发可动态变形翼尖、自适应后缘、半气动弹性铰链，模拟鸟类羽翼实时调整气动外形，大幅降低巡航诱导阻力，全部风洞、装配试验落地菲尔顿低速风洞与 WTDC 厂房。

三是 ZEROe 氢动力客机配套研发。菲尔顿统筹氢燃料低温燃油系统设计与试验，搭建气态、液态氢测试平台，攻克零下 250℃液氢储存、管路输送、相变换热难题，同步适配未来氢动力飞机机翼内置储氢布局。

在专业测试基础设施方面，菲尔顿拥有 AIRTeC 综合航空测试中心，可承担全尺寸机翼静力、破坏性疲劳试验，WoT 验证机完成制造后转运至此做极限载荷考核；低速风洞用于校核 CFD 气动模型，折叠翼尖、自适应翼面吹风验证；燃油、起落架专项试验台用于开展全系统耐久、渗漏、低温环境试验。

布劳顿 Broughton（威尔士）是全球机翼总装制造基地，厂区占地 700 英亩，拥有配套霍登机场、超 43 万平米生产厂房，是空客乃至英国最大航空制造单体厂区。

核心制造职能方面，布劳顿承担着量产机型机翼总装（除 A220 外全部商用机型），包括 A320 系列：东厂区脉冲式自动化生产线，机器人钻孔、移动工装提升月产能至 75 架配套水平；A330、A350（含 A350 货机）：北厂房专属复材装配线，采用 Electroimpact 全套自动化交钥匙方案，碳纤维翼盒卧式装配，跨工位转运大型翼面组件；A380：西厂房超大装配单元，因机翼尺寸超出大白鲸运输机，采用陆运和驳船海运至图卢兹。

基地具备完整制造工艺流程，包括

大型铝锂 / 碳纤维蒙皮成型、翼梁翼肋机加、翼盒集成装配、液压 / 电气 / 燃油管路预装、全系统地面测试、防护热缩包装；单工作日处理 25 万件机翼零部件。大白鲸运输机：每日最多 6 架次起降，运送 A320、A330 机翼至汉堡、图卢兹；大白鲸 XL 机型单次可运载一对 A350 机翼；A380 机翼专属水陆联运通道。

贝尔法斯特基地是 A220 复材机身与机翼专属基地，区别于菲尔顿、布劳顿聚焦干线宽体与窄体机，专业化负责支线 A220 机型：A220 全复合材料机翼设计、加工与总装；A220 中段机身复材筒段成型、装配；同步承担 A350 部分复材零部件配套加工，是空客支线飞机复材结构核心能力点。

普雷斯特威克基地定位机翼活动翼面专业化配套厂，独立配套菲尔顿设计、

布劳顿总装主线。核心产品包括 A320、A350 机翼前缘、后缘襟翼、扰流板等可动气动部件。其产业价值在于补齐机翼产业链末端零部件制造环节，实现英国本土机翼“设计—主体总装—活动翼面配套”全闭环，降低跨境零部件外购依赖。

基地协同产业逻辑

首先是专业分工的极致化。菲尔顿聚焦前端设计、试验、预研创新，不承担大批量量产；布劳顿专注规模化工业制造、产能爬坡、自动化量产，形成“研发-制造”专业分工、高效协同模式；贝尔法斯特、普雷斯特威克分别锁定支线机身机翼、活动翼面细分赛道，避免业务重叠。

其次是军民技术双向复用。A400M

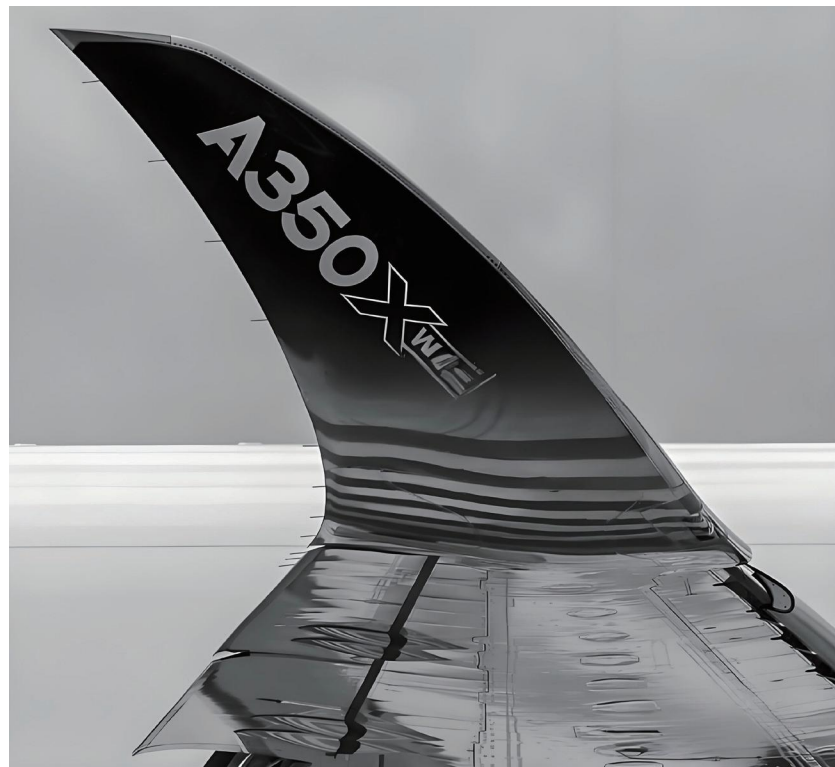
军用运输机机翼，是空客研制的第一款复合材料机翼，为 A350 复材机翼的发展指明道路、完成工艺预验证。空客菲尔顿 A400M 机翼项目主管在采访中明确提出，A400M 大型复合材料机翼是 A350 复材机翼项目的核心试验平台：A400M 率先完成 19 米一体式复材机翼蒙皮成型验证，成熟工艺直接复用到 A350 更长一体式蒙皮；菲尔顿为 A400M 开发的 CAWDE 全自动复材钻孔系统，经迭代后落地布劳顿 A350 北厂房产线；复材翼梁一体化成型、复材—金属混合连接、无损检测全套流程均先在 A400M 验证优化。上述举措大幅降低 A350 干线客机复材机翼的研发试错成本，形成“军机先行试验、民机批量落地”的军民技术转化路径。

第三是完整复材全链条能力闭环。从菲尔顿的复材结构仿真、全尺寸验证，到布劳顿大型复材翼盒量产，贝尔法斯特支线复材机身，搭配国家复合材料中心工艺攻关，形成欧洲领先的航空大型碳纤维结构设计制造体系，也是空客能够率先规模化量产全复材机翼的核心支撑。

第四是国家层面产学研资金联动。英国政府通过 ATI 航空航天技术研究所持续大额拨款（“明日之翼”项目 1.17 亿英镑研发资金），配套地方产业扶持（威尔士政府投资 AMRC、西南氢能联盟支撑 ZEROe），政府、空客、高校、科研院所协同布局下一代低碳机翼、氢动力航空技术，巩固英国在全球民机机翼领域的垄断性优势地位。

结合空客英国四大机翼研发制造基地的布局模式与产业发展经验，对我国大飞机机翼产业发展亦有启示。

大飞机机翼产业集约属性极强，专业化分工、技术迭代继承是行业最



优发展路径。大飞机机翼研发制造基建投入高昂、工程技术壁垒极高，无法分散低效布局。空客英国长期坚持极致专业化分工，将机翼设计、试验全部归集于菲尔顿基地，机翼总装量产统一布局在最大的布劳顿厂区，配套零部件交由另外两家属地工厂专业化生产，避免重复建设。

同时空客完整继承协和号客机机翼气动研发经验、一代代机型技术持续迭代，依托 AIRTeC 测试中心、自动化装配线等重资产基础设施长期复用，避免重复高额基建投资。这充分说明，机翼产业重资产属性突出、技术沉淀周期漫长，集中集约布局、专业分工协同、技术一脉相承，是降低研发生产成本、保障技术稳定性的成熟行业范式。

▲ 来源：<https://www.ccaonline.cn/>

▼ 来源：<https://www.zhihu.com/>





▲ 来源：<http://www.tanpaifang.com/>

欧洲发布 《欧洲混动、电动与氢动力飞行路线图》

文 | 纪宇晗 高丹 于凡超 李莉娜

编辑 | 庄敏

2026 年 4 月，欧洲零排放航空联盟（AZEA）编发《欧洲混动、电动与氢动力飞行路线图》（以下简称“路线图”）。路线图旨在指导欧洲航空生态系统全面向

混动、电动和氢动力航空转型，是欧盟推动航空碳中和、维护航空产业主权与全球竞争力的纲领性行动文件。路线图详细规划了从新型航空器制造、适航认证到最终

投入服务以及后续日常运营的实现路径，深入剖析了零排放技术对未来商用航空发展的深远影响。

编制背景

随着传统航空减排路径边际效应下降，混动、电动与氢动力航空被欧洲视为实现深度脱碳、重塑航空产业竞争优势的重要突破口。该路线图的出台，本质上是欧洲在全球航空绿色转型与新一轮产业竞争背景下，对未来航空产业主导权进行的前瞻性制度布局。其背后既包含欧盟“2050 气候中和”目标对航空减排提出的刚性要求，也体现出欧洲试图在下一代航空动力、适航标准、能源基础设施与产业生态等领域继续保持全球主导地位的战略考量。

一是欧盟气候与碳中和目标刚性约束。欧盟承诺 2050 年实现航空业净零碳排放，《巴黎协定》与欧盟绿色新政持续加压，传统燃油航空减排空间见顶，仅靠可持续航空燃料（SAF）难以满足深度脱碳要求。混动、电动和氢动力被定位为根本性零碳技术路径，成为实现气候目标的核心抓手，亟需统一路线图统筹技术、基建、监管协同落地。

二是维护欧洲航空工业全球领先地位。欧美在新一代航空动力赛道竞争加剧，空客、ATR、赛峰等欧洲龙头企业布局电动与氢能飞机，美国、日韩加速推进 eVTOL 与氢能航空技术与标准布局。欧盟希望通过全产业链协同，巩固在适航认证、绿色动力、系统集成领域的优势，避免在下一代航空技术中被边缘化，强化战略自主。

三是能源安全与去化石燃料依赖。俄乌冲突后欧洲加速能源转型，航空业高度依赖化石燃料的脆弱性凸显，发展电推

与氢能航空可显著降低石油进口依赖，提升能源安全韧性，同时推动绿电、绿氢产业与航空运输业跨界融合。

四是构建全生态协同落地机制。零排放航空涉及飞机制造、能源供给、机场基建、空域管理、运营适航五大系统，跨部门、跨行业、跨国家协调成本极高。此前欧洲各国与机构分头推进，缺乏统一行动方案，AZEA 联合 200 余家成员（制造商、机场、航司、能源企业、监管机构），以路线图统一时间表、任务书与责任分工，破解碎片化难题。

核心内容

路线图基于 200 余家成员机构达成的共识，明确提出到 2050 年在欧洲部署约 20000 架混动、电动与氢能动力飞机的目标，覆盖通用航空、区域航空等五大场景，遵循先小后大、先短后长的部署节奏；围绕飞机研发制造、清洁能源供给、机场设施改造等方面，分阶段明确技术、基建、政策、投资与监管行动路径，量化 2050 年航空氢能与绿电需求，提出建立跨国卓越中心与监管沙盒、强化能源 - 航空政策协同、加大全链条资金支持等建议，旨在推动欧洲航空实现净零排放、保障产业战略自主与全球竞争力。路线图主要核心要点如下：

路线图定位为欧洲零排放航空全链条行动纲领，周期覆盖 2026～2050 年，聚焦混动、电动、氢动力（燃料电池 / 直燃）三类动力，包含通用航空、区域空中交通、支线航空、公务航空、中程航空五大场景，不涉及基础研究，重点解决部署、适航、基建、运营落地问题。

根据 AZEA 构建的渐进式发展情景预测，首批零排放商用航空器将在 2030 年前后正式交付并投入初步的商业运营。到

2040 年，预计将有高达 6450 架新型动力航空器进入市场，并在此后迎来渗透率的爆发式增长。至 2050 年，在欧洲本土运营的电动、混动及氢动力航空器总交付量预计将突破 20000 架。

六大体系支柱

为推动欧洲实现 2050 年航空净零排放目标，AEZA 构建航空器、能源、机场、认证法规、空域适配能力，以及运营与激励六大支柱协同推进框架。该体系覆盖航空全产业链，明确各主体权责边界与阶段性行动任务，为混动、电动、氢动力航空器商业化落地提供系统性路径支撑，是欧洲引领全球航空绿色转型的核心战略抓手。

首先，航空器是筑牢技术与产业的根基。聚焦混动、电动、氢动力航空器研发、制造、量产与供应链保障，破解技术成熟度与产业规模化瓶颈。参与主体包括：空客、ATR、赛峰等行业龙头，航空初创企业、MRO 机构；欧盟委员会、EASA、成员国

政府；欧盟创新基金、欧洲投资银行等金融机构。核心行动清单如下：

开发混动、纯电、氢燃料电池 / 燃烧动力系统，推进清洁机型与改装并行；提升制造产能、MRO 能力，解决高电压、氢系统维护技术缺口；建立供应链韧性，保障电池、燃料电池、特种材料供给；支持中小企业、初创企业适航成本补贴、技术沙箱试点；制定适航基础规范（CS-23/CS-25、CS-E），推进认证成熟度（CRL）；建立跨境卓越中心，开展原型机飞行验证。

其次，构建绿色能源供给体系。保障可再生电力、绿氢稳定供给，建立可负担、可持续的航空能源生态，破解能源供给与成本痛点。参与主体包括：电力 / 氢能生产商、电网运营商、欧洲氢骨干网运营商；欧盟及成员国能源政策制定部门、财政机构；机场运营商、航空运营企业。核心行动清单如下：到 2050 年供应 150 万吨航空氢、110 太瓦时绿电；建设可再生氢产能（电解水），对接绿电项目；升级电网，保障机场高

功率充电稳定供给；构建氢供应链：初期车载、后期管道（欧洲氢骨干网）；建立价格透明与长期采购协议，降低航司运营成本；政策倾斜为欧盟碳交易体系（ETS）配额、低税率、补贴降低绿氢溢价。

