

女神有礼 2023

中国商飞 × 宁夏西吉
乡村振兴
文化帮扶商品

中国商飞
官方特许商品
COMAC OFFICIALLY
LICENSED PRODUCT



樱花粉 / 春水蓝 两色可选



刺绣手帕 + 印花镜子

中国商飞新闻中心出品

104

大飞机
JETLINER

2023.02

新中国民航的涅槃成长

- 涅槃中成长的新中国民航
- 俄罗斯《2030年前航空供应商发展战略》浅析
- ARJ21 东南亚市场发展展望



大飞机

JETLINER

02 February

2023.02 | 总第104期

ISSN 2095-3399



9 772095 339235



摄影：范明成



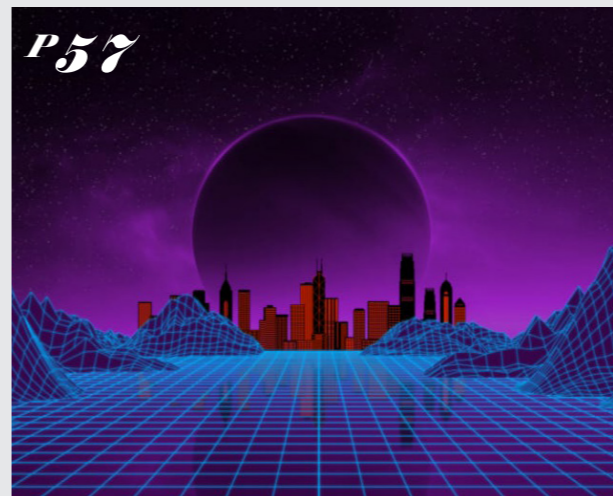
P08



P26



P30



P57



P69

05

卷首语

05 春天到了 | 欧阳亮

06

资讯

08

封面文章

08 涅槃中成长的新中国民航 | 詹东新

16 中国近现代民用机场的建设与发展 | 欧阳杰

22 民机特色与市场开拓 | 杨波

26

航空制造

26 俄罗斯《2030年前航空供应商发展战略》浅析 | 张慧

30 缓步复苏的全球公务航空市场 | 曲小

35 航空业绿色发展新举措 | 刘振敏

39 全球 MRO 市场迎接新挑战 | 任治潞

44

航空运输

44 ARJ21 东南亚市场发展展望 | 祁梦圆

48 转型中的印度航空业 | 张晋

52 低成本航空本质特征再认识 | 郭才森

57 元宇宙为民航业发展带来更多想象空间 | 刘月

60

人物

60 同济大学的“大飞机人” | 吴苡婷

65

科普

65 航空事故如何“破案” | 任和

69

漫话航空

69 前苏联第一架喷气式客机：图-104 | 乔善勋

74 世界商用飞机进入喷气时代——世界商用飞机发展简史（五） | 王思磊



▼ 本期导读

民航是经济复苏的先行指标。春运期间，北京共保障进出港旅客 818 万人次，居全国首位，上海、成都分别以 813.6 万人次、705.7 万人次排名第二、第三位。这一排名既符合北京、上海在全国经济版图上的中心地位，也彰显了作为天府之国的四川的经济韧性。

不仅在 2023 年头两个月中可以把民航客运看成经济复苏的先行指标，即使从共和国的历史纵深来看，仍然可以把民航客运看成全国经济发展的晴雨表。建国初，全国经济“一穷二白”，民航更是只能以“两航起义”北飞的 12 架飞机起步。经过几十年的发展，到 1978 年底，中国民航有了 78 个机场（许多是军民合用）、144 架运输飞机、364 架通用飞机。1987 年，以航空公司与机场分设为特征的民航管理体制方案出台，六大国有骨干航空公司成立，实行自主经营、自负盈亏、平等竞争。2005 年，民营资本进入民航领域，奥凯航空于当年 3 月 11 日成功首航。之后，春秋、东星、吉祥、鹰联、西部和华夏航空等民营航空公司加入市场，中国民航迎来了大发展。

封面摄影：贺明



- 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

2023 年第 02 期 | 总第 104 期 | 02 月 28 日出版

中国标准连续出版物号

ISSN 2095-3399 CN 31-2060/U

主管主办 中国商用飞机有限责任公司

出版发行 上海《大飞机》杂志社有限公司

编委会

主任 贺东风
常务副主任 周新民
副主任 谭万庚
委员 赵九方 吴永良 郭博智
魏应彪 张玉金
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 周逸云
美术编辑 卢之萍 刘晓雨 刘伟

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 吴崧 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 上海大邦律师事务所

卷首语

春天到了

文 | 欧阳亮



目前，我国国内航线已经快速复苏，国际航线随着政策的调整也在逐步复苏中。相信随着疫情的退去，中国民航会登上更高的高峰。

当大家都担心春节期间因人群流动性大增而可能导致疫情扩散时，病毒却“静默”了，中国人民迎来了一个久违的、可以随意出游的长假，堵车、排队、人山人海等种种以前叫人糟心、现在令人欣喜的现象又都回来了。以消费为代表的经济以肉眼可见的速度快速复苏。

民航是经济复苏的先行指标。数据显示，今年春运期间，中国民航累计完成旅客运输量 5500 多万人次，同比增长 39%；保障航班 53.6 万班，同比增长 15%。总体来看，今年春运期间旅客运输量和航班量虽与 2019

年同期相比仍有一定差距，但已显著高于 2020 年至 2022 年。

从城市来看，春运期间，北京共保障进出港旅客 818 万人次，居全国首位，上海、成都分别以 813.6 万人次、705.7 万人次排名第二、第三位。这一排名既符合北京、上海在全国经济版图上的中心地位，也彰显了作为天府之国的四川的经济韧性。

其实，不仅在 2023 年头两个月中可以把民航客运看成经济复苏的先行指标，即使从共和国的历史纵深来看，仍然可以把民航客运看成全国经济发展的晴雨表。建国初，全国经济“一穷二白”，民航更是只能以“两航起义”北飞的 12 架飞机起步。经过几十年的发展，到 1978 年底，中国民航有了 78 个机场（许多是军民合用）、144 架运输飞机、364 架通用飞机、150 条国内航线、12 条国际航线，通航 14 个国家。1987 年，以航空公司与机场分设为特征的民航管理体制方案出台，六大国有骨干航空公司成立，实行自主经营、自负盈亏、平等竞争。2005 年，民营资本进入民航领域，奥凯航空于当年 3 月 11 日成功首航。之后，春秋、东星、吉祥、鹰联、西部和华夏航空等民营航空公司加入市场，中国民航迎来了大发展。

中国民航局发布的数据显示，截至 2020 年，我国旅客运输量已经连续 15 年稳居全球第二；大型网络型航空公司国航、东航、南航均已进入全球 25 强；以京津冀、长三角、粤港澳、成渝四大机场群和国内十大国际航空枢纽、29 个区域枢纽为骨干，以非枢纽和通用航空机场为重要补充的现代化国家综合机场体系已基本建立；空管年度保障航班起降架次突破一千万。

目前，我国国内航线已经快速复苏，国际航线随着政策的调整也在逐步复苏中。相信随着疫情的退去，中国民航会登上更高的高峰。



01

01 《质量强国建设纲要》部署提高航空服务能力和品质

2月，中共中央、国务院印发了《质量强国建设纲要》。《纲要》中明确了增加优质服务供给的要求，提出促进生活服务品质升级，包括推动航空公司和机场全面建立旅客服务质量管理体系，提高航空服务能力和品质。

02 2023 年春运民航运输旅客 5523 万人次

2月16日，民航局新闻发布会消息，自1月7日至2月15日，春运40天，民航运输旅客5523万人次，日均客运量138万人次，同比去年春运增长39%，恢复至疫情前（2019年）的76%。保障航班53.6万班，日均1.3万班，同比增长15%，恢复比例超过八成。

03 A321XLR 完成高寒试验

2月25日，空客发布消息称，其超远程型A321XLR原型机在加拿大伊魁特完成了高寒试验返回图卢兹。伊魁特位于北冰洋东大陆边缘，A380和A350-1000曾在该地进行高寒试验。



02



03

04 UAC 获得 71 架俄产飞机确认订单

2月16日，俄罗斯国家技术集团表示，UAC已获得71架俄产飞机的确认订单。2023年至2025年，UAC将通过租赁公司向俄航交付63架飞机，包括34架SSJ-New、18架MC-21和11架图-214，将向俄Aurora航空交付8架SSJ-New。

05 波音金融公司将并入波音民机集团

据《航空金融》杂志报道，波音金融公司（BCC）将并入波音民机集团。BCC是提供资产融资和租赁服务的融资公司，帮助解决波音民机集团以及波音防务、空间与安全集团的客户在购买及接收波音产品时的融资需求。目前BCC拥有、管理和订购的飞机约181架。

06 波音暂停交付 787 飞机

2月23日，波音787因Spirit Aerosystems重新设计的前压力隔板出现工程分析错误再次暂停交付。787项目此前已暂停交付2次。2020年10月，因发现存在复材机身生产质量问题而暂停交付，直至2021年3月恢复交付。2021年5月初，又因波音与FAA未就解决787生产问题的方式和检查范围达成一致，787再次暂停交付，直至2022年8月恢复交付。

07 日本国产支线飞机研发停止

2月7日，日本三菱重工业公司宣布，彻底停止喷气式支线客机SpaceJet（原名MRJ）的研发。这标志着历经10余年、投入巨额研发经费的日本首款国产喷气式支线客机项目正式宣告失败。



07



04



06

08 巴航工业发布 2022 年业绩

巴西航空工业公司最新公布2022年成绩，去年全年，巴航工业累计交付159架飞机（含57架商用飞机和102架公务机），交付量比2021年增长12.7%。其中，第四季度交付80架飞机，占全年交付量的一半。截至2022年12月31日，巴航工业确认订单储备价值达175亿美元。

09 罗罗公布 2022 年业绩

2月23日，罗罗公布其2022年全年收入为126.91亿英镑，基础营业利润为6.52亿英镑。罗罗称，增长主要来自民用航空和动力系统业务。

10 庞巴迪发布 2022 年业绩

2022年，庞巴迪交付公务机123架，销售额69亿美元，利润9.3亿美元，售后服务收入总额15亿美元；与2021年相比，多交付3架，营业额增长14%，利润增长45%，售后服务收入增长22%。

新中国民航 成长的 涅槃中

文 | 詹东新

图 | 徐炳南

虽然起步艰难，但到 2022 年底，中国已经是拥有 65 家航空公司的全球第二航空大国，中国民航对全球航空运输增长贡献率超过 25%，居世界第一位；曾创造了全球最好的飞行安全记录；连续六次在国际民用航空组织当选第一类理事国……抚今追昔，来路多艰，又波澜壮阔。

12 架飞机起步

新中国民航成立时，只是一个虚壳，没有一架属于自己的飞机。1949 年 11 月 9 日，原中国航空公司和中央航空公司在香港宣布起义，两航（中国航空公司、中央航空公司）总经理刘敬宜、陈卓林率香港员工及 12 架飞机从香港飞回内地，成为新中国民航最初的“家底”，这就是著名的“两航起义”。其中一架康维尔 240 型飞机作为带队机，由机长潘国定驾驶飞

抵北京西苑机场。这是新中国民航拥有的第一架飞机。毛泽东主席为它亲笔题写“北京”号——毕竟，由国家最高领导人命名的机会屈指可数。

1950 年 8 月 1 日，天宇澄澈，潘国定机长驾驶“北京”号在欢呼声中从广州起飞，经停汉口抵达天津，用时 7 小时 40 分钟。这是新中国民航最早开辟的国内航线，史称“八一开航”。

早在 1949 年 11 月 2 日，新中国成立刚过一个月，中共中央就研究决定，在人民革命军事委员会下设民用航空局，受新成立的空军司令部领导。11 月 24 日，周恩来总理批示中央财政经济委员会主任李富春：兹规定军委民航局在行动上由空军司令部指挥，在业务上归中财委领导，并请你主管。

不过，民航在“军管”还是“民管”上也出现过几次反复。



1958年2月27日，国务院通知：中国民用航空局自本日起划归交通部领导。3月19日，经全国人大常委会批准，中国民用航空局改为交通部部属局。1960年11月17日，国务院编制委员会原则通过，中国民用航空局改称交通部民用航空总局。1961年4月，中共中央、国务院决定将中国民用航空总局由交通部属改为国务院直属局，除了财务以外，其业务、党政、干部等均由空军全权管理。时任空军司令员刘亚楼说，空军管民航可以，但财务不能管，一管就乱了。

1963年4月13日，中央军委办公厅通知空军党委，同意调整民航的各级机构设置。此后，空军开始对民航除财务外的全面管理。

1964年4月29日下午，一架来自巴基斯坦的波音707客机降落在虹桥机场跑道上。这是在中国大地上出现的第一架西方飞机。后来，我国逐步引进了波音707、英国“三叉戟”等喷气飞机，打破了苏式飞机一统天下的局面。

从新中国成立至20世纪70年代末，受限于当时的整体环境，中国民航运输业

发展缓慢。1978年底（改革开放前），中国民航只有78个机场（许多是军民合用）；150条国内航线、12条国际航线，通航14个国家；144架运输飞机、364架通用飞机，其中干线客机17架；大小飞机的各类飞行员1000多名；当年民航运输总周转量2.99亿吨公里，运输旅客231万人次，货邮运输量6.4万吨。

在那个特殊的时代，许多事情明显带着国情特色和时代烙印。民航飞机是一种交通工具，又不只是交通工具，并不是谁想坐就能坐的。它是身份的象征，开始只有县（团）级以上的干部才能乘坐，即便到了至20世纪80年代，也必须持有县（团）级单位的介绍信才能购买机票，乘机出行目的也以公干为主，“飞机少、航线少、票价高”的特点非常明显。

改革孕育六大航

随着国门的渐渐打开，中国民航政企不分，机场、运输、空管合一的体制越来越不适应形势的发展，严重束缚和国际航空运输的联通；民航“出行大众化”任重道远，“飞入寻常百姓家”还是一句挂在嘴边的遥远口号。

发展倒逼的改革大潮终于到来。这轮改革从20世纪80年代开始，以政企分开、政资分开、组建六大航为重点拉开大幕。不过，由于本轮改革动摇了原有的体制、机制根基，各种不同意见和阻扰多、难度大，远比原来的计划耗时，从改革开放起始，横跨二十多年，直至2002年才尘埃落定。

1978年10月9日，邓小平指示中国民航要用经济观点管理。1980年2月14日，他又明确指出：“民航一定要企业化。”同年3月5日，国务院、中央军委联合发出《民航不再由空军代管的通知》，决定

中国民航脱离空军建制，改为国务院直属机构，实行企业化管理。

1980年上半年，中国民航人脱下军装，彻底脱离军队建制。但是，新的民航业要适应市场环境，和国际接轨，应对国际民航市场、航权等多方面的竞争，仅此还远远不够。

1987年3月，民航管理体制方案出台，进行以航空公司与机场分设为特征的体制改革，组建六大国家骨干航空公司，实行自主经营、自负盈亏、平等竞争。航空运输服务保障系统也按专业化分工的要求进行了相应改革。

六大航司分别为中国国际航空、中国南方航空、中国东方航空、中国西南航空、中国西北航空、中国北方航空。其中位于首都的中国国际航空成为了中国民航的“接班人”，中国民航将三字代码、大部分大飞机给了国航，国航因此成为中国唯一一个可以载旗的航空公司。

六大航成立后，国航总部设在北京首都机场（PEK），东航总部在上海虹桥机场（SHA），南航总部在广州白云机场（CAN），西南航空总部在成都双流机场（CTU），西北航空总部在西安西关机场（SIA，现已迁到咸阳，缩写XIY），北方航空总部在沈阳桃仙机场（SHE）。

新成立的六大航在各自的航线上经营市场，拓展业务，既独立发展，又相互竞争，全国的航班及客流量以每年两位数的速度增长。

1993年，中国民用航空局改名为中国民用航空总局（CAAC），属国务院直属机构。12月20日，中国民用航空总局的机构规格由副部级调整为正部级。

民营航司异军突起

2000年前后，由于民航票价高，油



价低，利润多，吸引了全国乃至全球的目光。更为重要的是，我国加入WTO后经济高速发展，黄金十年积蓄了巨大的市场红利，为迅速膨胀的民营资本进入民航运输业提供了强大动力和充分信心。

2005年，为鼓励和支持民营资本投资民航业，国务院颁布实施了“非公36条”，民航总局则发布了《国内投资民用航空业规定（试行）》。这是两部影响深远的文件，也是我国首批促进非公有制经济发展的系统性政策文件。

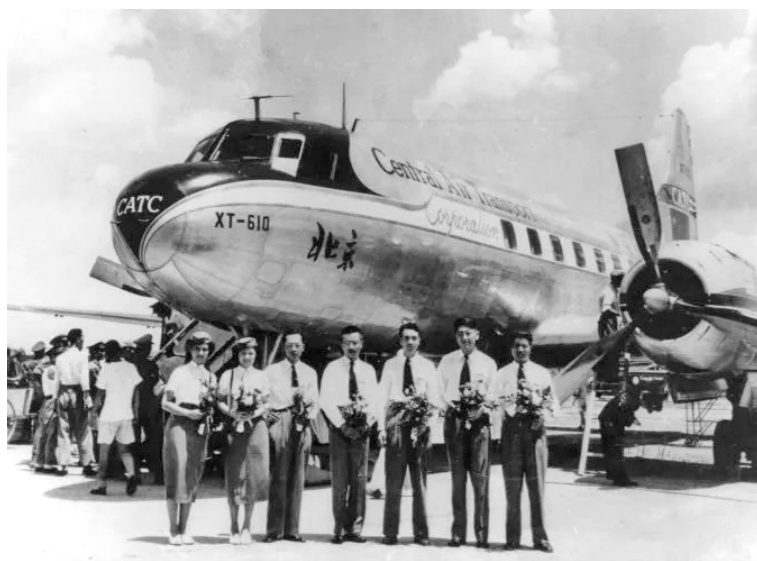
2005年3月11日，顶着“报春第一枝”光环的奥凯航空实现首航，标志着我国第一家民营航司正式进入市场。此后陆续有春秋、东星、吉祥、鹰联、西部和华夏航空等民营航空公司加入市场，由此催生了国内第一轮民营航空热潮。短短两三年时间，随着资金的不断涌入，先后有近20家民营航空公司飞上蓝天。

春秋航空2005年7月首航，由上海春秋旅行社的王正华创办。春秋航空一开始就定位于“廉价航空”，墨绿的色调让人联想到当年的绿皮火车。近二十年的经历证明，春秋航空的成功自有它的道理，比如，挎着小篮卖“香烟瓜子火腿肠”，民航失信“黑名单”也由春秋航空率先执行。

2005年7月18日上午9时15分，中国首家低成本航空——春秋航空公司的首个航班，编号为B-6250的空中客车320-214型客机，满载180名旅客从上海虹桥机场直飞烟台。

图 | 文汇网

1950年8月1日，“北京”号机组在广州白云机场起飞前合影，左五为潘国定。图 | mil.ifeng.com



吉祥航空的创办人为王均瑶兄弟。王均瑶 16 岁离开家乡在长沙做五金小生意，1991 年因倍感春节返乡困难，花了 8 个月时间，盖了一百多个公章，实现了长沙至温州间的包机服务。2002 年，均瑶集团投资 3.5 亿元收购宜昌三峡机场，并在同年买下上海“金汇大厦”，改名“上海均瑶国际广场”。2004 年，弟弟王均金接手均瑶集团管理，并于 2005 年成功地将王均瑶生前打造的“天龙包机公司”晋升为真正的航空公司，定名为“吉祥航空”。2006 年 9 月首航，是我国第五家民营航司。

东海航空也算是“民营航空第一拨”。东海航空的前身是“深圳捷晖货运航空有限公司”，成立于 2002 年 11 月，2006 年 9 月实现首航，但当时是货运航空。2015 年，东海航空改为客运航空，目前拥有 20 架波音 737 客机。

随着民航业年均两位数的爆发式增长，人员、技术、空域等保障能力不足问题日益突出。2007 年 7 月，为抑制行业过快增长，民航局决定在 2010 年之前暂停受理新设立航空公司的申请。次年，突如其来的全球金融危机爆发，引发全球经济衰退，民航业受到重创，国内民营航司也是寒风骤起，深刻体会了现实的残酷。除春秋、吉祥外，东星、鹰联等民营航空公司接连破产或被收购。

2010 年，民航业逐渐走出危机阴影，但在民航局设定的“暂不受理新航企申请”闸门即将开启之时，发生了“8·24”伊春空难，民航局紧急踩刹车，不但继续停止审批新设航空公司申请，对于已批准筹建的新设航空公司也采取了更严格的管理手段。新设航空公司这道门又紧锁了三年。2013 年 5 月，民航局才相继批准瑞丽、青岛两家航空公司筹建，再度开闸新设航空公司申请的审批。至 2014 年 7 月，一年时间就有包括九元、龙江、圆通在内的五家民

营控股航空公司密集获批，掀起了国内航空市场第二轮民营航空热潮。

目前，我国 65 家运输航司中，有国有控股航司 38 家，民营航司 12 家，另有 38 家公私合营航司。

在十多年的发展历程中，中国民营航空公司由于起步晚，在航线、资金、市场、规模等方面均存在劣势，几经市场淘洗，几家欢乐几家忧愁，许多企业已经走向亏损、破产，但仍有不少航司展现出了发展韧性和昂扬生机。在全球航空业遭遇疫情重创的特殊时期，部分中国民营航空公司凭借市场危机意识和灵活的体制机制优势，率先实现了复苏，在疫情下“逆风高飞”，并在 2023 年疫情后迎风飞扬。

成本控制是春秋航空的法宝，据媒体报道，春秋航空连除冰机也不舍得买，是自己想办法除冰——节俭朴素的作风为春秋航空换来了高速发展，公司创始人王正华出国住地下室、办公室像鸽子笼成为业界美谈。春秋航空目前已拥有 80 多架飞机，清一色的“空中客车”。从机队规模看，春秋是目前我国最大的民营航空公司，即使在疫情期间，也表现出出色的盈利能力。

吉祥航空在 2015 年成功“下崽”，在广州成立了九元航空，定位为廉价航空。九元航空订购了 30 架波音 737 飞机。经过十多年的发展，吉祥航空已拥有飞机 67 架，是我国第二大民营航空公司。借助上海经济的高速发展，吉祥航空在东航、上航和春秋的夹缝中杀出了一条血路，并在某些领域成功地实现了对春秋航的超越。

2018 年 10 月 20 日，中国的民营航空迎来了第一架宽体客机——吉祥航空首架波音 787 客机平稳降落上海浦东机场。

与客运相比，民营货运航空公司相对舒坦。顺丰、圆通、龙浩都已盈利，友和道通折腾了很多年，如今也开始改装新货机了。

三大航鼎足而立

说起中国航司，怎么也绕不开“三巨头”，即国航、东航和南航。大数据显示，在国内坐飞机，每三张客票就有两张来自这三家航空公司。

原先的六大航成立后，经过十多年的高速发展，我国民航管理体制、运行机制方面的一些深层次矛盾和问题开始显现。主要表现在：政企难分、行政垄断，运输能力布局分散，成本居高不下，价格形成机制不合理，多数机场长期亏损，航空企业过度竞争，资产负债率高，外债负担沉重，服务质量不高，建立现代企业制度进展缓慢。这些问题严重制约了民航业的可持续发展，尤其不能适应完善社会主义市场经济体制的要求，不能适应加入 WTO 后国际航空业激烈竞争的需要。鉴于此，国务院决定对中国民航业再次重组。2002 年 3 月，国务院正式出台《民航体制改革方案》。

这次改革的主要目标：政企分开，转变职能；资产重组，优化配置；打破垄断，鼓励竞争；加强监管，保证安全；机场下放，属地管理；提高效率，改善服务。其中，重中之重是“联合重组航空运输公司”。具体方案是对民航总局直属的航空公司进行联合重组，实行政企分开，形成三家大型航空集团公司。鼓励其他航空公司在自愿的基础上，根据建立现代企业制度的要求，联合重组为新的航空集团公司，或进入三大航空集团，也可以独立自主发展。

以中国国际航空公司为主体，联合中国航空总公司和中国西南航空公司，组建中国航空集团公司。以中国东方航空集团公司为主体，联合中国西北航空公司和云南航空公司，组建中国东方航空集团公司。以中国南方航空集团公司为主体，联合中国北方航空公司和新疆航空公司，组建中



图 | 国南方航空集团公司。

图 | 张明

2002 年 10 月，三大航重组完成，与民航总局脱钩，划归国资委管理。至此，中国民航市场由“三大航空公司——国航、东航、南航”三足鼎立的格局正式形成，并延续至今。

在三巨头里，国航成立最早，承担的历史使命也多，是中国民航各种重大节点的直接“缔造者”和“见证人”，中国唯一载国旗飞行的民用航空公司、亚洲唯一航线网络覆盖全球六大洲的航空公司、国内第一家推出常旅客计划的航空公司、国内唯一一家连续 12 年入选世界品牌 500 强的民航公司……这些都是国航背景、能力和使命的直接写照。

国航的前身中国国际航空公司，成立于 1988 年。中国国际航空公司的前身——民航北京管理局飞行总队成立于 1955 年 1 月 1 日。2002 年 10 月 28 日，中国国际航空公司联合中国航空总公司和中国西南航空公司，成立了中国航空集团公司，并以联合三方的航空运输资源为基础，组建新的中国国际航空公司。

2004 年 9 月 30 日，经国务院国有资产监督管理委员会批准，作为中国航空集团公司控股的航空运输主业公司，中国国

际航空股份有限公司（简称国航）在北京正式挂牌，继续保留原中国国际航空公司的名称，并使用中国国际航空公司的标志。

2011年，国航与国泰航空有限公司货运合资项目正式完成，股权重组后的中国国际货运航空有限公司2011年5月6日在京举行开业庆典。合资后，中国国航持有中国国际货运航空51%的股权，国泰航空持有25%的股权及24%的经济权益。

