

C919 ARJ21 复材切片模型



121

大飞机 JETLINER

机场

- 全球视野下的中国航空枢纽建设
- 产业范式的变革：从通用航空到低空经济
- 为大草原打造蓝天上的公交网和产业链
——天骄航空开航五周年记

大飞机

JETLINER

07 July

2024.07 | 总第121期

ISSN 2095-3399



2024.07



图 | 陈栋

P08



P12



P47



P28



P69



05 卷首语

05 以四型机场建设推动中国式现代化 | 欧阳亮

06 资讯

08 特别推荐

08 东航董事长王志清：C919 飞机商业运营这一年 | 陈姗姗

12 封面文章

12 全球视野下的中国航空枢纽建设 | 张跃

16 从上饶机场看中小机场发展路径 | 张艺晗

20 以数据中台打破“数据孤岛” | 吴昊

24 “新基建”如何赋能民航机场建设 | 李青蓝

28 航空制造

28 产业范式的变革：从通用航空到低空经济 | 马杰

34 下一代商用飞机呼唤新动力 | 董帼雄

38 超远程窄体客机如何重塑飞行 | 魏君

43 俄罗斯支线飞机项目引发的思考 | 任治潞

47 航空运输

47 为大草原打造蓝天上的公交网和产业链——天骄航空开航五周年记 | 欧阳亮

51 成都跑出航空枢纽建设加速度 | 张晋

55 国际 SAF 可持续认证体系在中国的应用 | 张淑平

60 全球低成本航空三巨头的进化与博弈 | 赵巍

66 科普

66 紧急撤离时应该怎么做 | 柏蓓

69 漫话航空

69 不合时宜的“布拉巴宗”客机 | 钟强

72 航空史上的7月 | 黎时

75 云端书屋

75 第二轮论证——经费方案之争——《张彦仲传》摘编（八） | 归永嘉 李韶华 雷杰佳

79 冯如着手造飞机 孙文嘱咐多支持《翱翔云端的风筝》摘编（一） | 胡海林



▼ 本期导读

机场是国民经济的基础性、先导性、战略性、引领性产业，其带来的人流、物流、资金流会给所在地区的对外交流、产业升级、社会转型注入极大的活力。在推动实现中国式现代化的过程中，机场不仅是中国式现代化建设的目标之一，已投入运营的机场更是中国式现代化的窗口，是吸引游客、投资的硬件，也是当地经济发展水平、文明程度的反映。

在四型机场建设中，“平安”是基本要求，“绿色”是重要内涵，“智慧”是创新动力，“人文”是根本目标。其中，智慧机场的建设能持续提升机场的安全保障能力、运行保障效率和服务保障水平。因此，智慧机场是建设四型机场的关键支撑和必要路径。



- 关注我们 -
FOLLOW US

本刊声明：

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

大飞机

2024年第07期 | 总第121期 | 07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
副主任 谭万庚
委员 魏应彪 沈波 戚学锋
于世海 罗兴平 李玲
学术顾问 吴光辉

上海《大飞机》杂志社有限公司

总经理 程福江
总编辑 王刚
副总经理 徐显辉

总编室

主编 欧阳亮
执行主编 庄敏 林喆
副主编 柏蓓
文字编辑 哲良 张凯敏 郑小芳
美术编辑 卢之萍 刘晓雨

采访部

记者 李欣阳 李琰 赵婷婷 阳庭庭
摄影记者 管超 王脊梁 颜康植 张竞霄

商务部

广告总监 吴頔 021-20887110
发行主管 谭路 021-20887186

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 远闻（上海）律师事务所

卷首语

以四型机场建设 推动中国式现代化

文 | 欧阳亮



在四型机场建设中，“平安”是基本要求，“绿色”是重要内涵，“智慧”是创新动力，“人文”是根本目标。

最近，大量国外博主盛赞中国的短视频在国内外刷屏。在他们的“发现中国”之旅中，机场是他们到达中国的第一站，也是经常引起他们“惊诧”的第一站。因此，深圳机场、浦东机场、大兴机场等多座机场被他们封为“未来机场”，感叹“未来已经来到中国”。

机场是国民经济的基础性、先导性、战略性、引领性产业，其带来的人流、物流、资金流会给所在地区的对外交流、产业升级、社会转型注入极大的活力。在推动实现中国式现代化的过程中，机场不仅是中国式现代化建设的目标之一，已投入运营的机场更是中国式现代化的窗口，是吸引游客、投资的硬件，也是当地经济发展水平、文明程度的反映。

从 2009 年扭亏为盈开始，中国民航业迎来了“黄金十年”，全国机场建设也在这十年里取得了快速发展。2019 年 9 月 25 日，习近平总书记出席北京大兴国际机场投运仪式，对民航工作作出重要指示，要求建设以“平安、绿色、智慧、人文”为核心的四型机场，为中国机场未来发展指明了方向。从此，中国机场进入了四型机场建设的新阶段。

在四型机场建设中，“平安”是基本要求，“绿色”是重要内涵，“智慧”是创新动力，“人文”是根本目标。其中，智慧机场的建设能持续提升机场的安全保障能力、运行保障效率和服务保障水平。因此，智慧机场是建设四型机场的关键支撑和必要路径。

建设智慧机场，首先必须建设以“智慧”为特征的硬件设施。比如，深圳机场打造了机位资源智能分配系统，通过 AI 算法将机位资源进行智能分配，一分钟即可完成原先人工分配机位需要 4 小时才能完成的工作，而且航班靠桥率和廊桥周转率还得到了进一步提升。云南文山机场在安装了 5G-A 通感一体技术后，辅以基站内生智能，能够 24 小时不停歇、不受天气影响地在低空场景实时感知和跟踪机场范围内的各类物体，如无人机、飞机、飞鸟、车辆和人员活动等，大大提升了机场安全。

其次，在智慧机场建设中必须解决“数据孤岛”问题。随着旅客吞吐量和航班起降架次的快速增长，机场的运营管理日渐复杂，为此各地机场陆续购置了大量环境监测、视频分析、状态感知和无动力设备等领域的基础设施，同时铺设了大量管线。这些基础设施的投用帮助机场解决了各自领域的问题，但由于其本身错综复杂，为系统间的数据交互、集成和复用带来了很大难度，导致了严重的“数据孤岛”现象。比如贵州机场集团，前后建有 200 余个业务应用系统软件，虽积累了海量的机场运营相关数据，但数据存在于不同的业务系统中，互不相通。为此，贵州机场集团实施了大数据平台等数据管理项目，上线了“黔程在握”机场协同决策系统等大数据应用产品，使全省 11 家机场共享一个平台，共用一条链路专线，不仅打破了“数据孤岛”，而且在降低建设成本的同时，大大提升了服务质量。

四型机场建设的大部分工作都在幕后，国内外的乘客很难直观感受到，但是，他们看到的那些方便、快捷、舒适、漂亮、“科幻”的机场，正是中国民航高质量发展的窗口，也是体验中国式现代化的窗口。让我们把这个窗口建设得更加“未来”！



01

01 中国商飞公司参加 2024 年范堡罗国际航展

7月22日，范堡罗国际航展拉开帷幕。中国商飞公司在航展上展出了1:20比例的C919、ARJ21和C929基本型飞机模型，以及1:50比例的ARJ21公务机、医疗机、应急救援指挥机、灭火机、货机，C919缩短型/高原型和加长型等系列化飞机模型。

02 中国商飞参加第二届乌鲁木齐国际航空枢纽建设论坛

7月11日至12日，第二届乌鲁木齐国际航空枢纽建设论坛顺利召开。本次论坛以“连接亚欧开放共赢，优质高效枢纽保障”为主题，500余位中外嘉宾共聚一堂共商建设一流国际航空枢纽，共谋新时代民航业高质量发展，更好服务共建“一带一路”走深走实。中国商飞公司党委书记、董事长贺东风作题为《推动更多国产飞机走进新疆飞往全球》的主旨演讲。

03 中国商飞客服公司新疆分公司、新疆大飞机气象创新中心、大飞机风沙研究中心揭牌成立

7月11日，中国商飞客服公司新疆分公司、新疆大飞机气象创新中心和大飞机风沙研究中心在乌鲁木齐揭牌。

中国商飞客服公司新疆分公司是中国商飞公司在新疆地区建立国产商用飞机维修和机型培训能力、保障机队在疆安全顺畅运营、提供飞机维修实施和各类培训业务的核心责任主体。

新疆大飞机气象创新中心由中国商飞试飞中心与新疆大学、新疆气象局等单位联合建设，是我国面向新疆地区大飞机气象技术创新合作的创新合作平台。

大飞机风沙研究中心由中国商飞上飞院联合新疆大学组建而成，针对新疆地区特有的风沙气象条件，提升国产民机在该地区特殊环境下的安全性可靠性，并推动沙尘防护技术的成熟度达到更高水平。

04 ARJ21 飞机开通首条高高原航线

7月2日，成都航空一架ARJ21飞机从新疆喀什徕宁国际机场起飞前往塔什库尔干塔吉克自治县（下称“塔县”）红其拉甫机场，标志着ARJ21飞机首条高高原航线开航，我国高高原航线上首次有了国产飞机的身影。塔县地处帕米尔高原东麓，与巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦及克什米尔地区接壤；红其拉甫机场2022年12月23日通航，标高3258.4米，是新疆第一座高高原机场，也是我国最西端的机场。

05 天骄航空培训中心正式启用

7月3日，内蒙古天骄航空培训有限公司启用仪式在鄂尔多斯市举行。该中心是内蒙古地区首个拥有ARJ21 D级飞行模拟机的航空培训中心，主要业务涵盖飞行员、乘务员、空中交通管制员、机务维修、安全检查员等民航特业人才培养，并将着力打造航空人才综合培训基地，以专业引领产业，以产业促进专业。

06 民航上半年运输总周转量达 703 亿吨公里 超 2019 年同期

7月12日，民航局新闻发布会公布，上半年，全行业共完成运输总周转量703.0亿吨公里，同比增长32.2%，较2019年同期增长11.9%。全行业完成旅客运输量3.5亿人次，同比增长23.5%，较2019年同期增长9.0%，其中国际航线完成2967.3万人次，同比增长25.4%，客运规模恢复至2019年同期的81.7%。全国运输机场共完成旅客吞吐量、货邮吞吐量、起降架次分别为7.0亿人次、941.7万吨、605.0万架次，同比分别增长21.0%、24.1%、8.2%，客货吞吐量均超过2019年同期。

07 波音宣布 47 亿美元收购势必锐

7月1日，波音宣布达成收购势必锐航空系统公司（Spirit AeroSystems）的最终协议，此次合并是全股票交易，股权价值共约47亿美元，即每股37.25美元。作为交易的一部分，波音还将承担势必锐约35亿美元的债务。



08 史上最大双发客机波音 777-9 进入飞行测试

在收到FAA型号检验授权（TIA）后，波音于7月12日晚对777-9进行了首次飞行测试。777-9是777X项目的一部分，该项目自2013年启动以来已经历了多次推迟，最初计划于2020年进入市场。

777-9被誉为全球范围内最大、最高效的双发喷气式飞机，在典型两舱布局下可承载426人，航程达13500千米。

09 空客天津基地交付第 700 架 A320 系列飞机

空客7月8日在天津向成都航空交付了一架A320neo飞机，这是从A320系列飞机亚洲总装线下线的第700架A320系列飞机。A320系列飞机亚洲总装线是空客在欧洲以外的首条民用飞机生产线，至今已经成功运营了超过15年。目前在中国航空公司运营的A320系列飞机每三架中就有一架来自天津总装线。

10 波音 6 月交付 44 架飞机

6月，波音共交付44架飞机，这是2024年上半年交付量最高的一个月。第二季度，波音商用飞机项目共获得25架新订单，共交付92架飞机。截至6月底，波音商用飞机项目储备订单为5477架。

11 空客 6 月交付 67 架飞机

6月，空客向40家客户交付飞机67架，新增订单73架，净订单73架（无调减）；1月至6月，空客向65家客户交付飞机323架（2023年同期为316架）。截至6月底，空客储备订单量为8585架。



东航董事长王志清： C919 飞机商业运营这一年

文 | 陈姗姗



王志清
Wang Zhiqing

中国东方航空集团有限公司董事长、党组书记

1966年3月生，天津人，1988年7月参加工作，1987年5月加入中国共产党，博士研究生，毕业于南京航空航天大学经济与管理学院管理科学与工程专业。

2024年5月27日，在中国商飞的C919交付中心，作为国产大飞机C919全球首发用户的中国东航，正式接收了其新增订100架C919的首架机。

这架飞机也是东航接收的第

六架C919飞机，此时，距离国产大飞机C919商业运营刚满一年。

“好飞机是造出来的，也是飞出来的，东航作为C919飞机的全球首发用户，希望通过我们的努力，为打响‘国产大飞机’

品牌作出应有的积极贡献。”中国东航董事长王志清接受记者采访时表示，国产大飞机已由生产制造的上半场转入商业运营的下半场，在这一年里，东航围绕飞行运行、持续适航、营销服务、

品牌管理等工作，探索出了一套C919飞机商业运行全环节、全过程的运行保障服务流程。

实现多个突破和第一

2023年5月28日，东航全球首架C919飞机执行MU9191航班，从上海虹桥飞往北京首都，完成了该机型的全球首次商业载客飞行，标志着C919的“研发、制造、取证、投运”全面贯通，中国民航商业运营国产大飞机正式“起步”，中国大飞机的“空中体验”走进广大公众。

王志清认为，在这一年时间里，国产大飞机C919的商业运行实现了一系列重大突破。

一是已经实现了从0到1的突破。去年5月28日，首架C919成功实现首次商业运行，这对我国航空制造业、民航运输业来说，都是具有里程碑意义的重大事件。对此，习近平总书记在新年贺词中进行了热情点赞。

二是已经实现了从1到5的突破。截至5月27日，东航已有5架C919飞机在执飞航线，实现了初始化运行到初步规模化运行的突破。一年来，C919飞机累计执行航班超过2100班、安全运行超

6000小时，运送旅客近30万人次，平均客座率接近80%，超过同航线的其他机型，初步实现了商业运行上的成功。

三是正在实现从6到100的突破。5月27日，东航接收了第6架C919。在不久的将来，C919将成为东航的主力机型，并进一步成为全民航的主力机型，C919飞机将飞遍中华大地、飞出国门，这将是又一个重大突破。

在商业运营的这一年中，东航创造了C919商业运营中的多项“第一”：第一次实现商业运行、第一次投入繁忙的京沪航线、第一次服务春运、第一次飞出国门亮相新加坡航展广受好评，今年6月1日还第一次投入境外商业航班、执飞沪港包机……以“先行者”姿态，持续探索C919商业运营全流程、各环节运营保障经验。

瞄准“四个飞出”

而要实现上述突破和多个“第一”，让C919飞机保持持续安全运营至关重要。为此，东航从一开始就确立了要将C919“飞出安全、飞出志气、飞出品牌、飞出效益”的目标。

王志清告诉记者，对于运营



C919 这一“国之重器”，“飞出安全”永远是第一位的，是最大的政治责任和神圣的工作使命。因此东航一直坚持最高标准、配备最强力量、落实最细措施，把确保安全作为头等大事来抓，确保航空运行绝对安全、确保人民生命绝对安全。

如果细分来看，C919 飞机在东航的运营可分为两个阶段。前 10 个月（2023 年 5 月 28 日至 2024 年 3 月 30 日）为初始运行阶段，公司成立了 C919 运营保障领导小组，下设飞行运行、持续适航、营销服务、品牌管理四个工作组。

王志清认为，这是一个“非常有价值”的过程，公司还与飞机制造商中国商飞公司建立了沟通平台和持续解决问题、持续优化运营的机制，开展 8+X 精益化管理项目，并在 MMEL 放行条款、重心包线及压舱物和装卸货操作与加油协同等项目中取得了一定成果。新批次的 C919 飞机，在驾驶舱显示、客舱娱乐系统方面也都有优化升级。

今年 4 月以后，C919 正式转入常态化运行状态，东航成立了 C919 飞机安全运营持续提升工作组，下设精益化管理工作小组、改进优化工作小组和市场需求定位工

作小组，在持续与中国商飞保持沟通联动的基础上，进一步推进配合商飞开展 C919 衍生型号的市场需求和研发定位研究。

对于“飞出志气”和“飞出品牌”，王志清认为旅客的认可很重要。“投入商业运营以来，C919 机组收到了千余封乘客的信件，点赞乘机体验和东航服务，这也是对我们飞好 C919 的极大支持。”

在王志清看来，让中国大飞机翱翔蓝天，承载着国家意志、民族梦想、人民期盼。C919 是中国人自己研发制造的飞机，是中国人的飞天梦；东航是民航国家队，“飞出志气”就是“追求卓越、不甘人后”的一种精神状态、一种责任使命、一种发展自信。

在国产大飞机的一次次起落间，东航践行“精准、精致、精细、精彩”的“四精服务”。航班充满“中国风”的安全演示视频、带有首架机“中国印”标识的机供品、C919 专属电子登机牌、不断上新升级的 C919 主题餐食等特色元素，都深受旅客的喜爱和好评。同时，东航还积极开发 C919“机票+文创”产品，吸引更多公众关注国产大飞机。

而作为一款商用飞机，在取

得工业生产成功后，进一步取得市场化成功，才能获得长久的生命周期，这也是东航提出“飞出效益”目标的重要原因。

王志清对记者透露，从前期的数据来看，C919 飞机执行航班的客公里收入比同等级机型高，日利用率也在不断提升，基本符合东航预期。

此外，东航 C919 的运行技术状态正常，安全飞行表现良好，日利用率等指标稳步提升，综合运营能力得到全面检验。

如何“越飞越好”

C919 飞机的商业运营一年成绩单，也给了更多航空公司下单 C919 的信心。上半年，国航和南航就分别订购了 100 架 C919 客机。而据记者了解，今年将有更多国内航空公司首次接收 C919 客机，包括国航、南航和海航航空集团旗下的金鹏航空。

为了给兄弟航司运营 C919 飞机提供借鉴，东航还编制了《C919 安全运营管理手册》，成立了“C919 创新工作室联盟”，着力推进 C919 机队管理创新和技术创新，努力向着实现体系化机队管理、系统化 C919 人才培养、提升飞机商

业竞争力的目标迈进。

目前，东航 C919 飞行员数量已超过 60 名，C919 乘务员数量已有 8 批、近 170 名，培养 C919 机务人员 60 余名、签派员 40 余名，完成该机型的地面服务保障培训 1.4 万人次。

“办好国产大飞机事业，是我们发展新质生产力的重要领域，也是我们航空人、民航人的星辰大海。我们一开始的目标就是致力于让 C919 成为成熟的主流机型，当好先行者和探索者，目前我们在安全管理、生产运行、飞行训练、创新实践等多方面都有一定的积累与总结，”王志清进一步指出，“未来，在‘飞出安全、飞出志气、飞出品牌、飞出效益’的基础上，我们要将 C919 飞得更稳，飞得更远，飞得更广，飞得更好。”

其中，“飞得更稳”是指守牢安全生命线，确保航空运行绝对安全，确保人民生命绝对安全。

不久前，东航成立的 C919 飞机安全运营持续提升工作组，以及与中国商飞成立的联合工作组，共同推进国产民机不断完善、优化、提升，正是为了进一步运营好国产飞机，助力国产民机飞出安全、飞出志气、飞出品牌、飞出效益。

“飞得更远”是指通过飞出

国门，进一步扩大国产大飞机的国际影响力。

目前，C919 已具备了飞出国门的条件和能力。今年 2 月 16 日，东航的 C919 飞机就首次飞出国门，以直飞的形式飞抵新加坡参加航展，展示了国产大飞机的优异性能。

6 月 1 日，东航又以商业包机的形式执行香港至上海航班，运送 153 名旅客抵沪，其中包括 120 多名香港大学生。这也是 C919 首次执行商业地区航线，包机航班上特别为旅客准备了贴有 C919 飞机标志的曲奇饼干和上海老字号的大白兔奶糖味牛奶。

“飞得更广”是指完善市场布局，扩展航线网络，加快构建“干支通、全网联”的国产飞机航网结构。

王志清对记者透露，东航 C919 飞机将主要投放至东航主基地市场及重要商务、旅游干线市场。目前，公司主要以虹桥主基地以及分子公司所在地为航点运营 C919 飞机，例如北京、成都、西安，未来除了公司各基地站以外，还将进一步扩展到其他航站，如广州、深圳等地。

6 月中旬，东航的 C919 飞机在执飞上海到成都天府、北京大

兴、西安的基础上，新开上海—广州航线。

“飞得更好”则是指在局方的指导下，与中国商飞公司密切合作，持续提升飞机性能、降低运营成本，进一步提高 C919 飞机的运营效率和市场竞争力，并与未来运营 C919 飞机的各航司加强协同配合，汇众力、聚众智，共同推动国产大飞机事业的繁荣发展。

根据东航的计划，预计到今年底，公司的 C919 机队规模将达到 10 架，意味着执飞的航线也会继续“上新”。

而 C919 要想飞向更远的欧美，获得更广阔的国际市场订单，则需要取得欧美国家的适航认证。对此，民航上海审定中心主任顾新不久前表示，很期待 C919 尽快取得欧盟认证。

“我们坚信，在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，在全体航空人、民航人共同努力下，国产大飞机事业必将取得新的更大成就，为强国建设、民族复兴伟业作出新的更大贡献。”王志清表示。■

全球视野下的 中国航空枢纽建设

文 | 张跃

航空枢纽是创造连接的城市综合体、循环交汇点。作为最具国际性的开路先锋，历经 20 多年接续建设，我国超大航空枢纽的基础设施规模、基地航企能力、国际竞争地位都有大幅升级，也集中体现了交通强国建设的丰硕成果。在后疫情时代，在中国式现代化新征程上，我国超大航空枢纽的高质量发展正面临一系列新形势新任务。

▼ 图 | 东方航空

枢纽： 承载重要动力源的核心功能

区域协调发展辩证法赋予民航新思路。十九届中央财经委员会第五次会议指

出，我国经济发展的空间结构正在发生深刻变化，中心城市和城市群正在成为承载发展要素的主要空间形式。不能简单要求各地区在经济发展上达到同一水平，而是要根据各地区的条件，走合理分工、优化发展的路子。不平衡是普遍的，要在发展中促进相对平衡。

区域重大战略布局赋予民航新格局。2021 年，十三届全国人大四次会议审查批准的《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》指出，要顺应空间结构变化趋势，优化重大基础设施、重大生产力和公共资源布局，开拓高质量发展的重要动力源，并首次明确指出以京津冀、长三角、粤港澳大湾区为重点，提升创新策源能力和全球资源配置能力，加快打造引领高质量发展的第一梯队。

全球城市战略定位赋予民航新动能。2023 年，全国统一的国土空间规划体系总体形成，体现国家意志和国家发展规划的省级 2035 年国土空间规划草案已全部上报国务院。其中，北京、上海 2035 年城市总体规划早在 2017 年底就已经中央批准发布，明确提出要着力提升城市功能，做到服务保障能力与城市战略定位相适应，努力建成卓越的全球城市 and 社会主义现代化国际大都市。

综合立体交通网络赋予民航新优势。2021 年，为支撑建设“全国 123 出行交通圈”和“全球 123 快物流圈”，《国



家综合立体交通网规划纲要》明确提出，要依托京津冀、长三角、粤港澳大湾区等世界级城市群，打造具有全球竞争力的国际航空枢纽。其中，“轨道上的京津冀”“轨道上的长三角”“轨道上的大湾区”等区域交通一体化，为我国打造世界级航空枢纽提供了广阔的腹地支撑和便捷的集疏运体系。

连接： 突围东北亚地区的洲际中转

作为支撑重要动力源的核心平台，北京、上海、广州等超大航空枢纽既面临新征程的发展机遇，也面临高质量的竞争挑战。尤其是在东北亚区域的洲际中转市场上，历经3年新冠肺炎疫情的严重冲击，与韩国仁川、日本东京机场等周边国家的超大航空枢纽相比，呈现出“三个靠前、三个靠后”的阶段性特点，亟待提质增量、升级突围。

吞吐量规模靠前，连接度指数靠后。从客货运量来看，截至2019年底，北京首都机场旅客量连续10年排名全球第2，上海浦东机场货邮量连续12年排名全球第3。从客货并举来看，全球只有上海浦东、阿联酋迪拜两个机场同时进入旅客吞吐量前10名和货邮吞吐量前10名两大顶级榜单。但是，从全球连接来看，在OAG超大枢纽国际连接度指数2019年报告中，上海浦东机场排名第25，广州白云机场排名第33，北京首都机场排名第36，我国三大枢纽的排名明显靠后。特别值得注意的是，周边的韩国仁川机场排名第11、东京羽田机场排名第22，均高于我国三大枢纽的排名。尤其是韩国仁川机场，可以说是全球最年轻的综合性超大航空枢纽，值得重点对标、重点关注。

承运人规模靠前，主基地占比靠后。

作为我国三大超级承运人，国航、东航、南航的运力、运量等规模指标都已进入全球前10名。但是，从主基地市场占比的角度来看，情况就有所不同。OAG研究报告显示，全球50个超大枢纽的主基地航企市场份额占比的平均值超过45%，疫情前后都是如此。其中，欧洲、北美、中东和非洲地区的平均值均超过50%，唯有亚太地区的平均值只有29%。CIRIUM准点率报告显示，疫情前我国3个超大航空枢纽的出港准点率均保持在90%左右，排名靠前。但是，世界银行发布的2023年全球物流绩效指数报告显示，我国航空货物进口时的平均停留时长为2.5天，在全球100个统计对象中排名第66，与韩国的1天、日本的1.8天、美国的1.2天、英国的1天相比，我国航空口岸通关便利化水平还有较大提升空间。

路径： 构建枢纽共同体的战略支撑

全球超大航空枢纽的洲际之争是国际市场之争，更是国家战略之争。有效市场的精细化运作和有为政府的综合施策，二者相辅相成，缺一不可。

要紧扣国家战略，凸显第一梯队的政策导向。从北京大兴机场“新的动力源”，到国家“十四五”规划纲要首次提出“重要动力源”，航空枢纽在大国经济中的地位和作用都有充分体现。我国民航高质量发展要充分运用区域协调发展辩证法的思想精髓，从推动行业发展的核心政策源头上，全球对标、分类推进、综合施策。譬如，可以践行国家“十四五”规划纲要首次提出的“新型举国体制”理念，比照“国家实验室”“世界一流示范企业”的战略模式，从顶层设计的国家政策高度，进一步研究出台“国家航空枢纽”或“世界一流示范

枢纽”建设方案，统筹协调包括北上广，国航、东航、南航等在内的条块关系、央地关系、军民关系，进一步明确承载区域重大战略的第一梯队强国枢纽定位，参与全球竞争合作的第一梯队强国枢纽目标，并率先建成1个至2个具有全球竞争力的综合性洲际转运中心，以抢占全球航空枢纽网络的顶级节点。

