

发动机

- 全球民用航空发动机市场演进及发展趋势
- 下一代单通道飞机将给复合材料行业带来新的机遇
- ARJ21“两极”航线的启示

C919 全球最新一代大型客机



* 右图为1:200比例 C919收藏级合金模型

大飞机

JETLINER

08 August

2024.08 | 总第122期

ISSN 2095-3399





中国南方航空 CHINA SOUTHERN

C919

COMAC 中国商飞

AIR CHINA 中国国际航空公司

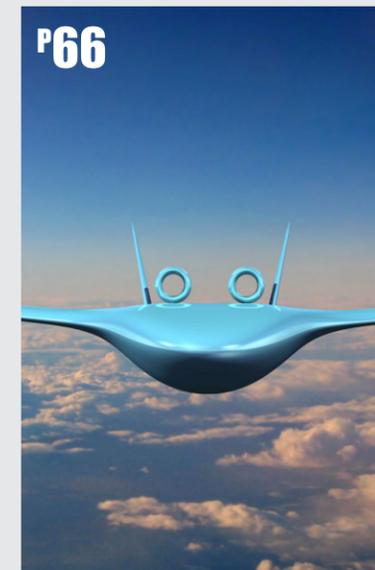
P08



P29



P66



P44



P72



05 卷首语

05 即将到来的航空动力革命 | 欧阳亮

06 资讯

08 封面文章

08 全球民用航空发动机市场演进及发展趋势 | 董磊 张立峰

15 航空氢动力研发进展 | 韩玉琪

20 聚焦核心业务 GE “翼” 动未来 | 静宇

25 罗罗：战略转型成效显著 | 任治潞

29 航空制造

29 下一代单通道飞机将给复合材料行业带来新的机遇 | 陈济桁

33 空客看好 A220 未来发展 | 杜婷

37 巴西航空工业的发展与转型 | 曲小

41 全球航空维修市场 正在寻求新的平衡 | 文峻

44 航空运输

44 ARJ21 “两极” 航线的启示 | 陈伟宁

48 从“两侧”视角看民航高质量发展 | 汪航 齐险峰 葛金梅

53 稳中有进的中国民航市场 | 王鹏

58 汉莎航空 2024 年能否实现持续盈利目标 | 王双武

62 我国主要机场集团发展现状 | 刘玲

66 特稿

66 “龙雀号” 无人机团队梦想 | 吴苡婷

70 科普

70 飞机除冰为什么要关闭座舱空调系统 | 胡涛

72 漫话航空

72 航空史上的 8 月 | 黎时

75 云端书屋

75 第三轮论证——体制改革之争——《张彦仲传》摘编（九） | 归永嘉 李韶华 雷杰佳

78 飞机市场扩张速度快 冯如抓紧自主研发发动机 《翱翔云端的风筝》摘编（二） | 胡海林



▼ 本期导读

航空发动机是一种高度复杂和精密的热力机械，被誉为“现代工业皇冠上的明珠”，直接影响飞机的性能、可靠性及经济性，是一个国家科技、工业和国防实力的重要体现。

航空发动机技术研发难度大、研制周期长、经费投入多，目前全球范围内仅有美国、法国、英国、俄罗斯、中国等少数国家形成了研发、制造的产业化能力。GE、普惠、罗罗、赛峰以及 GE 与赛峰合资的 CFM、普惠和罗罗等企业合资的 IAE 等厂商，占据了民用航空发动机的绝大部分市场份额。

近些年，全球气候变暖、新冠肺炎疫情冲击、油价高企和局部地区冲突，给航空业发展带来了严峻的考验。在经历巨大冲击之后，航空业展现出强大的韧性，并开始触底反弹。因此，受终端市场影响，全球民用航空发动机市场也出现较大波动。

封面图片 | 华思清



- 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08期 | 总第122期 | 08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

即将到来的航空动力革命

文 | 欧阳亮

121 年前的 1903 年 12 月 17 日，莱特兄弟驾驶着“飞行者 1 号”在美国北卡罗来纳州成功起飞。这是人类第一次驾驶飞机冲上蓝天，被国际航空联合会认定为“第一次重于空气的航空器进行的受控的持续动力飞行”，“飞行者 1 号”也被认定为人类发明的第一架飞机。

在国际航空联合会给出的认定语中，有几个形容词非常重要：重于空气的、受控的、持续的、有动力的。不过，在笔者看来，最后一个形容词“有动力的”的重要性明显要高于前面三个词。有了动力，才能使重于空气的航空器实现受控的、持续的飞行，没有动力，前面的三个形容词至少不能全部、同时实现。



航空动力技术继续向更大的推力、更低的油耗、更少的排放等方向发展，在近些年已经连续推出部分成果，这些成果的应用很可能带来一场航空动力的革命。

绕了这么大一个弯，笔者是想从人类航空史的源头说明，动力对于飞机的重要性。从莱特兄弟使用的仅 12 马力的内燃机，到活塞发动机、喷气发动机、涡轮螺旋桨发动机、涡轮风扇发动机，以及今天的高涵道比涡扇发动机，人类的百年航空史，同时也是一部航空动力的进化史。

2024 年 7 月 17 日，GE 航空航天宣布，向波音交付首台量产版 GE9X 发动机。这是迄今为止推力最大的飞机发动机，其额定推力达 110000 磅，最大推力更是高达 134300 磅，相比莱特兄弟当年那台内燃机的 12 马力，简直有云壤之别。而且，在推力大增的过程中，飞机发动机的燃油效率也得到了极大的提升。以 A350 飞机为例，其人均能耗相较于 1954 年首飞的波音 707 飞机已经降低约 70%，燃油效率已提升了 80% 以上。

然而，人类对航空动力技术进步的追求没有止境。随着飞机技术的发展及减碳目标的提出，航空动力技术继续向更大的推力、更低的油耗、更少的排放等方向发展，在近些年已经连续推出部分成果，这些成果的应用很可能带来一场航空动力的革命。

比如分布式推进系统，其通过涡轮发电机或储能系统为分布在机翼或机身的多个电涵道风扇提供电力，并由电机驱动风扇提供绝大多数或全部推力。NASA 的 X-57 验证机在这方面取得了一系列的成果，虽然去年该项目所有运营活动已被停止，但已取得的知识是不会浪费的。

此外，氢动力飞机也是近年来在航空动力方面的革命性举措。氢燃料在航空动力上有氢燃料电池和氢涡轮两种应用方式。目前，空客正在对一台 1.2 兆瓦的燃料电池发动机开展地面测试，氢涡轮发动机也在开发之中。

技术进步正以前所未有的速度推进，我们的一只脚已经踏进了航空动力革命的门槛。



04 波音 7月交付 43 架飞机

7月,波音共获得新订单72架,包括57架737MAX、5架777货机和10架787-9;共交付43架,包括31架737MAX、1架737军用衍生机、2架767-300货机、2架767军用衍生机、1架777货机、2架787-9和4架787-10。

05 空客 7月交付 77 架飞机

7月,空客新增订单59架(6架A320neo、26架A321neo、7架A330-900、20架A350-900)。1月至7月新增订单386架、净订单367架;7月向40家客户交付77架(7架A220、58架A320neo系列、5架A330neo、7架A350),1月至7月向70家客户交付400架。

06 罗罗上半年业绩表现强劲

8月2日,罗罗公布2024年上半年财务业绩。公司收入同比增长18%达82亿英镑;基础营业利润同比增长71%达11亿英镑;基础利润率14%,2023年同期为9.7%;得益于营业利润的提升和长期服务协议余额的持续增长,现金流达12亿英镑;净债务降至8亿英镑。

07 霍尼韦尔二季度销售额 96 亿美元

2024年第二季度,霍尼韦尔销售额同比增长5%达96亿美元,调整后每股收益为2.49美元,高于此前预期;营业利润率为20.7%;自由现金流为11亿美元;经营性现金流为14亿美元。其中,航空航天部门销售额同比增长16%达39亿美元;分部利润同比增长14%达10.6亿美元。

08 全国产型 MC-21 有望 2024 年首飞

8月12日,俄罗斯联合航空制造集团(UAC)总经理斯柳萨里表示,全国产型MC-21-310有望在2024年首飞,预计将进行230架次取证试飞。

09 GE 航空投资售后市场超十亿美元

近日,GE Aerospace宣布计划在未来5年投资超10亿美元用于扩大其全球维护、维修和大修(MRO)及部件维修设施,以满足日益增长的宽体和窄体飞机发动机需求,缩短客户的周转时间。

10 升级后的遑达 1000 发动机开始在 787 上进行试飞

波音已开始在787上进行升级版遑达1000发动机的试飞。8月16日,波音使用787试飞原型机(ZA004)在西雅图进行首次审定试飞。遑达1000发动机升级旨在使耐久性提高1倍,主要是增强高压涡轮叶片,延长叶片使用寿命。

11 翼梢小翼优化提高飞机效率

近日,美国翼梢小翼专业制造商Aviation Partners Inc.表示,其双叉弯刀式小翼已认证用于737经典、737NG、737公务机及改进型、757-200、757-300、767-300ER以及767-300ERF等型号。小翼旨在用来减少阻力、提高燃油效率和扩大航程。

12 埃塞俄比亚航空计划新建 非洲最大机场

8月12日,埃塞俄比亚航空宣布,将在首都东南部建设非洲最大的机场,助力埃塞成为全球航空枢纽。机场建设第1阶段计划2029年完工,将建造一个具备年旅客吞吐量6000万人次保障能力的航站楼,初期投资为60亿美元;第2阶段将扩大机场能力,可达到年旅客吞吐量超1亿人次。



01 国航、南航 C919 首架机交付

8月28日,中国国际航空公司和中国南方航空公司在中国商飞总装制造中心浦东基地同时接收首架C919飞机,这标志着C919飞机即将开启多用户运营新阶段。

02 ARJ21 飞机开启“环青藏高原”演示飞行

8月21日,中国商飞公司为期一个多月的ARJ21飞机“环青藏高原”演示飞行正式拉开帷幕。演示期间,ARJ21飞机以成都、西宁和拉萨为运行基地,飞抵西藏、四川、青海和甘肃的多座高原机场,充分验证了ARJ21飞机对高原机场和高原航线的适应性、机场地面服务设备的适配性和特殊飞行程序的适用性,更好、更全面地满足高海拔地区运营要求。



03 国内最大无人货运飞机完成首飞

8月11日,由四川腾盾科创股份有限公司研发的无人货运飞机在四川进行首飞,持续约20分钟。该无人货机翼展16.1米、高4.6米,具备超过1.5吨商载能力,是目前国内研制的最大无人货机。



全球民用航空发动机市场 演进及发展趋势

文 | 董磊 张立峰

航空发动机是一种高度复杂和精密的热力机械，被誉为“现代工业皇冠上的明珠”，直接影响飞机的性能、可靠性及经济性，是一个国家科技、工业和国防实力的重要体现。近些年，全球气候变暖、新冠肺炎疫情冲击、油价高企和局部地区冲突，给航空业发展带来了严峻的考验。在经历巨大冲击之后，航空业展现出强大的韧性，并开始触底反弹。因此，受终端市场影响，全球民用航空发动机市场也出现较大波动。

▼ 图 | 王脊梁

航空动力市场现状

空客与波音官网发布的数据显示，2018～2019年期间，空客民机的交付量保持高位增长，波音民机的交付量已出现下滑；2020年受新冠肺炎疫情影响，

空客和波音飞机的交付量出现大幅下降。随着疫情得到控制，两家公司的飞机交付量均呈现恢复性增长态势。民用发动机作为民用飞机的重要组成部分，与飞机交付量的变化趋势保持高度正相关，整个市场也出现较大波动。

后疫情时代民用航空发动机交付量逐步增加。根据 Flight Global 发布的 Commercial Engines 数据，自 2020 年之后整个民用航空发动机市场逆势上扬，发动机交易量保持高位增长态势，年均增幅超过 30%，截至 2022 年底，全球民用航空发动机存量市场规模已经超过 7 万台，较 2021 年的 68407 台有所增长。其中，民用涡扇发动机仍然是最主流产品，主要应用于波音、空客等民用客货运飞机，占比超过 50%，其次是涡桨发动机、涡喷发动机和涡轴发动机。

由于航空发动机技术研发难度大、研制周期长和经费投入多，目前全球范围内仅有美国、法国、英国、俄罗斯、中国等少数国家形成了研发、制造的产业化能力。GE、普惠、罗罗、赛峰以及 GE 与赛峰合资的 CFM、普惠和罗罗等企业合资的 IAE 等厂商，占据了民用航空发动机的绝大部分市场份额。

2022 年 6 月至 2023 年 6 月间，全球共交付 2376 台民用航空发动机，全部由 GE、CFM、普惠和罗罗公司提供。其中，CFM 交付量为 1356 台，占比为 57%，占据大头；普惠交付量为 638 台，占比为



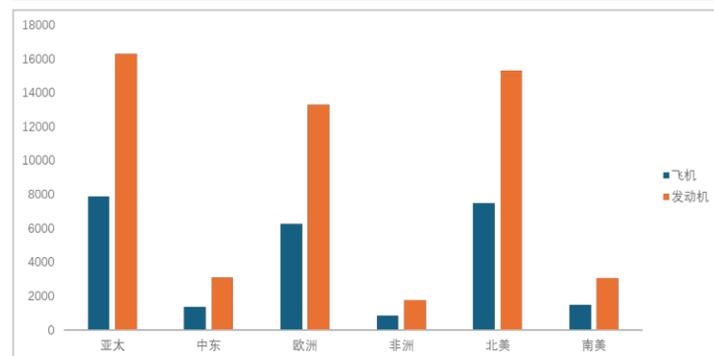
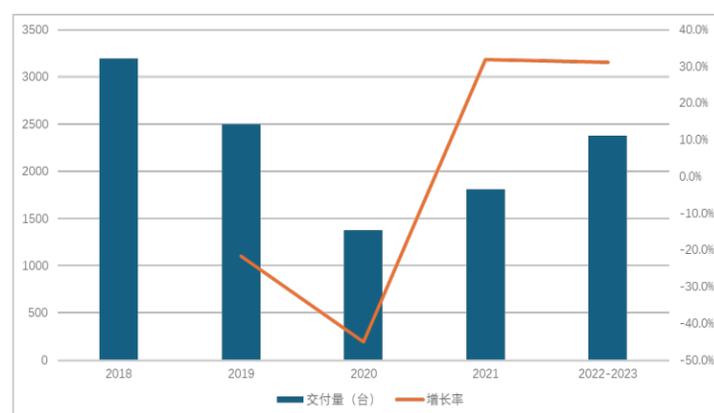
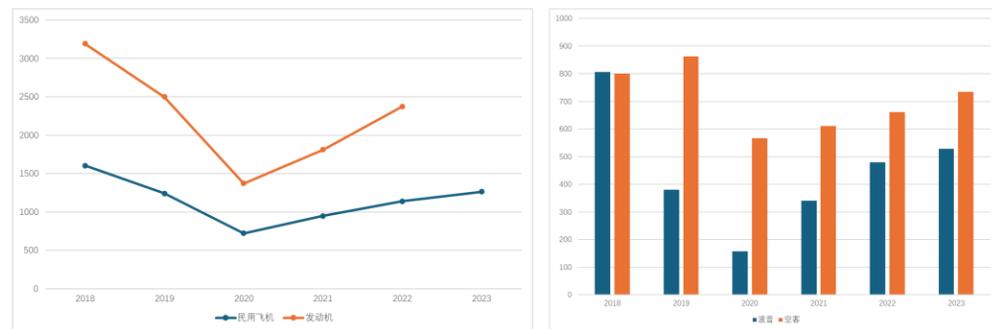


图1 | 2018~2022年民用飞机与发动机交付量对比图

图2 | 2018~2022年全球民用航空发动机交付量（台）

图3 | 全球民用航空发动机分布情况

27%；罗罗交付量为190台，GE交付量为192台，占比均为8%左右。

全球民用航空发动机存量市场主要集中在亚太、北美和欧洲地区。根据Commercial Engines数据，这三个地区的发动机保有量分别占31%、29%和25%，总数将近5万台。近年来，亚太地区民航市场增长快速，其民航机队从2012年的5090架飞机增长到2022年的6447架，全球占比31%，民用航空发动机存量规模也同步增长，已超过16000台。

产品演进分析

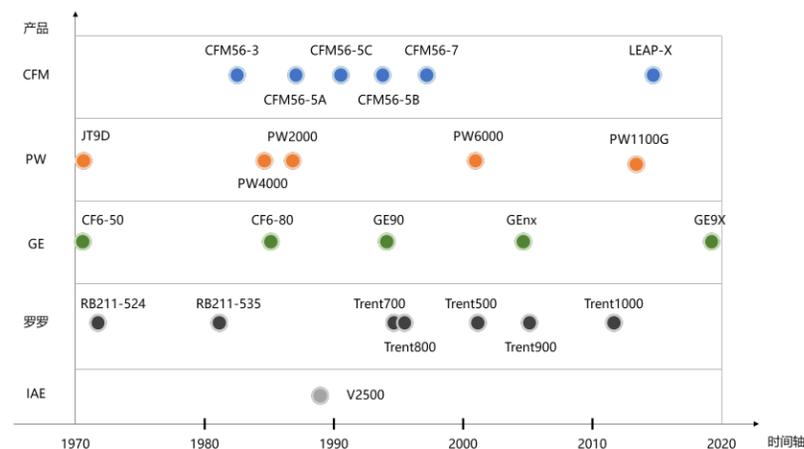
20世纪70年代前后，普惠、GE和罗罗陆续推出民用航空发动机产品。普惠发动机公司于1925年成立，20世纪60年代末推出了JT9D发动机，成为世界上第一款民用大涵道比涡轮风扇发动机，大大提高了燃油效率和推力，使得民航客机开启了远程国际航线的时代。罗罗发动机公司成立于1906年，在1967年启动RB211研发计划，并于70年代初投入使用。

1919年，GE公司就开始涉足航空动力领域，在1968年推出CF6系列商用发动机，用于道格拉斯DC-10飞机，此后还应用于空客A300、A310、A330、波音747、波音767、麦道MD11等民用飞机，自此GE公司成功进入主流民航发动机市场。

20世纪80年代，CFM和IAE也相继推出了民用航空发动机产品。CFM作为GE与赛峰的合资公司，成立于1974年。1984年，CFM推出首款CFM56民用航空发动机，成为航空历史上销量最高的发动机系列，在民航客机市场长期占据主导地位。IAE公司作为美国普惠、英国罗罗、日本航空发动机、德国MTU航空发动机的合资公司，成立于1983年。1989年，IAE推出了V2500发动机，主要适用于150座单通道窄体飞机。

此后，各大发动机制造商先后推进产品谱系拓展和迭代升级。2008年CFM公司生产重心从CFM56向LEAP发动机过渡，推出全新一代LEAP涡扇发动机，包括LEAP-1C、LEAP-1A和LEAP-1B三个型号，其中LEAP-1C发动机被选为中国商飞C919飞机的动力装置，LEAP-1A和LEAP-1B则分别为空客320neo和波音737MAX提供动力，其中空客A320neo系列飞机59%的发动机都选用了LEAP-1A发动机。

20世纪80年代，罗罗公司在RB211发动机的基础上研制出推力较小的535系列发动机，并在近40年内发展了10余种型号。1995年，罗罗公司开始研制遑达系列发动机，共有遑达500、遑达700、遑达800、遑达900、遑达1000、遑达XWB和遑达7000等7个型号，现在市场上有超过4000台遑达系列发动机。同时期，普惠公司先后推出了PW2000、PW4000-94、PW4000-100、PW4000-112、PW6000等民用航空发动机，2014



年推出的PW1100G发动机，作为空客A320neo系列飞机的选装动力装置。GE公司继CF6-50发动机之后，持续推动CF6发动机系列化发展，截至目前累计飞行小时总数已超过4.6亿小时，成为商业航空中运行时间最长的喷气发动机项目之一。2018年，GE开始研制GE9X发动机，装配于波音777X飞机，2020年完成FAA的适航认证。

航空发动机的性能指标包括推力、功率、耗油率等基本性能指标，以及可靠性、推重比、热效率、压缩比等辅助性能指标。目前，全球主要民用飞机基本上均采用涡扇发动机，其燃油效率与发动机涵道比紧密相关。

发动机推力作为发动机最重要的参数之一，其大小决定了飞机的起飞、爬升和巡航能力。推力越大，飞机的加速和爬升能力越大。CFM公司研制的涡扇发动机推力范围在100kN至150kN之间，处于微增长态势，主要以小推力发动机为主，适配民用航空窄体飞机。GE公司与罗罗公司研制的涡扇发动机推力呈现显著增长态势，GE发动机从最初的250kN增长到2020年的470kN，罗罗发动机从最初的270kN增长到2011年的360kN，

图4 | 全球民用航空涡扇发动机主要型号发展

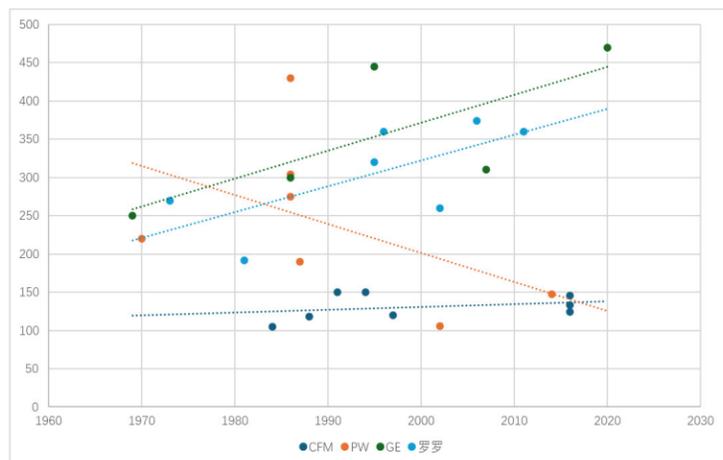


图5 | 主要发动机制造商产品的推力

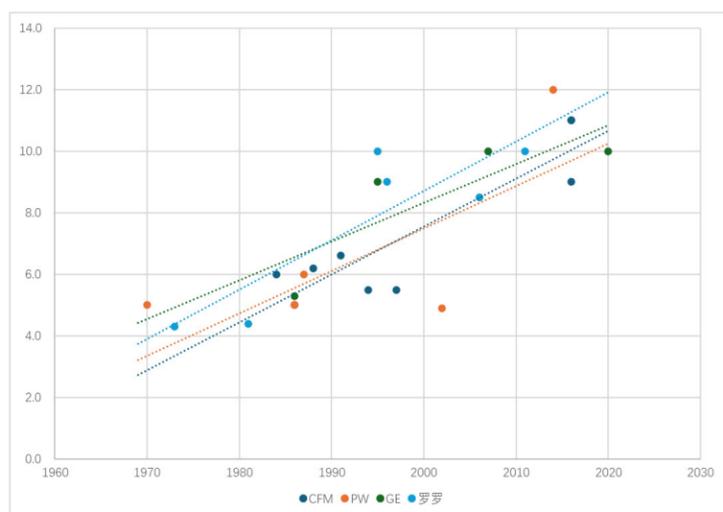


图6 | 主要发动机制造商研制的发动机涵道比变化趋势

两家公司从初期的小推力发动机研制逐步向大推力发动机研制转型。普惠公司研制的涡扇发动机推力则呈现下降态势，从最初的400kN降低至2014年的147kN，近年来普惠公司逐渐调整产品结构和性能，未来小推力发动机将成为公司的发展重点。