第三，打造新能源航空适配枢纽。推动全类型机场基础设施改造，建成集充电、加氢、存储、安全运维于一体的新能源航空枢纽，破解基础设施适配难题。参与主体包括：全规模机场运营商（重点区域机场、核心枢纽）；成员国及地方规划、审批、财政部门；能源企业、地勤服务机构。核心行动清单包括：分阶段部署飞机快充、氢加注、液化与存储设施；改造停机坪、消防、安全区，适配高压电、液氢安全标准；小机场优先布局充电设施；大型枢纽对接氢管网；制定机场总体规划，将能源枢纽转型纳入长期规划；制定氢安全、操作流程、人员培训标准；欧盟 / 成员国提供基建补贴、简化审批。

第四，在认证、法规与标准层面健全全球协同监管体系。建立适配新能源航空器的适航、运行、安全标准，推动全球规则协同，破解监管滞后与标准不统一问题。参与主体包括：EASA 主导；欧盟及成员国立法机构；ICAO、全球民航监管机构；航空制造商、行业协会。核心行动清单包括：制定混动 / 电动 / 氢动力飞机专项适航条件（SC、MoC）；完善 CS-23/CS-25、发动机规范（CS-E）；建立监管沙箱，开展真实环境测试与认证加速；制定氢安全、电池防火、高压系统标准；推动全球规则对齐（ICAO、FAA、CAA 等）；加大 EASA 人力与资金，提升新能源航空器专业能力。

第五，提高空域适配能力，满足适配多机型协同运行。优化空域规划、

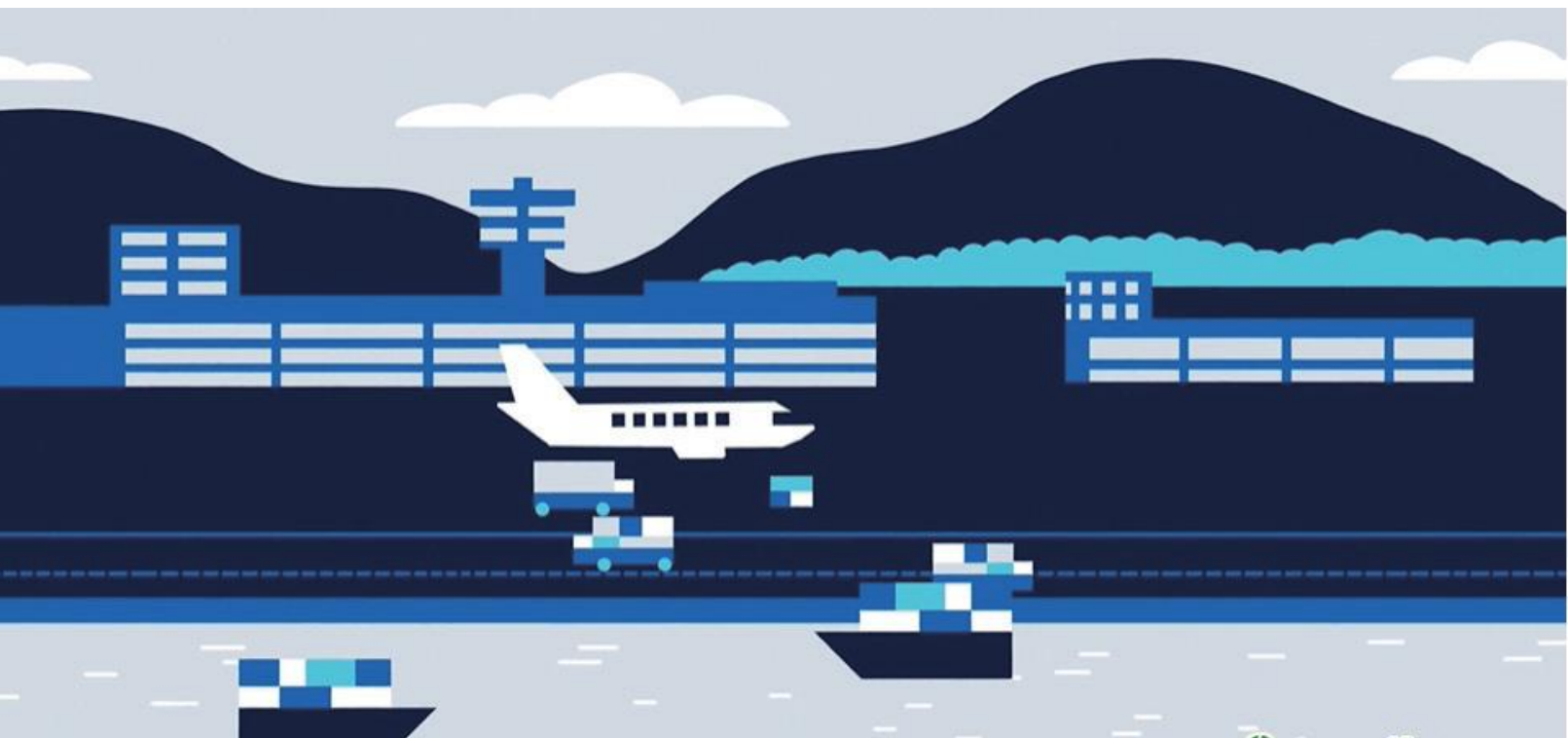


▲ 来源：<http://www.tanpaifang.com/>

运行规则与空管系统，保障新能源航空器与传统航空器高密度、安全协同运行，破解空域适配难题。参与主体包括：Eurocontrol、各国空管服务商（ANSPs）；EASA、成员国空域管理部门；航空器制造商、航空运营企业。核心行动清单包括：设计低空 / 专用航线、特殊飞行程序适配新能源飞机；优化间隔标准、流量管理，应对 2050 年 2000 万架次；改造 CNS 通信导航监视，兼容电动 / 氢动力飞机；制定混合空域运行规范，传统和新能源飞机协同；降低航路费，激励绿色航班；开展空域模拟与试点运行，验证高密度运行安全。

第六，运营主体与激励，从而激活商业运营。构建适配新能源航空器的商业模式，强化政策与金融激励，推动航司、租赁公司规模化采购运营，破解市场动力不足问题。参与主体包括：航空运营商、飞机租赁公司；欧盟及成员国财政、税务部门；机场、航空器制造商。核心行动清单包括：制定购机补贴、运营补贴、税收减免；降低融资成本：绿色债券、

▼ 来源：<http://www.tanpaifang.com/>



低息贷款、担保；设计新航线 / 区域空中交通商业模式；建立示范航线，验证经济性与运营可行性；公开可持续飞行数据，增强市场认可度；培育新航司、区域运营商，带动产业规模化。

六大支柱相互支撑、协同联动，覆盖技术、产业、能源、基建、监管、市场全链条，形成技术突破、产业落地、能源保障、基建适配、监管护航、市场激活的完整闭环。AZEA 路线图通过明确各责任主体权责与阶段性行动，为欧洲新能源航空商业化提供清晰时间表与路线图，助力欧洲抢占全球零排放航空竞争制高点，同时为全球航空绿色转型提供重要参考范式。

路线图还呼吁欧盟制定相应的支持机制，包括多层级协同，欧盟出台专项航空战略，成员国制定国家方案，明确政企分工，统一资金、标准、监管行动。全链条资金支持，欧盟“清洁与智能航空创新专项”、欧洲投资银行（EIB）、

国家绿色基金联动，覆盖研发、量产、基建、运营全环节。监管沙盒与试点，建设跨境卓越中心，开展真实场景验证，加速技术成熟与监管适配。KPI 监测，每年跟踪机队规模、能源保障能力、机场改造数量、适航证书、航班量、公共投入 6 类指标，每 3 年更新路线图。

对商用航空发展的启示

AZEA《欧洲混动、电动与氢动力飞行路线图》以清晰的阶段目标、六大支柱体系、全生态协同机制，为商用航空指明转型方向。该路线图的发布，标志着欧洲航空业的战略重心正从早期的基础技术研发阶段，正式迈入商业化部署与底层生态系统构建新阶段，给我国商用航空产业发展带来启示如下：

一是系统性地将零排放航空纳入商用航空中长期发展战略。欧洲此次发布路线图，意味着全球航空产业竞争正由传统整

机与发动机竞争，逐步延伸至绿色动力体系、能源基础设施、适航标准与产业生态体系竞争。对于我国而言，若在下一代航空动力与绿色航空体系建设中布局不足，未来可能在国际适航互认、市场准入与产业链竞争中面临被动局面。对此，我国需立足长远，将零排放航空发展系统性纳入商用航空中长期战略规划，提前布局电推进、氢能航空、绿色机场配套及相关行业标准体系建设。国内商用飞机制造企业需在整体技术路线与产品迭代规划中，明确零排放转型的时间节点与实施路径，统筹衔接现有产品升级与未来新型绿色航空器研发，夯实产业长期可持续发展基础。

二是构建零排放航空全产业链协同推进体系。路线图由欧委会牵头，联合近 200 家航空制造企业、机场运营方、能源企业、空管机构、金融主体及监管部门共同编制，明确了至 2050 年电动、氢能航班的规模化部署目标与落地举措。其核心优势在于跳出单一机型研发的局限，实现航空器研发、能源供给、机场保障、空域管理、政策监管、投融资体系的一体化统筹规划。借鉴该模式，我国应由整机制造企业牵头，整合发动机 / 电机、电池与燃料电池、储氢与供氢系统、航电与热管理等关键供应商，共同组建面向零排放航空的联合攻关团队，在系统集成、安全冗余、环境适应性和维护性等方面开展工程验证。同时，推动机场、能源企业、航空运营方深度参与前期方案论证与示范运营，围绕示范航线遴选、地面保障体系搭建、航班周转效率提升、运营成本优化等关键环节开展协同攻关，提炼形成可复制、可规模化推广的零排放航空商业运营模式。

三是同步构建与零排放航空发展相匹配保障机制。路线图还呼吁欧盟制定



▲ 来源：<https://www.carnoc.com/>

相应的支持机制，可以看出，零排放航空的推进不仅依赖技术突破，更有赖于一整套“战略—资金—监管—评估”闭环保障机制的系统设计。我国在零排放航空推进过程中需同步构建系统化、常态化的配套保障机制：一是要把多层级协同落到可操作的工作体系上，通过国家顶层战略、行业实施方案和地方配套政策的联动，明晰政府与企业 在规划、投资和实施中的职责边界，避免“各自为战”。二是要尽快搭建覆盖研发、中试、量产、基础设施与运营全链条的长期资金支持体系，打通科技计划、产业基金、政策性金融和绿色金融工具之间的通道，使企业 在不同发展阶段都能获得相匹配的资金和风险分担安排。三是要建立少数关键指标的持续监测与路线图滚动评估机制，使零排放航空的推进过程始终处于“有目标、有抓手、可衡量、能纠偏”的动态优化之中。



▼ 来源：<https://www.ideacarbon.org/>



本图由 AI 生成。

“航油困局”下的行业大考

文 | 游熙 编辑 | 林喆

6 月下旬，美伊谈判取得积极进展。由于美国宣布暂时解除对伊朗石油制裁和中东地缘政治紧张局势有所缓解，国际原油价格显著回落，并在 6 月 24 日跌至冲突爆发前水平。不过，双方后续谈判仍存在多重不确定因素，航油价格起伏不定将持续成为影响航空公司经营基本面的核心变量。

美以伊冲突爆发至今已近 4 个月，不仅严重扰乱了全球能源供应，还推动国际航油价格全线暴涨乃至宽幅震荡，给民航业带来了严峻挑战。数据显示，自冲突爆发以来，全球航油价格飙升，从此前每桶 85 美元～90 美元一度上涨至每桶超

过 200 美元，近期又呈明显回落趋势。随着夏季旅游出行旺季的来临，叠加航油价格宽幅震荡，全球民航业正面临一场严峻的大考。

行业面临怎样的航油危机？

最近一段时间，美以伊冲突局势波谲云诡，带动国际油价剧烈波动。美伊谈判进展、霍尔木兹海峡通航情况、海湾国家能源基础设施受损程度……多个变量左右国际油价走势。业内分析人士认为，近期美伊谈判取得阶段性进展，随着美国暂时解除对伊朗石油制裁，霍尔木兹海峡对商

船开放（为期 60 天），中东地缘风险溢价大幅消退，但这仅为阶段性缓和，后续谈判前景仍充满不确定性，长期存在较大变数。

目前，国际油价较前期高点显著回落，但仍保持宽幅震荡。国际航协（IATA）网站公布的监测数据显示，在截至 6 月 19 日的一周，全球航油均价为每桶 119.17 美元，比前一周下降 14.2%，比 5 月均价下降 24.4%，但仍比 2025 年的均价上涨 32.4%。值得注意的是，同期布伦特原油价格比 2025 年上涨 16.8%，而裂解价差（即航油较布伦特原油的溢价）比 2025 年上涨 82.9%。

专家分析称，航油价格的涨幅远超原油价格的涨幅，其核心症结在于航油炼化产能缺口。一是中东多地航油炼化产能受冲击；二是航油在炼油厂终端成品油中的占比极低（不足 10%），要与柴油、汽油等主力成品油争夺炼制产能。事实上，随着替代炼厂产能的增加和中东局势有所缓和，裂解价差已从高点大幅回落，这对民航业是一大利好。

中东多国长期为亚欧非各大核心航空市场稳定供应航油，在全球航油出口格局中占据举足轻重的地位。在全球海运航油贸易总量中，超五分之一取道霍尔木兹海峡。在美以伊冲突爆发后，作为全球能源运输咽喉要道的霍尔木兹海峡航运严重受阻，中东航油对外出口基本中断，那些高度依赖中东石油或航油供应的地区深陷危机，尤其是欧洲和亚洲。

欧洲历来是中东航油最大进口方，其境内约两成航油采购自中东地区。国际能源署署长法提赫·比罗尔指出，欧洲约 75% 的进口航油依赖中东炼油厂供应，其余部分原本依靠部分亚洲大国供给。为应对潜在的航油供给缺口，各地炼油厂全力增产航油，油料采购方不断开辟新的进口

渠道。叠加近期中东局势缓和、原油价格持续回落的利好因素，欧洲民航业已经从潜在的航油断供危机中走出来，短期内航油供给能平稳覆盖暑期出行旺季需求，燃油成本压力有所缓解。

事实上，欧洲市场只是航油危机对全球民航业影响的一个缩影。在美以伊冲突爆发后短短的 4 个月中，原油和航油价格经历了过山车式的震荡起伏。全球民航业从一开始面临油价飙升的大考，演变成潜在航油断供的危机，再到现在油价迎来阶段性回调。从短期看，谈判进展和冲突走向仍是影响近期油价走势的决定性变量。虽然油价走势难以预测，但专家表示，油价高位震荡可能得维持一段时间，且即便美伊谈判取得积极进展，航油价格的回落仍将是缓慢的。