要紧扣核心功能，优化全球连接的资源支撑。作为最年轻的全球超大航空枢纽，韩国仁川机场的客运枢纽、货运枢纽建设实践表明，涉及中央事权、以枢纽功能为核心的资源支撑，是打造洲际中转核心竞争力关键之一。我国民航高质量发展要从支撑“国家枢纽”、强化“洲际中转”的战略高度，进一步聚焦优化空域、航权、时刻等关键性资源的战略分配，避免因内部激烈争夺而削弱国家整体竞争力，并最终沦为用自己的“腹地”成就别人的“枢纽”。同时，在口岸营商环境建设方面，要充分利用试点对接国际高标准经贸规则，推进制度型开放，统筹协调通关时效所涉及的规则、流程、信息、人员等系列支撑和保障，加强国际航空货运能力建设，确保超大货运枢纽“快的特征”真正成为“快的优势”。

要紧扣场景创新，推动运行品质智慧赋能。疫情防控3年，上海口岸最多时承担了全国62%的入境航班、53%的航空入境旅客、46%的进口冷链货物。作为全球仅有的两家年旅客和货邮吞吐量均进入前10名的综合性枢纽机场之一，上海浦东机场不仅为稳定全球供应链作出了重要贡献，而且增强了在复杂场景下的保通保畅能力，也充分认识到智慧赋能的极端重要性和紧迫性。民航是信息化程度较高的行业，也是信息化手段更新较快、对信息技术依赖性较强的行业，疫情前是这样，疫情后更是这样。譬如，在当前行业恢复

中，枢纽机场一线操作人员短缺的困难，必将进一步促进枢纽机场智慧建设提速、人工智能应用等。

我国民航高质量发展要充分发挥超大航空枢纽的场景优势，进一步集中力量整合升级一批关键共性技术平台，支持第一梯队强国枢纽联合高校院所和行业上下游企业，共建民航类国家产业创新中心，以全面提升超大航空枢纽运行品质，全面塑造高质量发展新优势。

要紧扣持续发展，实现绿色低碳协同治理。荷兰史基浦集团一直坚守“可持续、高质量的领跑者”的战略定位，并公开承诺从愿景到路线的一揽子安排。2019年，史基浦集团发布了“愿景2050”总体规划，即“创造全球最可持续机场”的史基浦路线图，包括三大基石（网络质量、生活质量、服务质量）和两大关键因素（安全、组织）。我国民航高质量发展要紧扣国家“双碳”战略，充分借鉴绿色民航建设先行者的实践经验，率先建立机场与机场地区的协同治理机制，通过持续发布机场战略路线图，逐步建立市场化调节机制，以调动包括航企、旅客等用户在内的利益共同体积极落实绿色行动，以实现从“城市机场”到“机场城市”的角色转变。

总之，枢纽强则民航强。全球超大航空枢纽从来就不是自然生长的，无论是欧美的百年门户，还是中东地区的新兴势力，概莫能外。加快打造第一梯队的强国枢纽，是中国式现代化开路先锋的使命所在，也是后疫情时代全球枢纽的战略竞争所在，要顶层设计、基层推动，更要众志成城、久久为功。■

从上饶机场 看中小机场发展路径

文 | 张艺晗

在推动我国民航业高质量发展的过程中，中小机场作为现代综合交通运输体系的重要组成部分和重要的城市公共基础设施，在改善地方投资环境、扩大对外开放、促进区域经济社会协调发展和推动新型城镇化建设等方面发挥着十分重要的作用。但目前在地面交通方式的强力竞争下，中小机场普遍存在客源不足、专业人才匮乏、服务水平不高、运营管理短板明显等问题。本文拟以上饶机场为例，谈谈中小机场如何走出困局，改善经营，更好地服务民众。

▼图 | 上饶机场



中小机场的局限

上饶机场作为典型的中小型机场，为更好服务国家战略和区域经济发展，一方面要突出自身特色，寻求内在发展动能，另一方面要融入国家机场体系和航线体系，借助枢纽机场提升通达性。

这就存在一定局限，如上饶机场距离浙、赣、闽三省省会均不足400千米，开通至省会航线航班受限。此外，上饶高铁站是中国首座“十字”交叉、垂直跨式高铁枢纽站，曾经是江西省内停靠客运列车数量最多的高铁站，有着强大的运输能力，导致部分原有航空客源流失。

在航线网络编织方面，作为支线机场的上饶机场在航空市场开发、旅客服务等方面的话语权较低，市场对接能力较弱，且航空公司看重短期利润，导致上饶

从市场环境上看，上饶机场运输市场需求分散，航空出行需求不够集中，客货基础相对薄弱；在新航线的开辟上，又存在层层审批、流程复杂、时效性差的现象，对市场的反应速度慢，时常错失良机。

机场航线网络结构缺乏科学性，尚未形成合力。

从市场环境上看，上饶机场运输市场需求分散，航空出行需求不够集中，客货基础相对薄弱；从持续发展上看，地方政府在运营发展上缺乏深层次谋划，帮扶方式主要集中在航线补贴上，手段相对单一，航线补贴逐年递增，但航线资金使用效率较低。在新航线的开辟上，又存在层层审批、流程复杂、时效性差的现象，对市场的反应速度慢，时常错失良机。

加强管理挖潜

受高铁影响大，自身体量小，“造血”能力差，因而面临巨大的经营压力和困境，这是中小机场的通病。面对严峻的发展形势，为扩大旅客来源，提高客座率以突破瓶颈，中小机场应该主动出击、积极作为，与周边同体量机场取得沟通联系，搭建中小机场合作机制，例如可就共建贵宾机制、共享机场和航线资源、共营“航空+旅游”产品等方面达成区域性合作，强化与周边机场的航空文旅在多层次、多领域的深度融合，推进航空业高质量发展。

不仅如此，中小机场还要打破与政府、航司等相关单位的沟通壁垒。中小机场的发展离不开当地政府的政策扶持与资金支持，并且其承担着社会公益的责任，具有社会效益。然而由于自身的客货吞吐量小，

自我发展能力不强，这就迫切需要政府提供政策与资金上的支持来维持日常运营。

尤其对于上饶机场这类偏远地区的中小机场，更加需要政府的支持。政府可以通过补贴与税收减免，出台有利于中小机场发展的政策，加强对中小机场的扶持力度。作为机场本身，也要持续加强与各方的沟通协调，将机场的生产发展战略与地方政府旅游发展战略高度契合、统筹规划，紧盯航线网络市场成熟度，积极配合政府，高位推动航线开通工作，持续强化与航空公司的沟通对接，最终找到最适合自己发展的道路。

向管理要效益，不断激发内生动力，是中小机场扭转不利局面的必然选择。中小机场的体量小，固定支出少，所以持续开展“降本增效”行动是目前的最优经营方略。一要加大非航业务的拓展力度，持续推进贵宾室冠名招商工作；二要全面降低经营成本，严格控制采购、三公经费等费用支出，并积极争取税费减免等政策支持；三是要加强与政府沟通，协调机场扩建、升级改造事宜，更好地保障机场的安全生产，提升服务品质。

上饶机场尽管是近年通航的新机场，但随着生产量的上升，部分航站楼不论是规模还是有关服务设备越来越无法满足生产发展的需求，因此，执行新的机场升级改造刻不容缓，以免限制生产的恢复，影响机场生产发展。

数字化转型打造新体验

目前，各行各业都在进行数字化转型，拥有大量数据的民航业更须主动拥抱数字化。有研究表明，数字化转型将为航司实现单客增值 5 美元到 10 美元。在 2016 年至 2025 年的十年间，数字化转型将为民航业创造 3050 亿美元的价值。可见，数

到 2025 年，68% 的旅客将成为数字化旅客，他们要求旅程每一环节的信息服务更有针对性，可控性更强，自动化水平更高，这就意味着航空服务链的生产流程、服务流程和管理流程将发生革命性的变化。

数字化转型是中国民航未来发展的趋势，也是提升民航核心竞争力、实现高质量发展的重要举措。

数字化转型的理念是客户导向，是市场倒逼。推进数字化转型，促进供给与需求精准匹配，打通供给与需求之间的信息渠道，提升经济协同性，同时打通供应链上下游、产业链的不同环节与服务链的各个节点，畅通国内循环主动脉，提高供应、生产、消费的整体协同性，能大大提升产业上下游的协作能力，保证产业链供给安全。

在数字化时代，大众航旅出行的需求会不断变化，简单、快速、安全和个性化、多元化特点明显。到 2025 年，68% 的旅客将成为数字化旅客，他们要求旅程每一环节的信息服务更有针对性，可控性更强、自动化水平更高，这就意味着航空服务链的生产流程、服务流程和管理流程将发生革命性的变化。一方面采用先进的技术手段实现旅客服务升级，如提供自助值机、自助行李托运、基于 RFID 技术的行李跟踪、刷脸登机、机场智能导购、空中接入互联网等。另一方面，要通过大数据分析获取航空旅客结构和出行习惯变化，使服务精准化、精细化，增强旅客对民航服务产品的体验感。



创新服务方式

数字化转型是一种全方位的变革，首先是运营理念与思维的转变，需要面对从飞机乘客到航旅客户、甚至非航客户的转变，需要运用互联网思维。机场作为行业经营主体，其数字化进程必将带动和影响整个行业的数字化程度和效果。机场实施数字化转型，必须利用移动互联网、社交、大数据、人工智能、云计算等一系列技术，从传统服务模式为主转向“以客户为中心”的直连和直销模式，从服务的标准化转向个性化、定制化，聚焦客户价值最大化的开发利用，实现销售从线下到线上、从产品到服务、从公司到生态的转型。

对中小机场实施战略发展，需要中小机场自身、地方政府以及航空公司的共同努力，任何单方面的努力都是不可能取得满意效果的。中小机场的战略发展，需要在战略发展思维的指导下，在地方政府的

大力扶持下，通过与航空公司的竞争与合作，不断实施战略方案调整，以实现中小机场的健康发展。

“十四五”时期，我国民航在国家经济社会发展中的战略作用必将更加凸显，中国民航进入发展阶段转换期、发展质量提升期和发展格局拓展期。同时应该看到，新一代信息科学技术创新和融合应用，正颠覆着人们的生产和生活方式，催生更多新产业、新业态、新模式。而全球新冠肺炎疫情更是加速推动了国民经济的转型升级，也前所未有地加速了民航产业结构重塑。数字化转型已经不再是可选项目，而是我国民航高质量发展的必然要求。加快推进民航数字化转型，改造提升传统动能，培育发展新动能，方能实现民航的高质量发展。■

以数据中台打破“数据孤岛”

文 | 吴昊

我国信息技术水平不断提升，机场作为综合生态体，也正在享受技术革新带来的红利。综观行业发展，机场正从 2.0 敏捷型向 3.0 智慧型迈进。在这一过程中，智慧型应用不断涌现，数据爆发式增长，但“数据孤岛”严重、数据质量低、共享差等问题也日益凸显。如何让数据真正产生价值成为机场信息化建设的一大难题。

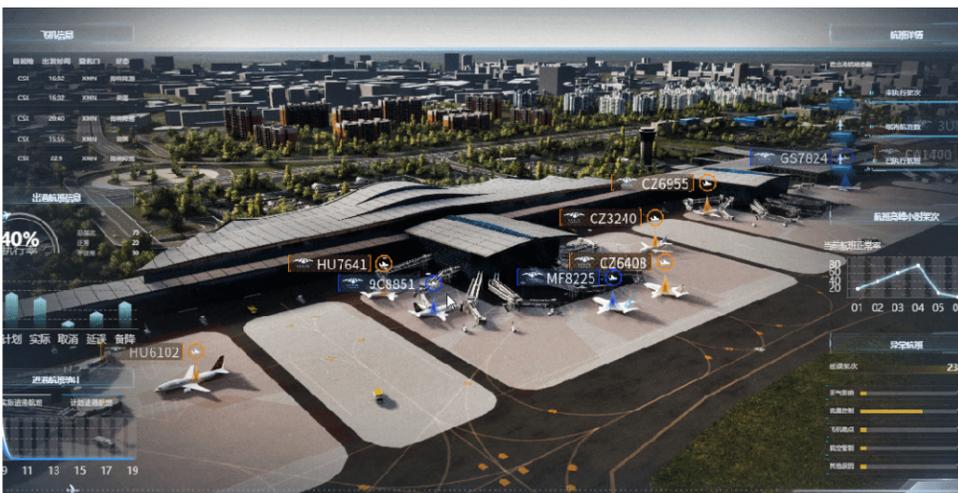


图 | Kantu

管起来、用起来、活起来

2022 年初，民航局在发布的《智慧民航建设路线图》中提出，要围绕四型机场建设，提升机场协同运行效率，以智慧机场塑造民航业全新未来。在政策的有利支持下，民航业迈向“智慧机场 3.0”步伐整体加快。随着智慧型应用不断涌现，各应用联动性差所带来的一系列数据问题对机场数字化转型构成了挑战。

这些挑战主要体现在：一是存在“数据孤岛”。技术迭代更新、管理渐次成熟导致机场“烟囱式”IT 建设，使机场内外部的航班生产、离港、旅客服务等系统各自为战，给多业态、跨领域数据共享带来挑战。二是数据接入标准不统一。数据接入缺乏统一的标准，且数据质量参差不齐，导致大量数据资产没有产生真正的价值，不仅加大了数据开发和处理的难度，而且很可能出现对错误数据进行分析挖掘、导致结果对指导管理决策意义甚微的现象。三是数据分析需求响应慢且成本高。机场管理者对运行场面态势掌控要求较高，以目前的数据分析模式很难做到快速响应。四是缺乏强大的数据工具支撑。机场缺乏数据接入、数据融合、数据治理、数据加工和预测决策工具，导致数据处理和高质量共享受到影响。

上述问题出现在机场迈向“智慧机场 3.0”数据赋能发展过程中，数据中台为解决这些问题提供了很好的思路。作为大数

据技术的融合体，数据中台采用一站式、轻量化、松耦合的全栈数据开发工具，能有效助力机场实现统一的数据纳管，对数据标准、质量进行流程化管理，沉淀数据资产，全面对外快速响应赋能，以实现数据服务业务的全流程管理。

数据中台以数据“管起来、用起来、活起来”为导向，围绕“数聚、数治、数融、数享”的数据管理思路，实现数据的“接、存、管、用”，为机场提供稳定可靠的数据支撑底座，从而实现以数据中台为核心的业务数据化和数据资产化，系统化构建高可信的数据管理体系，全面助力智慧机场建设。

数聚：自动汇聚、统一纳管

数聚即数据汇集。机场大量数据分散在不同业务系统和数据库中，这些系统建设的时间大多不同，技术应用水平跨度大，系统接口种类繁多、差异性较大。通过梳理业务流程、系统及数据源，借助数据中台提供的服务、消息、数据集成能力，能够实现机场生产数据（航班生产、旅客服务等）、行业数据（空管数据、航企数据、局方数据等）、外部数据（气象局、公安部、在线旅游平台等提供的数据）的全面接入、融合与纳管。数据中台还支持批量数据迁移、实时数据集成和数据库实时同步，进行流程图式配置和管理，支持单表、整库、增量、周期性数据集成，丰富而强大的能

力为下一阶段数据治理打下了坚实基础。

数治：强化治理，标本兼治

数治即数据治理。数据治理是让数据具备高可信的前提，而数据标准治理是数据治理的核心。如果数据标准不统一，会使机场工作人员在不同业务系统中难以“找到”或“看懂”数据。机场是一个庞大的系统，对于相同意思的字段，在不同系统中采用的名称、定义及属性规范不同，容易造成数据标准不统一，从而影响数据后续融合和加工。针对这一问题，数据中台提供了较好的解决方案。在数据标准制定过程中，可以利用数据运营平台灵活便捷的组件工具，参照如《中国民航运行数据共享协议》等行业标准规范，依据定义标准建立规范的数据库，打好数据开发基础。

由于机场行业数据具备较强的专业性与特殊性，在数据治理实践过程中，还需要从业务侧进行深度思考。

一方面是数据标准的统一。在一些特定情况下，要对业务数据进行一定逻辑的转化。例如，重庆航空虽隶属南航，但其IATA代码（航企两字编码）并非CZ而是OQ，在FOMS等生产系统中以OQ呈现，但在离港系统中的代码则为CZ。因此，在数据匹配时，需要进行必要的映射转换以实现关联。再以部分航空专用报文为例，如本站接收的LDM报（配载报），如果航班出发日（T日）和到达本站日（T+1日）存在跨零点情况，则需要对前站发来报文的航班日期进行“+1”处理，否则会出现日期错位的情况。通过对业务数据的标准转换，确保数据口径一致、增强数据可信性，可有效解决上述问题。

另一方面是基于业务逻辑的深度检核。传统数据治理检核主要围绕完整性、缺失性、及时性、正确性四个方面进行，

但此类检核缺乏业务侧检核。基于对业务流程的理解，我们提出业务侧数据治理的思路，即以业务事实为基础的时空逻辑检核，辅以经验及第三方数据进行佐证判断检核。前者重点围绕业务流程时间和业务过程空间的正确性对数据进行检核。以航空器到港时间流程为例，在正常情况下为上轮档时间—靠桥开始时间—开始下客时间。但从实际情况来看，流程时间数据的采集会受到人为、系统接收延时、数据解析有误等情况的影响，导致数据存在问题，而通过时序检核可以检查出数据问题。因此，以业务逻辑出发，对数据进行深度检核，可让数据具备高可靠性。

数融：以数为基，响应诉求

数融即数据开发，让数据实现增值。机场是一个复杂的运行生态，业务环境快速变化是其重要特点，且运行决策要基于业务环境变化作出快速响应。这就需要运行管理部门及时掌握尽量多的信息，大量多样化数据分析成为“必需品”。但从实际情况来看，数据开发响应远远无法满足当前诉求。一方面，由于传统数据分析缺乏高效的数据运营工具平台，数据开发周期长、效率低，不能满足业务运营决策人

机场是一个复杂的运行生态，业务环境快速变化是其重要特点，且运行决策要基于业务环境变化作出快速响应。这就需要运行管理部门及时掌握尽量多的信息，大量多样化数据分析成为“必需品”。

员对数据及时性的诉求；另一方面，数据运营成本高，数据未服务化，数据拷贝多，数据口径不一致，重复开发，颗粒度不够，不能满足业务运营决策人员对数据有效性的诉求。

针对数据开发问题，数据中台的数据分层加工处理提供了较好的处理思路，即建立贴源层、主题层、专题层。在数据接入时，保持同源系统数据一致，建立贴源层，便于追溯原始数据；对贴源数据进行初加工，按主题归集分类，建立主题层，保留数据间关联关系，建立相对独立的主题库，如航班、人员、交通、安全、货运、事件、资源等主题库，为数据拉通组合提供基础数据；按业务诉求融合跨主题数据，建立业务专题库，这些专题库数据可以作为加工某类指标的数据集，为综合分析提供专项数据基础。专题库可按大类分为查询统计类（如吞吐量、资源用量、资源消耗等）、数据标签类（如航班正常、关舱门正常、车辆到位等）、预测决策类（如未来小时高峰流量、机位占用预测、客流量、薄弱环节分析预测等）。通过逐层建立数据集市，让数据开发可以全面快速响应业务诉求。

此外，在建立数据集市时，建议重点关注对数据粒度及维度的细化。前者解决的是数据分析深度问题，后者解决的是数据分析精度问题。如果忽略了粒度和维度的细化，一些深度分析决策就会变得较为困难。以航班正常性分析为例，常规分析粒度及维度较为固定，一般以天、小时、航企等几个维度统计起飞正常、放行正常、进港正常等指标。但如果运行管理部门提出多条件叠加的分析诉求，如分析某类天气下（雨/雪/霜）、具体日期内、具体时间段、具体时间周期、具体机型、某进近点、某航企的正常性情况，则无法响应实现。因此，对数据粒度及维度的细化尤为重要。

数享：内外共享，高效协同

数享即数据共享，实现数据资产化管理。目前，机场大多存在无数据资产或数据资产管理混乱的现象，无法进行有效的数据共享，进一步导致部门内、跨部门、跨单位的业务协同出现困难。针对这一问题，数据中台提供了相关组件来解决。通过数据中台零编码API、简洁接入、安全管控的方式，针对航班、旅客、物流、安保、航班等不同专题库实现多服务集成，类似于打造数据资产“超市”，机场其他部门、不同应用及大屏、移动端、领导驾驶舱等可视化终端可以通过数据中台的资产管理模块申请数据调用、处理和共享。除内部共享外，数据中台还能实现机场与业态公司、航空公司、民航局、民航局空管局等外部单位的精细化数据共享，从而全面反哺业务创新，赋能机场生产运行。

可以说，通过数据治理、数据融合打造机场数据资源管理中心，能为上层业务联动、业务创新提供数据支撑，实现数据对外高质量共享，为数据资产增值和交换奠定坚实基础。

从数据中台实践来看，从梳理数据源入手，以数据中台汇聚各类业务数据，制定数据标准，提高数据质量，实现数据治理，最后形成数据服务集市，实现数据统一管理 and 精细化对外共享。在四大能力中，数聚是基础，可解决“数据孤岛”问题；数治可解决数据质量低下的问题；数融贯穿全过程，可解决开发者多维开发的问题；基于数融，数享可打破机场外部的“数据孤岛”。这四大能力共同构成了机场数据中台体系，助力机场实现以业务为驱动的精化管理，全面提升机场运行效率。■

“新基建” 如何赋能民航机场建设

文 | 李青蓝

新时代交通强国建设的本质是高质量发展。2017年2月23日，习近平总书记视察建设中的北京新机场，提出了“四个工程”的建设要求。打造基础设施建设的“样板工程”是其中的关键目标。在新时代，民航高质量发展和基础设施建设都离不开“新基建”（新型基础设施建设）的赋能。

“新基建”：经济新引擎

改革开放以来，中国经济依靠土地、资源、人口等优势实现了飞速发展。然而，随着经济规模和人均收入的上升，原有的红利已经结束。因此，中国迫切需要由依靠要素和投资驱动转向依靠创新驱动，由高污染、高消耗

图 | archcollege.com



的粗放型经济增长方式转向绿色环保的集约型增长方式。“新基建”被视为对冲当前经济下行压力、构筑科技创新和产业升级之基、支撑经济体系现代化的关键措施。

“新基建”服务新时代的根本意义在于惠民生、稳增长、调结构、促创新、补短板。本轮启动的“新基建”关注创新、绿色环保和消费升级，在补短板的同时为新引擎助力，这是“新基建”与传统基建最大的不同。“新基建”中的城际铁路、特高压和电动汽车充电桩均属于原有基础设施的短板，政府希望凭借本轮基建投资对这些领域进行提升和补充。同时，以5G、工业互联网、人工智能等为代表的“新基建”将提供全新的机遇和挑战。民航机场建设是重要的基础设施工程，近年来取得了长足进步，但人均水平和质量与发达国家相比还存在一定差距。未来，“新基建”将从各个方面对机场工程的建设 and 民航高质量发展产生深远影响。

2020年12月，中国民航局印发《推动新型基础设施建设促进民航高质量发展的指导实施意见》，确定了三项重点任务：打造行业融合基础设施、加快行业信息基础设施建设、推动创新基础设施建设，响应了国家发改委提出的“新基建”的三个方向，并在同月发布了《推动新型基础设施建设五年行动方案》，成为民航落实“新基建”的关键举措。次年，中国民用航空局发布《关于全面推行现代工程管理打造民用机场品质工程的指导意见》，提出民

用机场品质工程“智慧高效”的目标、“创新驱动”的基本原则，充分体现了现代工程管理与“新基建”的有效结合，突出打造品质工程的关键路径。本轮民航业从多维度、多角度、多层次集中发布涉及“新基建”的政策文件，将有效支持民航机场建设的高质量发展。

发展“新基建”要厚植“新观念”

在机场工程建设中，新观念、新思路、新技术是核心要点和出发点，创新意识和创新精神是根植于建设者内心深处的原生动力。

“新基建”给各地机场带来的收益是不容置疑的，各地已经涌现了很多优秀案例。2021年，深圳机场上线了机位资源智能分配系统，通过AI算法将机位资源进行智能分配，原先人工分配机位需耗时4小时，现在仅需1分钟即可完成，而且航班靠桥率和廊桥周转率还得到了进一步提升。云南滇西地区保山、腾冲、芒市的3个百万级规模支线机场，常年遭遇大风、雷雨、低能见度天气。由当地政府、机场和航空公司携手建设的“保腾芒”滇西机场群一体化协同运行体系，实现了区域性资源共享——协同利用机场资源保障旅客出行，也助力航空公司提升运行效率。不难看出，不管是枢纽机场还是支线机场，在推动“新基建”方面首先从观念上就有了较大的创新。

民航长期以来都在大力推广和应用 800 兆数字集群通信系统，其主要用于满足空管、机场、地服、机务、油料、航食、海关、公务机、机场巴士等各驻场运行单位之间调度、沟通、协作需求。随着 5G 技术的愈渐成熟、基站的加速建设，5G 通信将变得越来越普遍，应用也越来越广泛。不管从带宽、延时，还是从速率上来看，5G 都明显优于现有的 800 兆通信技术。相信随着 5G 基建的深入铺开，大量基于 5G 的解决方案将得到成熟的应用，在民航机场的通信场景下，传统通信技术将得到完整的升级和替代。

2020 年 9 月，中国明确提出 2030 年“碳达峰”与 2060 年“碳中和”目标。“双碳目标”“碳交易”越来越受到大众关注，四川机场集团、首都机场集团等陆续发行绿色债券，各地机场开始建设“零碳建筑”。其中，北京首都机场东区机坪管制塔台装配式“零碳建筑”被评为 2020 年民航局四型机场示范项目。2021 年，长沙机场改扩建工程提出建设国内首个零碳机场，示范项目实施方案通过专家评审，西宁机场、太原机场等也都陆续提出建设零碳机场的目标。“新基建”在民航机场行业内的推进，将为实现“双碳”目标产生重要意义。

“新基建”与“老基建”融合发展

提到“新基建”，不免涉及传统基建，我们也可以简单地将其归为“老基建”。民航机场这一类基础设施，主体还是“老基建”。短期来看，机场还需要航站楼、跑道、机坪、塔台这一类基本的保障设施，且拥有绝大部分的投资占比。事实上，“新基建”与“老基建”是一个相对概念，新能源、新技术和新兴产业都带来了新型基础设施的变革和快速发展，同时也推动了

传统基础设施的改造升级甚至更新换代。融合基础设施是“新基建”的三个方面的一个重要一环，因此，不管是“新种育新苗”的新兴基础设施，还是“老树发新芽”的传统基础设施改造，都属于新型基础设施范畴。

以北京大兴机场一期工程为例，“新基建”的投资金额大约占总投资的 5%~8%。我们可以看到，机场建设过程中“新基建”对“老基建”不是更新替代，而是优势互补，融合发展。多年来，“铁公机”是传统的基础设施建设的代表，但现在城际高铁和城市轨道交通又被认为是“新基建”的关键领域，就是体现出融合基础设施的特点。北京大兴机场、上海虹桥机场、青岛胶东机场、贵阳龙洞堡机场、成都双流机场等诸多机场实现了与高铁站的共建共融、空铁联运，都是新老融合的典范。

另外，建设新能源汽车充电桩也是“新基建”的关键领域。延伸来看，涉及“绿色机场”的很多基础设施建设都属于“新基建”的范围，比如地源热泵、光伏发电、APU（飞机发动机辅助动力装置）设施替代等。大兴机场一期工程中建设了大量充电桩，空侧所有通用和可替代特种车辆均按清洁能源车标准采购，新能源通用车辆比例达到 100%。上海浦东机场的近机位已经 100% 实现了 GPU（地面电源装置）全面替代 APU 设施。