发动机涵道比是涡扇发动机外涵道与内涵道空气流量的比值，涵道比大小直接影响发动机的性能和效率，涵道比越大，风扇直径越大，风扇做功越多，发动机热效率越高，飞机就越省油。主要发动机制造商研制的发动机涵道比数值从初期的

5:1 逐渐增长到 10:1 ~ 12:1 左右，呈稳定增长态势。在技术条件允许的情况下，高涵道比涡扇发动机排气速度低、推进效率高、经济性好，未来将越来越多地应用于大型远程客机和运输。

市场格局

全球民用飞机交付以窄体飞机为主，未来将保持主力市场地位。2023年，空客公司向全球87家客户交付735架民用飞机，同比增长11%，其中窄体飞机A319/A320/A321交付571架；波音公司共交

付528架民用飞机，同比增长10%，其中窄体飞机波音737交付396架，两家公司窄体飞机占各自飞机交付总量的比重达76%。另外，2023年空客新增订单2319架，包括1835架A320系列飞机，占比达79.1%；波音新增订单1456架，包括987架737MAX飞机，占比达67.8%。

CFM和IAE公司聚焦窄体飞机市场，占据绝大部分市场。CFM公司的主要发动机产品型号为CFM56系列和LEAP系列，主要应用于波音737、空客A320系列窄体飞机，占全球民用窄体飞机发动机市场份额高达71%。IAE和普惠公司分别研制的V2500系列、PW1100G发动机主要应用于空客A320系列窄体飞机，两家公司合计占全球民用窄体飞机发动机市场份额的26%。2022年6月至2023年6月间，空客A320系列飞机发动机共交付542台，其中CFM的LEAP-1A商用发动机交付275台，占比51%；普惠PW1100G-JM商用发动机交付267台，占比49%。

GE和罗罗公司的发动机产品主要应用于宽体飞机。波音747、空客A340等宽体飞机陆续停产，目前空客、波音公司主要在产的宽体飞机型号为A330、A350和波音767、波音777和波音787。GE公司生产的CF6、GE90、GEnx、GE9X等型号发动机主要应用于波音767、波音777、

CFM和IAE公司聚焦窄体飞机市场，占据绝大部分市场。CFM公司的主要发动机产品型号为CFM56系列和LEAP系列，占全球民用窄体飞机发动机市场份额高达71%。



图7 | 主要民用发动机型号与民用飞机的适配关系

波音787以及空客A300、A330等宽体飞机，罗罗公司生产的RB211、Trent型号发动机主要应用于波音767、波音777、波音787以及空客A330宽体飞机，两家公司在全球宽体飞机发动机市场份额合计达81%。早在2005年，罗罗公司就预测到新一代宽体客机的需求，与空客合作研发遑达XWB发动机。在2022年6月至2023年6月期间，两家公司共交付62台发动机用于装配波音787系列飞机，其中GE商用发动机交付51台，占比82%，罗罗商用发动机交付了11台，占比18%。

未来发展趋势

从窄体机发动机市场来看，主要航空发动机制造商在下一代窄体飞机发动机领域均取得了实质性突破。2021年，CFM公司启动了“可持续发动机革新技术”（RISE）计划，旨在开发下一代单通道客机所需的开式转子发动机核心技术。2022年，普惠公司披露了下一代齿轮传动涡扇（GTF）发动机的发展路线图，计划于2030年前后开发出初代商用发动机。中国也在加紧研制CJ1000民用大涵道比涡扇发动机。

从宽体机发动机市场来看，罗罗公司

根据《中国商飞公司市场预测年报（2022-2041）》，未来20年在现役机队75.2%的替换需求和航空市场新增需求的推动下，全球将交付约42428架喷气式客机。亚太地区（含中国）是增长最快的市场，其机队的全球占比将从31%增长到2041年的40%。

已布局新的战略发展方向，继续扩大遑达XWB发动机产能；同时注重客户服务业务，提供更全面的客户解决方案。GE公司研制的GE9X发动机，最大推力可达470kN，安装于即将服役的波音777X客机。

技术向高效低碳、高可靠性、高智能方向发展。随着环保和能效要求的提高，大推力、低油耗、小尺寸的民用航空发动机将受到市场的广泛欢迎。国际民用航空组织（ICAO）制定了《碳排放补偿与减少方案》（CORSIA），要求从2021年起对所有国际航班实施碳排放补偿措施；国际民用航空组织制定了《飞行器环境标准》（CAEP），规定了对飞行器噪声、排放物和燃油效率等方面的技术标准。例如，CFM公司研发的下一代开式转子发动机，相比Leap-1发动机将燃料消耗和二氧化碳排放量均降低20%以上；普惠公司提出“清洁能源2025”计划，旨在加速绿色技术研发，其研发的下一代GTF发动机技术，提高涵道比至15，使用轻质结构技术，将比现有发动机燃油效率至少提高10%。

同时，数字化、智能化技术的应用将极大地提高民用航空发动机的性能和可靠

性。2023年，罗罗公司在“超扇”系列发动机中采用了可变循环技术（VCE）、电动传动技术（EDE）、复合材料风扇叶片等先进技术，与遑达XWB发动机相比，效率提高10%以上，成为全球最先进、最高效的民用航空发动机。

未来市场空间巨大，亚太地区成主力市场。根据《中国商飞公司市场预测年报（2022-2041）》，未来20年在现役机队75.2%的替换需求和航空市场新增需求的推动下，全球将交付约42428架喷气式客机，总价值接近6.4万亿美元。亚太地区（含中国）是增长最快的市场，其机队的全球占比将从31%增长到2041年的40%，市场逐渐向中国及亚太地区倾斜。

考虑到飞机与发动机的配比关系，预计未来20年全球民用航空发动机总交付量将达到8万台以上。飞机各分系统成本占比中，航空发动机约占整机成本的20%~30%，仅次于飞机机体结构，是飞机的重要组成部分。结合未来民用飞机市场价值预测，预计未来20年，民用航空发动机市场价值将超过1.3万亿美元。

全球民用航空发动机市场主要被几大巨头垄断，各自形成了较为完整的产品谱系，并且还在研制高效低碳、高可靠性、高智能的发动机产品。相比较而言，中国民用航空发动机市场起步较晚，与世界发动机巨头尚有差距。

未来，随着中国民航市场的不断扩大、国产民用大飞机的规模化发展，也将带动国产民用航空发动机产业的快速发展，国产大飞机以及国产发动机也有望进入国际市场。■

航空氢动力研发进展

文 | 韩玉琪

氢能具有清洁低碳、应用场景丰富、来源广泛、高效的优点，在碳中和发展的大趋势下，将成为能源体系的重要组成部分，但也存在易燃易爆、易泄漏、极难存储、计量控制难度大等现实技术难题有待解决。

氢能航空研发活动在2023年持续增强，多国开展相关的大型预研计划以支撑碳中和战略落地实施，尤其以欧洲国家最为积极，业界在前期论证的基础上开展多个细分领域的技术攻关，并实现多架氢动力飞机试飞，同时也注重开展政产学研用合作，以加速技术成熟并早日投入使用。

图 | mahepa.eu



大型预研计划加速氢能航空实现

在战略落地方面，欧盟、英国、日本等地区和国家在前几年针对可持续航空开展的论证工作基础上，均将氢能航空视为“换道超车”的新机遇，通过国家级的预研计划加速相关技术成熟。据不完全统计，目前上述各国氢能航空相关研发项目中，政府总投入超过 60 亿人民币，研发活动包括氢涡轮动力、氢燃料电池动力（简称氢电力）、机载储氢、氢能飞机架构、机场氢能基础设施，以及运营、安全与认证等 6 个方面，而且主要集中在前三个方面。

2023 年 1 月，欧盟清洁航空联合行动

(CAJU) 第一批项目拨款协议已签署并正式启动实施，设置了 5 个研发领域，包括氢动力飞机、混合电推进支线飞机、超高效中短程飞机、交叉领域和支撑行动，前三个领域为该计划的重点研发领域。氢能航空相关项目的详细信息如表 1 所示，氢动力飞机领域包含 6 个项目（表中前 6 个），主要开展氢涡轮动力、兆瓦级氢电力、大型轻质液氢集成储存方案的研发，以及液氢储罐飞行验证、氢电力地面验证等工作。此外，在超高效中短程飞机领域，HEAVEN 项目包含氢涡轮动力研发内容，FASTER-H2 项目开展氢动力飞机机身的架构集成研究；交叉领域下的 CONCERTO 项目包含氢能技术的认证研究。

2023 年 9 月，CAJU 确定在第二批项目中，将欧盟资助资金中的 8600 万欧元专门用于氢动力飞机领域，具体包含 3 个项目：赛峰集团牵头的氢推进技术研究（Trophy）项目；空客公司牵头的兆瓦级氢燃料电池动力系统（Fame）项目；以及由 MTU 公司牵头的氢电零排放推进系统（Herops）项目。

欧盟清洁氢能联合行动（CHJU）于 2021 年 11 月启动，该计划及其前序计划（燃料电池与氢能计划、燃料电池与氢能 2 计划）持续研发航空氢燃料电池技术，2023 年在研项目的详细信息如表 2 所示，主要研究内容包括：机载轻质液氢储罐、航空用氢燃料电池、应急动力装置及辅助动力装置等技术。

2023 年 2 月，英国航空航天技术研究院（ATI）资助罗罗公司总计 8280 万英镑的 3 个项目，与研发氢涡轮动力相关的关键技术包括：氢燃烧室技术、集成的氢涡轮动力系统和储氢技术、氢输送和控制技术。2023 年 4 月，有报道称，ATI 启动了氢能网络第 0 阶段（HCNP0）项目，这项为期 12 个月的研究将评审氢能网络如

何支持英国航空航天工业。此外，ATI 资助的航空氢动力在研项目还包括 H2GEAR 项目、HyFlyer II 项目和 Fresson 项目，如表 3 所示。

2023 年 5 月，日本推出了“下一代飞机发展”计划，该计划总预算 210 亿日元（1.4 亿美元），通过利用日本在氢和材料核心技术方面的优势，在全球碳中和行动中加强日本飞机工业竞争力。该计划包括两大研究主题：氢动力飞机核心技术；复杂形状和显著轻量化的初级飞机结构的开发。

2023 年 3 月，由 ITP Aero 公司领导的西班牙国家团队成立，目的是开发该国第一台氢能航空动力装置，并计划于 2025 年进行首次测试。该项目名为“航空运输中的低温学、燃料电池和氢燃烧”，是西班牙工业技术发展中心（CDTI）管理的航空技术计划的一部分。该项目投资 1200 万欧元，包括 4 个研究领域：开发将液态氢转化为气态氢的调节技术及其在涡轮发动机中的使用规范；开发燃料电池推进系统；氢燃烧基础研究；修改现有发动机以适配天然气和氢气的混合物，为过渡到纯氢气运行奠定基础。

氢涡轮动力实现燃烧技术突破

在技术创新方面，罗罗公司和赛峰集团等企业积极布局氢涡轮动力并实现燃烧技术突破。

2023 年 9 月，罗罗公司宣布其与英国拉夫堡大学和德国航空航天中心（DLR）合作，使用 100% 氢燃料在 DLR 位于科隆的设备上对“珍珠”700 涡扇发动机的全环燃烧室进行了试验，通过干预空气和氢燃料的反应速率来控制火焰位置，验证了新设计的燃料喷嘴，并证明了氢燃料可在最大起飞推力状态下燃烧。

项目名称	牵头单位	项目周期	欧盟资助/万欧元	主要研发内容
氢动力系统技术 (HYEST)	罗罗公司	—	1480	氢燃烧室零部件及子系统结构
氢涡轮动力设计的鲁棒性实现 (RACHEL)	罗罗公司	—	3660	短舱、发动机外部及动力系统本身相关的氢能技术
液氢涡轮动力 (LH2GT)	罗罗公司	—	3140	从储罐到燃烧室的氢输送和控制技术
氢能网络第 0 阶段 (HCNP0)	—	—	129	详细了解氢动力飞行系统端到端测试所需的基础设施，并由此规划商业运营道路
混合氢电架构 (H2GEAR)	GKN 公司	2020 年 12 月—2025 年 9 月	2719	氢燃料电池系统和下一代低温电机/驱动和电气网络
HyFlyer II	ZeroAvia 公司	2020 年 12 月—2023 年 2 月	1226	600kW 氢电力系统
Fresson	克兰菲尔德航空航天解决方案 (CAeS) 公司	2019 年 10 月—2023 年 3 月	962	将 9 座飞机改装为氢动力飞机

表 3 | 2023 年 ATI 资助的氢能航空在研项目

2023 年 5 月，赛峰集团、空客公司及阿丽亚娜集团共同开展的对环境负责的航空氢推进（HyPERION）项目，完成了氢涡轮动力中氢气调节系统的概念验证测试，此次试验是通过使用航天器中的电动泵、燃气发生器和换热器等设备实现的。HyPERION 项目研究周期为 2020 年 12 月至 2023 年 6 月，由法国政府未来投资 (PIA) 计划资助，项目研究覆盖了氢燃料从离开储罐到喷射燃烧的全过程，并评估了氢气与燃烧系统所用金属的兼容性。

2023 年 11 月，空客子公司 UpNext 的氢气尾迹研究实验中心使用改装后的“蓝色秃鹰”滑翔机开展了氢涡轮动力的飞行测试。该动力由德国 Aero Design Works 公司基于捷克 PBS 公司生产、推力 110kgf 的 TJ-100 小型涡喷发动机改装而成。此次飞行为其首次使用氢气作为唯一燃料，由 70MPa 的高压氢罐提供，目的是提高氢涡轮动力在 2100 米高空的推力，同时在不同速度下保持飞机稳定，并开展了 3000 米高空发动机起动等测试。

表 1 | CAJU 第一批项目中氢能航空相关项目

项目名称	牵头单位	项目周期	欧盟资助/万欧元	主要研发内容
氢涡轮动力验证及与飞机集成战略联盟 (CAVENDISH)	罗罗德国公司	2023 年 1 月—2026 年 12 月	2167	氢涡轮动力（基于“珍珠”15 发动机）的地面验证
航空氢涡轮动力验证机 (HYDEA)	AVIO 公司 (GE 子公司)	2023 年 1 月—2026 年 12 月	8050	氢涡轮动力（基于“通行证”20 发动机）的地面验证
航空用下一代高功率燃料电池 (NEWBORN)	霍尼韦尔公司	2023 年 1 月—2026 年 6 月	3332	兆瓦级氢电力
零排放飞机用轻质氢储罐 (H2ELIOS)	ACITURRI 公司	2023 年 1 月—2025 年 12 月	996	大型轻质液氢集成储存方案
基于无人机平台的液氢承载储罐飞行验证 (FLHYing tank)	蝙蝠飞机公司	2023 年 1 月—2025 年 12 月	300	液氢储罐飞行验证
氢燃料电池动力总成验证机 (HyFoTraDe)	蝙蝠飞机公司	2023 年 1 月—2025 年 12 月	400	氢电力地面验证
氢能发动机架构设计虚拟工程创新 (HEAVEN)	罗罗德国公司	2023 年 1 月—2026 年 12 月	2991	缩比“超瞬”发动机以适应中短程飞机，并集成混合电推进和氢燃烧技术
机身、后机身和尾翼集成解决方案验证和技术 (FASTER-H2)	空客公司	2023 年 1 月—2026 年 3 月	2490	氢能机身的架构集成，整合新的推进系统、氢储罐和分配系统
适应颠覆性技术的新型认证方法及途径构建 (CONCERTO)	达索公司	2023 年 1 月—2026 年 12 月	2009	氢能、混合电推进等技术的新型认证方法和合规方式

项目名称	牵头单位	项目周期	欧盟资助/万欧元	主要研发内容
复合材料保形液氢储罐 (COCOLIH2T)	柯林斯爱尔兰公司	2023 年 2 月—2026 年 1 月	873	热塑性塑料液氢储罐
下一代改进型航空高温膜电机组件 (NIMPHEA)	赛峰集团	2023 年 1 月—2026 年 12 月	494	下一代改进型航空高温膜电机组件
突破性航空用氢燃料电池技术 (BRAVA)	空客运营公司	2022 年 12 月—2025 年 11 月	1999	兆瓦级航空氢燃料电池系统
商用载人飞行器用高功率密度液氢燃料电池系统 (HEAVEN)	H2FLY 公司	2019 年 1 月—2023 年 9 月	690	高功率密度液氢燃料电池系统
用于飞机应急操作的氢燃料电池系统 (FLHYSAFE)	赛峰集团	2018 年 1 月—2023 年 6 月	730	基于航空氢燃料电池的应急动力装置系统



表 2 | CHJU 及其前序计划中的 2023 年氢能航空在研项目



公司计划于 2024 年年初开展飞行尾迹研究，研究活动将为配装大型氢涡轮动力的 ZEROe A380 飞行台的飞行试验指明方向。

氢电力或将率先进入市场

大量初创公司聚焦氢电力并实现最大配装 50 座级飞机的试飞，氢电力有望在 2025 年至 2030 年配装通勤飞机进入市场。

2023 年 1 月，美国 ZeroAvia 公司成功试飞 19 座的多尼尔（Dornier）228 飞行平台，这架双发飞机经过改装，左翼上安装了 ZeroAvia 公司的氢电力 ZA600，右翼是一台霍尼韦尔公司的 TPE-331 涡桨发动机。氢电力总成包括两个燃料电池堆，以及在起飞期间提供峰值功率支持并为安全测试增加额外冗余的锂电池组。氢罐和燃料电池发电系统安装在机舱内，在商业配置中，将使用外部储存并恢复座位。

2023 年 4 月，ZeroAvia 公司首次发布了其初始飞机平台和动力产品路线图的详细信息。ZeroAvia 公司的 600kW 的 ZA600 动力系统的首个应用平台是赛斯纳“大篷车”飞机，ZA600 将改装替换普惠 PT6A 涡桨发动机，并将其大部分系统封装在“大篷车”的机头中，目标是 2025 年进入市场；目前已在开发中的 ZA2000 的初始 2MW 版本，将从 2027 年开始用于改装的大型涡桨支线飞机；还将针对不同飞机开发相适用的动力系统，最大功率将达 10MW 以上。

2023 年 3 月，美国环球氢能（UH2）公司完成“冲”（Dash）8-300 飞机首飞，飞机一侧的 PW123 涡桨发动机被替换为氢电力，成为了迄今为止最大的燃料电池动力验证飞机。改装后的“冲”8 飞机机舱内部有两排测试电子和传感器组件，以及两个容量 30kg 的大型氢燃料罐。位于飞机右翼下方的 640kW 的电动机由新

型氢燃料电池驱动，整个飞行过程中，氢燃料电池能产生高达 800kW 的功率。

2023 年 6 月，空客公司宣布，经过 6 个月的地面测试，其在电动飞机系统测试室（EAS）开展了 1.2MW 燃料电池系统全功率运行测试，该测试通过多个功率通道耦合驱动单个螺旋桨实现，空客公司是航空业中唯一实现这样完整动力“链”的公司，该动力“链”连接 12 个燃料电池以达到商业用途所需的输出功率。

2023 年 9 月，德国 H2Fly 公司顺利完成全球首次完全由液氢驱动的载人电动飞机 HY4 试飞，试验结果表明，采用液氢能使 HY4 飞机的最大航程增加一倍，达到 1500km。HY4 左侧机身的驾驶舱区域安装有双层壁真空隔热圆柱形液氢储罐，通过内部加热器对储罐中的液氢加压，并使用换热器利用燃料电池的废热将液氢蒸发为氢气，后输送至使用质子交换膜技术的燃料电池，可在较高的温度下运行以提高性能。HY4 飞机配备了 80kW 的电动机和 21kWh 的锂电池（连续输出功率 45kW），可在起飞和爬升阶段提供额外的电力供给。

2023 年 7 月，美国国家航空航天局（NASA）与伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校（UIUC）签署协议，将 NASA 在大学领导力倡议（ULI）下的高效飞机电气技术中心（CHEETA）项目延长了 2 年（开始第二阶段）。CHEETA 项目于 2019 年启动，第二阶段将推进零排放概念客机的开发，概念机使用液氢作为燃料和冷却剂，以实现超导性能，提高效率并减轻质量。为了有效集成液氢储罐、机身和风扇等众多子系统，计划先使用气态氢燃料开展缩比模型试飞。第二阶段将开展 300 kW 低温冷却电机、300kW 零损耗超导电缆、300L 液氢储罐等子部件测试。其中，液氢储罐的重量指数（GI）计划达到 60%（现有液氢储罐的重量指数小于 30%）。

氢能航空相关研发联盟不断涌现壮大

在管理创新方面，欧盟、英国、中国等地区和国家成立研发联盟来加速多学科专业交叉群集、多领域技术融合集成，加强政产学研用深度融合，共同推动氢能航空的创新研发。

截至 2023 年 11 月 22 日，零排放航空联盟（AZEA）成员已增长至 161 个，涵盖了飞机制造商、发动机制造商、航空公司、机场、能源公司、燃料供应商、认证机构、乘客团体和监管机构等行业利益相关者。AZEA 于 2022 年 6 月由欧盟委员会正式设立，以呼吁航空界通过引进氢动力和电推进飞机来实现欧洲 2050 年的碳中和目标，AZEA 关注机场氢动力和电推进飞机的燃料和基础设施要求、可再生燃料和电力的获取、标准化和认证、运营商（航空公司）的行动和空中交通管理等领域的解决方案。

2023 年 3 月，CAJU 和 CHJU 签署谅解备忘录，开展氢动力航空技术研究和创新战略合作，主要包括：航空氢技术领域资助资金、工作方案规划和协同以及项目征集。2023 年 6 月，CAJU 与法国奥克西塔尼大区、意大利坎帕尼亚大区均签署了合作备忘录，以加快低排放飞机技术的成熟与演示验证，并于 2035 年前进入航线服务。

此外，2022 年 10 月，欧洲航空安全局（EASA）与 CAJU 在布鲁塞尔签署合作备忘录，合作范围包括：针对 CAJU 研究的新概念和新技术，消除风险并验证其可行性；行业标准的发展演变；飞机和系统设计的新认证方法和符合性认证方式；与其他监管机构和国际民航组织（ICAO）协调制定监管规章。