2022年6月14日，中国国航和山航同时发布公告，国航、山航集团、山航股份和山钢金控签署了股权转让及增资框架协议。根据框架协议，国航拟受让山钢金控持有的山航集团股权并拟向山航集团增资；拟与山航集团的其他股东进一步沟通并确定对山航集团的投资安排。

中国东方航空股份有限公司前身为1988年成立的中国东方航空公司。1957年1月，原民航上海管理处筹建成立上海解放后第一支飞行中队，该中队随后历经数次整合扩编和名称更迭，变身成为民航上海管理局飞行五大队。

1988年，按中国民航管理体制改革方案，中国东方航空公司在原第五飞行大队的基础上组建，该队伍的其他分支先后划归新成立的中国东方航空公司。

1994年12月31日，以原东航上海总部和子、分公司整体改制为股份公司，其他没有关联的全资子公司及在合资企业中的全部股权从东航分立成为东方航空集团公司。集团公司作为唯一发起人以发起方式设立中国东方航空股份有限公司。

2002年，中国东方航空股份有限公司在原中国东方航空集团公司的基础上，兼并中国西北航空公司，联合云南航空公司重组而成，是国务院国资委监管的中央企业，我国三大骨干航空运输集团之一。

东航先后完成了五次大并购：2002年，中国西北航空并入中国东方航空；

2002年8月，武汉航空与中国东方航空合并，成立中国东方航空武汉有限责任公司，运营基地迁至天河国际机场；2002年10月，云南航空与中国东方航空联合重组，更名为中国东方航空云南分公司；2010年，东方航空换股吸收合并上海航空的联合重组顺利完成；当年，随着东航与上航联合重组，中国联合航空加盟东航。

中国南方航空的业务最早可追溯至1950年5月，中国民航局在广州设立南航的前身——军委民航广州办事处，并于1959年1月正式成立民航广州管理局，负责中南五省（广东、广西、湖南、湖北、河南）的航空客货销售。

1987年，中国民航局重组，将其业务部门分拆为四个主要的航空公司，其中民航广州管理局下辖“中国南方航空公司”，并于1991年2月1日正式挂牌成立，作为民航广州管理局在进行业务经营活动时对外使用的名称。在此期间公司逐次开展了对外交流及拓展业务。

1990年，南航与香港和记黄埔、美国洛克希德公司共同组建了“广州飞机维修工程有限公司”（GAMECO）。

1993年1月，中国南方航空公司被国家批准更名为“中国南方航空（集团）公司”，并以公司为核心企业组建中国南方航空集团。2000年8月4日，南航率先收购中原航空；次年又先后收编新疆航空、中国北方航空及其下属北亚航空和天鹅航空的国内业务。此外，南航还持有厦门航空的51%股份，重庆航空的60%股份，四川航空的39%股份。

2012年9月24日，南方航空与国企河南民航发展投资有限公司订立合资协议，成立中国南方航空河南航空有限公司，以拓展在河南的航空及配套业务，南航出资36亿元，占合资公司60%的权益，合资公司的经营期限为20年。

2017年3月，中国南航与全球最大的航司美国航空在广州正式签署《框架协议》、《股份认购协议》及系列商务合作协议。双方以此为起点，逐步建立长期、全面的战略合作伙伴关系，将航线网络延伸至中国和美国境内更多的城市，为旅客提供更便利和多样化的旅行选择，开启了大型航企跨国合作新篇章。2018年1月，南航和美国航空开始代码共享，次年3月，双方开展全网络的常旅客合作，在双方的全航线网络内为双方会员提供里程累积和免票兑换权益。

三大航里，南航规模最大，运输旅客最多，市场化程度也最高。南航拥有飞机数量已超过800架，居亚洲第一、世界第三，为“一带一路”沿线最大航空承运人，而且继续保持国内民航最好的安全纪录。

第二民航大国

目前，我国正处在从航空大国向航空强国的跨越发展中，机遇与挑战同在。对标民航强国的八个基本特征和当今世界民航业发达的十多个国家，中国民航有五个特征居于世界前列：国际化、大众化的市场空间；国际竞争力较强的大型网络型航空公司；布局功能合理的国际航空枢纽和国内机场网络；安全高效的空中交通管理体系；先进、可靠、经济的安保和技术服务保障体系。

中国民航局副局长董志毅2021年8月24日在国务院新闻发布会上介绍，截止到2020年，我国旅客运输量已经连续15年稳居全球第二；我国大型网络型航空公司，即大家熟知的国航、东航、南航均已进入全球25强；以京津冀、长三角、粤港澳、成渝四大机场群和国内十大国际航空枢纽、29个区域枢纽为骨干，以非枢纽和通用航空机场为重要补充的现代化国

家综合机场体系已基本建立；空管年度保障航班起降架次突破一千万。

综上所述，我国民航发展的水平与全面建成小康社会是相适应的，但也还存在着许多不足和短板，特别是在通用航空发展、国际民航话语权和行业创新能力等方面，还处在起步阶段，这将是以后的主攻方向。

未来一个阶段，中国民航将构建“五个一”工程——出行一张脸、物流一张单、通关一次检、运行一张网、监管一平台。出行一张脸：通过行业各主体之间以及与其他交通方式之间共享与合作，实现旅客“刷脸出行”，全流程引导；旅客所交运的行李全流程可视，旅客在家可以安心享受行李到门的服务；旅客出行一键化定制“航空+服务产品”；民航与旅游、餐饮等服务深度融合，进一步丰富旅客的出行体验。航空物流一张单：通过提高航空物流设施的自动化水平，实现航空货物运输全程“可视、可测、可控、可响应”，简化航空物流流程，缩短物流时间，降低物流成本。旅客通关一次检：实现安检、海关、检疫一次通关，不同交通方式换乘“一次安检”，实现中转旅客通程联运和行李直挂，使旅客享受无缝隙、无感化的出行体验。航班运行一张网：构建全面感知、泛在物联、人机协同、全球共享的新一代航空运输系统，以航空器运行为核心，以秒级管控为最终目标，推动数据流、业务流、信息流等各类资源要素有机融合，使整个航空运输系统更加协调高效，航班更加准点，运送的货物更加及时。行业监管一平台：以提高监管效能为目标，实现数据互通共享，丰富监管手段，实现精准监管，让旅客出行更加安心、放心、舒心。■

中国近现代民用机场的 建设与发展

文 | 欧阳杰

自 1910 年北京南苑建成第一个机场以来，我国近现代民用机场建设已有上百年历史，其发展历程大体可分为四个阶段：即近代的初创阶段（1920 ~ 1949）；计划经济时期的曲折探索和发展阶段（1949 ~ 1980）；改革开放后的建设高潮阶段（1980 ~ 1999）以及进入 21 世纪以来的发展成熟阶段（1999 至今）。

首都国际机场
图 | 陶冉



抗战全面爆发前的 草创阶段（1910 ~ 1937）

我国机场的草创时期跨越清朝末年、北洋政府时期和南京国民政府时期三个阶段。1910 年 4 月至 7 月，清朝军谘大臣载涛率团赴法、美、俄等国考察军事建设，对巴黎南郊伊西莱穆利诺机场的飞行表演和首位飞越英吉利海峡的法国飞行员路易斯·布莱里奥的讲解触动很大。同年 7 月，清朝军谘府便在北京南苑五里甸毅军练兵场内始建中国第一座机场和飞机机库，并从法国购进了一架法曼式飞机及其维修设备。

1920 年初，北洋政府交通部筹办航空事宜处拟订在全国开辟五大航空干线的“航空路线计划图”；同年 6 月，北洋政府国务院航空事务处拟订了拥有 5 条重要干线、12 条次要干线、8 条支线的“原定全国航空线计划总图”。1920 年 5 月 7 日，北洋政府首次开通了京沪航线北京—天津段，此为近代中国民用航空业之发端。次年又在上海虹桥建设第一个官式航空站，包括办公室、机库、油库等建筑群。北洋军阀混战期间，各省军阀为争夺地盘，竞相组建空军和大肆修建军用机场，先后在保定、清河、郑州、长沙、昆明、上海、济南等地建成数十座机场。

南京国民政府成立后，我国的民用航空运输业得到较快发展。1929 年 5 月，国民政府交通部成立沪蓉航线管理处，并在长江沿线的南京、汉口、宜昌等地设有水

上民用机场。1930 年 ~ 1936 年间，中国、欧亚以及西南三大航空公司先后开辟了 9 条国内航线和 1 条国际航线，主要设有北平（北京）、天津、上海龙华、上海虹桥、汉口、广州、厦门、成都、重庆、贵阳等 14 个航空站。其中，1933 年开通了中国第一条国际航线（广州—越南河内）的广州石牌跑马场机场可谓是中国首个国际机场。1936 年，全国开通民用航线的机场为 47 个。抗战前，全国机场总数已达 262 个。

抗战期间的 停滞阶段（1937 ~ 1945）

抗战期间是军用机场建设的高峰期，无论国统区还是沦陷区都建设了大量的军用机场，而民用机场建设则处于停滞状态，国统区仅在陪都重庆的白市驿和九龙坡、昆明巫家坝等机场有少量的民用设施建设活动。1939 年，苏联在西北国际通道沿线的新疆伊犁、乌鲁木齐、哈密以及甘肃酒泉等地援建了一系列机场，用于引进援华的军用飞机以及供中苏航空公司开通哈密—迪化—伊犁—阿拉木图的国际航线。另外，日伪当局在沦陷区的大连周水子、长春大房身以及南京明故宫等机场也建有一些候机室、指挥塔台及机库等军民合用设施。

抗战中后期，国民政府的机场建设重心转移至以重庆陪都为核心的中西部地区，为了强化对日空中作战以及物资与人员的运输，在美国的技术及资金援助下，

结合“驼峰航线”和“特种工程”等项目在西南各省兴建了数量众多的军用机场。至1939年，国民党空军已拥有航空总站13个，航空站121个。其中民航在国统区使用的机场主要有广州、汉口、西安、昆明、成都、重庆、兰州、迪化（乌鲁木齐）等20多个。在沦陷区，为满足侵华及对苏作战的需求，侵华日军持续修建了大量军用机场，仅伪满洲国便先后建有上百个军用机场，其中供满洲航空公司使用的军民合用机场就有60多个。

抗战胜利后的 相对成熟阶段（1945～1949）

1945年抗战胜利后，纳入中国空军编制的航空总站有16个，航空站则有154个。1947年1月，南京国民政府交通部民航局成立，逐步接收由国民党空军移交的21个军用机场，并指定上海、广州、天津和昆明等4个机场为国际民航飞机入境机场。随着空中霸王式、DC-4四引擎客机等大型运输机的引入和越洋国际航线的开通，这时期重要的机场建设规模和设施标准都尽量与国际民航组织的机场标准规范接轨，其中上海龙华、南京大校场两大机场的水泥混凝土跑道均按照国际B级机场标准建设，可供美制DC-4型运输机起降，而其他大部分机场仅可起降DC-2、DC-3型等中小型运输机，机场设施设备相对简陋。这时期的民航运输业发展较快，中国航空公司使用的航线机场最多时达30个，中央航空公司开航的机场最多达23个，民航空运队则使用过15个民用机场或军用机场。

近代中国机场建设的主要特征

近代中国的机场建设数量众多，分

布范围较广，据1950年5月统计，全国各地共计接收了542个机场。这时期的机场占地规模小、建设标准低，多为无铺装的碾压土质场面，1930年代后才逐渐出现泥结碎石跑道。机场导航设施简陋，仅靠悬挂风斗或临时铺设T字布指示降落方向，大部分机场仅可供中小型军用飞机起降。

机库是机场最早的专业建筑类型；1920年代末大量开通民用航线后，用于旅客休息候机的小型候机室开始出现；抗战胜利后，综合性的航空站建筑逐渐成为民用机场标志性的主体建筑，融合了候机、空中指挥、办公等诸多功能。这时期新建的龙华机场航站大厦为当时远东地区最大的、最具有现代意义的航站业务和客货运综合楼，其建筑面积约为7500平方米，同期新建的广州白云机场航站大厦建筑面积则约有2000平方米。这两座至今遗存的航站大厦是见证中国近代民用机场发展史的里程碑式建筑。

外忧内患的时局使得中国近代航空业普遍是“重飞机引进，轻机场建设，重机场数量，轻机场质量”，近代民用航空业则是“航线开开停停，机场修修补补”。大部分的机场工程因陋就简，仅是土方工程和场地平整，为此近代机场建设普遍采用“人海战术”。例如，1944年5月，四川省先后动员29县的50多万民工耗时半年完成川西“特种工程”项目，即以原始的工具如期抢建完成了当时世界上最先进的轰炸机和驱逐机机场群。

近代机场工程也是血泪交织的苦难产物，机场建设具有时间跨度大、数量多、任务重、工期紧和潜在危险大等特性，这些特性使得机场成为民众因非战争而死亡的最为频繁的地方之一，不少民工因施工劳累、工程伤亡事故、飞机起降以及日军飞机的频繁轰炸等因素而死。

国民经济恢复时期和第一个 五年计划时期（1949～1957）

1949年11月9日发生的“两航”起义为新中国民航建设奠定了前期的物质基础和技术力量。次年8月1日，军委民用航空局便首次开辟了天津—北京—汉口—广州和天津—北京—汉口—重庆两条航线，开启了新中国民航发展之路。

这时期民航的首要任务是保障政府和军事人员交通和国际交往的需要，客货运输还在其次。为了满足开航需求，民航局专门成立了“空港建设委员会”，先后下设北京（孙河）、天津（张贵庄）、太原（武宿）、武汉（南湖）四个工程处负责扩建上述四地机场，其中1952年11月15日竣工的天津张贵庄机场扩建工程是新中国民航完成的第一个规模较大的机场工程。

这时期机场建设重点是将既有机场改扩建为民用机场或军民合用机场，全国民用航空站数量由1952年的10座（另有8座备降站）扩展到1954年的24座（另有5座备降站）。当时新建的航空站多集旅客候机、办公及空中指挥等功能于一体，建筑体量较小，多采用对称形式，机场建筑特征较为明显。

1953年开始“一五”计划后，我国的机场建设也开始学习苏联机场工程规范标准，如1958年建成的中国第一座大型机场——北京首都机场从选址勘察、规划设计，再到施工管理均在苏联专家组的指导下完成，该机场航站楼的建筑造型、功能布局 and 空间组合等方面也都汲取了苏式建筑设计思想。

第二个五年计划和国民经济 调整时期（1958～1965）

“大跃进”时期，在“运输航空四通

八达，专业航空遍地开花”口号带动下，全国各地兴起了建设机场的高潮，仅1958年便实施了24个以改扩建为主的机场建设项目，包括呼和浩特、南宁、昆明、银川、贵阳和合肥等省会城市，另外延安、安康、包头、吉安等中、小城市也纷纷赶建了20多个地方航线机场。次年，又先后开展天津张贵庄机场的高级航校建设以及四川广汉、新津、遂宁及绵阳等民航院校机场的选址及设计工作。

为了满足伊尔-18型飞机起降的需求，在西南和华南地区重点建设了昆明巫家坝、南宁吴圩、成都双流和贵阳磊庄等四大机场。而后为了满足中国与巴基斯坦间开通国际航线的需要，仅用四五个月便于1964年4月完成了上海虹桥和广州白云两大国际机场的扩建工程。这时期全国航空站的数量增长明显，至1963年全国已拥有划分为四个等级的69个航空站。

“文革”时期（1966～1976）

“文革”时期是我国民用机场建设的低迷时期，在民航系统划归空军建制的背景下，这时期全国航空站的数量萎缩到仅有49个干线航站或地方航站。机场建设重点基本以满足“三线建设”等国防战备和外交交流需要为主，兼顾民用需求，主要在内陆省会城市布局建设机场，初步形成了以北京首都机场为中心，辐射南宁、贵阳、成都、昆明、兰州、银川、呼和浩特等省会城市机场以及西昌等重点城市机场的单中心航线网络体系。

20世纪70年代，随着中国恢复联合国常任理事国席位以及与美、日、英等国陆续恢复邦交，我国先后引入了“三叉戟”、伊尔-62和波音707等大型喷气机，这时期的机场建设重点是为了满足国际交往和对外通航的需要，例如在1971年～1972年，

为迎接美国总统尼克松访华，从设计到竣工突击数月便建成了建筑面积 5764 平方米的杭州笕桥机场航站楼，1973 年又建成了 3826 平方米的南京大校场机场航站楼。

1970 年代中后期，重点对五大机场进行扩建，即开展以首都机场第二次扩建为中心、天津和合肥为备降的系列机场工程，而后又对乌鲁木齐和哈尔滨两地机场进行了改扩建。

计划经济时期的机场建设特征

计划经济时期，由于政治、经济及外部环境等影响，加之民航管理体制及飞机机型等因素，我国民航的发展比较缓慢，1950 年至 1982 年间，对民航的投资仅 35.6 亿元，计划经济时期的民航基本建设投资仅 24 亿元左右（年平均投资不足 1 亿元），其间先后新建和改扩建了北京、上海、广州、天津、西安、武汉等 20 多个机场。至 1978 年，我国运输机场的数量增加到 78 个（其中军民合用机场 36 个），但这些机场大多数规模都较小，仅北京首都、上海虹桥、广州白云、天津张贵庄等少量机场可起降波音、麦道等大中型喷气飞机。

1974 年 2 月以后，中国民航开始恢复参加国际民航组织活动。这时期我国机场工程技术人员在融合苏联技术和国际民航组织技术标准的基础上尝试进行自主探索，航空站注重实用性设计，建筑平面布局较为灵活多样，多设有面积大小不等的国际和贵宾候机室；建筑立面简洁，指挥塔台多位于严格对称的航空站建筑构图中心或不对称均衡构图的转角处；航站楼普遍采用水平向流程设计和步行登机方式。

改革开放初期的机场建设和发展（1977～1985）

这时期的机场布局思路以经济发展为导向，优先选择在社会经济发展最需要、能快速获得较高经济回报的地方建设机场，建设布局重点集中在东部经济特区和沿海开放城市，以满足对外开放、经济发展等需要。机场建设在投资、设计、施工技术等领域进行了大胆的尝试。

为适应民航陆续引进的 707、747 等先进喷气飞机的运行需要，先后新建了厦门高崎、北海福成、温州永强等机场，并改扩建成都双流、海口大英山、桂林奇峰岭等机场。这使得我国运输机场（含军民合用）数量由 1980 年的 79 个增长至 1987 年的 82 个，但这些机场等级较低，其中可起降 737 机型的机场仅有 29 个，而可起降 MD82 以上机型的机场更少至 10 个。1984 年，完成第一次扩建工程的北京首都机场成为我国第一个拥有两条跑道的民用机场，1 号航站楼则是这时期的代表性航站楼作品。

20 世纪 90 年代的机场布局建设发展（1986～1999）

自 20 世纪 80 年代中期开始，全国各地掀起了机场建设热潮，“八五”和“九五”期间达到了机场建设的高峰时期。到 1999 年末，我国建成的定期航班通航机场已达 142 个，基本上扭转了我国民用机场基础设施长期滞后的局面。

但这时期我国尚未形成系统性的全国民用机场布局规划，民航行业主管部门基本上是通过各地机场建设的审批来把握全国机场分布格局，为此民航总局于 1996 年组织编制完成了我国第一部《全国民航运输机场布局规划（1996 年～2010 年）》，该规划对机场类别划分、机场布局的原则标准以及机场建设的审批程序等提出了具体要求。此后又先后出台了 2008 版、2017 版的《全国民用运输机场布局规划》。这

时期的大型航站楼设计方案以国外设计机构主持完成为主，其中以 1996 年加拿大 B+H 建筑事务所主持设计的厦门高崎机场 T3 航站楼最为经典。

21 世纪后的机场布局建设发展（2000 至今）

21 世纪以后是我国机场建设的成熟时期，为了顺应北京举办第 29 届奥运会的需要，我国又进入了新一轮机场建设高潮，至 2008 年底我国已建成运输机场 160 个。以北京首都机场 T3 为代表，这时期的机场航站楼作为独特的交通建筑类型已经基本成熟，在设计理念、业务流程和功能布局以及空间处理等方面都体现出航站楼所特有的建筑语汇和设计特征，同时我国本土的机场设计部门已具有独立承担大型机场及其航站楼建筑的全过程规划设计能力。

时至今日，我国运输机场总数已增长至 254 个，随着北京大兴机场、青岛胶州机场等系列大型机场项目的先后投运，我国民用机场建设进入了以中小机场为建设重点的平稳有序的发展时期。

改革开放以来的我国机场建设发展特征

改革开放以来，中国机场业全面对外开放，主要涉及机场融资、机场规划设计、机场设备购置、中外合资企业组建以及机场人员培训等方面。以机场设计为例，国外设计机构开始涌入国内的航站楼设计市场是以 1994 年法国巴黎机场公司设计的三亚凤凰机场航站楼为发端，该航站楼采用了透明登机廊桥、鱼腹形钢屋架结构以及素混凝土墙面等全新设计手法。此后国外设计机构基本上主导了国内航站楼的设计潮流。

进入 21 世纪后，我国在引入国外先进

机场设计理论方法的同时积极进行自主探索，使得大型枢纽机场设计水平呈现出螺旋式演进的技术特征，机场规划设计理念基本上每五年左右更新一次。

例如，上海浦东机场（1999）是我国第一个按照“大型国际机场”理念规划建设的全新机场，即依据“中国的主要门户机场和国际性枢纽机场之一”的机场定位进行“四条平行跑道和四座单元式航站楼”总体布局分期建设；广州白云机场（2004）是我国第一个按照“中枢机场”理念规划建设的大型国际机场，依据国际与国内之间所构成四个中转流程的需求，航站楼采用了“主楼—连接廊—指廊”一体化的概念设计思想；上海虹桥机场（2010）是我国第一个按照“综合交通枢纽”理念规划建设的机场，建成了以高铁、航空、市郊铁路为主体交通方式，以地铁、公交、出租、长途汽车等为辅助交通方式的世界上最大的综合交通枢纽；昆明长水机场（2012）是我国第一个按照“绿色机场”理念规划建设的机场，建成了“节约型、环保型、科技型 and 人性化”的现代化绿色机场；北京大兴机场（2019）是第一个按照“港、产、城”三位一体理念规划建设的机场，力求实现机场地区的综合交通枢纽（港）、临空经济（产）和航空城（城）一体化开发模式。

结语

我国近现代民用机场的建设发展已历经百年，当前已基本形成从规划设计、投融资建设，再到运营管理的全机场产业链，无论是机场总体规划领域，还是机场建筑设计领域均已进入国际先进水平，笔者预期，未来中国的全机场产业链将如同中国铁路的“亚吉模式”一般整体对外输出。■

民机特色与市场开拓

文 | 杨波

中国民航人以顽强的挑战精神、持之以恒的责任担当精神、勇于创新的发展精神，创造了中国民航运输业激动人心的发展史。在这一发展过程中，中国民航机队从小机型到大机型，从老式的螺旋桨飞机到现代化的喷气飞机，越飞越高，越飞越远，安全性、舒适性大幅度提升，中国民航市场也随之越做越大。

民机机型与民航市场之间，往往有着互相促进的关系。比如著名的波音 747 飞机，正是由于泛美航空公司提出准确的市场需求，并掏出 5.25 亿美元真金白银的支持后，才获得了如此巨大的成功。在中国民航大量使用的机型中，根据笔者的观察，以下 3 种飞机特点鲜明，与市场互相激荡，尤为值得民航人回味。

▼
图 | 中国国际航空



“高原雄鹰” 波音 757

波音 757 早在 2005 年就已经停产，2018 年 12 月 1 日，厦门航空退出了最后 4 架 757—200 飞机，中国民航客运从此再无 757。现在偶尔还能看到 757 运营的新闻，如 2021 年 5 月中国邮政航空完成了拉萨机场高高原航线实地验证试飞，让人格外怀念这款性能优异的飞机。

波音 757 有哪些特点，令人如此印象深刻？

一是 757 飞机出色的飞行性能，使之能很好地适应各类复杂机场起降。757 几乎能够在全世界所有机场运营，包括高原或高温机场、短跑道机场、有噪音限制的机场等。有相当长一段时期，757 是西藏拉萨机场最主要的运输飞机。即使在停产前的 2004 年，757 飞机在西藏拉萨机场的起降架次份额仍然高达 64%，是中国高高原机场当仁不让的“高原雄鹰”。

757 强大的飞行性能，使其在退出中国民航客运市场后，仍然成为货运飞机市场的抢手货，成为国内航空公司在执飞高高原航线的主力军。今天，仍在民航运输服务的 757 大多转行航空货运业务，中国的顺丰航空、中国邮政航空分别运营了 41 架、7 架 757 飞机。

二是 757 满载负荷情况下的有效航程长。757 是 200 座级的单通道双发窄体中程运输机，拥有当时亚音速窄体客机中最大的航程，航程超过 7200 公里，足以横越大西洋的续航距离，亦是最早获得双发延程飞行（ETOPS）的民航客机之一。国内航

空公司在运营 757 时，中国国际航空和南方航空分别用该型飞机执飞北京—吉隆坡（航程 4500 公里）、上海浦东—印尼巴厘岛（航程 4500 公里）。

在 757 退出中国客运市场后，国内航空公司再次执飞这些航线时，全部换成了宽体客机执行。尽管宽体客机有相对较多的座位，但其飞行成本增加更多，国内航空公司甚至被迫暂停或者减少了部分航线的运营。后来，尽管飞机制造公司推出了燃油性能更优的新一代窄体机，座位数级也接近 757，但也很难实现载量高、飞得远和飞得好（高原性能）等多种复杂情景下的航空需求，让人不由发出“世间再无 757”之叹。