国际航协在 6 月上旬发布的全球航空业财务展望中指出，由于冲突导致中东航线中断和油价高企，航空业盈利能力减半。这一预测是基于航油全年平均价格每桶 152 美元作出的，这一数字比 2025 年的每桶 90 美元上涨近 70%。国际航协理事长威利·沃尔什表示，中东地区原油供应中断和炼油设施受损意味着即使霍尔木兹海峡重新开放，燃油价格也不太可能迅速下降。“无论从哪个角度来看，我认为这个问题还会持续数月，甚至可能延续到明年。”

航空公司如何应对油价波动？

“美以伊冲突爆发以来，航油价格上涨绝非短期脉冲式波动，而是已经演变为全球民航业自 2008 年油价危机以来最严峻的一次系统性成本冲击，其影响是全球性的、结构性的且仍在持续放大。”资深民航业管理咨询顾问、中大咨询集团航空航天业务首席专家于占福说。航油绝对价

格水平、上涨速度、地缘冲突的持续性和供应链多通道同步受阻，4 个变量同时作用，给全球民航业带来了前所未有的压力。

在全球范围内，航空公司已经对冲了 2026 年预期燃料消耗的大约三分之一，有助于平稳短期成本波动。通常，燃油成本占航企运营总成本的 25% ~ 35%。在油价剧烈波动时期，这一占比甚至会突破 40%，并直接影响机票定价。航空业研究机构 Skift Research 最新分析显示，美以伊冲突可能使美国航企额外增加 240 亿美元燃油支出。该机构测算，票价至少需要上涨 11% 才能抵消这部分成本增幅；放眼全球，冲击规模可能达到 1000 亿美元甚至更多。

面对航油价格宽幅震荡，全球民航业业绩承压，航空公司纷纷下调盈利预期，并多措并举降本增效。于占福分析称，全球航企主要通过上调燃油附加费和票价进行成本端的“硬转嫁”，通过“减飞”对冲不盈利航线的现金流损失和减少燃油消耗，以及通过燃油套期保值和航油供应端安全保障应对航油危机，但不同区域、不同商业模式的航企在工具组合和应对能力上呈现明显分化。

在全球航油消费第一大国美国，达美航空等主要航企通过上调票价、削减亏损航线、增加行李托运费等方式应对油价上涨。在航油高度依赖进口的欧洲，汉莎航空宣布今年夏秋航季将取消约 2 万架次航班，此举预计可节省航油超 4 万吨。据不完全统计，全球航企已从 2026 年 5 月的航班计划中削减了接近 200 万个座位。不过，欧洲的低成本航企则表现出良好的韧性。今年夏秋航季，瑞安航空将维持航班满负荷运行，威兹航空的航班量将同比增长 17%。

英国约 65% 的航油依靠海外采购。英航母公司国际航空集团预计，其 2026

年燃油总支出将增加 20 亿欧元。该集团下调了全年盈利预期，并宣布运力增幅将低于此前确定的 3% 的目标。同时，英国政府允许航企提前取消航班，并临时暂停“使用即占有”的时刻使用规则，使航企可在英国伦敦希思罗等主要机场减少运力而不会失去宝贵的起降时刻。

中东紧张局势对印度航企冲击尤为严重，如印度航空计划在 6 ~ 8 月每周削减近 140 个国际航班，约占其国际航班总量的 27%。专家分析称，中东地区空域受限，导致印度航企航线绕飞，飞行时间延长、人力成本上涨、航油消耗量随之攀升，行业运营难以为继。加之受当地税收政策影响，印度本土航油价格比国际主流枢纽高出约四成。印度航企联盟 4 月警告称，印度国内航企正深陷极大经营压力，濒临停业停航。

油价宽幅震荡对行业影响几何？

“行业暖意表层可见，行业寒意底层汹涌”是中国民航管理干部学院教授赵巍对 2026 年全球航空业的整体评价。尽管机票价格有所上调，但航企依旧无法完全覆盖激增的燃油支出，利润势必遭受重创。她分析说，行业利润大幅缩水的主要原因集中在成本端的失控，主要表现为油价暴涨、地缘政治冲突、货运增长停滞和供应链问题与绿色成本。

中东枢纽因中东紧张局势升级而造成严重运营中断，对全球航空客运和货运需求都产生了重要影响。国际航协数据显示，3 月中东航企客运需求暴跌超 60%，将全球客运需求增速拉低至 2.1%；中东航企货运需求下降 54.3%，全球货运需求下降 4.8%。4 月中东航企客运需求下降 46.6%，全球客运需求下降 3.4%；中东航企货运需求下降 18.2%，全球货运需求增

长 4%。

中东客货运需求在此轮危机中均遭受重创，但中东客运需求恢复缓慢，货运需求则反弹较快；从全球来看，美以伊冲突对全球航空客运需求的拖累到 4 月才真正显示出来，对全球航空货运需求的冲击则立竿见影，但其在贸易航线持续重塑的推动下很快开始反弹。

中东三大航的商业模式建立在“第六航权 + 极致中转效率”上，此次危机首次对这套模式构成系统性冲击。于占福说，旅客愿意为“安全 + 确定性”支付高昂的溢价，这一行为转变对建立在“奢华中转 + 免税店”叙事上的中东超级枢纽模式构成长期的根基性影响。“中东枢纽的商业奇迹不会就此终结，但‘绝对效率 + 高集中度’的商业模式将不得不让位于‘多枢纽备份 + 战略冗余’的新范式。从‘效率优先’转向‘韧性为王’，对中东自身的枢纽建设而言，是被迫但必要的演化方向”。

尽管受燃油价格上涨影响，机票价格不可避免地有所上涨，但今夏机票预订仍保持火热。阿提哈德航空集团首席执行官安东纳尔多·内维斯称，经季节性因素调整后，当前机票预订量已恢复至冲突发生前水平。美国联合航空首席执行官斯科特·柯比表示，即便机票价格上涨约 20%，旅客仍在正常订票。他坦言，强劲的预订势头让自己备感意外，“整体经济基本面比外界预估的更为稳健”。而达美航空首席执行官埃德·巴斯蒂安则依旧看好高端市场需求，认为高端旅客群体的出行计划基本未受影响。

巴斯蒂安还表示，高昂油价历来是行业变革最强劲的推手——既能拉开头部企业与同行的差距，也会倒逼实力薄弱的航企精简业务、抱团整合。事实上，一些财务能力薄弱的中小航企已经在此轮危机中

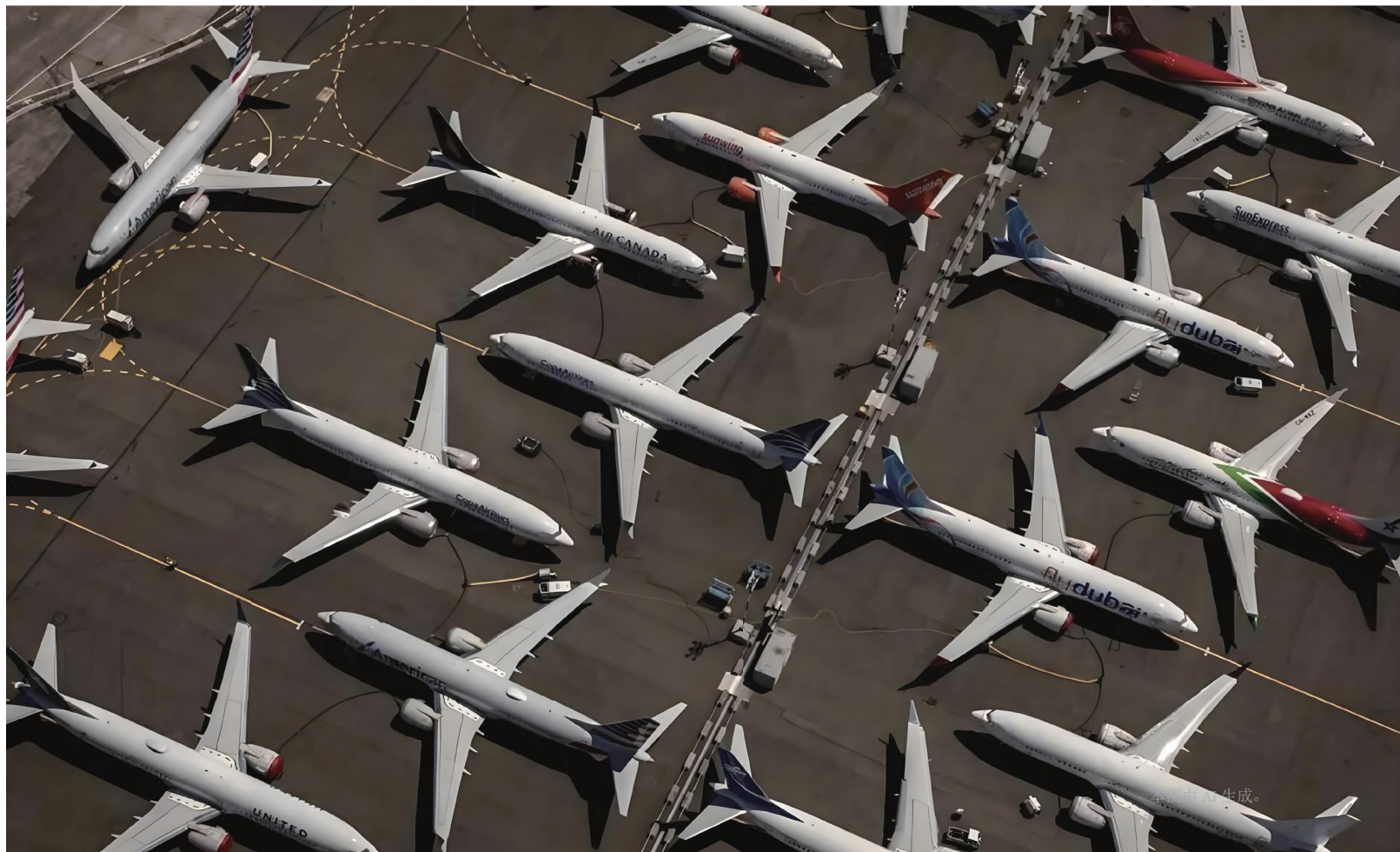


▲ 来源：<https://www.marketsandmarketsblog.com/>

倒下：汉莎航空提前关停了旗下区域子公司汉莎城际航空，27 架庞巴迪 CRJ900 客机自 4 月 18 日起全部永久停飞；4 月 28 日，英国湿租航空公司阿森德航空宣告破产；5 月 2 日，美国精神航空正式停运。

油价波动不仅是成本议题，更是对商业模式韧性的全面检验。简单转嫁、被动等待都不是答案，燃油套保作为保险工具具有不可替代性，而收入端的系统性重构，如品牌运价精细化、新分销能力部署、辅营收入挖掘、常旅客计划深度货币化，才是真正决定行业能否穿越周期的关键。

此次危机的本质不是“谁都受冲击”，而是风险管理工具与商业模式的差异被史无前例地放大，是一场加速行业重新洗牌的压力测试。那些拥有特殊航权或地理位置优越的承运人，套保覆盖率高、能源资产雄厚的航企，拥有超远程宽体机运营能力的航企，辅营收入与非航业务布局深厚的全服务航企，更可能抓住新的机遇。



2025 年欧美主流航空公司业绩剖析——兼论中国三大航的差距与优化策略

文 | 赵巍 编辑 | 林喆

2025 年全球航空业延续稳健复苏态势，国际航空运输协会（IATA）数据显示，全球航司全年净利润达 395 亿美元，逐步迈入盈利常态化阶段，但各个区域间的航司经营业绩呈现显著分化。本文以欧美主流航空公司为研究对象，基于 2025 年上市公司年报、行业统计数据及权威报告，从营收规模、盈利能力、财务稳健性、现金流管理、收入结构、成本管控六个核心维度，对比其经营业绩特征与差异化优势，重点剖析中国三大航（国航、东航、南航）与欧美主流

航司的核心差距及成因，并结合行业发展趋势提出针对性优化建议，为中国航空企业提升经营质量、缩小国际差距提供理论参考与实践借鉴。

欧美主流航司经营业绩对比分析

2025 年，欧美主流航司已彻底走出疫情低谷，迈入盈利常态化、增长高质量的发展阶段，但不同区域、不同定位的航司经营业绩呈现显著差异化特征，整体呈现出美国航司领跑规模、欧洲航司凸显质量、低成本航司彰显韧性的格局特征。以下结合资产负债表、利润表、现金流量表的核心数据（统一以美元计价，欧洲航司原始数据为欧元，汇率参考 2025 年平均汇率：1 欧元 $\approx$ 1.16 美元），从六大核心维度展开对比分析。

营收规模：美国航司领跑，欧洲航司呈现梯度分化。

区域市场禀赋与航线布局架构决定了欧美航司的营收格局，欧美航司规模差距显著，欧洲阵营内部呈现清晰梯度。2025 年，达美航空以 633.64 亿美元营收位居欧美 8 家航司首位，美国三大航（达美航空、联合航空、美国航空）的营收均突破 500 亿美元，其中联合航空营收 590.70 亿美元、美国航空营收 510.23 亿美元，依托本土庞大的航空消费需求与完善的国内航线网络布局，持续占据行业营收前列。

欧洲阵营中，汉莎航空以 459.36 亿美元的营收成为欧洲区域的标杆；IAG 集团与法荷航的营收规模相近，都维持在 380 亿美元左右（IAG 集团 385.27 亿美元、法荷航 382.80 亿美元），构成欧洲航司的第二梯队；瑞安航空作为欧洲低成本航司的代表，受短途航线定位与客单价限制，营收 161.81 亿美元，位列 8 家航司的末位。这种营收的分化格局，是区域市场发展潜

航司	营业收入（亿美元）	区域
达美航空	633.64	美国
联合航空	590.70	美国
美国航空	546.33	美国
汉莎航空	459.36	欧洲
国际航空集团	385.27	欧洲
法荷航	382.88	欧洲
西南航空	280.63	美国
瑞安航空	161.81	欧洲

力、航司运营定位及航线结构差异的直接体现。

盈利能力：欧洲航司效率制胜，美国航司两极分化。

盈利能力是衡量航司经营水平的核心指标，选取营业收入、净利润、净利润率三个关键指标（美国航司采用 GAAP 净利润，与中国航司归母净利润口径一致），对比欧美 8 家航司的盈利表现，整体呈现出欧洲航司效率突出、美国航司两极分化的特征。