2023 年 9 月，英国成立航空氢能联

盟（HIA），成员为英国航空和可再生能源领域的一批领先企业，包括易捷航空公司、罗罗公司、空客公司、GKN 公司和布里斯托尔机场等。HIA 将致力于确保英国充分利用氢能为航空业和整个国家带来的巨大机遇，加快实现零碳航空。该联盟指出，政府需要关注 3 个关键领域：支撑英国成为全球领导者所需的基础设施；确保航空监管制度为氢能做好准备；以及将氢能航空研发支持资金转变为一项为期 10 年的计划。只有这样，英国才能获得经济效益并实现脱碳目标。

2023 年 10 月，中国航空学会正式向全球发布了国际绿色航空协会（IAGA）倡议，旨在以“通过技术进步与全球合作促进航空可持续发展”为愿景，促进新技术在绿色航空领域得到广泛应用，加快全球航空产业链全体参与者达成双碳目标的进程。IAGA 业务范围覆盖：产业研究与合作，包括产业报告与路线图制定、国际合作项目以及展览；学术交流与咨询，包括会议、出版与咨询；评奖与评定，包括国际奖项、院士评选以及标准制定；人才培养与举荐，包括设置奖学金、开展培训与认证以及科学普及等方面。

此外，“机场氢能枢纽”网络持续扩张。2023 年 12 月，德国汉堡机场加入“机场氢能枢纽”网络，成为其第 12 个成员，以促进航空氢能基础设施的进一步扩张，该网络的成员已经包括来自法国、美国、英国、新加坡、日本、韩国和新西兰等 11 个国家的机场管理部门、航空公司和能源部门等。该国际网络由空客公司于 2020 年推出，以帮助机场确定未来氢能飞机的基础设施需求，研究、开发和扩大氢的使用基础设施，以及整个价值链的低碳机场运营，为 2035 年 ZEROe 氢动力飞机投入运营做好准备。■

聚焦核心业务 GE “翼” 动未来

文 | 静宇

2024年4月2日，随着纽交所的一声钟响，GE 航空航天正式成为一家独立上市公司，这也标志着公司终于完成了持续多年的转型，踏上了新的征程。未来，GE 航空航天将集中优势资源，专注发展航空航天业务。之后不久，公司发布了上市后的首张“成绩单”，即2024年第一季度业绩报告。

图 | geaerospace.com



报告显示，在实现拆分这一里程碑的同时，GE 航空航天实现了显著的利润和现金增长，带动公司第一季度整体业绩强劲提升，公司营收、利润和自由现金流都实现了两位数增长。三个月后，GE 航空航天发布公司第二季度业绩报告，由于订单、营业利润和现金流继续实现两位数增长，公司上调全年业绩指引，股价也创下了独立上市后的新高。

整合资源，独立上市

2021年，GE 董事长兼首席执行官卡尔普一上任便提出了“壮士断腕”般的拆分重组方案，这也意味着 GE 结束了传奇人物杰克·韦尔奇时代所开启的多元化运营战略。2022年7月，GE 发布了全新品牌标识：转型精准医疗领域的 GE 医疗服务更名为 GE HealthCare；由 GE 可再生能源、GE 电力和 GE 数字合并而成的 GE 能源业务更名为 GE Vernova，GE 航空业务更名为 GE Aerospace。GE Aerospace 主要包括航空发动机和机载系统两大类业务。2022年9月，GE 宣布其全球研发中心将演进成三家独立运营的高级研发中心，分别服务于上述三家独立公司。

2023年 GE HealthCare 率先完成拆分，成为一家独立的公司，并在美国完成上市。此后，2023年10月，GE 公布了另外两家企业的上市计划，即2024年第二季度完成两家企业的上市工作。2024年3

月，GE Vernova 拆分计划获得董事会批准，并在2024年3月完成上市。2024年4月2日，作为 GE 庞大拆分计划的最后一环，GE 航空航天在美国纽约证券交易所上市。

对此，GE 航空航天董事长兼首席执行官卡尔普表示，未来公司将继续传承百年来 GE 的创新基因，整合优势资源，以精益运营模式进一步聚焦航空航天业务。

卡尔普上任后的几年间，GE 采取了一系列举措夯实重点业务的发展，同时还在全公司范围内推行精益管理，并持续完善客户服务领域。数据显示，截至2024年4月，GE 航空航天在全球拥有约44000台在役民用飞机发动机，是航空航天动力、服务和集成系统的全球领导者。2023年，GE 调整后收入为320亿美元，其中约70%来自服务和发动机售后市场的强劲复苏所带来的经济效益。在大中华地区，目前在役的 GE 发动机数量约为7700多台，同时设有包括8家大修厂、1家快修厂在内的开放式维修服务网络，可以为客户提供7×24小时发动机远程监控的飞机机队支援中心以及发动机零部件生产制造工厂、合资培训学校等。

完成拆分后成绩亮眼

多年来，GE 航空航天业务板块一直都是集团的“摇钱树”。从产品来看，GE 在宽体客机市场拥有 GE90、GE9x、GE9X 等拳头产品，在窄体客机市场与赛峰的

合资公司 CFM 国际公司生产的 CFM56 和 LEAP 系列发动机更是占据了绝对领先的市场地位。

2023 年 8 月，GEnx 发动机突破 5000 万飞行小时，成为了宽体飞机发动机累计飞行小时数增长最快的一款产品，同时也是 GE 历史上销售最快的一款大推力发动机产品。在窄体客机市场，LEAP 系列发动机更是为 GE 带来了源源不断的现金流。根据公开数据显示，截至 2023 年 11 月，以 LEAP 系列飞机为动力装置的新一代窄体客机交付量达到了 3032 架，且空客、波音和中国商飞的三款窄体客机都选择了 LEAP 系列发动机。随着拆分的落地和公司整体上市，GE 航空航天业的业绩表现也越发亮眼。

2024 年 7 月 24 日，GE 航空航天发布 2024 年第二季度业绩报告。报告显示，第二季度公司订单总额达到 112 亿美元，同比增长 18%；调整后营收 82 亿美元，同比增长 4%；营业利润 19 亿美元，同比增长 37%；营业利润率 23.1%，同比上升 560 个基点；公司自由现金流 11 亿美元，较上一季度增长 2 亿美元。鉴于公司强劲的经营数据，GE 航空航天上调了全年的利润和自由现金流指引，即全年营业利润从 62 亿美元~66 亿美元调整至 65 亿美元~68 亿美元；全年调整后每股收益从 3.8 美元~4.05 美元调整至 3.95 美元~4.2 美元。

对于这份亮眼的成绩，GE 将其归因于以下四点。首先是充分运用精益管理模式对供应链进一步进行优化，帮助 15 个头部供应商部署工程和供应链资源，在优化供应链方面取得了显著的进展。其次，由于售后服务是公司收入的重要来源，因此重组后的 GE 航空航天也在进一步加大对全球航空维修（MRO）网络的布局和升级。公开信息显示，未来五年，GE 航

空航天计划投资 10 亿美元用于扩大和升级全球 MRO 网络服务，以满足全球市场不断增长的维修需求，其中就包括近期达成的专用于提升 LEAP 发动机试车台的协议。第三，范堡罗航展上公司收获的订单对于第二季度业绩提升也有较大助力。在 2024 年 6 月的范堡罗航展上，英国航空选择 GEnx 发动机为其 6 架 787 飞机提供动力；日本航空为机队近 20 架 787 飞机订购了 GEnx 发动机；土耳其航空和美国国家航空公司各订购 8 台 GE90 发动机为旗下 777 货机提供动力。第四点则是在完成拆分后，GE 依旧在持续优化资本分配，聚焦核心业务。根据公司发布的 2024 年第二季度业绩报告显示，自 2024 年 4 月起，公司派发每股 0.28 美元的季度股息，并在第二季度斥资 23 亿美元回购了约 1390 万股普通股票，根据公司 2024 年 3 月宣布的 150 亿美元股票回购计划，在此次回购总量中，公司以 19 亿美元回购了 1170 万股普通股。同时公司还表示，未来还将继续剥离非核心资产，精简业务架构，集中更多优势资源发展核心业务。

巩固在役产品优势地位

如今在窄体客机动力市场，GE 与赛峰集团的合资公司 CFM 国际公司生产的 LEAP 系列发动机占据了绝对的领先地位。数据显示，截至 2023 年 11 月，以 LEAP 系列发动机为动力系统的新一代窄体客机交付量为 3032 架，且波音、空客和中国商飞的三款窄体客机都选择了 LEAP 系列发动机。这也使得 LEAP 系列发动机已经成为行业内飞行小时数增长最快的发动机产品，截至 2024 年 4 月，LEAP 系列发动机已经累计达到近 5000 万飞行小时和 2000 万次飞行循环，签派可靠率达到 99.9%。

与此同时，CFM 国际公司还在不断提升 LEAP 系列发动机的性能。2024 年 4 月，CFM 国际公司向空客交付了第一批配备全新反向引气系统（RBS）的 LEAP-1A 发动机。全新的 RBS 系统于 2023 年获得美国联邦航空局和欧洲航空安全局认证，可减少燃油喷嘴上的积碳，进而大幅减少燃油喷嘴更换频次及维修成本。未来，LEAP 系列其他产品上也将配备这一系统。与此同时，CFM 国际公司还将在全球四地提供全新 RBS 系统安装培训，其中一处是位于四川广汉的航空发动机维修培训中心。

此外，CFM 国际公司还在进一步利用数字化技术让 LEAP 系列发动机健康监测更加精准。通过使用概率诊断和预测的机器学习模型，目前应用于 LEAP-1A 和 LEAP-1B 发动机的健康监测系统能够对起飞、爬升和巡航阶段的发动机传感器进行数据建模，并生成 CFM 国际公司迄今为止最为精准的发动机运行模型。通过分析发动机运行特征，该工具能够提供有针对性的预警，有助于更早地发现潜在风险。由此，LEAP-1A 和 LEAP-1B 发动机将为运营商提供比以往更加精准的发动机健康监测服务。根据 CFM 国际公司预测，在发动机健康监测系统与专业的机队支援团队的双重保障下，可以帮助客户将预防性维护建议的检测时间提前 60%，检测率提高 45%，与过去十年相比，误预警数量可以减少一半。

为波音最新 777X 提供动力的 GE9X 发动机则被誉为 GE 旗下最高效的发动机产品，其燃油效率较上一代 GE90 发动机提高了 10%。在创新技术的采用方面，GE90 采用了第四代碳纤维复合材料风扇叶片，集成了超过 65 个耐热陶瓷基复合材料（CMC）部件，其强度为传统部件的两倍，更加耐用。GE 利用增材制造技术（3D 打印技术）将 300 多个零部件组合成 7 个

3D 打印部件，实现了发动机整体减重。与上一代 GE90 发动机相比，GE9X 的风扇叶片数从 22 个减少至 16 个，更大限度地提升了燃油效率，10:1 的涵道比和 60:1 的总压比，也进一步提升了燃油效率。在减排降噪方面，尽管 GE9X 是一个真正的“大块头”，但其所有排放值都低于当前监管标准，其中氮氧化物排放量仅为同级别发动机的一半，也是 GE 最安静的一款产品。

着眼未来的布局

创新是刻在 GE 骨子里的特质。百年来，GE 致力于不断突破创新边界，并用革命性技术助力航空业的发展和进步。2021 年 6 月，GE 和赛峰集团宣布共同研发可持续发动机革命性技术验证项目（RISE）。GE 航空航天和赛峰集团在全球的 1000 多名工程师参与 RISE 项目的研发，共同致力于这一创新项目的落地，以期实现发动机油耗和碳排放量较现役最高效的单通道飞机发动机再减少 20% 以上。经过三年多的发展，目前 RISE 项目已经完成了 100 多项测试，这些试验所取得的成果将为未来开放式风扇结构的验证打下基础。其中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 项目还将对直接采用氢燃料作为动力进行地面测试和飞行测试。根据规划，采用 RISE 项目新技术的产品将在 2025 年左右进行地面测试和飞行测试，2035 年左右投入商用。

围绕可持续航空燃料（SAF）的应用和相关适航工作，GE 航空航天早早开始谋划。相比传统燃料，可持续航空燃料使用了更清洁的替代工艺，有望将发动机产品整个生命周期的碳排放减少 80%。GE

向伟明还特别提到，未来 GE 航空航天将继续拓展在华维修网络，提高发动机维修能力，增加生产制造领域投资，支持中国商飞未来的产能提升计划。

早在 15 年前就开始参与 SAF 的评估和认证工作，从 2016 年开始，已经相继在十款不同型号的发动机产品上完成了 SAF 测试，覆盖部件、发动机和飞机级别。

混合电力推进技术也是航空业实现可持续发展的一大“潜力股”，有助于优化发动机性能，从而减少燃料消耗和碳排放，实现更加绿色环保、安全高效的飞行。在这一领域，GE 航空航天也擘画了一个更加电动化的飞行蓝图。2021 年，美国航空航天局宣布选择 GE 航空航天助力其开展电动力系统飞行演示项目。2021 年 10 月，GE 航空航天与美国航空航天局、波音合作，携手开发“兆瓦级混合电力推进系统”项目，如果这一项目实现突破，将有望率先在单通道飞机上实现混合电力的目标。2022 年，GE 航空航天率先完成全球首个高海拔混合电力系统测试，在模拟 45000 英尺海拔条件下成功测试兆瓦级、千伏级电力系统。2023 年 7 月，GE 航空航天为该项目使用的飞机试验台推出了全新的涂装设计，后续相关飞行试验将按计划推进。

在中国市场，GE 的工业合作也是多元化的。在 GE 航空航天完成拆分时，GE 全球副总裁兼大中华区总裁向伟明曾表示，从长期看，中国经济长期向好的基本

面不会改变，未来中国将成为全球第一大航空市场。完成拆分后，GE 航空航天布局中国、投资中国的信心和承诺不会改变。向伟明还特别提到，未来 GE 航空航天将继续拓展在华维修网络，提高发动机维修能力，增加生产制造领域投资，支持中国商飞未来的产能提升计划。

在 2022 年的珠海航展上，GE 宣布选择厦门太古发动机服务有限公司作为大中华区的 CF34-10A 发动机服务提供商，为 CF34-10A 发动机运营商提供 MRO 服务。公司表示，这一布局不仅实现了 GE 航空作为 CF34-10A 发动机制造商在中国建立 CF34-10A 维修能力的承诺，更是为运营 ARJ21 飞机的国内航空公司提供更好的支持服务。2023 年 7 月，GE 再次宣布在上海临港新片区建立 GE 航空航天发动机现场支援服务快修厂（Quick Turn），这也是中国民航首家发动机快修厂。这一快修厂将为中国及亚洲地区客户提供 LEAP-1A/1B、CFM56-5B/7B 等型号的发动机快修服务。同时，该工厂未来还将成为 C919 飞机所选装的 LEAP-1C 发动机的备用发动机库，以支持未来 C919 的规模化运营。

此外，值得一提的是，2024 年 6 月，GE 与中国民航局、波音一起，共同发布了中国民航国产导航数据合作产品。为满足国内数据安全的要求，GE 航空航天在 2022 年成立了国内导航数据库团队，这也是 GE 在美国以外唯一一个导航数据库生产团队，也是唯一一个提供国产导航数据库的飞行管理计算机的原设备供应商。

机载导航数据库是现代大中型运输机飞行管理系统及自动飞行控制系统飞行操控的主要信息源和重要依据，是保障飞机及运行安全的重要一环。此次，三方合作共同发布的国产导航数据产品，将进一步推动中国民航技术进步和安全管理水平的提升，为行业树立新标杆。■

罗罗： 战略转型成效显著

文 | 任治潞

作为英国工业的一张名片，百年锤炼成就了今天的罗罗。作为全球最大的航空发动机制造商之一，罗罗的历史最早可以追溯到 1906 年由亨利·莱斯和查尔斯·劳斯共同创立的罗尔斯·罗伊斯公司，其主要业务为汽车生产。1914 年，随着第一次世界大战的爆发，为满足英国对于飞机发动机的需要，罗罗开始涉足航空发动机业务，并在一战期间为协约国提供了近一半的航空动力。从 20 世纪 20 年代后期开始，航空发动机业务开始成为罗罗最核心的业务。此后近 100 年间，罗罗通过兼并收购、技术创新等多种手段，

图 | news.indigoautogroup.com



一步步奠定了自己在全球航空动力市场的地位。然而，近十几年来，退出窄体客机动力市场，以及新冠肺炎疫情的冲击，也曾令百年罗罗陷入危机。之后，罗罗开启战略转型，从公司最新发布的 2024 年上半年业绩报告中可以很明显看出，公司转型已取得显著成效。

业绩报告显转型成果

2023 年 11 月，罗罗曾发布了一份名为《罗罗的目标是中期业绩实现质的飞跃》的战略调研报告和企业中期目标报告。在这两份报告中，罗罗明确了公司中期盈利目标及下一步战略转型计划。2024 年 8 月，罗罗发布公司上半年业绩报告。从报告中可以发现，公司正一步步迈向既定目标。

罗罗的业绩报告显示，2024 年上半年公司基础营业利润 11 亿英镑，基础利润率 14%，反映出各项战略举措的成效，以及整个集团的商业优化和成本效率的优势。得益于营业利润的提升和长期服务协议（LTSA）余额的持续增长，公司自由现金流达到 12 亿英镑，净债务降至 8 亿英镑。鉴于业绩和财务韧性的增长，罗罗决定上调 2024 年全年指引，预计全年基础营业利润在 21 亿~23 亿英镑，自由现金流在 21 亿~22 亿英镑。同时，公司还将根据 2024 年全年业绩恢复向股东分红，起始派息比例为税后基础利润的 30%，未来每年按 30%~40% 的比例持续派息。

民用航空市场的恢复对于罗罗业绩的强劲恢复起到了积极的作用。2024 年上半年，罗罗民用航空业务营业利润率达到 18%（2023 年上半年为 12.4%），这主要得益于大型发动机长期服务协议及工时和材料带来的更高的售后市场利润。随着全球航空运输市场的恢复、大型发动机飞行小时数的增长和常态化飞行小时数费率的

提高，罗罗通过长期服务协议实现的飞行小时收入达 29 亿英镑，民用航空长期服务协议净增长达 5.44 亿英镑。与此同时，罗罗在公务航空市场也有不俗的表现。

民用航空业务是重要支撑

在《罗罗的目标是中期业绩实现质的飞跃》的战略报告中，公司指出，其中期目标是实现每年 25 亿~28 亿英镑的营业利润，利润率为 13%~15%，自由现金流 28 亿~31 亿英镑，资本回报率 16%~18%，这些目标计划在 2027 年实现。为了实现这一目标，民用航空业务的恢复是重要的支撑，为此罗罗从三个方面着手推进相关工作。

首先是投资组合选择与伙伴关系方面。在民用航空业务方面，用于湾流 G700 公务机的珍珠 700 发动机正在加速交付。2024 年上半年，罗罗共交付了 83 台珍珠发动机。同时，公司还投资扩大了在德比和达勒维茨工厂的产能，这使得从 2025 年开始，珍珠 700 发动机的交付量将较 2023 年提升 40%，而更高的产能也意味着售后市场更高的利润。

其次是优势业务和战略举措。在民用航空业务方面，遛达 XWB-97 是公司最畅销的产品，2024 年上半年新订单量达到 108 台。遛达 1000TEN 高压涡轮叶片的飞行测试也即将启动。这种新叶片将使遛达 1000TEN 发动机的在翼时间至少增加 1 倍。罗罗还完成了针对遛达 1000 和遛达 7000 设计的进一步改进，到 2025 年底其在翼时间将进一步增长 25%~30%。遛达 XWB-84 的改进工作也在推进，新的改进将进一步提升这款产品的燃油效率。

第三是继续推进“效率和简化计划”。根据罗罗的规划，这一计划将在 2024 年年底实现累计节约超过 2.5 亿英镑，并有

望实现 4 亿~5 亿英镑的中期目标。2024 年 6 月，罗罗全新的组织设计已经生效，未来公司还计划将其组织机构打造得更精简、专注。

专注已有产品研发和 SAF 应用

在《罗罗的目标是中期业绩实现质的飞跃》的中期报告中，公司明确提出，未来将对航空业务的发力点进行一些调整和优化，对一些业务进行剥离，如中期发展目标内，不再花精力在面向未来电动飞行的电气业务，而是将精力集中在传统的喷气发动机业务上。

1960 年，罗罗推出首款专为大型洲际客机市场设计的涡扇航空发动机，将燃油效率推向新的高度。这款非常高效的发动机名为康威（Conway），其成功的关键在于涵道比。尽管康威发动机涵道比仅为 0.3:1，但它为此后 60 多年的涡扇航空发动机设计树立了标杆，帮助设计师们设计出燃油效率更高的发动机，帮助航司拓展飞机航程与性能，并降低了旅客出行成本。

六十年过去，遛达家族的最新成员遛达 7000 已具备 10:1 的涵道比，成为涵道比最高的宽体飞机涡扇发动机，燃油效率较罗罗康威发动机提升了超过 70%。同时，遛达系列发动机也成为了罗罗有史以来最成功的产品系列，包括遛达 7000、遛达 XWB、遛达 1000、遛达 900、遛达 500、遛达 800 和遛达 700 在内的 7 款发动机产品，平均签派可靠率达到 99.9%，累计飞行时间超过 1.8 亿小时。

为了持续保持产品的先进性，2023 年罗罗宣布将投资超过 10 亿英镑对遛达系列发动机进行改进，对包括遛达 7000、遛达 1000、遛达 XWB-84 和遛达 XWB-97 在内的遛达系列最新成员提供新的技术包，对在翼时间、耐久性和燃油效率带来

整体的改善。

罗罗表示，为了满足运营商对油效和耐久性的需求，涡轮部件需要在更高温度下运行。此改进包采用了最新分析技术和设计方法，尤其是在涡轮叶片冷却设计方面，以优化涡轮部件在如此高温下的耐久性。对于遛达 7000 和遛达 1000，这意味着即使在最恶劣的气候条件下，其在翼时间也能增加一倍以上，从而降低运营商的运营成本。目前，该改进包第一阶段已在遛达 7000 上通过认证并投入使用，使在翼时间至少增加一倍。

第二阶段改进包将于 2026 年推出，进一步提升高达 30% 的发动机耐久性，为运营商带来更高利润和更大潜力。此外，罗罗的 TotalCare 服务包将确保每台发动机均能配备耐久性改进包升级，充分享受在翼时间方面的诸多改进。