还有一个典型的融合基础设施的例子就是行李全流程跟踪系统的建设。该项目源于 2019 年中国民航启动的“行李全流程跟踪系统建设”专项行动。行李系统的建设原本属于“老基建”的范围，但随着 RFID（射频识别）技术的大量应用，同时加入行李全流程跟踪系统、全流程可视化服务后，就属于典型的“新基建”融合基础设施。该系统通过 RFID 技术采集行李

信息，将信息连接至云平台共享、发布，旅客可利用手机端 APP 查询行李信息，也可以通过机场的航显屏幕实时查看行李传输的全过程视频。

未来，机场的机电设备、弱电设备、场内车辆、灯光照明系统，甚至旅客小推车都可能通过物联网技术实现物与物、物与人的连接。做到物物相连，万物互联，实现更为便捷的统一调控，可能就是融合基础设施建设设想的应用场景。

“新基建”亦要“思变”

元宇宙是近年来的科技热点，其本身并不是新技术，而是集成了一大批现有技术，包括 5G、云计算、人工智能、虚拟现实、数字孪生等。在民航机场建设领域，BIM（建筑信息模型）同样被广泛提及。BIM 在鄂州花湖机场的深度应用是行业内的首秀，该项目也是住建部建筑信息化改革试点项目，从多方的报道来看取得了不错的应用效果。其中，被广泛宣传的功能如管线碰撞、自动算量、按模施工、按模质量验评、按模计量支付，以及一次建成两座“机场”（一座物理机场、一座数字孪生机场）都是 BIM 应用机场建设的亮点。从长远来看，BIM 的应用可能远不止于此，我们常说的全过程 BIM，包括设计 BIM 模式、施工 BIM 模式、运维 BIM 模式，运维

未来，机场内的设备更新，人员、车辆流动，都可以通过模型、场景真实地呈现出来，构建一个与现实世界交互的虚拟世界。

BIM 模式可能是一个长期、动态的过程，而这一过程更接近于元宇宙，或者说一定范围内的数字生活空间。未来，机场内的设备更新，人员、车辆流动，都可以通过模型、场景真实地呈现出来，构建一个与现实世界交互的虚拟世界。现实中的机场所面临的运行、安全、服务等问题都可以通过虚拟世界模拟，提前预判可能发生的事故，辅助解决现实问题。

同样地，人工智能也是 2023 年最热门的话题，以 ChatGPT 为代表的大模型，是一款由人工智能技术驱动的自然语言处理工具，因能够与人类流畅交流受到极为广泛的关注。目前，机场已经在一定范围内应用了人工智能设备，包括我们常见的问询机器人、自动停车机器人、自助值机设备等。这些设备在图像识别、语音识别处理方面有一些成功的经验。但是还存在识别准确率不高、交互性差的问题，旅客利用率不高，大量的传统工作还需要人工协助来完成，人工智能并不能完全代替人的工作。未来，随着类似 ChatGPT 处理工具的不断进步，人工智能设备能够完全替代人工问询、引导，甚至一些传统的设备，比如电梯都能完成对旅客的问询解答，那么有人工智能加持的智慧机场将进入一个全新的层次。简言之，这些技术如何付诸实践，需要机场建设者不断跟踪、学习、理解，把握住未来发展趋势，不断思变。

“新基建”受到国家和行业的政策支持，机场建设面临前所未有的“新机遇”和“新挑战”。随着传统产业改造升级、新兴产业加快发展，民航机场建设要聚焦新理念、实现新突破、取得新成绩必然要在“求新”“求变”中寻找答案。同时，也要高度切合自身实际，推动新老基建的融合，让科技为产业赋能，让“新基建”为民航机场建设的可持续发展、高质量发展提供内生动力。■

产业范式的变革： 从通用航空到低空经济

文 | 马杰

从通用航空到低空经济是产业范式的变革。与通用航空相比，低空经济的产业范式蕴含着关键技术、能源系统和功能用途的革命性突破，伴随着空间要素、人力要素和资本要素的创新性配置，代表着产业运营和产业生态的根本性转型。在这样的背景下，尊重范式变革的客观规律，应对好自主创新、资源投入和综合治理三方面的挑战，是发展好低空经济的关键所在。

图 | 无锡博报



产业发展背景

2016年5月，国务院办公厅印发《关于促进通用航空业发展的指导意见》（国办发〔2016〕38号），为我国通用航空产业发展奠定了政策基础，指明了发展方向。从政策出台至2023年末，行业发展成效显著：传统通用航空方面，通航企业数量由281家增长至689家，在册通用航空器数量由2235架增长至3173架，全国通用机场数量由300余个增长至449个，全年作业飞行小时数由77.9万小时增长至135.7万小时，更多国产制造通用航空产品进入市场；民用无人机方面，国内注册无人机126.7万架，运营无人机的企业1.9万家，有统计的民用无人机全年飞行2311万小时，民用无人机研制企业超过2300家，量产无人机产品超过1000款，年交付民用无人机超过317万架。

看到成绩的同时也要看到，我国通用航空产业的发展前景仍不明朗，面临诸多挑战。一方面以无人机为代表的新兴领域，发展势头强劲，涌现出一批全球领先的企业，在技术、产品、市场等方面形成了国际影响力和竞争力；另一方面以固定翼和直升机为代表的传统领域情况不容乐观，市场需求不足、企业盈利能力不强、产品比较优势不明显的情况仍普遍存在，行业发展水平与各界期望仍有很大差距。

2023年中央经济工作会议提出，要

积极主动适应和引领新一轮科技革命和产业变革，打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业。2024年3月，全国两会提出积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎。从表面上看，低空经济涵盖了通用航空的概念，吸收了通用航空的优质发展成果，近似于产业的转型升级。但从本质上看，低空经济的提出，伴随着革命性的技术突破、创新性的要素配置和根本性的产业转型，是不同于通用航空的全新产业范式。从通用航空到低空经济，不是概念的更迭，而是产业范式的变革。从产业范式变革的视角理解低空经济的发展逻辑，有利于更好地把握好低空经济的发展机遇。

通用航空产业范式及其局限性

通用航空产业范式是指通用航空领域得到广泛认可的共同准则。美国通用航空产业发展历史悠久、市场规模庞大、经济贡献显著、机制体制完善、技术创新领先、国际影响力广泛，在很大程度上代表了全行业的发展理念和行为模式，形成了成熟的产业范式。

技术和产品方面，美国通用航空产业的典型产品主要是固定翼飞机和旋翼飞机为代表的通用航空器，涵盖气动外形、发动机、航电设备、材料等多方面的航空科技成果。其中，单引擎活塞类固定翼

飞机的数量最多，2018年美国通用航空器保有量为21.17万架，单引擎活塞类固定翼飞机约有13.18万架，占机队总数的62.3%；喷气式公务机价值最高，在2019年全球交付的固定翼飞机中，喷气式公务机总价值占到89.6%。

资源要素方面，美国通用航空产业涵盖研发、制造、运营等产业环节，涉及工业、农业、旅游、体育等多个领域，因此资源要素构成非常丰富，其中最主要的包括通用机场、空域、飞行员、制造商和运营服务商。

产业模式方面，美国通用航空产业的核心是飞行活动，通用航空器的首要用途是运输，通过运载人或物实现位移是其价值创造的最主要方式。2022年美国通用航空飞行小时数约2695万小时，其中占比靠前的依次是个人飞行（30.4%）、培训飞行（23.7%）、商务飞行（14.7%）、空中的士（12.3%），这四类合计占比超过总量的80%。

通用航空产业范式在我国的局限性

一直以来，我国通用航空产业的发展也深度参考了美国通用航空产业范式，但从这些年的发展结果来看，由于美国通用

航空产业范式更符合美国国情，因此在我国的应用存在明显的局限性：

一是我国通用航空产业的共性技术和产品依赖国外。国内通用航空器仍以国外制造为主，截至2022年底，全国在册机队中，43.6%固定翼飞机由国外厂商制造，14%由合资厂商制造；91.9%旋翼飞机由国外厂商制造，1.4%由合资厂商制造；在册数量最高的五款固定翼飞机和旋翼飞机均为国外产品。在传统通用航空器领域，我国很难发挥后发优势，例如全球最畅销的通用飞机塞斯纳172，自1956年开始交付市场，至今已有68年历史，其在产品成本、制造工艺、销售网络、运行数据、售后服务等方面有绝对优势，这与传统燃油车领域的情况相似。

二是我国通用航空产业的共性资源要素供给不足。二战时期美国建设了包括机场在内的大量基础设施，培养了数量众多的飞行员，孕育了一批优秀的制造商和运营服务商，得益于此，美国通用航空产业生产要素供给一直处于较高水平。但就我国而言，全国多数地区空域使用仍存在飞行计划审批程序复杂、审批时间不确定等问题，通用航空飞机“起飞难”问题尚未得到根本解决。截至2023年末，国内拥有通用机场449个，固定运营基地（FBO）

共17家，飞行服务站（FSS）共32个，若要建立全国层面的服务保障体系，仍需要巨额的固定资产投入。

三是我国通用航空产业的共性产业模式没有形成。美国通用航空市场中私人飞行、商务飞行和空中的士占总飞行小时数的60%以上，超过3/4的营业收入由交通运输服务贡献。反观我国，传统通用航空在我国综合交通体系中缺乏比较优势，难以作为交通工具创造价值。2022年载客类（航空短途运输、公务包机飞行和其他包机飞行）飞行小时占比仅为1.5%，载人作业类占比仅为8.9%，占比最高的是培训类和非经营性作业类，占比分别为43.9%和37%。产业模式不通导致行业经营艰难。截至2020年末，我国通用航空企业数量为681家，其中有600家企业亏损，亏损比例接近9成，这种情况在短期内仍难以明显改观。

低空经济是通用航空产业范式变革的方向

事实证明，以美国为代表的通用航空产业范式，在我国面临许多难以解决的问题。从范式变革的角度来看，问题积累势必会引发产业范式的变革，而低空经济正是产业范式变革的方向。由于我国没有美国通用航空产业中规模庞大的存量资产，也没有难以克服的市场惯性，因此在通用航空到低空经济的新旧产业范式变革过程中，我国可能更具有利地位，具体体现在以下三大方面：技术和产品的革命性突破、资源要素的创新性配置、产业模式的根本性转型。

关键技术革命性突破。随着算法、材料和控制等方面的技术进步，航空器构型变得更加多元，从传统的固定翼和旋转翼飞机，拓展到多旋翼、倾转翼、复合翼等

2024年4月7日，中国民用航空局为EH216-S颁发全球首张生产许可证（PC），标志着我国eVTOL产品率先迈入规模化生产阶段。

多种类型。一方面，产品技术的变化带来了飞行技术的变化，新型航空器大幅降低了对起降场地和飞行空域的需求门槛。另一方面，大疆等国内供应商制造的产品走到全球前列，实现了核心技术和产品的变道超车。截至2023年末，全国低空经济相关发明专利申请数量已超过14000件，并且在最近三年保持高速增长态势。2024年4月7日，中国民用航空局为EH216-S颁发全球首张生产许可证（PC），标志着我国电动垂直起降飞行器（eVTOL）产品率先迈入规模化生产阶段。

能源系统革命性突破。得益于锂电池等新能源技术的发展，更多元的动力方案得以应用。借鉴我国新能源汽车行业的发

图 | imagewerx.us



表1 | 美国通用航空产业资源要素供给情况

资源要素	供给水平
通用机场	纳入NPIAS的通用机场约2550个
空域	包括A/B/C/D/E五类受控空域及G类不受控空域，大部分空域可用于通用航空飞行活动
飞行员	2019年达到66.5万人
制造厂商	波音、德事隆、湾流、空中拖拉机、派珀、贝尔等
运营服务商	3600家以上的FBO（固定基地运营商）提供加油、托管、维修等服务

展经验，航空器能源系统从油到电的转变意义重大。一方面，让航空器在通信、导航、操控和智能等方面的能力得到了大幅提升，为丰富应用场景奠定了基础。另一方面，为低空经济全方位融入国家新型能源体系建设铺平了道路。

功能用途革命性突破。核心技术和能源系统的革命性突破，最终引发了功能用途的颠覆性变化。在低空经济范式中，一方面，航空器更加信息化、数字化和智能化，功能用途由运输载具转变为低空智能网联平台，价值创造不再局限于交通领域，与国家大力支持发展的新一代信息技术、人工智能等领域关系紧密。另一方面，功能用途拓展到通信、安防、娱乐、治理等多个领域，极大地拓展了产业主体和受众群体，从本质上改善了市场供需关系。这与功能手机向智能手机的变革有相通之处。

空间要素创新配置。空域是低空经济的最核心资源要素之一。2023年12月21日中国民用航空局发布《国家空域基础分类方法》，重新对国家空域资源进行划分和管理，将空域划分为A、B、C、D、E五类管制空域和G、W两类非管制空域，极大地释放了低空经济航空器适用的空域资源要素。从地面来看，eVTOL和无人机等新型航空器对地面起降场地的要求更

低。随着国家标准和行业标准的陆续推出，通航范式下地面设施在资金投入、流程审批、建设周期、运营成本等方面的掣肘情况将有明显改观。

人力要素创新配置。从业者角度看，通航范式下飞行员是核心人力要素，而飞行员的培养门槛过高，就业前景不明朗，导致人力要素供给不足。截至2023年底，中国民航驾驶员有效执照总数为86091本；而低空经济范式下，航空器技术的提升催生出无人驾驶航空器，大幅降低了对飞行员等人力要素的依赖。从消费者角度看，通航范式下始终存在服务单一、费用较高、使用不便等情况，导致市场受众群体很小，致使需求严重不足；而低空经济范式下，服务更多元、费用更低廉、使用更便捷，结合场景创新拓展，将有更多受众群体参与其中，从而有效改善市场需求。

资本要素创新配置。传统通航商业模式固化、盈利空间有限、缺乏龙头企业，难以吸引资本加持；而低空经济的发展前景广阔，新技术、新产品、新场景层出不穷，受到资本市场的青睐，据公开信息统计，近一年全国低空经济领域已完成企业融资超过500笔，总额超千亿，为行业发展持续注入金融活水。

产业运营互联网化转型。通航范式下，行业发展重固定资产、轻技术资产和数据资产，重制造驱动、轻服务驱动，重独立运营、轻平台赋能，因此资金周转慢、投资回收难，需求响应低、盈利模式少。低空经济范式下，航空器在能源和功能上实现了变革，具备广泛应用大数据、云计算、物联网和人工智能等技术的潜力，未来将以市场化需求为核心、以数字化运营为手段、以平台化构建为目标，持续快速迭代产品技术和用户体验，重塑产业生态和商业模式，实现产业深度互联网化转型。

产业生态多链条式融合。数据链、创

我国低空经济的范式变革介于积累阶段和爆发阶段之间，科技创新和场景创新将是这一时期的焦点。

新链、资金链、人才链的融合将成为推动低空经济发展的生态基础，数据链为科技创新、资本投入和人才培养提供方向，创新链为行业发展提供持续的源动力，资金链通过市场手段对产业发展进行优胜劣汰的有效调节，人才链保障科技创新，决策发展方向。

产业范式变革的挑战与对策

从通用航空到低空经济的产业范式变革，既蕴藏着宝贵的发展机遇，也面临着前所未有的挑战。

首先是对自主创新能力的挑战。目前，我国低空经济的范式变革介于积累阶段和爆发阶段之间，科技创新和场景创新将是这一时期的焦点。由于我国在低空经济领域的发展节奏几乎与欧美发达国家同步，不再具有后发赶超的位势，因此行业自主创新能力将迎来全面考验，任重道远。在这一关键时期，行业政策要因势利导、开放包容，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，激活市场主体的敏锐性和活跃性。企业和科研主体要顺势而为、大胆实践，发挥我国超大规模市场优势，在科技创新和场景创新上持续打造中国样本。

其次是对资源要素投入的挑战。产业范式变革伴随着技术革命和产业革命，是对全社会资源要素投入的一场考验。以通信行业的要素投入为例，自2019年5G商

用以来，5G累计投资超过7300亿元，就低空经济而言，同样需要系统投入大量的空间、资本、人力等资源要素。要充分发挥新型举国体制优势，一方面，要让国家资源得到充分释放和有效利用，审慎有序、适度超前地放开以G、W类空域为主的空域资源。另一方面，要创造良好的要素流通环境，因地制宜、科学客观地引导各类社会要素流入低空科技创新、低空设施建设、低空人才培养、低空文化普及和低空消费培育等方向。

最后是对综合治理手段的挑战。产业范式的变革让社会经济发生重大变化，会给现有的治理体系提出全新的挑战。一是低空经济与通用航空不同，城市是低空经济的主要应用区域，低空飞行的全面开放会给城市治理带来更多复杂和未知的风险点，因此治理体系要与场景应用同步建设。二是低空经济的许多应用场景都是前所未有的新生事物，要持续推动现有治理手段的适应性变革，加快推出低空经济基础性治理规则，加快提升低空经济治理者专业素质。三是积极应用人工智能、物联网、6G等新技术，开发数字化、智能化、网络化的低空经济治理工具。四是建立共同治理准则，引导低空经济的各类主体参与治理，形成自觉自治的良好局面。

综上所述，低空经济是战略性新兴产业的组成部分，代表着新质生产力的发展方向，具有重要的社会经济意义。从产业范式变革的角度，能够更深入地理解为什么要发展低空经济，以及如何能够更好地发展低空经济。尽管国家层面已经出台诸多政策支持低空经济发展，但总体来说从通用航空到低空经济的产业范式变革仍有许多问题亟待解决，尤其要尊重产业范式变革的客观规律，科学合理地推动科技创新，因地制宜地投入资源要素，扎实有效地优化治理手段。■

图 | 峰飞航空



下一代商用飞机 呼唤新动力

文 | 董帼雄

在 2023 年的巴黎航展上，空客曾表示，针对 2050 年净零碳排放的目标，公司正在着手制定新一代商用飞机研制计划。其中，针对新一代窄体客机（NGSA）项目，空客认为，该项目将不再是从 A320 到 A320neo 的更新。尽管空客至今没有更多透露关于 NGSA 项目的细节，但公司表示新一代飞机将采用传统方案与颠覆性技术相结合的方式，其中新的动力产品将起到关键作用。为此，空客在 2023 年的巴黎航展上也正式宣布将与 CFM 国际公司围绕可持续发动机革命性验证项目（RISE）进行合作。

图 | newsroom.aviator.aero



一年后，2024 年 7 月，针对下一代窄体客机的研发，空客再次“发声”。其表示，尽管地缘冲突和供应链不稳定等因素对航空业造成了一定的影响，但公司仍然希望能够在 2030 年左右开始新一代窄体客机的研发工作，并希望能够在 2035 年~2040 年间，向市场投放这一新机型。不同的是，围绕动力系统的供给，空客希望能够有更多供应商积极参与其中。

开式转子技术被看好

在空客刚刚提出新一代窄体客机研制时，十分看好开式转子技术的应用，并与 CFM 国际公司一起在 RISE 项目中进行合作。

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

开式转子技术并不是新鲜的概念。早在 21 世纪初，当时随着油价的不断攀升以及生态环境的恶化，美国和欧洲先后推出了亚声速固定翼飞机项目（SFW）、FAA 持续降低能耗、排放和噪声（CLEEN）计划、欧洲“净洁天空”计划等一系列计划，并在这些计划的推动下开展新一代开式转

子发动机的研发。

在 RISE 项目之前，赛峰集团曾进行过一个名为 CROR 的开式转子项目。该项目以 M88 发动机为核心机，并在 2017 年完成地面试车。此次，RISE 项目则是建立在 GE 和赛峰公司联合研发的 GE36 开式转子发动机的基础上，其主要目标是研究新的开式转子构架，以大幅提高热效率，同时 RISE 项目还将进行新的低排放燃烧室以及混合电力系统发电机研发。

2022 年 5 月，法国赛峰集团选择美国 ANSYS 公司的仿真软件承担 RISE 项目的计算开发工作，主要是改进发动机开放式风扇的结构设计，并对发动机进行热力学仿真。2022 年 7 月，空客确认将和 CFM 国际公司开展合作，在 2026 年之后对开式转子发动机进行飞行测试。飞行测试将选择空客 A380 飞行台，主要实现以下目标：一是增强对发动机与飞机集成、空气动力学性能和提高推进系统效率等方面的研究；二是验证开式转子发动机的性能优势，如更高的燃油效率与碳减排能力；三是评估声学模型，研究噪声影响范围；四是确保与 100% 可持续航空燃料兼容。在 A380 试飞前，CFM 国际公司将进行发动机地面试验，并在 GE 航空的飞行测试运营中心开展前期验证工作。

目前 RISE 项目已经完成了 100 多项测试，这些测试为未来开放式风扇结构的验证打下了基础。随着验证项目的不断推

进，目前已经可以明确，RISE 项目将开发和验证一系列颠覆性的创新技术，包括先进的发动机架构（如开放式风扇架构）、紧凑型发动机核心、先进的燃烧技术、热管理、混合动力、与可持续航空燃料实现 100% 兼容等。此外，随着新技术的不断成熟，RISE 项目还将对直接氢燃料作为动力进行地面和地面测试。

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

“超扇”值得期待

尽管空客看好新一代开式转子技术的发展，但如果下一代飞机的动力系统能够有第二个选择，自然也是其乐于见到的。其中，就包括罗罗的超扇项目 (UltraFan)。

2014 年，为了巩固行业地位，罗罗公布了下一代航空发动机设计蓝图，革命性地大幅改进了发动机的结构和技术，其中包括新型发动机核心结构、CTi 风扇系统、先进的陶瓷基复合材料的使用等。同时，罗罗还继续开发和测试开式转子技术，以满足未来行业发展的需要。作为这些创新技术的载体，罗罗推出了研发 UltraFan 项目的计划。直到 2018 年，罗罗才冻结了 UltraFan 发动机的构型。UltraFan 的

工程设计关键特征包括：经过验证的全新 Advance 3 核心机架构与 ALECSys 先进低排放燃烧系统相结合，将最大程度提高燃油效率，减少排放；碳钛复合材料风扇叶片和复合材料机闸的使用；风扇齿轮设计为未来的高推力和高涵道比发动机提供高效动力。UltraFan 的动力齿轮箱采用行星式设计，每对齿轮传动的动力大于 F1 赛道起跑线上所有赛车功率的总和。早前，罗罗的这一动力齿轮箱就曾在测试中创下全球航空领域最大功率纪录，达到 8.7 万马力（64 兆瓦），这一功率足以给一个中型城市供电。

2023 年，罗罗宣布完成了 UltraFan 技术验证机的生产和测试工作，这也是罗罗 50 多年来，首次完成全新发动机架构测试，确认了验证机所采用的整套技术的能力，是罗罗在提升现有和未来航空发动机效率方面迈出的一大步。根据现有的测试数据，与全球最高效的现役大型航空发动机遛达 XWB 相比，UltraFan 的效率进一步提高 10%。在短期内，选择将 UltraFan 研发项目的技术应用到遛达系列发动机上，可以为航空公司客户带来更高的可用性、可靠性及效率。从长期来看，UltraFan 拥有 25000 磅~110000 磅可伸缩推力技术，未来可以为在 2030 年左右投入市场的新一代窄体客机和宽体客机提供动力。

为了能够在新一代产品中更好地应用，罗罗与波音也已开始了相关合作。在美国联邦航空管理局的持续降低能源排放和噪音 (CLEEN) 计划支持下，罗罗与波音合作，测试了一种更短更轻的进气道。这一研究采用遛达 1000 发动机在罗罗波音 747 试车台上进行了飞行测试，试飞结果显示，这一技术改进将有望节省约 0.5% 的燃油消耗。罗罗与波音共同开展的飞行测试时长累计约 7.5 小时，包括起飞、巡

航和大迎角操作，以确保空气动力性能达到预期性能水平。未来，这一新的进气道改进将有望成为 UltraFan 技术验证机量产版未来需求的一部分。

动力制造商重视新能源使用前景

2023 年末，罗罗公司宣布已开启新一轮氢燃料突破性研究测试工作。这项测试工作将在罗罗位于英国索利哈尔 (Solihull) 的工厂进行，旨在对航空低温液氢泵系统进行验证。在这项试验中，罗罗将继续与合作伙伴易捷航空合作，目标是在 2030 年左右，能够为包括新一代飞机提供氢动能。

对于氢能在航空业的应用，罗罗认为首先要攻克三个技术挑战：燃料燃烧、燃料运输以及燃料系统与发动机的集成，而所有这些要素都必须得到充分验证后才能保证航班的安全运营。2022 年，罗罗与易捷航空在英国博斯坎比基地全球首次使用 100% 氢燃料对 AE2100 发动机进行了试车。2023 年 9 月，罗罗又在科隆 DLR 珍珠 700 发动机环形燃烧室采用 100% 氢燃料进行测试证明，验证了氢燃料可在最大起飞推力条件下燃烧。如今，罗罗正在推进的航空低温液氢泵系统验证，则是要在低压条件下，对冷却至 -250 摄氏度以下的液态氢进行加压，从而将其泵入发动机进行燃烧。初期测试的重点是冷却液氢泵，了解其在低温条件下的活动，2024 年罗罗将开展进一步的测试工作。

在氢燃料的使用上，CFM 国际公司正在与空客合作开展相关的氢示范项目，并对氢燃料发动机进行地面和飞行测试，目标则是希望为 2035 年前投入使用的零排放飞机奠定基础。

在可持续航空燃料 (SAF) 的使用上，GE 一直积极参与 SAF 的评估与认证

工作，与监管机构、生产商和运营商密切合作，确保 SAF 在航空领域的广泛应用。其中包括与航空公司客户合作进行测试与演示飞行，制定行业燃料标准，对 100% 滴入式 SAF 和非滴入式 SAF 进行评估，研发可与各种 100%SAF 兼容的发动机技术。2021 年 12 月，由 LEAP 发动机驱动的全球首个单发采用 100%SAF 的客运航班成功首飞。2023 年 2 月，由 GE90 发动机驱动阿联酋航空飞机完成了单发使用 100%SAF 的演示飞行。同时，GE 航空还与美联航等合作，启动可持续飞行计划，用于支持 SAF 的研发创新。目前，GE 和 CFM 国际公司的所有发动机产品都支持使用经批准的 SAF。

普惠正在与柯林斯宇航合作开发验证混合电推进技术的应用。其中包括，由普惠加拿大主导的混合电推进飞行验证机项目，该项目旨在实现相较于最先进的支线涡桨飞机燃油效率提升 30% 的目标。可扩展涡轮电力传动系统技术 (STEP-Tech) 验证机项目，未来可广泛应用于先进空中交通平台、高速垂直起降飞机、中小型无人机和翼身融合体飞机。可持续注水涡扇发动机 (SWITCH) 推进系统项目，该技术未来可适用于新一代单通道飞机。

在 SAF 的使用上，目前普惠全系发动机可兼容 SAF 按 50% 比例与传统煤油混合使用。为了全面开展 100%SAF 应用测试，普惠还制定了 GTF Advantage (地面测试) 和 PW127 (飞行测试)，并希望通过氢蒸汽注入间冷涡轮发动机 (HySIITE) 项目开发和储备相关技术。■