欧洲航司凭借精准的成本管控体系与优化的航线结构，盈利表现显著优于多数美国航司。其中，瑞安航空以 11.56% 的净利润率、18.70 亿美元的净利润位居盈利效率榜首，彰显了低成本运营模式的核心优势；IAG 集团紧随其后，以 10.06% 的净利润率、38.77 亿美元的净利润，体现了欧洲网络航司的盈利韧性；法荷航实现净利润 20.30 亿美元，汉莎集团实现净利润 15.08 亿美元，两者盈利稳定性较强，其中汉莎集团客座率攀升至 83.2% 的历史峰值，新舱产品溢价效应显著。

美国航司盈利水平呈现鲜明的两极分化特征，达美航空以 7.90% 的净利润率、



50.05 亿美元的净利润，成为美国航司的盈利标杆，其自由现金流充裕，盈利规模远超其他航司；联合航空的盈利规模仅次于达美航空，实现净利润 33.53 亿美元；美国航空、西南航空的盈利表现低迷，净利润分别为 1.11 亿美元、4.41 亿美元，净利润率仅为 0.20%、1.57%，两者盈利差距的核心根源在于成本管控精度与运营效率的差异，其中美国航空受前期疫情期间大规模举债影响，盈利基础薄弱。

财务稳健性：低成本航司表现突出，部分传统航司风险高企。

航司	净利润（亿美元）	净利润率
达美航空	50.05	7.90%
国际航空集团	38.77	10.06%
联合航空	33.53	5.68%
法荷航	20.35	5.31%
瑞安航空	18.70	11.56%
汉莎航空	15.53	3.38%
西南航空	4.41	1.57%
美国航空	1.11	0.20%

财务稳健性是航司长远发展的基石，核心衡量指标包括资产负债率、净债务水平及归母股东权益，欧美 8 家航司的财务表现呈现出明显的两极分化特征。低成本航司凭借轻资产运营模式，财务结构更为稳健，其中瑞安航空以 59.80% 的资产负债率，成为 8 家航司中财务结构最稳健的企业；西南航空紧随其后，资产负债率为 62.84%，归母股东权益 170.73 亿美元，净债务仅 45.2 亿美元，资本结构优势显著。

传统网络航司中，部分企业的财务风险凸显。美国航空资产负债率高达 106.03%，归母股东权益为负（-37.27 亿美元），已陷入资不抵债的困境，净债务高达 212.3 亿美元，财务压力居高不下，虽然 2025 年实现盈利，但是债务消化仍然需要一定时间；IAG 集团、联合航空的资产负债率分别达 82.28%、80.01%，杠杆水平偏高，后续需要通过优化债务结构、提升盈利质量来化解财务风险；汉莎航空、法荷航的资产负债率介于 66.9%～81.4% 之间，资本结构相对合理，净债务控制在合理区间，未出现债务违约

风险。

现金流管理：头部航司造血强劲，尾部航司承压明显。

现金流是航司日常运营的生命线，分为经营活动现金流、投资活动现金流、筹资活动现金流及自由现金流，直接反映企业运营效率与发展潜力。

经营活动现金流方面，美国三大航的现金创造能力领跑行业，联合航空、达美航空的经营现金流分别为 84.31 亿美元、83.42 亿美元；欧洲区域的 IAG 集团、法荷航经营现金流分别达 76.42 亿美元、70.30 亿美元，随着跨大西洋航线复苏，经营现金流持续改善；汉莎航空、瑞安航空的经营现金流保持稳定，可有效支撑企业日常运营；美国航空、西南航空的经营现金流相对偏弱，分别为 30.99 亿美元、18.42 亿美元，反映出其运营竞争力相对不足。

收入结构：高端化主导，多元化补充，盈利韧性凸显。

收入结构是影响航司盈利稳定性的关键因素，欧美 8 家主流航司都形成了以高端客运为核心、多元化收入为补充的收入结构，摆脱了对单一经济舱客运收入的依赖。

美国航司高度重视高端业务布局，美国航空的高端业务收入占比已达 34%，计划到 2026 年将高端座位占比提升至 29%；达美航空的高端营收增幅连续两年超过主舱，跨洋航线上部分季度商务舱营收甚至超过整架飞机经济舱的营收总和。欧洲航司同样注重高端业务发展，汉莎集团跨大西洋航线高端舱收入占该航线总营收的 45%，新舱产品溢价效应显著；IAG 集团、法荷航持续优化高端舱配置，聚焦跨大西洋、亚欧等核心国际航线，高端业务成为盈利核心支柱。

成本管控：精细化运营，精准对冲

航司	总资产（亿美元）	总负债（亿美元）	资产负债率
瑞安航空	203.08	121.45	59.80%
西南航空	352.00	221.20	62.84%
达美航空	811.85	604.32	74.44%
汉莎航空	561.37	425.52	75.80%
法荷航	610.86	475.67	77.87%
联合航空	764.48	611.66	80.01%
国际航空集团	497.05	408.96	82.28%
美国航空	617.74	655.01	106.03%

外部压力。

航空业是典型的高成本行业，燃油、人力、飞机折旧是三大核心成本，欧美 8 家主流航司凭借精细化的成本管控，有效对冲了航油价格波动、人力成本上升等外部压力，维持了较强的成本竞争力。

燃油成本管控方面，达美航空通过长期燃油套保、优化航线布局等方式，2025 年燃油成本同比下降 6.1%，有效对冲油价波动风险；瑞安航空凭借极致成本管控，2025 年二季度净利润翻倍，即便平均票价上涨 21% 仍保持低成本优势。

三大航与欧美主流航司的核心差距剖析

2025 年，中国三大航呈现出艰辛、分化、破局的发展态势，南航实现归母净利润 8 亿～10 亿元，达成 2020 年以来首次全年盈利；东航利润总额扭亏，归母净利润亏损 13 亿～18 亿元；国航归母净利润亏损 13 亿～19 亿元，整体仍未实现全面盈利。结合前述分析可知，欧美 8 家主流航司已经实现稳健盈利，对比其核心财务数据（统一美元计价），三大航在几个核心维度存在差距。

与欧美主流航司相比，中国三大航

航司	自由现金流（亿美元）	是否为正
达美航空	46.00	正
国际航空集团	36.50	正
联合航空	25.57	正
瑞安航空	23.03	正
法荷航	11.95	正
汉莎航空	-2.79	负
西南航空	-9.58	负
美国航空	-11.01	负

盈利规模和质量均有较大差距。盈利规模上，达美航空 50.05 亿美元（约合 360 亿元人民币）的净利润，远超南航最高 10 亿元人民币的盈利；东航、国航仍处于亏损状态，扣除非净利润亦为亏损，盈利基础薄弱。盈利质量上，欧美主流航司净利润率普遍在 1.5% 以上（瑞安航空高达 11.56%、IAG 集团达 10.06%），而中国三大航净利润率偏低，核心源于收入规模不足、成本压力过大，国内市场内卷导致单位收益偏低，投资资本回报率未达到全球航司 6.8% 的平均水平。

中国三大航收入结构呈现出偏大众化、单一化的特征。欧美航司高端舱营收占比普遍在 30% 以上，美国航空高达 34%，汉莎集团跨大西洋航线高端舱收入占比达 45%，而中国三大航的高端舱营收占比仅为 15% ～ 20%。核心原因在于，中国航空市场以大众出行需求为主，商务客流占比低于欧美，高端客群培育不足；同时国内市场内卷严重，航司频繁推出低价机票，经济舱票价难以提升，只能依靠提高客座率摊薄成本。2025 年亚太航司的人均旅客收益仅 2.6 美元，远低于全球 7.2 美元的平均值，

中国航司的收入效率显著偏低。

此外，中国三大航盈利高度依赖客运收入，附加服务收入占比处于个位数；中国航司的货运业务贡献有限，未充分受益于电商和半导体运输需求增长，收入结构单一导致盈利韧性不足。

在成本管控方面，三大航的成本压力远大于欧美主流航司，管控精细化程度不足。刚性成本方面，三大航宽体机占比约 15%，但中美远程航线恢复率仅 25% ～ 30%，宽体机利用率不足导致折旧成本居高不下。

现金流管理方面，中国三大航经营活动现金流虽然在逐步改善，但是整体造血能力仍然不及欧美头部航司，自由现金流稳定性不足，难以支撑大规模机队更新、航线拓展等投资活动，部分航司仍面临现金流承压的问题，与达美、联合等头部航司充裕的自由现金流形成鲜明对比。

最后，在市场环境方面，欧美航空市场成熟稳定，美国国内航线网络密集、商务需求稳定，欧洲依托跨大西洋航线复苏提升盈利，且票价体系完善，无需依赖价格战。中国航空市场则面临多重制约：中美远程航线作为核心盈利航线，恢复率仅 25% ～ 30%，直

航司	经营现金流（亿美元）
联合航空	84.31
达美航空	83.42
国际航空集团	76.42
法荷航	70.30
汉莎航空	46.83
瑞安航空	39.63
美国航空	30.99
西南航空	18.42

接损失核心盈利来源；国内市场内卷加剧，低价竞争导致单位收益比欧美航司低 10% ～ 20%；中短途航线受高铁分流，盈利空间被压缩。

结论及建议

2025 年，欧美 8 家主流航司已经实现全面稳健盈利，并且形成了差异化的竞争优势。反观中国三大航，虽然呈现复苏向好态势，但是尚未实现全面盈利。这种差距属于发展阶段差距而非能力差距，核心根源于国内航空市场复苏不均衡、高端客群培育不足、成本管控精细化不够、盈利模式单一，叠加国内市场内卷、国际航线恢复滞后等外部制约。需要明确的是，中国航空业具备高质量发展的基础与潜力，随着国内航空市场持续成熟、国际航线逐步恢复，加之中国航司不断优化运营管理，与欧美航司的差距有望逐步缩小。

结合欧美主流航司的经验，针对中国三大航的短板，从盈利提升、成本管控、市场布局、商业模式四个方面，提出针对性优化建议，助力中国航司实现从扭亏减亏向持续盈利的跨越。

第一，聚焦高端化布局，优化收入结构，提升盈利质量。借鉴达美、汉莎等航司经验，加大高端舱位配置升级力度，重点优化跨洲际、商务干线航线的高端服务，培育高端客群；完善高端客群服务体系，提升服务品质和票价竞争力，逐步提高高端舱营收占比；拓展商务出行市场，加强与企业合作，稳定商务客流，提升单位收益，摆脱对经济舱走量的依赖；同步拓展附加服务业务，借鉴瑞安航空等低成本航司经验，创新附加服务品类，提升非客运收入占比。

第二，推进精细化成本管控，降低刚性压力，完善财务结构。合理开展燃油套

保业务，借鉴达美航空套保策略，对冲油价波动风险；优化机队结构，根据航线需求调整宽体机、窄体机配比，提高宽体机利用率，降低折旧成本；优化人员结构、提升劳动生产率，缓解人力成本上升压力；加强与机场、航油公司合作，争取政策支持，降低起降费、航油费等运营成本，缩小与欧美航司的成本差距；持续优化债务结构，降低净债务水平，提升财务稳健性。

第三，优化市场布局，缓解竞争压力，拓宽盈利空间。加快国际航线恢复与拓展，加密中美、中欧等核心盈利航线，提升航线利用率；依托国内消费升级，拓展高端旅游、公务出行等细分市场，培育新增长点；理性参与市场竞争，避免低价恶性竞争，平衡量价关系；优化国内航线网络，减少与高铁的同质化竞争，聚焦高铁难以覆盖的中长途航线和偏远地区航线，提升航线盈利效率。

第四，创新商业模式，强化现金流管理，提升抗风险能力。拓展货运业务，抓住电商和半导体运输需求增长机遇，提升货运收入贡献；加强数字化转型，优化运营效率和客户体验，降低运营成本；完善股东回报机制，增强投资者信心；构建“客运 + 货运 + 附加服务”的多元化盈利模式，打破单一客运盈利依赖，提升抗风险能力。

航空业的高质量发展不是一蹴而就的征程，欧美主流航司的经验为中国航司提供了参照，但是更需要立足中国市场的实际，在正视差距中补齐短板，在借鉴创新中突破升级。锚定高端化、精细化、多元化的发展方向，破解成本压力、优化收入结构、创新盈利模式，中国三大航一定能够真正实现从扭亏减亏向持续盈利的跨越，助力中国航空业在全球舞台上实现更高质量的崛起。



▲ 来源：中国南方航空

地方民航航线补贴如何规范

文 | 卢梦圆 编辑 | 林喆

近年来，航线补贴作为地方政府吸引运力的重要手段，在提振地方航空市场方面发挥了作用，但也引发了市场扭曲、资源错配等问题。本文分析我国地方民航客运航线补贴的现状与影响，借鉴国际经验，提出建立全国统一负面清单、推行标准化补贴实施机制、构建信息监督平台、健全绩效评估与退出机制等政策建议，为规范地方航线补贴提供参考。

国内民航航线补贴政策现状

航线补贴在我国民航政策体系中由来已久。我国幅员辽阔，各地发展条件差异显著。对相当一部分地区而言，受制于地理位置偏远、经济基础薄弱、

潜在客源有限等因素，当地航空市场仅凭自身难以实现稳定运营。这一矛盾单靠市场机制难以化解。为此，国家逐步建立起以中央财政支线航空补贴为主干、辅以地方政府配套激励的补贴制度框架。

中央层面的国内客运航线补贴主要通过支线航空补贴制度加以落实，由财政部和民航局共同管理。《支线航空补贴管理暂行办法》自 2024 年起施行。该办法的补贴对象主要为国内客运支线航线，重点覆盖一端涉及偏远及特殊地区机场的航线、经停高原或高高原机场的航线，以及使用支线机型服务于干支衔接的航段。

新版办法将补贴计算方式由按旅客运输量或亏损额测算改为按飞行小时给予补贴，使补贴标准更易核定、更便于监督。具体标准综合考量航线是否涉及高原机场以及机型类别。制度还对单一航段和单一航司设置年度补贴上限，并引入年度考核

与动态调整机制。从整体设计看，中央支线航空补贴突出公共服务属性，保障偏远地区居民的基本航空出行权利，并逐步完善退出机制。

地方层面的航线补贴政策，在覆盖范围和政策形态上都呈现出复杂性。目前，省、市、自治区乃至县级政府普遍参与。资金来源以地方本级财政为主，部分省份建立了多级财政共担机制。

从补贴方式看，大体分为两类：一是针对航线或航班本身的直接补贴，核心逻辑是降低航空公司运营特定航线的成本风险，常见形式包括亏损兜底补贴、按班次定额补贴、按旅客运输量补贴等；二是面向航空公司或相关主体的激励性补贴，目的是吸引航空公司在本地建立更稳固的运营根基，包括基地公司落户奖励、驻场运力投放补贴等。