在可持续航空燃料的使用上，2023 年 11 月，罗罗公司宣布，已经成功完成所有在用民用航空发动机采用 100%SAF 的兼容性测试。从 2021 年起，罗罗对其所有民用航空发动机产品使用 100%SAF 进行测试，测试内容包括模拟各种在役条件下的地面和飞行试验，以验证所有产品使用 100% SAF 不存在任何技术障碍。除了证明在产发动机的兼容性之外，罗罗还明确了其新一代 UltraFan 验证机也具备同样的功能。

根据罗罗的预测，要实现 2050 年净零碳排放的目标，SAF 的使用至关重要，尤其是高效的新一代燃气轮机与采用 100%SAF 这两者的有机结合，将有望为全球实现净零碳排放贡献 80% 的力量。

目前，国际航空燃油标准机构 ASTM 国际允许最高只能以 50% 的比例混合 SAF 和传统航空燃油。罗罗所有在产民用航空发动机使用 50%SAF 混合燃料已经通过验证，可谓是走在了行业的前列。

重回窄体客机市场

对于早前罗罗退出窄体客机市场的这一决定是否正确的争论，如今似乎已经有了答案。当前，全球窄体飞机发动机市场主要被 CFM 国际公司（CFM56、LEAP 系列）、普惠（PW1000G）和 IAE 公司（V2500）的 4 款发动机产品所垄断。罗罗想要重回窄体客机市场就意味着要与 CFM 国际公司和普惠公司进行正面竞争。目前，被认为未来最有可能进入窄体客机市场的产品则是公司在研的 UltraFan 发动机。

2023 年 5 月，罗罗宣布 UltraFan 技术验证机在英国德比成功完成首次试车，并且这次试车采用了 100% 可持续航空燃料。此次成功试车确认了验证机所采用的整套技术的能力，罗罗认为，这是在提升当前和未来航空发动机效率方面迈出的一大步。具体来看，与全球最高效的现役大型航空发动机遛达 XWB 相比，UltraFan 的效率将进一步提升 10%。

此次试车是在罗罗 80 号试车台进行的，作为目前全球最大最智能的试车台，80 号试车台同样也可圈可点。罗罗 80 号试车台于 2019 年开始建设，2021 年 5 月正式启用，该试车台的建设耗资 9000 万英镑。80 号试车台的建设得到了英国航空航天技术研究所、英国创新署、欧盟“洁净天空”计划以及德国航空航天研究计划 LuFo 和德国勃兰登堡州的联合支持。80 号试车台内部面积达 7500 平方米，比英超足球场还要大，而独特的技术和系统设计使得它比其他试车台的功能更加强大。

在罗罗的长远规划中，80 号试车台将为其可持续发展战略提供有力支撑。首先，80 号试车台将有助于公司持续提升燃气轮机的效率。80 号试车台既能用于测试遛达 XWB 和遛达 1000 等现有发动机，也能测试在研的 UltraFan 验证机。其次，可以促

进可持续航空燃料的商业化应用。如今，可持续航空燃料已经被罗罗用作现有发动机的混用燃料。为此，80 号试车台配备了容量达 14 万升的燃油箱，可使用包括可持续航空燃料在内的不同类型燃料。此外，未来 80 号试车台还可以用于测试混合动力或全电动飞行系统。

2023 年 11 月，罗罗宣布 UltraFan 验证机在英国德比工厂完成满功率试车，被视为是该项目研发的一个重要里程碑，试验的顺利完成将增强业界对于 UltraFan 项目整套技术的信心。

有鉴于 UltraFan 项目的设计架构与罗罗在役的 4200 多台大型民用航空发动机截然不同，不仅采用了风扇齿轮设计，而且其尺寸也是业内其他企业从未生产过的。在如此尺度下开展验证机试车可以让罗罗能够根据客户的需求灵活缩放发动机。这也意味着，如果 UltraFan 技术验证机项目能够成功，罗罗将在行业内具备独特的优势，将能够为航空业提供多种产品组合，其中包括两转子、三转子、直接驱动和风扇齿轮解决方案。

也正因为如此，罗罗在对 UltraFan 发动机的介绍中表示：“从短期内，我们可选择将 UltraFan 研发项目的技术应用到遛达系列发动机上，为客户带来更高的可用性、可靠性和效率。UltraFan 与遛达 XWB 相比，效率进一步提高 10%。长期而言，UltraFan 拥有 25000 磅~110000 磅的可扩缩推力技术，这意味着其有潜力在本世纪 30 年代为下一代窄体和宽体飞机提供动力，”而这句话恰恰印证了罗罗已经做好了重回窄体客机市场的准备。■

下一代单通道飞机将给复合材料行业带来新的机遇

文 | 陈济彬

2007 年，在接受《设计新闻》采访时，时任波音 787 项目技术集成总监的阿兰·米勒博士评论了航空航天行业在采用复合材料方面面临的挑战——在波音 787 之前，航空界从未有大批量应用复合材料的实践经验，这是一座必须攀越的高峰。

波音 787 是商用飞机在复合材料使用方面的一次重大变革。飞机结构设计中复合材料约占 50%，用量超过彼时任何一款量产的大型商用飞机。因此，波音 787 的生产需要在碳纤维和零件制造能力方面进行大量投资。这也为 777X、A350 和 A220 等新项目更广泛使用复合材料铺平了道路。

图 | pilotcareernews.com



尽管复合材料被广泛使用，但航空业内制造和销量最好的两款飞机——空客 A320 和波音 737 系列，所用复合材料却相对较少。尽管已经推出了 737 MAX 这一最新版本，波音 737 系列自 1968 年首次投入使用以来，其飞机结构中只有 10% 左右使用复合材料。A320 的复合材料用量约为 15%，而两款飞机合计占全球客运里程的近 60%。在飞机设计中更多选用复合材料，对航空航天和复合材料行业来说，均是巨大机遇，但与如今双通道客机项目（如 787 或 A350）或更小的 A220 单通道客机项目（复合材料用量为 46%）相比，仍是巨大挑战。

英国市场研究机构 Counterpoint Market Intelligence 表示，业界普遍认为波音和空客的下一代飞机项目将是单通道飞机，新项目几乎肯定会比现役飞机使用更多复合材料。虽然双通道飞机月产量通常为 5 ~ 15 架，但新的单通道飞机设计对于能够达到每月 100 架飞机产能的制造工艺需求迫切。这种转变有可能成为航空航天和复合材料行业的又一次重大变革，并对未来飞机设计、推出时机和所需技术产生影响。复合材料行业的进一步发展，需要翻越一座高峰。

复材设计能力不容小觑

许多关于复合材料与金属材料的讨论都集中在减轻重量上，轻质特性被视为飞机节省燃料的主要因素。事实上，复合材料带来的优势远不止如此。复合材料通常可以实现更大的设计自由度和空气动力学收益，这比单纯减轻重量意义更加重大。

波音 767-300 飞机是一种主要选用金属材料设计的飞机，于 20 世纪 80 年代投入使用。与波音 787-8 相比，二者长度和座位数大致相同。但 787 的机翼比旧款

767 设计的机翼要更长。从机翼横截面厚度看，787 的机翼平均厚度要薄 10% 左右。更长、更薄的机翼可以减少飞机的阻力，从而实现更高效的空气动力学设计。

复合材料以其高结合强度、高刚度和轻量化特性实现了这一设计。结合改进的发动机，这一设计使 787 的单位客运里程燃油消耗大大降低。事实上，787 的空重（不包括发动机）比 767 重 30%。但尽管如此，由于其更高效的机体物理结构，它仍然可以实现大幅节省燃油，并将航程几乎增加一倍。

777X 在其复合材料机翼上采用了类似的策略，成功将翼展从 777-300ER 的 64.8 米延长到 777-9 的 71.8 米。波音表示，这种设计可使燃油消耗减少约 10%。更长的机翼被证明更有效率，同时证明折叠翼尖是合理的选择，保证新机型仍与现有机场和登机口兼容。

一些高阶数据可以进一步证明复合材料的优势。以空客 A321neo 为例，由于采用复合材料，其机翼重量减轻 20%，但结构外形与当前设计相同，计算预测典型任务的燃油消耗将减少 1.5% ~ 2%。若使用全复合材料设计替换机翼，其重量与金属机翼相同，但翼展更长、横截面更薄，这种设计使机翼将平均巡航升阻比从 18 提高到 19，尽管没有减轻重量，但预计可将燃油消耗减少 5% ~ 7%。数据证明空气动力学的改进比单纯减重对燃油消耗产生影响更大，但必须通过全面转向应用复合材料来实现。据此分析，下一代单通道飞机几乎肯定会采用全复合材料机翼设计，相比金属机翼设计，其降低燃油消耗的潜力巨大。

不过，对于机身来说，影响体现得并不十分明显。机身本身并不像机翼那样具有任何空气动力学优势。复合材料往往对机身壁相对较厚的宽体飞机具有更大的优

势。窄体飞机更频繁的起飞和降落周期通常需要使用额外的材料（比如通过壁板加厚提高受冲击后的压缩强度），或会抵消复合材料带来的减重优势。预计使用复合材料将机身重量减轻 20%，可使燃料消耗下降 1.5%。随着气候变化的影响，每一滴燃料的节省都至关重要。但在机身中使用复合材料还有其他缺点，包括成本和可制造性等。OEM 厂商是否选择复合材料机身可能取决于两个相互关联的因素：时机和技术。

时机：新机型项目仍需等待

下一代单通道飞机最大的未知数或许是它的上市时间。波音 737 MAX 项目于 2017 年开始服役。空客 A320neo 自 2016 年开始服役，A321XLR 型号预计于今年晚些时候交付。

A321neo（以及 LR 和 XLR 型号）多年来一直是波音公司需要面临的主要对手，该飞机满足了许多航空公司在航程、容量和经济性方面的关键需求。尽管波音公司试图使用 737 MAX 进行竞争，但空客的机型在航程方面表现更佳。截至 2024 年 3 月底，空客储备了 7177 架 A320 系列飞机订单，其中 4947 架为 A321。相比之下，整个波音 737 系列储备了 4828 架飞机订单。

疫情暴发之前，波音公司应对空客挑战的解决方案是考虑推出“新型中型飞机”（NMA）项目，也被称为中端市场飞机或波音 797 飞机。据了解，这款飞机是一款小型双通道飞机，但由于疫情和 737MAX 面临的重重问题，该项目最终被搁置。对于波音来说，一款单通道飞机提供了更好的与空客产品（尤其是 A321XLR）竞争的机会。由于 737 的设计源自 1960 年代，因此，即使与目前最新的 737 系列机型相比，采用全新设计

替代也可以带来显著改进。

然而，2022 年 11 月，波音公司首席执行官戴维·卡尔霍恩表示，预计波音新机型要到 2030 年代中期才会推出，并认为波音甚至不会在十年内开始制定相关计划。对于 2035 年投入使用的飞机，业界预计将于 2028 年左右宣布，距离下一个飞机项目启动还有大约 4 年的时间。

此外，今年 3 月，卡尔霍恩宣布，他将与董事会主席一起于 2024 年底卸任。虽然不能保证战略会发生变化，但波音可能会重新评估其产品决策，并将新飞机计划提前。尽管波音可能没有立即制定新计划，但研发计划将继续确保公司做好准备。

对于空客，业内普遍认为空客可能会等待波音的计划，然后再宣布自己的决定。但是从近期的风向看，空客的计划可能不会再观望波音，它很可能会继续推进自己的计划。例如，该公司已在其“明日之翼”（WOT）计划上投资近十年，相关成果可能会转化为 A320neo 系列飞机的机翼改进，这可能对波音任何新的单通道飞机计划都会产生影响。

航空制造业供应链也迫切需要下一代飞机。整个供应链基础行业多年来一直面临低盈利窘境，而新飞机项目的落地为差异化竞争和收入增长创造了条件。除了经济因素外，许多供应商的工程人才尚未得到充分利用，而新项目可以帮助重振其劳动力。

技术：规模化制造能力需要提升

2019 年，波音 787 产量达到顶峰，达到每月 14 架。空客计划在 2028 年将 A350 的产量提高到每月 12 架。A320 系列产量则更高。空客已宣布计划到 2026 年将 A320neo 系列飞机的产量提高到每月 75 架。

如此高的生产率给复合材料行业带来了诸多挑战。787 飞机结构采用碳纤维预浸料的自动铺带 (ATL) 技术制造, 需要利用热压罐进行固化, 787 中央翼盒的固化时间为 8 至 9 小时。在如此之高的生产率压力下, 部件制造不仅需要热压罐进行高昂投资, 同时也需要更大的工厂空间以支持材料生产。

非热压罐 (OOA) 工艺是解决方案之一, 这促成了“明日之翼”和类似计划背后的大量科研工作。但是在目前的飞机规模和生产速度方面, 很少有成功的应用案例。比 A320 更小的 A220 采用全复合材料机翼, 主要依靠树脂灌注技术。尽管该计划的初衷是在不使用热压罐的情况下生产机翼, 但由于灌注工艺的缺陷, 最终固化仍需热压罐解决。预计未来为了更经济地生产该体量和规模的飞机, 机翼必须采用 OOA 工艺。

对于机身, 技术研发仍在进行中。作为“洁净天空 2”计划的一部分, 欧盟目前正在完成多功能机身演示验证计划, 该计划展示了几种新型热塑性复合材料技术。本田喷气飞机 HA-380 Echelon 也采用了复合材料机身, 计划 2028 年获得认证, 使飞机能够在更高的高度飞行并消耗更少的燃料。该设计采用了热塑性复合材料, 势必锐航空系统公司和 GKN 航宇公司协助开发了该飞机使用的多项工艺。如果该计划从质量和生产经济角度都证明是成功的, 将进一步增强人们对使用热塑性复合材料航空结构的信心。

空客和波音公司推进这些新项目的过程越长, 业界就越有可能相信热塑性复合材料 (包括机身) 将被应用到新飞机的设计中。如果波音公司在 2030 年代上半叶宣布新的飞机计划, 它很可能采用复合材料机翼和铝制机身。但如果这件事发生在下个十年末, 它更有可能采用复合材料机身和热塑性复合材料技术。

下一座要攀登的高山

对于复合材料行业来说, 两个大型单通道飞机项目的影 响可能十分重大。假设两个全面启动的单通道飞机项目, 每个月交付 100 架飞机 (或总共 200 架), 全部采用全复合材料机翼设计, 预计每年对碳纤维的需求量将超过 10000 吨。如果包括机身, 则需求量将上升至 13000 吨以上。这将占到当前航空航天碳纤维需求量的 90% 以上, 占有所有领域每年消耗的 130000 余吨碳纤维的近 10%。但是, 航空领域碳纤维用量增长带来的实际价值将远高于 10%, 因为航空航天领域消耗的碳纤维将占碳纤维行业总价值的绝大部分。

为了直观展示航空业规模之大, 乐观估计城市空中交通 (UAM) 飞行器需求为每年 10000 架, 预计整个行业需要 4000 吨碳纤维。因此, 虽然 UAM 被认为是先进复合材料应用的下一个前沿阵地, 但研究分析表明, 下一个单通道项目将对复合材料行业产生更大的影响。

除了满足材料生产要求外, 该行业面临的 最大挑战是实现复合材料部件的高质量和稳定的生产率, 同时保持合理的成本。尽管自动化程度不断提高, 但目前航空复合材料结构制造行业的大部分活动仍主要依赖劳动力。复合材料尤其需要熟练的劳动力。为了应对新飞机带来的生产速率方面的挑战, 航空航天复合材料技术必须从劳动力工艺行业发展为以更自动化和高速工艺为主的行业。

要在下一代飞机机身中采用复合材料, 需要新技术、先进的供应链和原始设备制造商的强有力领导。航空航天复合材料领域要攀登的下一座山不仅仅是一个提升, 还是一个重新定义航空航天和复合材料生产技术界限的机遇。■

空客看好 A220 未来发展

文 | 杜婷

2024 年 7 月, 空客与加拿大魁北克省政府达成协议, 双方将继续向 A220 项目注资 12 亿美元以进一步提升这一机型的产能, 从而实现在 2026 年达到月产 14 架的目标。相比当前月产 5 架的产能, 这意味着未来不到两年时间里, 空客希望将 A220 飞机的月产量提高近 2 倍。

进一步完善产品谱系

尽管在收购庞巴迪 C 系列飞机之前, 空客所有的产品都是干线飞机, 但事实上空客也曾有过推出支线飞机的想法。与波音曾经的一款支线飞机波音 717 实际上就是早前麦道生产的 MD95 不同, 空客最初的设想是自行研发一款支线客机。



在 A320 飞机大获成功之后，空客曾希望与中国、新加坡等国合作，专门为亚洲市场打造一款 125 座左右、航程 3700 公里左右的新机型，并计划将其命名为 AE31X。但最终由于各方市场对于飞机座级的定位有着严重的分歧，最终空客不得不放弃了这一项目。尽管如此，空客仍然没有放弃想要生产一款支线飞机的想法。于是在 AE31X 项目下马之后，空客很快就决定生产一款“缩短版”的 A320，即后来的 A318 项目。对于空客来说，这样做的好处是显而易见的，即减少研发生产成本、降低项目风险。A318 飞机提高了发动机的推重比，同时载客数也有所提高，但很可惜，这款飞机生不逢时。

当空客信心满满推出 A318 时，美国发生了“9·11”恐怖袭击事件。此后，不少原本打算采购 A318 飞机的航空公司陆续取消订单，其中就包括当时国内唯一订购该飞机的国航。最终，A318 项目成为了空客历史上销售最为惨淡的一款产品。

2017 年，空客出人意料地以超低价格“收购”了庞巴迪 C 系列飞机。更值得玩味的是，多年后空客收购的这款产品在很多参数上与当年的 A318 颇为相似。从这个角度来看，C 系列飞机或许不仅仅是丰富了空客的产品谱系，也多少弥补了曾经 A318 黯然退场的落寞。

明确股权与产能布局

2017 年，空客以几乎零成本收购了庞巴迪 C 系列项目 50.01% 的股份，此次交易在当时被业界视为“改变商用航空业格局的世纪交易”。此后不久，空客将 C 系列飞机更名为 A220，在 A220 项目中空客占 75% 的股份，加拿大魁北克省占 25% 的股份，双方合作期约定到 2030 年。针对产品本身，空客并没有对 C 系列飞机进

行太多的改造。现有的 A220 系列飞机共有两个子型号，分别是 A220-100 和 A220-300，对应原来的 CS100 和 CS300，两款机型覆盖了 100 座~150 座细分市场，完善了空客的产品谱系。

在衍生产品方面，2020 年 10 月，空客基于 A220 飞机推出了 ACJ220 公务机。新冠肺炎疫情发生后，全球航空运输市场需求极度萎靡，但市场对于公务机的需求却有所增长。这或许也是为何空客最终决定对 A220 的首次塑造从公务机入手的原因。

ACJ220 采用先进材料和技术，客舱将拥有比竞争对手强两倍的互联水平，全舱将配备 Wi-Fi 系统，以及诸如电致变色舷窗和 LED 照明等创新技术。从公务机用户最关心的航程来看，ACJ220 十分具有竞争力。空客将 ACJ220 的航程增加到 5650 海里（超过 12 个飞行小时），能够在伦敦和洛杉矶、莫斯科和雅加达、东京和迪拜以及北京和墨尔本等城市间实现直飞。从客舱来看，ACJ220 的地板面积可达到 73 平方米，可划分为 6 个宽敞的 VIP 区域，并向客户提供精选的内饰布置以及全手工打造的家具。得益于客舱的多功能性和适合客户需求的选装配置，ACJ220 能够容纳多达 18 名乘客自由地工作、交流、用餐和休息。2023 年 6 月，全球首架 ACJ220 公务机交付迪拜 FIVE 酒店集团。

在生产线的布局方面，空客为 A220 规划了两条生产线。一条位于加拿大魁北克省米拉贝儿，2020 年 5 月，位于美国亚拉巴马州莫比尔市的第二条 A220 生产线投入使用，这一生产线毗邻 A320 系列飞机总装线。根据空客最初的计划，A220 在加拿大和美国的两条生产线每月共可生产 14 架飞机，同时还可根据市场情况进一步提高产能，从而力争在 2025 年左右使 A220 系列飞机项目实现盈利。但受疫情影响，这一最初的规划受到了一定的影响。

截至 2024 年 7 月末，A220 飞机已收到来自全球约 30 家客户超过 900 架订单，为此空客和加拿大魁北克省都有意进一步提升月产能。在此基础上，2024 年 7 月，双方宣布再为 A220 项目注资 12 亿美元，其中空客出资 9 亿美元，加拿大魁北克政府出资 3 亿美元。与此同时，双方还同意将魁北克省政府在合资企业的股权赎回期从之前的 2030 年延长至 2035 年。目前，由于总装线的落地，空客位于米拉贝儿的工厂已雇用了当地 3500 多名员工，未来随着产能的提升，将有望为魁北克省带来更多收益的同时也带动当地更多的就业机会。

同时为了保证产能提升计划的顺利推进，空客在 2024 年 3 月还曾表示有意收购势必锐公司 A220 机翼工厂。总部位于北爱尔兰的势必锐公司是空客、波音等企业重要的供应商。近三年来，由于受到新冠肺炎疫情的冲击和波音多个型号产能的降低等因素影响，公司连续三年亏损。2023 年，势必锐的亏损达到 6.23 亿美元，经营陷入危机。因此，波音和空客都在 2024 年与势必锐有所接触，希望能够收购公司部分股权。目前，势必锐主要为空客 A350 飞机生产机身中央部分和 A220 飞机的复合材料机翼。势必锐位于贝尔法斯特的工厂为 A220 复合材料机翼的生产采用了一系列创新技术，但由于公司目前处于严重的亏损状态，对于空客提产计划而言是一个隐患。目前，空客尚未与势必锐对收购达成共识。

看好 A220 在中国市场的潜力

根据空客公开数据显示，在空客所有的产品系列中，A220 是唯一在疫情期间都未曾下调生产速率的一款产品。由此可见，在后疫情时代，100~150 座级飞机的市场潜力巨大。当然，这也与 A220 系列飞

机优异的技术参数不无关系。

A220 采用了先进高效的空气动力学设计和高达 40% 的碳纤维、钛合金材料，配套普惠 PW1500G 齿轮传动涡扇发动机。据空客公布信息显示，与上一代同级别机型相比，A220 可节省高达 25% 的运营成本，减少 25% 的燃油消耗和二氧化碳排放，降低 50% 的噪声。

从客舱设计来看，A220 飞机的客舱宽度达到 3.28 米，经济舱每排设置 5 个座位，意味着每位乘客都能享有至少 18 英寸宽的座位，胜过同级别其他飞机。A220 的客舱侧壁板更加竖直，为靠窗座位的乘客提供了更多的肩部空间，提升了舒适度。A220 的头顶行李箱尺寸也超过同级别其他飞机，使得乘客拥有更多的储物空间。客舱灯光使用了可以定制场景的全彩 LED 氛围灯。A220 还可以选装机上卫星网络，随时随地为乘客提供高速稳定的互联网服务。