A319：以小市场撬动大市场

1985 年，第一架空客飞机 A310 进入中国的时候，大家对空客能否在中国市场顺利发展还没有底，但到 2023 年 1 月底，中国国内 26 家航空运输企业共运营 2121 架空客飞机，占中国民航运输飞机总架数份额超过了 50%。中国已成为运营空客飞机数量最多的国家。

空客公司在中国的突起，是空客公司发展战略的成功。空客在中国市场的发展过程中，充分把握原中国西南航空公司高原航线飞机更新选型机会，成功地将空客 A319 推向中国高高原市场，是空客公司以小市场撬动大市场的精彩案例。

1999 年，原中国西南航空公司采用波音 757 和空客 A340—300 飞机执飞高原

航线，前者的飞机座位数为 200 座，后者则超过 300 座。而当时的中国民航市场还处于发展阶段，市场需求较小，特别是在青藏高原航线上存在巨大的淡旺季和单向性需求差异，暑期旺季是进藏高峰，近乎一票难求；而在冬天的进藏低谷和出藏高峰期，在最极端的情况下，进藏航班几乎是空机飞行，这让航空公司面临巨大经营压力。

为改善西藏航线经营状况，原中国西南航空提出是否可以选稍小一点的窄体飞机执飞高原航线？公司瞄准了波音 737-700 和空客 A319 飞机，并邀请波音公司和空客公司在拉萨机场进行了试飞。最终的结果是原中国西南航空公司选择了空客 A319 飞机，并且一次性地订购了 20 架 A319 飞机。

此时的原中国西南航空公司除了经营 3 架空客 A340-300 型飞机之外，其主力机型均不是空客飞机。2003 年，原中国西南航空公司并入中国航空集团，成为中国国际航空股份有限公司西南分公司；今天，国航西南分公司经营的机队早已经是清一色的空客飞机，执管运营的空客飞机数量已经超过 125 架。

1999 年空客 A319 在拉萨的成功试飞，不仅影响了国航在高原航线的机型选择，更影响了整个中国民航在青藏高原航线的机型选择。今天，在中国西藏航线上 93% 以上的航班由空客飞机运营，空客 A319 成为中国高原的新一代“空中小王子”，成为西藏航空、四川航空、东方航空经营西藏高原航线的标配选择。在回顾原中国西南航空公司这一选择时，作为亲历者的空客中国董事长陈菊明说：“如果当时不抓住这个机会，可能今天就不会有这种局面。”

随着中国航空市场持续发展，国内机场变得更加拥挤，曾经优雅的“空中小王子”空客 A319 已经显得有些小了，有些不合适了，但是，其二十余年前在拉萨机场的出色试飞，其后对中国航空公司机型选择的影响，以及由此对空客公司深耕中国市场产生的意义却是深远而重大的，至今仍让人难忘。

777-300ER： 探索单发飞行极限

宽体机是民机制造业的皇冠，也是航空公司运营管理的关键与重点。航空公司引入宽体飞机后，如果运营管理恰当，就相当于引入了一台印钞机，会给公司带来极大的收益，但如果运营管理不当，付出的代价也会极为高昂。

幸运的是，伴随着中国民航运输市场发展，中国民航运输企业充分利用宽体机优异的性能，正在迅速提升宽体机经营效益，大幅度缩短与国外优秀航空公司的经营差距，逐步进入宽体机运营的新时代。仅以美国航线为例，中国民航运输企业已经具备了世界级的飞行运营水平。

早在 1981 年，中国民航就开通了跨太平洋经停旧金山到纽约的航线，以及后

来经停安克雷奇到纽约的航班，航程都长达 17 个小时。直至 2002 年，国航验证飞行北极航路，才实现了北京—纽约的直航；但是，考虑到北极航路的复杂性，国航在北京直飞纽约航路上，采用了来回程不同的航路，去程飞远东航线，即经俄罗斯、白令海峡、阿拉斯加、加拿大进入美国；回程飞北极航线，即由美国、加拿大、极地区、俄罗斯西伯利亚、蒙古至北京。去程航路仍然比回程航路长近 2000 公里。

2013 年，国航采用 777-300ER 验证北极航路成功，此后，国航在执飞到美国东部地区的纽约、华盛顿等地均采用了北极航路运营，缩短了航班的飞行里程，给旅客带来了便利，为航空公司节约了巨大的飞行成本。

国航在北极航路的成功运营，也为中国民航的后来者提供了借鉴。国航北极航路的成功运营，是航空公司运营能力的体现，而这一切也应归功于宽体飞机安全可靠持续提升，为民航运输飞得更快更远提供了可靠的技术保障。

早在 1953 年，考虑到飞机发动机的可靠性问题，美国联邦航空局 FAA 颁布的条例中开始明确规定，除非有 FAA 的批准，否则不允许双发或三发飞机在距途中备降机场单发飞行时间超过 60 分钟的航线上飞行，国际民航组织随后采取了类似的规定，这是延程飞行时间限制（ETOPS）的最初源头。

1985 年，随着发动机技术的持续提升，FAA 批准了新的 ETOPS 条例，将 ETOPS 限制时间由 60 分钟延长到 120 分钟，这个时间已经完全可以让双发飞机执行跨大西洋飞行。1988 年，FAA 及其他一些国家的适航部门又相继修改了各自的条例，增加了 180 分钟 ETOPS 的条款。民航运输监管部门对运输条例的修订，为双发宽体客机拓展了更多的市场，相应地伴随着油



图 | experiencethesky.com

耗水平更高的三发及以上的宽体客机快速退出航空市场。波音 777-300ER 曾在太平洋上进行 ETOPS 的飞行测试，最长的一次单发动机飞行达 6 小时 29 分钟。双发宽体机延程运行的广泛应用，加速了三发及四发宽体客机的退出进程。

作为世界第二大航空市场，中国民航运输业已经有了世界最先进的飞行运营能力，但在宽体机运营上仍然属于后来者。比如，中国国际航空公司拥有中国民航最大的宽体机队，机队规模达到 127 架。其中，从波音引进的宽体飞机有 85 架，现阶段在营运数量有 63 架。而在引进波音宽体机队上，世界前十位的航空公司平均引进的波音宽体机数量已经达到 238 架，引进波音宽体机队最多的美国联合航空公司引进各类波音宽体机数量达到了 386 架。

国外优秀航空公司在宽体机运营上已经积累了丰富的经验，包括航空枢纽网络建设、飞机客舱布局、客运营销等，我们很容易看到国外优秀航空公司推出的“空中卧铺”等令人心动的产品。不可否认，国内航空公司还是后来者，在宽体客机的运营管理上仍然有漫长的路要走。■



图 | airplanes.itsabouttravelling.com

俄罗斯《2030年前航空 供应商发展战略》浅析

文 | 张慧

2022年12月15日，俄罗斯航空制造商联盟董事会通过了俄罗斯国家技术集团（Rostec）编制的主要面向民用航空领域的《2030年前航空供应商发展战略》，此后该文件将送交俄罗斯联邦政府审议。俄罗斯国家技术集团下属俄多家大型航空企业，包括联合飞机制造集团、俄罗斯直升机公司、联合发动机制造集团等。俄罗斯航空制造商联盟的工作重点是落实俄罗斯联邦政府、工业和贸易部、交通部、联邦航空运输局等部门的指示和决定。在俄乌冲突持续背景下，《2030年前航空供应商发展战略》的制定反映了当前及未来一段时间内俄民用航空领域发展政策走向。

图 | Nikolay Krasnov



政策出台背景

随着俄乌冲突的不断升级，俄罗斯航空制造业特别是民用航空领域配套供应商面临着产能、行业管理等方面的诸多挑战。

一是国外供应商退出。根据俄罗斯《2030年前航空运输业发展》综合计划预测，2022年~2030年俄罗斯将生产1036架民用客机及764架民用直升机，其中在研及在产的SSJ-100、MC-21等民用航空产品均有国外配套部件或原材料支持。由于美西方制裁，相关配套产品断供的风险不断增加，迫切需要通过国产配套实施进口替代填补空白。

二是国防采购压力。俄乌冲突中，国防部和军队对军用产品的需求不断增长，2022年国防采购经费增加了6000亿~7000亿卢布，包括航空配套供应商在内的国防工业必须优先满足来自军方的需求，民品生产受到挤压，如航空系统公司生产的线性加速度传感器将被首先满足国防采购需求，进而影响民用飞机图-214向航空公司交付的进度。

三是航空供应商内部问题。俄罗斯航空制造商在供应链管理、项目管理、产品集成、销售和航空器部件设计方面缺乏足够的力量。俄罗斯航空工业长期持续的集团化整合不利于外部供应商特别是中小企业发展，且多数国内供应商不符合国际市场客户的基本要求，在质量管理体系、生产管理、成本管理、设计标准等方面与国

际水平的差距仍有待填补。为形成更有竞争力的产品，满足国内民航运输市场及行业发展需求，俄罗斯国家技术集团编制了《2030年前航空供应商发展战略》。

目标和任务

《2030年前航空供应商发展战略》是俄罗斯《2013~2025年航空工业发展》国家规划和《2030年前航空运输业发展》综合计划的进一步落实，旨在创造条件协调供应商和客户之间的关系，保障航空产品质量符合竞争需求，发展各级航空供应商，以生产具有先进技术、运行和经济指标的航空产品。具体目标包括：建立航空供应商信息系统，对国内供应商和参与国产航空产品研制项目的国外供应商进行登记，到2030年登记数量达到100%；实施MC-21和SSJ-100飞机的国产化配套，在

《2030年前航空供应商发展战略》旨在创造条件协调供应商和客户之间的关系，保障航空产品质量符合竞争需求，发展各级航空供应商，以生产具有先进技术、运行和经济指标的航空产品。

2025 年达到 100%，建立民用航空领域航空供应商专家技能定期提升系统等。

为实现战略目标，确定需完成的任务包括：完善法律法规基础，管理航空供应商，加强航空产品设计、认证、生产、维护、维修和供应的质量监管；改进航空供应商工艺流程，确保产品质量稳定和及时交货；为从事航空产品研制和服务的各类企业创造平等竞争的条件等。具体措施包括：为保障供应商良性发展，需要制定规范化方法，对供应商进行评估；建立统一的航空供应商信息库和外国航空供应商认证系统；在包括原材料、材料和半成品在内的所有产品生产阶段建立和发展电子可追溯系统，以防止假冒，制定 2030 年前航空供应商发展项目投资计划；在民用航空产品研制机构的工作实践中引入设计担保体系、航空产品样品设计人员与民航领域监管机构之间的互动程序；支持提供供应链上游产品（航空器 I 和 II 级部件）的航空供应商获取在国际航宇供应商信息库（OASIS）的登记记录；扩大分销商范围，吸引中小企业等。

措施特点

《2030 年前航空供应商发展战略》围绕俄罗斯当前民用航空行业稳定发展制定，与现实问题紧密结合，其确定的措施和机制不仅包括对供应商产品和支持，也包括对现役飞机运营管理的完善。

首先是支持民用航空产品进口替代。进口替代是俄罗斯民用航空行业能够继续向前的基础，尽管俄罗斯在 MC-21 干线客机和 SSJ-NEW 支线客机等项目已经开始实施进口替代，例如装配俄产发动机 PD-14 的 MC-21 已完成更改取证，但国产飞机的进口依赖程度仍然很高。为加快民用飞机研制国产化进程，推动配套系统和部件的进口替代工作，供应商有必要对生产设施进行现代化改造，进一步规范流程，确保交付速度，并保证产品满足国内外适航要求。俄罗斯在《战略》中提出：通过联邦预算支持制定生产进口替代产品的航空供应商工艺流程标准程序；筹备和批准进口替代产品供应商支持规划，并通过修改现行法律确保规划实施；促进进口替代方向的中小企业供应商

发展，从风险控制的角度对进口替代提出建议等，这些规划或程序的制定落实将为进口替代计划提供制度保障。

其次是完善供应商及产品认证体系。2022 年 3 月，百慕大民航局注销了 740 架俄罗斯航空公司运营的飞机适航证，这些飞机主要由爱尔兰飞机租赁企业所拥有，总数超过了俄当前运营飞机数量的一半。为保证飞机运行获得足够的安全监管，部分飞机需要在俄罗斯民用飞机登记机构重新登记。目前，俄罗斯在国外飞机、为国外制造及联合制造飞机提供关键零部件进行适航取证方面制度不完善，缺少专门的机构及管理程序。为此战略中提出，从航空制造业角度对航空供应商自愿认证系统进行监督，为适用于民用航空制造业及其认证体系的专门程序建立法律基础，为俄罗斯航空产品和供应商获得国际认证（欧洲航空安全局、美国联邦航空局、国际航空航天质量组织）创造条件，加强对航空产品和服务认证活动的监管；通过创建第三方机构提高认证可信度等。通过加强对国内外供应商及产品的认证与监管，能够为航空产品质量和运行安全提供保障，充分保持飞机适航水平。

第三是利用联邦预算补贴。《2030 年前航空供应商发展战略》中提出，需要建立针对供应商的长期投资规划（包括优惠贷款）拨款机制，以及供应商的研发补贴机制。资金主要来自《2013～2025 年航空工业发展规划》中的联邦预算，预计 2022 年～2030 年，对 MC-21 系列飞机研制、制造、销售和维修部分费用提供财务支持将达到 473 亿卢布；为建立飞机售后服务系统和飞机航空人员培训体系提供约 153 亿卢布的财政支持；向俄罗斯各航空公司、非俄罗斯航空公司的区域性企业提供约 875 亿卢布的国家支持，以升级区域和地方航线机队；向俄罗斯飞机、直升机和航空发动机

制造商提供补贴，用于补偿 2008 年～2011 年从俄罗斯信贷机构和俄罗斯开发与对外经济银行所获技术改造贷款的部分利息支出，以及俄罗斯租赁公司从 2006 年签订的租赁合同所提供技术设备的部分租赁费，总资金约 38 亿卢布；为俄罗斯国家技术集团出资 154 亿卢布，用于后续增加联合航空制造集团股份公司法定资本，以改进和恢复飞机适航性。

《2030 年前航空供应商发展战略》是俄罗斯在西方制裁影响限制下民用航空行业发展自救的行为，试图通过团结巩固国内一切可利用的资源与力量，推动供应商发展以填补国外飞机和配套产品退出后形成的市场空缺。然而俄罗斯航空生产企业现有设备老化严重，配套产品供应商缺少足够的科学管理及售后服务经验，包括数字技术在内的现代化技术水平较低，难以在短期内满足民航运输需求。

启示与思考

笔者认为，从《2030 年前航空供应商发展战略》分析中可总结以下启示：

一是结合未来民机市场规模及阶段变化，研判在国际局势平稳及恶劣的状态下国产民用航空器需求数量，以评估对配套供应商的能力需求，建立供应商信息库，合理协调资源保障供应链安全。

二是扩大配套系统供应商范围，吸引中小企业加入，通过提供技术和产业发展的金融支持、建立行业内专家培训系统等措施，保障各级供应商稳定发展，提升民用航空产品研制生产自主可控能力。

三是加强航空供应商及产品认证法律法规体系建设，加强质量和安全监管，完善责任制度，使民用航空产品研制生产处于全过程监管下，保障运营安全且符合国内外通用标准。■



缓步复苏的 全球公务航空市场

文 | 曲小



2023年2月，美国通用航空制造商协会（GAMA）发布年度报告，公布了全球主要公务机制造商2022年飞机交付情况。报告显示，尽管2022年新冠肺炎疫情仍然对行业产生了较大的负面影响，但总体来看，全球公务航空市场的生产和交付情况都较上一年有所复苏。但GAMA同时也指出，从短期来看，公务航空市场的发展还面临着人力资源短缺、供应链供给不足以及监管不力等三大挑战，对于行业未来的发展仍需持谨慎的态度。

图 | airlinesconnection.com



生产与交付小幅增长

此次GAMA的年度报告共获得了全球39家制造商的交付数据，数据足以代表全球市场的绝大多数。从GAMA公布的数据中可以发现，2022年全球固定翼通航飞机的交付总量达到了2818架，这个数字达到了近10年来的新高，交付价值达到了229亿美元。与交付相同，2022年全球公务机航班量也创下新高。根据WingX发布的数据显示，2022年全球公务机起降数超过550万架次，同比增长10%。其中，北美地区的航班量为280万架次，约占全球总量的一半，比2021年增长11%，比2020年增长65%。欧洲公务机飞行达到60万架次，比2021年增长10%，比2020年增长56%。2022年，法国是欧洲最大的公务航空市场，其次是英国和德国。除了北美和欧洲以外，全球其他地区2022年公务机起降比2021年增长20%，比2020年增长74%，可见，疫情对于公务航空的出行起到了一定的推动作用。

从机型交付来看，2022年全球喷气公务机交付712架，占全球交付量的25.3%，这个数字比2021年增加了2架。2022年活塞飞机交付数量实现快速增长，交付量达到1524架，占全球交付量的54%，相比2021年的1409架增长了8.2%。涡轮螺旋桨飞机的交付增长则更加显著，2022年交付量达到了582架，相比2021年的增长率达到了10.4%，占全球交付量

的21%。

从机型使用的细分市场来看，北美市场依旧占据主导地位。在喷气公务机领域，北美地区牢牢占据全球第一的位置，紧随其后的依然是欧洲和亚太市场。从增长趋势看，北美在全球的比重呈上升趋势，亚太地区、拉丁美洲地区占比波动性较大。2022年北美占交付量的67.6%，与过去10年相比，这一市场份额持续扩大。欧洲是公务机交付量的第二大市场，占比16.3%。亚太地区占比5.1%，位居第三。

2022年，北美地区依然是活塞飞机交付和保有量最大的市场，2022年的交付量占比近70%。但欧洲在2022年超过了亚太地区成为了活塞飞机领域的第二大交付市场，交付量占比为11.8%，超过了亚太地区的9.7%。

涡桨飞机领域，北美地区的交付占全球交付量的55.7%，比2021年略有增加。紧随其后的是拉丁美洲市场，占18.2%，这也是拉丁美洲连续第二年在这一细分市场交付量超过欧洲和亚太地区。

制造商表现各异

2022年，庞巴迪共交付123架公务机，较上一年增长3架。对于庞巴迪来说，“环球”系列公务机在继续创造历史。从1999年第一架“环球”系列公务机交付至今，已有超过1000架“环球”系列公务机交付全球用户。数据显示，庞巴迪“环球”

系列公务机的签派可靠性为 99.85%，机队累计飞行时间超过 330 万小时，在 20 多年的不断改进中，“环球”系列飞机创造了 360 多项专利和众多改变行业的功能，如平稳柔性机翼、云座椅、庞巴迪清新空气系统、太阳照明系统、庞巴迪视景驾驶舱等。

作为拥有中轻型公务机领域中最完整机型的制造商，巴航工业 2022 年共交付 102 架飞机，包括“飞鸿”系列和“领航”系列飞机产品。其中，飞鸿 300 系列公务机连续 11 年获得全球最畅销轻型公务机称号，并在 2022 年实现交付 59 架。截至 2023 年 2 月，飞鸿 300 系列公务机已累计交付超过 700 架，在全球 36 个国家运营，飞行时数累计超过 180 万小时。这主要得益于经过巴航工业多次改进后，目前最受市场欢迎的飞鸿 300E 在同级别轻型公务机中树立了标杆。在性能方面，全新升级的飞鸿 300E 飞行速度更快，可达到 0.8 马赫，是目前在产速度最快的可单人驾驶的公务机。飞鸿 300E 的高速巡航速度可达到 464 节真空速，在满足 NBAA IFR 燃油备份条件下，可搭载 5 名乘客，航程达到 3724 公里。在技术升级方面，飞鸿 300E 升级了航电系统，其中搭载了冲出跑道情

图 | 巴航工业



境感知与报警系统 (ROAAS)、预测风切变、紧急下降模式、PERF、TOLD 和 FAA 数据网络等。尤为值得一提的是，巴航工业也是公务航空领域首家认证了 ROAAS 的制造商。

德事隆航空 2022 年在喷气公务机和涡桨飞机的交付数量上都取得了不俗的成绩，公司全年共交付 568 架各型飞机，相比上一年增长 24 架。尤为值得一提的是，德事隆航空的产品成绩颇为均衡，其喷气式公务机、双发公务涡桨飞机、实用类涡桨飞机、中型公务机和单飞行员驾驶的公务机等交付量都处于行业领先地位。对于 2022 年所取得的交付成绩，公司将其归功于三款新机型——塞斯纳 408 空中快车、塞斯纳奖状 560XLS 和塞斯纳奖状 525M2 二代均已经获得了型号合格证，开始交付市场，并逐步成为许多客户的首选机型。此外，老牌的“奖状”系列产品仍然是最受市场欢迎的喷气公务机产品之一。2022 年公司共交付了 178 架喷气公务机，其中还包括第 8000 架奖状喷气公务机。

超大型公务机市场的领军企业湾流公司 2022 年共交付 120 架公务机，其中包括 24 架 G280 超中型公务机和 96 架 G500/G600 公务机系列。2022 年 2 月，湾流向市场交付第 500 架 G650 系列飞机。作为全球最受欢迎的机型之一，湾流 G650 系列飞机可高速完成公务航空界距离最长的飞行。G650 和 G650ER 最多可容纳 19 名乘客，拥有明亮、灵活和令人印象深刻的内饰，并辅以标志性的湾流客舱体验尖端技术成果，其中包括 100% 新鲜空气、低客舱压力高度、16 扇大型全景椭圆形舷窗和高速互联网连接选项，如 Viasat 的 Ku/Ka 双频服务，其网速在业内堪称一流。多年来在湾流的不断改进下，G650 和 G650ER 两款机型共创造了 120 多项城市间最快的飞行速度，其中包括极

地和向西环球飞行纪录。

2022 年湾流另一款主流机型 G800 也完成了首次国际飞行。G800 客舱最多可配置 4 个生活区，容纳多达 19 位乘客，睡眠空间可容纳多达 10 名乘客。作为具有航程优势的一款机型，G800 能够以 0.85 马赫的速度飞行 8000 海里 (14816 公里)，以 0.9 马赫的速度飞行 7000 海里 (12964 公里)，还配备了湾流和谐驾驶舱、主动控制侧杆，并拥有触摸屏技术。

此外，2022 年湾流还扩大了萨凡纳飞机和机翼制造厂规模以满足疫情后市场对于飞机的需求。此次扩建规模为 24340 平方米，增设了专用 G400 生产线和机翼生产线以及额外的材料交付和配送区域。湾流表示，由于该工厂毗邻 G400、G500 和 G600 厂房，未来将有助于湾流机翼工厂产量的持续增长。此外，公司还指出，此次扩建是湾流长期战略规划和投资战略的一部分，未来公司将有意让这些飞机和制造工厂在设计上具备共性，以提高运营效率和灵活性。

新机型陆续“进场”

市场需求的增长点燃了制造商的热情。近一两年来，全球公务机制造商摩拳擦掌，纷纷推出了新的公务机型号和升级机型，这些新产品既是技术、速度的比拼，也是里程、空间的擂台。

航空技术的进步让人类对飞行速度有了更高的要求，而公务机作为“时间机器”，其对速度的追求表现得更加淋漓精致。湾流近两年推出的 G800、G700 与达索航空推出的猎鹰 10X 公务机都将对速度、舒适度的追求表现到了极致。2022 年 10 月，湾流 G700 开启全球巡展，截至 2023 年 2 月，已经在全球六大洲的 20 多个国家亮相，并在全球巡展中创下了 25 项速度纪录，



图 (上) | 湾流宇航
图 (下) | 达索航空

如在从新西兰基督城到洛杉矶的飞行中，共用时 12 小时 13 分钟，平均速度 0.87 马赫；从土耳其伊斯坦布尔到云南云屯国际机场，用时 9 小时 2 分钟，平均速度为 0.90 马赫。从乘坐舒适度来看，G700 拥有业内最低的客舱压力高度，即便是在 12497 米的高度飞行时，客舱压力高度为 889 米。

面对 G700、环球 7500 等新一代产品的竞争，达索推出了猎鹰 10X 公务机，旨在打造具有最大客舱空间和最先进技术的超远程公务机，根据计划，这一机型将在 2025 年左右投入市场。根据达索的规划，猎鹰 10X 将是公务航空市场的最高端平台。

达索首次在猎鹰 10X 公务机上采用了新型复合材料机翼，以实现增大强度、减轻重量和减小阻力的目标。猎鹰 10X 最大飞行速度可达 0.925 马赫，能够实现不经停飞行 13900 公里。这意味着搭乘猎鹰 10X 公务机可以轻松实现深圳到纽约、雅加达到伦敦、香港到墨西哥的不间断直飞。

同时，猎鹰 10X 的客舱空间还是目前市场上所有超远程公务机中最大的，宽度达到 2.77 米，高度达到 2.03 米。在飞行速度方面，在 0.85 马赫速度下，猎鹰 10X 的航程可达到 13890 公里，最大飞行速度可达到 0.925 马赫。从客舱舒适度来看，猎鹰 10X 的光线通透感十分出色，客舱拥有 38 个舷窗，比猎鹰 8X 的舷窗面积大 50%。

除了追求速度之外，2021 年公务机制造商围绕“飞行本该酣畅”，就公务机舒适飞行推出了新的产品。庞巴迪推出挑战者 3500 公务机，通过采用新材料和舱壁加固等技术，使得飞机在 12497 米的高度飞行时客舱气压仅为 1478 米，比上一代挑战者 350 的客舱气压下降 31%，极大提升了飞行体验。

此外，各大公务机制造商发布的新产品都或多或少实现了新材料和新技术的突破，把公务飞行的品质和安全带到了新的高度。在湾流 G400 飞机中，屡获殊荣的 Symmetry Flight Deck 彻底改变了飞行员的操作方式，极大提高了湾流 G400 的安全性和效率。主动控制侧杆通过触觉线索来增加飞行员之间的非语言交流。如今 G400 是业内最广泛使用触摸屏显示器的机型，搭配 Phase-of-Flight，可以大大减少飞行员的工作负荷与飞行启动时间。