地方政府在制定补贴政策时有着明

▼ 徐炳南 摄



确的战略侧重，补贴对象大致包括：枢纽连接型航线（通往北上广深）、区域战略型航线（服务西部陆海新通道等国家战略）、省内网络型航线（支线机场环飞、串飞）、市场培育型航线（新开航点、季节性航线）以及社会公益型航线（高原、边疆地区）。补贴标准的核定维度通常包括飞行时间与航程、机型与座位数、运营绩效、战略重要性以及培育阶段等。

地方政府航线补贴的影响评估

地方政府航线补贴在短期内快速撬动地方航空市场的同时，也对民航业产生了复杂而深远的影响。

正面影响主要有四个方面。一是服务区域发展战略，补贴政策已成为落实国家战略的具体工具，如广西的补贴与“西部陆海新通道”紧密结合。二是保障基本航空服务，四川省对“三州一市”冬季航

线的补贴有效保障了地面交通极度匮乏地区居民的基本出行权。三是激活中小机场、完善网络节点，如云南的“省内环飞”使次级机场从孤立终端转变为区域网络中的有效节点。四是培育市场、扩大航空服务覆盖，按人头发放的补贴能直接降低出行成本，刺激旅游和探亲需求。

负面影响同样不容忽视。其一，扭曲市场竞争，阻碍统一大市场形成。不透明的“一线一议”安排和针对基地航司的增量奖励构成了隐性的市场准入壁垒，航空公司的竞争优势很大程度上取决于获取补贴的能力。其二，干扰行业发展布局，与“干支通、全网联”目标相悖。各地普遍热衷于补贴通往北上广深的点对点直飞航线，可能分流原本应经由区域枢纽中转的客流，削弱枢纽辐射能力。其三，加剧区域内耗，摊薄财政资金使用效益。腹地高度重叠的相邻机场往往面临争夺同一批航空公司和客源的壓力，财政资金在低水

平竞争中相互消耗。其四，央地政策协同不足，整体效能打折。中央补贴定位“保基本”，地方补贴多着眼于“争优质”，两者在政策目标上缺乏协调。其五，长期风险不容忽视。依赖补贴维持的低票价一旦补贴退坡便迅速反弹，航空公司改善服务的内在动力也被削弱。

国外主要国家民航补贴制度

国际民航补贴制度中最具代表性的是美国的“基本航空服务”（EAS）和欧盟的“公共服务义务”（PSO），这两者都已发展成为相对成熟的制度。这些体系背后的核心逻辑不仅仅是提供补贴；而是旨在解决市场无法自行解决的问题，保障公众的基本出行权利，并促进不同地区之间更均衡的发展。

美国和欧盟的补贴制度代表了两种截然不同的制度设计方法，反映了迥然相异的政策理念。

核心原则不同。美国的“基本航空服务”（EAS）植根于联邦立法：它明确将特定社区的基本航空服务指定为必须维持的公共产品，并由联邦政府提供安全保障。而欧盟的“公共服务义务”（PSO）则基于合同框架——通过公开招标，将提供服务于特定公共利益的航空服务的义务赋予运营商，并随后提供相应的补贴。

管理机构不同。EAS 由美国交通部（DOT）在联邦层面集中管理，全国范围内适用统一的标准和程序，地方政府无权自行裁量。相比之下，PSO 的管辖权下放给成员国——无论是中央政府还是地方政府——只要在欧盟法律框架内运作，它们均可独立设立和管理 PSO 航线。

核心目标不同。EAS 计划旨在确保那些在航空业放松管制前已享有航空服务的中小型社区不会被市场完全抛弃，从而

维持与全国航空网络的最低连接水平。PSO 则针对偏远、欠发达或地面交通受限的地区；其目标不仅在于确保连接，更在于利用航空服务来刺激区域经济发展并满足社会流动需求，使其成为更强有力的区域政策工具。

补贴机制不同。虽然两者都涉及亏损补偿，但在具体实施上存在差异。EAS 补贴机制针对的是航线预计成本与合理收入之间的差额，同时保证运营商获得约 5% 的合理利润率。PSO 机制适用于两种情形：在限制市场中，它为由单一承运商独家运营的航线提供亏损补偿；在开放市场中，其重点转向票价，直接向乘客（尤其是当地居民）提供普惠性票价补贴。

▼ 表 1| 美国与欧盟补贴制度设计对比
数据来源：根据公开政策整理编制 (2026)

维度	美国基本航空服务（EAS）	欧盟公共服务义务（PSO）
核心理念	法定保障：通过联邦立法，将特定社区的“基本航空连接”作为一项必须维持的公共产品予以保障。	契约义务：通过公共招标，将满足特定公共利益的航空服务作为一项“义务”授予并补贴给运营商。
管理主体	联邦政府主导（美国交通部 DOT），全国统一执行标准与程序。	成员国政府主导（中央政府或地方政府），在欧盟法律框架下自主设立并管理。
核心目标	确保放松管制前已通航的特定小社区与全国航空运输网络的最低限度连接，防止其被市场彻底抛弃。	满足偏远、欠发达或地面交通不便地区的经济发展与社会出行需求，具有更强的区域发展工具属性。
补贴性质	亏损补偿：补贴旨在覆盖航线的预计成本与合理收入之间的差额，并保证运营商获得约 5% 的合理利润率。	分为两类：1. 限制市场：对独家运营的亏损航线进行亏损补偿；2. 开放市场：对乘客（尤其是本地居民）提供普惠性票价补贴。
运营商选择	DOT 通过竞争性招标(RFP) 选择，重点评估运营可靠性、枢纽衔接协议、社区意见等。	成员国政府通过公开招标选择，可授予中标者 3-5 年的独家运营权。
透明度	极高：所有 EAS 社区名单、承运人、机型、班次及年度补贴合同额均在 DOT 官网完全公开。	较高：航线设立、招标结果及部分补贴数据需向欧盟报备并接受监督，但具体合同细节由成员国掌握。

▼ 徐炳南 摄



除了美国和欧洲，其他国家也有各自独特的体系，其中许多体系的设计体现其独特的地理和行政特征。

澳大利亚幅员辽阔且人口稀少，偏远社区的航空通达性问题尤为突出。该国采取了联邦政府与州政府协作的模式。在联邦层面，“偏远地区补贴计划（RASS）”向运营商提供直接补贴，覆盖人口少于200 人的极偏远社区，以确保这些地区每周都能获得基本的客运和货运服务。各州的措施各不相同。例如，西澳大利亚州和昆士兰州通过划定管制航线、授予独家运营权以及提供配套补贴，来维持特定的偏远航线。这两种机制——一种自上而下，一种自下而上——协同运作。

加拿大历来的做法是“优先发展基础设施”，而非提供直接的运营补贴。长

期以来，联邦政府主要通过“机场资本援助计划”（ACAP）对地区机场的安全升级和改造工程提供补贴，而非直接补贴航线。疫情后推出的临时性“偏远地区航空服务计划（RASP）”改变了这一做法：资金直接拨付给地方政府，由其向航空公司提供补贴，旨在维持通往140 个偏远社区的基本航空服务。在某种程度上，这一转变表明，在极端情况下，纯粹以基础设施为导向的做法存在局限性。

印度采取“以发展为导向”的策略，其核心目标是扩大航空市场，特别是在二三线城市。“区域互联互通计划（RCS）”的主要机制是“可行性缺口资金（VGF）”——该机制将全额弥补任何航线的亏损。与此同时，该计划还包括燃油消费税和增值税的豁免，以及严格的票价上限，以确保普通乘客能够负担得起机票费用。

巴西的重点在于“打好基础”。联邦政府投入巨资补贴新建机场，同时鼓励航空公司整合其区域航线网络。在运营成本方面，政府通过免除燃油税和优化消费者保护法规，探索降低支线运营监管成本的途径。与印度类似，巴西并未将所有希望寄托于直飞航线补贴，而是采取了兼顾供给端和成本端的策略。

上述国际经验对我国的重要启示在于：其一，由准入标准严格定义市场失灵，避免补贴对象确定高度依赖主观判断；其二，强制要求采用公开、竞争性的招标程序选择运营商，取代“一事一议”的定向谈判；其三，建立基于标准成本模型的补贴核算机制，使补贴金额与实际成本和收入挂钩，并设计激励相容条款；其四，建立持续的绩效监督与动态评估机制，设定可量化的退出触发条件，确保“进入”与“退出”形成完整闭环。



规范地方航线补贴的政策建议

基于前文分析，本文就规范地方航线补贴行为提出以下政策建议。

第一，建立全国统一的负面清单管理制度。建议由财政部、民航局联合制定并动态更新《民航领域地方补贴负面清单》，明确列出禁止或严格限制的补贴行为。禁止类行为应包括：对年旅客运输量已连续超过15 万人次的成熟国内客运航线给予直接运营补贴；以不透明的“一事一议”方式确定单一补贴对象；以市场份额或客运量增长作为对单一航司的唯一或主要奖励依据。限制类行为应包括：对枢纽机场之间的直飞干线给予补贴须提交竞争影响评估报告；对宽体机投放等运力结构补贴须进行详细的供需匹配论证。

第二，推行标准化、竞争性的补贴实施机制。在承运人选择上，以公开招标逐步取代定向谈判，鼓励地方政府通过公开竞争性程序选择承运人，以价格、服务方案、网络衔接等综合指标作为评判依据。在补贴方式上，可借鉴欧盟经验，探索将部分对航空公司的直接运营补贴转化

为面向端点地区居民、学生或特定产业从业者的票价补贴，这种方式更直接地惠及民生、激活真实需求，在公平性和可审计性上也更具优势。

第三，构建全国民航补贴信息管理与监督平台。建立强制性的信息填报与公示系统，要求所有地方政府及补贴拨付单位按统一口径填报补贴政策、航线、对象、金额、绩效目标等核心信息，形成全国补贴信息“一张网”，从根本上解决当前信息高度分散、不对称的问题。

第四，健全全周期绩效评估与动态退出机制。事前环节，对大额补贴项目（建议以单条航线年度补贴500 万元为参考门槛）强制要求开展成本效益与竞争影响评估。事中与事后环节，建立补贴绩效年度自评与第三方抽评相结合的制度，评价结果与后续预算安排直接挂钩。退出机制上，所有补贴协议须明确设立基于客观指标——如旅客运输量、市场收入占比等——的自动退出或退坡条款，从制度层面防止补贴依赖的形成。

▼ 表 2 | 其他国家补贴制度设计
数据来源：根据公开政策整理编制 (2026)

国家	主要计划 / 模式	核心特点与补贴方式
澳大利亚	支线航空服务计划（RAAP）	联邦与州政府协同： 1. 联邦层面：通过“偏远地区航班补贴（RASS）”直接补贴运营商，覆盖人口不足200 人的极度偏远社区的每周基本客货运服务。 2. 州层面：西澳、昆士兰等州通过管制航线、授予专营权并配套补贴的方式，保护特定偏远航线。
加拿大	1. 机场资本援助计划（ACAP） 2. 偏远航空服务计划（RASP）	基建与运营并重： 1. 历史侧重基建：长期通过ACAP 补贴支线机场安全改造，而非直接补贴航线。 2. 疫情后新动态：为应对疫情，2020 年起推出临时性RASP，直接向地方政府拨款，再由其补贴航空公司，以维持140 个偏远社区的基本通航。
印度	区域航空联通方案（RCS）	发展导向的全面激励：旨在刺激二三线城市航空市场。通过可行性缺口补助（VGF）弥补航线亏损，同时配套税收减免（燃油消费税、增值税）和严格票价上限，确保票价可负担。
巴西	支线航空发展计划	产业扶持与市场保护：通过大规模联邦资金补贴新机场开发，并激励航司整合支线网络。同时，考虑通过减免燃油税、优化消费者保护法来降低支线运营的法规性成本。

A220 最大订单背后的市场重构逻辑

文 | 钟敏娟 编辑 | 林喆



▲ 来源：空客官网

2026 年 5 月 6 日，亚航母公司 Capital A 在加拿大魁北克米拉贝尔（Mirabel）A220 总装厂宣布订购 150 架空客 A220-300，并获得额外 150 架未来型号的选择权。按照目录价格计算，这笔交易价值约 190 亿美元，是 A220 项目历史上最大的一笔单项确认订单，同时该笔订单也推动 A220 项目的确认订单总量突破了 1000 架里程碑，可以说对双方都具有重大意义。

这笔交易的签约仪式本身已显示出其超越普通商业采购的政治与产业意义。出席者除 Capital A 的 CEO、亚航集团联合创始人东尼·费南德斯，空客商用飞机 CEO

拉尔斯·瓦格纳外，还包括加拿大总理卡尼及魁北克省政府高层。加拿大政府将该订单定义为“加拿大历史上最大的商用飞机采购项目之一”，并强调其对加拿大航空制造业与就业体系的重要性。

这种政治规格并不令人意外。

A220 虽然如今属于空客，但其工业体系、研发基础与核心供应链仍深深植根于加拿大原庞巴迪 C 系列项目。过去几年，A220 项目始终处于一种微妙状态：它在技术层面获得广泛认可，但商业化进程明显低于预期；它被视为过去二十年最先进的单通道飞机之一，却始终未能像 A320neo 或 737 MAX 那样形成真正稳定的大规模市场。

因此，亚航订单的重要性，并不仅在于数量。

更重要的是：它第一次将 A220 带入了一个此前从未真正被验证的大规模运营场景：低成本航空公司的主力机队。而这也引出了整个事件真正值得讨论的问题：亚航究竟准备如何使用 A220？空客为何此前始终没有全力推动这一机型？以及，为什么业内普遍认为，这笔订单可能改变 A220 未来十年的市场地位？

亚航的重构

亚航成立于 1993 年，并于 1996 年开始运营。当时的亚航是一家规模有限的传统航空公司，主要运营马来西亚国内航线，使用波音 737 飞机执飞。然而，在马来西亚航空占据主导地位的市场环境下，亚航长期经营不善。到 2001 年，公司已经背负巨额债务，处于破产边缘。

2001 年 12 月，东尼·费南德斯通过 Tune Air 以象征性的 1 林吉特收购亚航，同时接手全部债务。彼时的费南德斯刚从欧洲回到亚洲不久。在英国工作期间，他