目前在国际市场，A220 已经获得了市场认可，全球已有超过 20 家航空公司使用 A220 在全球 1400 多条航线上运营。美国达美航空是这一机型北美最大的运营商，波罗的海航空是这一机型在欧洲最大的运营商。

在空客收购 A220 项目之前，2016 年达美航空就开始订购 C 系列飞机，并于 2018 年开始运营 C 系列飞机。在收购 A220 项目之后，空客做了大量的市场开拓工作，其中北美市场更是被视为这一机型重要的战略市场。此后几年里，在空客强大的运营保障体系的支持和 A220 飞机良好的性能双重加持下，达美航空又多次下单 A220 飞机。截至 2024 年 7 月，达美航空 A220 飞机确认订单总数达到 131 架，其中包括 45 架 A220-100 和 86 架 A220-300。

2024 年 8 月，波罗的海航空确认增购 10 架 A220-300 飞机，这也是波罗的海

根据空客发布的全球市场预测，未来 20 年全球在 100 ~ 150 座级市场将需要 7250 架新飞机，以用于新增运力及更换老旧飞机。

航空第四次订购 A220 飞机，使得该公司 A220 飞机的确认订单数达到 90 架。目前，波罗的海航空运营着 50 架 A220-300 飞机，是欧洲最大的 A220 客户和全球最大的 A220-300 飞机运营商。

尽管目前在中国市场 A220 还未收获订单，但空客十分看好这一机型未来在中国市场的潜力。

空客认为，全球航空业正在加速恢复，以单通道飞机为主的各国国内和区域间航线率先恢复。而在单通道飞机市场中，有一个细分市场的需求尚未得到满足，存在巨大的发展空间，那便是 100 ~ 150 座级的小型单通道飞机市场。

根据空客发布的全球市场预测，未来 20 年全球在 100 ~ 150 座级市场将需要 7250 架新飞机，以用于新增运力及更换老旧飞机。其中，中国市场大约需要 1000 架。另据中国民航的《“十四五”民航发展规划》，到 2025 年，国内民用运输机场数量将达到 270 座，未来将进一步增加。在“胡焕庸线”西北，蕴藏着巨大的市场潜力。同时，根据空客的市场研究，未来 10 年中国民航市场将新增 3000 条航线，其中大部分将位于中西部和二三线城市。尤为值得一提的是，空客表示，从产品性能来看，A220 主打一般高原和平原市场，重经济性，从而与重性能、主打高原和高原地区市场的空客 A319neo 形成互补，加

上 A320neo，空客向中国市场推出的窄体机产品将覆盖从 100 座级到 240 座级、从平原到高高原的广泛市场。

据统计，国内市场上在飞的大多数单通道飞机的座位数接近或大于 160 座，属于大型单通道飞机，远远高于连接中西部地区与二三线市场的航线所需的 100 ~ 150 座级别。因此，更先进高效的小型单通道飞机能更精准地满足市场需求。

此外，A220 还有一个不得不提的特点，就是这款机型是空客所有机型中“中国元素”最多的一款。国内共有 15 家供应商为空客 A220 提供材料、部件和组装服务，其中航空工业沈飞国际是空客 A220 项目最重要的供应商之一，为空客 A220 供应前机身、后机身、中机身、舱门和尾椎工作包。来自中国多地的供应商还向 A220 项目提供驾驶舱逃生门、驾驶舱地板、前起落架舱和面板、电子线束、7 系列铝合金、钛材料、紧固件、密封胶、涂漆、水平安定面与垂直尾翼前缘、升降舵、方向舵、天线整流罩以及驾驶舱面板等多种零部件。

空客表示，希望通过供应链本土化，从而进一步降低成本和二氧化碳排放。如果空客能按计划在 2025 年将 A220 飞机的月产量提升到 14 架，那 A220 在华采购额将达到总采购额的 40% 左右。为此，空客与供应商进行了全面的产能评估、制定生产爬坡计划。以零件和小组件装配环节为例，目前空客其他机型在国内已经培养出一批固定的供应商，未来空客将按照零件的技术类别进行分类整合，并把 A220 的零件跟其他机型的零件进行整合，形成规模优势，进而降低成本。而具备更多“中国元素”的 A220 未来在中国市场的突破也值得关注。■

巴西航空工业的发展与转型

文 | 曲小

2024 年 8 月，巴西飞机制造商巴西航空工业公司迎来 55 周岁生日。在巴西，巴航工业与足球一样，是这个国家当之无愧的骄傲。放眼当前商用飞机领域，波音与空客的行业地位依然无人能撼动，但毫无疑问，经过 55 年的发展，巴航工业无论是在产品研发还是人才培养方面都为全球航空业的发展作出了巨大贡献。在国家整体科技和工业基础并不拔尖的背景下，作为发展中国家的巴西是如何突破行业壁垒，在竞争激烈的商用飞机市场占有一席之地的，同时在如今全球商用航空市场新格局的背景下，未来巴航工业又有哪些新的战略和举措值得业界关注。

航空文化与历史的积淀

巴西的航空文化源远流长。早在一百多年前，巴西航空之父桑托斯·杜蒙就实现了人类首次动力升空飞行，并被国际航空联合会登记为最早的航空记录。1935 年，M-7 教练机成为巴西首款批量生产的飞机。1969 年，巴西政府决定组建一家公司专门负责研发和生产国家所需要的各种军用和民用飞机，于是巴航工业应运而生。在一个当时尚不能生产汽车的国家制造飞机，这无疑是一项史无前例的创举。



在巴航工业成立之初，巴西政府给予了大力支持，而且这种支持是高强度的、持续性的。即便巴航工业在发展过程中曾有过多个失败项目，也经历了世界航空市场的低迷，但巴西政府发展航空产业的决心始终没有改变。在巴航工业成立的最初 10 年里，政府不仅在国内市场销售方面给予巴航工业各种优惠政策，还将国内绝大部分工业发展资金投入巴航工业，可以说是举全国之力助力巴航工业的发展。

此外，雄厚的人才和技术储备为巴航工业的发展打下了良好的基础。巴西政府一直十分重视基础科学研究和人才培养。上世纪 40 年代，巴西政府就从世界各国聘请专家授课，并将本国的人才送到国外学习。在巴航工业成立前，巴西政府还成立了一些由军方管理的、专门从事航空技术与教育培训的机构，培养了一大批航空专业人才。为了发展航空业，政府还鼓励企业从德国引进了一大批才华横溢的飞机设计师，这些人才在巴航工业发展初期发挥了重要作用。

由此可见，巴航工业并不是先建厂再研发产品，而是先培养人才、储备技术、成功研发出产品，万事俱备之后再成立公司，并保障其后的稳定生产。这个稳健的推进过程为巴航工业日后的发展奠定了基础。

完成私有化改革

商用飞机制造领域的竞争是异常残酷的，在某种程度上市场比产品本身更重要。每一个想要进入这个领域的后来者，都需要考虑市场、成本以及客户各种不同的需求。因此，在整个航空运输网络中，如何提供一个合适的机型、明确自己扮演的角色是后来者能否最终获得市场成功的关键。从某种程度上说，这已经不是一个技术问题，而是一个战略问题。

在巴航工业的发展历程中，“先驱者号”（Banderirante）是不得不提及的一款机型，它不仅是支线航空的代表机型，同时也是公司发展历程中的“先驱者”。1973 年投入商业运营的这款机型，也意味着巴西实现了将高科技转化为工业成果的战略愿景。

“先驱者号”最开始被命名为 IPD/PAR6504 项目，于 1965 年启动研制工作，由当时的巴西联邦航空技术中心主持研制。1969 年，巴航工业正式组建后，开始批量生产这一机型，并逐步对这一机型进行改进。一开始，这款机型主要在巴西本国使用，直到 1977 年，法国的滨海航空作为首家民航运输企业开始选用这款机型，此后“先驱者”号开始逐步进入北美市场。此后近 20 年里，巴航工业共向 36 个国家交付了 498 架“先驱者”号飞机，这一机型成为了当时市场上同级别机型中最畅销的产品。

然而，巴航工业 55 年的发展历程也不都是一帆风顺的。例如，20 世纪 90 年代初，巴航工业与阿根廷联合研制 CBA123 支线飞机。但由于市场定位不准确、项目进度拖延等原因，导致巴航工业陷入现金流紧张的窘境。尽管 CBA123 机型在技术方面十分先进，但其造价昂贵，未能找到启动用户，项目最终停止。

从 20 世纪 80 年代后半期到 90 年代上半期这段时间，在全球航空市场疲软的形势下，巴西的政治动荡和经济危机又给巴航工业造成了极为不利的影响，巴航工业深陷债务危机，经营难以为继。1994 年 12 月，巴西政府签发了对巴航工业实行私有化的法令，出售了政府持有的绝大部分股权，但保留了 1.45% 的“黄金股”，依然拥有对重大事项的最后决定权。

私有化改革不仅改变了巴航工业的股权结构，更重要的是带来了经营战略上的革命性调整——企业发展战略从以工程技术为中心调整为以市场需求和客户满意为导向，

片面追求最新技术而忽略市场接受度的思维方式逐渐得到扭转。经过审慎的市场调研，巴航工业决定短期内将主要精力用于研发竞争不太激烈的农业喷洒机、军用教练机等。这些小飞机让巴航工业积累了设计和制造经验，并逐渐树立了品牌。

找到适合的发展空间

完成私有化改革的巴航工业在商业嗅觉上变得更加敏锐，不久之后，公司又适时进行战略转型，专攻当时被波音、空客等干线飞机制造商所忽略的支线客机市场。通过一系列市场调研，巴航工业发现，随着航空运输业的发展，市场的进一步细分已经是大势所趋，而传统 50 座级支线飞机和 120 座级窄体干线飞机之间存在着很大的市场空白，这对于以支线飞机为竞争优势的巴航工业而言是千载难逢的机会。因此，公司果断决定开发一个新的产品系列以满足该座级市场的需求。

当时，巴航工业有两种选择：一种是将 50 座级的飞机系列拉长，快速占领市场；另一种则是从零开始，重新打造一个飞机系列。虽然后者需要更多的资金投入和更长的研发周期，但一款全新的机型在可靠性、经济性和舒适性等方面具有明显的优势。综合考虑各方面因素之后，巴航工业决定放手一搏，研发全新的喷气飞机系列产品。

在经过不懈努力后，巴航工业成功研制出 ERJ-145 飞机。由于与竞争对手 CRJ-200 相比有着更优异的性能，这一机型首次在 1996 年的范堡罗航展上亮相，就收获了来自美国大陆航空的首笔订单。之后，ERJ-145 的订单便一发不可收拾，44 个月后，第 300 架 ERJ-145 飞机交付客户，而 CRJ-200 则花了近 7 年时间才实现这一交付量。巴航工业的这一次转型大获成功。

此后的二十多年间，竞争对手庞巴迪

曾不甘于固守支线飞机市场，投入了大量人力和物力研发 C 系列飞机，最终由于种种原因，C 系列飞机被空客以 1 欧元的价格收入囊中，成为了 A220 系列。庞巴迪也在多次股权出售后，最终黯然退出了商用飞机市场，而在此期间，巴航工业却一直一直在自己擅长的领域深耕，新一代 E2 系列飞机如期推出。在庞巴迪退出的过程中，波音也曾有意收购巴航工业 E 系列飞机，但最终由于种种原因未能达成收购。尽管在此之后，业界曾并不看好巴航工业的发展，但事实证明，寻找到适合自己市场空间的巴航工业至今在商用飞机市场占有重要的地位。

根据巴航工业发布的 2024 年第二季度财报显示，公司第二季度共交付 47 架飞机，其中包括 27 架公务机、19 架商用飞机和 1 架 C-390。这一交付量与 2024 年第一季度相比增长 88%。同时，公司第二季度订单储备价值高达 211 亿美元，同比增长超过 20%，创近 7 年来的新高。具体来看，公司 2024 年第二季度收入达到 14.94 亿美元，与上一季度相比增长 67%，商用航空部门表现更为抢眼，收入增长达到 176%。根据上半年的表现，巴航工业预计 2024 年全年商用飞机交付量在 72 架~80 架，公务机交付量为 125 架~135 架，公司全年收入在 60 亿美元~64 亿美元之间，调整后 EBIT 利润率为 6.5%~7.5%，全年调整后自由现金流达到或超过 2.2 亿美元。

积极着眼未来发展

在商用飞机产品方面，E2 系列是当前巴航工业的主打产品。在 2024 年的巴黎航展上，巴航工业宣布将对 E2 系列飞机进行全面升级和性能提升。升级改进将主要围绕降低油耗、增加航程以及航电设备和客舱升级展开，目标是实现每架飞机在未来

15 年期间的运营利润增加 600 万美元。

具体来看，改进后的 E195-E2 的燃油效率相比竞争对手提高 12.5%，预计每架飞机可节约 100 万美元的燃油成本。目前，巴航工业已将 E195-E2 的最大起飞重量提升至 62.5 吨，并于近期获得了巴西适航当局的认证。由此也为飞机带来了航程的增加，E195-E2 的最大航程已从 4815 公里增至 5556 公里。

巴航工业还在巴黎航展上首次披露了 E2 的增强型起飞系统。这套自动起飞系统达成了更精准且高效的俯仰力矩和飞行航迹，减少了起飞所需的跑道长度和飞行员工作负担，这意味着飞机从起降难度大的机场出发时，可实现更大的业载和更长航程。在客舱优化方面，E195-E2 使现有客户在其最常用的客舱布局中可以额外增加一排座位。针对高密度布局，E195-E2 最大座位数可达 146 座。通过增加一排座椅，巴航工业表示每架飞机在 15 年里可以为航空公司带来 450 万美元的额外收益。同时，E2 系列飞机还增加了 Recaro 座椅作为可选配项目。

面向未来，巴航工业早前还发布了 Energia 系列全新飞机的概念设计。该项目由 Energia 项目咨询委员会推动，该委员会由来自航空公司、租赁公司、供应商的人员及其他航空专家组成，并定期组织研讨。目前，Energia 系列全新飞机采用了包括纯电动、氢燃料电池、双燃料涡轮发动机以及混合动力这四种不同的推进技术。其中，E9-HE 为 9 座混动电推进飞机，预计 2030 年左右完成技术储备；E9-FE 为 9 座全电推动，飞机垂尾上置对转双发电驱，可以实现净零碳排放，预计 2035 年完成技术储备；E19-H2FC 为 19 座氢能电推进飞机，采用后置电驱，预计 2035 年完成技术储备；E50-H2GT 为氢能涡桨机型，计划采用氢能或 SAF，座位数为 35 座至 50 座，气动布局

上采用尾吊涡桨发动机，预计 2040 年左右完成技术储备。尽管 Energia 系列是巴航工业着眼于未来的布局，但相对于大型商用飞机，小型商用飞机更有利于完成新推进技术的整合测试和技术验证，也便于日后将这些技术扩展应用到更大的飞机上。

正因为如此，2024 年巴黎航展上，巴航工业宣布将 Energia 系列飞机的研制范围扩大到 50 座级，并在此前混电和燃料电池技术之外，增加氢燃料涡轮发动机 / 双燃料涡轮发动机技术。对于 Energia 系列飞机的“新”概念，巴航工业将其主要归纳为更先进的气动、结构设计和系统集成方案；更卓越的客舱舒适性；更安静的客舱环境。在混电技术的研发方面，巴航工业致力于并联混合动力推进系统的研发，搭载下一代热能发动机和小型电机，以最大限度提升热能发动机的使用效率；实现推进系统电气化，并与飞机上越来越多的电气化分系统完美结合；使用体积更小、经济性更好的电池。在燃料电池研发方面，力争燃料电池推进系统可以实现零碳、零氮氧化物和零烟尘排放，相比小型涡轮发动机更高效；先进的推进系统装机方案，兼顾热管理、重量和阻力方面的最优化策略。在氢燃料涡轮发动机或双燃料涡轮发动机方面，当使用双燃料时，主航程任务使用氢燃料，为应对延程和备用任务使用预留的可持续航空燃料或传统航油；当仅使用氢燃料时，全航程使用飞机上携带的液态氢燃料。对于这一系列创新技术的研发，巴航工业认为，未来 Energia 系列将成为一系列新技术验证的重要平台，而巴航工业在新机型研发、取证、运行支持等方面的经验也将有助于公司进一步探索具有颠覆性意义的绿色技术的研发。如果进展顺利，巴航工业希望 Energia 系列的相关技术和产品能够在未来 10 年内陆续投入使用。■

全球航空维修市场正在寻求新的平衡

文 | 文峻

近年来，受产能限制影响，全球航空维修服务供应商（MRO）承接的大修工作量持续保持高位。2024 年飞机售后服务市场仍将继续供不应求。受航材供应短缺、劳动力短缺以及 OEM 生产进度缓慢等因素的影响，维修周期持续延长，全球 MRO 供应链瓶颈依然存在。

当前市场供需关系

目前，全球机体大修需求呈上升趋势。《航空周刊》发布的 2024 年商业机队与 MRO 预测显示，2024 年飞机定检（包括 C 检和 D 检）需求强劲，整体市场规模有望超过 2019 年的水平。该机构预计全球机队将进行大约 10206 次 C 检，根据不同飞机类型，维修周期通常需要 7 ~ 14 天或更长时间。此外，重维修（D 检）一般每 6 ~ 10 年进行一次。据测算，2024 年将迎来 2643 次 D 检。

面对广阔的市场机遇，MRO 唯有通过精益化工艺流程和技术革新，不断提升运营效率，才能够对冲机库资源紧张和供应链瓶颈等不利因素。

Globalia 是一家专门从事机体大修和航线维修的公司。该公司负责人表示，Globalia 正在通过制定明确的发展战略愿景，建立分解至每一位车间员工的绩效考核指标体系，打造工程技术数字化，启动预测性维护计划等举措，努力提高公司的维修运营效率。

对 MRO 而言，机库是稀缺资源。一般情况下，MRO 供应商通过在现有地点或新建地点扩大机库空间来增加产能。目前，现有可供租赁或购买的机库很少，大型 MRO 企业均在全球主要机场拥有维修机库，占据资源便利性优势。例如，在美国，AAR 公司计划今年扩大迈阿密工厂的机体维修产能。在新加坡，新科工程去年开始动工修建一座新的四机位宽体机机库，扩大维修基地规模。此前，该公司还在美国佛罗里达州彭萨科拉和中国广州新增维修业务。与此同时，在中东地区，继阿提哈德航空扩大在阿布扎比的维修业务后，Joramco 和 Saudi Technic 等 MRO 供应商也将在 2024 年持续扩大产能。

在欧洲，Globalia 公司选择在马德里巴拉哈斯机场附近新建了一座可同时容纳三架宽体机的大型维修机库。最近，该机库开始为首架来自西班牙欧洲航

空公司的波音 787 提供飞机停车场维修服务。Globalia 公司选择西班牙首都作为新基地，是因为该地区是欧洲的重要航空枢纽。

目前，A330 和 787 宽体机的维修需求非常强劲，与此同时，A320 和 737 飞机的交付和再交付需求量也非常充裕。Globalia 公司表示，航空运输市场已恢复至疫情前水平，飞机维修需求非常旺盛。Globalia 公司的飞机停车场计划非常饱满。这与之前的市场预测有所不同，此前市场普遍预期，随着航空公司封存的飞机恢复运营，维修产能紧张的局面将得到部分缓解。

欧洲的 MRO 服务供应商积极扩充产能，但仍无法完全满足市场需求。2022 年，意大利 Atitech 公司收购了濒临倒闭的意大利航空公司的维修业务，其中包括 4 个可容纳 6 架窄体机和 5 架宽体机的维修机库。整合之后，Atitech 公司的员工人数从 950 人增至 1500 人左右。除了在那不勒斯的主基地外，该公司还在通过新建维修基地不断提高运营能力。

Atitech 公司表示，自 2023 年夏季以来，该公司持续增加在罗马的产能投入，不断扩大工作量，目前拥有 6 条窄体机维修生产线和 5 个宽体机机位，生产线长期处于满负荷运行状态。Atitech 公司的停车场维修计划已排至 2025 年。由于维修产能不及市场需求量的增长，MRO 往往不得不拒绝承接航司的维修业务。

作为意大利航空公司的继任者，ITA 航空公司于 2021 年 10 月成立，是 Atitech 公司在罗马的主要客户。ITA 的工作量约占 Atitech 在罗马所有维修工作量的 60%。ITA 的宽体机在罗马长期占用两个专属维修机库，针对空客 A330、A330neo 和 A350 进行 C 检以下级别的定检维护。Atitech 公司称其正在考虑在意大利以外的地区新建维修基地的可能性，但尚未透露具体细节。

航司更加关注内场维修能力建设

泰国航空认为，能否获得充足的维修机位是当前面临的巨大挑战之一。泰国航空通过其下属维修公司泰航工程技术公司为机队提供维护保障。与此同时，与第三方维修服务提供商签订合作协议，确保当自有维修能力无法满足快速增长的需求时，通过送修方式，确保机队正常运营。

新冠肺炎疫情后，泰国航空进行财务重组，相对于航空运输核心主业而言，维修能力投入显著降低。然而，随着民航运输市场的快速恢复和机队规模的不断扩张，机队维修保障能力瓶颈日益凸显，泰国航空认识到其 MRO 网络亟待重建，维修需求需要与产能相匹配。因此，泰国航空计划在泰国东部地区的 U-Tapao 国际机场新建一处维修基地。该项目最初宣布为合资企业，但因疫情而推迟，目前泰国航空打算继续合资经营，并计划于 2028 年投入运营。

除泰国航空之外，其他运营大型机队或有扩张计划的航空公司也在探索采用自建大修能力的模式，应对维修产能不足和供应链瓶颈的难题。其中，英国航空就是代表之一。该公司去年底表示，出于必要考虑，需要进一步加强自身维修能力建设。爱尔兰的低成本航空公司瑞安航空计划于 2026 年将机队规模扩充至 600 架，与此同时，将在 2025 年之前新增一家位于都柏林的维修基地。此外，塞尔维亚航空尽管规模较小，也正在考虑通过合资或独资的方式加强自身 MRO 能力建设，以减轻其机队规模扩大到 30 多架飞机时的维修与供应链压力。

其他计划大幅增加机队规模的航空公司，均采取了新增航线和定检维护等保障能力。易捷航空作为一家低成本航空公司，宣布购买 250 余架空客 A320neo 系

列飞机，并于去年在柏林勃兰登堡机场开设一家新的维修厂。总部位于迪拜的阿联酋航空宣布，今年将在阿勒马克图姆国际机场新建一座拥有 9 个机位和 1 个喷漆车间的维修基地，预计将于 2027 年完工。该维修机库主要为从明年开始交付的波音 787-9 和 787-10 以及 777 和 777-9 等新型飞机做准备。