在沿袭挑战者 350 发动机、航空电子设备的基础上，庞巴迪在挑战者 3500 的驾驶舱增加了众多先进技术，如全新的自动油门系统，以减轻飞行员工作量。客舱管理系统也引入了语言控制、无线充电设备和非常炫酷的 24 英寸 4K 大显示屏等。

挑战与机遇并存

受到疫情影响，全球高净值人群更希望能够搭乘人数更少的飞机，这无疑是一轮公务航空市场反弹的重要推动力。从

目前已公开的各种数据中也能看出，从客户来源分析，首次购买公务机的用户正在创新高。此外，潜在公务机客户的购买力提升也进一步支撑了全球公务航空市场的快速增长。根据《福布斯》估计，仅 2020 年，全球 2200 多名亿万富豪的财富总额增长了 1.9 万亿美元，毫无疑问这些都是公务航空市场增长的潜在动力。因此，从这个角度来看，有理由看好未来公务航空市场的发展。但 GAMA 也指出，仍有不少因素制约行业发展。

首先，考虑到由于各国为应对疫情都采取了宽松的货币政策，未来通胀的风险是公务航空市场不得不考虑的因素。

其次，人员短缺也是公务航空市场进一步恢复将要面临的挑战。GAMA 指出，虽然美国《航空制造就业保护法》在疫情期间为行业保留住了超过 31000 个岗位，但 GAMA 预测，仅公务航空市场短期内的人才缺口将在 20% 左右。更令人忧心的是，一些具有一定工程和项目经验的人员在疫情期间离职，这些都将成为行业复苏的不利因素。

此外，由于疫情导致的供应链恢复问题也不得不考虑，这些因素会直接影响新公务机的交付速度。航空业供应链长，任何一个环节出现延迟都会对飞机交付产生直接的影响。如今，为了重塑供应商的信心，一些飞机制造商又重新开始与供应商签署长期合同，但供应链的生产节奏完全恢复到疫情前的水平恐怕还需要时间。因此，业内不少专家和机构的报告均表示，综合考虑各种因素，预计新公务机的交付速度恢复到 2008 年的高峰时期仍需时日，但全球公务机市场的新飞机交付量在 2023 年有望恢复到疫情前水平。■

航空业绿色发展 新举措

文 | 刘振敏

近年来，绿色与可持续发展是航空业发展的关键词。一方面各国纷纷出台战略规划，展开新技术预研，另一方面制造商、科研机构、机场等各方也在携手向绿色航空的目标迈进。

图 | ATR



氢能部署加速

近年来，全球应对气候变化的压力日益突出，氢能作为一种有望在多领域有效替代化石燃料的清洁能源受到了欧洲的高度关注。欧盟围绕未来氢能在各行业的应用制定了详细的发展规划，并将氢能定位为战略能源之后，欧洲航空业也快速跟进，从氢能的生产、存储和应用到飞机设计、技术整合、机场运营开始了全产业链研究。

空客一直十分看好氢能的使用前景，率先在 2020 年就发布了一组氢能源飞机概念图，之后空客又以 A380 为平台，联手 CFM 国际公司开展相关研发工作，再一次让业界看到了空客发展氢能源飞机的决心。

根据空客和 CFM 国际公司签署的协议，该项目旨在对氢燃料发动机进行地面和飞行测试，为 2035 年前将一款零排放飞机投入使用做好准备。该示范项目将使用一架 A380 测试飞机作为飞行测试平台，配备由空客在法国和德国的工厂准备的液氢罐。空客还将负责制定对氢推进系统的要求，监督飞行测试，并提供 A380 平台在巡航阶段对氢燃料发动机进行测试。

为了能够采用氢燃料运行，CFM 国际公司将对 GE Passport 发动机的燃烧室、

燃料系统和控制系统进行改造。该发动机在美国组装，因其物理尺寸、先进的涡轮机械和燃油流动能力而被该项目选用。它将被安装在飞行测试平台的后机身段上，以便对发动机的排放（包括尾迹）与为飞机提供动力的发动机的排放进行独立监测。CFM 国际公司将在 A380 飞行测试之前完成大量的地面测试。

根据空客公开信息可以得知，这架 A380 机身内将安装 4 个液氢罐，共携带 400 千克液氢，并配备可将氢燃料输送到发动机的燃料分配系统。飞机驾驶舱中，将安装额外的推力控制系统和用于监控性能的专用显示器，以管理氢发动机的推力。机上还将安装收集数据的传感器，相关数据可传回地面。根据规划，这架 A380 飞机将在 2026 年开始试飞。

除了氢能飞机之外，空客还在积极探索机场氢能枢纽概念。空客在 2021 年就提出了“机场氢能枢纽”的概念，并希望机场生态系统的成员能够参与到项目中来，共同探索未来氢能飞机在机场运行的可行性。2021 年，空客与巴黎机场集团以及法国液化空气集团签署谅解备忘录，合作研究在巴黎戴高乐机场和奥利机场实现氢能使用的可行性。之后，空客又与意大利米兰机场集团、韩国仁川机场等签署了相关的合作谅解备忘录。

在 2022 年的新加坡航展上，空客与新加坡民航局、樟宜机场以及工业气体与工程公司林德集团签署合作协议，将共同开展一个为期 2 年的项目，研究在樟宜机场开发氢能飞机运行所需的基础设施和提供氢能供应解决方案，探索新加坡建设氢能枢纽的潜能。

根据协议，空客将提供飞机构型特性、机队能源使用特性、氢能飞机地面运行研究成果，以及对机场氢能飞机数量增长的预测；林德集团将提供氢能生产、加工、

存储和配送等方面的专业知识；樟宜机场集团将参与评估在机场运行中使用氢能的可行性，并制定相关规定和标准。

支线飞机的绿色探索

在航空业的绿色发展之路上，制造商围绕支线飞机进行了一系列探索，其中既有小型创新型企业，也有传统的老牌制造商。

巴西飞机制造商巴航工业已经对其未来绿色可持续发展作了新的部署。巴航工业的总体目标是到 2050 年实现碳中和，2030 年巴航工业生产的机型都可以使用可持续航空燃油（SAF），总体降低 25% 的碳排放，从而助力全球航空运输业实现 2050 年全面碳净零排放的目标。

为了实现这一目标，巴航工业计划采取两步走的技术发展路径：第一步是中短期内可持续航空燃油为主要发展目标，以尽量使用现有基础设施和机型及航空发动机技术。第二步则是以氢能为发展目标的中长期发展规划。

根据这两步走的发展规划，巴航工业制定了相应的机型研发计划。2019 年 5 月，巴航工业宣布启动电动验证机项目，该项目基于巴航工业 EMB-203“伊帕内玛”农用飞机改装。这架电动飞机的电机由巴西电气企业 WEG 公司研制，电池包由巴西能源公司 EDP 研制，美国派克宇航公司负责冷却系统的设计。2022 年 8 月，这架全电动飞机在巴西完成首飞。

根据规划，2025 年巴航工业将试飞氢燃料电池验证机，2026 年试飞 eVTOL。2030 年所有巴航工业生产的机型都可以兼容使用可持续燃油并计划推出完全兼容可持续燃油的涡桨飞机，2045 年试飞氢能涡桨飞机，2050 年推出氢能支线飞机。

由此可见，可持续燃油的应用在巴航工业的规划中占据很重要的地位。为此，



巴航工业目前已经与美国奥兰多机场合作建设 SAF 供应保障设施，与多家 SAF 公司合作研制并产业化 SAF，与发动机供应商普惠公司合作进行相关的研发和应用工作。

可持续航空燃料在实现航空业减排目标方面发挥着关键作用。2022 年 6 月，支线飞机制造商 ATR 公司与瑞典布拉森支线航空、可持续航空燃料供应商芬兰耐思特油业合作，首次在民航支线飞机上成功完成了以 100%SAF 燃料为动力的试飞。这次历史性的试飞在瑞典进行，是 ATR 飞机 100%SAF 认证工作的一部分。2022 年年初，ATR 在 ATR72-600 原型机上成功进行了一系列地面和飞行测试，包括在一个发动机上使用了 100%SAF 飞行。

2023 年 2 月，ATR 又宣布与新西兰航空合作，加速航空业脱碳的进程。此次双方的合作，通过一项名为“下一代飞机使命”的倡议进行，新西兰航空与几家行业和学术利益相关方合作，从 2030 年开始使用更环保的飞机替代现有的 Q300 机队。ATR 公司则将通过绿色氢燃料、SAF 等的使用，力争满足新西兰航空的需求。

根据《航空周刊》的报道，目前通用

图 | sustainableskies.org

图 | 空客



氢公司正在为应用于 ATR72 飞机的氢动力系统获取补充型号认证，并计划在 Dash8-300 飞机上开展飞行测试。Dash8-300 将使用 1 兆瓦的系统，最终获取补充型号认证的版本将使用 2 兆瓦的燃料电池动力系统。通用氢公司氢动力推进系统的核心是采用了可更换的液氢存储罐。根据计划，这一计划将在 2024 年年中在 ATR72 上开展飞行测试，如果进展顺利将在 2025 年下半年投入使用。

ZeroAvia 公司正在使用 19 座的多尼尔 228 作为其 600 千瓦氢电力系统 ZA600 的试验平台，同时已经开始为 70 座的支线涡桨飞机和喷气式飞机开发 2~5 兆瓦的系统。2022 年 7 月，这架多尼尔 228 安装了一台 ZA600 系统，9 月在英国进行了最后一次高速滑跑测试后进入耐久性测试。除此之外，ZeroAvia 公司还与德哈维兰公司合作改装 Dash8，与三菱飞机公司合作改装 CRJ700。未来，ZeroAvia 公司的表现值得关注。

传统改进仍有作为

除了上述采用新能源的方式加速航空业绿色发展之外，新材料、新工艺等依然是推动技术进步的重要推手。

对于航空器来说，除了需要轻量化之外，航空器上的材料还要具备足够的刚度和强度，以承受极高的机械应力。以航空发动机为例，一台商用飞机发动机上至少有 25000 个零部件必须具有非常高的抗压力——极高的温度、超强的受力（在发动机运行时，一些零件必须能够承受 1000 倍于自身重量的力量）和巨大的摩擦力。为了确保发动机及其短舱（整个集成推进系统）的持久和高效，制造商需要更具耐受力的材料，而复合材料就是其中的一种重要新材料。

赛峰集团为 LEAP 系列发动机专门研发了一种碳纤维编织复合材料，这是一种革命性的新材料。它并不是业内常见的二维材料，而是一种三维材料。目前，这种材料已经被用于制造 LEAP 发动机的叶片和风扇罩。每一片这种较轻的叶片都有长达 7 公里的碳纤维，从而使发动机整体减重约 250 千克，约为其总重量的 10%，这可以帮助使用这款发动机的单通道飞机的重量减轻近 450 千克。

除此之外，赛峰还利用新型合金材料来降低飞机其他主要部件的重量。例如，与钢制部件相比，使用钛合金材料制造的波音 787 和空客 A350XWB 飞机的起落架可将重量降低 8%。

除了为在役发动机产品研发绿色技术之外，赛峰还通过参与“净洁天空”计划等，进一步探索研发面向未来的新一代绿色航空发动机解决方案。

在传统构型发动机中，赛峰正在进行超高涵道比发动机（UHBR）的研发，发动机涵道比为 15:1 或更高。风扇模块的主要部件使用更轻、更坚固的复合材料。在此类构型中，低压涡轮通过使用先进的 3D 打印技术和陶瓷基复合材料完成了优化。超高涵道比发动机可将油耗降低 5%~10%，并且可以轻松集成到在役飞机上，最快有望在 2025 年应用于现役飞机。

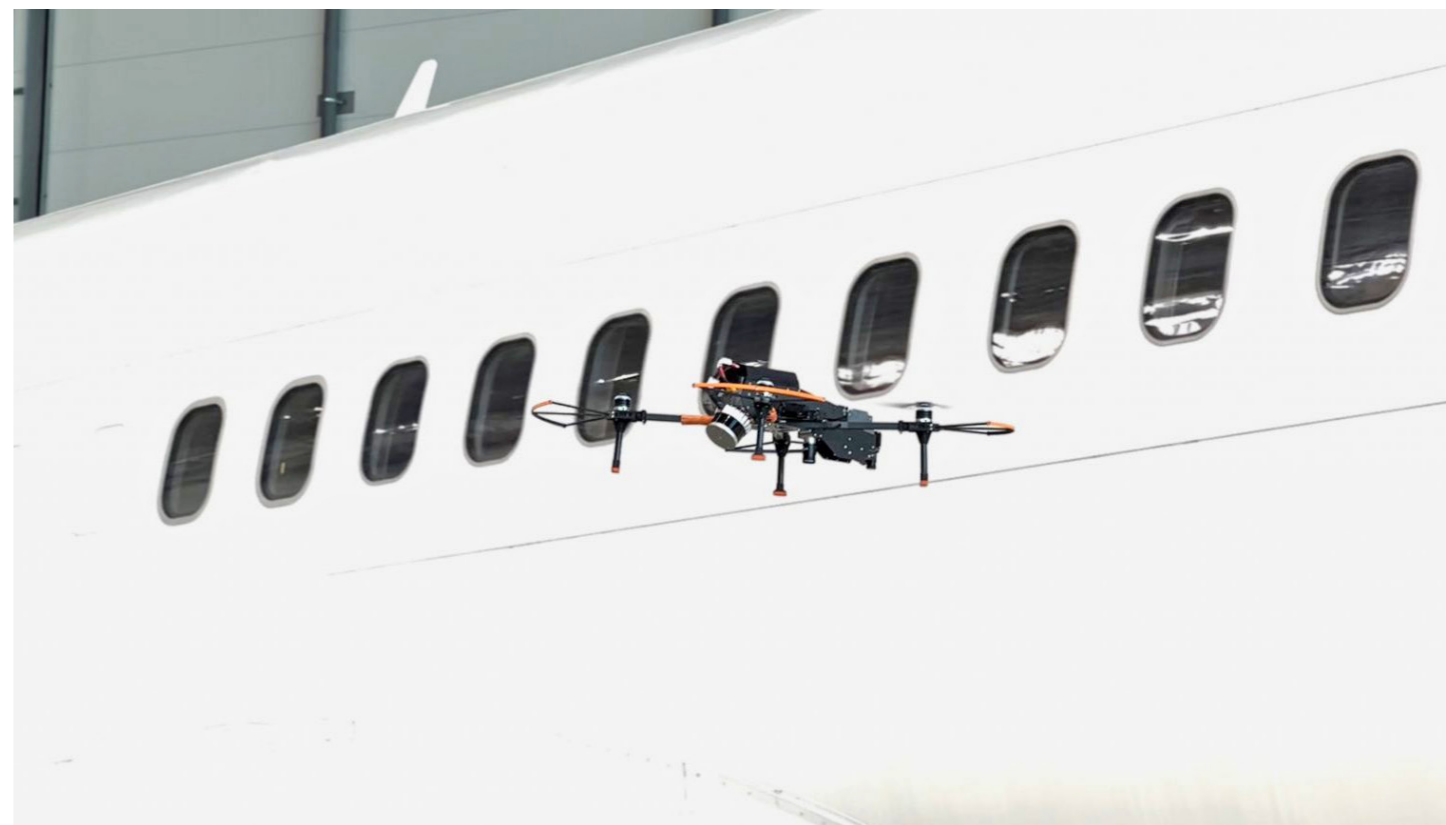
此外，赛峰近年来在开式转子发动机的研发上也屡有突破。目前该项目已经取得了多项重大阶段性进展，其中包括在法国航空航天研究机构 ONERA 完成风洞试验和发动机露天试验台的地面试验等。对于航空发动机产业来说，如果开式转子发动机能够在 2030 年左右投入市场的话，那意味着同时解决了降低油耗和提高环保性这两个行业难题。■

全球 MRO 市场 迎接新挑战

文 | 任治璐

作为航空制造业和民航运输业的下游产业，航空维修业（MRO）不仅是必不可少的环节，同时也被视为航空产业链中的一片蓝海。近日，美国《航空周刊》发布全球各地区航空维修市场（MRO）前景预测报告，报告显示，随着航空业的逐步复苏，2023 年全球 MRO 市场将从 2022 年的 834 亿美元增长到 876 亿美元，同比增长 5%。当然，全球不同地区的增长并不是同步的。根据《航空周刊》预测，由于北美和欧洲的机队数量仍占全球机队数量较大比重，因此这两个区域也将继续主导 MRO 市场需求的态势。同时，《航空周刊》在预测中也表示，尽管从长远来看，全球 MRO 产业发展态势向好，但行业也面临着劳动力短缺、成本上涨和可持续发展等方面的挑战。

图 | donecle.com



发展态势喜人

由于全球各地区机队组成不同,《航空周刊》在进行了相应的数据统计后,针对各地区预测了其 2023 年 MRO 市场的发展趋势。从总体来看,尽管各地区增长速度不同,但随着民航业的快速复苏,全球 MRO 产业在 2023 年都将有望得到快速复苏。

《航空周刊》预测,2023 年欧洲地区(包括西欧和东欧)的 MRO 需求略高于北美,但东欧地区由于受到俄乌冲突的影响,该区域 MRO 市场需求将有所回落。

具体来看,2023 年西欧地区机队总量将达到 5834 架,其中在役数量最多的机型是波音 737-800,其次是空客 A320-200。根据《航空周刊》预测,2023 年西欧地区 MRO 市值预计为 190 亿美元,其中航线维护的份额将达到 25%;窄体客机的维修将占据主流,该地区维修总工时的 55% 为单通道飞机维护工时;空客飞机的 MRO 市值将达到 91 亿美元。

受俄乌冲突的影响,2023 年东欧地区

的 MRO 市场将面临下滑,《航空周刊》预计该区域 MRO 市值为 39 亿美元。用于机体维修 C 检和 D 检的航材支出将占维修所用航材支出 23%;日检和周检的人力需求将占 MRO 市场总人力需求的 42%。从机队构成来看,波音 737-800 为该区域最大的现役机队,共有 309 架在役飞机。值得一提的是,《航空周刊》在预测中指出,2023 年该地区俄罗斯 SSJ-100 支线飞机的总飞行小时将超过 21 万小时。

《航空周刊》预测,2023 年另一个主要市场北美市场将新增近 800 架飞机,在役飞机数量将达到 9485 架。庞大的机队数量意味着更多 MRO 市场需求。《航空周刊》预测,发动机维修在该地区 MRO 市场需求的占比将达到 41%;波音飞机的维修产值将占到 445 亿美元,占 MRO 总支出的 51.1%;机体维修 D 检将需要 2.27 亿美元的航材支出和 3.91 亿美元的人工支出。

拉丁美洲和非洲地区民航业在 2023 年将加速复苏,因此也将带动 MRO 产业的恢复。《航空周刊》预计,2023 年拉丁美洲地区将有约 104 架飞机由封存状态恢复到

《航空周刊》预测,随着疫情防控政策的调整,中国 MRO 市场需求将有望加速回升。到 2023 年底,预计中国商用航空机队将达到 4400 架,发动机维修将占中国 MRO 市场 45% 的价值,利润十分可观。

运营状态,日检和周检的航材需求将占维修所用航材总需求的 53%,而相比之下 C 检的只占 10%。窄体飞机发动机将占该地区发动机总量的 58.2%,CFM 国际公司的发动机占该地区发动机总量的 41.8%。非洲地区 2023 年 MRO 市值将达到 27 亿美元,其中 19% 来自部件维修。2023 年,涡轮螺旋桨飞机维修的工时数将占到该地区维修总工时的 18%,CFM56 系列发动机的在役数量将达到 792 台。

此外,值得一提的是,早前《航空周刊》曾预测,拉丁美洲和非洲地区未来 10

年 MRO 市场的年复合增长率约为 4%。这两个地区未来会有一大批涡桨支线飞机(如 ATR42/72、Q400)投入市场,这些飞机都使用加普惠公司的 PW100 发动机。因此,这款发动机售后维护市场的前景十分可观。

由于中国和印度市场前景广阔,此次《航空周刊》的预测中也作了更为详尽的表述。《航空周刊》预测,随着疫情防控政策的调整,中国 MRO 市场需求将有望加速回升。到 2023 年底,预计中国商用航空机队将达到 4400 架,发动机维修将占中国 MRO 市场 45% 的价值,利润十分可观。

近年来,印度在全球民用航空市场的影响力日益增强,《航空周刊》在早前的市场预测中也曾多次表示,未来印度 MRO 市场的增速要比其他地区快得多。空客公司也曾预测,到 2035 年印度将要引进至少 1600 架新飞机。《航空周刊》预计,2023 年印度市场将有 116 架新飞机交付,机队总量将增长至 847 架,预计另有 28 架飞机将从封存状态恢复到运营状态。该区域 MRO 市值预计为 18 亿美元,发动机的 MRO 市值将占 50%。其中,空客飞机的航



图 | aerospacetechnology.com



图 | ainonline.com

材支出约为 7200 万美元，比波音飞机高出约 700 万美元。

行业发展挑战犹存

持续三年之久的新冠肺炎疫情对于航空业的影响是巨大的。如今，全行业都在全力以赴希望尽快重回快速发展的轨道，但仍有一些行业发展的共性问题有待解决。

国际管理咨询公司奥纬咨询早前发布的一份报告显示，在疫情发生的 3 年中，全球 MRO 行业都表现出了非凡的韧性和敏捷性，即便是在疫情最为严重的时候，MRO 产业也能通过存放飞机、开展基本的维护工作以保持机队适航性。而疫情时代，行业劳动力短缺、成本上涨和可持续发展等问题则是行业健康发展必须解决的问题。

一直以来，MRO 产业被视为劳动密集型行业，由于受到工作环境、劳动强度、理念观念等多重因素的影响，在新冠肺炎疫情发生之前，全球 MRO 产业已经开始面临劳动力短缺的问题。如今这一问题在经历了近 3 年的行业不景气后变得更为突出，行业普遍认为，劳动力短缺将成为困扰 MRO 产业发展的首要问题。

其次是成本的上涨。受到全球通胀的影响，短期内劳动力成本的上涨和航材成本的上涨将成为 MRO 企业盈利最大的“拦路虎”。对于 MRO 企业来说就需要寻求策

MRO 产业被视为劳动密集型行业，由于受到工作环境、劳动强度、理念观念等多重因素的影响，在新冠肺炎疫情发生之前，全球 MRO 产业已经开始面临劳动力短缺的问题。

略以抵消相关成本的增加，如提高运营效率、重新开展供应商协议谈判、使用二手可维修材料（USM）等。

第三是可持续发展面临的挑战。近年来，绿色环保是航空业发展的关键词，更加严格的环保政策、排放要求、不断升级的安全手段等因素既提高了 MRO 市场的准入门槛，也提高了企业额外的生产成本。在这一背景下，对于 MRO 企业来说，需以企业为主体，将智能化技术引入飞机维修领域，重新优化现有维修模式，如此一来既可降低成本，又能提高安全与效率。但这些新技术的应用也意味着企业要投入一定的研发资金，以破釜沉舟的心态实现维修方式的变革。

智能化大潮来袭

如今，欧美主流的大型 MRO 企业已经开始转变思路，开始在行业内大力普及数字化、智能化技术，诸如无人机、机器人等在商用飞机制造领域兴起的技术已在一些 MRO 企业中展露拳脚了。

无人机是目前航空领域的一个热点，一些维修企业已经开始尝试将无人机应用于维修场景，国际知名的法荷航维修工程公司就是其中一家。

由于考虑到工人在执行高度超过 25 米以上的飞机检修项目时难度较大，公司希望能够借助无人机完成机体上方及机尾的检查工作，如判断这些位置是否存在损伤或者缺陷等。目前，法荷航维修工程公司已经开始试验性地利用无人机执行飞机结构检修项目。在试验项目中，法荷航维修工程公司使用无人机对荷兰航空航天博物馆的一架退役波音 747 飞机执行维修检查，以探索如何利用无人机技术帮助维修人员更快、更彻底地执行结构检查任务。试验结果表明，无人机技术在维修领域有很好

欧美主流的大型 MRO 企业已经开始转变思路，开始在行业内大力普及数字化、智能化技术，诸如无人机、机器人等在商用飞机制造领域兴起的技术已在一些 MRO 企业中展露拳脚了。

的发展前景，如携带 3D 扫描仪的无人机可使维修人员实现近距离地观察到飞机顶部的目的。

除了无人机之外，欧洲不少维修企业发现，一些智能化的小设备或是小改进，看似不起眼，却能为企业创造不菲的效益。维修业的巨无霸德国汉莎技术公司投入 300 万欧元研发了一款机器人，用于自动仓储和检索系统，并将其命名为 Auto Store。目前，在汉莎技术位于德国汉堡的维修厂房，已有几十台机器人正在负责执行小部件仓储和接收工作。此外，公司还研发了一款可自动检修发动机的机器人，旨在实现完全自动检查并评估燃烧室组件缺陷。这主要是因为目前行业内执行该类型维修和检修的程序非常复杂，能耗高且对生态非常有害，如果未来能用机器人替代人工则可以帮助企业极大地降低维修成本，提高维修质量。

此外，新机型也在不断催生新的变革。众所周知，与传统飞机相比，新一代飞机采用了大量的创新技术，其机载设备可收集和传输大量来自机体、发动机和关键部件的信息，所产生的运营和维修数据量呈几何倍数增长。同时，这些新飞机都配备了宽带网络通信系统，与外界的连通水平也得到了极大提升，航空互联的特性日益明显。这些特性使飞机制造商拥有先天优

势来打造全新的维修方式。

2017 年，波音启动了名为 AnalytX 的飞机维修优化解决方案。该方案的原理是使用大数据分析工具来评估和分析航空公司原有的维修方案，提出改进和优化建议，以降低运营商的维修成本。波音表示，AnalytX 能够在保持或提高航空公司现役机队航班准点率的前提下，削减超过 20% 的定期维护人工和材料成本，并平均缩短超过 30% 的离场时间。在 2017 年的范堡罗航展上，厦门航空选择了这一新的维修方案，成为中国首家采用这一解决方案的航空公司。