亲眼见证了瑞安航空和易捷航空等欧洲廉价航空公司的崛起。他意识到，东南亚与欧洲一样，拥有大量尚未被激活的航空出行需求。因此，他决定将欧洲廉价航空模式复制到东南亚。

费南德斯经营亚航的核心理念后来被浓缩为一句著名口号“Now Everyone Can Fly”（人人都能飞）。事实证明，这一判断恰好踩中了时代节奏。

2002 年至 2014 年，是亚航历史上增长最快的时期。这一阶段，亚航几乎完整复制了瑞安航空模式：单一机队、高飞机利用率、快速周转、点对点运营、极低票价、大规模网络扩张。

空客 A320 成为整个商业模式的核心。相比复杂的多机型运营，单一机队带来了显著优势：飞行员培训标准化、维修体系标准化、备件库存标准化、运营成本最低化。

▼ 来源：www.bloombergchina.com



与此同时，东南亚经济进入高速增长阶段。中国经济崛起带动区域贸易扩张，东盟经济一体化不断深化，中产阶层快速增长，区域旅游市场爆发式扩张。亚航成为这一历史进程最直接的受益者之一。

21 世纪初期，大量东南亚居民第一次乘坐飞机。原本需要十多个小时的陆路旅行，被一张几十美元的机票所取代。在这一过程中，亚航建立起覆盖马来西亚、泰国、印尼、菲律宾及远程国际业务（亚航 X）的庞大网络，并逐渐成为亚洲最具影响力的低成本航空集团之一。

这一时期的成功建立在一个简单而有效的逻辑之上：只要市场增长足够快，一款机型就足以覆盖所有需求。然而，2014 年之后，亚航赖以成功的市场环境开始发生变化。

最先发生变化的是主干航线。经过十余年的高速扩张后，东南亚最重要的航空市场已经基本开发完成。吉隆坡—新加坡、吉隆坡—曼谷、雅加达—巴厘岛、

曼谷—普吉等主干航线的增长速度明显放缓，市场逐步接近成熟状态。

与此同时，一个新的趋势开始出现：越来越多东南亚二线城市开始国际化。槟城、清迈、普吉、泗水、宿务、岷港等城市不再只是国内旅游目的地，也逐渐成为区域航空网络中的独立节点。这些城市之间开始产生稳定的跨境需求。

问题在于，这些需求与过去的主干市场并不相同。它们客流稳定但规模有限，且旅游需求占主导，商务需求比例较低。这就导致客流量季节波动明显，难以支撑大飞机执飞的高频运营。

这正是 A220 出现的背景。对于亚航而言，A220 并非 A320 的替代者。它承担的是 A320 无法长期有效覆盖的市场，即那些有需求，但需求尚不足以支撑 180 座级飞机高频运营的国际航线。例如：槟城—岷港；普吉—宿务；清迈—泗水；吉隆坡—印度二线城市；东盟与中亚之间的新兴市场。

这些市场过去并非不存在。问题是，使用 A320 运营风险过高。而 A220 较小的运力规模、同样的航程以及更低的燃油消耗，使其能够以更低风险进入这些市场。以一条典型东盟区域国际航线为例：假设每日真实稳定需求约 120 ~ 140 人，亚航如果使用 180 座 A320neo 运营。那么，为了维持一天一班的高飞机利用率和市场存在感，亚航必须持续压低票价，去填满最后几十个座位。而 150 座的 A220 无需依靠极端降价去填补尾部座位，客座率便能达到 80% ~ 93%。

因此，亚航购买 A220 的真正目的，并不是降低成本，而是为了扩大网络覆盖范围。

这是两个完全不同的概念。东尼·费南德斯近年来频繁提到一个概念：“Low-Cost Network Carrier”（低成本网络型航空公司）。这实际上揭示了亚航未来的发展方向。传统低成本航空公司强调的是标准化。瑞安航空和早期亚航的成功，都建立在这一基础上。但当市场逐渐成熟之后，航空公司的竞争优势开始从成本转向网络。

亚航希望建立的是一个覆盖不同需求层级的分层网络体系。这与其过去二十余年的发展模式存在本质区别。未来的亚航不再只是依靠投入更多飞机来获得增长，而是要依靠更丰富的航线组合来增长。在这种模式下，A321neo 用于超高密度市场，A320neo 用于传统主干市场，而 A220 负责开发新兴国际市场。

美国的验证

作为一款诞生于加拿大的飞机，A220 最大的市场自然是在北美，而北美乃至全球最大的航空市场美国，早已成为 A220 全球最成熟的运营市场。截至 2026



▲ 来源：flightaware.com

年初，达美航空运营了超过 80 架 A220，是全球最大的 A220 运营商，捷蓝航空和微风航空 (Breeze Airways) 分别拥有近 60 架 A220，加拿大航空也运营了近 40 架该机型。

达美航空引入 A220 的主要目标之一是替代老旧的 MD-88/90 机队，并作为 717 机队未来退役后的重要运力补充。不过需要指出的是，A220 与 717 在达美机队中的任务定位存在本质差异：717 主要执飞短途高频航线，而 A220 凭借更远的航程和更优的燃油效率，更多被部署在中长途航线上。因此，A220 并不是 717 的“一对一”替代品，而是达美航空窄体机队整体现代化战略的一部分。

可见，在达美，A220 承担的是“效率优化工具”。

在达美之外，另一家最值得观察的 A220 运营商是微风航空。这家公司由捷蓝航空的联合创始人 大卫·尼尔曼 创立于 2021 年，运营的 A220 机队略少于达美和捷蓝，但已计划向“全 A220 机队”转型。

微风航空的目标是用 A220 建立“美国二线城市直飞网络”。微风航空重点运营的典型航线包括康涅狄格州哈特福德 (Hartford) — 南卡罗来纳州查尔斯

▼ 来源：skytraxresearch.com



顿 (Charleston)、弗吉尼亚州诺福克 (Norfolk) — 路易斯安那州新奥尔良 (New Orleans)、俄亥俄州哥伦布 (Columbus) — 佛罗里达州坦帕 (Tampa)，以及犹他州普若佛 (Provo) — 加利福尼亚州橙县 (Orange County) 等。这些市场的共同特点是：客流存在，但不足以支撑传统大型航司高频运营；城市对之间之前没有直飞航线，大量旅客原本需要转机，因此竞争相对有限。

根据行业统计，微风航空过去两年的平均客座率约为 72% ~ 80%。这一数字并不算特别高，低于许多美国传统航司，但关键在于：微风航空并不追求“极限客座率”，它真正追求的是在低竞争市场中维持稳定收益。

美国财经媒体《商业内幕》曾报道称，微风航空约 90% 的直飞航线没有直接竞争对手。这意味着它不需要像精神航空或边疆航空那样，持续通过极低票价进行竞争。因此，其收益率结构实际上明显优于传统超低成本航空。

更重要的是，微风航空已经在 2024 年第四季度实现成立以来首次季度运营盈利，并于 2025 年第二季度实现首个季度净利润盈利。对于一家成立仅数年的新航空公司而言，这意味着 A220 至少已经证明：“中等密度点对点市场”具备商业可行性。

不过，达美航空与微风航空在本质上都属于“优化既有市场”，而亚航真正要尝试的，是用 A220 创造新的低成本国际网络。这也是为什么业内认为亚航可能第一次真正打开了 A220 的大规模市场空间。

因为过去业内普遍认为，A220 适合精品航空公司或区域航空公司用于网络优化，进行中小规模的点对点运营，但亚航现在正在尝试证明，A220 不仅能优化网络，还能扩展网络。

如果这一模式成功，A220 的市场定位将发生根本变化。它将不再只是“小型窄体机”，而可能成为下一代区域国际低成本网络的核心平台。

当然，亚航此次转型并非没有风险。过去二十年，亚航最大的竞争优势来自高度标准化的 A320 机队。而引入 A220 不仅意味着公司将首次在大规模运营中管理多层级机队结构，而且，东南亚二线城市国际市场是否足够深厚，A220 是否能够在低成本航空模式下维持与 A320 相近的盈利能力，仍有待时间验证。换言之，亚航此次采购不仅是一笔飞机订单，更是一场关于未来航空网络形态的商业实验。

空客的谨慎

不过，对于空客来说，虽然订单在手，但能否尽快向客户交付 A220 飞机，仍然受到全球航空产业链的制约。

过去几年，外界普遍将空客对 A220

A320neo 的典型布局是 180 ~ 186 座，而 A220-300 即使高密度布局，通常也只有 145 ~ 160 座。二者对应的市场并不完全重叠。

的谨慎态度，简单理解为“避免其冲击 A320neo”。但仔细分析就会发现，这个理由不成立。因为从严格意义上说：A220-300 并不会真正威胁 A320neo 的主流市场。

A320neo 的典型布局是 180 ~ 186 座，而 A220-300 即使高密度布局，通常也只有 145 ~ 160 座。二者对应的市场并不完全重叠。

A220 一直没有放量的真正原因在于：A220 不符合空客过去十年的工业逻辑。

自 A320 问世以来，空客商用飞机业务的核心就是 A320 系列，近年更是明显向 A321neo 倾斜。原因非常简单：A321neo 是当前全球利润率最高的单通道飞机之一。它拥有更高售价、更高利润率、更成熟供应链、巨大订单积压、最稳定现金流。相比之下，A220 存在明显问题：产量低、加拿大工业体系相对独立、供应链复杂、单机利润率较低、早期研发成本巨大。

因此，从空客内部资源配置角度看：A220 长期更像是一种战略性存在，而非真正核心盈利平台。

2020 年后，由于疫情原因，全球航空工业面临严重供应链危机，发动机短缺

铸件短缺；航空电子系统延迟；劳动力流失；钛材与高端零部件供应受限。在这种背景下，空客必须优先保证 A320neo 与 A321neo 交付，因为这直接关系到现金流、利润率和股东预期。

A220 使用的普惠 PW1500G 发动机，属于 GTF 系列。该系列过去几年遭遇严重的可靠性问题，由于高压涡轮寿命、热端磨损等问题，2023 ~ 2025 年期间，大量 GTF 发动机需要提前返厂检查，导致多个 A220 运营商短期停飞部分机队。对于传统网络航司而言，这尚可通过备用机缓冲。但对于亚航这种追求高利用率、快速周转的低成本航空公司而言，却是极其危险的问题。

因为廉航真正的核心并不是“最低油耗”，而是：飞机不能停。因此，亚航此次下单，实际上也意味着：发动机已经获得更长期可靠性承诺；空客认为 GTF 问题正在逐渐进入可控阶段。

不过，A220 工业体系能否稳定，还要看全球航空产业链的发展态势。截至 2025 年底，空客在加拿大米拉贝尔和美国莫比尔有两条 A220 总装线，月产量约为 8 架，并计划在 2026 ~ 2027 年间提升至月产 14 架。但问题在于：A220 供应链包括普惠的发动机、柯林斯的航电系统、利勃海尔的系统部件等，都受到全球供应链恢复速度的限制，仍然充满挑战。

当然，如果亚航能证明 A220 是一款足以开辟新市场的主力机型，而不仅是一款补充性产品，那么空客给予其的资源将会大大不同，提升产量也不会是什么大的难事。毕竟，任何飞机项目的长期命运，最终都将由市场需求决定。



人机比与盈利水平呈反比的 减法式经营策略联想

文 | 张兆全 编辑 | 林喆

全球范围内客运航空公司地面人员人机比与销售利润率整体呈现反比关系，瑞安航空以超低人机比取得过去十年中美欧最高销售利润率背后的减法式经营策略值得借鉴。

过去十年全球主要航司盈亏概况

全球范围内有完整公开数据、2024财年末50架飞机以上、主营客运的航空公司共计61家，主要集中在 中国、美国、欧洲三大经济体。2024财年末，61家航空公司的资产负债率差异巨大。过去十年（2015～2024财年），61家航空公司的利润总额、销售利润率差异巨大。

▼ 来源：ChinaAviationDaily.com



值得一提的是，过去十年，中国、美国和欧洲三大主要经济体中，销售利润率最高的是瑞安航空；2024财年末，三大经济体中资产负债率最低的也是瑞安航空。

反比关系

全球客运航空公司的经营数据显示，地面人员人机比与销售利润率整体呈现反比关系，即地面人员人机比越高、销售利润率越低，地面人员人机比越低、销售利润率越高。

当瑞安航空取得过去十年中美欧三大经济体最高销售利润率，2024财年末机队规模高达584架飞机，在37个国家设立95个基地时，地面人员人机比只有超低的5。

当法荷航（Air France-KLM）过去十年销售利润率是亏损3%，2024财年末机队规模564架时，地面人员人机比高达92。

瑞安航空的减法式经营策略

瑞安航空以超低人机比取得中美欧最高销售利润率背后的减法式经营策略总结如下。

一是不经营上下游业务。2024财年末，瑞安航空没有经营航空运输相关的机票代理、飞机租赁、飞机维修、地面服务、酒店、餐饮等上下游业务，没有任何主业之外的子公司和附属公司。

二是主动放弃货运。1997财年以来，瑞安航空已经主动放弃货运29年，现行《运输条件》明确表示“我们的航班不运送货物”。

三是不经营长途客运。自1996年至2011年，瑞安航空的平均航距逐渐由

402公里提高到1170公里。2012年起，瑞安航空的平均航距长期保持在1200多公里。瑞安航空自我定位为“低票价、低成本的短途航空集团”，长期战略的关键要素之一是“在短途航线上提供频繁的点



对点服务”。

四是减少核心产品种类。以B737-800为例，当瑞安航空选择189座全经济舱布局时，国内航空公司主要选择161～176座两舱布局，相比之下，同样的飞机，瑞安航空比很多航空公司多出7%～17%运力，基于瑞安航空411架飞机换算，足足多出30～71架飞机。

瑞安航空通过全经济舱布局飞机减少核心产品种类可以一举多得，获得更多运力和收入；由于没有头等舱，相应减少了头等舱相关成本；由于获得同样运力需要更少飞机，规避了大量成本；减少了多产品的运营风险；减少了碳排放。

五是减少自我保障。瑞安航空的地

面人员人机比能够做到超低，除了不经营上下游业务、主动放弃货运和不经营长途客运外，另外一大主要原因是，对于航班运营各环节的保障需求，不追求自我保障，大量外包非核心保障业务。

六是很少依赖外部销售渠道。瑞安航空自建预订系统至少可以追溯到 2005 年，自此官网销售几乎 100%，当前售票人员几乎为零，基本不依赖外部销售渠道。

而且，瑞安航空一直在阻止 OTA 非法抓取其网站数据从而向消费者收取过高费用。

七是不追求杠杆扩张。过去十年，瑞安航空资产负债率始终低于 70%，最近六年连续低于欧洲主要竞争对手国际航空集团、汉莎航空、易捷航空和法荷航。

瑞安航空 2025 财年年报提到，“我们始终坚持最小化负债策略，用内部产生的现金流直接购买新飞机，并将这些飞机以无抵押、无负债的状态纳入我们保守的资产负债表，从而保持极低的运营成本”。