超远程窄体客机 如何重塑飞行

文 | 魏君

2024年6月，空客公司表示，其超远程窄体客机 A321XLR 的取证和试飞工作目前已进入最后阶段。空客表示，除了与航空公司合作进行的航线演示飞行之外，该项目将重点关注确保首批运营商在运营初期即获得适航合规以及运营方面所需的一切支持，尤其包括技术文件、战略备件和现场专家支持，以确保航空公司能够顺利运营这款当今市场上航程最长的单通道飞机。一个月后，7月22日，在2024年范堡罗航展首日，空客宣布，装配 LEAP-1A 发动机的 A321XLR 已获得欧洲航空安全局颁发的型号合格证，预计2024年年末，装配普惠 GTF 发动机的 A321XLR 也将获得型号合格证。

▼
图 | simpleflying.com



A320 系列的 40 年创新之路

过去半个世纪以来，空客从一个不起眼的企业成长为如今航空领域的领军企业，这其中很大程度上要归功于一个机型项目：A320 系列飞机。这款单通道飞机家族在过去几十年里稳步发展，如今已经成为同级别飞机中的标杆机型。

A320 项目在启动之初，艰难获得了包括英国喀里多尼亚航空和法国航空在内的 5 家航空公司的 80 架订单。随后，A320 及其后续型号 A318、A319、A321，以及新一代 A320neo 系列飞机凭借出色的燃油效率、航程能力获得了越来越多客户的青睐。截至 2024 年 2 月底，A320 系列飞机累计获得 18460 架订单，成为了世界上最畅销的机型之一。

从先进的航电设备到鲨鳍小翼和“飞行空间”（Airspace）客舱，A320 项目体现了空客 40 年来不断改进与大胆创新。A320 系列飞机最具革命性的特点之一是开创性地应用电传（FBW）技术。引入数字控制系统取代传统的手动飞行控制技术，这不仅是技术上的飞跃，也能够使飞行操作更平稳，既提高了效率，也增强了安全水平。

2010 年，空客决定为 A320 系列飞机换装全新发动机，这不仅是空客的重大决策，也是商业航空领域的重要里程碑事件。凭借更高的燃油效率、更低的排放以及运营成本，A320neo 系列飞机至今已获得了

超过 1 万架飞机订单，远超市场预期。

与此同时，在过去几十年里，空客及其供应商和合作伙伴携手合作，在全球范围内不断拓展 A320 系列飞机的工业足迹，在图卢兹和汉堡总装线的基础上，又先后在中国天津和美国莫比尔开设了新的 A320 系列飞机总装线，更加贴近客户，以进一步扩大市场份额。事实证明，空客的这一战略举措取得了巨大的市场成功。

所有测试接近尾声

对于航空公司来说，A321XLR 超远的航程能力为其开辟新航线提供了可能。在航空公司的机队中，A321XLR 能够比肩宽体客机，它为航空公司增加运力、开辟新航线，甚至在需求变化时继续运营现有航线带来了极大的灵活性。空客表示，与上一代竞争机型相比，A321XLR 的单座燃油消耗减少 30%，运行成本大约是现代宽体飞机的一半。

与传统的 A321neo 相比，在结构上，A321XLR 增加了拥有 12900 升燃油容量的后部中央油箱，还包括一个可选的附加中央油箱，它将 A321XLR 的最大航程扩展到 4700 海里，或 11 小时的飞行时间。得益于增加的燃油容量，A321XLR 的最大起飞重量与远程 A321LR 相比，从 97 吨增加到了 101 吨。空客还对主起落架和前起落架进行了加强，并且增加了 A321XLR 的水箱容量，以满足长途飞行的需要。

在机翼设计方面,空客为 A321XLR 选择了更简单的单缝襟翼。A321 和 A321neo 上的双缝襟翼确保了飞机更好的起飞和着陆性能,但由于相对 A321XLR 的单缝襟翼面积略大,考虑到 A321XLR 将用于长途航线,空客更倾向于为飞机减重,因此选择了重量更轻的单缝襟翼。

空客共投入了 4 架测试飞机进行相关试验,其中 3 架全新制造的 A321XLR 和一架经过升级改装的普通 A321neo,后者将安装一些为 A321XLR 设计的重要新功能。2022 年年底,三架原型机开始进入密集试飞阶段。目前,所有的试飞项目已经全部结束,空客正在与相关航空公司合作进行最后的航线演示飞行。

在地面试验中,也有一些新设备被投入使用。A321XLR 的研发过程主要围绕位于图卢兹的一个专用研发模拟机和一间同地协作航电设备测试实验室展开。与靠液压千斤顶移动的全动飞行模拟机不同的是,研发模拟机被固定在地面。除了配备真实飞行员操纵和显示系统外,背后还有专用的工作站,拥有与飞行测试工程师 (FTE) 用于监控飞行和调整真实飞机中的测试参数相同的显示器和用户界面。

研发模拟机入口旁是一间大型的虚拟飞行测试实验室,其中包括很多真实的航电模块,这些模块与目前安装在三架 A321XLR 测试飞机航电设备舱中的模块相同。此外,这些模块可以直接连接到模拟器上,由空客试飞员进行虚拟飞行和评估,试飞工程师可以实时监控相关数据。

研发模拟机还可以直接与飞机的物理硬件(例如试验台上的液压驱动控制面)相连并进行控制。在像 A350 一样的全新机型项目中,该试验台被称为“铁鸟”。不过,由于 A321XLR 衍生自 A321neo,因此只需提供一个相当于飞机尾部(特别是垂直尾翼)的物理试验台即可。这是为了

方便对全新电子方向舵(eRudder)架构进行地面测试,该架构正逐步推广到 A320 系列飞机的其他成员中。

此外,法国图卢兹、德国汉堡和不来梅以及英国菲尔顿的跨国研发团队还开发了不同的试验台,对 A321XLR 项目多个系统进行测试。

研发模拟机入口旁是一间大型的虚拟飞行测试实验室,其中包括很多真实的航电模块,这些模块与目前安装在三架 A321XLR 测试飞机航电设备舱中的模块相同。此外,这些模块可以直接连接到模拟器上,由空客试飞员进行虚拟飞行和评估,试飞工程师可以实时监控相关数据。

在英国菲尔顿有一个被称为“零号起落架(Landing Gear Zero)”的大型试验平台,用于验证 A321XLR 全新升级的起落架、轮胎和刹车系统。菲尔顿有一个燃料集成试验台,用于测试 A321XLR 的新型燃料和惰化系统,特别是对全新优化的后部中央油箱进行验证。德国不来梅配备了高升力系统工作台,用于验证 A321XLR 独有的全新内侧单缝襟翼构型。在汉堡,除了有空调系统工作台、饮用水和污水系统工作台之外,还配备了环境舱,用于优化高巡航高度的长途飞行期间客舱和驾驶舱的舒适度。

多团队确保顺畅运营

据公开信息显示,空客的客户团队早在 4 年前就已经加入 A321XLR 的研发团队中,以确保所有航空公司现役机队运营中的反馈都能被纳入飞机的设计中,并评估所有新部件会否在运营中存在潜在的问题。这种以多功能团队进行密切合作的方式旨在推动飞机和项目支持流程的成熟度,从而最大限度提高 A321XLR 投入运营后的可用性。

同时针对燃油箱、起落架、机翼等主

要设计更改,空客也在持续完善所需的新的技术文件。尽管 A321XLR 是 A321neo 的衍生型号,它的许多部件与 A320 系列飞机中的其他成员相同,但由于 A321XLR 拥有全新的主起落架、全新机翼襟翼、全新集成远程后部中央油箱以及配套的燃油系统、全新大容量水和废物处理系统、全新加长机腹整流罩以及更高的最大起飞重量等,所有这些都涉及对其相关持续适航说明的更改。

例如,A321XLR 的新型扩展机腹整流罩设计是根据适航当局的新要求引入,通过采用新型材料,该整流罩可以在特定的碰撞场景(例如机腹着陆)中增加对后部中央油箱的保护。相比之下,如今 A321neo 的机腹整流罩中不包括后部中央油箱,其形态设计主要与空气动力学相关。由于 A321XLR 采用了包括扩展的机腹整流罩在内的一些新部件,因此,新部件的结构维修手册(SRM)就需要进行更新,以反映新的保护功能,而这些又是 A321XLR 的新持续适航说明的组成部分。

此外,在常规版本的 A321neo 上,运营商可以像在其他单通道机队上一样,按照结构维修手册的指导自主修复机腹整流罩。然而在 A321XLR 上,由于该部件还具有与安全相关的功能(即在结构上保护后部中央油箱),因此与 A321neo 相比,其潜在的可修复范围将受到限制,这导致机腹整流罩的特定部分被归类为替换物品,即在发生损坏时,需要进行替换而不是维修。

因此,空客认为,成熟度团队的部分目标是预测所有这类情况,并采取必要的措施,以确保飞机在各种构型下的安全放行。这需要反映在结构维修手册的维修程序中,或者以最小的可允许损坏保留放行。对于后者,空客的工程专家可以根据具体情况,调整和实施预先设定的解决方

案,以确保客户飞机的安全调度和运营。对于在役维修可能性较低的情况下,空客的服务团队将在不同地方储备预留的备件和工具,以支持运营商的机队,而不是等到发生损坏时才发现无法维修,也没有可用备件。

同时,空客也表示,除了在投入运营前准备所有技术文件和全球战略备件支持之外,空客还将组成一支技术专家骨干队伍,他们将在每个启动运营商处工作半年左右。这些专家将作为航空公司对接空客支持团队的联络人,从之前的 A321XLR 项目设计成熟度活动,以及长达一年的飞行测试活动获得的反馈中收集并提供所有必要的技术专业知识。

市场表现值得关注

截至 2024 年 6 月,A321XLR 已经获得了超过 25 家客户的 550 多架订单。其中,印度靛蓝航空(IndiGo)是这款机型的最大客户,订购了 70 架飞机;其次是美国航空,订购了 54 架;第三则是美国联合航空,订购了 50 架。从订单排名前三的航空公司中,可以看出,无论是传统航空公司还是低成本航空公司,都对这款飞机表现出了兴趣,尤其是美国航空和联合航空的订单,显然是为了弥补波音 757 退役后留下的缺口。

产能方面,根据《航空周刊》的报道,空客将把 A321XLR 的总装放到德国汉堡。预计 2024 年~2027 年间,A321XLR 飞机的交付量预计为 7 架、51 架、120 架和 142 架。预计当 A320neo 系列飞机月产达到 75 架时,A321XLR 的生产份额将占到 15%~20%。

尽管目前由于飞机机身重量较最初的设计有所增长,因此会对航程造成一定影响,但仍可覆盖 90% 的原先目标市场。A321XLR 契合了当今盈利水平最高和客运

需求较大的跨大西洋航线市场。8700 公里的航程对于航空公司来说意味着将有机会采用单通道客机开辟纽约至米兰、法兰克福的航线，抑或是让美国东海岸各城市实现单通道飞机飞往伦敦、巴黎等欧洲城市，最终实现美国东海岸与欧洲的双向通达。如此一来，乘客将有机会更便捷地从家门口直达欧洲目的地，无需再进行中转。这对于目前的枢纽航空模式也将产生一定的冲击。以美联航为例，公司计划将从 2025 年开始接收 A321XLR，并用其替代波音 757，主要执飞从美国东海岸到欧洲和拉丁美洲的航线。加拿大航空同样计划从 2025 年开始接收 A321XLR 飞机，并计划当这一机型数量达到 30 架后，将其中的一半飞机用于开辟新的国际航线和北美航线。

再看亚太这一全球民航业增长速度最快的市场，同样对 A321XLR 有着强劲的需求。以中国市场为例，新冠肺炎疫情爆发前，许多二线城市掀起了一股开通国际航线的热潮。这主要是因为，一方面开通更多的国际航线将有助于提高城市的国际影响力，提升城市的形象，另一方面由于一线城市核心航线资源有限，开通新的国际航线也不失为提高飞机运营效率的方法。但现实情况是，目前国内不少二线城市由于经济体量和辐射能力有限，无论是飞国际一线还是欧美澳的“村村通”，都面临着初期客源不足的压力。即便在频率已经降低到一周一到两班的情况下，也很难填满 300 余座的客舱。而 A321XLR 与上一代竞争机型相比减少了 30% 的单座燃油消耗，运行成本更是宽体客机的一半，这对于航司来说，意味着有机会通过使用更小的飞机执飞，提升载客率，从而提高航线的盈利水平，甚至可以进一步提升航班密度，更加方便乘客出行，达到物尽其用的效果。

而对于价格更加敏感的低成本航空公

对于价格更加敏感的低成本航空公司来说，A321XLR 的问世意味着他们可以在利用现有机务、维修保障、机组的前提下，以更低的成本进一步开拓洲际航线。

司来说，这款机型的问世意味着他们可以在利用现有机务、维修保障、机组的前提下，以更低的成本进一步开拓洲际航线。再加上，A321XLR 与 A320 系列其他机型的共通性，可以帮助低成本航空公司更好地在航线上进行搭配使用。也正因为如此，空客曾公开表示，A321XLR 将为低成本航空的发展注入新活力。以靛蓝航空为例，这家印度的低成本航空公司早前通过租赁的方式引进了两架 777-300ER，开通了飞往伊斯坦布尔的航线，之后又订购了 30 架 A350-900 飞机，并计划开通更多欧洲航线。如今其手握 70 架 A321XLR 飞机订单，并计划用其开拓更多从印度二级市场到亚洲、欧洲和中东的航线。

空客还为 A321XLR 标配了“飞行空间” (Aerospace) 客舱，可以根据航空公司的需求，在不同的客舱密度下保证乘客的乘坐舒适性。A321XLR 的首家用户伊比利亚航空的首架飞机为 182 座，采用两舱布局，有 14 个可以完全平放转换为床的商务舱座椅。这也意味着在远程航线上，窄体客机也可以为用户提供如 A330 和 A350 等宽体客机一样的高端服务。未来，在需求量庞大的中远程航线上，A321XLR 的加入将有机会让更多的航空公司开发出窄体客机全商务舱的高端飞行产品，对于航空公司和旅客来说，都多了一种选择。■

俄罗斯支线飞机项目引发的思考

文 | 任治瀚

2024 年 7 月 12 日，俄罗斯天然气工业航空公司的一架 SSJ-100 飞机在莫斯科州科洛姆纳附近坠毁，机上 3 名机组人员不幸遇难。这也是 SSJ-100 型号飞机第三次发生机毁人亡的安全事故。作为苏联解体后俄罗斯研制的第一款商用飞机，俄罗斯曾对这款机型寄予厚望。俄罗斯曾公开表示：“我们需要扩大国家航空制造业中商用飞机的比重，商用飞机应该和军用飞机齐头并进。”于是，SSJ-100 和 MC-21 这两款飞机自然而然就成为了俄罗斯占据商用飞机市场份额的两款主力机型，被寄予了开疆拓土的厚望。

断供或是引发安全事故的主要原因

根据俄罗斯当地媒体的公开报道，此次失事的 SSJ-100 飞机注册号为 RA-89049，产权为俄罗斯天然气工业航空公司。俄罗斯天然气工业航空公司旗下共有 10 架 SSJ-100 飞机，其中有 7 架在役。据悉，这架飞机是在完成了定检，从拉姆斯科耶卢霍维茨附近出发进行试飞时发生了坠机事故。目前，俄罗斯紧急情况部和俄罗斯联邦调查委员会已经就事故原因展开调查。尽管事故原因尚未明确，但不少俄罗斯航空领域的专家表示，事故很有可能是由于 SSJ-100 所配套的 SaM146 发动机故障所引发的。就在这起坠机事故发生前几天，2024 年 7 月 8 日，亚马尔航空一架 SSJ-100 飞机在起飞阶段发生了发动机起火事故，险些造成安全事故。

SaM146 发动机由俄罗斯土星公司与法国赛峰集团联合研制。尽管这款发动机早在 2010 年就获得了欧洲航空安全局 (EASA) 颁发的型号合格证，但 2022 年之后，由于受到制裁的影响，赛峰已经不再向俄罗斯提供发动机维护所需的备件。2024 年 7 月 15 日，俄罗斯洲际航空委员会表示，已获取了飞机上的黑匣子，并正在进行解密工作，后续将根据调查情况公布调查进展及事故原因。

事实上，SSJ-100 飞机一直饱受安全问题的困扰，在这起坠机事故发生之前，SSJ-100 飞机还曾发生过 2 起坠机事件。2011 年，首架量产的 SSJ-100 交付亚美尼亚航空，意味着 SSJ-100 正式开始接受市场的考验。但这款飞机从运营之初就不顺利。在投入运营后不久，亚美尼亚航空公司反映，SSJ-100

具有三个重大缺陷：泄漏警告系统参数错误、襟翼展开故障以及起落架故障。随后，SSJ-100 被俄罗斯民航当局停飞，之后虽然问题得到了解决，但在此后几年其他航空公司的运营中，SSJ-100 的安全问题依然较为突出。

2012 年 5 月 9 日，一架 SSJ-100 在雅加达进行飞行展示时于印尼爪哇岛萨拉火山坠毁，致使机上所有 45 人全部遇难。2012 年 6 月 18 日，由于技术故障，一架 SSJ-100 在执行莫斯科飞往哥本哈根的航班任务时中断起飞。2012 年 7 月 10 日，一架 SSJ-100 在从诺夫哥罗德飞往莫斯科的航路上遭遇空调系统故障。2012 年 8 月 3 日，一架 SSJ-100 在从鞑靼斯坦共和国首都喀山起飞之后，客舱发生失压。

2019 年 5 月 5 日，一架 SSJ-100（俄罗斯航空 1492 航班）在空中发生发动机故障并引发大火，飞机随后成功迫降莫斯科国际机场，但在降落后立即发生了爆炸，机上 79 人中 41 人遇难。2019 年 5 月 18 日，一架 SSJ-100（俄罗斯航空 SU1389 航班）在起飞时由于液压系统故障原因中断起飞。接二连三的安全事故严重影响了市场对于这款飞机的信心。

欲借支线飞机探求民机发展新思路

SSJ-100 型飞机为双发单通道支线客机，原计划分为基本型和远程型两种。最初，这款飞机被命名为 RRJ(Russian Regional Jet)，2006 年，苏霍伊民机公司与意大利 Alenia 公司联合成立了超级喷气国际公司 (Superjet International)，Alenia 公司控制了合资公司 51% 的股份，并将项目名称从最初的 RRJ-95 更名为 SSJ-100 (Sukhoi Super Jet)。

作为苏联解体后俄罗斯制造的第一款民用客机，俄罗斯希望该型号飞机不

仅能够占领国内市场，更可以跻身国际市场。其认为，在俄罗斯国内，SSJ-100 能够取代已经过时的图 -134、图 -154 等系列飞机。在国际上，俄罗斯同样希望 SSJ-100 能够打入由波音和空客占据主导地位的市场。

为了实现这个目标，俄罗斯做了许多新的尝试，其中最大的一个亮点就是其第一次在民机项目中与全球供应商开展了广泛而又深入的合作。俄罗斯甚至不惜“放下身段”学习西方国家在研制面向全球市场的高科技产品的复杂项目管理经验。

在 SSJ-100 项目的研制中，俄罗斯引入了国际通行的风险合作机制，当时共有超过 30 家系统及配件供应商应邀参加该项目研发。而 SSJ-100 飞机所采用的 SaM-146 发动机则是俄罗斯土星公司和法国赛峰集团合作研制的。如此规模的联合制造在俄罗斯飞机制造业中尚属首次。在生产过程中，俄罗斯依照西方模式和市场规则建立起了全新的管理和技术架构。苏霍伊民用飞机公司全面负责产品的整个“生命周期”，即设计、开发、推广和销售、认证、制造以及售后服务。此外，由于苏霍伊民用飞机公司为股份制企业，因此公司不仅可以获得贷款，还能够与合作伙伴组成生产联盟。

作为 SSJ-100 项目的全方位合作伙伴，意大利 Alenia 公司为 SSJ-100 申请

在 SSJ-100 项目的研制中，俄罗斯引入了国际通行的风险合作机制，当时共有超过 30 家系统及配件供应商应邀参加该项目研发。

EASA 适航证提供了强大的技术支持。2004 年 7 月，在意大利 Alenia 公司适航技术部门的支持下，俄罗斯向 EASA 提出 SSJ-100 飞机的审定申请。2012 年 2 月 3 日 EASA 向 SSJ-100 飞机颁发了型号合格证，表明 SSJ-100 符合 EASA 的适航和环境要求，这一结果标志着俄罗斯民机首次达到并通过了 EASA CS-25 的审定。更重要的是，它标志着俄罗斯民机产业结束了游离于欧美主流标准之外的历史。

市场导入之难

对于一款商用飞机来说，能否顺利度过市场导入期是决定项目成败的关键。为此，俄罗斯也曾围绕飞机金融、客户服务等进行过一系列尝试。

在建立全球支持与维修网络方面，俄罗斯曾希望依靠其特定的合作伙伴外包支持服务。但这种外包的方法并不会扩展到所有的支援活动中，一些核心的或战略性的业务依然保留在公司的内部。

当时，超级喷气国际公司选定了其 MRO 网络的主要成员，并与数十家公司签署了谅解备忘录。这些协议的签署，使超级喷气国际公司能够完全满足欧洲及俄罗斯的客户需求，同时还可以服务于北美和中美洲的客户。该公司在亚洲也选定了几家大型 MRO 供应商，而且很快还会选定南美的 MRO 供应商。

通过选择合作伙伴和外包服务，超级喷气国际公司在较短的时间内从零开始建立起了一个遍布全球的网络，避免了建立自有后勤中心和库房的前期投资。当然，超级喷气国际公司也放弃了一些潜在收益。毕竟对于主制造商而言，售后支持是其重要的收入来源之一，但是对于一个新进入这个行业的制造商而言，短期内一般难以实现这个目标。

同时，超级喷气国际公司还选择了汉莎技术公司作为其零部件管理合作伙伴。利用汉莎技术公司在法兰克福的全自动新库房，提供零备件库存管理和零部件的分销，确保快速准确地将零部件交付至各地。此外，超级喷气机公司希望提供一些特殊的支持服务包，如维修工程和管理服务、构型控制、服务通告管理和零备件管理等，以吸引一些小型航空公司。超级喷气国际公司和具有其维修资质的 MRO 合作伙伴还可以管理本地航空公司的 SSJ-100 零备件库存，提供零备件交换服务。

超级喷气机公司还对标波音、空客等主流飞机制造商，推出了“全面超级维护计划 (Total Supercare Plan)”，它包括了对飞机起落架、辅助动力装置等可修理项目的全面支持。该服务包是按照循环数或者飞行小时数付费，以固定的价格为客户提供服务并确保飞机的可用率。

但此后无论是在规模化运营、市场化开拓还是国产化率的提升方面，SSJ-100 飞机项目都遇到了很多问题，这其中不仅有国际形势变化造成的外因，也有其产品本身所导致的内因。

尽管俄罗斯政府先后出台了多项政策鼓励国内航空公司采购 SSJ-100 飞机，但如上文所说，坠机事件严重打击了公众对于这款飞机安全性的信心。此外，SSJ-100 被业界所诟病的超重、发动机停场时间过长等都令 SSJ-100 飞机难以打开市场。

在海外市场的运营方面，保障能力不足显得尤为明显。2017 年，由于苏霍伊不断对合资公司注资导致阿莱尼亚航宇在合资公司中的股份缩减至 10%，最终阿莱尼亚航宇宣布退出合资公司。早前为了向欧洲航空公司提供及时的售后服务，俄罗斯斥巨资建立了服务中心和备件仓库，但如今随着欧洲客户纷纷“弃用”SSJ-100，使得这些售后服务中心几乎处于闲置状

态。没有销售也就没有服务的发展，这就导致了一个恶性循环。最终，2019年8月，SSJ-100最后一家国外运营商墨西哥 Interjet 航空也宣布停止运营 SSJ-100。

2023年2月28日，俄罗斯和意大利的合资企业 SuperJet International (SJI) 公司发布官方声明宣布，俄罗斯联合航空制造集团 (UAC) 已与阿联酋资本投资公司 Mark AB Capital Investments (Mark AB) 签署协议，UAC 将把自身持有的 SJI 全部 49% 股份出售给 Mark AB。在获得相关机构审批后，UAC 将退出 SSJ-100 项目，结束对该项目的参与。

重回国产化之路

2018年，伊尔库特公司开始着手实施 SSJ-100 的进口替代项目——SSJ-New 项目。该项目最初投入 1200 亿~1300 亿卢布，其中很大一部分将用于 PD-8 发动机的研制。根据计划，俄罗斯将用这款国产发动机替代 SSJ-100 所使用的 SaM146 发动机。根据最初的计划，SSJ-New 会在 2023 年投入市场，但事实上，这一全国产替代机型的研制并不顺利。

2023年8月，SSJ-100 的生产商伊尔库特公司正式更名为雅科夫列夫公司，同时全国产化的 SSJ-100 也正式更名为 SJ-100。8月29日，机载系统实现全国产化的 SJ-100 完成首飞。根据俄罗斯工业和贸易部的公开信息，共计有约 40 个系统和组件为 100% 俄罗斯本土生产。其中包括航空电子设备、起落架、辅助动力装置、综合控制系统、空调系统、供电系统、消防系统等。俄罗斯国产的 TCAS 系统也将装配在首批 SJ-100 飞机上。

但配套 SJ-100 项目的国产发动机 PD-14 的研制目前遇到了一些问题。2023年8月首飞时，那架 SJ-100 使用的仍然

综观 SSJ-100 项目十多年来的发展之路，我们不难发现，对于商用飞机项目来说，要取得成功需要的不仅仅是技术，更需要理念、知识，甚至对整个研发体系和客户服务体系的重新打造。

是土星公司与法国斯奈克玛公司联合研制的 SaM-146 发动机。2023年12月，PD-8 发动机在测试中发现了一些问题，因此需要完成补充试验，从而确保产品的安全性。这也使得 SJ-100 原来的交付时间不得不推迟。根据俄罗斯政府最新发布的《2030 年俄罗斯联邦航空运输业发展综合规划》，全国产的 SSJ-New 支线飞机的取证和首架交付时间从 2023 年年底推迟至 2025 年或 2026 年 2 月。

作为曾被俄罗斯寄予厚望的项目，SSJ-100 从立项至今刚好 20 年，而今走到了出售项目、处置海外资产的地步。综观 SSJ-100 项目十多年来的发展之路，我们不难发现，对于商用飞机项目来说，要取得成功需要的不仅仅是技术，更需要理念、知识，甚至对整个研发体系和客户服务体系的重新打造。中国航空工业体系脱胎于俄罗斯的航空工业体系，尽管在商用飞机的研制上，经过 10 多年的探索，我们已经逐步摸索出了一条发展之路，但俄罗斯在商用飞机产业的发展中所遇到的问题对于我国来说，依然是一个生动的案例，值得我们从中吸取经验和教训。■