事实上，大数据对于航空维修业的影响已经大大超出了业界的预测，在一些大型 MRO 企业中，这一技术已经得到了广泛应用。全球知名的法荷航工程维修公司和德国汉莎技术公司在大数据的应用方面走在了行业前列。这两家公司通过数据整合，保障航空公司的飞机处于最佳在役状态。同时，飞机和发动机制造商也通过收集和分析数据来帮助航空公司解决飞机运营过程中遇到的问题。例如，易捷航空与空客合作，通过向空客提供飞行数据，帮助空客不断完善单通道飞机的预测性维修方案。此外，易捷航空还通过使用空客研发的 A350 飞机健康监管平台，将独立的飞行传感数据与其内部信息数据进行比对，识别出现技术故障的前 100 位因素，检查每一个故障和事故征候，从而找出最适合飞机实时数据监控的信号。由此可见，未来借助大数据、物联网等新技术进行的预测性维修将对 MRO 产业产生巨大的影响，也预示着未来对于 MRO 产业中的企业来说，要想在竞争愈发激烈的市场中占有一席之地，必须以新技术为牵引，重新优化现有维修模式，持续推进管理和技术创新。■

ARJ21 东南亚市场发展展望

文 | 祁梦圆

2022年12月，我国自行研制具有自主知识产权的喷气式支线客机ARJ21正式交付首家海外客户印尼翎亚航空（TransNusa）。这是中国的喷气式客机首次进入海外市场，也标志着我国与东南亚地区国家的民航领域合作将进入新的阶段。

本文根据此次交付的ARJ21技术特点，对标东南亚支线市场上类似机型，从机型运力市场分布、主要运营航司等方面，浅析ARJ21在东南亚地区未来可能服务的市场及潜在需求，并为国产民机未来“出海”提供一点思考。

图 | 徐炳南



ARJ21 技术特点及类似机型辨析

此次交付翎亚航空的ARJ21飞机是中短程涡扇支线客机，为95座全经济舱布局，航程2225~3700公里，主要用于满足从中心城市向周边中小城市辐射型航线的使用要求，具有良好的高温性能、抗侧风能力和夜航运营性。

对比疫情前东南亚地区运营的支线客机类型，与ARJ21最有可比性的机型为Canadair (Bombardier) Regional Jet 1000（简称“CRJ1000”）、Canadair Regional Jet 900（简称“CRJ900”）、Embraer 190（简称“E190”）和Embraer 170（简称“E170”）四款支线喷气式客机。ARJ21与E190相比，虽在平均座位数和航程上不占优势，但目录价格更低，相同预算下性价比更高。ARJ21较CRJ1000在航程上占优，较CRJ900和E170在座级上占优。这四款机型在东南亚市场上的应用范围极有可能是未来ARJ21机型主要服务和主要竞争的市场。

ARJ21 类似机型服务市场及运营航司

疫情前后，东南亚支线航空市场上整体结构没有明显变化，支线喷气式客机运力仅占整个支线航空市场的5%左右。细分到具体机型，2022年除E190和E170外，其他支线喷气式客机均淡出东南亚市

航空器种类	具体机型	平均座位数 (个)	航程 (KM)
支线喷气式客机	CRJ1000	96	3003
	Embraer 190	98	4536
	BAe 146-100 Passenger	80	2872
	Avro RJ100	82	2769
	Embraer 170	76	3889
	CRJ900	86	3207
涡轮螺旋桨式客机	Embraer RJ145	50	2462
	ATR 72	71	3146
	ATR42 /ATR72	71	3146
	DHvilld-Bombardier DHC8 Dsh 8	85	2037
	DHvilld-Bombardier DHC8 Dsh 8 400/8Q	86	2082
	DHvilld-Bombardier DHC6 T/Otter	19	1704
	ATR 42-300 /320	56	1849
	Xian Yunshuji Ma-60	56	1599
	Cessna Light Aircraft (Single Turboprop)	10	2333
	Fairchild Dornier 328-100	32	2092
Antonov An-32	50	2500	

航空器种类	具体机型	2019 航班量	2022 航班量	恢复程度
涡轮螺旋桨式客机	ATR 72	360731	217636	60.33%
	ATR42 /ATR72	77863	43658	56.07%
	DHvilld-Bombardier DHC8 Dsh 8	28074	17499	62.33%
	DHvilld-Bombardier DHC8 Dsh 8-400/8Q	22003	4601	20.91%
	DHvilld-Bombardier DHC6 T/Otter	16517	17356	105.08%
	ATR 42-300 /320	11630	12240	105.25%
	Xian Yunshuji Ma-60	8062	2660	32.99%
	Cessna Light Aircraft (Single Turboprop)	3720	1364	36.67%
	Fairchild Dornier 328-100	418	—	—
	Antonov An-32	10	—	—
合计	529028	317014	59.97%	
支线喷气式客机	CRJ1000	16189	—	—
	Embraer 190	5125	17781	346.95%
	BAe 146-100 Passenger	3806	—	—
	Avro RJ100	1454	—	—
	Embraer 170	864	122	14.12%
	CRJ900	717	—	—
Embraer RJ145	56	—	—	
合计	28211	17903	63.46%	
总计	557239	334917	60.14%	

表1 (上) | 2019年东南亚地区支线航空市场主力机型技术情况

表2 (下) | 2019、2022年东南亚地区支线航空市场主力机型运营情况及恢复程度



场。在其他机型停止运营或减少运营的情况下，2022 年 E190 的航班量较 2019 年增长了 3 倍，成为 ARJ21 在东南亚地区市场上最主要的竞争对手。

疫情前，印尼国内市场是东南亚支线喷气式客机的主要市场，航班量占比达 70%，主要运用机型为 CRJ1000。缅甸国内市场是第二大东南亚支线喷气式客机市场，主要使用 E190 机型，航班量占比约 15%。越南往返中国大陆和中国台湾的国际航线上也运用 E190 机型，但未在国内市场上使用。

2022 年，东南亚市场上支线喷气式



表 3（上） | 2019 年东南亚地区支线航空市场 ARJ21 类似机型运营情况

表 4（下） | 2022 年东南亚地区支线航空市场 ARJ21 类似机型运营情况

机型	航线	航班量	航班量占比
CRJ1000	印尼=印尼	16057	70.13%
	印尼=新加坡	132	0.58%
CRJ900	泰国=中国大陆	342	1.49%
	柬埔寨=中国大陆	329	1.44%
	老挝=中国大陆	42	0.18%
	马来西亚=伊拉克	4	0.02%
E170	东帝汶=澳大利亚	864	3.77%
E190	缅甸=缅甸	3383	14.78%
	越南=中国大陆	1122	4.90%
	越南=中国台湾	356	1.55%
	缅甸=泰国	264	1.15%
总计		22895	100%

机型	航线	航班量	航班量占比
E170	东帝汶=澳大利亚	122	0.68%
E190	越南=越南	11136	62.20%
	缅甸=缅甸	5547	30.98%
	缅甸=泰国	466	2.60%
	东帝汶=澳大利亚	339	1.89%
	缅甸=越南	104	0.58%
	缅甸=印度	96	0.54%
	缅甸=柬埔寨	42	0.23%
	缅甸=马来西亚	40	0.22%
	缅甸=孟加拉国	8	0.04%
	缅甸=中国香港	2	0.01%
	缅甸=中国台湾	1	0.01%
总计		17903	100%

客机机型明显减少，且应用机型明显改变。越南国内市场成为东南亚支线喷气式客机的主要市场，航班量占比 62%；缅甸国内市场是第二大市场，航班量占比约 31%。两大市场所用机型均为 E190。印尼的国内外市场上均未投放支线喷气式客机运力。

2019 年，东南亚地区的航空公司中仅有印尼鹰航和缅甸国家航空运营支线喷气式客机。其中，印尼鹰航利用 CRJ1000 连接雅加达、泗水港、马卡萨等国内 37 个城市间的航线网络。由于疫情期间印尼国内航空旅客量的持续减少和该机型的高运行费用，印尼鹰航选择于 2021 年退租其全部的 18 架 CRJ1000 机队。

2022 年，除原有的缅甸国家航空外，缅甸国际航空和越南越竹航空也参与到东南亚地区的支线喷气式客机市场运营当中。侧面反映即使在疫情期间，缅甸和越南的支线喷气式客机市场仍存在较大的潜力需求。

ARJ21 在东南亚航空市场发展展望及思考

首先，ARJ21 在印尼市场上仍有持续挖潜空间。尽管翎亚航空还未宣布 ARJ21 将被投入到哪些市场，但从印尼鹰航疫情前运营的 CRJ1000 市场来看，随着印尼国内航空市场的复苏，翎亚航空近期可以以其基地雅加达国际机场为中心，构建到巴纽旺宣、丹戎潘丹、实武牙等印尼国内十多个港口城市的支线枢纽航线网络；中远期可以尝试以 ARJ21 机队运营印尼鹰航原有的其他 CRJ1000 支线航空市场。疫情前，CRJ1000 机型在印尼航空市场有 1.6 万架次计划航班量的市场空间，现阶段印尼市场上没有其他同类型支线喷气式飞机竞争，ARJ21 在印尼航空市场的未来需求预计非常可观。

现阶段印尼市场上没有其他同类型支线喷气式飞机竞争，ARJ21 在印尼航空市场的未来需求预计非常可观。

其次，ARJ21 在越南和缅甸市场上有开拓可能。越竹航空和缅甸国际航空均在疫情期间首次引进 E190 支线客机，并宣布有持续引进以开拓其国内支线网络的计划，证明近期乃至中远期越南和缅甸航空市场上均有持续发展支线航空市场需求。现阶段越南和缅甸多家航空公司利用 E190 开拓航线的航程均在 ARJ21 的可达范围内。尽管在座位数和性能方面 ARJ21 与 E190 相比还有差距，但在价格、服务、配套资源保障等多方面仍有与其优化博弈的可能。

最后，ARJ21 海外运营需持续关注安全和舆情应对能力。

ARJ21 在印尼的安全、高效运营是 ARJ21 系列飞机乃至我国国产大飞机未来能够顺利“出海”至关重要的一步。根据以往我国“新舟 60”的“出海”经验，全球各国航空安全运行保障能力、标准规范、安全理念、监管方式均有不同，我国飞机交付后的培训保障、航材供应等多方面仍不可掉以轻心。尽管此次中国商飞在 ARJ21 交付印尼前做好了功课，但不可避免的是印尼航空业的安全记录并不理想。为尽可能地保障 ARJ21 在印尼顺利运营，中国商飞需在运营初期加强现场保障投入，协助海外用户平缓渡过初期的故障多发阶段。

此外，中国商飞还应加强舆情应对能力，一方面对 ARJ21 的海外成功运营积极宣传，打造中国产品安全可靠的正面形象，

机型	航空公司	航线
CRJ1000	印尼鹰航	印尼=印尼
		印尼=新加坡
CRJ900	华夏航空	泰国=中国大陆
		柬埔寨=中国大陆
		老挝=中国大陆
		马来西亚=伊拉克
E170	澳大利亚北方航空	东帝汶=澳大利亚
E190	中国南方航空	越南=中国大陆
		北部湾航空
	华信航空	越南=中国台湾
		缅甸国家航空

机型	航空公司	航线
E170	澳大利亚北方航空	东帝汶=澳大利亚
E190	澳大利亚北方航空	东帝汶=澳大利亚
		澳洲航空
		越竹航空
	缅甸国际航空	越南=越南
		缅甸=缅甸
		缅甸=孟加拉国
		缅甸=中国香港
		缅甸=印度
		缅甸=柬埔寨
		缅甸=马来西亚
		缅甸=泰国
		缅甸=中国台湾
		缅甸=越南
		缅甸国家航空
缅甸=马来西亚		
缅甸=泰国		

表 5（上） | 2019 年东南亚地区主要运营 ARJ21 类似机型的航空公司及市场情况

表 6（下） | 2022 年东南亚地区主要运营 ARJ21 类似机型的航空公司及市场情况



同时向世界输出与中国产品配套的中国标准和理念；另一方面，要做好充分的舆情应对预案，在未来面对某些西方国家对我国产品的舆论的不利引导时能够及时察觉并予以妥善解决。

ARJ21“出海”的机遇与风险是并存的，但不能因为有风险就不前进。我们要抱着“越是艰难越向前，敢教日月换新天”的坚强意志和勇敢信念，为国产大飞机走向世界、为中国产品改变世界保驾护航。（注：本文数据均来自 OAG。）■

转型中的印度航空业

文 | 张晋

2023年2月，印度航空宣布已与波音和空客两大飞机制造商签署协议，计划采购470架新飞机。这笔商业航空历史上的最大客机采购订单包括250架空客飞机，分别为210架A320neo系列飞机和40架A350宽体客机，总价值约459亿美元；220架波音飞机，分别为190架737MAX飞机和20架787宽体客机、10架777X宽体客机，总价值约340亿美元。对于此次的大手笔订单，印度总理莫迪表示，考虑到庞大的内需和全球航空业的回暖，预计未来15年印度将需要超过2000架新飞机，与此同时印度也有望成为全球第三大航空市场。

印度民航业发展愿景

得益于经济的稳定增长和庞大的内部需求，印度航空业的发展一直保持向好的态势。同时，印度不仅国内采取天空开放政策，允许新航空公司按照相应准则自由进入市场，还与部分国家实施天空开放政策，其邻国如孟加拉国、不丹、尼泊尔、马尔代夫等都可以不受限制地飞往印度指定的国际机场，这也在一定程度上促进了印度民航业的发展。也正因为如此，国际航空运输协会（IATA）早前就曾预测，印度未来将成为仅次于美国和中国的第三大航空市场，成为全球重要的航空枢纽。

对于本国航空业未来的发展，印度民航在2019年就曾发布《2040远景规划》（以下简称《规划》），不仅对民航业未来发展进行了预测，还从机队、机场建设等多角度进行了剖析。

《规划》指出，预计到2040年，印度客运量将达到11.24亿人次，其中国内客运量将达到8.2亿人次，年复合增长率达到9%，国际客运量达到3.03亿人次，复合增长率达到7%。对于印度民航业其他指标，《规划》指出，到2040年其机队规模将达到2360架，复合增长率为6.2%，运行机场数量达到160~180座，复合增长率3%，其中千万级机场的数量将达到33座。

在货运市场方面，《规划》指出到2040年，随着电子商务的发展，印度的货机机队规模也将实现成倍的增长。届时，印度的航空货运吞吐量将翻两番，达到1700万吨，印度将逐步成为南亚的运转枢纽。

另外值得指出的是，在偏远地区连通性计划、旅游和航空应急计划的推动下，通用航空也将成为印度航空系统不可分割的一部分。到2040年，印度两栖飞机的数量可能超过200架，无人驾驶飞机和直升机将实现更大范围的应用，尤其是在城市通勤和医疗方面。在印度政府一系列政策的支持下，印度到2040年可能会在无人机等通用飞机的研发、制造方面独树一帜。



图 | TripSavvy

政府与制造商的布局

航空业的发展与国家的经济发展直接相关。20世纪90年代初，印度就开启了以自由化、私有化和全球化为特征的经济改革，使得国内经济得到了快速发展。经济的高速发展使印度中等收入人群不断扩大，而这部分人群为民航业的发展奠定了基础。此外，航空业作为国家战略产业，一直是各国政府高度重视的行业。印度政府近年来为了推动航空业的发展也出台了一系列的政策。

在民航基础设施方面，印度过去20年投入了大量的资金，使民航基础设施建设不断加强，在国家支线连通计划（RCS）下新建了200多座机场。2023年，印度政府再次宣布，将在2024年前为民航运输业再拨款3.76亿美元，以建设50个新机场，进一步完善区域间的空中连通性。通过国家“UDAN”计划的实施，不断优化航线网络，使空中运输成本不断降低，

让航空成为老百姓负担得起的出行方式；民用航线和军用航线的分离为航空公司开辟出了更多的航线。此外还包括航班时刻的调整优化，航空公司采用更省油、维护成本更低的新型飞机，不断提高机队的可利用率以及包机服务业务的蓬勃发展。在后疫情时代，印度航空领域更是出现了诸多新气象，如印度航空（Air India）成功私有化，捷特航空（Jet Airways）重启运营，阿卡萨航空（Akasa Air）等一些新成立的航空公司也积极进入市场，航空客运量积极回升，航空业投资热潮持续显现。

除了政府的支持之外，近年来波音、空客等飞机制造商也越来越重视印度市场。空客的市场报告指出，印度民航客运量在2040年前后将维持6.2%左右的复合增长率，在全球主要经济体中位居第一。未来，印度干线客机需求将达到2210架，与机队规模扩张相匹配，空客预测到2040年印度将需要3.4万飞行员和4.5万空勤维护人员。为此，空客已明确表示未来将

深化在印度航空制造产业的布局。这一点对于印度政府具有相当大的吸引力。

一直以来，印度高端制造业发展十分薄弱。早在 2014 年，印度政府曾提出一个名为“Make in India”的计划，旨在鼓励和吸引国外企业在印度投资高端制造业。但过去近十年，这一计划的进展并不乐观。航空产业网的数据显示，波音在印度的年度采购额约为 10 亿美元，但其中航空制造业相关的比例十分少；空客在印度的年度采购额约 7.5 亿美元，同样航空制造业相关的占比十分少。如今，随着民航业的快速发展，政府希望借此机会与飞机制造商、供应商等开展更深入的合作，获得更多工作包，以让更多印度国内企业成为一级供应商，并最终在国内建立一个以航空制造为核心的生态系统。

空客已开始加速在印度的布局。2023 年，空客宣布将在印度建立一个生态系统，以推动可持续航空燃料的发展，助力航空业脱碳。空客表示，未来将把印度视为南亚发展可持续航空燃料最核心的合作伙伴，未来空客还计划在印度发展与之相关的工程，作为在印度制造计划的一部分。

MRO 产业尝试转型

印度地理位置优势明显，同时也具备较低的劳动力成本，因此具有成为全球航空维修枢纽的潜力。但事实上，印度国内航司许多 MRO 业务却是在印度以外区域完成的，考虑到未来行业发展潜力以及 MRO 产业自身的“吸金”能力，政府近年来大力支持企业发展 MRO 能力，航空公司、维修企业等也都在自建维修能力和外包业务中寻求更多的发展机遇。

在印度，多数航空公司均具备一定的飞机维修能力、拥有 CAR 145 部批准证书，但发动机大修和机体重维修则基本上都是

采用外包方式。对于航空公司来说，当机队达到一定规模时，就要思考如何平衡自建维修能力与外包工作量。例如，IndiGo 航空目前正计划在班加罗尔开设维修设施。IndiGo 认为，其几百架飞机的机队规模拓展维修业务对于公司的长远发展是更有利的。

但对于机队规模较小的航空公司，情况正好相反。此前，捷特航空的所有维修工作都是外包的，当该公司计划引进新机队时，仍选择了采用完全外包的模式。他们认为，外包模式比较简便，易于管理和调整，更易与不断发展的机队相适应。

相较而言，自建维修能力需要在人力、资源、工装、库存和仓储等方面进行投入，而且前期投入较大。在市场竞争日趋激烈的情况下，机队规模 50 架以下的中小型航空公司更愿意将精力和资金集中在建立并加强核心领域的客户获取和品牌主张上，实现品牌服务差异化，不愿在维修能力建设上过多投入。

飞机维修是一项资本密集型业务，建立飞机重维护能力，需要较高的投资门槛。一般来说，印度 MRO 企业普遍具备与机身和客舱内饰相关的维护能力，所以这些工作量大多数在印度国内完成。

除了机体大修外包之外，附件维修主要也是通过外包完成的。大多数印度航空公司均采取了按飞行小时收费（PBH）的模式，他们认为，在该领域市场机会非常有限，况且部附件 OEM 厂家拥有维修能力的绝对话语权，知识产权壁垒限制了印度发展有关维修能力的可能性。

从长期来看，印度经济增长预期存在一定的不确定性，在政策层面上仍有待改变，如维修行业人才资源的获取、税收等方面。也就是说，印度维修业的发展仍需要政府层面加大推动力度，否则很难把维修业务留在印度国内，也就很难将印度的

MRO 产业做强做大。

通常而言，航空公司选择与维修厂商合作是一项长期的工作。通常情况下，航空公司在选择过程中至少需要审查三家维修供应商，其中，发动机大修成本是考虑的重要因素之一。选择自建维修能力还是外包维修工作量，主要取决于机队规模，规模效益尤为重要。然而，并非所有航空公司都是如此。换言之，选择何种模式，最终取决于航空公司的自身条件和战略选择。目前印度航空公司的维修业务主要仍采用自建与外包相混合的模式。

总之，飞机维护费用是航空公司运营成本的主要组成部分之一。当前，越来越多的印度航空公司通过提前制定维修规划，使 MRO 企业开展维护工作更具有计划性和预测性；另一方面，维修周期更容易得到保证，航空公司和 MRO 企业都可以获得更大的运营确定性，从而不断改善整个航空生态系统，形成双方共赢的局面。

当前，在印度民航业中，航空公司与 MRO 企业之间不断加强联系，努力实现更具战略意义的共同价值主张。与此同时，印度吸引着全世界 MRO 企业的目光，普惠、罗罗和赛峰等 OEM 厂商纷纷在印度建立维修基地，印度的民航维修业未来可期。

跃跃欲试的民机制造

近年来，印度一直想尝试涉足民用飞机制造领域。2021 年，印度斯坦航空公司（HAL）生产制造的第一架斯坦—228 运输机完成低速滑行试验，印度政府表示，这是第一架完全由印度生产的民用飞机。但不少专家指出，这架飞机严格意义上来说，只能算是“印度制造”，而非“印度设计”，因为这款飞机的外形与德国多尼尔公司的多尼尔—228 十分相似。

从时间上来看，早在 20 世纪 60 年代

印度就曾尝试过民用飞机的制造。当时的霍克·西德利公司将其 HS—748 支线飞机交由 HAL 公司许可生产，并改名为 HAL—748。HAL 公司共生产了 89 架该型飞机，其中 17 架交由印度航空使用。更值得一提的是，在 HAL—748 项目终止之后，印度政府令印度国家空天实验室（NAL）继续开始自主研发民用飞机的可行性分析，之后更是启动了名为 SARAS 的 9~14 座级轻型运输机项目。但很可惜，这一项目的发展十分不顺利。尽管之后，印度政府还在 2019 年推出了 19 座的 SARAS MK2 项目、70 座级涡桨飞机项目和 100 座级涡扇飞机项目。但很可惜，由于印度国内航空工业基础薄弱以及国际供应商并无意让更多的转包工作包转移至印度，因此这些印度欲染指民用飞机制造领域的想法无疾而终。

如今，随着国内经济形势的向好，民航业需求的扩张，印度手中有了更多跻身航空制造业的筹码，希望更多地参与国际航空产业链。但客观来说，商用飞机制造领域主制造商的进入门槛极高，不仅需要强大的研发、设计、制造、试验、试飞能力，更要具备整合产业链的管理能力，甚至是一些标准制定的主导者。对此，日本三菱飞机公司 SpaceJet 项目的失利就是一个例证。相比印度，日本国内制造业整体水平更高，在一些航空细分领域甚至具备世界一流的水平，但即便如此，日本在跻身商用飞机主制造商的道路上也以失败告终。因此，现阶段对于印度来说，如何利用“市场”这张王牌打好民航发展与工业进步的牌局，是摆在政府面前的一道并不容易的考题。■

低成本航空 本质特征再认识

文 | 郭才森

低成本航空有多种不同的称谓。在国际民航组织（ICAO）和国际航空运输协会（IATA）的用语中，低成本航空被称为 Low Cost Carrier（简称 LCC），这一称谓强调低成本航空公司的核心竞争力是通过有效控制各种成本获得成本领先优势。在其他一些场合，低成本航空公司也被称为廉价航空公司（Discount or Budget Carrier or Airline），这一称谓强调低成本航空公司票价普遍低于传统航空公司的特点；或“无虚饰”航空公司（No Frills Airline），这一称谓强调低成本航空公司减少或者干脆不提供一些相关的机上服务和地面服务的特点。

图 | upgradedpoints.com



低成本航空的定义与本质特征

低成本航空这个词，被 Airline Business 杂志认为是“在民航行业最被滥用的词汇”。研究表明，虽然可以找到一些常见的低成本航空公司实践操作模式，但没有一个规范化的低成本航空模型，也没有一个单一的驱动因素决定其竞争优势。斯文格·鲁斯、迈克尔·利客先生在《全球低成本航空》一书中指出，文献资料中较为倾向于认为低成本航空的整体定义是比较模糊的，原因在于低成本航空没有一个清晰明确的商业模式，但在相对比较时不难发现低成本航空有其一一系列的产品和商业方面的差别；所有低成本航空的共同点在于他们将焦点放在如何把所有运营成本都尽可能控制到最低。里格斯·道格尼斯先生在《迷航——航空运输经济与营销（第四版）》中指出，低成本航空公司的运营核心是通过较低的运营成本向市场提供低廉的票价。

就低成本航空商业模式的核心而言，许多学者提出了一些运行特征，例如：产品单一；票价低，结构简单、单程、很少有适用限制，起飞时间越近票价越高；不使用旅行社、通过网络或者呼叫中心直销、使用电子客票；采用单一订座舱位，客舱布局密度高，登机不分配座位，不提供餐饮服务；排斥常旅客计划；只飞国内航线；服务水平低端，没有头等舱座位。但是，上面每一个特征，都可以提出反例，即有