其他航空公司的正反面案例

全球范围内，其他航空公司既有减法成功的案例，也有加法失败的案例，还有加法失败及时纠正的案例。

西南航空：过去十年盈利水平在地面人员人机比缓慢提高中下降。

美国西南航空是全球低成本航空鼻祖。然而，过去十年，瑞安航空、春秋航空均有六个年度的销售利润率超过西南航空，合计销售利润率也都已超过西南航空。

过去三十年，随着机队规模由 1995 年 224 架提高到 2024 年 803 架，西南航空的地面人员人机比经历了一个类 V 字形的先降后升过程，地面人员人机比由 1996 年最高值 69，先逐步降低到 2009 年最低值 36，又逐步提高到 2024 年的 53。

过去十年，西南航空的销售利润率在地面人员人机比缓慢提高中逐渐下降，整体同样呈现反比关系。

当然，西南航空仍然是美国过去十年销售利润率最高的客运航空公司。

挪威航空：新冠疫情期间“大瘦身”。新冠疫情开始时，挪威航空（Norwegian）同样遭遇重创。

2018 年时，挪威航空是欧洲第三大低成本航空公司，2018 财年末拥有 164 架飞机，其中 11 架宽体机 787-9，2018 财年末在全球 14 个国家设立 29 个运营基地，业务覆盖欧洲、北美、南美、东南亚，持有 6 个国家航空运营证书。

2020 年新冠疫情之前，机队规模不大、经营范围很广的挪威航空已经连续亏损三年。

2020 年新冠疫情爆发，挪威航空旅客运输量由 2019 年 3620 万人次暴跌到 2020 年 690 万人次，2020 财年巨亏 172.4 亿元（含资产减值）。

挪威航空选择果断“大瘦身”，2021 年战略重构后明确“成为核心市场首选航空公司”目标，重新聚焦北欧核心市场，放弃全部宽体机，放弃洲际航线，机队规模由 2018 财年末巅峰值 164 架剧降到 2021 财年末仅有 51 架。2021 年以来，挪威航空已经连续四年盈利。

亚洲航空：多元转型、急速膨胀、深陷泥沼。亚洲航空（AirAsia Group Berhad）2001 年成立于马来西亚，亚洲地区首家低成本航空公司，2022 年 1 月更名为资本 A 有限公司（Capital A Berhad）。

成立 20 周年前后，亚洲航空选择了多元化转型，“过去几年间，我们转型成为东盟地区增长最快的在线旅游及生活方式平台之一。如今，通过亚洲航空超级应用（AirAsia Super App），我们正在重塑

人们的日常生活——我们提供外卖配送、出行打车服务，甚至还推出了金融服务”。

然而，随着快速多元转型，亚洲航空已经连续亏损六年，资不抵债五年，2022 年 1 月被马来西亚证交所归类为财务状况或运营存在潜在风险需要特殊监管的上市公司。

亚洲航空 2023、2024 财年的航空运输业务是盈利的，但是，非航空运输主业严重拖累了集团整体业绩。

亚洲航空 2024 财年末的子公司多达 101 家，涉及航空、物流、工程维修、数字旅行、餐饮、金融科技、品牌管理等业务板块，这些子公司涉及多个关联性较低的领域，已经完全超出了有效管理幅度。

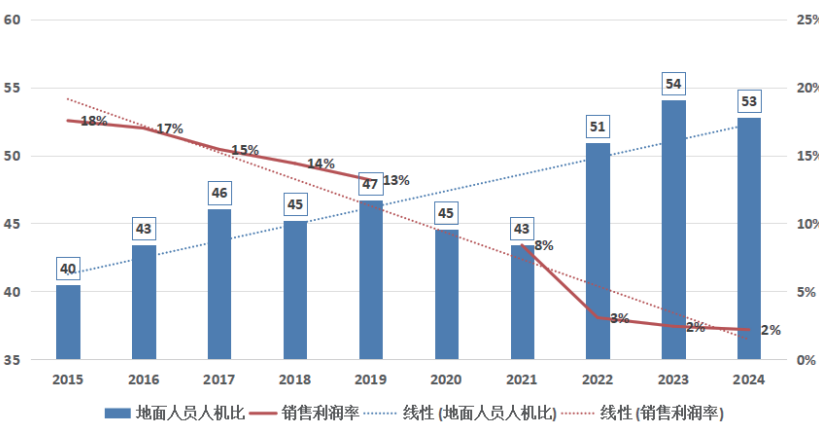
从实际经营结果看，该公司的业务加法是失败的，核心优势未能有效扩展或者复制到其他领域，核心业务收益完全被不断增加的非核心业务抵消了，导致连年亏损，新冠疫情结束后仍然深陷泥沼。

为什么减法式经营策略契合航空公司？

孙广振在《劳动分工经济学说史》中提出：亚当·斯密认为，经济增长的主要源泉是专业化和劳动分工。斯密经济学的核心原理是劳动分工的报酬递增。劳动分工网络的扩大使得更高程度的专业化得以出现，这会为整个社会带来更高的生产能力。

航空公司以降低人机比为主要标志的减法式经营策略，实质就是专业化，就是劳动分工。

哈耶克在 1974 年诺贝尔经济学奖获奖演说中提出：市场过程的每个参与者所拥有的特殊信息，都会对价格和工资的确定产生影响。这方面的全部事实，是科学的观察者或任何一个单独的头脑所无法全



▲ 图 1 | 2015 ~ 2024 财年西南航空的地面人员人机比、销售利润率
说明：数据源于年报，2021 年亏损较大未展示

年度	机队规模	旅客运输量 (万人次)	营业收入 (亿元)	利润总额 (亿元)	销售利 润率
2015	99	2, 580	176. 7	0. 6	0%
2016	116	2, 930	200. 7	11. 7	6%
2017	144	3, 310	247. 1	-20. 5	-8%
2018	164	3, 730	317. 5	-19. 6	-6%
2019	156	3, 620	344. 6	-13. 4	-4%
2020	131	690	70. 8	-172. 4	-243%
2021	51	620	37. 7	14. 0	37%
2022	70	1, 780	134. 3	7. 4	6%
2023	87	2, 060	178. 9	12. 6	7%
2024	135	2, 640	235. 4	9. 0	4%

▲ 表 1 | 挪威航空 2015 ~ 2024 财年经营概况
说明：数据源于年报

部掌握的。

一个公司，即便只经营一项业务，部门隔离墙也会随着规模扩大而增厚，运营效率也会随着信息耗散而下降。而如果一个公司涉足多个行业，俗话说“隔行如隔山”，管理者不可能掌握全部信息、实施有效管理。

另外，成本中心、利润中心组织存在截然不同的趋利性。

同样的人完成同样的业务，作为一个公司部门或子公司，通常是成本中心组织，作为独立运营公司则是利润中心组织。



成本中心组织通常无需直接面对市场竞争，没有生存压力和效益压力，一旦成立就会倾向于保持存在，倾向于索要更多资源、不断扩大职权，演变方向就是组织庞杂、效率变低、成本变高；利润中心组织需要直接面对市场竞争，承担生存压力和效益压力，是否持续存在、规模大小取决于经营结果，获得必要盈利才能存在，连续或巨额亏损就可能破产，演变方向就是组织精简、效率变高、成本变低。

长期看，民航旅客运输量整体是增长的。但是，受到社会经济的宏观周期、重大事件等影响，航空公司利润结果存在淡旺年，有时波动巨大，盈利或亏损金额与运输量没有必然关系，航空公司在旺年增加的投入，在淡年可能变成负担。

年度看，国内外航空运输均存在典型的淡旺季。如果追求自我保障，航空公司为了满足旺季需求而投入的资源，在淡季就会大量闲置。

日常运营看，航空公司飞机起飞通常集中在早高峰时段，降落则集中在晚

高峰时段，中间航班量较少，存在淡旺时。如果追求自我保障，航空公司为了满足高峰时段需求而投入的资源，在低需求或无需求时段必然大量处于闲置状态。

最后，航空公司的经营特点和规模边界也是一个重要原因。航空公司客运产品的主要隐性特征是生产即交付、批量生产和零星销售，航空公司无法分离产品的生产和交付，更无法将产品作为存货单独保存，供给大于需求具有先天性。

张五常先生在《经济解释》中提出，同类的产品细看有别，严格来说可以看作不同的产品。《全球航空业（第2版）》表达了一个观点，不同航线就是不同市场。当制造业第1件、第10000件产品完全同质时，航空公司第1架、第100架飞机运营的航线可能是完全不同的市场。

因此，经营特点决定了航空公司可能存在更小的规模经济边界，达到一定机队规模，超出一定经营范围之后，增加机队规模、增加经营范围只会导致边际收益递减。

总之，有所不为，才能有所为。过去十年全球范围内客运航空公司地面人员人机比与销售利润率整体呈现反比关系的事实，瑞安航空以超低人机比取得过去十年中美欧最高销售利润率的事实，以及诸多公司加法式经营失败的事实充分说明，减法式经营策略值得借鉴。

吴兴世： 发展商用飞机产业是我们必须走的路

文 | 姜浩峰 编辑 | 张克农

不知不觉，国产涡扇支线客机 C909 正式投入商业运营已经 10 年了。该型飞机从 2016 年 6 月 28 日首次执飞成都航空成都双流到上海虹桥的 EU6679 航班起，已开通 800 多条航线，运送旅客超 3700 万人次。C919 大型客机也于 2022 年 12 月开始交付航司，并于次年 5 月投入商业运营。

从运 10 到 C909，再到 C919，亲历国产三款喷气式客机首飞的吴兴世，作为国家大型飞机重大专项专家咨询委员会委员，特别看好中国商用飞机产业的发展前景。2026 年 6 月 10 日，在中国商飞总部的一间办公室里，吴兴世接受本刊专访，娓娓道来他对这三款喷气式客机研制历程的回忆……

中国的、世界的

看到如今 C909、C919 执飞的航班安全高效运行，吴兴世无比欣慰。他直言：“培育有市场竞争力的商用飞机产业，创造经济效益和社会效益，是中国建设完整

现代工业体系的一项关键举措。持续向海内外航空运输市场提供优质的商用飞机和客户服务，又是实现中国商用飞机产业高质量发展的一项关键举措。”

他深情回顾了中国商用飞机产业的发展：

“中国商用飞机产业的酝酿和起步从研制运 10 开始，是在探索和建设中国特色社会主义的征途上创建和发展起来的。中国商飞公司成立之初，在位于上海宝山大场的运 10 飞机前落成一座火炬雕塑，雕塑底座上镌刻着四个金光闪闪的大字——‘永不放弃’。而这四个大字，也与中国商飞总结的大飞机创业精神——‘航空强国，四个长期，永不放弃’深深契合，这就是中国商用飞机产业深厚的文化底蕴，也是支撑我们这个队伍一代又一代接续奋斗强大的精神支柱。如今，‘立足上海，延伸长三角，辐射全国，面向全球’的中国商用飞机产业布局，就牢固建立在这样的产业文化基础上。”

“人的认知来自实践。中国商用飞机产业的发展经历了一段艰难、坎坷、曲

折的过程。那时候，波音和空客研制的大型客机一款款投入商业营运。中国研制的运 10 最终却被搁置，令人痛心。我们这支队伍痛定思痛，总结一路走来的经验教训，深刻认识到：及时实现向以客户为中心的观念转变是中国商用飞机产业的生命线。我们与国外先进同行的根本差距在于市场开发与营销、产品研制与批量生产、客户服务等方面的实践不足。深化改革，自主研制，并提供优质客户服务，是我们在新世纪支持中国完善航空运输结构、向航空运输强国发展的光荣使命。”

“自 1985 年起，以上海航空工业集团公司为主制造商，我们先后实施美国麦道公司 150 座大型客机 MD80 中美合作生产和 MD90 国产化项目。这个项目取得了 FAA 生产合格证，向国内外客户交付 37 架飞机，提高了我国商用飞机产业的制造能力、技术和管理水平，在中国的航空工业领域首次成功实施新型“主制造商—供应商”商业运作模式。MD90 机体的国产化比例达 70%。但是，中方不掌握产品知识产权，不能主动开拓市场。这种在“国产化”层面的生产制造，对于提升我们的创新能力的效果远不如在研制运

10 中的实践。事实证明，发展中国商用飞机产业不能停留在这样的层面。中国商用飞机产业一旦缺失自主研制、自主生产、自主服务这条主线，即使在开放的环境下，国产化比例再高，也难以实现产业化发展，难以取得最终的市场成功。因此，我们在努力争取中国大型客机立项的同时，也响应本世纪初方兴未艾的一大市场需求，研制新型涡扇支线飞机 C909。

“如今，作为全球支线飞机中客舱最宽敞的机型之一，C909 可灵活地满足不同航空公司和乘客群体的要求。客舱每排 5 座，两级客舱布局 78 座至 98 座，其中可设公务舱 8 座。目前 C909 已经衍生出 CBJ 公务机、货机、医疗机等。在今年的新加坡航展上，C909 受到许多客户关注。作为我国商用飞机领域的探路者，C909 飞机实现了国产喷气式飞机跨国商业零运营的突破，也为同样亮相新加坡航展的 C919 进一步拓展海外市场打下了基础。目前，国内市场对商用飞机的需求在全球航空运输市场占比很大，为中国商用飞机产业带来举世瞩目的商机。我们自主研制生产的商用飞机是中国的，也是世界的。”

和国家一起加速发展

蓝天逐梦，强国兴航。国产大飞机的振翅腾飞，是新时代中国科技自立自强、产业能级跃升的生动见证。一路走来，大飞机事业始终与国家发展同频共振、双向赋能，在时代浪潮中稳步提速、加速成长，成为彰显大国底气与中国智造实力的闪亮名片。

科技创新是大飞机加速成长的核心动力。多年来，全国数千家企业、科研院所协同联动，数十万航空人接续攻坚，突破了大型复合材料构件制造、机载系统集成等一系列难题，构建起安全可靠的国产大飞机技术与制造体系。随着越来越多的 C909、C919 投入市场运营，中国大飞机事业正迈入规模化、产业化发展新阶段。

大飞机的稳步发展，也带动了国家产业整体升级。大飞机产业辐射面广、带动性强，从高端原材料、精密零部件到总装制造、维修服务，完整的航空产业生态加速成型，持续拉动新材料、高端制造、智能装备等产业迭代升级，赋能实体经济高质量发展。随着国产飞机陆续投入国内多条航线运营，不仅完善了民航运输网络，也降低了航空运营成本，惠及民生出行。