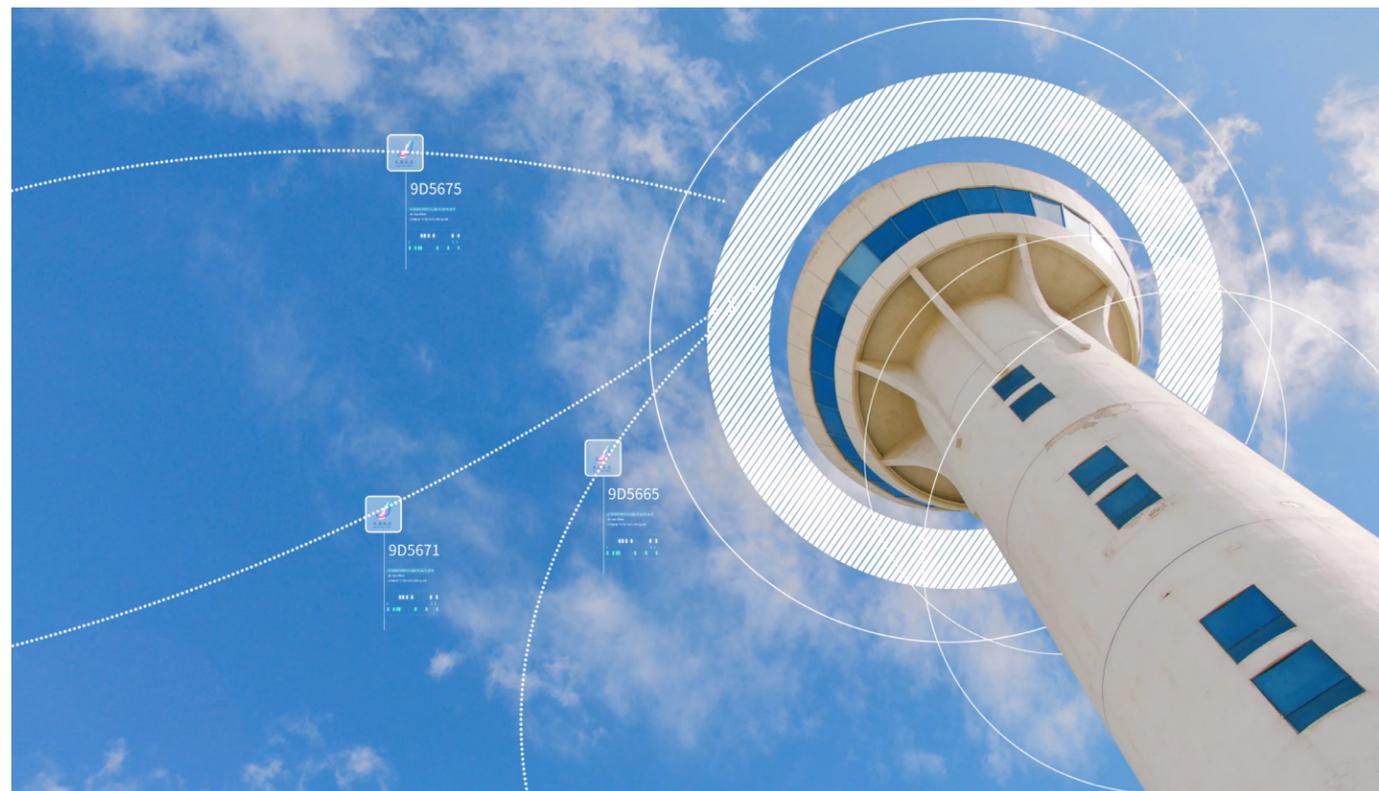
为大草原打造蓝天上的 公交网和产业链

——天骄航空开航五周年记

文 | 欧阳亮

7月中旬，随着梅雨的结束，上海持续升温。已经放暑假的张老师带着儿子去内蒙古体验“风吹草低见牛羊”的大草原风光，顺便避暑，但他回来后却直言，大草原震撼是震撼，但还有更震撼的。原来他乘坐天骄航空的 ARJ21 飞机从呼和浩特经停通辽到海拉尔，全程 4 个小时，本来已作好听孩子抱怨“无聊”的准备，没想到孩子一路都在用飞机上的局域网观看介绍内蒙古风光的视频，或者是给家里的小伙伴选择各种伴手礼，非但没吵闹，而且还帮他免掉了背着大包小包在各个城市间奔波的辛苦。“我之前看到过新闻说国产飞机好，但没想到航空公司把咱们国产民机运营得这么好。”张老师感叹道。

图 | 天骄航空



在采访中，记者发现，天骄航空是一家内蒙古的本土航空公司，又不仅仅是一家航空公司，她不仅有改善内蒙古自治区交通运输条件的职责，还肩负着为自治区引进航空运输上下游产业链，以及探索本土航司与国产民机应用场景的使命。天骄航空财务总监刘国志在听《大飞机》杂志记者讲了张老师的故事后，向记者解释道：“我们从公司成立那天起就启动了向产业链两端的延伸，这位老师体验到的正是向下游延伸的部分服务。”

平滑淡旺季运力曲线的关键力量

内蒙古自治区是我国最适合发展支线航空的省区之一。她东西长 2400 多公里，南北最大跨度 1700 多公里，总面积达 118.3 万平方公里，占全国领土面积的约 1/8。拥有如此广大的面积，但内蒙古自治区的常住人口只有 2400 万。这就决定了内蒙古自治区修建高铁等地面交通不太经济，航空在区内区外的交通中占有非常重要的地位。



目前，内蒙古自治区民航机场数量居全国第二位，12 个盟市有 16 座运输机场和 3 座通勤机场，但由于内蒙古大部分地区处于“胡焕庸曲线”以西，地域辽阔、人居分散，旅游淡旺季明显，在旅游旺季时，各航司“扎堆儿”涌来，淡季却陷入无机可飞的窘境。多年来，为了稳定区内运力，自治区采用运力购买的方式引进航线，但是这种建立在高额航线补贴资金基础上的航线网络并不稳定。“为了让各盟市开得起航线，开得起好航线，降低补贴调节票价，平滑淡旺季自治区运力的落差，让自治区百姓飞得起、飞得稳，同时掌握时刻主动权，自治区决定成立自己的航空公司。”刘国志告诉记者。

2018 年 3 月，民航局在充分考虑内蒙古特殊地理环境与经济社会高质量发展实际需求的基础上，批准天骄航空筹建。记者了解到，到目前为止，天骄航空是民航局 10 年来唯一批准筹建的客运航空公司，这份沉甸甸的资质来之不易，对内蒙古民航发展的意义非凡。

2019 年 7 月 26 日，天骄航空的

ARJ21 飞机由呼和浩特白塔国际机场起飞，并顺利抵达乌兰浩特机场，成功实现首航。

“尽管首航后半年就遭遇了连续三年的新冠肺炎疫情，给公司造成很大的困难，但在公司党委的领导下，公司仍然取得了很好的成绩。目前，公司运营 6 架 ARJ21 飞机，累计开通了 24 条航线，安全飞行近 20000 小时，安全载客 75 万余人次，而且很多条航线都为独飞航线或者首次开通的航线，为内蒙古自治区交通运输条件的改善作出了天骄的贡献。”刘国志表示。

自治区重大战略的保障员

天骄航空作为内蒙古地区的首家本土航空公司，深耕内蒙古支线市场，与此同时，最大限度地为民航与内蒙古产业、地方特色结合起来。

天骄航空联合自治区内政企单位推出 6 架冠名飞机，分别命名为“伊利号”“内蒙古银行号”“兴安号”“鄂尔多斯号”“内蒙古农信号”和“十四冬号”。对企业和地区来说，就是给了他们一张流动的空中名片，对于提升企业或地区的知名度和影响力有着极大的推动作用。

其中，“十四冬号”的命名稍显特别。所谓“十四冬”，是中华人民共和国第十四届冬季运动会的简称，天骄航空作为“十四冬”的战略合作伙伴，与“十四冬”联合推出“十四冬号”冠名飞机，不仅广泛宣传“十四冬”，还有一个重大的使命，就是要全力保障“十四冬”的顺利进行，完成天骄航空作为重大战略保障者的任务。

“十四冬”比赛期间，由于冰球、花样滑冰等多个赛事在海拉尔赛区与扎兰屯赛区开赛，为了便利运动员、裁判员及广大观众在两个赛区间往返，天骄航空特别为大赛新开了海拉尔=扎兰屯=呼和浩特的保障航线。“海拉尔到扎兰屯的航班



时刻必须配合赛事的安排，天骄航空在这种关键时候能顶得上、保障好，是我们作为自治区本土航空公司应尽的责任。”刘国志表示。

引入民航相关产业的桥梁纽带

天骄航空是第二家运营 ARJ21 飞机的航空公司，也是全国首家运营全国产喷气客机机队的航空公司。成立天骄航空，不仅仅可以补足内蒙古民航的运输能力，更是内蒙古引入民航相关产业的桥梁纽带。因此，天骄航空在成立之初即已将目光投向了产业链的两端。2018 年 10 月，民航局批准天骄航空筹建才半年，内蒙古自治区就与 ARJ21 飞机的主制造商中国商飞签署了战略合作框架协议，以天骄航空运行国产民机为纽带，共建国产民机培训中心、大飞机学院等国产民机产业项目。2019 年，鄂尔多斯应用技术学院大飞机学院正式成立并对外招生。如今，已有毕业生投身于民航建设。

2024 年 7 月，内蒙古自治区首个拥有 ARJ21 飞机 D 级飞行模拟机的航空培训中心——天骄航空培训中心正式启用。同



时，国产民机维修中心的机库也已建成，即将开展维修能力建设。根据内蒙古自治区与中国商飞的合作意向，未来双方还将进一步推动国产民机试飞中心等项目的落地。事实上，在研制过程中，国产民机大量的试飞试验就是在内蒙古进行的，比如高寒试验。“十四冬”期间，天骄航空把“十四冬号”放在海拉尔过夜，经受住了最低零下40度的酷寒考验，因为ARJ21飞机的高寒试验就是在海拉尔做的，对零下40度已经很熟悉了。

“民航保障能力建设，硬件也好，人才培养也好，对于一个地区的民航发展后劲来说是至关重要的。”刘国志表示：“有了坚实的民航保障力量做后盾，无论是天骄航空还是内蒙古民航事业，都将会更加壮大。”

以民航之力带动地方经济发展的探索者

“民航产业的发展与带动，乘客或本地民众一般感受不到，面对大众，天骄航空在完善航线网络，为旅客提供更加便捷、舒适的民航出行体验的同时，提出了‘以航促旅’‘以航助农’的内蒙古支线航空创新融合发展模式，探索在为乘客提供更

好服务的同时，如何更好地为自治区的经济发展助力。”

内蒙古是旅游大省，传唱千年“风吹草低见牛羊”的草原风光、弯弓射雕的豪迈气派、幽深的森林、广袤的沙漠，以及嫩滑多汁的手把肉、热气腾腾的奶茶，无不散发出叫人难以拒绝的吸引力。2024年五一期间，内蒙古接待的国内游客达1502万人次，是2023年的1.36倍。

“外地游客到内蒙古来，都希望有一个靠谱的旅游攻略推介，让这趟旅程既丰富，又不踩坑。”刘国志告诉记者，天骄航空在微信视频号和抖音号推出了“天骄旅人”系列视频，让空勤人员化身“天骄文旅推介官”，向游客推介内蒙古各地最靠谱的美食美景。在飞机上，天骄航空正在建设“数字客舱”，让装备了机上WIFI的天骄航空客舱，成为内蒙古文旅的“空中会客厅”。乘客接入“数字客舱”的局域网后，能点击观看“文旅推介”系列视频，也能打开机上商城和微信商城购买内蒙古特产。

“内蒙古的牛奶、羊肉、牛肉、羊绒产量都是全国第一，我们与通航地政府深入合作，向乘客推介质优价廉的好产品，既服务乘客，也是天骄航空‘扎根内蒙古，服务内蒙古’的初衷。”刘国志表示。■

成都跑出航空枢纽建设加速度

文 | 张晋

2021年6月28日，随着川航飞往北京首都机场的3U8001航班腾空而起，我国“十三五”期间规划建设最大民用航空运输枢纽机场——成都天府国际机场正式启用，成都也成为了继北京、上海之后，中国大陆第三个拥有两座国际机场的城市。三年来四川积极探索双流机场、天府机场“两场一体”的运营模式，并加速构建11小时亚欧空中货运走廊、5小时亚太空中货运圈的“一廊一圈”，加快建设国际门户枢纽城市。

图 | www.bilibili.com



与此同时，在低空经济发展浪潮的席卷之下，2024年6月28日，位于成都双流国际机场的成都公务机基地（FBO）正式投入使用。得益于成都的区位优势、144小时过境免签政策等支持，四川省致力于将成都FBO打造成为国内首个实现“互联互通、辐射全球”的公务机国际中转枢纽，成为我国西南地区高原机场的重要接驳中心。

两场一体 客货并举

《国家综合立体交通网规划纲要》明确提出要将京津冀、长三角、粤港澳大湾区和成渝地区双城经济圈4个地区作为“航空第四极”进行打造，而成渝机场群则是推动成渝地区双城经济圈建设的重要支撑力。定位为“世界级机场群”的成渝机场群，也成为了推动我国综合立体交通协同发展和国内国际交通衔接转换的关键平台之一。

过去由于受限于双流机场时刻资源紧张，成都民航客运流量一直保持在全国第四位，相比之下货运流量要次之，保持在全国第六位左右，而自2021年天府机场投用后，在“两场一体”的新格局下，成都“两场两港”枢纽优势正逐渐凸显。

2022年，天府国际机场旅客吞吐量超过1000万人次，正式迈入千万级机场圈；2023年天府国际机场旅客吞吐量首次突破4000万人次。这一年，成都国际航空枢纽年吞吐量也创历史新高，突破7000万人次，成为我国内地第4个航空旅客量突破7000万人次的城市。逐年攀升的客运量背后是越来越通达的航线网络布局。根据四川机场集团的数据显示，截至2023年10月底，成都双流国际机场累计开通客运航线376条，成都天府国际机场累计开通客运航线345条。

在航空货运方面，成都国际航空枢纽也积极融入和服务构建新发展格局，通过空中货运快速连接亚洲、欧洲的主要经济区域，形成高效、便捷的国际贸易通道。2023年，成都国际航空枢纽货邮吞吐量达77万吨，在全国城市中排名第六。截至2024年5月，成都双流机场已有全货机航线30条，天府国际机场复航48条国际客运航线、开通11条全货机航线，基本形成了11小时亚欧空中货运走廊和5小时亚太空中货运圈。

此外，如今供应链建设已上升为国家战略，也是未来发展的重点方向，双机场运行也为供应链枢纽城市建设注入新的动能和活力。在引入高端制造业方面，2024年6月，空客成都飞机全生命周期服务有限公司获得商务部等部委批准，可在海关特殊监管区域外，以保税监管方式开展全球航空维修业务。这也意味着四川省首个海关特殊监管区域外保税维修业务试点正式落地成都双流。双流通过引入空客，发挥其“链主”的引领带动作用，正积极培育百亿级航空维修产业集群。同时立足4F级枢纽机场战略资源，双流区在5.26平方公里重点片区基础上，统筹环机场周边3公里区域，规划建设31.92平方公里的环港经济区。在二跑道西侧区域，双流区还将依托空客、中国商飞、民航审定中心等链主和功能平台，大力打造航空智能制造区，相关配套产业将迎来更多的发展机遇。

“公务航空+低空经济”的创新模式

FBO是公务航空运行保障体系的重要组成部分，英文全称为Fixed Base Operator，即固定运营基地，主要为公务机起降提供保障服务。我国首个FBO位于首都国际机场，并在2008年北京奥运

会前夕正式投入使用。此次投入使用的成都FBO位于成都双流国际机场，占地5500平方米，配套20多个专用机位，提供7×24小时管家服务，可承接境内外公务机地面服务保障业务。包括为公务机运行提供停机服务、飞机及乘客地面保障服务、加油服务、机组航务及签派服务、飞机航线维护及维修定检服务等。此外，未来成都FBO还将具备大型会议接待、商业包机服务、静态展示、医疗救援等综合保障能力。

特别值得一提的是，作为区域公务航空枢纽和低空经济发展的重要载体，成都FBO运营公司的华汇公务航空公司有意通过“公务航空+低空经济”的新模式为西南地区在低空经济领域实现进一步突破进行积极探索。通过优化机场接驳和空中出行等服务，打造西南地区城市空中交通的示范点，开辟航空智慧出行新路径。

低空经济作为全球竞逐的战略性新兴产业，得益于数字技术、5G通信、数字孪生等新兴技术的蓬勃发展，低空经济在世界范围内正迸发出巨大的潜能和强大的动能。根据相关数据统计，2023年我国低空经济规模超5000亿元，到2030年有望达到2万亿。低空经济这一以各类低空飞行活动为核心，带动航空旅游、支线客运、通航服务等众多行业融合发展的经济

FBO是公务航空运行保障体系的重要组成部分，英文全称为Fixed Base Operator，即固定运营基地，主要为公务机起降提供保障服务。

形态，当前正迎来前所未有的发展机遇。国家层面政策的持续大力支持更是为低空经济的发展拓展了更加广阔的应用场景。目前市场主流公务机均为喷气式飞机，在机场与机场之间执行飞行任务，对机场和跑道都有一定的要求。而以电动垂直起降航空器（eVTOL）为代表的低空飞行器因其低起降要求、零排放、高性能和安全性，与喷气公务机形成互补，能够为客户提供高品质“门到门”出行方案，有助于进一步凸显公务机“时间机器”的价值。

为此，成都FBO的运营商华汇公务航空公司提前布局，与沃飞长空等国内企业计划在成都FBO率先开创“公务航空+低空经济”的创新模式，这种创新的服务模式如果能够获得成功，将不仅为公务机用户提供更加便捷、高品质的服务体验，还将为西南地区乃至全国的城市交通注入新的活力。

可探索的支线飞机运营

“蜀道难，难于上青天”，是过去人们对于西部地区交通状况最直观的描述。如今随着成都进入两场时代，不仅有利于推动国际航空枢纽的建设，另一个值得关注的点则是两场运营会对国内支线航空的发展带来怎样的促进作用。

《成都国际航空枢纽战略规划》对成都双流国际机场未来的运营进行了明确的定位，即主要运营国内商务航线、旅游航线、高原航线、港澳台地区航线，保障公务航空业务和国际备降航班，实现“快线化、精品”运行。”这其中，四川境内很多旅游航线和高原航线等都是非常适合利用支线飞机进行运营的支线航线。而以成都为中心，辐射西南地区，丰富的旅游资源又可以为支线航空提供巨大的市场。

成都是西南地区重要的航空枢纽，



西南地区本身支线机场数量较多，约占全国支线机场数量的近三分之一，对于国内航空公司来说，未来随着成都两场定位的进一步明确以及航班逐步完成过度，应该借此机会积极布局西南地区支线航空的发展。尤其是在后疫情时代，国内市场对于航空公司的恢复将起到至关重要的作用。如果航空公司能够借助双流国际机场将旅客从成都带到全省，并继续从省内的景点分散到西南地区，将是一个不错的选择。

对此，业内已有专家指出，四川政府可以借鉴“黑龙江模式”在成都“一市两场”的发展过程中同步推动省内支线航空的发展。黑龙江省政府曾通过采用“政府购买航空运力”方式，批量引进航空公司的飞机执飞省内支线航线，开通了大量省会哈尔滨至省内支线机场的航线。“黑龙江模式”以哈尔滨机场为枢纽，还开通了一些支线机场间的航线，把原有的“经哈飞”

（以哈尔滨机场为区域枢纽，支线旅客经过哈尔滨中转至国内其他城市）拓展成为“绕哈飞”（在省内支线机场间串飞，满足游客省内环形旅游）航空旅游产品。“支线通支线，支线连干线，干线通全国”的航线布局，极大丰富了黑龙江省航空旅行

产品。2024年7月16日，成都航空新开通哈尔滨—黑河—漠河航线，这是黑龙江省内首条支线机场旅游景区串飞航线。该航线由成都航空 ARJ21 飞机执飞，这一航线开通后将极大缩短游客在哈尔滨、黑河、漠河等主要景点之间的通行时间。其中，黑河到漠河之间所花费的时间从过去的近9小时车程缩短到1小时的航程。

尤为值得一提的是，作为成都本土的航空公司，成都航空还是目前 ARJ21 支线飞机最大的运营商。公司近两年来也在结合成都“两场一体”的新格局特点和优势，用其机队中的 ARJ21 支线飞机逐步开通西南、西北区域及 1500 公里范围内支线机场航线。此外，近年来成都航空在高原航线的开通上也有所突破。2024年7月2日，成都航空 ARJ21 飞机开通喀什—塔什库尔干航线，这也是国产客机开通的首条高原航线。有鉴于四川境内很多旅游航线和高原航线等可以尝试用支线飞机运营，如果能够进一步探索利用“一市两场”的优势开拓更大的市场，对于国产支线飞机进一步开拓市场空间也是十分有益的。■

国际 SAF 可持续认证体系在中国的应用

文 | 张淑平

随着全球变暖的日益加剧，航空业负碳增长和绿色发展的需求越来越紧迫。中国想要实现双碳目标和民航业绿色高质量发展，就要不断加快可持续燃料的研发，其中也包括燃料的可持续性认证工作。本文对国际和中国国内可持续认证的基础（包括指标体系、全生命周期温室气体计算方法、可持续燃料减排阈值）现状进行了总结，并指出了国际当前可持续认证体系在中国国内应用中存在的问题。

建立 SAF 可持续认证体系的必要性

随着全球气候变化加剧、极端气候灾难频发、能源危机出现，可持续能源使用和碳减排成为了人类面临的众多挑战。国际民航组织（ICAO）制定的国际航空碳抵消和减排计划（CORSIA）强制要求其成员国从 2027 ~ 2035 年承担碳抵消责任。中国作为成员国主动承担碳减排的人类责任，明确提出 2030 年“碳达峰”与 2060 年“碳中和”的双碳目标。《“十四五”民用航空发展规划》提出中国民航到 2025 年将实现绿色转型。中国航空运输碳排放量达到每年 1 亿吨左右，约占全球航空业总排放量的 14%。目前，中国民航运输业中碳排放量主体为航空公司用油，其年均碳排放量约占全行业碳排放总量的 94%，是中国民航碳减排的主攻方向。

可持续航空燃料（SAF）是民航运输行业在基于电动、混合电动和氢气等低碳密集型推进系统成熟应用之前，实现脱碳目标的中期关键措施。SAF 全生命周期的温室气体排放量比传统燃料低，根据国际航空运输协会的计算结果，可持续航空燃料的减排潜力约在 2% ~ 80% 之间。此外，与电能、氢能等其他绿色航空新能源相比，可持续航空燃料具有原料多样、能量密度高、制备方式灵活、与现有航空动力系统兼容度高等优势，SAF 可直接加注在当前所使用的飞行器中，无需对飞机进行任何结构改造。

自 2011 年以来，全球已有 70.7 万个航班使用替代生物质作为燃料。预计到 2030 年，全球可生产的可持续航空燃料可达 300 万至 1300 万吨，温室气体排放量可减少 800 万至 3500 万吨二氧化碳当量。要在 2050 年实现航空业减排 50% 的温室气体减排目标，可能需要 1.4 亿吨到 1.9 亿吨可持续航空燃料，相当于在 2030 年至 2050 年期间年均 SAF 生产和使用量增长

14% ~ 18%。同时随着技术创新、政策支持 and 市场需求扩大，可持续航空燃料有望成为航空业转型升级的重要驱动力。因此不断加快 SAF 研发和使用，以及 SAF 使用中的配套标准建设是实现航空业可持续发展的重点方向。

SAF 当下作为最经济可行的中国航空减排路径，其发展主要面临研发、适航审定、试飞应用、可持续认证等几大任务，如果缺少可持续认证，生产出来的“非化石基航煤”即使具备减排效果，也不能被认定为“SAF”，并在 ICAO CORSIA 碳抵消机制下履约。因此，建立 SAF 可持续认证体系是中国推广民航可持续燃料和实现双碳目标的前提。SAF 可持续认证是评估航空可持续燃料对环境、社会、经济等可持续性方面的影响，同时对航空可持续燃料的全生命周期排放量进行测算，并证明“非化石基航煤”符合《ICAO CORSIA 合格燃料的可持续性标准 (CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuels)》在可持续性和温室气体排放标准方面的要求。

SAF 可持续认证是评估航空可持续燃料对环境、社会、经济等可持续性方面的影响，同时对航空可持续燃料的全生命周期排放量进行测算，并证明“非化石基航煤”符合《ICAO CORSIA 合格燃料的可持续性标准 (CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA Eligible Fuels)》在可持续性和温室气体排放标准方面的要求。

方面的要求。

目前国际上已经有一些认证体系采用了 ICAO 认可的模型计算 SAF 全生命周期温室气体排放值，计算方法也符合航空燃料可持续性标准，然而在中国市场的实际应用中又存在各种具体问题，例如认证费用高昂、数据安全无法保障、缺乏符合中国土地管理方式的计算参数、人权标准不适合中国国情等。SAF 可持续性认证需要考虑地方实际，如果盲目采用欧盟和北美的发展基础作为评价标准，对中国推广 SAF 应用非常不利。截至目前，中国在绿色、低碳认证等方面已经做了大量工作。在指标体系方面，由工信部牵头开展的绿色设计产品评价和市场监管总局负责的绿色产品评价的指标体系与 ISCC 认证体系基本一致。在温室气体排放计算方法方面，中国的 LCA 模型和数据库均已达到国际先进水平。只是针对中国生物质燃料全生命周期温室气体排放量核算过程中的一些参数默认值仍需完善。从当前形势来看，在中国制定能与国际接轨的可持续认证体系势在必行且时间紧迫。

中国 SAF 市场分析

总体来看，中国的 SAF 市场虽然整体上处于初级阶段，但其生产、销售、使用和监管的产业链已基本完备。与传统航油相比，中国 SAF 原料可获得性更高，生产商和销售商也更加多元化，供应方的产能潜力也更大。此外，基于广阔的航空市场空间，随着航空业碳减排的推进，未来潜在政策引导和支持下，中国 SAF 供需两侧均有快速增长的潜力。然而，要真正实现这一市场的全面爆发，还需要解决诸如生产成本、技术成熟度、基础设施配套以及可持续性认证等关键问题。

从需求端来看，由于中国航空运输

市场业务规模的不断提升，航空油料市场需求旺盛，2019 年中国航油消费量为 3684 万吨，随着市场的逐步回暖，航油需求量会持续上升。预计 2025 年，航油需求量约为 4120 万吨，乘客周转量和货物运输量分别达到 7.7 亿人次和 800 万吨。如果 205 万吨 / 年的 SAF 潜在产能可提供 185 万吨产品供应市场，2025 年 SAF 供应量将可达航油消费总量的 4.5%。到 2035 年，我国预计将产生 4500 万吨的 SAF 增量需求。

从生产端来看，近几年，中国生产生物柴油供应市场进入快速发展期。2025 年中国 SAF 的规划消费量预计将达到 2 万吨。目前，中国 SAF 和生物柴油市场中有中国石化镇海炼化、北京海新能、中地油新能源、龙岩卓越新能源等多家较活跃的企业，以上公司均已进行了小规模 SAF 试产。