许多低成本航空公司不具备这个特征。因此，这些特征不是低成本航空公司的核心特征，不能用是否具备这些特征判断一家航空公司是否是低成本航空公司。

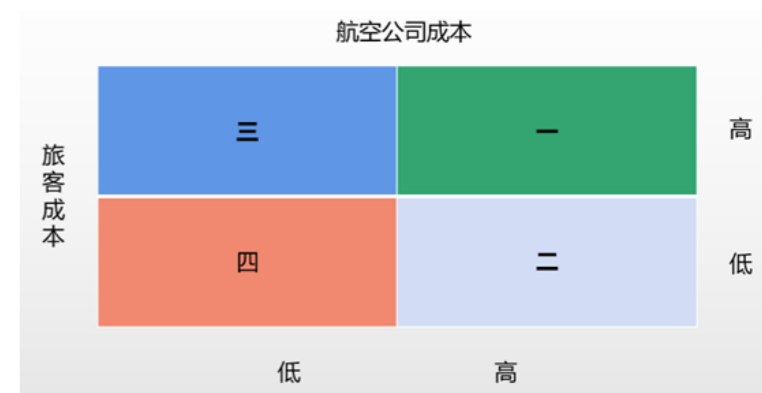
综合上述专家学者的论述，笔者认为，低成本航空公司是以较低的价格向社会提供航空运输服务的航空公司，票价低或者服务价格低是低成本航空公司的核心特征，也是低成本航空商业模式的核心特征，其他特征都不是低成本航空的核心特征。我们从几个方面展开分析。

旅客的低成本 与航空公司的低成本

图 1 是航空运输商业模式中航空公司成本与旅客成本的关系图，共有四种状态，分别进行分析。

第一种，航空公司成本高、旅客成本

图 1 | 低成本航空矩阵图



高。旅客成本高，主要是指机票价格高。在这种商业模式中，航空公司成本高，旅客的成本也高，这种模式显然不是低成本航空模式，而是传统的航空商业模式。

第二种，航空公司的成本高，旅客的成本低。在这种商业模式中，航空公司以较低的机票价格向旅客提供服务，但自身的运营成本较高。对于旅客来说，这种商业模式是低成本航空，但由于航空公司成本较高，这种商业模式难以持续经营下去，往往以航空公司的倒闭而告终。

美国低成本航空公司发展的高峰期出现在 1993 年~1995 年，那段时间，全美国诞生了 10 家新的低成本航空公司。但是到 2008 年，这些公司只剩下了一家，即穿越航空公司（穿越航空公司后被美国西南航空收购，2014 年其业务、人员都被整合入西南航空）。为了与低成本航空公司竞争，美国联合航空公司设立的低成本航空品牌泰德航空(Ted)2004 年开始运营，2009 年停止运营，达美航空旗下的低成本航空公司 Song 航空 2003 年开始运营，2006 年停止运营。这些倒闭的低成本航空公司就是这种模式。

第三种，航空公司成本低，旅客的成本高。在这种模式中，航空公司实施成本领先战略，公司管理水平高，具有很高的运行管理效率，公司的运营成本较低。但是，该航空公司以与其他传统航空公司大致相同的价格向旅客提供航空运输服务。对旅客来说，这样的航空运输服务与一般的传统航空公司没有什么区别，这种商业模式属于传统商业模式。对航空公司来说，由于其收入水平与行业内其他传统公司基本相同，但成本水平较低，这些航空公司就具有较高的盈利水平，也具有较强的市场竞争力。

第四种，航空公司成本低，旅客的成本也低。在这种模式中，航空公司以较

低的价格向旅客提供航空运输服务，旅客的成本水平低；与此同时，航空公司的管理效率较高，其运营成本水平较低。虽然票价较低，但只要航空公司的成本低于航空运输收入，航空公司仍然盈利，而且可能利润水平很高。这样的商业模式，就是能够持续运营的低成本航空商业模式。世界上成功的低成本航空公司都是这种商业模式。

随着低成本航空商业模式的演进，民航业界将低成本航空商业模式分为三种类型。第一种是传统低成本航空，以美国西南航空为代表。第二种是混合型低成本航空，以美国捷蓝航空（Jet blue）为代表。第三种是超低成本航空（ULCC），以欧洲爱尔兰的瑞安航空（Ryanair）、美国的精神航空为代表（Spirit Airlines）。考察瑞安航空和精神航空的商业模式可知，他们都是提供“裸票价”服务，即机票价格中只包括座位和极少的随身行李，其他服务都需要另外收费，而且座位间距很窄，舒适度低。由于服务舒适度低、机票价格对应的服务内容少，因此这两家航空公司的机票价格很低，可以称之为超低票价。因此，超低成本航空中的“超低”，是指机票价格“超低”，也就是旅客的成本“超低”。从这个角度看，低成本航空公司中的低成本是指旅客的低成本，也就是票价低。如果将超低成本航空公司的服务还原到与其他航空同样的水平（例如座位密度、服务内容相同），超低成本航空公司自身的运营成本是否超低还真不一定。

马来西亚亚洲航空公司的口号是“现在人人都能飞”，其理念是提供“买得起”的机票。显然，亚航将机票价格低，即旅客成本低作为自己商业模式的核心特征。

在旅客低成本与航空公司低成本之间，存在目的和手段之间的关系。旅客低成本是目的，是低成本航空公司据以提高

对传统航空公司竞争力的手段，是旅客识别低成本航空与传统航空的标志。航空公司的低成本是低成本航空公司持续运营的必要条件，如果没有航空公司的低运营成本，即使向旅客推出了低价格的航空运输服务，这些航空运输服务也不可能持续提供下去。对旅客来说，他们关心的是服务价格的高低，而不关心航空公司运营成本的高低，而且旅客也难以判断航空公司运营成本的高低。

因此，我们所说的低成本航空公司，应当是以较低的价格向旅客提供服务的航空公司，而不考虑其自身运营成本水平的高低。但是，航空公司自己的运营成本水平低是其持续向旅客提供低价运输的必要条件，也是其持续存在的必要条件。因此，道格拉斯先生讲的关于“低成本航空公司的运营核心是通过较低的运营成本向市场提供低廉的票价”是比较准确的。

从这个角度看，机票价格低是低成本商业模式的核心特征，用“低票价航空公司”“廉价航空公司”来翻译 LCC 可能更加合适。

低成本航空的对立商业模式

与低成本航空相对立的商业模式，有人认为是网络型航空，有人认为是全服务航空。笔者认为，这两种观点都有可商榷之处。

有学者认为，网络型航空公司以其运营基地或者枢纽机场为中心，建立起了放射状的航线网络，而低成本航空公司建立的是点对点航线网络，不建设航空枢纽。

实际上，航空公司建立点对点航线网络，不设立枢纽，是在其规模较小时的商业模式。随着规模的扩大，基于规模经济和提高效率的需要，低成本航空公司也会建立枢纽，与传统的网络型航空公司并无

本质的不同。而一些非低成本的传统航空公司，在规模较小的时候，也建设不成枢纽网络结构，构不成航班波。因此，笔者认为，是否形成轮辐式航线结构和网络，主要是由航空公司的规模决定的。

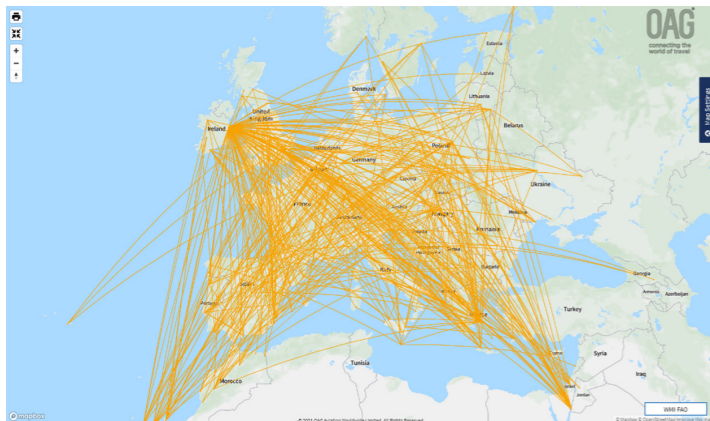
2019 年，按旅客运输量计算，美国西南航空是世界第一大航空公司，瑞安航空是世界第四大航空公司，达美航空是世界第二大航空公司，美国联合航空是世界第五大航空公司。图 2 至图 5 是这四大公司 2019 年的航线网络图。从图中可以看出，这四大航空公司都有几个枢纽机场，航线结构都是网络型的，如果不特别说明，根本看不出哪个是低成本航空，哪个是网络型航空。

就是否在枢纽运营中转联程航班（也称为通程航班）而言，不仅达美航空、美联航运营中转联程航班，美国西南航空、瑞安航空、易捷航空、捷蓝航空等低成本航空公司现在也运营中转联程航班。在这一方面，传统航空与低成本航空已经没有差别。

因此，网络型航空不是与低成本航空相对立的商业模式。

也有人认为，低成本航空公司仅能向旅客提供部分服务，全服务航空公司能够向旅客提供全面的服务，低成本航空的服务水平低于全服务航空公司。

在低成本航空发展的早期，上述差异是存在的。例如，美国西南航空成立的早期，提供的是简单的服务，服务内容远传统航空公司少。但是，现在已经是 2023 年，低成本航空公司的商业模式已经发生了巨大的变化。美国西南航空已经不是单一的统一经济舱，而是经济舱分为 Business Select、Anytime、Wanna Get Away 三种高低不等的套餐，早已可以托运宠物，虽然不分配座位，但可以付费购买优先登机位置，从而可以自选优质座位，



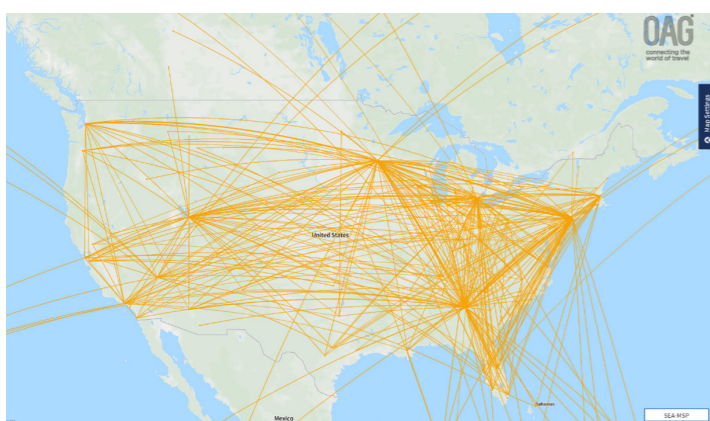
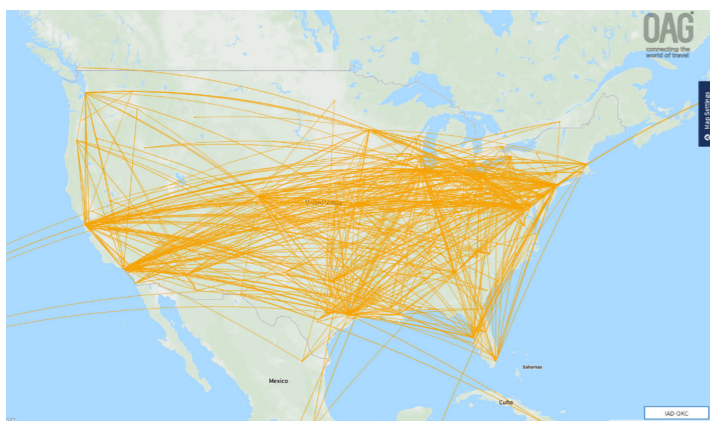
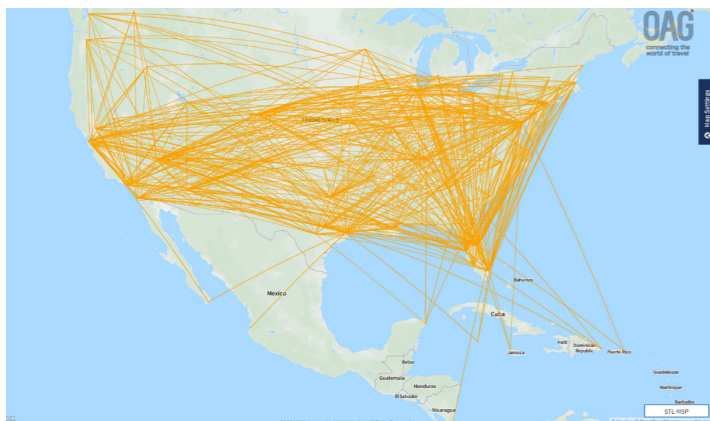
由上至下依次为：

图 2 | 瑞安航空 2019 年航线网络图

图 3 | 美国西南航空 2019 年航线网络图

图 4 | 美国联合航空 2019 年国内航线网络图

图 5 | 美国达美航空 2019 年国内航线网络图



比分配座位走得更远，飞机上提供饮料，可以付费买酒。捷蓝航空的空客 A321 跨北美大陆航班上已经设置有可平躺座位的商务舱，经济舱分为三种套餐，能够托运宠物，跟许多传统航空公司联合经营中转联程航班。因此，低成本航空公司的服务已不是单一的、简单的服务了，而是比较复杂的服务了。

总体上看，现在的低成本航空实行的是“分项定价、自由选择”的商业模式，由旅客根据自己的支付能力和偏好自由选择服务，旅客只为自己选择的服务付费。全服务航空实行的是“整体定价、捆绑服务”的商业模式，也可称为“一价全包”、“一票全包”的商业模式，在这种商业模式中，不管旅客是否需要，都必须为这个服务付费。由于旅客为自己不需要的服务也支付了费用，全服务航空模式的相对成本比较高，性价比低。

综上所述，低成本航空是一种相对较新的商业模式，与之对应的是传统商业模式或者称为高成本商业模式。现阶段，低成本航空是自由选择服务内容的商业模式，传统航空是“一价全包”的商业模式。低成本航空是一种低价商业模式，传统航空是一种高价的商业模式。■

元宇宙为民航业发展带来更多想象空间

文 | 刘月

随着 5G、区块链等基础设施的完善、智能终端的普及，以及虚拟现实、增强现实、扩展现实、云计算以及数字孪生等新技术的相继成熟，元宇宙正处于一个充满想象的发展雏形阶段，也是一个各行各业都在激烈讨论的热点话题，民航运输业也不例外。

何为元宇宙

元宇宙 (Metaverse) 的思想来源于美国数学家 Vernor Vinge 于 1981 年出版的小说《真名实姓》(True Names)，作者创造性地构思了一个通过脑机接口进入并获得感官体验的虚拟世界。元宇宙的正式提出源自美国科幻大师 Neal Stephenson 于 1992 年创作的小说《雪崩》(Snow Crash)，作者将其设想为一个平行于现实世界的另一重时空。

目前，对于元宇宙尚无公认的权威定义，但一个基本共识是，元宇宙本质上是对现实世界的虚拟化、数字化过程，并与现实世界深度交互，我们对于元宇宙的认识仍在不断演变。

元宇宙发展前景

对于元宇宙这一全新的理念，展望其可能的发展前景具有格外的难度，较为宏观的趋势至少包括三个方面。

首先，笔者认为，元宇宙产业发展规模将不断扩大，逐渐成为数字经济的重要组成部分。彭博行业研究报告预计，

表 1 | 关于元宇宙的概念汇总资料来源 | 根据公开资料和文献整理

序号	概念	来源
1	元宇宙是基于扩展现实技术提供沉浸式体验，基于数字孪生技术生成现实世界的镜像，基于区块链技术描述经济体系。	清华大学新闻与传播学院新媒体研究中心《2020—2021 年元宇宙发展研究报告》
2	元宇宙并不是特指某种单一的技术或应用，而是指一种基于增强现实、虚拟现实、混合现实技术的 3D 空间、生态或环境。它不是脱离现实世界的异托邦，而是与现实世界的交互混同。元宇宙技术的本质是“数字孪生”(Digital Twins) 技术，即如何通过各种记录型媒介生成一个现实世界的丰富的数字版本(化身)，并在两者之间实现互操作(interoperability)。	复旦大学新闻学院传播系《2021—2022 年元宇宙报告》
3	元宇宙是一种起始于游戏平台、奠基于数字货币、并由一系列集合式数字技术和硬件技术同步涌现所支持的、人类生活深度介入其中的虚拟世界及生存愿景，其核心是以区块链技术为基础的一种新型数字经济的发展。	袁园、杨永忠(2022)
4	元宇宙是虚拟世界与现实世界叠加、共生、共存的新世界，依托数字技术构建现实世界的孪生体——数字孪生世界，数字孪生世界将与现实世界通过虚拟现实、增强现实、扩展现实等技术叠加在一起，形成虚实映射、实时连接、动态交互的世界。	李颖、邹统钎、杜焯琳、李娟(2022)
5	元宇宙不止是下一代互联网，也不是互联网发展的终极模式，其更是未来人类社会生活的一个方式或场域；元宇宙链接虚拟与现实，通过技术手段丰富了人的感知，提升了人的各类体验，并延伸了人的创造力与更多的可能；在元宇宙场域下，虚拟世界模拟与复制物理世界，并成为物理世界的延伸与拓展，又反向影响到物理世界，最终弱化甚至模糊了虚拟世界与现实世界的界限，将成为人类未来生活方式的长久愿景。	张夏恒、李想(2022)

元宇宙将在 2024 年达到 8000 亿美元市场规模。普华永道数据显示，元宇宙市场规模 2025 年预计达到 4674 亿美元；伴随着技术与产品螺旋式迭代，元宇宙各环节发展将带来总体市场规模扩大，在 2030 年将达到 1.5 万亿美元。元宇宙发展规模的快速扩张，其或成为数字经济的新引擎。

其次，元宇宙的应用场景正在持续拓展，产业之间的融合发展将是重要趋势。根据清华大学新闻与传播学院新媒体研究中心《元宇宙发展研究报告 2.0 版》，元宇宙的应用场景非常丰富，例如航天、教育、军事、农业、工业、医疗、教育、碳排放、体育、汽车、旅游、社交、销售、房地产、党建、政务等。智能交通技术（ITSTech）详细展望了元宇宙在交通中的应用场景。游戏产业是元宇宙的先导产业，未来，元宇宙将与其他产业之间形成融合发展态势。

第三，政府相关部门也开始重视元宇宙，将为元宇宙发展提供良好政策机遇。2021 年 12 月，上海市经济和信息化委员会印发《上海市电子信息产业发展“十四五”规划》，提出要加强元宇宙底层核心技术基础能力的前瞻研发，推进深化感知交互的新型终端研制和系统化的虚拟内容建设，探索行业应用。同年 12 月，杭州宣布成立元宇宙专委会。2022 年 1 月，合肥、武汉

相继召开人大会议，将元宇宙写入《政府工作报告》。此外，北京、深圳、无锡等竞相提出了推动元宇宙发展的相关举措。

元宇宙如何影响民航运输

首先，元宇宙将改变旅客出行需求结构。由于元宇宙提供的沉浸式虚拟场景与现实世界实现了高精度交互，那么商务旅行在不久的将来会大幅减少，为了进行眼神交流和握手而去旅行，会被当成疯狂的浪费。旅游出行需求也难免发生变化，元宇宙将为游览提供更多的资源、更多样化的体验。2021 年 11 月，西安大唐不夜城景区宣布正在打造全球首个基于唐朝历史文化背景的元宇宙项目——《大唐·开元》，该项目像一个通往数字虚拟世界的工具，让游客不管身在何处都可以在线上“大唐不夜城”游览娱乐。

其次，元宇宙将有助于提高旅客出行体验。元宇宙与民航的融合发展可以进一步提高旅客的出行体验，真正为“人享其行”提供服务。不妨以零售前沿为例，韩国乐天公司在 CES 2022 上展示了元宇宙平台“LOTTE Metaverse”，用户足不出户就能使用 VR 在该平台购买实际商品、看电影、听音乐会。事实上，机场商业同

样可以打造 VR 虚拟（数字孪生）商店，为旅客提供随时随地的消费体验。

第三，有利于减少行业碳排放水平。由于庞大算力的需要，元宇宙发展本身会产生大量碳排放。但显而易见的是，元宇宙中生产的数字产品，不消耗电能以外的能源；元宇宙的环境外部性还体现在，其提供的沉浸式虚拟场景将降低线下出行、办公、旅游等带来的碳排放，这将间接导致民航运输碳排放水平的降低。从供给端来看，元宇宙可以塑造机场碳排放全景，做到实时碳排放监测、跟踪碳足迹、引导低碳生产，从而推动绿色机场建设。

除此之外，不能忽视的是，元宇宙的发展也将对民航的（区块链、数字孪生等）新型基础设施建设、科技创新、服务能力、行业治理等方面提出更高要求。

元宇宙背景下民航业发展的思考

元宇宙对民航业的挑战和机遇并存，因此过度乐观和悲观都是不合适的，需要审慎看待元宇宙对民航业的影响。笔者认为，以下两个方面值得进一步思考和关注。

首先，是高度重视元宇宙发展带来的机遇，持续加强民航领域数字化转型，支持元宇宙在民航业先试先行。

“十四五”时期，智慧民航建设是发展主线，在贯彻落实《智慧民航建设路线图》基础上，建议重视元宇宙在民航领域数字化转型建设中的作用，支持元宇宙在民航业先试先行。一是行业管理部门应在元宇宙“公共物品”提供方面发挥主导作用，积极构建起民航世界的数字孪生。二是围绕改善旅客出行体验，鼓励科研单位和龙头企业核心技术的投入、前沿技术的探索，对立项项目予以资金支持。三是鼓励市场主体、科研主体、行业协会等建立“民航元宇宙创新联盟”。四是充分发

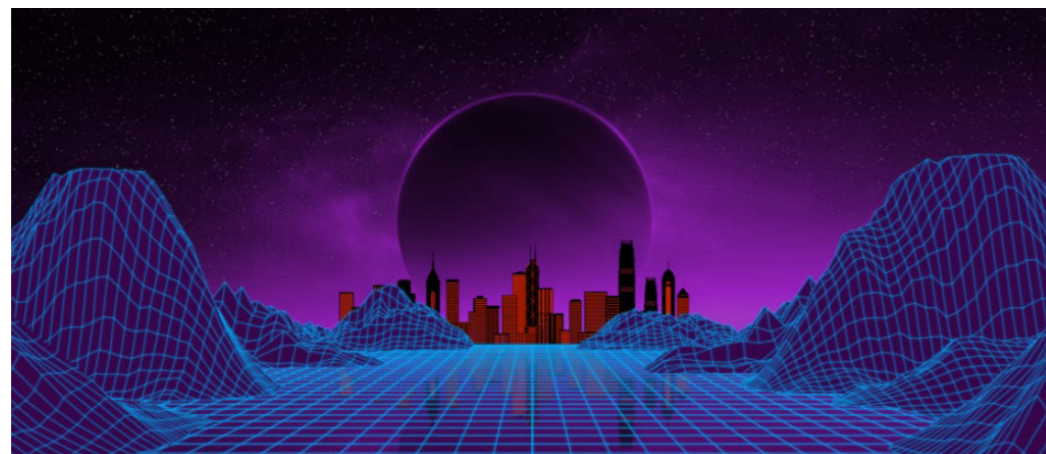
挥民航科技创新基地作用前瞻开展相关研究，重视元宇宙领域专业技术人才引进培养。五是积极探讨率先在国内打造民航政务元宇宙的可能性。

国际上一些国家已经开始了探索。根据《经济日报》报道，早前，韩国首尔市政府发布了《元宇宙首尔五年计划》，宣布从 2022 年起分三个阶段在经济、文化、旅游、教育等市政府所有业务领域打造元宇宙行政服务生态。这是韩国地方政府在虚拟现实服务领域提出的首个工作规划，在后疫情时代非接触式沟通需求增大的背景下可谓恰逢其时。

“元宇宙首尔”计划分为“起步（2022 年）、”“扩张（2023 年~2024 年）和“完成（2025 年~2026 年）”三个阶段。根据计划，韩国在计划的第一阶段将完成平台的搭建，引入经济、教育、观光等 7 大领域服务，总投资计划为 39 亿韩元。

其次，鼓励民航业各市场主体结合旅客需求逻辑、业务发展需要和发展战略导向，探索“元宇宙+民航”的具体应用场景实践。

民航市场主体应该密切关注旅客出行需求结构的变化，以往传统的发展模式可能难以适应环境、技术变革下的行业发展前沿。一方面，一项商务旅行分析显示，新冠肺炎疫情可能会导致 19% 到 36% 的航空旅行彻底消失；另一方面，新冠肺炎疫情的爆发为“元宇宙”式的数字经济生存提供了预演契机，我们正在经历从疫情期不得不采取“线上替代”到后疫情期主动创造“数字孪生”生活方式的动能转换。在此过程中，市场主体应顺应发展大趋势，更加注重增强旅客出行体验（用户体验）相关增值服务，积极探索“元宇宙+民航”的具体应用场景，例如“航旅+元宇宙”、“机场商业+元宇宙”、“会展+元宇宙”和“培训+元宇宙”等。■



人物

同济大学的 “大飞机人”

文 | 吴苡婷

攻坚克难需要大量的科研人才，而披荆斩棘的奋斗之路又会锤炼人才，培养人才，检验人才。在产学研对接的攻关过程中，一批优秀的骨干脱颖而出，他们为中国未来大飞机产业的发展奠定了坚实的基础。作为我国著名的理工科人才培养基地之一，同济大学在大飞机的研制过程中逐渐形成了具有中国特色的“大飞机人才培养”的经典样本。2023年初，本刊特约记者就同济大学航空航天与力学学院为“大飞机”工程输送高层次人才进行了专访。

精兵强将服务“大飞机”

同济大学航空航天与力学学院执行院长李岩教授介绍说，早在2003年，同济大学就在力学专业的博士点上培养航空航天方向的高端研发人才。2004年，同济大学顺应国家战略布局，在原工程力学与技术系的基础上，成立了航空航天与力学学院，同济大学也是国内最早成立航空航天与力学学院的综合性大学之一。学院成立伊始，就开始培养航空航天领域的本科人才。2012年，学院就拥有了相关的硕士点，开始培养高水平人才。