发动机维修市场依旧是焦点

发动机维修作为飞机售后维修市场最重要的组成部分，将占 2024 年全球 MRO 市场份额的 48%。CFM 国际公司生产的 CFM56 和 IAE 公司生产的 V2500 将成为发动机维修市场的主要推动力。预计 2025 至 2026 年，这两款发动机的大修量将迎来峰值，快速拆换维护和停车场大修需求均呈现旺盛态势。

未来两三年内它们将是影响发动机大修需求的主要因素之一，因为它们出现了低于预期的在翼时间，由此带来了许多提前更换和更多的返厂维修量。据预测，至 2026 年，每年将有大约 350 架由普惠公司 PW1000G 装配的空客 A320neo 需要停飞，实施检查。与此同时，CFM 国际公司也将对 LEAP 发动机进行部件升级换代，提高发动机的耐用性和在翼时间。

自 2023 年以来，两家发动机制造商都在不断丰富售后服务市场网络，提升维修能力。CFM 国际公司近期将在全球大修网络中新增 20 个维修站点。普惠公司也宣布，将不断提升 PW1000G 发动机的大修产能，如拓展位于新加坡的合资企业 Eagle Services Asia 的维修能力。

此外，宽体飞机发动机也将迎来稳定的大修工作量。据《航空周刊》预测，2024 年将产生 2424 次宽体飞机发动机大修。这使得总部位于德国的 N3 发动机大

修服务公司（英国罗罗公司与德国汉莎技术的合资公司，专门从事遯达发动机维修的企业）投资 1.5 亿欧元扩大了其在阿恩施塔特的大修能力。N3 公司表示，2023 年共完成 160 台发动机大修，并计划在 2024 年增至近 200 台，之后将实现每年 250 台的大修工作量。

目前，除了机库资源外，发动机大修企业扩大产能均面临人员短缺的挑战。未来几年，N3 公司计划将员工人数从 900 多人逐步增加到 1200 人。争夺更多的成熟技术劳动力将是 MRO 行业发展的大趋势。新科工程（ST Engineering）也计划不断扩充其在新加坡的发动机和机体大修能力。该公司表示，将采取新增熟练技术工人与自动化设施相结合的方式，提高维修效率。

泰国航空也非常认同，认为维修人力不足将是未来 MRO 市场上面临的巨大挑战之一。不仅对航空公司的 MRO 来说是如此，对更广泛的售后维修市场参与者来说均是如此。随着全球民航市场的不断复苏，航空公司需要更多的机务人员。在产能问题上，泰国航空对中短期持乐观态度，认为这种情况将在未来两三年内能够得到缓解。

但需要特别指出的是，供应链限制仍是制约 MRO 发展的瓶颈。对此，奥尔顿航空咨询公司指出，由于缺乏退役发动机，市场上的可用二手件数量也在不断减少，供应链瓶颈将会越发突出。对 MRO 服务供应商而言，供应链限制和航材短缺仍然是制约其发展的主要因素，将导致维修周期增加和产能下降。因此，MRO 服务供应商积极采取预购航材、提高库存水平等方式应对困局。这与疫情年份中，一些大修厂和资金链紧张的航空公司不得不降低库存的行为形成了鲜明的对比。■

ARJ21 “两极”航线的启示

文 | 陈伟宁 图 | 王刚

8月15日，成都航空以ARJ21执飞哈尔滨—漠河—抚远航线。据悉，该航班号为EU2849/50，每周二、四、六往返，9时40分从哈尔滨起飞，11时30分到达漠河，12时10分从漠河起飞，14时40分到达抚远；15时20分从抚远起飞，17时50分到达漠河，18时30分从漠河起飞，20时15分到达哈尔滨。

这条连接我国“两极”航线开辟的背后，折射出地方政府、航司、飞机制造商等利益相关方的哪些意图和努力？在ARJ21和C919规模化生产持续推进、机队保有量不断增加的情况下，国产飞机正面临从“造好飞机”到“用好飞机”的重大转变，在此情境下，这条航线能否成功？能否为国产飞机的运营提供某些借鉴？这些问题值得研究。

“两极”航线何以大受关注

自成都航空2018年进入东北市场以来，记者始终对其在该地区的运营状况保持高度关注。2024年7月底，记者赴哈尔滨、漠河等地进行实地采访，对成都航空在当地的运营现状有了更加充分的了解。此次“两极”航线开通引发不少媒体关注，在记者看来，主要有如下几个方面的原因：

首先，国产民机自带光环。长期以来，社会各界对国产民机高度关注，ARJ21和C919的一举一动屡屡成为媒体关注的焦点。

近年来，ARJ21印尼首航、安全载客超过1400万人次、环云南、新疆演示飞行、东南亚演示飞行以及C919商业首航、新加坡航展演示飞行、香港演示飞行、东航用C919执飞新航线等消息，多次冲上热搜。而作为国内首家运营ARJ21的航司，成都航空近年来在媒体上的曝光率远高于同类航司。可以预见，随着ARJ21和C919交付量的不断提升，社会公众对国产民机以及相关航司、航线仍将保持高度关注。

其次，当地政府的积极助推。“两极”航线能获得如此高的曝光率，当地政府在背后的推手作用不可或缺。近年来，在“振

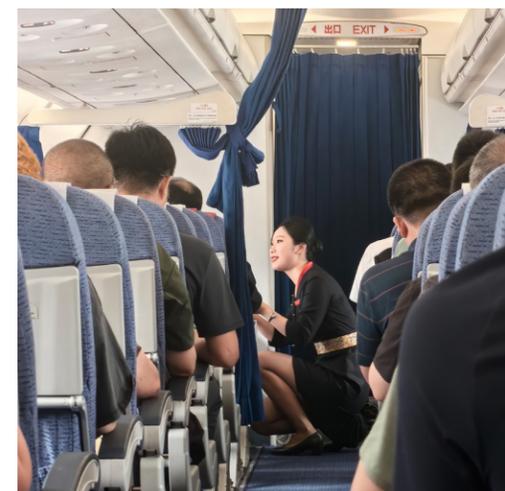
兴东北”这一国家战略的指引下，黑龙江省大力发展文旅产业。采访过程中，从当地政府官员、出租车司机、机场工作人员等身份各异的受访者口中，记者屡次听到“冰天雪地也是金山银山”这一说法。

事实上，黑龙江省近年来在文旅产业发展方面取得不俗的成绩。2023年，一句“你好，尔滨”，瞬间将哈尔滨升格为“顶流”城市。

再次，航点的“含金量”十足。“两极”航线之所以如此吸睛，除了哈尔滨自带流量外，还与漠河、抚远这两个航点的“含金量”密切相关。

漠河市北极镇，位于东经122度20分、北纬53度33分，被称为“中国北极”，是全国观赏北极光的最佳地点。而抚远三角洲地区，位于东经134度24分、北纬48度17分，是祖国大陆最早迎接太阳升起的地方。正是因为这条航线联系起祖国的“北极”和“东极”，因此被称为“两极”航线。地理位置上的特殊性和唯一性，使漠河、抚远在文旅产业发展上具有得天独厚的优势。“老天爷赏饭吃”，这是不少网友打卡后的感叹。

据记者了解，“两极”航线开通前，



成都航空已经用 ARJ21 执飞哈尔滨—加格达奇—漠河、哈尔滨—抚远、威海—佳木斯—抚远等航线，每到旺季，常常一票难求。采访过程中，记者与一位在南京工作的范姓白领进行了交流，她说自己这次是特地趁南方酷热的时候到哈尔滨看看，然后前往“北极”和“东极”打卡。

交谈中，她给记者展示了自己的出行攻略，每天到什么地方、参观哪些景点、哪些馆子吃小吃比较地道……详细程度令人惊叹。“这次出行，在交通上有个不太理想的地方，从漠河到抚远有 1600 多公里，但两地之间没有直飞航班，在漠河打卡后，我还得飞回哈尔滨，再从哈尔滨飞往抚远……要是有直飞航班就好了。”

既然大老远来了，“北极”和“东极”最好一个也不落下，这是不少旅客的想法。正是当地政府和成都航空及时捕捉到了这一需求，这才有了“两极”航线的诞生。

要有热情，更要有市场

ARJ21 和 C919 交付后，飞友专程体验飞行、旅客打卡国产飞机的相关报道屡现媒体。然而，随着飞机交付数量越来越多，这种新鲜劲儿将逐渐消退，上述“打卡”式体验飞行将越来越少。

早些年，记者乘坐 ARJ21 外出采访时，常常能遇见在客舱里自拍的飞友和向空乘了解飞机性能的旅客。近两年，这样的场景出现得越来越少了。本次采访，记者没有遇上专程打卡国产飞机的旅客，飞行过程中，随机与 9 名旅客交流，没有人注意到这是国产飞机。

“几年前我刚开始飞 ARJ21 的时候，经常有人来专程体验国产飞机，现在打卡的人明显少了，旅客上机的时候，如果不注意听广播，直到下飞机都不知道坐的是国产飞机。”在哈尔滨飞往漠河的航班上，

当班空乘洪瑞洁告诉记者。“不过，也有例外，前一段时间，一位台湾同胞乘坐这趟航班，他觉得这架飞机有点特别，特地向我打听，得知是国产飞机后，他明显有点吃惊，然后迅速伸出了大拇指……”

虽然专程打卡的飞友越来越少，但大多数旅客知道这是国产飞机后，还是表现出明显的热情和自豪。特别令记者印象深刻的是，飞行过程中，同机的一名小女孩知道自己乘坐的是国产飞机后，非常兴奋，一定要从手中的花束中折下一朵小红花送给洪瑞洁。这种简单而质朴的情愫，蕴含着小女孩对空乘姐姐精心服务的褒奖，或许也蕴含着国人对国产飞机的期待吧。

毫无疑问，社会各界对国产飞机的关心和支持，给了飞机制造商、航司极大的信心，但从长远来看，作为一款商品，国产飞机能够走多远、走多好，终将取决于市场。任正非在华为最艰难的时刻曾经说：

“我们要坚持以客户为中心的价值观不能动摇，不要过度消费国内客户及民众对我们的同情与支持，只能以更优质的服务报答他们。”这席话，对于中国飞机制造商和航司来说，同样值得认真思考。

ARJ21 的黑龙江样本

记者对“两极”航线的关注，在更深层次上，是因为这可能为支线航空的发展提供一条新路径。

2018 年 5 月 2 日，成都航空一架 ARJ21 飞机从双流机场起飞，经停济南遥墙机场后，抵达哈尔滨太平机场。以此为标志，成都航空正式开启了“以哈尔滨为中心枢纽，进行基地化、区域化运营”的探索。而今，以哈尔滨为中心，成都航空利用 ARJ21 飞机联通了黑龙江省的佳木斯、建三江、抚远、黑河、漠河、大兴安岭、大庆，内蒙古海拉尔、满洲里等诸多城市

以及符拉迪沃斯托克，一个较为成熟的区域支线航空网络已然成型。

采访过程中，记者从哈尔滨乘坐 ARJ21 前往漠河时，虽然提前了 1 个多小时就到太平机场成都航空柜台前值机，但工作人员告知，该航班只剩下第 18 排（也就是最后一排）座位了。本来记者还抱着半信半疑的态度，但登机之后发现果然如此，在票价几乎没有什么折扣的情况下，飞机居然是满座。

在航班上，记者询问了当班的成都航空服务管理中心的贺旭，方才知晓，旅游旺季，飞机的上座率一直非常高，满座并不稀奇。“机票经常很紧张，像从哈尔滨飞抚远、漠河的航线，提前一天经常买不到呢！”贺旭说，“要是你接下来要去抚远，最好提前买票。”听了他的话，记者抵达漠河后，刚出机场就立即查看第二天从哈尔滨飞往抚远的机票，果不其然，已经售罄了。

管中窥豹，略见一斑。虽然没有进行全面调研，但记者认为，成都航空在东北地区的运营情况可圈可点。其中，有哪些经验可以借鉴呢？

从区域上看，成都航空选择东北地区尤其是黑龙江省作为 ARJ21 市场运营的重要突破口，有其合理性。众所周知，由于我国高铁网络举世无双，在铁路网密集区域，1000 公里左右距离上，铁路运输相对航空运输有着明显的优势。因此，在这些区域布局支线航线，尽管也可以通过避开高铁直连城市、借助枢纽机场开展干支联运和航铁联运等方式开拓市场，但显然具有较大的难度。相比之下，黑龙江省面积高达 47 万平方公里，铁路建设相对滞后，这就为支线航空的发展提供了极为有利的市场空间。按照这一逻辑，内蒙古、云南、新疆以及中国西部的广大地区，都可以成为 ARJ21 大显身手的舞台。由此，中国商飞积极组织开展在上述地区的演示飞行，



也就是情理之中了。

目前，黑龙江省共有 14 座民用机场，记者在采访过程中发现，有些机场的利用率并不高。比如抚远机场，在 8 月 15 日之前，每天只有哈尔滨和威海之间往返的 4 趟航班。因此，开通更多旅游串飞航线，提高机场利用率，无疑是当地政府、机场、航司等多方的共同诉求。

实际上，在各地政府大力发展文旅产业的当下，像“两极”航线这样将区域著名景点串联起来的“支支通”运营模式，可能会成为一种有效的样本。当然，这种运营模式对航司的运营能力、管理水平，尤其是对市场的敏感度、反应速度等，提出了很高的要求。在旅游淡旺季切换和热点城市变化间，如何及时、合理调整区域运力和航班设置，最大限度地抢抓客户资源，值得深入研究。

拉长时间来看，如果上述模式具有良好的经济性，那么 ARJ21 在新疆、西藏、云南等广袤的西部地区，无疑将有广阔的市场空间。■

从“两侧”视角 看民航高质量发展

文 | 汪航 齐险峰 葛金梅

随着中华民族伟大复兴进入新阶段新征程，全面建设社会主义现代化国家的任务成为新的发展目标，高质量发展作为首要任务，逐渐成为“中国式现代化”的硬道理。作为国家战略性先导性产业和中国式现代化的基础支撑，民航业务必须要秉持高质量发展的理念，以高水平服务中国式现代化如期实现作为现阶段行业发展的新遵循。

图 | 王春梁



“两侧”协同： 实施民航高质量发展的变革思路

高质量发展是适应新时代民航主要矛盾变化的必然要求。必须紧扣和围绕新时代民航发展中“不平衡不充分的发展”这个主要矛盾的变化，深刻理解和准确把握民航高质量发展的理论逻辑。民航发展进程中的周期性、结构性问题主要包括：一是民航运输快速增长与资源保障能力不足和供给效率不高并存的矛盾。近年民航运输总量快速增长，但基础设施保障能力面临容量和效率双瓶颈，空域资源、基础设施、人力资源的紧缺对民航的可持续发展形成制约。

二是民航发展市场需求与航空运输要素资源配置不合理的矛盾。民航发展各环节存在体制机制障碍制约民航要素资源配置，航班时刻等核心资源配置不合理，通用航空、支线航空、低成本航空发展缓慢，与综合交通体系中其他交通方式融合度不高等缺点制约民航发展。

三是民航大国地位与行业服务国家战略能力不足的矛盾。我国是全球民航第二大国，但在满足国家战略、人民出行、区域经济社会发展对行业发展的需求等方面仍有所欠缺。

四是民航治理能力与治理需要不匹配的矛盾。新时代民航行业规模、行业结构、旅客需求、市场竞争格局的不断变化，新一轮科技革命和产业变革对民航形态和模

式的不断重塑，对民航治理体系和治理能力现代化提出了新的要求。

民航业是现代产业分工的重要环节，是经济内在活力、要素配置效率、产业结构调整的重要组成部分，其结构性矛盾的主要方面在供给侧，这就要求坚持供给侧结构性改革这条主线；但有效需求不足的问题也同时存在，所以短期内需要通过管理手段自上而下锚定关键性问题，培育完整内需体系，同时需要注重长期视角，与改革手段相结合，化解需求不足的结构性矛盾。因此，新的发展格局要求坚持在供给侧结构性改革的主线下协同强化需求侧管理，坚持供给侧与需求侧双向发力，推动民航资源配置效率变革。

三方发力： 需求侧管理的推进路径

国际经济环境复杂的背景决定了我国需要强化以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，实现各种生产要素的有机衔接和循环流转，推动经济社会和行业发展不断迭代升级。我国庞大的经济体量和人口规模使得国内消费市场拥有巨大的市场潜力，创造国内需求是新阶段供给侧结构性改革的重要抓手。在整个社会的消费需求不断刺激增长的基础上，民航作为派生需求也会迎来新一轮的增长。如何精准捕捉有效需求，形成强大有效的市场，要从行业需求侧的主要问题

入手：一是国家宏观经济的大环境引起的有效需求总量问题；二是行业发展的深层次矛盾带来的需求与供给结构错配问题。

为了有效协同民航需求侧管理与供给侧结构性改革，可从国家、行业、消费端出发，形成合力。

从国家层面看，深化收入分配制度改革，扩大中等收入者比重，提升低收入群体消费能力，以共同富裕政策推动形成“橄榄型”社会结构，更进一步推动经济转型升级和产业结构常态化升级，为航空消费潜力的持续释放奠定基础；充分利用大国市场优势，完善扩大民航业内需的政策支撑体系，营造良性有序竞争的市场环境，鼓励行业主体创造和培育竞争优势，在政府层面积极促进民航与其他交通方式之间建立有效的协调机制；发挥对外开放对需求的促进作用，打造高水平、宽尺度、深层次的全球化开放市场，在发挥民航对外开放动力引擎和战略支撑价值的同时，成就中国民航的全球竞争力；发挥投资在需求方面的积极作用，增强政府基础设施投资主导作用以及多元化资本广泛参与的供给体系，增大基建投资，鼓励新型投资，确保民航发展的资源支撑；加强民航需求政策体系配套支持，颁布促进民航业发展相关文件，从经济、政治、外交、文化等

从行业层面看，民航的需求侧管理不仅要进行需求总量控制，而且要在激活潜在需求、释放新需求的同时，注重需求质量的提高，通过高质量的需求牵引高质量的供给。

各个方面对民航发展提出扶持性政策，营造行业发展的优良环境。

从行业层面看，民航的需求侧管理不仅要进行需求总量控制，而且要在激活潜在需求、释放新需求的同时，注重需求质量的提高，通过高质量的需求牵引高质量的供给。民航需求侧管理需要发挥民航能够引导供给对需求的空间适配性的优势，通过提升供需空间布局联系的紧密性，对我国超大规模市场优势和内需潜力的发挥产生牵引带动作用。

需求侧管理要瞄准民航中长期发展面临的重大需求。一是瞄准区域协调发展、对外开放、国防安全、数字经济、共同富裕、绿色低碳等国家重大战略对民航发展的要求，进一步发挥民航在服务构建新发展格局、尤其是在促进国际国内循环衔接中的比较优势，积极拓展国际化、大众化的航空市场空间；二是识别人民消费结构由生存型向发展型和多元化转变的新特征，满足人口规模巨大的背景下人民对出行中多层次、个性化服务体验的追求；三是服务社会主义现代化建设的需要，做好提升交通可达性、提供更高效率和更好出行体验交通服务的重要支撑。

需求侧管理要紧扣民航发展中的结构性问题。新发展格局下的民航需求侧管理，更重要的是紧扣制约国内、国际民航需求潜力释放的深层次结构性问题，进行更加精准有效的针对性管理。针对不同地区之间的航空人口规模及分布的不平衡性、航空运输服务覆盖不充分性、枢纽运输机场与中小机场饱和度差异性等问题带来的不平衡不匹配问题，结合供给侧结构性改革，在民航发展的薄弱环节，有针对性地持续推进重点领域补短板，打通影响民航市场大循环的堵点，有效释放民航行业消费需求潜力，解决资源错配且利用率低等问题。

需求侧管理要针对供给侧结构性改革

灵活调整。在扭住供给侧结构性改革“牛鼻子”的前提下，需求侧应针对供给侧结构性问题灵活调整管理策略。比如，以民航及相关产业为核心的消费层面，不仅注重传统基础设施建设，也同时引导消费聚焦新兴战略产业，如通航无人机、绿色民航、智慧物流等新增长点，围绕新技术、新模式、新场景来打造“扩大内需”的土壤，带动高端制造、新兴服务业等新产品、新业态的发展，从而提供更高质量、更符合需求的服务。

消费是再生产的终点，也是新一轮再生产的起点。国家和行业的共同塑造能够促进消费向绿色、健康、安全方向发展，最终培育包含多元化的消费需求、多样化的消费结构在内的高品质内需；同时，高品质内需有利于发挥需求侧对于优质消费、高品质服务的支撑作用，也为民航行业新技术、新模式、新产品的创新提供充足的市场空间。

四措并举： 供给侧改革的重点任务

民航发展的结构性问题矛盾的主要方面在供给侧，因此推动民航供给侧结构性改革是民航高质量发展的动力所在。围绕内循环打造高效统一大市场、外循环构建稳定畅通全球产业链，中国民航供给体系需要提升供给对需求变化的适配性，实现以供给体系质量提升引领和创造新需求。

一是要全力补短板促升级，聚焦靶向供给。补短板，即在瞄准需求的基础上，紧扣结构性问题，完善民航行业中不平衡不充分的领域，解决民航行业需求与供给错配问题。其重点任务在于通过畅通航线网络，深挖三四线城市潜在的航空市场，盘活人流物流，快速提振消费需求；鼓励航司更灵活地调配运力，切实满足旅客高

围绕内循环打造高效统一大市场、外循环构建稳定畅通全球产业链，中国民航供给体系需要提升供给对需求变化的适配性，实现以供给体系质量提升引领和创造新需求。

峰出行时段的热门地区、热门航线的出行需求；发展多式联运，拓宽交通网络，实现民航与铁路、公路之间的市场互补；深度释放通用航空发展动能，激活通航消费市场，唤醒潜在需求；通过技术创新、服务创新激发市场潜力，创造新的高品质的需求。

促升级，即在做好“基本型”的基础上，积极响应市场大众化、差异化需求，更精准地匹配市场环境和消费能力，进行新型基础设施建设和新型制造业高质量发展，打造多样化、融合化、一体化的“升级款”。推动智慧机场、智慧航司建设，推进智能安检、智能票务、智能客服、智能物流、智能维运等更具创新性的便捷出行服务，智慧赋能民航服务；提升航空产品多样化，不断开发新的航空运输产品，如随心飞、观光航班、美食航班等，通过提供更多的选择来满足旅客多样化的出行需求；鼓励航空公司加强航空出行与上下游企业合作，构建一站式航空出行生态圈。

二是要提高全要素生产率，扩大有效供给。习近平总书记指出，“扩大有效和中高端供给，增强供给结构对需求变化的适应性和灵活性，提高全要素生产率。”全要素生产率的内涵既包括了技术进步带来的边际产出，又包括了优化资源配置产