从应用端看，航空公司为降低运营成本和碳排放，积极寻求使用 SAF 替代传统燃料。国航、东航和海航在 2011 ~ 2017 年间进行了五轮次 SAF 相关飞行活动，并探索在定期航班稳定开展 SAF 加注。2016 年至今，香港国泰航空累计适用超过 200 吨，并于 2022 年开展“可持续航空燃油计划”，预计 2025 年达到 2% 的 SAF 使用目标。2023 年 4 月四川航空接收了一架加注了可持续航空燃料的 320NEO 飞机，并执行了从天津到成都的飞行任务。随着中国政府在推动航空碳减排方面的态度逐渐明确，民航绿色专项规划提出 2025 年全行业 SAF 的消费量将达到 2 万吨、十四五期间的累计消费量达 5 万吨的发展目标。

国际 SAF 可持续认证类型

现有的可持续性验证方法根据强制程度大致分为政策法规、认证和标准三类。

从覆盖行业以及地域来看，相比法规

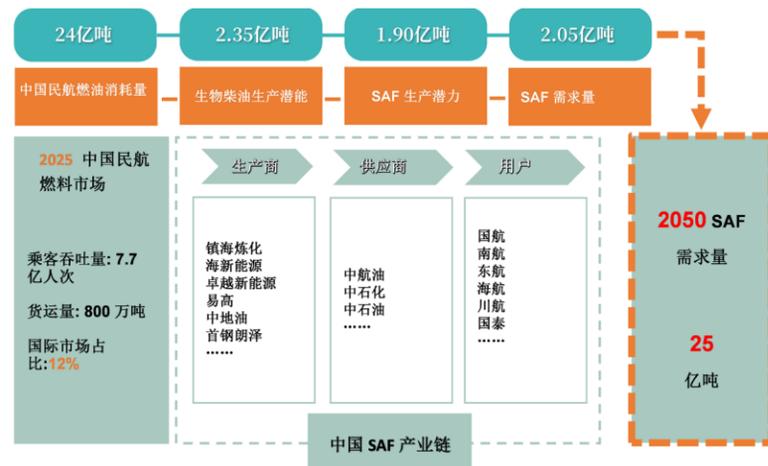


图 1 | 2025 年中国 SAF 产业链与产业需求情况

和标准，认证种类更多样，选择的成员国和行业企业更多。尤其在政府管理力量薄弱的国家，认证是其影响国际供应关系实现可持续发展的主要方式。目前 ICAO 已认可且覆盖范围较广的认证体系有可持续生物燃料圆桌会议 (RSB) 认证体系、国际可持续碳认证 ISCC 认证体系。RSB 是由瑞士洛桑联邦理工大学能源中心协调发起的国际行动，依照温室气体排放、粮食安全、环境保护等 12 条生物燃料可持续发展的基本原则对申请人进行认证。ISCC 认证体系是基于欧盟可再生能源指令开发，主要关注土地保护、经济和社会可持续性，表明生物质和生物燃料产品来源于可持续的原料和生产方式。认证类型十分多样，还有针对特定原料的认证，如 RSPO (Roundtable of Sustainable Palm Oil) 棕榈油可持续发展圆桌会议和 Bonsucro 欧盟生产标准 (蔗糖体系认证) 等；针对类型的森林管理委员会 (Forest Stewardship Council, FSC) 的认证；针对特定区域法规的 RSB EU RED 认证标准。

与航空可持续燃料相关的可持续性政策法规有：2010 年美国环保署颁布的《可再生燃料标准》(Renewable Fuel Standard II, RFS II)、2009 年欧盟委员

会颁布的《可再生能源指令》(Renewable Energy Directive, RED)。政策法规具有法律效力,不仅对交通、发电、供热和制冷的生物液体燃料的强制掺混目标进行了强制性规划,同时对燃料的温室气体排放等重要可持续指标提出了门槛阈值。然而,RED 对不同范围、不同严格程度、不同利益相关者有不同的参与标准要求,这有可能会降低 RED 的执行门槛,导致拉丁美洲和加勒比地区的可持续性关键问题(如社会和经济问题)仍得不到解决。中国尚未在“可持续发展”的具体监管框架下发布政策和法规。然而需要强调的是在 2016 年 ICAO 第 39 届大会上包括中国在内的 191 个成员国和国际组织会员共同通过了国际

航空碳抵消和减排计划(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA),该计划以政治决议形式明确了全球民航业减排目标及保障措施。从时间要求上来看,2024~2026 年所有成员可自愿加入该计划,2027~2035 年所有成员将强制承担其碳抵消责任。运营商必须提交每个阶段报告以证明自身符合 CORSIA 的抵消要求和已经购买了足额的碳信用以抵消过去阶段增长的排放量。这些政策法规的碳排放主要有两个要求,一个是要求与化石喷气燃料相比,可持续喷气燃料全生命周期内的净温室气体排放量须至少减少 10%;另一个是可持续燃料不应使用从碳储量较高的土地获取的生物质来生产。

标准主要为共识标准,此类标准涉及面最广,不设定指标阈值,不具有法律约束,仅对各国的生物质能可持续生产、使用和贸易提供参考性的标准建议。标准是国际生物燃料市场可持续性治理的主要模式。2011 年全球生物能源伙伴关系制定的《生物质能可持续指标》(Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy, GBEP-SIB)在不影响各个国家决策权的前提下设计包含了 24 个指标来尽可能保障可持续能源发展。2015 年国际标准化组织通过的《ISO 13065: 生物质能可持续性标准》可广泛用于企业、采购商和政府之间沟通和不同生产工艺的可持续指标对比,但是它的判断标准有一些过时导致现在采纳率低。而中国目前仍缺乏与国际互认的可持续航油温室气体排放核算方法。中国于 2018 年正式发布了《生物质能可持续性认证要求(RB/T175-2018)》(2018),这一标准是中国能源领域第一部可持续性认证标准,涵盖了环境、社会和经济 3 个维度的可持续性指标,对生物质能温室气体排放有明确

的要求。但是,目前这一标准中缺乏配套的具体生物质能温室气体排放核算方法作为支撑。

认证、法规和标准各有不同侧重,但是都非常重视温室气体、土地、水资源、空气质量等环境要素。中国民航局最新颁布的《航空替代燃料可持续性要求》(征求意见稿)根据中国实际情况,涵盖了与 ICAO 标准相同的 9 个要素(温室气体、水、大气、土壤、碳储量、废弃物、生物多样性、用水、土地使用),并根据中国经济社会发展现状增加企业经营和当地经济发展两个要素。由于温室气体排放和土地类型两项指标在国际可持续认证中要求有更为严格的数量指标和认证依据,这两个要素是当下中国可持续认证标准获得国际认可的指标难点。

已有认证体系在中国应用中存在的问题

国际已有认证体系费用高昂且存在数据安全问题。在 RSB 和 ISCC 体系下,一方面认证费用高昂,从原料收集到生产供应的每个环节,除一系列手续费外,还需按照认证的具体数量缴纳费用(每吨 0.1 欧元),意味着从原料到生产再到加注至少要缴纳三次数量费。另一方面,被认证方必须提供全部生产工艺参数及物料平衡表,其中不仅包括减排量、土地变更等技术指标,还包括人权、劳工权等政治性指标,容易导致 SAF 设计和生产中的关键数据、商业机密及行业核心关键信息泄露。最主要的是中国主管部门在 RSB 和 ISCC 认证体系下无法实施有效监管,容易丧失 SAF 发展主动权和标准制定权。

中国目前还没有完整的 SAF 认证体系,主要问题是缺乏认证主体、适合中国地域特征的 LCA 计算方法、与 SAF 全产业

链分析相匹配的数据系统、以及适合中国产业发展水平的排放阈值等。中国民用航空行业的监管体系主要依赖于政府机构及其附属研究机构的直接监督与管理。这一体系与欧盟和北美地区的做法形成鲜明对比,后者在相当程度上采用了行业协会甚至是第三方机构,以实施更多元化的引导与审查机制。政府机构又需要制定明确的认证要求和流程以后才能在中国指定认证主体。另外,LCA 虽已有成熟的国际软件和算法,但能够应用的地域差异较大。以 ISCC 认证标准为例,其认证过程对温室气体计算所涉及参数使用有详细的说明和要求,并提供了生物质的种植/生产、加工、运输和分销各节点的默认值。但默认值大多根据欧盟平均水平设置,根据目前中国生物质燃料产业链碳排放核算工作开展情况,部分环节仍无法开展实测,只能采取默认值,若采用 ISCC 相关默认值,可能与实际情况差异较大,不利于中国相关企业公平参与国际竞争。因此确定中国生物质燃料全生命周期温室气体排放核算过程中主要参数的默认值、建立健全中国 SAF 全产业链大数据跟踪系统,是完善生物质燃料可持续认证体系工作的重要内容。

中国当前发布的《航空替代燃料可持续性要求》征求意见稿温室气体排放阈值只有 10%。根据当前公布的传统燃料排放值,一些高技术企业即使不减排也可以达到减排阈值的要求,难以真正达到减少碳排放的目标和要求,当前也难以得到国际组织认可和接受。如果中国生产出 SAF 得不到可持续认证,那么前期的科研投入都将是巨大的浪费。在西方可持续性标准体系给中国带来政治风险的同时,我们应积极推动中国塑造适合自身且能得到国际互认的可持续性标准体系,促进中国可持续航空燃料的研发应用,保障产业持续健康发展。■

表 1 | SAF 可持续标准政策法规的主要要素

可持续认证指标	国际法规		国际标准		认证				
	EU RED	US RFS2	ISO 13065	GBEP	RSB	ISCC	CORSIA	RB/T 175	SRASF
温室气体	x	x	x	x	x		x	x	x
水	x		x	x	x	x		x	x
大气	x	x	x	x	x	x		x	x
生物多样性	x	x	x	x					x
土壤	x		x	x	x	x		x	x
碳储量	x						x		x
固废管理		x	x		x			x	x
土地利用	x	x	x	x	x	x		x	x
食品安全					x				x
人权			x	x	x	x			x
水利利用权利			x						x
合法性					x	x			
区域和社会发展					x			x	x
bankability			x					x	
生活质量				x					
就业				x					

全球低成本航空三巨头的进化与博弈

文 | 赵巍

百年航空的发展历程，极大地缩短了世界各地的时空距离，促进了经济全球化、文化交流和旅游业的繁荣。它让人们能够更加便捷地出行，拓展了商业活动的范围和效率，对全球的经济、文化、社会格局产生了深远的变革。而低成本航空的出现，则进一步打破了传统航空运营模式的束缚。通过优化成本结构、简化服务流程等方式，降低了机票价格，使更多人能够负担得起航空出行，从而改变了航空业的业态。这不仅刺激了航空市场的需求增长，也推动了整个行业的竞争和创新。

图 | ibtimes.co.uk



为什么资本市场看好低成本航空

全球拥有 1400 家以上的航空公司，那么资本市场看好哪些航空公司？因为航空公司的市值是未来价值的折现，航空公司的市值排名就可以看出资本市场看好哪些航空公司。

截止到目前，全球航空公司市值第一的是美国的达美公司，当前市值大约 320 亿美元。市值第二的是欧洲的低成本航空瑞安航空，当前市值 265 亿美元。市值第三的是印度的低成本航空靛蓝航空，当前市值 204 亿美元。市值第四的是美国低成本航空西南航空，当前市值 171 亿美元。

也就是说，全球众多的航空公司，包括美国的美国航空、联合航空，欧洲的三大航，汉莎航空、国际航空集团和法荷航空，中国的三大航等的市值都要落后于三大低成本航空公司西南航空、瑞安航空和靛蓝航空。

航空改变世界，低成本航空改变民航。资本市场看好低成本航空，正是因为低成本航空的商业模式，以及不断进化发展的新商业模式价值。

资本市场对低成本航空公司的看好基于其高效的运营模式、强劲的市场需求、广泛的航线网络、灵活的定价策略和出色的成本控制能力。这些因素共同促成了低成本航空在市值上的领先地位，如瑞安航空、印度靛蓝航空和美国西南航空等，它

们通过简化服务、优化运营效率和积极的市场定位，成功吸引了大量消费者，实现了盈利性增长。此外，它们的品牌影响力、全球化布局、创新能力和环境友好形象也增强了投资者的信心。低成本航空公司的适应性和创新精神，以及在政策和法规支持下的市场扩张，进一步巩固了它们在资本市场上的吸引力，展现了这一商业模式的竞争力和长期增长潜力。低成本航空已经成为推动航空业进步和民航大众化普遍服务的最主要力量。

低成本航空的演化

美国西南航空，低成本航空领域的开创者，自 1971 年运营以来，凭借其革命性的商业模式，彻底改变了航空旅行的经济性和可及性。西南航空通过单一机型策略、高效航班转场、削减非核心服务及直接售票等手段，大幅降低了运营成本，从而能持续提供低票价，吸引了大量乘客。西南航空的成功不仅体现在其惊人的连续盈利记录，更重要的是，它为全球航空业树立了一个高效、顾客为中心的典范，激励了无数后来者效仿其低成本、高效率的运营模式。截止到 2019 年，西南航空保持连续 47 年盈利记录，全球绝无仅有；2020 年西南航空在大疫情中亏损，2021 年就扭亏盈利，2022 年和 2023 年连续三年盈利，全球绝无仅有。

随着业务的扩展和行业竞争加剧，西南航空不断适应市场变化，保持其竞争优势的同时，也促进了整个航空市场的多元化和价格竞争，让更多人得以享受航空旅行的便利。它证明了，即便是低成本策略，也能与优质服务并行不悖，为旅客创造价值。此外，美国西南航空对环境可持续性的关注也是其长期发展战略的一部分，展现了其作为行业领导者的前瞻视角。

超级低成本航空（Ultra-Low-Cost Carrier, ULCC）是一种极致化的低成本航空运营模式，它在传统低成本航空的基础上进一步削减成本，提供更为低廉的票价，同时通过各种辅助服务和收费项目来增加收益。瑞安航空（Ryanair）正是这一模式的典型代表和颠覆者之一，它通过一系列创新和严格的成本控制措施，在欧洲航空市场占据了主导地位。瑞安航空的盈利能力，欧洲第一，瑞安航空的旅客运输量，欧洲第一，瑞安航空的国际旅客运输量，全球第一。

成立于1985年的瑞安航空，发展继承西南模式，作为超级低成本航空（ULCC）的典范，其颠覆性的运营策略体现在多个维度，共同塑造了其在行业内的领先地位。首先，瑞安航空巧妙选择运营成本较低的二级机场，牺牲部分地点便利性以换取显著的成本节约。其次，通过维持单一机型机队（波音737-800），公司有效简化了

维护流程，降低了培训和备件成本。再者，其优化的地面操作流程确保了飞机的快速周转，提升了整体运营效率。服务方面，瑞安航空提供基础票价，去除传统航空的诸多免费服务，转而通过付费选项增加收入，如行李费、优先登机等。此外，公司大力推广直接在线销售，减少中介费用，进一步压缩成本。瑞安航空还特别强调创造一个全员参与的成本节约文化，从上至下灌输成本意识。最后，其多元化的辅助收入来源，占总收入的相当比例，包括非飞行相关的服务，如酒店预订和租车服务，这构成了其盈利的重要组成部分。这些综合策略不仅让瑞安航空能在票价上保持绝对吸引力，还保证了其卓越的财务表现，引领了超级低成本航空模式的全球风潮。

印度靛蓝航空作为低成本航空领域的一匹黑马，自2006年成立以来，以惊人的速度发展，不仅在国内市场占据主导地位，也成为全球航空业关注的焦点。靛蓝航空是印度最大的私营低成本航空公司，以德里英迪拉·甘地国际机场为主要基地。自成立以来，靛蓝航空以全空客机队运营，截至2023年5月，其在印度国内市场份额为61.4%。靛蓝航空的成功在于其高效的运营模式和对市场需求的精准把握，使得其在竞争激烈的印度航空市场脱颖而出。

靛蓝航空在新冠疫情期间表现出强大

的适应能力和恢复力。尽管疫情对航空业造成了巨大冲击，靛蓝航空却能够迅速调整管理团队，优化运营策略，并在疫情后期实现了季度盈利。此外，靛蓝航空还积极扩展其航线网络，提高飞机利用率，并加大对货运业务的投入，显示出其在市场中的活力和潜力。2023年，靛蓝航空旅客运输量突破1亿人次，这在全球航空史上绝无仅有。2024年，靛蓝航空市值超越西南航空，全球第三，历史罕见。

低成本三巨头大 PK

我们基于2019到2023年这五年的财报数据和业务数据，对比分析全球低成本航空三巨头的竞争力和发展趋势。西南航空的财年是自然年，最新财报是2023年财报。而瑞安航空和靛蓝航空的财年则是自4月1日起，到次年的3月31日止，它们的最新财年是自2023年4月1日到2024年3月31日。

先看机队规模。截至今年3月31日，低成本三巨头的机队规模分别是，西南航空机队规模819架，机队规模可以进入全球TOP5；瑞安航空机队规模574架，机队规模可以进入全球TOP10；靛蓝航空机队规模367架，机队规模可以进入全球TOP20。过去一年，靛蓝航空机队增加65架，全球范围内成长最快，而且靛蓝航空拥有空客500架的飞机订单。西南和瑞安以波音737及737Max为主，靛蓝则以空客320及320neo为主。三巨头中，西南航空拥有最大的机队规模，可以说是全球最大的低成本航空。

再看航空业务量和客座率。疫情前的2019年，全球低成本航空客运量第一把交椅是西南航空，当年西南航空旅客运输量1.627亿人次，瑞安航空排名第二，1.486亿人次，靛蓝航空7500万。2022年，瑞

安航空客运量超越西南航空，夺得全球第一，当年旅客运输量1.686亿人次，西南航空旅客运输量1.5698亿人次。2023年，瑞安航空继续保持客运量优势，完成旅客运输量1.837亿人次，西南航空旅客运输量1.718亿人次，靛蓝航空旅客运输量超越1亿人次，达到1.067亿。为什么瑞安航空机队落后于西南航空而客运量却能超越西南航空？主要因为瑞安航空的客座率要领先于西南航空，而且瑞安航空飞机日利用效率也要领先于西南航空。

客座率方面，瑞安航空最高，2019年95%，2023年94%；靛蓝航空次之，2019年85.8%，2023年85.9%。西南航空的客座率优势并不明显，2019年83.5%，2023年80%，基本与美国三大航的差距不大。

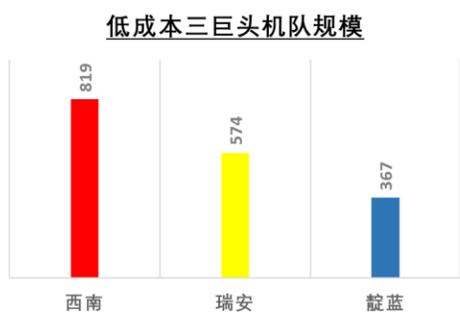
第三，再看三巨头的经营业绩和盈利能力。从营业收入看，西南航空经营规模最大，瑞安航空次之，靛蓝航空最小。2019年，西南航空营业收入224.28亿美元，瑞安航空94.42亿美元，靛蓝航空52.51亿美元。2022年，三巨头营业收入已经全面恢复并超越2019年水平。2023年，西南航空营业收入260.91亿美元，瑞安航空营业收入145.83亿美元，靛蓝航空86.04亿美元。

从盈利水平看，2019年，西南航空盈利最强，净利润23亿美元，瑞安航空净利润7.21亿美元，靛蓝航空亏损3300万美元。2021年西南航空全球范围内率先扭亏盈利，净利润9.77亿美元。2022年西南航空净利润下降到5.39亿美元，2023年进一步下降到4.98亿美元。瑞安航空2022财年扭亏盈利13.67亿美元，2023财年盈利20.79亿美元。靛蓝航空直到2023财年才实现扭亏，盈利9.87亿美元。

从盈利能力看，2019年西南航空盈利能力最强，净利润率10.3%；瑞安次之，

图1 | 全球低成本航空三巨头机队规模对比

表1 | 全球低成本航空三巨头客运量及客座率对比



年度	旅客运输量 (亿)			客座率%		
	西南	瑞安	靛蓝	西南	瑞安	靛蓝
2019年	1.6270	1.4860	0.7500	83.5%	95.0%	85.8%
2020年	0.6780	0.2750	0.2930	52.4%	71.0%	69.4%
2021年	1.2830	0.9710	0.4680	78.5%	82.0%	73.6%
2022年	1.5698	1.6860	0.8720	83.4%	93.0%	82.1%
2023年	1.7180	1.8370	1.0670	80.0%	94.0%	85.9%

为 7.6%。2022 年开始，瑞安航空盈利能力已经超越西南航空，当前瑞安航空盈利能力最强。2023 年瑞安航空净利润率高达 14.3%，靛蓝航空净利润率 11.5%，西南航空只有 1.9%。

在业务规模、盈利水平和能力上，瑞安航空已经超越西南航空，而且靛蓝航空

展望未来，西南航空背靠美国全球第一大民航市场，瑞安航空依托欧洲统一大市场，靛蓝航空依靠印度全球潜力大市场，三巨头格局还会继续演进和变化。

成长很快，盈利水平和能力也开始超越西南航空。

展望未来，西南航空背靠美国全球第一大民航市场，瑞安航空依托欧洲统一大市场，靛蓝航空依靠印度全球潜力大市场，三巨头格局还会继续演进和变化，靛蓝航空胜出也不是没有可能。

中国低成本航空的出路在哪里

十年前，亚太最大的低成本航空是马来西亚的亚航，凭借合资模式在东南亚辗转腾挪快速扩张。因为受疫情影响，2022 年 1 月，亚洲航空宣布公司正式更名为资本 A (Capital A)，这标志着公司业务范围的进一步扩展，不仅仅局限于航空领域，而是向着多元化集团的方向发展。2023 年亚航虽然已经扭亏盈利，但是亚航的机队

民航的普遍服务是民航强国高质量发展的基本要义，而低成本航空是促进中国民航大众化服务进步的最主要路径。

规模、航空业务量以及营业收入和利润等已经被靛蓝航空大踏步超越，亚航已经丢掉亚太第一、全球第三的桂冠。

中国作为全球第二大民航市场，未来十年将超越美国成为全球第一大民航市场。但是中国的低成本航空发展一直不温不火。成立于 1995 年的春秋航空是中国第一家低成本航空，也是中国最主要低成本航空。2023 年春秋航空率先扭亏盈利，净利润超过 20 亿元，创出春秋盈利记录，并且成为中国最赚钱的航空公司。但是春秋航空当前的机队规模只有印度黑马靛蓝航空的三分之一左右，而靛蓝航空是 2006 年才成立的一家印度低成本公司。中国低成本航空的发展到底遭遇到什么样的问题？

第一，放松管制是低成本航空发展的大前提。西南航空的历史可以追溯到 1967 年，但是西南航空的大发展自 1978 年美国民航放松管制之后。瑞安航空成立于 1985 年，也是欧洲统一大市场政策出台之后。欧美民航放松管制，市场准入放开，票价放开之后，低成本航空才开始蓬勃发展，出现了一批有竞争力的低成本航空公司，包括美国的西南航空、捷蓝航空、精神航空等，欧洲的瑞安航空、易捷航空、挪威航空、伏林航空、维兹航空等。欧美低成本航空的市场份额已经超过三分之一，而且演化出低成本航空、超级低成本

航空、长途低成本航空等多样化业态。作为私营企业的靛蓝航空能够发展成为印度最大的航空公司，市场份额高达 60%，这也与政策支持不无关系。

第二，高效运营与成本控制。全球成功的低成本航空公司核心在于其高效运营模式和严格的成本控制机制。它们通过采用单一机型减少维护成本和培训复杂度，同时利用次级机场以降低起降费和地面服务费。高效的飞机周转时间，配合先进的 IT 系统支持的直接销售策略，减少了分销成本。此外，低成本航空通过精简服务，如取消免费餐饮、推行付费选座等，创造了额外的收入来源，同时维持票价竞争力。

第三，市场适应与品牌创新。成功的低成本航空擅长于市场细分和品牌差异化，精准定位不同旅客群体，如休闲旅客、商务人士等，提供定制化服务包。它们利用数据驱动的动态定价策略，灵活应对市场需求变化，吸引早期订票和非高峰时段出行的旅客。同时，通过社交媒体和数字化营销，增强品牌互动和忠诚度，构建独特的品牌形象，进一步扩大市场份额。

中国有 10 亿人没有坐过飞机，中国年人均乘机次数只有 0.47 次左右，低于全球平均的 0.67 次，更是远远落后于美国的 2.8 次。民航的普遍服务是民航强国高质量发展的基本要义，中国民航的大众化服务任重而道远，而低成本航空是促进中国民航大众化服务进步的最主要路径。从政策到基础设施，从融资到科技创新，从消费者认知到市场竞争等各个方面，大力发展中国低成本航空应该成为中国民航高质量发展的突破口。■

图 | napolike.com



紧急撤离时应该怎么做

文 | 柏蓓

飞机是目前最安全的交通方式。为了确保旅客安全，民航在方方面面做了大量工作，我们来介绍一下紧急撤离的知识，以便您安心地乘机出行，在危急时刻又能最大限度保护自己，将可能的危险降到最低。

什么是紧急撤离

紧急撤离也叫应急撤离，是指飞机遇到较大危险、威胁人们生命安全时，在陆地或水上进行紧急迫降后，要求全体旅客和机组成员按照科学、统一、简练的动作尽快撤离飞机的相应预案和应急操作程序。紧急撤离包括陆地撤离和水上撤离两种。

飞机起飞降落时，乘务员和机上广播都会要求旅客“系好安全带、收起小桌板、调直座椅靠背、打开遮光板、取下耳机……”这是因为安全带可以将旅客牢牢固定在座椅上，减少飞机颠簸时旅客受伤的概率；收起小桌板和调直座椅靠背可以为旅客留出快速撤离的空间，同时避免旅客在飞机出现意外情况时受到撞击致伤；打开遮光板可以随时了解飞机外部情况，还可以让旅客提早适应机外光线，保护眼睛；飞机起飞、落地阶段旅客需要摘下耳机，使其能够清晰听到客舱广播以及乘务员的口令。防患于未然，飞机一旦遇险，比如客舱失火、发动机故障等，落地（水）后需要尽快撤离飞机时，这些“小要求”就会“帮大忙”。

此外，飞机遇险落地（水）前，旅客除了做好上述动作外，还要根据乘务员口令做好防冲击姿势：成年旅客要身体前倾，头贴在双膝上，双手紧抱双腿，两脚平放用力蹬地，系紧安全带，或两臂伸直交叉紧抓前面座椅靠背，头俯下，两脚用力蹬地；怀抱婴儿的旅客、孕妇或严重肥胖的特殊旅客，以及双脚不能着地的儿童则要根据情况采取不同的防冲击姿势。

紧急撤离前，机长会根据当时的风向、飞机着陆（水）姿态等情况迅速作出如下判断：撤离口的选定、撤离方向的选择等；而乘务员会向旅客介绍各种应急撤离的知识，挑选援助者，确定撤离路线，在 15 秒内打开应急撤离门，组织旅客安全迅速有序撤离。旅客中的援助者一般由乘坐飞机的机组人员、航空公司员工、军人、警察、消防人员以及身强力壮的男性旅客来担任，在组织旅客撤离中协助乘务员工作。