2009年，中国航发商发在上海成立，其是我国大型客机发动机项目的责任主体和总承制单位，同济大学和上海其他高校也积极支撑中国大飞机研制。

曾任航空航天与力学学院副院长的郑百林教授告诉记者，同济大学在发动机适航的安全领域有着独特的科研优势。飞机发动机在工作时是一种高速运转的状态，存在的一个安全隐患就是容易着火，飞机上一旦出现火星，很容易引发小规模爆炸，如果航空燃油溢出，就可能产生大规模爆炸，造成机毁人亡的惨剧；而国家防灾重点实验室就在同济大学，同济的防火技术的科研实力在国内属于一线水平。

发动机的噪音控制也是一个需要攻克的技术指标，同济大学也能助力其中。在上世纪70年代，同济大学就拥有了全国一流水平的声学研究所，拥有激光超声、超声检测、环境声学、室内声学、噪声与振动控制等五个研究室。此外，同济大学还拥有工程力学的国家重点学科。

郑百林之前在力学系从事结构工程相关基础研究工作，在工程力学领域颇有建树。2013年，开始转向飞机发动机机匣的结构设计工作。他介绍说：“发动机

▼ 实验室里的讨论



安全系数有一个重要参数叫作包容性。高速旋转的发动机叶片有击穿外机匣的风险，击穿后会影响到飞机机翼部分，而机翼上部安置了航空油箱，如果击穿就有很大的安全隐患。现在为了节能，飞机的零部件都在走向轻量化，飞机的发动机机匣不能太厚，也不能太重，所需要的是极限设计，所以发动机外部的机匣结构设计是一个很大的技术难题。”

2013年11月28日，中国航发商发在上海市发改委、上海市科委、上海市经信委、上海市教委四家代表的见证下与上海五所高校合作成立的联合创新中心在沪揭牌。其中同济大学担当领衔的正是航空发动机适航技术联合创新中心，其研究方向就是综合同济大学在防灾、去噪和结构设计上的科研优势，为航空发动机研发保驾护航。郑百林担任中心主任，负责中心的运作、研发的科研工作和背后的协调工作。在航空发动机适航技术联合创新中心运行的10年间，同济大学共完成了中国航发商发委托的近百个科研项目，委托项目经费超过6000万元，全力支撑了“长江1000”大飞机发动机的研发。

2018年，同济大学和商飞上海飞机设计研究院签订协议，开设中国商飞上海飞机设计研究院—同济大学高



▲ 上海飞机设计研究院—同济大学战略合作框架协议签约仪式



▲ 大飞机班联合培养协议签约

端民机设计人才班（简称“大飞机班”）。该人才班涵盖了本科到博士的学历教育，由同济大学和商飞的教师共同执教。

“最初我们选拔优秀的大三学生进入大飞机班学习。本科毕业后进入商飞下属的单位工作，被商飞派往国外的高校继续深造，攻读硕士和博士学位。现在，大飞机班学生会从大一新生中选拔，学生报考十分踊跃，每年会录取30人左右，都是来自全国各地的十分优秀的学子。我们也开始尝试在大一课程中安排大飞机相关的研发内容。”李岩介绍说。

近年来，学院又与商发合作培养在职的专业型博士研究生。

产学研对接的精准培养模式

同济大学航空航天与力学学院的培养模式很有特色。由于大量的课题来自一线需求，由此也开启了产学研对接精准培养中国一流航天航空技术人才的帷幕。

“航空发动机适航技术联合创新中心接到的项目都是来自中国航发商发和中国商飞的相关企业，我们将那些疑难的工程问题一一分解为抽象的学术问题，在此基础上带着一批学生去研究。在此过程中，大大锻炼了学生解决问题的能力。”郑百林印象最深的一个培养案例是发动机机匣厚度的计算解决，当时他带着中国航发商发在职博士生史同承一起进行攻关。

“对于厚度的计算，美国、德国、英国、日本等国家都有各自的参数，但是这些都不是通用参数，因为各国制造的合金材料的成分配比不一样，加工的工艺水平不一样。中国的发动机机匣在制造之前需要解答出中国特有的参数指标。”郑百林告诉记者，在实际

的技术攻关中，他们首先将中国飞机发动机使用的材料和其他国家使用的材料进行仔细研究，将其力学参数一一列出，之后在同济大学的相关实验室内进行鸟撞等冲击动力学的实验，计算出各国材料的机匣厚度、剩余强度和速度等之间的关系，最后列出基于中国材料和工艺水平的中国大飞机发动机机匣的制造参数，修订出了中国版的理论公式。

在职博士生史同承的成长，让郑百林十分欣慰，“在技术攻关过程中，他经常有‘恍然大悟’的感觉，后来慢慢自己可以独立开展研究工作，也发表了高水平的学术论文，是一个将工程难题抽象到学术问题再解决工程核心问题的典型。”史同承学以致用用的科研精神，让他在商发快速成长为结构领域的技术骨干。

飞机上的主材有特别的要求，其机翼和内部一些装置都是夹心蜂窝结构，一般会用碳纤维复合材料做面板，当中再填充一部分芯材。这种夹心蜂窝结构的抗弯曲能力特别强，质量也轻，但是这些蜂窝结构之前都是用美国杜邦公司生产的芳纶纸制作的，芳纶纸是由短芳纶纤维增强沉析纤维所组成，中国芳纶纸存在力学性能不足等问题，无法满足大飞机研制需求。2021年，

▼ 交流现场



航空事故如何“破案”

文 | 任和

航空事故调查，各国都有相应法规进行规范。国际民航组织制定了法规文件 ICAO 附件 13《航空器事故和事故征候调查》，同时还制定了相应的技术手册《航空器事故和事故征候调查手册》和《航空器事故调查员培训大纲》，作为各国进行民用航空器事故和事故征候调查工作的法规性文件依据。根据 ICAO 附件 13，各国又制定了法规或条例，如美国联邦航空局（FAA）制定了《航空器失事与事故的通知、调查和报告》，俄罗斯制定了《飞行事故及事故征候调查方法（第一部分）》，中国民航局制定了《民用航空器事故和飞行事故征候调查规定》（CCAR-395-R1）。

事故调查机构

调查飞行事故应该由一个独立的常设机构来组织和领导。这个机构是国家级或军队级的，与飞机的适航、使用、维修、设计、制造等部门都没有任何直接的利害关系。这是几个航空发达国家在几十年的飞行事故调查中得出的重要经验。

国际上已经设立的国家级飞行事故调查机构有两种形式：一种是完全独立的飞行安全委员会：如美国、法国、加拿大、瑞典、丹麦、挪威、芬兰、新西兰等国的机构；另一种是行政上隶属于运输部的事故调查局（在事故调查业务上有其独立性），如英国、德国、荷兰、瑞士、澳大利亚、日本、阿根廷等国的机构。美国的 NTSB 是属于国会的机构，该机构的领导人由总统任命，下设事故调查局、技术局、事故预防局和管理局，其主要力量是放在飞行事故调查方面。英国早在 1919 年就成立了独立的事故调查局（AIB）。1989 年 AIB 改名为 AAIB（航空事故调查局），隶属于交通运输部。澳大利亚的事故调查机构是 ATSB，隶属于交通运输部。

主制造商的责任

规章中对飞机主制造商参与事故调查赋予了明确的权利、义务。飞机主制造商应建立的预案和机制应适用于其生产制造的飞机，包括在发生事故及严重事故征候时，所应采取的危机响应、应急救援、事故调查等工作。

飞机主制造商还需要建设 ERP 的组织机构，全面领导和应对事故危机事务。根据国际民航公约附件 13，应事故调查组织机构的要求，飞机主制造商的调查员和技术专家组成专家团队作为飞机设计制造国授权委派代表的技术顾问，与调查

李岩教授团队开展了“国产芳纶蜂窝纸”研发的国家重点研发项目。

李岩告诉记者，芳纶纸由短的芳纶纤维组成，要打造优质的芳纶纸需要进行大量的材料实验，不断测试。依托这个项目，陈吉平等一批研究生迅速成长，目前已经成为科研骨干。

类似的案例在同济大学航空航天与力学学院还有不少。同济大学航空航天与力学学院为中国商飞、中国航发商发等航空龙头企业输送了大量优秀的人才。杨晓东博士已经入职中国商飞上海飞机设计研究院，他将在同济学到的结构仿真技术成功地应用在国产大飞机的结构校验和设计上；杨青博士成为了上海碳纤维复合材料创新研究院总经理，他将复合材料技术进行了成果转化。另外，唐振南、王琪、韩聪聪等研究生也迅速成长为企业骨干。

同济大学航空航天与力学学院飞行器制造工程专业本科毕业生李青，毕业后进入上海飞机制造有限公司工作。因为在工作岗位上的杰出表现，李青在 2020 年荣获同济大学年度卓越校友奖。众所周知，在飞机研制后初期试飞的时候存在一定的安全风险，而李青曾负责了 6 年的外场试飞

保障工作。在 ARJ21 新支线飞机首次环球飞行进行自然结冰试飞中，李青担任上飞公司领队和随行机组人员，飞越了亚、欧、北美三大洲和太平洋、大西洋两大洋，沿途共经停 10 个国家的 18 个机场，实现北半球自东向西、总航程 3 万公里的环球飞行，最后在北美圆满完成了自然结冰试验试飞，其卓越表现对整个试飞起到了关键保障作用。外场工作结束后，他作为公司装配现场的主要牵头人，负责完成了 5 架 C919 试飞飞机的装配调试任务，实现首飞目标。他曾获“中央企业劳动模范”“中国商飞公司第八届十大青年英才”“中国商飞公司突出贡献个人”等荣誉称号。

与此同时，航空航天与力学学院内部的一批高层次人才也在快速成长，比如付昆昆博士从企业回校任教后已经成长为了国家级青年人才。

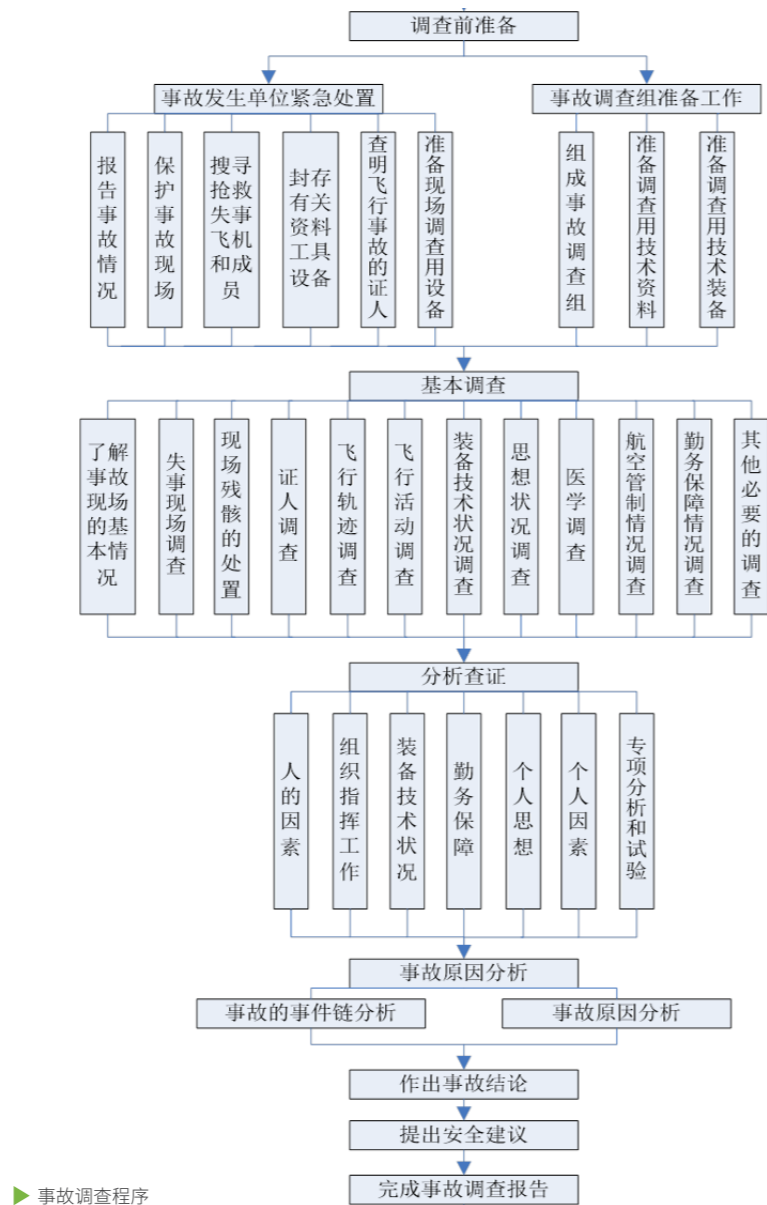
培育一流人才创新高地

依托人工智能及大数据应用技术联合创新中心和航空发动机适航技术联合创新中心大量的科技成果，2022 年同济大学航空航天与力学学院成功获批了国家民航局航

空器结构智能辅助适航重点实验室。去年，学院还获批了航空宇航科学与技术一级博士点，二级学科方向中设有全国唯一的适航验证技术研究方向。从今年起，开始为中国大飞机产业培养发动机、航空器等技术领域的高层次适航人才。同济大学航空航天与力学学院已经成为名副其实的大飞机一流人才培养创新高地。

郑百林告诉记者，“目前学院正在布局大飞机新能源技术的研究，很多发达国家的航空公司已经将锂电池安装在一些支线飞机上，可以完成 300 到 500 公里的巡航，但是要真正替代航空汽油，必须要使用燃料电池。”

去年，民航局印发《“十四五”民航绿色发展专项规划》。《规划》明确，到 2035 年，中国民航绿色低碳循环发展体系趋于完善，运输航空实现碳中和性增长，机场二氧化碳排放逐步进入峰值平台期，我国成为全球民航可持续发展重要引领者。李岩表示，我们希望未来在新能源适航能力验证的研究方向有所突破，也希望能培养出更多的一流人才。■



► 事故调查程序

组织机构任命的调查员及授权委派代表一起参与调查。

飞机主制造商的事故调查能力，主要体现为以下方面的内容：首先，飞机主制造商设计、制造的飞机在发生事故或事故征候后，应按照国家民航事故调查部门的要求，向事故现场派遣技术调查团队。其主要职责是依照 ICAO 附件 13 为国家民航事故调查机构充当技术顾问，协助事故调查。

其次，建立必要的技术分析能力。这主要包括译码分析能力和失效分析能力。飞机主制造商在飞机研制过程中的飞行数据译码分析能力、飞行数据仿真再现能力、结构材料失效分析能力、铁鸟及模拟机试验验证能力都将发挥重要作用。

空难搜证技术

飞机事故后迫降或坠毁，寻找失事飞机就要用到飞机定位追踪技术，使用的主要工具是飞机应急定位发射机 (ELT)。民航规章要求载客 19 人以上的飞机必须至少装备一台应急定位发射机，其在事故后能通过无线电和卫星方式发送定位信号。飞机应急定位发射机一般安装在后客舱顶部。ELT 可以主动或被动触发，当被施加 12G 以上加

速度，速度改变达到 $1.37 \pm 0.15 \text{m/s}$ 时，碰撞力激活传感器或者重力加速度开关 (G-Switch) 被激活，ELT 自动开始工作。

当 ELT 操控面板或 ELT 发射机前面板的开关有一个处于 ON 位时，ELT 也会触发。其发射分两部分：VHF (121.5MHz/243MHz) 和 UHF (406MHz) 的数字信号。每隔 50 秒就会发射一段二进制

数据串。通过全球卫星搜救系统 COSPAS/SARSAT 传输到地面站，以提供大范围的搜索。

事故现场记录与文件收集技术

事故发生后，必须立即采取行动，收集现场留下的证据和文件，现场包括飞机发生空难的地

方和发生事故的现场环境，防止遭受自然条件的影响和人为损坏。必须在有限的时间内对飞机残骸的分布、现场的破坏情况以及留存的文件做好分析和记录。这都需要进行全面、细致的技术准备，包括失事现场的照片和视频记录、现场证人记录。此外则需要调查员自己现场拍摄采集。

发生事故或事故征候，除了飞机出事现场外，在运行飞机的各个“现场”，还会留下大量文件，这也是进行事故调查的重要证据。另外，事故见证人是事故调查的重要信息来源之一。

因此，根据 ICAO 附件 13 规定，事故调查中会设证人小组。证人小组负责联系和采访事故航班的所有幸存者，以及可能看到或听到航班的某一段飞行，或可能了解事故航班或事故发生时天气状况的所有人员。

飞机残骸是事故调查的重要物证，务必全部收回所有飞机残片，并进行恰当的处置、保护和运输，以使得飞机残骸作为物证能在事故调查中发挥其最大的作用。

收集残骸时需要注意以下技术问题：

(1) 定飞机残骸的主残骸区非常重要。如果飞机撞地，就可能

有残骸埋入地下，应根据坑口状况、土质、飞机接地角和速度，估算出挖掘的坑口直径，坑口直径一般应为坑深的 3~4 倍。残骸中要关注飞机的重要部件，如飞行数据记录器和舱音记录器。其他重要残骸如作动筒、仪表、灯泡、电门、操纵手柄、传动装置、快速存取记录器、飞行管理计算机等，以及能反映驾驶操纵动作的各操作面位置、发动机及飞机系统工作状态的残骸。对这些残骸，有污染的要进行初步清理，去除污染物，容易腐蚀的可涂少量润滑油进行保护。在保持原始状态的情况下，各残骸都要进行拍摄记录。

(2) 坠水飞机残骸搜集工作就更为复杂，所用到的技术则更加综合。残骸的定位需要熟知当地的水文条件，如湖泊或海洋底部结构，洋流特点、流沙作用等。可利用水下机器人或潜艇进行潜水搜索，以及利用卫星定位系统来精确定位和导航等。

对从海水中打捞出的飞机残骸部件要采取有效的措施，否则金属件极易腐蚀。飞机上铝件较多，出水后应先用淡水彻底清洗，若清洗后仍不能全部阻止腐蚀发生，则可以在零件断口涂防腐剂处理。对于飞机上的记录器，从水中打捞出

来后，现场不要分解，要连同保护壳体一同送往实验室进行处理。如果是从海水中捞出的，则仍将其浸在盛有海水的密封容器内运往实验室；淡水中捞出的，则浸在清水中运送。

飞行员人为因素分析方法

飞行员对飞机直接操纵，对飞机的飞行安全具有举足轻重的作用。因此，分析事故飞行员的行为是事故调查的重要环节。而从事故现场的面板、手柄、操纵杆位置可以反映飞行员的诸多操纵行为；从舱音记录器可以反映飞行员的心理状况；从遇难飞行员的血液、人体组织可以分析其心理状况；从证人访谈可以了解飞行员的生活和思想情况等。这种围绕飞行员组织现场信息的方法在事故调查中非常值得推广。

痕迹分析技术

在现场调查中，痕迹分析是非常重要的技术。通过对痕迹的分析，可以对事故的发生过程进行推理和判断，也可以为最后的结论提供证据。常用的现场痕迹分析如：通过地面擦痕，可以判断飞机撞地

的姿态；对蒙皮的痕迹分析可以判断飞机受到的撞击或爆炸情况；对轮胎的擦地痕迹可以判断是否爆胎及飞机偏离跑道的情况；对现场油液的痕迹分析可以判断飞机油箱受损情况等。

残骸分析技术

现场残骸为调查员提供了最为丰富的信息，分析残骸涉及的技术也非常多。如残骸轨迹分析是检查飞机空中解体事故的一种有效方法；仪表残骸分析可以判断飞机坠地瞬间的仪表指示值（主要针对指针式仪表有效）；灯泡残骸分析可以判断飞机残骸上各种指示灯泡的工作状态；发动机尾喷口附近植物烧焦或变色痕迹可以判断发动机坠地后是否还在工作；发动机上的燃烧痕迹可以判断发动机是在空中着火还是坠地后着火等。

记录器分析技术

飞机记录器主要分为飞行数据记录器、舱音记录器，以及可能新出现的视频记录器等，记录器分析技术也根据记录器的不同而各有不同。

舱音记录器分析技术主要针对驾驶舱舱音进行分析，包括机组

人员之间的谈话、机上内话系统通话、与机外进行的无线电空地通话、输入飞行员耳机内的飞机设备发出的语言或音响提示警告信息以及驾驶舱环境声响等。语音分析测谎技术，通过对特定段的驾驶舱对话或空地通话进行分析后，可以得到一些有效信息。

雷达数据分析技术

民航航行管理雷达二次雷达和一次雷达一起工作，二次雷达系统工作时要求飞机上要装应答机，当接收到地面航管二次雷达发出的询问信号后，进行相应的回答。地面二次雷达天线接收到回答的信号后，进行译码，就能在一次雷达屏幕上显示飞机的编号、高度、方向等参数。二次雷达一般都具有自动记录功能。飞行事故调查中，应派专人及时获取二次雷达和一次雷达的记录资料，利用雷达记录信息，结合飞机飞行计划，就可以确定飞机的位置以及在飞行中出现的偏差情况。

实验室分析技术

主要包括材料失效分析技术、航空油液分析技术和医学痕迹分析技术。材料失效分析技术主要针对飞机结构件、系统件等进行受力分

析，对于部件发生的裂纹甚至断裂，都反映了部件受到内部的、外部的、力学的、化学的以及物理的诸多因素有关。航空油液分析技术，主要针对飞机运行需要的燃油、滑油和液压油等，分析油液是否受到污染，是否性能有衰变等。使用到的主要是红外光谱仪、多元素油料分析仪等。

飞行事故医学痕迹分析

从医学角度分析飞行事故与机上人员的关系，分析救生过程中机上人员致伤、致死的原因，并分析影响飞行安全的各种因素，提出预防事故的有效措施。医学痕迹分析需注意对死者的拍照、收集有关物证送检化验，进一步需要在医院由法医做专门检查和分析。

试验验证技术

在事故调查中，试验验证技术主要分为两类：一类是实物试验验证，包括有故障再现实验、条件复制实验等。另一类是模拟试验验证，验证类型包括后果模拟实验、过程仿真实验。主要利用飞行模拟机、工程模拟机（即“铁鸟”）等设备，模拟飞行过程，查找事故原因。■

前苏联第一架喷气式客机：图—104

文 | 乔善勋

二战结束后，喷气式发动机技术开始在民用客机领域应用。1952年1月22日，英国德·哈维兰公司的“彗星”客机（DH.106）成为第一款获得适航证的涡喷民用客机。然而，在接下来的运营中，“彗星”客机因为一系列空难而全面停飞，这让图—104成为在1956~1958年间世界上唯一运营的喷气式客机。



乔善勋

毕业于北京航空航天大学交通运输专业，中国航空学会第一批航空科普专家、河南省航空业协会专家委员会秘书长，新媒体《航空之家》创办人，现任职河南工业贸易职业学院。已公开发表64篇专业文章、出版2本航空专著：《空难悲歌，航空安全背后的故事》、《空难启示录，谁是航空安全的金钥匙》



“彗星”客机由德·哈维兰公司于1940年代研发，并在1949年7月27日成功完成首飞。但是在接连发生3起空难后，民航局停飞了所有“彗星”客机。德·哈维兰投入巨大的资源对“彗星”客机进行升级改造，在对机身进行几处重要改进后，“彗星”客机才在1958年重新恢复了营运。

改进图—16

1950年代初期，当时的苏联民航主力机型仍是里苏诺夫Li-2，也就是苏联版的DC-3。因此他们需要一款比活塞式客机性能更好、乘客容量更大的现代化客机。苏联民航于是向图波列夫设计局抛出了橄榄枝，希望后者能基于苏联空军战略轰炸机的基础，研发出一款民用客机。

图波列夫的信心来自于他们设计制造的图—16，这是一款相当成功的轰炸机，在1952年~1962年，图—16的产量高达1509架。

1953年，图波列夫设计局接受了苏联民航提出的设计要求。他们对新飞机的要求包括：飞行25000至30000小时；搭载50~100名乘客；巡航速度在750~800公里/时。



Tupolev 104: Harsh Proof of Rapid Soviet Progress

London—Department of Aeronautics, Tupolev 104 jet without a 1000-mile flight. The aircraft was ordered by the Soviet government in 1952. The aircraft was ordered by the Soviet government in 1952. The aircraft was ordered by the Soviet government in 1952. The aircraft was ordered by the Soviet government in 1952.



Progress of the engine works is approximately 80% and maximum diameter is 110 in. The engine will suit probably to half size but in the world over the wing area is 100 sq. ft. The thrust is 1000 lb. The thrust is 1000 lb. The thrust is 1000 lb. The thrust is 1000 lb.