大国崛起托举航空梦想，航空突破助力国家腾飞。大飞机的每一次进阶，都根植于国家综合实力的提升；而航空工业的跨越式发展，又持续为国家科技创新、产业升级、对外开放注入新动能。

“我们最好的做法就是让自己不断地强大起来。”吴兴世说，“随着我国国家的强大，我们的商用飞机产业也会越来越强大。这些年来的实践证明，我们的队伍越来越壮大，我们的道路越走越宽广。时代对我们的迫切要求是，加倍努力，和国家一起加速发展。”

更值得期许的腾飞

从 C909、C919，到双通道宽体客机 C929，吴兴世甚至还畅想未来的系列商用飞机。“比起 280 座的 C929，我觉得未来或许会有 300 到 350 座、航程达 16000 公里不经停抵达全球各地的商用飞机，或者可能采用全新一代技术的高亚声速甚至超声速商用飞机——当然，我们的产品发展必须紧跟市场需求的变化。”

在吴兴世看来，目前中国商用飞机产业，除了中国商飞等央企外，也有地方国企、民营企业参与。民营企业是社会主义市场经济的重要组成部分，当前在中国商飞各型号飞机的材料、零部件、子系统的供应商和次级供应商中，占有一定的比例。这些民营企业对提高中国商用飞机的市场竞争力，支持中国商用飞机产业高质量发展，都已经并将继续作出举足轻重的贡献。保持民营企业在中国商用飞机产业中的定位，在相当长的时期都是合理、有利的。有了“国家队”和“各路诸侯”的密切配合，中国商用飞机产业将实现更值得期许的腾飞。

吴兴世认为：“年轻的工程技术和技能人员，从来都是中国商用飞机研制和生产的主力。他们正不断地勇闯新天地、夺取新胜利、创造新辉煌。马凤山到上海担任运 10 总设计师时才 39 岁，已经有 4 个型号的飞机研制经验。在新时代，年轻人得到正确的方向指引，有可以大显身手的舞台，只要一以贯之、锲而不舍地坚持，用前进的目标激励自己，用比较的差距鞭策自己，就一定能闯进前人没有条件进入甚至没有看到的新天地，从胜利走向更大的胜利，让辉煌更加辉煌。中国商用飞机产业更值得期许的广阔未来寄托在他们身上。”

▼ 图 | 2016 年 6 月 28 日，C909 飞机首次投入航线运营





本图由 AI 生成。

闪电与复材的博弈： 如何构筑空中“金钟罩”

文 | 凌晨 编辑 | 张克农

闪电是一种自然现象，民机在恶劣的气象条件下遭遇闪电是一件常见的事情。据统计，每架飞机平均每年要遭遇 1~2 次闪电。当飞机靠近自然闪电气象的情况下，飞机的尖端会自然地吸引闪电，闪电从云端出发，途径飞机机身，最终连接大地形成完整的通路。

闪电带来的挑战

碳纤维复合材料（CFRP：碳纤维环氧树脂增强的复合材料）出现于 20 世纪 60 年代，80 年代得到推广应用。在空客 A350 和波音 787 项目中，机身、

机翼等主承力结构均已采用复合材料，其占比甚至达到 50% 以上。

当复合材料大比例用于机翼和机身时，复合材料与金属材料的电性能差异会给飞机电磁防护设计带来巨大挑战。闪电对复合材料飞机的影响可概括为热、力、电三个方面：

首先是热效应。由于趋肤效应，电流主要集中在机体蒙皮的表层流动，造成局部电流密度快速升高，从而引发强烈的电阻发热。焦耳定律表明，电流越大、时间越长，产生的热量就越多。实际测量显示，闪电通道周围的空气温度在瞬间可达三万摄氏度（并非机体温度），远远超过了复合材料中树脂基体的耐热极限，可能导致材料汽化或分解。

其次是力学效应。电流在导电路径中会产生强大的电磁力（洛伦兹力），雷击伴随的冲击波会与其叠加，形成复杂的动态应力场。这种作用能够在短时间内诱发材料的微裂纹，对复合材料尤其不利。

最后是电效应。复合材料的导电性能远低于金属材料，且在不同方向差异显著。当闪电电荷在树脂与纤维界面聚集时，很容易形成高压电弧。这不仅加剧了局部能量集中，还可能引起碳纤维断裂与层间剥离。更重要的是，复合材料无法像铝合金那样形成连续的导电壳体，其电磁屏蔽效能远低于铝材，雷击产生的电磁脉冲更容易穿透机身，干扰机载电子电气系统。

因此，复合材料机身相比全金属机身在闪电面前更加脆弱，飞机设计师要采用特殊的方法来解决复合材料大量应用带来的闪电防护问题。

三种主要类型

为弥补复合材料在电导率方面的不足，航空工程上发展了多种防闪电措施，

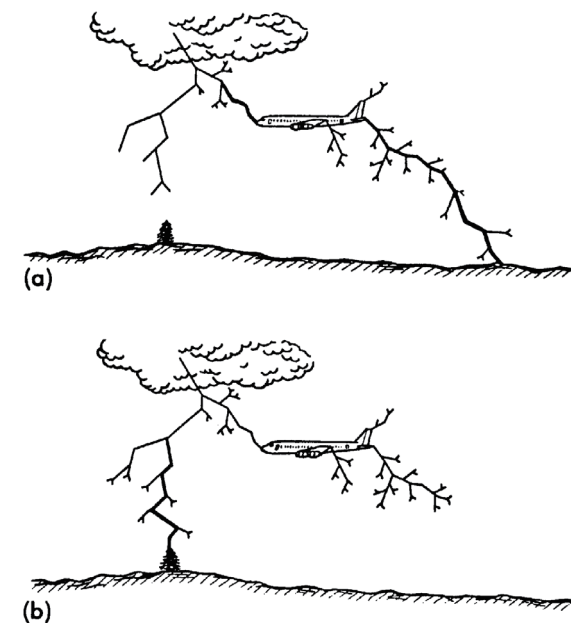
常见方法包括延展金属箔、闪电导流条以及导电涂层。

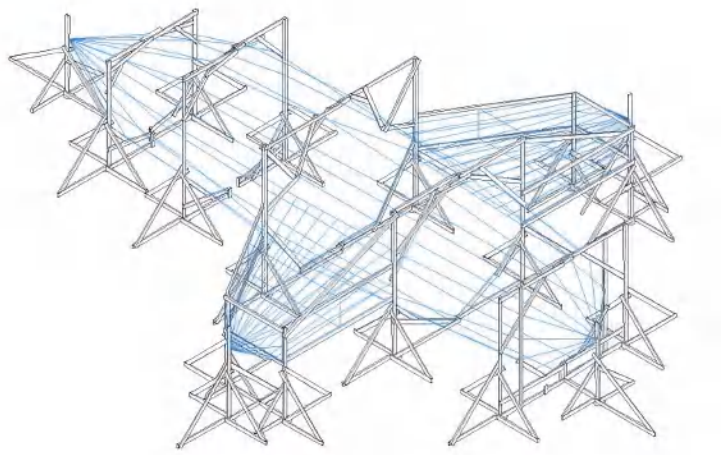
延展金属箔是目前应用最广泛的防护方式。其原理是在复合材料的表面覆盖一层薄金属网，多采用铜或铝材质，厚度一般在 0.05 至 0.3 毫米之间。雷击时，金属网能迅速分散电流，把高能量引导至飞机的闪电路径，从而避免复材基体直接暴露在高温和强电流之下。

这一方法已经在多款先进客机上应用，在机翼前缘、垂直尾翼等雷击高风险部位采用了金属网防护。不过，这种方式也有不足。首先，金属网和导电胶会增加结构重量。其次，对表面涂装工艺敏感，如果喷涂不均匀，可能削弱电流扩散能力，甚至导致局部腐蚀。再次，维修复杂且成本高昂。金属网一旦损坏，往往需要拆除受损区域的网层和粘接层，修复基体，再重新铺设金属网并喷涂，这一过程会显著延长停场时间。

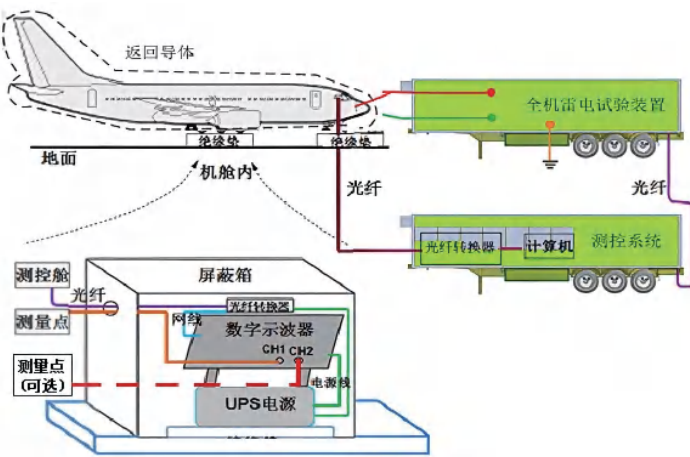
闪电导流条有多种形式，如金属导流条、金属框条和分段式导流条等。其中，金属导流条由导电性能优异的金属制成，与金属框条类似，结构简单，防护效果好，

▼ 图 1 | 闪电通路





▲ 图2 | 试验回路导体布置示意图



▲ 图3 | 全机闪电试验布置

目前在国内应用非常普遍，但重量大、安装维护困难。

金属框条，是在复合材料表面或结构四周增加金属条和金属框架，金属条和金属边框与飞机其它金属结构连接在一起，形成导电通路，可以实现雷电流的传导和泄放。

闪电导流条（分段式）最早在雷达罩上应用，后来逐步推广到风力发电机叶片等复合材料结构。其基本结构是将若干金属条（铜、铝或不锈钢，厚度0.05至0.3毫米）以几毫米的间距固定在聚

酯薄膜基带上，条与条之间留有0.5至1毫米的空隙。

常态下，导流条几乎是看不见的，因为这些间隙让它整体上近似绝缘体，不会影响雷达波的透射性能。但当强雷击发生时，电场会击穿这些间隙空气，瞬间形成电离通道，把电流引导至接地系统，从而避免复合材料本体受损。

这种方式的优点是重量轻，对基体干扰小。试验数据表明，使用导流条的复合材料部件，雷击后的残余强度可保持在90%以上，损伤深度被限制在1毫米以内。缺点是，它主要适用于局部部件而非大面积蒙皮，生产和安装工艺比较复杂，需要精确控制金属片的间距。

火焰喷涂涂层是一种近年来得到广泛关注的防护技术。其原理是通过高温火焰（约3000℃）将金属粉末喷射到复合材料表面，形成厚度0.1至0.5毫米的金属层。这一涂层常态下电阻很低（ $\leq 0.05 \Omega/\text{sq}$ ），能够有效引导电流，同时具备一定的电磁屏蔽能力。

在雷击发生时，涂层能迅速形成导电通道，把超过90%的电流导走，有效控制基体温升（通常保持在150℃以下）。此外，它还能提供一定的电磁屏蔽效果，对机载电子系统形成保护。

这种方式的优势是可以大面积应用，且重量较低。但缺点也很明显：涂层可能在长期使用中产生裂纹或剥落，尤其是在经历冷热循环或外力冲击后。维修工艺复杂，通常需要打磨旧涂层后重新喷涂。此外，喷涂工艺对设备和环境要求较高，批量生产中需要严格控制。

重构飞机“公共地”

除了蒙皮防护，复合材料机身还需要在系统层面重构飞机“公共地”。传统

金属机身天然构成低阻抗导电网络，是飞机电子、电气系统理想的“公共地”。

碳纤维复合材料机身则不同，其层间电导率极低，即使表面覆盖金属网，也难以形成连续的导电路径。这会带来三方面风险：

第一，电源回路阻抗高，可能导致机载设备电压下降，并产生局部过热。

第二，电磁屏蔽不足，闪电电磁脉冲可能会穿透机身，干扰数据总线等关键系统。

第三，静电电位可达数万伏量级（高电压、低电流），在极端情况下有引燃油箱的风险。

因此，现代复材飞机必须额外构建“公共地”。该网络通常由铜或铝合金导电带沿机身骨架布设，通过紧固件与结构件搭接，形成冗余通路。主干网络疏导主要电流，二级子网集成于客舱导轨等部位，分担设备回流。

波音787采用镀银铜编织带构建电气回路网，空客A350则利用铝锂合金导轨与机体结构集成构建公共地。这些措施确保复材飞机在电气安全上接近金属机身的水平。

全机级闪电试验验证

在完成材料、结构和系统层面的闪电防护设计之后，飞机最终能否在闪电环境下正常运行，能否在被闪电击中后继续保证飞行安全，还需要靠整机级试验来验证。

以国产大型客机C919为例，全机闪电试验就是在一架处于完整状态的飞机上进行的：试验人员从地面设备向机头、机翼尖端、垂尾等最容易被闪电击中的部位注入闪电电流，再通过机翼尖端、尾椎等位置将电流“导出”机体，

完整模拟一次真实闪电的路径。试验所用的电流波形和峰值严格参照适航标准中规定的A/H等波形，电流强度达到了标准要求等级，相当于复现了一次典型的自然雷击场景。

在这种工况下，飞机机身外壳就像一个“法拉第笼”，闪电电流主要沿着蒙皮外表面扩散，并通过预先设置好的放电点释放到机外，而机体内部的结构和电子电气设备则被保护在一个相对稳定的电磁环境中。试验过程中，电磁防护设计（E3）工程师将测量飞机在闪电环境下，重点系统和设备的线缆和线缆束所产生的闪电间接效应感应电流，确保感应电流能够小于飞机设计初期设定的安全阈值。在全机闪电加载条件下，C919各关键系统的电磁环境鉴定结果均符合试验要求，完全满足适航标准。

从乘客的角度看，现代喷气式客机在其整个服役生涯中被闪电击中其实是相当常见的事。通常情况下，航司只需在飞机遭遇雷击后按程序做一次例行检查，确认无异常后便可继续执行飞行任务，而乘客往往只是看到窗外一道亮光一闪而过。

复合材料飞机的闪电防护设计和验证工作，将会围绕这一现实展开，确保在雷雨天气中遭遇闪电这样的极端情况时，飞机结构仍有足够的冗余能力，各系统依然保持可控，机舱内的乘客和机组始终处于一个安全、可接受的风险水平之中。在设计和试验阶段将会反复模拟各种闪电场景，确保飞机在真实飞行中能从容应对，让坐在机舱里的每一位乘客都能安心。