在撤离前，旅客不仅要学会跳滑梯的姿势，还有很多跳滑梯的注意事项

需要了解。比如，旅客要取下随身携带的锐利物品和松散物品，包括钢笔、发夹、小刀、手表、假牙、眼镜等，解下围巾和领带，脱下高跟鞋、皮鞋、带钉子的鞋；但不要有任何东西放在座椅背后的口袋里，紧急撤离时也不要携带任何行李。

排队跳滑梯撤离时，旅客要听从乘务员安排，有序进行，不要挤在撤离口，也不要推搡其他旅客；如果是水上撤离，穿好救生衣的旅客不要在客舱内拉开充气阀，这样会让狭小的客舱更加拥挤，让撤离更加困难。跳滑梯时，普通旅客应双臂平举，轻握拳头，或双手交叉抱臂，从舱内跳出落在梯内时，手臂的位置不变，双腿及后脚跟紧贴梯面，收腹弯腰直到滑到梯底，站立跑开；抱小孩的旅客要把孩子抱在怀中，坐着滑下飞机；儿童、老人和孕妇也应坐着滑下飞机，在梯面的姿势与普通旅客相同；伤残旅客则须根据自身情况，坐滑或由援助者协助坐滑撤离。

一切行动听指挥

在紧急撤离这一重要程序里，最关键的一点就是：机上全体人

员必须听从机长的指挥，乘务组按照指挥判断安全并采取行动。飞行机组和乘务组都经过了严格训练，并且每年都会定期复训演练，对于紧急撤离的相应预案和应急操作程序都牢记在心，因此，旅客要信任机组和乘务组，做到一切行动听指挥。

电影《中国机长》里饰演乘务长的袁泉有一句台词说：“从飞行员到乘务员，我们每一个人都经历了日复一日的训练，就是为了能保证大家的安全。这也是我们这些人为什么在这架飞机上的原因。”乘务员的第一职责就是保障客舱和旅客的安全，无论何时，请相信他们。

在长年累月的训练和飞行中，客舱乘务员已经非常了解飞机的结构，熟悉客舱的应急设备，对于紧急设备的位置、用途、使用方法、注意事项、出口的位置、最佳撤离路线，都铭记在心，而应急撤离程序、动作、口令更是被训练到让肌肉形成记忆，成为身体的条件反射。乘务员的工作职责及职业素质会让他们最大限度地保证旅客在飞机遇险时的安全，他们绝不会抛下旅客独自逃生，一定会在指挥旅客撤离后仔细清舱检查，确保所有旅客都撤

离后才会撤离飞机，乘务长、机长一定是最后撤离的。

遇到飞机失火或者机械故障等紧急情况时，任何人都会感到害怕，这是人之常情，但是要尽量控制情绪、保持冷静，保持好客舱秩序，听从乘务员的安全指令。在紧急时刻，乘务员除了要安抚受到惊吓的旅客外，还有很多工作要做，因此在撤离过程中，旅客的积极配合和对机组、乘务组的信任是成功撤离的关键。比如从充气滑梯滑下飞机撤离时，旅客要听从安全指令，务必取下尖锐物品，不然拥挤时会伤到自己，跳滑梯时可能会割破滑梯，滑梯漏气对后续旅客的撤离是很不利的。此外，紧急撤离时千万听从乘务员的口令：不要携带任何行李，因为行李会堵塞通道，减缓撤离速度，也易挤伤人，有的行李还会划破滑梯。

撤离后要注意什么

跳下滑梯，成功撤离飞机后，旅客还不能掉以轻心，只有撤到安全区域才算真正的安全。比如，飞机发生意外时，往往伴随浓烟、大火甚至爆炸，浓烟和火焰会随着风势蔓延。旅客需要迎风快速

撤离现场，因为顺风跑动可能会受到二次伤害。撤下飞机后，旅客应判断当时的风势，尽可能地远离飞机，确保最大程度的安全。

撤到安全区域后，旅客要听从乘务员指挥，聚集到一起，方便乘务员清点人数，救护受伤的旅客。不是每一次紧急撤离都落在机场区域，不是每一次救援都能及时到达。在僻远区域的紧急撤离，就需要旅客在机组、乘务组的组织带领下做好后续的急救、救护、防护准备，等待救援。

在世界航空史上，成功的紧急撤离案例很多，比如：2005年8月2日，法航一架空客A340客机在多伦多降落时，遭遇雷雨袭击，飞机滑出跑道，机身断裂并燃起大火。机上309人在2分钟内全部安全撤离，只有24人受了轻伤。

此处，再讲几个紧急撤离的案例：

2007年8月20日当地时间上午10时33分，华航航班号为CI-120的波音737-800飞机，在那霸机场降落驶往停机坪后，右主翼燃料箱漏油失火发生强烈爆炸，机身烧焦断裂，幸好机上157名乘客和8名机组员在机长犹建国和乘务长康立美几乎完美的配

合和指挥下，做了紧急撤离，所有的旅客中，有两名婴儿和一个拄拐杖的旅客，但整个撤离就用了一分半钟。在飞机起火爆炸前完成了撤离。

2008年1月17日，英国航空公司一架波音777-236ER客机执行自北京首都机场至伦敦希思罗机场的BA038航班任务，飞抵希思罗机场上空准备降落时，两台发动机因燃油系统结冰，在7秒内突然全部失灵，由于此时客机已进入着陆航线，速度和高度都不足（高度仅150米），十分危险，机长皮特·伯吉尔和副驾驶约翰·科沃德遇变不慌，操纵客机掠过机场27L跑道尽头，在跑道前方1000英尺附近的草坪上紧急制动，客机虽完全报废，但全体乘员152人都活着，他们随后在机组人员引导下，从逃生滑梯全部脱险，仅1人重伤，46人轻伤。

还有堪称迫降成功典范的纽约哈德逊河上的紧急迫降。2009年1月15日下午，全美航空公司的一架空客A320飞机从纽约拉瓜迪亚机场起飞前往北卡罗莱纳州的夏洛特机场。航班上搭载了155名乘客和机组人员。起飞一分钟左右，因鸟击，两个引擎都失去动力，机长萨利做出决定，在哈

德逊河面上迫降。飞机刚停下，机长便从容指挥乘客按照先妇孺后男子的顺序有序快速撤离，自己反复检查客舱两遍，确信空无一人后才最后撤退，尽管机身此时已开始下沉，但所有乘客和机组人员都有秩序地站在机翼或紧急充气救生滑梯上等候救援。最后，全体乘员都被救起。

总结下来，在一起成功的紧急撤离中，机组、乘务组人员的临危不乱、快速反应，乘客的理智、配合，对逃生知识的掌握，良好的撤离秩序，以及地面有关部门迅速的应对救援措施，都是缺一不可的。

希望每位旅客在乘坐飞机时，能专心地观看安全须知录像或乘务员的安全演示，仔细阅读座椅背后口袋里的安全须知手册，了解救生衣、氧气面罩、安全带的使用方法以及紧急出口的位置。如果旅客恰好坐在了紧急出口附近的座位，更要积极配合乘务员工作，在被询问是否有意愿做紧急撤离时的志愿者时，如果明确表示愿意协助相关工作，就须详细了解应急出口位置的安全注意事项、旅客须履行的职责等。■

不合时宜的“布拉巴宗”客机

文 | 钟强

75年前的1949年9月4日，英国布里斯托尔公司研制的当时全球最大的客机“布拉巴宗”首次试飞成功。不幸的是，“布拉巴宗”只试飞了不到400小时，因为没有一家航空公司下订单，而没能投入航线运营。

面向战后的计划

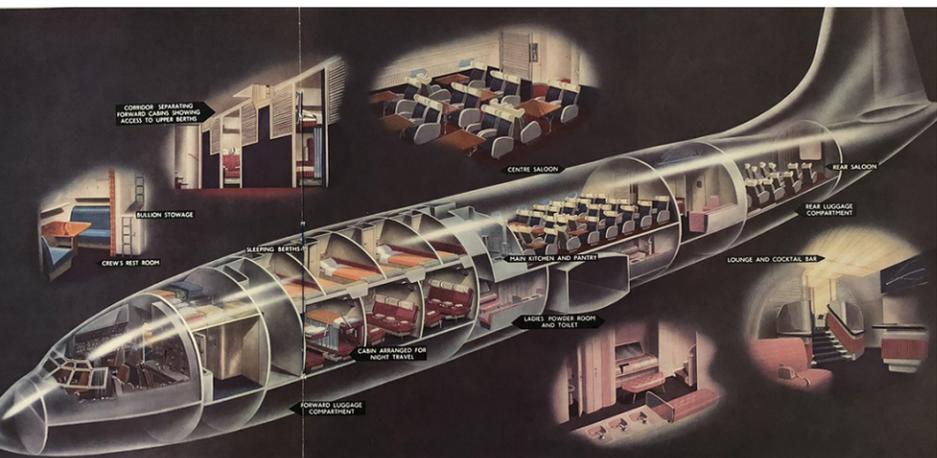
第二次世界大战的爆发，使战前蓬勃发展的民用航空一度放慢了脚步。但是，作为昔日的航空运输大国，英国没有忘记战后的民航市场。出于对战



钟强

关注航空发展历史的退休媒体人。





后可能丧失民航市场的担心，英国政府于1943年2月成立了一个以英国航空先驱之一、时任飞机生产大臣布拉巴宗勋爵为首的委员会，目的是调查战后英国客机市场的需求。经过调查和分析，委员会提出需要开发4种类型的飞机：

1型：能带着旅客用12小时舒服地横跨大西洋的大型客机，用于伦敦—纽约之间的大客流航线；

2型：能够替代DC-3和德·哈维兰“快龙”的支线客机。后来2型进一步分成两类，2A为活塞式飞机，2B装涡轮螺旋桨发动机；

3型：较大的中型飞机，用于大英帝国多航段航线；

4型：100座级喷气客机。

1944年，英国供应部开始为

所有飞机设计进行招标，很快为每项合同确定了开发商：1型飞机的合同授予布里斯托飞机公司，最后的成果是“布拉巴宗”飞机；2A型飞机的合同授予空速公司，产品是“大使”飞机；2B型飞机的合同授予维克斯公司，产品是“子爵”飞机；3型飞机的合同也授予了布里斯托飞机公司，开发出“布里塔尼亚”飞机；4型飞机的合同授予德·哈维兰公司，开发出“彗星”，成为世界上第一种喷气式客机。

“布拉巴宗”诞生

本文着重讲讲1型“大客”的故事。

根据《布拉巴宗报告》对1

型“大客”的设想——“能带着旅客用12小时舒服地横跨大西洋的大型客机”，其目标指向很明确，就是让那些原来有支付能力、但是只能选择乘船横跨大西洋的阔佬们获得一种新的空中飞行的出行方式，因此要建造一艘可以升空的远洋班轮。新飞机将是一架雄心勃勃的豪华飞机，能和远洋班轮媲美。

早在1937年，布里斯托公司就开始搞一种大型轰炸机的设计研究，公司内部代号为167型，但没有动工制造。1942年，英国要求研制新轰炸机，公司把167方案变成一种拥有8000千米航程、相当于美国B-36同级的“百吨轰炸机”，但是航空部后来改变主意，放弃了研制新轰炸机的打算，使得167型再度落空。等到《布拉巴宗报告》发表后，布里斯托公司再次拿出167方案，稍加修改，满足了“大客”的要求，幸运地拿到两架原型机的合同。根据与英国海外航空公司达成的协议，布里斯托公司确定了飞机的最终布局：

机长53.9米，翼展70.1米，比后来出现的第一种宽体飞机波音747还宽11米，8台“半人马座”18缸星形发动机成4组埋在机翼里，在4个面向前方的短舱里驱动8对反向旋转的螺旋桨，据称这样可以

大大减少客舱里的噪声水平。机舱布局凸显出“大客”的豪华：前区6个包间，每间6位乘客，第七间只有3位客人；机翼上面的中段围绕4组带餐具的桌子安排38个座位；后段是朝后坐的23座的影院，还有鸡尾酒吧和休闲区。

1948年12月，“大客”第一架原型机出厂进行发动机试验，由于有布拉巴宗的大力支持，于是布里斯托公司将该机以他的名字命名为“布拉巴宗”。1949年9月4日，“布拉巴宗”首次试飞，4天后，正儿八经的试验还没有开始就到范堡罗航展展出，1951年还到巴黎航展表演飞行。

教训与遗产

“布拉巴宗”一经问世，便让整个世界为其巨大的外形尺寸所震惊。它体积巨大并采用了很多新技术：如专门开发了一种阵风减缓系统；为操作巨大的控制面而设计了液压助力器，是第一款使用100%助力飞行控制系统的飞机；也是第一款采用电发动机控制和第一款拥有高压液压装置的飞机；为了使这架大块头的飞机尽可能轻，还使用了定制厚度的铝板，既完全满足飞机不同部分的结构强度要

求，也把飞机总重量减少了几吨。

这些新技术让航空公司感兴趣，但最后它还是未能获得任何订单。截至1952年，为研制“布拉巴宗”的支出估计约为340万英镑，到1953年，成本进一步上升到600万英镑，另外还需要200万英镑来完成第二架原型机，但仍没有迹象表明《布拉巴宗报告》所预测的市场会实现，至此英国供应部宣布取消该项目，10月，只飞了382小时的第一架原型机和第二架尚未完成的原型机统统下马。

后人在评论《布拉巴宗委员会》报告的影响时，认为该委员会建议的飞机，相当部分是失败的。主要原因是，所有设计都是为一家用户——英国海外航空公司（BOAC，即今天的英国航空公司）考虑的，因此对其他航空公司没有什么吸引力。此外，它们没有照顾到飞机问世时航线容量的增长，只考虑当时能付得起空中旅行的高昂费用的少数有钱人。这导致一些方案中有不现实的要求，如“布拉巴宗”有容纳300位乘客的潜力，却只是为了让过去习惯于乘班轮横渡大西洋有相同的体验，就把乘客人数限制在60位（在飞机上一位乘客占用的空间相当于地面两辆乘用车的空间），让他们通过享受舒

适、豪华来“忍受”12小时的空中旅行，造成飞机使用成本太高。

“布拉巴宗”的设计完全没有考虑到即将到来的“大众航空”时代的需求。

更加要命的是，几乎就在“布拉巴宗”首次试飞的同时，世界第一架喷气客机——德·哈维兰公司的“彗星”于1949年7月27日也首次试飞了。这架装有4台喷气发动机的“彗星”能在万米高空以740公里/小时的速度巡航，比“布拉巴宗”的巡航速度快了一倍。两相对比，显然后者更具市场优势。

最后要说的是，尽管“布拉巴宗”经常被认为是一个“白象”，通俗点说就是“又贵又没用的累赘”，但是应当承认，它的相当一部分支出都用于建立基础设施，如在菲尔顿工厂建造的320米长、125米宽、35米高的总装厂房和紧靠着工厂的加长到2515米的跑道，都成为“布拉巴宗”留下的宝贵遗产，为英国日后研制“不列颠尼亚”“协和”和参与生产各型空中客车飞机的机翼奠定了基础，以至于位于菲尔顿和布劳顿的两家工厂成为了“与机翼技术相关的科学的代名词”。■

航空史上的7月

辑录 | 黎时

1900年7月2日，由德国的斐迪南·冯·齐伯林设计并制造的LZ-1飞艇在弗里德里希港附近首次飞行。遗憾的是，LZ-1仅试飞了3次就坠毁了。齐伯林飞艇在飞机之前成为载人飞行的工具，是来往于大西洋两岸的重要飞行器。

1909年7月25日，法国人布莱里奥驾驶自己研制的“布莱里奥XI”。从法国加莱起飞，36分30秒之后降落在英国多佛附近，成为第一个驾驶飞机飞越英吉利海峡的人。

1910年7月19日，中国人谭根自制船身式水上飞机参加在美国旧金山举行的万国飞机制造比赛大会，因其飞机性能良好、设计先进，夺得冠军。

1916年7月15日，美国木材

商人威廉·波音成立太平洋航空产品公司，第二年改为波音飞机公司。

1917年7月17日，美国国家航空咨询委员会（NACA）兰利研究中心在弗吉尼亚州汉普顿破土动工，是NACA建设的第一个重要试验设施。

1919年7月2日至6日，英国R-34飞艇由斯科特驾驶从苏格兰启程，开始了第一次轻于空气的飞行器飞越大西洋、也是第一次从东向西的大西洋飞行，用时108小时，7月6日到达了纽约米内奥拉，普里查德少校乘降落伞从R-34抵达米内奥拉，成为欧洲第一个从空中抵达美国的人。10日至13日，休整后的R-34用75小时从美国飞回英国诺福克岛皇家海军普哈姆航空站，完成了飞行器第一次双向穿

越大西洋的飞行。

1921年7月1日，中国使用从英国购进的“大维米”飞机，由英国人任正驾驶开通了京沪航线北京—济南段。飞机第一天由北京飞济南，历时3小时，第二天由济南返回北京，机上带有邮件，并在首航邮件上加盖“由中国创设航空邮班开幕第一次所发之班运寄”章。同日，航空署还发行了航空明信片，上有从空中鸟瞰北京天坛的图案及文字。事后，航空署发表声明：“京沪航线是中国组织的首次航空邮运。”

1923年7月15日，苏联民航投入运营，当时的名称是“多布罗列特”（Dobrolet），第一条航线是莫斯科—下诺夫哥罗德。1932年改名为“苏联民航”（АЭРОФЛОТ，英文Aeroflot），最兴旺时，苏联民航机队超过7500架飞机，是世界上规模最大的民航运营单位，1976年客运量高达1亿人次以上，同时还提供农业、巡查、航空救护、维修及培训服务，并负责机场的运行。

1925年7月7日，波音公司根据美国邮局的要求研制的40型邮政飞机首次试飞。后来在机身中增设了两个座位，成为波音公司第一架真正的商用飞机，也是波音进

入新生的美国航空工业的试金石。

1927年7月4日，洛克希德公司第一个产品“织女星”（Vega）6座客机首次试飞。该机经过改装后，一些飞行家驾驶它创造过很多世界纪录。

1928年7月27日，波音公司B-80首次试飞成功。该机是波音公司为自己开展运输业务研制的一种三发双翼飞机，载客12人，生产了16架，当年每架售价75000美元。

1929年7月25日，德国道尼尔公司研制的Do-X在康士坦茨湖首次试飞，该机被认为是道尼尔划时代的作品，是当时世界上最大的飞机。

1937年7月27日，英国帝国航空公司与肖特飞机公司共同开发的“子母飞机”首次试飞。即在大型船身式水上飞机背上驮一架小型装浮筒的水机，当大飞机飞行到安全高度和速度后，利用弹射发射装置，使两架飞机分离，运载机返回，小飞机继续远程飞行。这是让两架飞机以接力方式共同完成远程航空邮政运输的办法。

1933年7月1日，美国道格拉斯公司DC-1在加州圣莫尼卡首次试飞。飞机是应不能很快买到波音247飞机的环球航空公司（TWA）



▲ “子母飞机”，下面的运载机是肖特S21“迈亚”船身上单翼飞机；上面是S20“水银”子飞机

的要求而研制的。在DC-1的基础上又发展出DC-2和有名的DC-3。

1936年7月20日至22日，苏联奇卡洛夫机组驾驶为创造远距离飞行纪录而专门研制的安特-25飞机进行莫斯科—堪察加彼得罗巴甫洛夫斯克—乌德岛的不着陆飞行，用56小时20分钟飞完9374千米，其中5140千米是飞行在浩瀚无垠的北极圈内。

1937年7月3日，德国多尼尔飞机公司研制的三发水上飞机首次试飞，被誉为“有史以来最好的水上飞机”，主要用于海上巡逻和搜救。

1939年7月8日，泛美航空公司波音314“扬基飞剪”号水上飞机开通了世界上第一次重于空气飞行器的跨北大西洋航空客运服务，装载17人和邮件，从纽约华盛顿港飞到英国南安普敦。

1946年7月8日，美国康维尔公司CV-240活塞式民航客机的

原型机首次试飞，1948年6月加入航班。中国中央航空公司曾于1948年订购了6架CV-240。其中一架于1949年11月9日随两航起义飞归北京，现收存于中国航空博物馆。

1948年7月16日，英国维克斯飞机公司生产的装4台罗公司“达特”发动机的“子爵”630首次试飞。这是世界上第一种装备涡轮螺旋桨发动机的运输机，总共生产了444架。我国空军和民航于1963年引进“子爵”843型飞机8架，是我国打破西方国家贸易壁垒首次购进的现代航空产品，1983年后陆续退役。

1949年7月27日，英国德·哈维兰公司研制的世界上第一架喷气客机DH.106“彗星”（机号G-ALVG）首次试飞。

1950年7月15日，苏联伊留申设计局伊尔-14首次试飞。该机是在伊尔-12型基础上改进设计

▼ “布莱里奥XI”单翼机



的活塞式双发运输机，1954年底投入苏联民航航线使用。我国于1956年至1960年间先后引进了55架（一说49架），成为当年客运的主力机种，并成为党和国家领导人的第一代专机。陈列在中国航空博物馆的一架伊尔-14（4202号），在1957年3月19日到1958年9月10日之间，毛主席乘坐过23次，是他生平乘坐次数最多的飞机。

1954年7月15日，波音公司先锋-80原型机首次试飞，只用17秒滑跑了640米，飞机就冲上蓝天，波音公司从此进入了喷气时代。随后发展出的波音707是美国第一种喷气式客机，它使世界民用航空发生了一次革命性的变化，把洲际旅行的时间几乎缩短了一半。

1957年7月4日，苏联伊留申设计局的四发涡轮螺旋桨客机伊尔-18首次试飞，1957年至1985年期间共生产678架。我国从1959年开始，多次购买该机约20架。

1981年7月7日，由斯蒂芬·普塔斯克驾驶的“太阳挑战者”太阳能动力滑翔机首次飞越英吉利海峡。至此，以太阳能作为动力的飞机成为现实，人类飞行又增添了新的自由。

1986年7月30日，有“航

空四君子”美誉的沈元、季文美、张阿舟、胡溪涛联名上书邓小平。在《千方百计尽早提供和使用国产干线飞机》一文中，4位学者从交通运输发展、航空工业发展的战略需要等出发，阐述了发展干线飞机的紧迫性，建议国家汇聚力量，发展我国自己的干线飞机。

1987年7月2日，中国在上海投入生产的第一架MD-82飞机，由美国前总统尼克松“空军一号”专机机长卡尔·佩登驾驶，首次试飞获得成功。同年7月31日交付中国北方航空公司。

1992年7月14日，上海航空工业公司组装的首架MD-83大型客机在上海举行返销美国交付仪式，实现了中国装配大型客机整机返销国外“零”的突破。此前，该机于7月6日顺利进行了首次试飞。

1994年7月3日，运12获中国民航总局颁发的型号合格证。

2007年7月20日，波音公司采用翼身融合体布局的X-48B研究机首次试飞。

2008年7月31日，西安飞机工业（集团）公司正式向奥凯航空公司交付首架“新舟”60飞机，实现了国内市场支线航线运营的突破。

2009年7月15日，我国首

架拥有自主知识产权的涡扇支线喷气客机ARJ21飞机首次成功实现从上海至西安阎良的转场飞行，标志着该机型的研制工作全面进入试飞阶段。

2011年7月29日，陈玮用69天飞行4万千米、飞越21个国家和37个城市之后，驾驶他的单引擎轻型飞机降落在孟菲斯国际机场，成为完成环球飞行的第一位中国人。他也是全球第167位驾驶单发飞机完成环球飞行任务的飞行员。

2015年7月10日，法国飞行员雨果·杜瓦尔驾驶小型电动飞机Cri-Cri来回飞越了英吉利海峡，并顺利在法国加来降落。此次飞行证明以电力推进系统为动力源的飞机趋于成熟。

2018年7月19日，空客首架“超级大白鲸”（Beluga XL）运输机成功完成首飞，历时4小时11分钟。

2019年7月12日，美国GE航空集团为波音777X研发的GE9X发动机创造了一项新的吉尼斯世界纪录，以134300磅的推力成为世界上推力最大的商用喷气发动机，打破了自2002年以来一直由该集团GE90-11B发动机以127900磅推力保持的世界纪录。■

第二轮论证—— 经费方案之争 ——《张彦仲传》摘编（八）

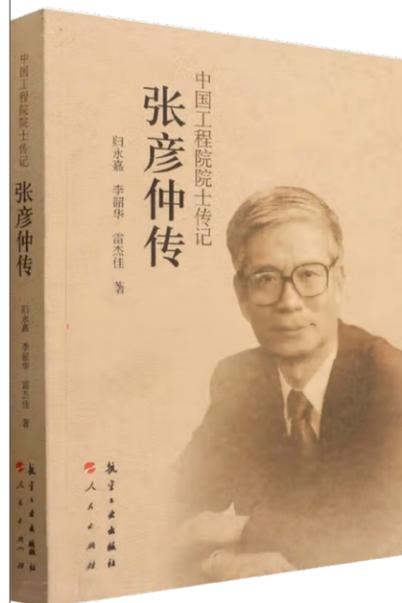
文 | 归永嘉 李韶华 雷杰佳

到2012年6月底，“两机”专项除经费外，基本上形成以战略目标、重点任务、基础研究、关键技术、工程验证、型号攻关、能力建设等组成的专项基本技术方案，但经费需求和分配方案仍有很大的分歧。经费方案的论证是方案论证的难点和焦点，开始采取自下而上的办法研究，由各基层单位先提出。

第一轮，由各个研发制造部门提出经费方案。2012年2月7日，制造部门领导到会提出一个极大的盘子，超过60年投资总和的若干倍，很难实现。这给论证委员会出了一个难题，这个盘子项目多、经费大，大部分技术专家们又缺乏管理经费的经验，短期内很难完成可靠的测算。专家委一致建议：先请各主管部门站在国家立场上把关，研究提出经费初步方案。

第二轮，由各主管政府部门先审查研究提出经费方案。6月20日，工信部李巍提出民机所需要的经费。国防科工局、工信部提出条件保障建设所需经费。各单位强烈要求，基础研究薄弱是“两机”的关键问题，必须在方案中充分体现出来。

6月28日，张彦仲主持专家委开会专门研究加强基础研究问题。大家认为航空发动机基础薄弱，要切实加强基础研究，必须解决过去由型号负责技术攻关、兼顾基础研究的做法，从制度上解决“重型号、轻基础”的问题。论证委研究确定：（1）拿出总科研费的15%用于基础研究。（2）管理上，从型号管理中分出来，成立专门的基础研究委员会进行管理。以落实强化基础、掌握核心技术的目标。这是在十六个国家重大专项中第一个这样做的！



第三轮，为了进一步明确专项的目标任务、时间跨度、进度经费、能力建设等原则问题，2012年7月10日晚，张彦仲在科技部向万钢、苗圩汇报了第一阶段论证的主要结果和待明确的几个问题，两位部长有重要讲话，进一步明确专项时间：目标考虑到2030年，经费安排7年；三代机不搞并行工程。能力建设：专项重点解决设计能力、试验能力和基础研究能力三项能力的建设。其他能力建设由正常投资渠道解决。2012年7月12日，分组传达会议纪要精神，调整修改专项计划。