图波列夫设计局在图—16轰炸机的基础上进行了一系列改进设计。新客机的机翼、尾部设计和发动机均和图—16保持一致，但拥有更宽的机身，客舱也采用加压式设计，初始型号可以容纳50名乘客。

苏联政府批准了喷气客机的计划后，相关单位将这种新飞机命名为图—16P，后来更名为图—104，其中的4代指客机。图波列夫设计局首次将尾号4分配给客机，这一命名习惯也延续了下去。

1955年6月17日，机长阿拉舍夫(Y.T. Alashev)和副驾驶季莫舒克(B.M. Timoshok)操纵

图—104客机的原型机(注册号：CCCP-L5400)在乌克兰哈尔科夫完成首飞。试飞数据显示，新客机的设计非常好。苏联当局对这一结果也很满意，很快批准了进一步的生产计划。图波列夫设计局在没有屋顶的工厂中生产出了新客机。

考虑到当时苏联很多机场的跑道长度不足，设计师还给图—104设计了减速伞，这足以保证客机使用400米跑道就能降落。

早期的图—104采用5人制飞行机组，包括2名飞行员、1名领航员、1名飞行工程师、1名无线电操作员，后来取消了无线电操作员



变成了4人制飞行机组。

一款新客机投入商业运营之初，航空公司必须投入大量资源培训熟练的飞行员。图—104的操纵虽然被认为有一定挑战性，但熟练驾驶图—104的飞行员，能很快过渡到图—104上来。苏联民航为了快速培训图—104的飞行员，先让他们在伊留申IL-28轻型轰炸机上培训，熟悉喷气式飞机操作，然后再驾驶苏联民航涂装的图—16，执飞从莫斯科飞往叶卡捷琳娜之间的邮政包机。

配备 AM—3 发动机

图—104搭载两台推力为9500公斤的米库林AM—3涡喷发动机，采用和“彗星”类似的设计，将发动机放置在机翼根部。

AM-3发动机是苏联“联盟”发动机设计局在1950年代研制的一款涡喷发动机，设计师为亚历山大·米库林。AM—3也是当时推力最大的涡喷发动机，主要应用在图—16轰炸机、图—104客机和米亚—4四发战略

轰炸机上。

AM—3的进气道采用轻质合金制造，有前轴承，6根长弦支柱支撑。起动机上设计了弹头型整流罩。压气机为8级轴流式，进口导流叶片和静子不可调。燃烧室为环管式，由14根火焰筒组成，头部设计有涡流器。该发动机的涡轮为2级轴流喷气式，最高涡轮燃气温度为857摄氏度，起飞额定推力下涡轮出口温度为720摄氏度。喷管不可调。

“联盟”发动机设计局在1952年推出了AM—3A改型机，最大推力86kN。1954年推出AM—3M，起飞推力93.1kN。后来推出的AM—3M—500A起飞推力达到了103kN。

投入商业运营

1956年，赫鲁晓夫率团访问英国，图—104此时尚未完成试飞，但在赫鲁晓夫访英期间为代表团送去了莫斯科的邮件，完成了在西方世界的首次曝光。当时西方国家一直认为苏联没有掌握开发和生产喷气式客机的技术，图—104的出现大大震惊了整个西方。

图波列夫对此经历也非常骄傲，其介绍道：“图—104出现在西欧，在‘铁幕’另一边的航空业和普通

民众中引起了真正的轰动。欧洲也清楚地意识到，苏联已经出色地掌握了飞机工业的复杂技术，不仅有能力生产现代战斗机，还能制造一流的客机。”

1956年9月15日，图波列夫设计局将首架图—104交付给苏联民航，后者将该机型安排在莫斯科—鄂木斯克—伊尔库茨克航线上，取代了此前使用的伊留申IL—14客机。它也将飞行时间从螺旋桨式客机的13小时50分钟，缩短至7小时40分钟。

1957年，苏联民航开始用图—104执飞从莫斯科伏努科沃国际机场飞往布达佩斯、哥本哈根、北京、布鲁塞尔、德里、伦敦、渥太华和布拉格的国际航班上。图—104还是苏联首款出口的喷气式客机产品。这一年，捷克斯洛伐克航空公司购买了6架图—104，用来执飞从布拉格机场飞往布鲁塞尔、莫斯科和巴黎的航线。

图—104的高光时刻出现在1956年至1958年间，当时“彗星”客机因空难原因停飞，图—104成为地球上唯一运营的喷气式客机。图波列夫设计局还在图—104的基础上推出多架改良机型。最初型号的图—104载客量为50人，产量为29架。

1957年6月研制出图—104A，其搭载了改进型AM—3A发动机，载客量提升至70人。1959年4月推出图—104B，机身加长1.2米，换装最新的AM—3—500发动机，载客量达到100人。

在1956年至1960年间，图波列夫设计局一共生产了201架图—104。图—104停产后，图波列夫设计局还在其基础上衍生出了图—124和图—134客机。

苏联航空工业部门甚至还打算以图—104为基础，开发一款具有越洋能力的四发图—110客机，但在开发1架原型机和3架量产机型后，该计划被抛弃。

空难频仍

图—104作为世界第二款、苏联第一款量产喷气式客机，但是早期的飞机设计有很多问题，在服役两年后的1958年就发生2起致命空难，导致144人遇难。

事故调查显示图—104在高空遇上乱流时，自动驾驶仪会失去控制。图波列夫后来修改了飞机的水平安定面才避免类似空难的发生。

图—104在飞行时显得很笨重，操纵面反应缓慢，常出现飞行

员难以控制的现象。而且图—104在低速时容易失速，这也让飞行员不得以高于图波列夫推荐的速度着陆。

图—104虽然建造得很坚固，但操纵性却很糟糕。飞行员认为这架飞机很不稳定，操纵性糟糕，很容易发生荷兰滚。机载电子设备的稳定性也不好。在某种情况下，图—104会突然爬升高度而失速，这个原因导致了2起致命空难。

美国飞行安全基金会的数据显示，在1958年至1981年间，有37架发生了机身损毁的事故，图—104的机身损失率高达18%，一共导致1140人遇难。

1977年1月13日，苏联航空3843号航班的一架图—104A（飞机注册号：CCCP-42369），在阿拉木图机场附近左侧发动机起火，导致飞机失控坠毁，事故导致机上全部90人遇难。

1979年3月17日，苏联航空1691号航班的一架图—104B（飞机注册号：CCCP-42444），飞机超载起飞，发动机部件不匹配而导致飞机报出假火警，飞行机组人员之间也缺乏沟通，导致飞机坠毁，机上119人中，有58人遇难。

致命空难让图—104在苏联民



众中声名狼藉。1960年代苏联还出现了一首具有讽刺意味的民歌“图—104是最好的飞机”。其中一段歌词很有意思“图—104是最快的飞机，它会在两分钟内带你到坟墓”。

1979年3月，苏联民航将所有图—104机队退役。但这款飞机继续在苏联军方服役——它还被改装成为在微重力下训练宇航员的机型。

不过，图—104在苏联军队中也未能善终。1981年2月，苏联海军一架图—104A（飞机注册号CCCP-42332）从列宁格勒附近的普希金机场起飞时，因装载货物不当导致飞机失速坠毁，机上50人全部遇难，

死者中有16名苏联海军高级军官，包括太平洋舰队司令埃米尔·斯皮里多诺夫上将和他的妻子。此次空难也对苏联太平洋舰队高级领导层造成了毁灭性打击——苏联海军在整个二战期间也不过失去了4名将领。

此次空难发生后，图—104就从苏联军队退役了。上一次图—104执行飞行任务，还需要追溯到1986年，当时一架图—104飞往乌里扬诺夫斯克飞机博物馆。

毫无疑问，图—104开创了苏联喷气客机的历史，苏联人向西方国家证明了他们有能力制造一架不会在空中爆炸的客机，她是苏联喷

气式客机的基石，但她并不是一架优秀的客机。图—104的诞生改变了很多苏联人的航空旅行，它将苏联带入了喷气旅行时代，也将航空旅行的舒适度提升到新高度。

1950年后期，波音707、道格拉斯DC—8、卡拉维尔SE210相继问世。这些飞机无论是舒适度，还是安全性都超过了图—104。为应对困难局面，图波列夫设计局改变了图—104的最大巡航高度，还重新设计了尾翼。但这些措施未能彻底扭转局面，最终图—104还是伴随着死伤惨痛的空难终结了使命。（本文图片由作者提供）■

世界商用飞机进入 喷气时代

——世界商用飞机发展简史(五)

文 | 王思磊

二战结束后，世界秩序开始重建，美国、欧洲、苏联三方竞逐，商用飞机逐渐上升为国家战略性产业。英国“彗星”号拉开了喷气式商用飞机的时代序幕，美国、苏联、法国紧跟其后，纷纷推出自己的喷气客机，无数个体的梦想、公司的梦想，终于成为了国家使命，一个“群雄逐鹿、群英闪烁”的时代到来。



王思磊

毕业于北京大学传播学专业，长期从事航空文化传播工作，现任职中国商飞公司。

▼图 | tucson.com



波音 707 闪亮登场

1950年范堡罗航展，“彗星”号客机首次公开亮相，众多欧美飞机制造公司的高层纷纷赶来，一睹“彗星”的风采。其中就有时任波音公司总裁的威廉·艾伦。当时，各国航空专家都对商用飞机未来的发展方向摇摆不定，艾伦也没有下定决心。直到1952年10月，美国民航运输巨头泛美航空与德·哈维兰公司签订了一份“彗星”号客机的采购协议，本土商用飞机市场宣告沦陷，艾伦才如鲠在喉，幡然醒悟，明白喷气式商用飞机的浪潮已不可逆转。于是，他决定赌上公司的命运，拿出波音自二战以来赚取的所有利润，以确保波音公司在商用喷气式飞机领域拥有未来。这年，波音公司开始了一项历史性的重大战略转移，从研制生产军机转向用民机打天下，启动研制一款全新的喷气客机——波音707。

707这个数字来自于飞机的机翼设计。最初设计的机翼后掠角为45度，这个角度的正弦值和余弦值都为0.707，而且在美国，“7”是个幸运数字，因此，波音公司的

高层就决定以“707”作为其第一代喷气式客机的代号。

为了使计划不会刺激对手提前采取相应的对策，艾伦采用了一种借“机”下蛋的办法，将707的原型机取了一个军用代号367-80（内部称为“冲击-80”），给外界造成是在为空军研制新型军用运输机的假象。而它的启动客户，正是道格拉斯公司的老客户——美国航空公司。

正当707原型机在紧锣密鼓地装配时，传来了“彗星”号失事的消息，设计人员马上对707的结构进行了针对“疲劳”问题的重新核检，在选材问题上没有发现漏洞，特别是707采用的是圆形舷窗，比“彗星”号的方形舷窗在受力上要合理得多。

1954年5月15日，首架367-80，即707的原型机，披着彩装缓缓滑出了总装车间的大门，全公司的人都蜂拥在它的身旁。已过古稀之年的波音创始人威廉·爱德华·波音也携妻子一起来到庆典现场。

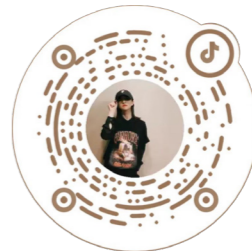
1955年，为了推广波音367-80，波音公司进行了第一次公

开飞行表演，艾伦特地派出公司著名的试飞员德克斯·约翰斯顿。表演开始后，伴随着引擎的轰鸣，波音367-80完成了短距离滑跑并大仰角离地，约翰·斯顿一时兴起，竟然在高空表演了一个特技飞行动作——横滚360度！这一疯狂的举动完全不在计划之列，它给波音公司带来了惊吓，却给观众和客户带来了惊喜。波音367-80瞬间席卷全美所有新闻报道头条，为即将投入市场的波音707做了最好的广告。

尽管如此，由于波音公司在当时给人的印象还只是个有名的军用飞机制造商，在民机制造领域的声誉远低于道格拉斯公司，甚至低于洛克希德公司，因此，波音707出现后在市场上几乎无人捧场。

面对市场的冷淡，艾伦决定再次铤而走险，把707加长、加宽，做成一种具有洲际飞行能力的喷气客机。正是由于这种洲际能力恰好迎合了当时急需扩展运力的航空公司的需要，新波音707的消息刚传出，订单便相继而来。

1958年10月26日，第一架波音707交付。1959年5月，波



王小姿的飞行屋
抖音号：49379723984



王小姿的飞行屋
快手号：3398566237

改变意味着成本骤增，而拒绝改变注定会被市场淘汰。表面看，波音和道格拉斯的输赢只在方寸之间。实际上，决定飞机制造商生死、左右机型命运的因素，波诡云谲。

▼图 | mediastorehouse.co.uk



▼图 | airliners.net



音 707 被选为美国总统专机“空军一号”。至此，波音 707 在空中成为一颗耀眼的新星。直到 1991 年停产，波音 707 共计生产了 1010 架，成为民用航空史上最具有传奇色彩的“灰姑娘”。

DC-8 的一英寸之差

波音研发 707 的消息终究不胫而走，极大地刺激了当时全球商用客机市场的绝对霸主——道格拉斯公司，迫使其不得不加速研发一款喷气式客机，这就是 DC-8。

1958 年 4 月 9 日，道格拉斯公司推出了第一架 DC-8，并于当年 5 月 30 日首飞成功。凭着过往成功的民机销售经验，道格拉斯公司深刻地了解客户需求，因此 DC-8 的机身在最初设计时，直径就比波音 707 大 4 英寸。道格拉斯公司坚信，这 4 英寸，将成为决定胜负的关键，它可以使 DC-8 一排安装六个座位，并比波音 707 多出一排。但微小的改变对泛美航空公司总裁胡安·特里普来说，还远远不够。他一直在期待一架载客量更大、航程更远、运营成本更低的飞机。

从飞机制造到商业运营，航空公司是商用飞机制造产业链上对接市场的唯一触点，他们对市场的

需求有着更精准的判断，对市场的变化也有着更敏锐的嗅觉。显然，特里普对当时的波音 707 和 DC-8 都不满意，他开始为自己的下一步谋篇布局。一切都发生在一天之内，他先是预定了 26 架 DC-8，让道格拉斯什么都不要说。然后第二天他就宣布了这个消息。当他宣布这一消息时，强烈的危机感让波音公司意识到，他们必须要有一架更大的飞机，因为道格拉斯公司将会有一架更大的飞机。

改变意味着成本骤增，而拒绝改变注定会被市场淘汰。在残酷的市场面前，波音公司做出了一个重大决定，立即着手对 707 进行重大技术改进。一方面，波音公司接受客户的意见，加宽了客舱，使其机身比 DC-8 宽出 1 英寸，这样就可以并排安置六个座位，还能使空间更大。另一方面，波音公司还以性能优势吸引客户，进行洲际远程型客机的设计，于是，可载 181 名旅客的波音 707-120 型和可载 189 名旅客的波音 707-320 型客机诞生了。

波音 707 正是以这样的方式，在和道格拉斯 DC-8 的对决中，变得愈发成功。最初几年，泛美航空同时拥有道格拉斯 DC-8 和波音 707 两种机型。到了后来，泛美航空卖掉了 DC-8，变成了全

波音机队。1958 年，波音 707-320 型客机试飞成功。一年后，泛美航空用它首次完成从纽约不着陆直飞伦敦，开辟了世界上第一条环球航线。两年后，交付使用的波音 707-320 客机轻松突破两位数。表面看，波音和道格拉斯的输赢只在方寸之间。实际上，决定飞机制造商生死、左右机型命运的因素，波诡云谲。从 1958 首飞到 1972 年停产，DC-8 共计生产了 556 架。市场，这只无形的手，开始真正发挥力量。

法国“快帆”的荆棘之路

从 1946 年起，法国民航总局内部就已经提出发展喷气式客机的计划，希望通过技术迭代的方式，改变当时法国航空业的落后局面。但历经二战的浩劫，法国的航空工业已经完全崩溃，他们无法像英国一样研发喷气式飞机。也正因为如此，法国航空专家亨利·齐格勒才发出预言：“我们航空业的未来依赖于欧洲各国的合作。”

然而，他的话当时并没有引起重视。经过五年的恢复，1951 年 4 月，法国民航总局组织了一个专项委员会，囊括了法国各大航空公司高管和政府高级官员。委员会的任务，和英国的布拉巴宗委员会

一样，要让本国的航空工业重新回到世界前沿。肩负起这项艰巨任务的，正是法国东南飞机制造公司。

那时，为了实现自主研发，东南飞机制造公司从 1946 年起，就开始探索各种设计，最终，他们集合了各种型号的设计方案，选出了一份最优版本呈交专项委员会。但随后，法国民航总局要求东南航空将提交的设计方案进行修改，并提出了包括载客量、航程、巡航速度在内的详细要求。

东南飞机制造公司决定重新设计飞机的机身，将其改为与洛克希德 L-049“星座”活塞式客机相似的圆形机身，再配上“彗星”号喷气式客机的圆润机头。令人称奇的是，东南飞机制造公司在发动机的安置上，既没有像“彗星”那样埋在翼根，也没有像波音 707 那样吊装在机翼下方，而选择将 2 台发动机尾置，安装在后机身两侧。这样，不仅使机翼看起来干净利落，更有效降低了座舱噪声。为此，他们又将水平尾翼上移，安装在垂直尾翼上，构成了前所未见的十字布局。最后，自“彗星”接连发生事故以后，东南飞机制造公司也进行了舷窗形状的调整，他们既没有采用矩形，也没有采用圆形，而是采用了常人难以想象的三角形设计。

经过这一系列的改进，最新

的设计方案变得独树一帜，终于获得了法国民航总局的首肯，编号 SE-210，并开始了原型机的制造。1955年5月27日，SE-210 第一架原型机下线并完成首飞。在观众的注视中，这架凝聚着法国战后振兴航空梦想的飞机冲向蓝天。在图卢兹，它被亲切地称为“快帆”，而它正式的名称叫“卡拉维尔 (Caravelle)”。

“卡拉维尔”曾是文艺复兴时期，哥伦布发现新大陆的帆船型号。它寄托着法国人征服美国的梦想。毕竟，受限于国土面积，欧洲国家的市场潜力无法同美国相比，打进北美市场就成了欧洲各大飞机制造商的共识。

也正因为此，1957年4月，第二架“快帆”原型机刚一出厂，就立刻奔赴北美展开巡回飞行表演，打算借此开拓美国市场，但结果却并不令人满意。东南飞机制造公司这时才发现，在飞机制造领域，

他们这样总数不到 200 人的团队规模，单枪匹马杀入美国市场，几乎没有成功的可能。因此，他们决定与道格拉斯公司合作，暂由道格拉斯负责“快帆”在北美的销售和运营维护工作，等“快帆”机队达到一定规模后，再逐步完善当地的售后服务体系。

然而，东南航空公司完全没有想到，他们打错了算盘。道格拉斯对在美国市场销售“快帆”并不热心。出于明显的商业利益考量，他们出售自己的 DC 系列所能获得的利润，要比出售“快帆”获得的利润高得多。更何况，道格拉斯在针对“快帆”的用户调研中发现，“快帆”的机身设计存在严重的缺陷——下层货舱容积不足。

错误的选择加上天然的缺陷，最终导致“快帆”在美国市场遭受惨败。由于道格拉斯的轻视，“快帆”的售后服务也难以以为继，还给美国的航空公司留下了欧洲飞机售

后不好的恶劣印象。

随着新一代中短程客机不断涌现，更大的客货载荷能力、更大的巡航速度和更低的油耗让初出茅庐的“快帆”很快便被市场淘汰，原先打入北美市场的雄心壮志，最终成了留存在法国人记忆中一段昙花般的传奇。

“彗星”陨落，“快帆”失利，无论法国还是英国，在单独闯荡世界航空业的征途上，都没有到达胜利的终点。欧洲航空工业走向世界的荆棘之路，让亨利·齐格勒的预言再次回荡在欧洲大陆的天空——“我们航空工业的未来依赖于欧洲各国的合作。”

“俄国奇迹”图—104

苏联的民用飞机技术一直落后于美国，斯大林本人也极少使用飞机作为交通工具，因此在那个时期，苏联领导人没有配备专机。二



▲ 图 | Sputnik V. Vdovenko

战后，苏联集中于发展中程运输机，因为这最适合服务国内航线和与周边国家的航线网络，其中最成功的飞机是伊尔—12 和其继任者伊尔—14。

1955年7月，苏共中央第一书记赫鲁晓夫一行乘伊尔—14 专机飞往日内瓦，参加苏、美、英、法四国首脑会议。当赫鲁晓夫看到美、英、法三国首脑的专机都是 4 发大飞机，而苏联的专机则是双发小飞机时，感到十分不快。自日内瓦回国后，赫鲁晓夫召集苏共中央开会，专门讨论研制新型民机问题，因为他已应艾登首相之邀准备于 1956 年春访问英国，坐什么飞机出国成了要解决的头号问题。他召来了图波列夫、伊留申、安东诺夫等飞机设计师。图波列夫提出以图-16 轰炸机为基础建造喷气客机，他说：“只需把机身扩大，其他部分如发动机、机翼、起落架和设备均予保留。这样就可以节约时间和金钱。”这个想法很合赫鲁晓夫的心意。其实，对图-16 轰炸机的改装工作早已启动，1954 年，首架图—104 的机身就已经开始制造，这款客机保留了图—16 轰炸机的机翼、尾翼组和起落架，但机身是新的，有一

个圆截面和一个可搭乘 50 名乘客的增压客舱（之后的改进机型可乘坐 100 名乘客）。

1956 年初，崭新的图—104 喷气飞机顺利完成试飞。1956 年春，图—104 载着苏联的芭蕾舞演员和从莫斯科发来的邮件降落在英国希斯罗机场，全世界都为之震惊，就连伊丽莎白女王也跑到阳台上欣赏这一“俄国奇迹”。

1956 年 9 月，首架图—104 交付苏联民航，后者将该机型安排在莫斯科—鄂木斯克—伊尔库茨克航线上，取代了此前使用的伊尔—14。1957 年，苏联民航开始用图—104 执飞国际航班，而它的高光时刻出现在 1956 年至 1958 年间，当时“彗星”号客机因空难停飞，图—104 成为全球唯一一款运营的喷气式客机。直到波音 707 和道格拉斯 DC—8 相继交付后，才使图—104 黯然失色。

图—104 早期的设计有很多问题，在服役两年后的 1958 年就发生 2 起致命空难，导致 144 人遇难。虽然图—104 在 20 世纪 60 年代和 70 年代一直在苏联民航服役，但和西方国家后来制造的客机相比，它的安全记录较差，不能被客户和市场接受。1960 年图—104 停产，一共生产了 200 余架。■

▼ 图 | 163.com



腾飞吧,中国大飞机 肆

——首架国产大飞机总设计师马凤山

编绘 | 吕梁

在我国大型民用飞机研制的整个过程中,曾出现过许多无私奉献的科技工作者。其中,有一个新中国航空史上举足轻重的名字尤其不能忽视。他坚定地探索“自主设计中国人自己的大飞机”道路,形成了我国最早的大型客机技术体系,为大飞机事业跑出至关重要的一棒。他就是新中国第一架大型喷气客机的总设计师和技术开拓者、杰出的技术领导和科技专家——马凤山。2019年,“最美奋斗者”名单公布,马凤山名列其中。时间见证了奋斗者永不停歇的脚步,谨将此作品献给为中华民族伟大复兴倾注无数心血的中国老一辈科技工作者。

上接《大飞机》杂志第1期P72

转载自《连环画报》

未完待续……



30- 运10飞机上天前必须完成全部试验任务。马凤山团队制造了40多套飞机模型,在全国8个风洞中进行了63次气动力试验,吹风11358次,累计1372小时。



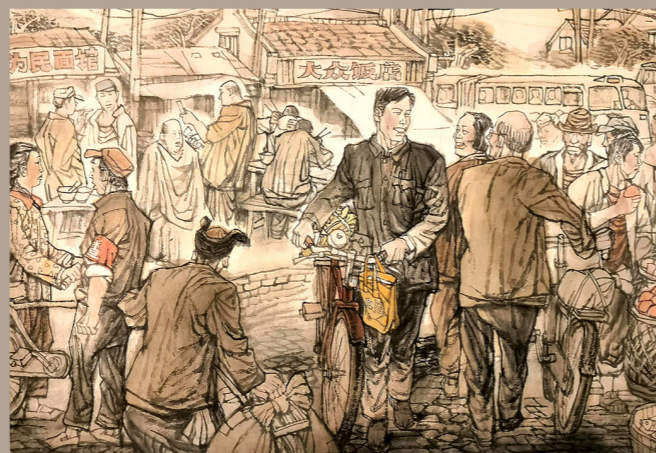
31- 马凤山团队还研制了3架动力相似的自由飞机模型,完成了37架次、累计24小时的遥控飞行试验。这些试验超过了我国以往任何飞机研制项目的规模和详尽程度。



32- 马凤山忙起来没有上下班之分,下班后也仍坚持工作。他常和同事们在家中讨论至深夜,孩子就伴着他们的讨论声入睡。



33- 后来,妻子赵孟华带着女儿来到上海,但夫妻俩工作都很忙,常加班到很晚才回家。年幼的姐弟俩常常在家中饿着肚子睡着了。



34- 马凤山生活简朴,从不摆领导架子,乐于关心群众,人们对这位所长都直呼其“老马”。他住简陋的公房,每天骑自行车上下班。



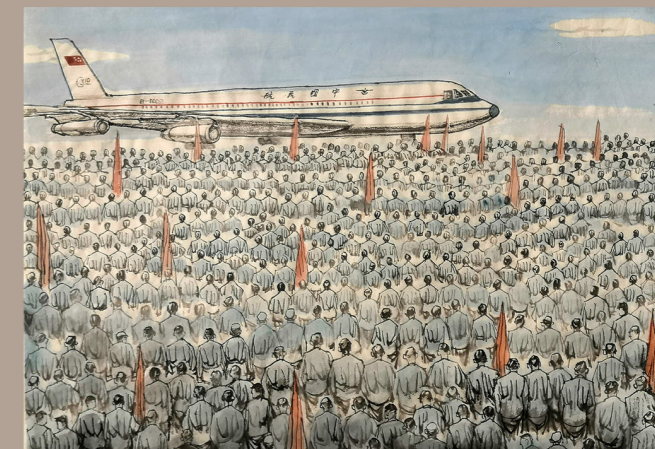
35- 对祖国的航空事业,马凤山呕心沥血、鞠躬尽瘁。尤其是为飞机的试验试飞成功,他常常夜不能寝、食不甘味。



37- 这一刻终于到来了!运10飞机以昂扬的雄姿直冲云霄。刹那间,人们满含泪水,万众欢腾。中国终于将航空工业落后的帽子甩进了太平洋!



38- 人们怀着激动的心情,依次走进运10飞机,亲身体验首架国产大飞机内部宽敞明亮的机舱。



36- 1980年9月26日,是运10首飞的日子。那天,上海大场机场会聚了上万人,大家都在为祖国首架大飞机能否展翅高飞感到紧张,每个人都期待着那激动人心的一刻。



39- 运10试飞成功开辟了中国研制自主产权的大型民用飞机的道路。试飞成功是马凤山辛勤奋斗最好的回报,他感到由衷地欢愉。