稳中有进的中国民航市场

文 | 王鹏

2024 年上半年中国民航客运市场表现良好，各项关键指标均实现正向增长，复苏势头稳中有进。航班量、旅客运输量、机队利用率及新引进飞机数量等指标增长彰显市场活力。

上半年执行航班量 265.8 万架次，同比增长 3.1%；旅客运输量达到 3.5 亿人次，较 2019 年同期增长显著，同比增长 9.0%。

机队利用率提升，运营效率优化。机队整体日平均飞行小时数 7.8 小时。宽体客机日平均飞行小时数 8.8 小时，高于窄体客机的 7.9 小时，居于领先地位，但都超出平均水平。尽管支线客机利用率相对较低，仅为 4.1 小时 / 天，但总体保持稳定。另外，还引进了 95 架新飞机，涵盖窄体客机、宽体客机及支线客机等多种机型。

▼ 图 | 王脊梁

随着民航运输市场规模的扩大，我国民航产业链与临空经济产业、金融租赁业、文化产业、互联网通信业等产业产生高度关联，并在资源优化、生产合作过程中实现价值共享、利益共赢。

生的效率改进。

注重创新引领，促进行业发展动能转化。在高质量发展进程中，民航需要发挥其科技密集型行业特点，引领带动国家、行业的科技创新突破。加强全局性、战略性布局谋略，以超大规模内需市场为牵引，构建以国内国际双循环为依托的高水平自立自强的科技创新体系；强调自主创新，聚焦战略性技术的发展前沿，促进技术更新升级，占领核心技术领先地位；通过突破核心技术和转换行业发展动能，进行技术创新驱动力的转换，完成民航运输和民航制造关键性技术攻坚，为民航强国建设提供持续动力，支撑中国在新一轮科技竞争中获得战略主动权和话语权。

优化民航资源配置，增加供给效能。行业关键发展资源供给遭遇“天花板”，但资源重新配置的空间仍然巨大，生产率提高的潜力十分显著。从优化资源配置带来的效率改进来看，民航行业应努力构建覆盖广泛、功能完善的机场网络，积极完善通达通畅、高效衔接的航线网络，着力培育包含支线航空、低成本航空、货运航空等在内的多元化、多层次、有竞争力的市场主体，优化有效供给，提升能够全面满足潜在需求的持续发展能力。

三是要坚持全产业链协同，促进融合供给。党的二十大报告明确指出，要着力提升产业链供应链韧性和安全水平。民航行业具有产业链条长的特点，同时也存在诸多薄弱环节。随着民航运输市场规模的扩大，我国民航产业链与临空经济产业、金融租赁业、文化产业、互联网通信业等产业产生高度关联，并在资源优化、生产合作过程中实现价值共享、利益共赢。要加强行业上下游合作，利用跨界合作激发创新动力，促进航空运输企业和制造业、其他服务业等加强融合，加强供需对接、产品合作，更好地满足人民群众对美好出行的需求，提升航空物流服务国家战略的能力。

四是提升治理能力现代化，保障持续供给。新的利益格局、新的生产要素、新的运行模式带来民航行业新的特征，也对民航治理体系提出了新的要求。未来治理体系改革必须能够支撑民航行业利用我国超大规模市场优势，依据市场规则、市场价格、市场竞争实现效益最大化和效率最优化，为民航高质量发展提供制度保障。

完善政策体系。从提高行业治理体系和治理能力现代化的高度统筹安全、财经、市场、监管等方面的政策，完善监管制度体系，加强监督机构建设，提升监管效能；构建行业发展共治体系，加强协同治理和监管，进一步明确各行业协会、第三方机构的功能定位，实现治理合力。

促进智慧治理。在数字政府建设背景下，深化“放管服”改革，打造民航智慧政务平台和智慧办公平台；创新市场监测模式，实现航线航班、价格收费、服务质量等航空市场运行领域的智能监测；围绕时刻、运力、航权、数据等关键资源要素，依托大数据分析等，构建市场化、差异化的配置政策体系，提升资源利用效能。（中国民航科学技术研究院基本科研业务费专项资金资助（x232060302109））■



2024 年上半年民航总体情况

上半年，我国民航市场国内航班量增长尤为显著，同比增长 10.5%，增速远超行业总体增长率，成为推动民航客运恢复的核心动力。

航线布局方面，干线航线数量同比 2019 年增长 5.3%，与 2023 年相比增长 1.8%。干线航线往往是航空公司收入的重要来源。这种上升走势与我国主要城市之间商务活动及旅游需求不断上升紧密相连。

支线航班数量出现趋势性波动回踩，呈现出与先前增长势头相反的轻微递减态势。同比 2019 年增长 17.2%，同比 2023 年下降 1.8%。支线航线数量增加体现了民航局和航空公司对偏远地区航空服务投入的加大和重视。与 2023 年相比的减少，或许是由于市场需求波动或是运营效率优化的考量所导致。

在 TOP10 城市线航班量方面，同比 2019 年和 2023 年皆实现增长。京沪航线以其航班数量绝对优势稳居首位，与北京

相连接的航线数量总计达到六条之多。北京在航空领域的枢纽角色在航线布局中扮演了关键互连节点功能。相比较 2019 年，北京至成都航线增加幅度最为明显。上海至成都航线对比 2023 年的航线的运营增长曲线显著跃升，超越其他航线增长表现。

在净增量 TOP10 城市航线中，多数航线通往沿海 / 经济旅游城市。与成都直接相连的航线网络扩展至五条。成都在区域航线连接性方面亮眼。进一步观察航线的净增量排名，发现与上海相关的航线在其中占据前三名的显赫位置，尤其是上海至成都的航线在净增航班量方面表现最为抢眼，高居所有航线增量榜首。

2024 年初至今，中国民航国际航班量已回升至 2019 年的 70.6%。尽管国际市场恢复速度落后于国内，正面迹象仍旧显现。特别是某些特定国际航线，复苏势头迅猛，如中国与阿联酋、英国之间的航班量已超越疫情前水平，反映出这些国家与中国之间在商务、旅游和货物运输方面的强烈需求。中国与包括韩国、新加坡、马来西亚、俄罗斯、澳大利亚、德国在内的多个国家之间的航班数量恢复比例已经跨越了 80% 的临界点。中国与这些国家之间航空联系的重塑与加强正在以加速度的方式进行。

2024 年上半年民航市场特点分析

市场复苏带动需求恢复，同时也带来了盈利能力提升下的行业分化。通过优化航线结构和提升运营效率，航空公司有效促进盈利能力增强。吉祥航空和春秋航空表现尤为抢眼，两家公司净利润大幅增长成为行业复苏重要标志。得益于春运期间出行需求增加以及国际航线新开和恢复，带动旅客周转量和客座率同步提升，吉祥航空预计 2024 年上半年的归母净利润将达到 4.5 亿元至 5.5 亿元，同比激增

459.9% 至 584.32%。春秋航空凭借精准市场预判和高效运力调配，在春节等节假日期间实现运力投放与旅客运输量历史性突破，创下前所未有的纪录。商务航线和客源拓展方面的不懈努力为公司在传统淡季和平季带来更为稳健和可观的收益流。2024 年上半年，春秋航空归母净利润预计介于 12.9 亿元至 13.4 亿元之间，同比激增 54% 至 60%。

中国国航、南方航空和中国东航三大航空巨头经历疫情严峻考验后逐步恢复元气。尽管仍处于亏损状态，但亏损幅度有所缩减。中国国航逐步优化运营管理，积极应对市场恢复，较之以往，亏损程度有所减轻，预计净利润位于 -23 亿元至 -30 亿元之间。南方航空采取有效成本控制措施和经营策略，表现出减亏势头，预计净利润区间为 -10.6 亿元至 -15.8 亿元。中国东航体现了公司在财务上的稳健调整，减亏幅度达到 33 亿元至 38 亿元，预计净利润在 -24 亿元至 -29 亿元之间。

在机场方面，上海机场以同比 435.87% 至 556.63% 的增幅将报告期的净利润锁定在 7.1 亿元至 8.7 亿元。白云机场稍逊，同比增幅介于 155.67% 至 212.48% 之间，预计净利润将达到 4.04 亿元至 4.94 亿元。两大机场准确把握市场恢复动态趋势，应对行业挑战，实现净利润大幅增长。深圳机场和厦门空港加入盈利队伍，共同见证民航市场整体复苏趋势。

2024 年上半年，中国民航市场还呈现出明显的区域分化特征，具体表现为东部领跑，西部崛起，中部稳健。

东部地区：增长引擎，引领全国。东部地区以其经济繁荣度和人口密集度，成为民航市场增长的领头羊。浦东机场航班运营效率和旅客吞吐能力双重提升，进出港航班量和旅客运输量分别同比增长 20.1% 和 21.7%。杭州萧山国际机场旅客

运输量超过进出港航班量 1.7 个百分点，达到同比增长 23.4%。东部地区航空出行需求强烈增长，映射出该区域作为中国经济发展动力核心的显著地位。

西部地区：崛起迅速，潜力巨大。西部地区地处中国与中亚、南亚、东南亚等地区的交界处，是连接“一带一路”共建国家的重要枢纽。在国家发展战略的推动下，正成为航空业增长的重要引擎。成都天府机场的进出港航班量同比增长 11.5%。旅客运输量的同比增长率达到了 12.3%，略高于航班量的增长率。重庆江北机场进出港航班量同比增长了 11.8%，与成都天府机场的增长率相近，旅客运输量的同比增长率达到了 13.1%。西部地区的产业结构正在从传统的资源型向高技术、服务业等多元化方向发展。成都天府机场和重庆江北机场的扩建和升级为航空业的增长创造了有利条件。

中部地区：稳健发展，助力增长。武汉天河机场进出港航班量同比增长 5.3%，旅客运输量同比增长 5.8%，长沙黄花机场进出港航班量同比增长 5.2%，旅客运输量同比增长 5.5%。这些数据指标一致指向中部地区航空市场的持续稳定增长，同时亦显现出该地区经济基础的坚实与深厚，其与国家经济结构中的支柱性角色正逐步显现并增强。

各地区的航空路线布局呈现出不同的扩张速度和覆盖范围，彰显出区域性发展的不均衡性。各地在航空资源配置和经济战略上也出现差异化态势。

此外，民航市场结构也在发生变化，干线稳步增长，支线快速扩张。

干线航线数量和航班量微增，反映国内主要城市间商务和旅游需求稳定增长，航空公司重视高效益航线。在深入审视连接我国首都北京与经济中心上海的京沪线，以及连接北京与南大门广州的京广线等主

机场	预计净利润 (亿元)	同比变化范围	备注
深圳机场	1.46 至 1.96	扭亏为盈	
白云机场	4.04 至 4.94	增加 155.67%至 212.48%	盈利增长显著
上海机场	7.1 至 8.7	增加 435.87%至 556.63%	盈利增长显著
厦门空港	2.28 至 2.74	增加 37%至 65%	
海南机场	2.7 至 3.3	减少 43.4%至 53.69%	唯一预减的上市机场

航空公司	预计净利润 (亿元)	同比变化范围	备注
中国国航	-23 至 -30	减亏	
南方航空	-10.6 至 -15.8	减亏	
中国东航	-24 至 -29	减亏 33亿元至 38 亿元	
春秋航空	12.9 至 13.4	增加 54%至 60%	显著盈利增长
吉祥航空	4.5 至 5.5	增加 459.9%至 584.32%	显著盈利增长

要航空通道的航班运营情况时，我们注意到一个引人注目的趋势：与去年同期相比，这些航线上的航班数量呈现出大约 10% 的增长。

支线航线数量同比 2019 年增长 17.2%，同比 2023 年下降了 1.8%。支线航线的增长反映民航局和航空公司对偏远地区航空服务的重视，同比 2023 年的下降可能是由于市场需求的变化或者运营效率的考虑。乌鲁木齐航空、西部航空等专注于支线航空运输的企业，在过去的统计周期内，航班执行数量实现超过 20% 的同比增长。细分化市场对支线航空服务的需求日益旺盛。

民航市场竞争态势亦呈现出显著差异。部分航空公司表现抢眼，龙江航空与成都航空等企业以其显著的增长势头脱颖而出。龙江航空执飞航班量与去年同期相比实现了 55% 的显著增长，成都航空在这一指标上的表现更为抢眼，其执飞航班量的同比增长率更是达到了 60%。

三大航稳定增长。在面临市场波动与竞争压力的双重挑战下，三大领军企业——国航、东航、南航保持其增长的动力，巩固了领导地位。国航在全球航空市场稳步前进，年度增长率达到 10%。东航

持续扩大市场份额，年增长率为 12%。南航稳健的经营策略让其增长幅度表现为温和的 8%。三家航空巨头在复杂多变的市场环境中表现出稳健发展的强大韧性。

中小型航空公司面临严峻挑战。依据对 2019 年及 2023 年数据分析，部分中小型航空公司执飞航班量明显下滑。它们正承受着来自市场竞争的巨大压力，迫切需要对自身的商业战略进行深刻反思与根本性调整，以期在业绩上实现显著提升。例如桂林航空、金鹏航空等中小型航空，其航班执行数量下降幅度超过了 10%。它们在维持市场影响力和竞争力方面面临艰难困境，需要针对市场变化及时调整经营策略。

2024 年下半年趋势预测

2024 年上半年，中国民航市场持续复苏，其中，国内市场成为增长的主要引擎。下一步，随着暑运的到来，旅游市场回暖，国内航空需求持续旺盛。预计下半年，国内航班量和旅客运输量将保持两位数增长，国内航线网络将进一步扩张，航线数量和航班密度将不断提升。

国际航空市场正经历着复苏的加速进

程。随着国际商务活动恢复，国际航班量和旅客运输量加快复苏速度。预计下半年，国际航班量恢复率将超过 80%，连接中国与世界各地的航线网络将逐步恢复并扩大。

市场结构继续优化。干线航线持续繁荣，引领增长。干线航线作为连接中国主要城市的核心航线，重要性在未来将持续凸显。随着国内经济的稳步发展和商务、旅游出行的旺盛需求，干线航线的航班量和旅客运输量预计将继续保持稳定增长，成为航空公司收入的重要来源。航空公司不断提升干线航线的航班密度和航班频次，优化航班时刻。预计在未来的运营周期内，京沪线、京广线等关键性干线航线将迎来两位数的航班量增长，旅客运输量亦有望实现大约 20% 的增幅。

支线航线优化升级，提升竞争力。支线航空将进一步改进支线航线的网络布局，增加航班密度和提升航班频次。据预测，乌鲁木齐航空、西部航空等专注于支线服务的航空公司，其航班量有望实现超过 30% 的增长。

短途航线转型发展，寻求突破。高铁以其高准点率、相对亲民的票价和舒适的乘坐体验，正成为短途出行者的首选。这也导致一部分短途航线上的航班数量出现进一步削减的现象，甚至出现航线结构的调整，不排除某些航线面临被完全取消的可能性。航空公司或将调整战略重心，将发展重点转向中长途航线，尤其是国际航线和连接主要城市群的干线航线，增强中长途航线的市场竞争力。推出差异化服务，如提供更舒适的座椅、更丰富的机上娱乐内容和更便捷的行李托运服务。寻求与高铁的合作，推出联程联运产品，与高铁形成互补关系。

机队规模持续增长，窄体客机仍是主力。在即将到来的下半年，各大航空公司持续扩充机队，积极引入众多如空客 A320 系

列等型号，满足不断增长的国内航线以及区域国际航线对航空运输能力的迫切需求。

宽体客机逐步恢复。宽体客机以其航程远、载客量大等特点，成为航空公司发展国际市场的重要工具。为迎合长途国际航线对高运力、高效率航空器的需求增长，航空公司计划逐步提升其宽体客机的引进力度，涉及波音 787、空客 A350 以及 A330 等机型。

航企与机场实现个性化发展。2024 年初民航局设定了行业整体盈利的宏伟目标。面对国际市场尚未全面复苏，高铁对短途航线的冲击导致部分航线航班量减少的挑战，一些航空公司仍陷于亏损。油价攀升和人工成本增加也为航空公司带来了不小的成本控制压力。

航空公司需要紧跟形势变动，灵活调整国际航线网络，适时增加热门航线航班频次，或采用更大运力的飞机，根据市场需求优化航线结构，提升干线航班频次和容量，合理布局支线航线，提高运营效率，提高飞机利用率，强化燃油管理。借助大数据、人工智能等先进技术，进一步提升运营效率和旅客满意度。

针对不同类型的航空公司和机场，会实现差异化竞争。大型航空公司持续优化航线网络，提高机队运营效率，积极开拓国际市场。中小型航空公司集中于特定市场细分领域，探索与其他航空运营商合作的可能性，增强自身的市场竞争力。如华夏航空干支结合模式，公共航空运输 + 通用航空模式，与地方政府合作开通“扶贫航线”和“旅游航线”，与其他航空公司建立联合运营共享资源。枢纽机场进一步提升服务能力，优化旅客出行体验，并与航空公司携手开发新航线。支线机场加强与航空公司的合作，挖掘支线航线潜力，同时提升机场基础设施和服务水平。■

▼ 图 | 王脊梁



汉莎航空 2024 年能否实现持续盈利目标

文 | 王双武

从今年初开始，德国汉莎航空就面临着多种市场发展不稳定因素的威胁与挑战，生产经营面临着诸多压力。其中最主要的不利因素除了来自乌克兰战争和中东地区冲突升级所带来的地缘政治不稳定之外，还面临着供应链断裂带来的飞机延迟交付导致运力不足，非计划性发动机翻修并缺乏维修配件，以及主基地市场运营成本增加和工会罢工等许多影响生产不稳定发展因素。对于汉莎航空来说，这些内外部不稳定因素给今年上半年经营造成了预料外的损失。那么，面对随后的夏季运输高峰期，汉莎航空采取了哪些措施应对危机呢？

再获机构投资评级认可

2020 年当新冠肺炎疫情在全球暴发后不久，汉莎航空的运营保障能力和市场经营能力均遭受到了沉重打击。同全球其他枢纽型航空公司一样，在疫情

▼
图 | travelwiflightsuk



期间汉莎航空财务状况一度表现堪忧。一方面，航空运输市场持续低迷，生产经营受到重创；另一方面，因受工会组织的一些罢工活动影响，导致汉莎航空无法保障航班的正常运营，这引起了社会舆论的不满和抨击。最终，汉莎航空失去了穆迪和标准普尔等机构作出的投资评级。这对汉莎航空来说，不啻是一次重大危机。

随着航空旅游市场逐步恢复和出行需求的增长，汉莎航空集团在 2023 年取得了历史上少有的良好经营业绩。2023 年汉莎航空集团实现收入 354 亿欧元，比 2022 年实现收入 309 亿欧元增长 14.5%；息税调整前利润为 27 亿欧元，比 2022 年 15 亿欧元增长 80%。经过几年的不懈努力，汉莎航空不断提高盈利能力，持续对资产负债表去杠杆和强化股权地位，终于在今年 1 月，重新获得穆迪、标准普尔和惠誉等机构投资级评级，等级由 Ba1 上升到 Baa3。

目前，汉莎航空是欧洲被主流评审机构唯一评定为投资级的航空公司。今年 5 月 13 日，汉莎航空成功发行了 7.5 亿欧元的无担保欧元债券，并受到了投资者的成功认购。该债券面额为 1000 欧元，票面利率为 4%，将于 2030 年 5 月 21 日到期。能以优惠的条件成功发行债券，说明汉莎航空已经重新获得有利的融资工具，也凸显了资本市场对汉莎航空未来的信心。汉莎航空方面表示，所得款项将主要用于为即将到期的金融负债进行再融资。

然而，从今年上半年的经营情况来看，

汉莎航空出现了预期外的经营结果。由于受到航线市场经营能力下降，尤其是亚洲航线市场收益大幅下滑带来的负面影响，以及飞机延迟交付导致的运力不足，汉莎航空在今年第二季度实现利润 3 亿欧元，低于 2023 年第二季度的 5.15 亿欧元。今年上半年预计亏损 4.27 亿欧元，而 2023 年上半年则盈利 1.49 亿欧元。这对汉莎航空来讲，能否在今年底实现盈利面临着巨大的挑战。

为了稳定市场以获取客源，汉莎航空提出了为旅客提供优质服务和提高满意度的目标。为此，汉莎航空集团在 2024 年投资 45 亿欧元购买新飞机，并且改造客舱内饰和机场休息室，改善地面服务设施和加快数字化服务进程等。据悉，2024 年汉莎航空集团将接收 30 架新飞机，其中有 20 架远程宽体机将交付给汉莎航空运营。

谋划下半年市场拓展

今年上半年经营状况不如预期，这给汉莎航空带来了巨大的压力。能否在 2024 年实现盈利目标，尽快恢复到疫情前经营水平，下半年的市场拓展能力和航线经营能力将成为汉莎航空不得不解决的问题。

从今年 4 月底开始，汉莎航空已新开多条欧洲内陆航线，其中包括每周 2 班慕尼黑至挪威第三大城市特隆赫姆、每周 3 班法兰克福至法国具有悠久历史的城市南

特、每周 2 班慕尼黑至芬兰北部最大城市也是最受欢迎的旅游城市奥卢，以及每周 5 班法兰克福至摩尔多瓦首都基希讷乌等地的航线。

美国是汉莎航空远程航线最主要的市场之一。目前，汉莎航空集团执飞美国 26 个门户机场，夏季时每周执行近 400 个航班。作为扩张欧洲以外航线规划的一部分，汉莎航空于今年 6 月采用波音 787-9 型飞机新开法兰克福至美国明尼苏达州圣保罗非经停航线，班期每周 5 班。据悉，每年有超过 3.55 万名明尼苏达州旅客前往德国，有超过 36.5 万名旅客前往欧洲各地旅行。此航线的开通，不但满足了两地市场的旅游出行需求，而且也为旅客前往欧洲提供了更多的出行选择。

在冬季航班规划方面，汉莎航空将在一些航线上继续维持夏季航班量，如：执飞前往中国上海、美国旧金山、印度班加罗尔和南非开普敦等航线。另外，还将采用空客 A380 执飞从慕尼黑前往泰国曼谷、印度德里和美国洛杉矶的航班。从 2024 年 11 月 30 日起，汉莎航空将新开法兰克福到芬兰的罗瓦涅米每周 2 班非经停航班。罗瓦涅米位于北极圈，拥有迷人的极光自然景观和滑雪度假村。这也是汉莎航空开辟到芬兰的第六条航线。与此同时，汉莎航空还将新开法兰克福到摩尔多瓦首都基希讷乌航线。

作为对汉莎航空远程航线市场的补充，汉莎航空集团旗下的汉莎城市航空从 6 月 26 日起正式开始商业运营。首次航班采用空客 A320neo 型飞机执飞从慕尼黑到英国伯明翰航线。汉莎城市航空主要定位是欧洲中短程航线市场，以慕尼黑和法兰克福为基地，最初以德国境内主要城市为主要目的地，如多塞尔多夫、科隆、汉诺威、布莱梅、汉堡、柏林等；后续在飞机陆续到位后，航线将陆续扩张到欧洲其他