第四轮，对于燃机任务、经费盘子等问题，2012年9月12日，张彦仲与孙昌基在科技部向万钢、苗圩汇报燃机论证工作进展情况。领导要求：经费不要太大，要压缩，明确了经费范围；基础研究要加强；燃机可实行后补助办法。9月14日，张彦仲向各位组长传达领

导的讲话精神。2012年9月23日，孙昌基向全体委员会传达会议纪要，研究落实。由于经费盘子较大，航发、燃机专业性又很强，大会研究确定，从2012年10月8日起，分航发、燃机两个组研究修改项目经费，贯彻落实会议纪要精神。

2012年10月18日，航空发动机组在丛日钢同志主持下，对航空发动机的主要项目和经费讨论，先研究经费调整的原则。他提出了基础研究占型号、验证机及关键技术经费的比例以及条件建设费用总经费的比例关系。但如何调整型号、验证机及关键技术经费，涉及各部门的利益，争论很大，难以协调。后来陈懋章院士勇敢地站出来：“这是一个得罪人的事，我不下地狱谁下地狱？”他提出一个调整型号、验证机及关键技术经费压缩意见，专家都同意。根据这个经费方案，大家又提出基础研究经费及条件建设费用，终于解决了这个难题，

达成一致意见。2012年10月25日，燃机组授权三位组长提出经费分配方案，经大家讨论，也同意三位组长提出的安排意见。这样，专项的技术方案及经费需求，经全体委员研究同意，鼓掌通过，形成统一方案上报。

2012年10月26日，张彦仲组织论证委将《两机专项技术论证报告》（含经费概算）第一稿上报科技部及工信部，转呈国务院领导，等待领导听取汇报。

2012年10月召开了十八大，政府要在2013年3月份“两会”期间换届。张彦仲多次向国务院领导反映：希望能在“两会”以前听取“两机”专项论证的汇报，把能定的问题先定下来，不要拖到下一届政府。2月初，科技部将论证报告分送发改委、财政部、教育部、工信部、国防科工局、总装备部、中国科学院、中国工程院、国务院研究室等部门征求意见，为召开这次重要的专题汇报会作准备。

2013年2月19日，张德江同志、刘延东同志、马凯同志在国务院第四会议室召开专题会议，听取论证组汇报。由张彦仲主任对专项技术方案的论证意见及下一步工作的安排作了汇报，六位副主任参加。会上三位领导作了重要指示。

张德江同志指出，设立航空发动机和燃气轮机重大专项是党中央、国务院的重大战略决策，对于我国航空工业和燃气轮机制造业具有重大意义。实施好重大专项，决心是前提，经费是保障，体制机制是关键。只要有决心、有资金、有体制机制保障，我们就一定能把航空发动机和燃气轮机搞上去，按照习近平总书记的要求，实现中华民族伟大复兴的中国梦。经过一年的论证，论证委员会站在全局和战略的高度，本着高度的责任感和使命感，已经初步形成了航空发动机与燃气轮机重大专项技术方案论证报告，同时对下一步的工作提出了建议。前一阶段的工作是卓有成效的，为整个专项工作打下了良好的基础，对取得的成果应该充分肯定。

刘延东同志强调，“两机”专项的重大意义堪比“两弹一星”，专项要进一步明确定位。国家科技重大专项不同于产业发展规划，重点是解决核心共性技术。要认真分析产业的核心需求，以及满足此需求所需要的核心技术。要选择最典型、最有代表性的型号走完研制全过程，明确专项的标志性成果，使我们的研制能力和水平得到大幅度提升，既满足国防紧迫需求，又支撑产业持续健康发展。要统筹好重

国家科技重大专项不同于产业发展规划，重点是解决核心共性技术。要选择最典型、最有代表性的型号走完研制全过程，明确专项的标志性成果，使我们的研制能力和水平得到大幅度提升，既满足国防紧迫需求，又支撑产业持续健康发展。

大专项与已有装备研制任务的关系，针对其关键技术需求提供攻关支撑，已立项的任务与经费要予以保障。要加强基础研究，特别是要加强产业发展非常明确的应用基础研究，建立起先进的协同创新体系和稳定的人才培养机制。坚持以我为主，注重国际合作，加强原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新的能力。刘延东同志同时还强调，论证中要注意充分发挥国家政策支持作用、部门协调组织作用、专家协调咨询作用、用户需求引导作用、基础研究支撑作用、科研协同攻关作用、军民融合发展作用。

马凯同志在2月19日会上强调，体制机制是重大专项顺利实施的根本保证，直接关系到专项的成败，对行业长远发展也至关重要。要坚持实事求是的原则，站在国家全局的高度，在摸清国内外体制机制现状和发展趋势的基础上，进行深入细致的研究，分析当前体制机

制不适应发展的问题，探索建立社会主义市场经济条件下的新型举国体制，下决心走出一条既有中国特色又符合航空发动机和燃气轮机产业发展规律的新路子。他指出，体制机制要有利于领导集中精力、集中力量、整合资源、形成拳头；有利于调动各方面积极性，发挥优势，形成以企业为主体、市场为导向、产学研用相结合、军民融合的技术创新体系；有利于适应重大专项确定的技术推进和需求推进相结合，形成加速发展模式；有利于资金的筹集和提高使用效率；有利于开展国际合作和竞争。

在各部门讨论发言之后，张德江同志做了总结：

(1) 原则同意航空发动机与燃气轮机技术方案报告。请论证委员会根据会议精神进一步修改完善技术方案，要做好与《国家中长期航空工业发展规划（2013—2020年）》《能源发展十二五规划》《2030

2012年7月10日晚，张彦仲汇报了第一阶段论证的主要结果和待明确的几个问题，两位部长有重要讲话，进一步明确专项时间：目标考虑到2030年，经费安排7年；三代机不搞并行工程。能力建设：专项重点解决设计能力、试验能力和基础研究能力三项能力的建设。

冯如着手造飞机 孙文嘱咐多支持

——《翱翔云端的风筝》摘编（一）

文 | 胡海林

要进一步明确专项的目标和重点，处理好基础研究与型号发展的关系，要相互结合、相互促进、共同发展，避免单纯走型号牵引的老路。

年前国防科技和武器装备发展战略》等相关规划及大型飞机等其他重大专项的衔接；要进一步明确专项的目标和重点，处理好基础研究与型号发展的关系，要相互结合、相互促进、共同发展，避免单纯走型号牵引的老路；要深化关键技术攻关论证，尤其是共性技术，突破核心技术瓶颈，精选若干重点型号走完研制全过程，并适当兼顾前瞻性技术探索；要注重军民结合，协调发展军用、民用及军民共用的技术和装备，要从资源集约、产业规模化和市场化出发，促进相关技术的相互转移、资源共享以及产业结构的优化升级，走军民融合共同发展的道路。

(2) 同意着手开展体制机制阶段的论证工作。请论证委员会站在国家全局和战略高度，以改革创新的精神和智慧，充分借鉴国外的成功经验，结合我国行业实际，按照构建以企业为主体、市场为导向、政产学研用相结合的协同创新体系的要求，研究提

出既符合产业发展规律又符合国情的体制机制方案，分析优缺点、利和弊，供领导决策。可考虑吸收具有产业组织经验和国际视野的专家参与体制机制论证。

(3) 在技术方案和体制机制论证基础上，完成经费测算工作，尽快形成完善的专项实施方案。请科技部和工信部继续牵头做好论证的组织和保障工作。实施方案征求发展改革委、财政部等有关部门和单位意见后，正式提交国务院常务会议审议。会后，发了专题会议纪要。论证委员会根据国务院领导的要求，对2013年2月19日国务院会议已“原则同意”的技术方案，做进一步修改完善。根据会议纪要的要求，论证委员会对技术方案做了两轮修改，提出第一轮修改后的技术方案。

2013年4月下旬，科技部将第一轮修改的技术方案以书面形式征求工信部、能源局、中航工业、中船工业、中船重工、中国商飞等七个部门和单位的书面意见。到5

月中旬，共收到七个部门和单位的95条书面反馈意见。

第二轮修改，2013年5月31日，张彦仲主持召开论证委员会全体会议（36人）。大家对这95条反馈意见逐条进行了梳理分析，认真研究，充分讨论，修改完善。95条意见在修订稿中采纳和体现的有71条；因与前期论证达成共识不符，或相互矛盾而未予采纳的意见的有16条；因涉及体制机制等问题，交由下一阶段论证研究的意见有8条。最后，由全体委员认真讨论，绝大多数委员同意，通过了第二轮修订稿，形成了《航空发动机与燃气轮机国家科技重大专项技术方案论证报告（修订稿）》（即第二轮修订稿）。

专家委经过一年三个月的反复研究论证，形成了专项的技术论证报告第二轮修订稿。2013年6月下旬，这个修订稿已分别向科技部、工信部和国务院等领导进行了书面汇报。2013年7月22日科技部、工信部把专项技术论证报告第二轮修订稿按程序上报刘延东和马凯，并抄报科技部、工信部。领导都已圈阅同意。■



编者按：

《翱翔云端的风筝》是胡海林先生以航空先驱人物为题材创作的系列长篇小说《生为蓝天》三部曲的第一部，以“中国航空之父”冯如少年去国，苦学技艺，终于研制出两架飞机，并携机回国，投身辛亥革命洪流的经历为线索，倡导航空先驱的报国情怀，并全景式反映近代美国华人的生存困境。全书情节跌宕起伏，读来令人荡气回肠。本刊从本期起予以摘编，以飨读者。

冯如开始放开手脚，一心一意将全部精力用在了研制飞机上。他夜以继日、通宵达旦地苦干，持续爆发着惊人的能量。

在伍·吉·典农场开会的那天又进行分工调整，朱兆槐负责夯实修整跑道和修建大屋，谭耀能协助。朱竹泉仍然身兼司算与购置材料，张南与司徒恩协助。冯如制完图纸后，黄杞与司徒恩协助装配。大家各司其职忙开后，冯如在东九街359号开始画设计图纸。他几经思

考后，决定放弃原来直接做全尺寸飞机的想法，还是按全尺寸图纸，先做十比一的模型，以此求证平衡性和操纵性。

冯如特意把尼里叫来，想听听他的意见。

冯如拿出自己订阅的一本新创办的杂志《飞行器月刊》，翻开里面一篇文章，对尼里说：“我现在考虑的全尺寸设计方案是金属骨架，三翼面两层机翼串置，一个尾翼组件，两副推进式螺旋桨，起落

方式用四个轮起飞。全尺寸数据，机长15.84m，翼展14.63m，翼面积总计96.619 m²。垂直安定面面积为17.65 m²。整个飞机总重约为331kg。飞机螺旋桨直径2.5m，螺距1.25m，倾角36°。现在我为难的是解决平衡的重心，这篇文章是写法国人埃斯诺解决飞行器的重心与质量分配的问题。我感觉重心是飞行器平衡点的基础。它决定了飞行器的平衡性与操纵性，让所有的力都能达到平衡。”

尼里接过杂志，浏览完文章后问冯如：“你的轴是如何摆布的？”

冯如拿出全尺寸样图，指给尼里看：“总共三条基础轴。这是纵轴，这是两根横轴。”

尼里沉吟思考了一会儿，说道：“我记得在工学院学习力学课程时，老师讲的意大利数学家吉罗拉姆·卡丹发明的平衡环，是基于你们中国汉代一个叫房风的人发明的平衡陀。后来又有一个中国工匠丁缓在房风的基础上，重新发明制造了平衡陀，做出了一种叫‘木火通’的暖炉，这种木制的暖炉，里边由金属器皿盛装燃烧的木炭，无论怎样旋转，里面的木炭都不会散落出来，八百年后，英国科学家罗伯特·胡克才根据平衡陀装置的工作原理，发明了万向接头。”

冯如说：“我知道，我的私塾启蒙老师讲过，那种暖炉从中国明代起民间的老百姓普遍都使用，叫‘卧褥香炉’，也叫‘被中香炉’。你是说——”冯如的手指在三条轴之间的位置滑动，然后一点，说道，“它们之间用陀螺仪装置衔接？”

“是，我觉得可以用卡丹环连接。”尼里回答。

“那我先在模型上试试。”冯如说道。这时门外传来黄杞的大声喝叫：“你是谁？你要干什么？”接着一阵杂乱跑步声，由近而远地消失。冯如与尼里紧接着出门观看，黄杞与司徒恩已经到了门口。黄杞说：“刚刚一个像是爱尔兰的烂仔，鬼鬼祟祟在门口打转转，像是要偷东西似的。我一叫，他就跑了，还跑得飞快，司徒恩都没有追上。”

四人进屋，黄杞接着说：“阿如，你一个人在这里还真要注意，上次奥克兰美迅捷公司的事可把芒森他们得罪狠了。一定要小心他们的报复，马虎不得！”

冯如点点头，指了指椅子边上的斧头，说：“我已经发现经常有人莫名其妙在院墙外朝内张望。你看，我特意备了那把斧头，也准备当一次斧头帮的帮主！”大家闻言一笑后，黄杞问尼里：“我的朋友詹姆斯怎么样了？”

“还好。”尼里回答，“最近他好像回纽约了，要过段时间才回来。”

黄杞问：“他的修理厂录用华工吗？我大儿子跟我学了快一年修理，我感觉他手还灵巧，想让他到大的厂里锻炼几年。”尼里说：“我的所里用工人少，要求美国大学毕业生。詹姆斯那里不知道，我问问他后告诉你。”

黄杞向尼里表达谢意后，又对冯如诉苦道：“做尾舵的木材，我与司徒恩跑遍了加利福尼亚州的几个林场，来回比较、选择，还是没有找到你要的既要重量轻，又要牢固结实的木材。人家说这违背了木材的天然特性，越结实牢固的木材就越重，生长年轮摆在那，轻不了。”

冯如只好向黄杞拱手谢道：“黄叔辛苦了！”然后，指了指图纸说道，“我把尼里请来，就是探讨平衡问题。你想想，天空中虽然畅通无阻，可风比地面大多了，它上下左右地吹，飞机怎么能维持它的平衡呢？这当中，尾部可是至关重要啊！尾翼不是好看的摆设，它必须精密，必须轻量！”

尼里点头，也对黄杞说道：“尾翼，作为飞行器的后部，对飞行器的操控起着非常关键的作用。无论是升降，还是转向，都需要它来有

效地控制飞行器的俯仰与横摆。”

司徒恩听了后，说：“师傅，你放心，我再去寻找吧。反正按计划，还有两个月时间嘛！我拉上朱兆槐到丹佛去一趟，那里是落基山脉最中心城市，各式各样的木材多。”

“做大屋的材料，兆槐他备齐了吗？”冯如问。

“我明天回伍·吉·典农场，现在还不知道呢。”司徒恩回答。尼里走后，黄杞对冯如说：“阿如，这里你一人住着不行，必须让你舅过来陪你，照顾你起居。我年龄大，经历的事多，今天外面窥视的人提醒了我，他可能是小偷，你这里什么最值钱？”黄杞指着桌上一大沓图纸与靠墙码放的比人高的资料说：“这些东西值钱啊！值大钱啊！纽约你被缴了的几本笔记，你硬是花了几个月时间去泡图书馆，又把它摘抄来。这费用要细算有多高啊！再说比尔把图纸拿到黑市去卖，小偷也会偷了去卖啊！这在美国不是司空见惯的事吗？”一席话说得冯如连连点头，黄杞果断说道：“阿如，以后这里必须时刻保持有人，不能像现在一样，你要出去，就锁门走了。这里必须一直有人！”冯如说：“那就让我舅来吧，黄叔你回旧金山跟他说下吧，让他

尽快来吧。我还真要去一趟旧金山，孙维跟我来过电话，要我去趟《大同日报》，《旧金山考察家报》的记者欧文斯也要我去他们报社一趟。不知道是什么事？”

冯如如约先到坐落在联合广场边上鲍威尔街口的旧金山考察家报社。欧文斯下到大楼一层接冯如到他十一层的办公室，从他的办公室能俯瞰联合广场的全景。广场中央高耸的纪念美国海军在马尼拉海湾击败西班牙舰队的纪念碑，虽然在大地震中受损，但已修葺一新。整个广场四周，都是新建商业大楼。小小的联合广场，优雅精致如娴静公园，葱葱郁郁的棕榈、紫杉树环绕着纪念碑，精致地点缀在一片林立的楼群中。

欧文斯递给冯如一杯红茶，说道：“我也爱喝茶，但这是美国生产的苏格兰立顿红茶。”

冯如接过茶杯，说：“谢谢！我也经常喝它，它是将茶叶发酵烘制而成的好茶。”

“是的，从锡兰国的茶园直接运来美国制作的。”欧文斯又从抽屉里拿出二十多封信给冯如，说道，“这是我发表报道你事迹系列文章后收到的部分读者来信，我选了一部分给你带回去看看吧。也有一部分是白人极端种族主义者的来

信，我已经销毁了。这些信也有相当部分是白人写来，对你给予了充分肯定。现在的美国阶级分化太严重，有些表面上看是种族因素，但更深刻地我认为是阶级因素。工业社会，资本家的剥削手段越来越多，远比英国曼彻斯特那些纺织厂的资本家厉害。你看密歇根州底特律的福特汽车公司，自从有了流水生产线，工人就像永不停歇的机器人，一天十二小时必须待在生产线上，连尿都憋流在裤裆里。”欧文斯见冯如瞪着眼睛听他讲话，又微笑着解释道，“我是工人社会运动的信仰者，但我也关注新产业与新技术的到来，我希望由此改善工人与劳动者的待遇，也产生更多的就业。哦，对了，中午我叫了乔治·克拉肯过来，他们《旧金山星期日呼声报》也在附近的邮政街上，不远。我们就在楼下的棒约翰快餐店简单吃点。”中午在棒约翰快餐店，乔治·克拉肯也给冯如带来读者来信，与一份《纽约先驱论坛报》。乔治说：“我是这份报纸的加州特约记者，创始人贝内特是个法国裔的狂热飞行爱好者，所以这份报纸关于航空飞行的报道特别多。今天这份报纸有两篇有意思的文章，都是针对莱特兄弟。一篇描述去年巴西发明家桑托斯·杜蒙特在法国完成了

超过一百六十英尺的公开飞行，威尔伯·莱特却给法国《航空爱好者》杂志编辑写信说，杜蒙特的飞行是芭蕾舞演员的‘跳跃’，还预言没有其他人能在几年内做到飞行超过三百英尺。但威尔伯很快被打脸，几个月后，杜蒙特飞出了七百英尺。另外一篇报道说，莱特兄弟的飞机设计抄袭了兰利的‘空中旅行者’，理由是美国陆军与海军的军械局透露，兰利教授‘空中旅行者’模型与大部分图纸都不见了。”乔治说完，把报纸递给冯如，说：“我带给你的，拿去看看吧。”

冯如接过报纸，粗略浏览了一下，说道：“这应该是不可能的！莱特兄弟被人误解很多，是因为他保密过度，只允许《俄亥俄州日报》的记者布林肯一个人跟踪报道。报道缺乏技术与飞行细节，布林肯也很无奈，莱特兄弟对报道审查很严格。可能是当前美国工业界剽窃成风，专利保护不及预期导致莱特兄弟保密措施过严。”

“有这个原因，莱特兄弟在欧洲搞表演飞行，不让任何参观者接近他们的飞机，都必须站在五十米开外，包括现场采写报道的记者。这引起很多飞行爱好者的不满，所以这篇报道背后肯定有推手，目前莱特兄弟申报专利多

达百项，影响很多想研造飞机的人，迫使别人要购买他们的专利。听说，英国的飞行师肖特兄弟不得不购买莱特兄弟的专利，制造一架飞机参加将来的英吉利海峡的飞渡竞赛。”乔治说道。

欧文斯接着说道：“前不久，《纽约时报》说，莱特兄弟要起诉寇蒂斯与全美空中实验协会（AEA）侵犯他的专利权。有新闻分析说，这是由于美国航空俱乐部设立的1908年度‘科学美国人奖’可能颁给了寇蒂斯与赛尔夫里奇、鲍德温、麦克卡迪他们。他们几个发誓要与莱特兄弟搞设计竞赛，将在‘红翼’与未来的‘白翼’两个型号上超过‘莱特’的A型飞机。”

说到全美空中实验协会（AEA），冯如想起《奥克兰时报》上登的一则消息，说加州成立了“全美空中实验协会加州分会”，是由旧金山的塞缪尔集团赞助成立，便问乔治与欧文斯。他俩都点头，欧文斯说：“是这个集团董事长皮克斯利赞助的，他想在洛杉矶办飞行学校。”乔治补充道：“洛杉矶市政府重视航空，认为这是未来工业制造的皇冠，政府要鼓励发展飞机制造，就像他们鼓励机械工业、汽车工业一样，要在洛杉矶办飞机制造厂。所以塞缪尔集团想从纺织

业转型，加入航空业，这是有眼光的战略选择！”

冯如与乔治、欧文斯在棒约翰快餐店聊了近两个小时，三人才握手告别。赶到唐人街的大同日报社已是下午三点多。孙维带着冯如去见唐琼昌，边走边说：“唐先生一直在等呢！你怎么晚到了呢？”

冯如歉意地笑着解释，自己应约先到了旧金山考察家报社与欧文斯见面聊，后来乔治又来了，三人又在棒约翰快餐店聊航空界的事情，才耽误了时间。进到唐琼昌办公室，唐琼昌高兴地起身与冯如握手，说道：“阿如，你是大忙人，一年多没有跟你坐下来好好谈谈。怎么样？做事还顺利吧？听说研制飞机的事已经干起来了？”说着，从柜子取出一张大画，边展开画边对冯如说：“记得前年过年期间，在张南的中国餐馆吃饭时，我曾说过，你研造飞机时，我要上门庆贺，送一张我最喜欢的画给你！”

画展开，是谢缙泰绘制的《时局图》，图上画着代表俄、英、法、德、美、日等帝国列强的熊、虎、蛙、蛇、鹰和太阳，它们贪婪又野蛮地趴在中国的大地，撕扯分食着丰饶的中国。唐琼昌指着画说：“谢缙泰是开平人，也是华侨，十二岁时就立誓回故国，驱除鞑虏，复兴

中华。他也在旧金山待过，是我的好友，与黄遵宪先生也交好。黄大人被免旧金山领事职务后，他去了香港，追随孙先生，参与了兴中会的惠州起义。”

冯如激动到脸红，对唐琼昌说：“唐先生，我知道谢缙泰，八年前我在绣颜斋照相馆见过他设计的‘中国号’飞艇设计模型图照片。我还曾想着要是能见他定拜他为师，学习数学和手工技艺！他那艘飞艇设计图纸经英国的马克沁推荐给欧洲报纸登载，轰动一时啊！因为它用铝材做艇身，气囊下面的船首、船尾和轮面放置三个马达发动螺旋桨推进，用回旋运动升降原理，解决了飞艇的航空技术问题。”

“是啊！谢缙泰是个人才，是个爱国者，是所有华侨的榜样。你看他的这幅画，寓意是多么深刻啊！形象再现了我们中华民族危机四伏。危机根源是什么？”唐琼昌问冯如，冯如明白唐琼昌的意思，指了指画面上几个昏睡不醒的清朝官吏形象。“对，你很明白。西方列强敢在中国大地上肆无忌惮地侵略，原因是满清的腐败无能。这幅画就像一支无声的警笛，警醒不忍祖国沉沦的爱国者，必须去反抗去搏击！所以，你要研造飞机来壮国体，挽利权，我们支持你！”

孙维端茶过来，又关门出去了。唐琼昌让冯如坐在椅子上，说道：“前段时间，孙文先生来旧金山了解唐人街重建情况，听到你筹资研制飞机的事，兴奋地讲吾国大有人在，立刻想召见你谈话。但考虑到各种因素，决定等你成功之时，专程到现场观摩庆贺。嘱咐我们一定要想办法支持帮助你！”

冯如站起身来作揖道谢，说：“感谢唐先生你送我的这份特殊的礼物，更感谢孙文先生对我的关心！我在纽约听过他的演讲，深受鼓舞，我也当场捐了款。我研造飞机的初心就是由此而来。壮国体，挽利权，固吾国，慑强邻，是其足以救国者，所以若论军用利器，莫过于飞机，我誓言成绝艺以归飨祖国，苟无成，毋宁死！”

“好！”唐琼昌闻言起身，再次紧握冯如的手赞道，“天生之才当救国之任！就像谢缙泰一样，赤胆忠诚为中华民族兴勃也。期待你成功！孙先生殷切盼之。”

冯如从旧金山回到奥克兰东九街359号，已是晚上。进门见到吴英南一脸惊恐不安的神情，吓了一跳，忙问道：“怎么啦？舅舅。”吴英南上前抓着冯如的手，结巴地说：“吓死我了，今天来过两伙贼，把门都撬开了，刚又一个从窗户差

点爬进来了。”

“是华人还是白人？”冯如问。“上午撬门的是黑人，下午翻窗的是白人。”吴英南回答后，又喃喃自语道，“他们想偷什么呀！这里又没有金银财宝，尽是一些你涂涂画画的纸跟你看的书，没有值钱的东西呀？”

冯如安慰过吴英南，又细细看被撬的破损门，说道：“还是黄叔说得对，是小偷想偷我的图纸。”“偷这些书呀纸呀有什么用？又不能卖钱！”吴英南想不明白。冯如说：“能卖钱，而且能卖很多钱。”吴英南听得一愣，着急地问：“那怎么办？你要出去了，我一个老头怎么对付得了贼呀？又不会武功。”冯如说：“明天早上你去伍吉典农场，把朱兆槐或张南叔叫来。”

吴英南点头说好。第二天，张南与朱兆槐便匆匆从伍·吉·典农场赶来东九街359号。路上，他们都知道有贼惦记上了冯如画的图纸。问冯如打算如何防备？冯如说：“也没有别的好办法，只有加固门窗了。”三个人便围着房屋前后转了转，再回到屋内商量。冯如说道：“张叔，你跟房东说说，允许我们把前门堵死算了，从后院墙开门，反正院子已经搭建了工棚，索性改建简易房。除了我舅常住，后面竹泉、

兆槐与司徒恩也轮流来住。”

张南想了想说：“行，我给房东招呼一声，从伍·吉·典农场运些木头与建材来。我反正辞了中国餐馆的司理，我陪表哥在这跟你常住吧。他们年轻人就在伍·吉·典农场场舍住着。”

“现在大屋建得怎样了？”冯如问道。

“建筑材料全备齐了，地基的地面也理得差不多了。估摸着两个月后能使用吧，司徒恩正做着门窗框架。”朱兆槐答道。

张南也说道：“兆槐与司徒恩非常辛苦，没日没夜地干。关秋生与农场的两个工人也在帮忙，木材都是人家帮砍伐的。噢，对了，关秋生也入了一百八十股，说要支持你的造飞机事业。”

冯如惊讶道：“关伯他孩子多，负担重，一直想着要带阿花婶回趟中国，就因为盘缠少，迟迟未能成行。他哪有钱入股呢？还是退钱给关伯吧！”张南说：“关伯就是用回中国的钱入的股。他说要支持你来研造飞机！将来你造的飞机在中国飞，保卫中国的港口，就算他跟阿花回过中国了！”

“太谢谢了！”冯如感动得握紧了拳头，自言自语道，“唯有加快研造，才能报答众位亲朋啊！”■



图 | 王脊梁