国家的一些城市，如波尔多、曼彻斯特等。据悉，到今年底，汉莎城市航空机队将达到以空客 A320 为主的 8 架飞机，从 2026 年起将陆续接收 40 架燃油经济型的空客 A220-300 型飞机。

提高旅客出行体验

2024 年 1 月 1 日，汉莎航空开始实施全新的常旅客会籍管理方案。在新的会籍管理方案中，对于会员等级的界定方法不再是按照里程累积进行计算，而是引入了“积分”累积这个新的规定。会员赚取积分的标准有两个依据：一是购买机票的舱位；二是所乘坐的航班是洲内航班（例如，欧洲内陆之间）还是洲际航班（例如，欧洲到北美洲）。为了进一步提升旅客出行体验，汉莎航空今年还采取了一些措施。

为了给所有旅客提供一个愉快的旅行体验，汉莎航空一直致力于开发新的餐饮产品，尤其是在远程商务舱的烹饪食品方面不断推陈出新。众所周知，面包是德国人最喜爱的主食之一，在德国超过 3000 种不同类型的面包，面包文化成为联合国教科文组织非物质文化遗产已经有 10 年的历史了。从 2024 年 4 月开始，汉莎航空为从德国始发的远程公务舱旅客提供了由获得 2022 年世界烘焙大奖的面包师开发的独特口味面包。这些手工制作的面包都是当天烘焙，纯天然成分，不含任何添加剂，并与手工黄油和高质量的橄榄油一起作为开胃菜。

汉莎航空历史上第一次为商务舱旅客提供了素食，另外还提供意大利的开胃菜和日本的寿司，还为甜点搭配了新鲜水果。从今年 6 月份开始，为每一位旅客提供汉莎航空特色设计的莲德巧克力作为乘机伴手礼。

汉莎航空制定了一个持续在一些中短

程飞机（如空客 A220 和空客 A320 系列飞机）安装宽带互联网设备的计划，该计划涉及汉莎航空集团旗下包括汉莎航空、奥地利航空和瑞士国际航空等品牌超过 150 架飞机。该计划将从 2024 年第四季度开始安装宽带设备，并在 2 年内完成。现在，汉莎航空在已经安装有互联网接口设备的飞机上开始为旅客提供无限制免费信息交换服务。在旅途飞行过程中，旅客可使用携带的手机或平板通过社交软件接收或发送信息，或浏览网店下订单。

汉莎航空集团委托维亚萨特 (Viasat) 公司提供技术和设备，已额外装备超过了 150 架飞机。自 2015 年以来，汉莎航空集团一直与被维亚萨特收购的国际海事卫星科技公司合作。目前为止，汉莎航空集团空客 A320 系列的 200 多架飞机的互联网接入完全是基于卫星连接（ka 波段）。在新装备的飞机上，互联网连接是使用一种称为 EAN（欧洲航空网络）的混合技术来提供。有一个 s 波段卫星提供全欧洲的覆盖，而德国电信的具有 4G LTE 技术的地面无线电塔地面补充组件还能提供额外的容量。

签订协议解决罢工困境

影响汉莎航空经济发展的另一个不容忽视的因素就是持续的罢工事件。自今年年初以来，汉莎航空遭遇到数千名地勤人员和机场工作人员持续几周的罢工。罢工导致汉莎航空在不得不取消航班的同时，还面临着客户丢失和航班订座率急速下降的窘境。

这些罢工已经导致汉莎航空遭受了近 1 亿欧元的直接经济损失。汉莎航空集团在今年 4 月份发布公告，由于受到不同工会组织和合作伙伴员工罢工的影响，集团的经营受到了严重影响。在 2024 年第一

季度，汉莎航空集团调整息税前利润亏损 8.49 亿欧元，而 2023 年第一季度仅亏损 2.73 亿欧元。罢工直接影响了集团约 3.05 亿欧元的收入，收入损失远高于预期。

2024 年 3 月底，作为政府参与仲裁过程的结果，汉莎航空与威尔第工会组织达成了一项新的集体工资协议，这涉及汉莎航空集团及其旗下的技术维修、货运等部门约 2 万名地面工作人员。这项新的工资协议包括涨薪、通货膨胀补偿、假期补贴和培训生待遇等内容，其核心就是对中低收入群体按不同比例涨薪。整体来说，就是分两个阶段为工人涨薪约 12.5%，即每月至少增加 500 欧元。

这项集体工资协议的达成，最终解决了自年初以来不断出现的因罢工影响汉莎航空正常生产运营的困境。汉莎航空方面表示，与工会组织最终达成协议，一方面提高雇员的薪水，给他们带来了更多的实质性利益；另一方面也为旅客提供了公司安全运营的可靠保障，不再担心因罢工导致不好的出行体验，进一步增强了旅客对汉莎航空的信心。

2024 年 4 月，汉莎航空又与涉及约 1.9 万名客舱乘务人员的工会组织 UFO 签订了一份新的集体用工协议。协议的核心内容就是在接下来的 3 年内，分几个步骤为客舱乘务员涨薪 16.5%。此份集体用工协议有效期至少要要到 2026 年底。

随着夏季运输高峰的来临，不解决好内部工人薪资问题和有效提高市场收益，将直接影响到汉莎航空下半年的整体收入。当然，此举也将进一步增加汉莎航空的人工成本，汉莎航空面临的经济压力将进一步增加。据国际货币基金组织预测，德国将成为今年增长最慢的主要经济体之一，经济增幅仅为 0.5%。这对汉莎航空来说，今年年底能否实现盈利，目前面临的形势依然很严峻。■

我国主要机场集团发展现状

文 | 刘玲

2002年，我国民航业推动了机场属地化改革，中国民航局按照国务院有关精神要求，将直接管理的机场下放所在省（自治区、直辖市）管理，并将相关资产、负债和人员一并划转。在机场交由地方之后，各省（自治区、直辖市）为了整合机场资源，实现优势互补，推动地方民航发展，促进经济发展，纷纷组建了机场集团。

▼
图 | 汪洋



排名前十的机场集团

我国规模最大的机场集团有哪些，成员单位又有哪些机场，本文以2023年度机场旅客吞吐量为依据对我国前十大机场集团进行排名。

第1名，首都机场集团。首都机场集团由中国民用航空局全资所有。首都机场集团管理北京、天津、河北、江西、吉林、内蒙古、黑龙江等7个省市自治区54个干支机场，形成了机场运营、机场保障、机场商业、临空生态4个板块协同发展的业务布局。无论是机场数量，还是总旅客吞吐量，首都机场集团是我国最大的机场集团，也是全球最大的机场集团。

2023年，首都机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到20260万人次、190.8万吨和174万架次。

第2名，上海机场集团。1998年5月，上海机场集团组建成立，统一经营管理浦东和虹桥两大国际机场。未来还有可能管理上海第三机场，即南通机场。

2023年，上海机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到9697万人次、380万吨和70万架次。

第3名，四川机场集团，四川省国资委为大股东，集团下辖成都双流机场、成都天府机场、西昌青山机场、广元盘龙机场、攀枝花保安营机场；托管九寨黄龙机场、阿坝红原机场、巴中恩阳机场、达州金垭机场、甘孜康定机场、稻城亚丁机场、

甘孜格萨尔机场。

目前四川省内机场，如绵阳南郊机场、南充高坪机场、阆中古城机场、泸州云龙机场、宜宾五粮液机场等，尚未纳入四川机场集团。

2023年，四川机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到7864万人次、78万吨和74万架次。

第4名，广东机场集团。2004年2月，广东省机场管理集团公司成立，广东省政府持股51%，广州市政府持股49%。广东省机场管理集团下辖广州白云机场、韶关丹霞机场、惠州平潭机场、梅州梅县机场、湛江吴川机场、揭阳潮汕机场6座机场。

广东省内有3座机场还未纳入广东省机场集团，包括深圳宝安机场、珠海金湾机场、佛山沙堤机场。

2023年，广东机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到7614万人次、208万吨和57万架次。

第5名，浙江机场集团，于2017年11月成立，是国内较晚组建的省级机场集团，下辖杭州萧山机场、宁波栎社机场、温州龙湾机场、舟山普陀山机场；托管衢州机场、台州路桥机场、义乌机场。

2023年，浙江机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别为7403万人次、109万吨和58万架次。

第6名，云南机场集团。2004年，云南机场集团成立，目前集团下属15个民航机场、3个通用机场。下辖昆明长水

机场、大理凤仪机场、保山云瑞机场、腾冲驼峰机场、文山普者黑机场、普洱思茅机场、澜沧景迈机场、昭通昭阳机场、临沧博尚机场、沧源佤山机场、迪庆香格里拉机场、丽江三义机场、宁蒗泸沽湖机场、西双版纳嘎洒机场、德宏芒市机场。

2023年，云南机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到6400万人次、41万吨和50万架次。

第7名，西部机场集团，隶属于陕西省政府，其前身为西安咸阳国际机场，2003年机场属地化改革后，西安咸阳国际机场接收榆林、延安、汉中、安康四个支线机场，成立陕西省机场管理集团。2004年、2006年，分别与宁夏、青海机场公司实现联合重组，并更名为西部机场集团。

截至目前，西部机场集团共管辖陕、宁、青三省（区）18个机场，形成以西安机场为核心，银川、西宁机场为两翼，12个支线和3个通用机场为支撑的机场集群，机场数量和航空业务量分别占民航西北地区总量的七成和八成，发展成为全国第二大跨省运营的大型机场管理集团。

西部机场集团旗下机场有陕西5座，西安咸阳机场、延安南泥湾机场、榆林榆

阳机场、安康富强机场、汉中城固机场；宁夏3座，银川河东机场、固原六盘山机场、中卫沙坡头机场；青海7座，西宁曹家堡机场、果洛玛沁机场、玉树巴塘机场、海西德令哈机场、茫崖花土沟机场、格尔木机场、海北祁连机场。

2023年，旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到6086万人次、35万吨和55万架次。

第8名，海南机场集团，成立于2021年，将海南机场设施股份、海南机场实业等纳入旗下。由此，海南机场集团共下辖12座机场，控股8家机场，包括海口美兰机场、三亚凤凰机场、琼海博鳌机场、安庆天柱山机场、唐山三女河机场、潍坊南苑机场、营口兰旗机场、满洲里西郊机场；参股2家机场，包括宜昌三峡机场、东营胜利机场；管理输出2家机场，包括松原查干湖机场、三沙永兴机场。

2023年，旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到5387万人次、30万吨和56万架次。

第9名，重庆机场集团，于2003年11月组建，并于2004年4月18日加盟首都机场集团。2016年9月，重庆机场集团整体移交重庆市政府管理。目前重庆机场集团下辖重庆江北机场、万州五桥机场、黔江武陵山机场、巫山神女峰机场、武隆仙女山机场。

2023年，旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到4589万人次、39万吨和33万架次。

第10名，东部机场集团，组建于2018年，下辖南京禄口机场、徐州观音机场、常州奔牛机场、淮安涟水机场、盐城南洋机场、扬州泰州机场、连云港花果山机场。

2023年，东部机场集团旅客吞吐量、货邮吞吐量和运输架次分别达到4236万人次、45万吨和42万架次。

除了上述十大机场集团之外，国内规模较大的机场集团还有山东机场集团、辽宁机场集团、新疆机场集团、湖北机场集团、湖南机场集团等。

机遇和挑战

我国大多数机场集团整体实力较强、规模较大、所辖机场数量较多，为发展地方民航业、促进地方经济发展带来一系列利好。随着民航市场进入新的历史发展阶段，各机场集团也面临着一些机遇和挑战。

一是民航持续发展的机遇。2024年，我国民航业进入了新一轮的发展周期，建设更强的枢纽机场、更多的中小机场，更优的机场布局是各机场集团发展的大好机遇。

二是机场加快建设的机遇。截至2023年底，我国拥有259座民用运输机场，与美国的机场数量相比相去甚远，同时与我国社会经济发展的需求也不匹配，加快各类机场的建设是中国民航高质量发展的当务之急。

三是发展立体交通枢纽的机遇。当前，我国高铁网络发达，高速公路网络密集，实现空铁互联、空巴互联，打造立体交通枢纽，是建设交通强国的重要一环。

当然，有机遇也有挑战。

一是持续亏损的挑战。疫情三年给民航业带来了巨大冲击，加上机场集团下

辖许多中小机场，因此许多机场连续亏损，给未来发展带来了不小的压力。如在2020~2023年期间，首都机场集团净亏340亿元，四川机场集团净亏89亿元，浙江机场集团净亏63亿元，云南机场集团净亏47亿元，绝大多数机场集团都出现了巨额亏损。

二是资金压力的挑战。连续几年的亏损，加上当下进入加快机场建设的新阶段，各机场集团旗下新建机场、改扩建机场等大型工程项目较多，动辄数十亿、上百亿的建设资金，其中较大部分由机场集团自筹，给机场集团带来了较大的资金压力。

三是整合资源的挑战。虽然大部分省市已组建了机场集团，但许多机场集团并未将省内机场全部整合在内，如山东的青岛胶东机场、江苏的无锡硕放机场、广东的深圳宝安机场等，甚至许多中小型机场都未被整合，这也给机场集团进一步协调发展带来了较大压力。

有关建议

一是协调好民航各方之间的关系。在推动我国民航业发展过程中，局方、航司、机场、油料等等都是利益相关方，其中航司与机场两者之间的关系尤为重要，协调好、平衡好、处理好这两者之间的关系，是推动当地民航业发展的基础。

二是整合好地方机场的资源。由于许多机场集团虽然是省级机场集团，但省内机场尚未全部收归管理，不利于地方的统一规划、协调发展，建议进一步加快整合地方机场的资源。

三是引入社会资本参与。由于未来较长一段时间内，各机场集团都需要巨大的建设资金投入，资金压力巨大，建议引入一些社会资本参与机场集团的发展，共享未来机场发展红利。■

表1 | 2023年度十大机场集团(以旅客吞吐量排名)

排序	机场集团	旅客吞吐量(万人次)	货邮吞吐量(万吨)	起降架次(万架次)
1	首都机场集团	20260	191	174
2	上海机场集团	9697	380	70
3	四川机场集团	7864	78	74
4	广东机场集团	7614	208	57
5	浙江机场集团	7403	109	58
6	云南机场集团	6400	41	50
7	西部机场集团	6086	35	55
8	海南机场集团	5387	30	56
9	重庆机场集团	4589	39	33
10	东部机场集团	4236	45	42

“龙雀号” 无人机团队梦想

文 | 吴苡婷



杨小权
Yang Xiaoquan

上海大学现代飞行器空气动力学研究中心负责人、教授。

2023年8月25日11时50分，在浙江湖州安吉试验基地，随着上海大学力学与工程科学学院院长张田忠教授在线上的“一声令下”，一架翼身融合、翼长2米多，酷似“鳐鱼”的无人机腾空而起，

以40米每秒的速度向一望无际的蓝天飞去。

“SA-80 龙雀号”无人飞行器和中国市场上的现有无人机有很大差异，这架看似平常的无人机肩负着的是中国航空人的未来

使命，承担研发任务的上海大学现代飞行器空气动力学研究中心，服务国家航空航天事业和社会经济发展，以“应用导向”“定位前沿”“领域布局”为目标，研究空天飞行器的关键空气动力学

问题和与空气动力学耦合的重大难题，在航空器的气动布局设计方面开展探索实践，为中国大飞机的未来机型变化提供一种设计可能。本刊特约记者走进上海大学现代飞行器空气动力学研究中心，采访了研究中心负责人杨小权教授。

面向未来的飞机造型

走进上海大学现代飞行器空气动力学研究中心，第一眼就看到门口的“SA-80 龙雀号”无人飞行器模型，和普通的飞机不一样，其整体形状是扁平的，通体白色，没有单独安装的传统机翼，背部有绿色的小天线，尾部有两个醒目的发动机装置。

模型旁边就是空气风洞实验室，这是一个集气动和声学于一体的测试平台，主要开展无人机研制中的各种试飞测试，科研工作者在其中观测各种参数，再来改进研发工作。

记者到达时，空气风洞实验室中正在紧锣密鼓地进行空气动力学实验，门口上方写着“面向世界科技前沿，破解空天技术难题”几个大字显得格外亮眼。

杨小权教授告诉记者，与传

统机型相比，这款机型优势在于“气动效率”高，可以实现低油耗和低碳排放，并具有低噪声等特点。

“国外很多发达国家的研究机构都在进行未来飞机机型的研究工作，我们也在努力中，主要是希望解决航空飞行器湍流与噪音等基础科学问题，主要步骤是从气动效率方面开始布局设计和飞机外形的优化设计工作，再上升到整个飞控系统的设计，进而开展试飞试验，以掌握飞翼布局一体化设计技术，最后，再应用到大型客机研制中。”杨小权介绍

说，“SA-80 龙雀号”无人飞行器采用的仿生学设计模式，从目前的情况看，这种机型更大的装载空间和更轻的结构重量展现出了成为下一代超大型运输机的潜力，当然作为民用飞机的话，也会超越现在绝大多数机型的空间面积，也许可以突破目前乘客的乘坐数量上限，还可以在飞机内部创造更多的功能空间，让飞行变得更加舒适。

杨小权也坦言，这种机型要走向商用，还有非常漫长的路要走，目前圆柱形机身的各种商用飞机的机型都是经过了几十年的性能积淀，才投入到实际应用



中去，最关键的是安全性必须达标，其次是经济性，同时还要建立该种机型飞机的适航条例。目前“SA-80 龙雀号”的飞机机型研制工作还处于起步阶段，虽然这款翼身融合布局有一定的优势，但是也存在诸多缺点，比如目前机型的气动与结构耦合能力较强，两侧受力感觉明显，飞机的稳定性和操控性有些偏弱，尚未开展起降增升系统的设计。另外，由于目前机型太小，尚未开展高速性能的测试。这些都需要后续开展持续的研究工作去探索和攻克。

第二代机将实现全智能飞行

去年实现安全起飞的是“SA-80 龙雀号”无人飞行器的第一代机型，当时成功完成了4个大项28个子项的测试试验，并严格按照预设任务要求，精准执行起飞、爬升、巡航、回旋和着陆等重要飞行任务，出色完成了各项科研任务。

杨小权告诉记者，今年的第二代机型在第一代机型的基础上进行了改进，调加了尾翼上有曲率的上反角，加厚了中机身，用

于装载更多的货物。整个机翼长度从第一代机型的2.2米增加到了4.5米长，飞行速度从每秒40米增加到了每秒80米，和我们目前民用飞机速度相似，持续飞行时间从30分钟延长到了1小时，还配置了更加先进的涡喷发动机和高端摄像摄影设备，可以进行实时传递数据。

“‘全智能飞行’是第二代机型最大的特点，第一代机型需要用遥控器来控制，只能称为半智能飞行模式，第二代机型可以依靠飞行控制系统和计算机上的程序实现自动驾驶，只需要提前设计好航线，在计算机上点击起飞按钮，飞机就可以‘自觉’完成飞行任务。”杨小权介绍说。

杨小权打开计算机，在软件中让记者看“SA-80 龙雀号”无人飞行器的第二代飞机的构型，第二代机型从正向看似是一只展翅高飞的雄鹰，侧面更像是一条在海中劈波斩浪游动的鲸鱼。

“目前上海市正在推动低空经济产业发展，在空天利用领域，上海提出突破倾转旋翼、复合翼、智能飞行等技术，研制载人电动垂直起降飞行器，探索空中交通新模式。聚焦智能机载、复合材料、新能源动力创新，研制超音

速、翼身融合等新一代商用飞机，推动氢电池、氢涡扇等氢能飞机技术验证示范。2023年6月，金山区出台《金山区关于推动无人机产业高质量发展暨深化建设华东无人机基地的行动方案（2023—2025年）》，未来将加快无人机体系化、规模化、特色化发展，协同打造长三角世界级无人机产业集群。”杨小权介绍说，“SA-80 龙雀号”无人飞行器的科研成果十分契合上海的发展需求，处于科技成果策源地的上海大学现代飞行器空气动力学研究中心也盼望和上海乃至全国的无人机企业开展合作，后续积极推动“龙雀号”无人机的产业化，服务更多的无人机企业。

拟投入多方位工业级应用场景

值得一提的是，“龙雀号”无人飞行器将会瞄准服务上海和长三角地区区域经济的发展进程。杨小权透露说，“龙雀号”无人飞行器第二代机型预计在今年年底实现首飞。针对长三角地区的低空产业发展需求，上海大学现代飞行器空气动力学研究中心与上海测慧信息科技有限公司开展

“龙雀号”无人飞行器的第二代机型十分庞大，属于中型无人机，性能稳定，一小时可以飞行200至300公里，可完成大面积航测工作。

交流合作，双方联合攻关，共同研制面向航空摄影、环境监测、应急救援及低空运输的高性能无人机，“龙雀号”无人飞行器第二代机型将逐步投入到多方位工业级应用场景中。

为满足规划、国土资源管理、市政建设、城市信息化等工作需求，高分辨率航空影像图作为重要的数据支撑，是上海市及各地方相关部门基础任务之一。一般情况下，航空摄影每日测量的黄金时段是正午前后两个小时。此时太阳高度最高，阳光射向地面的夹角最接近90°，地球上的物体在阳光下产生的阴影最小，测量效果最佳。而航测会遇到的不可控因素很多，比如恶劣天气、空域管制、无线电传输频段干扰等，因此作业的黄金时间就更短，对无人机测绘效率的要求就更高。

“传统多旋翼的无人机体积比较小，一般采用垂直起降方式，遇到阻力很大，一般只能飞行半小时左右，航测的面积十分有限，而且这种无人机的抗风能力很差，

在遇到侧风，或在水域上空飞行时，这些无人机很容易被刮跑，无法确保完成任务。”杨小权介绍说，“龙雀号”无人飞行器的第二代机型十分庞大，属于中型无人机，性能稳定，一小时可以飞行200至300公里，可完成大面积航测工作，因较快的飞行速度，在提高作业效率的同时，凭借其航时长的优势，避免了因续航不足而导致的反复起降，并同时克服了因反复起降而造成的作业时间和成本的增加；也避免了数据采集时间跨度过大，造成的航片整体亮度不一致的情况，提高了数据采集质量。另外还可根据需要，在指定区域内，可进行长航时巡航监测工作；在应急保障期间，可及时递送紧急物资；在物流运输方面，可覆盖长三角区域长距离运送货物，服务社会需求。■



飞机除冰为什么要关闭座舱空调系统

文 | 胡涛

2015年1月10日，MU2036航班（机型为波音737-800）在昆明长水机场进行地面除冰后推出准备起飞过程中，机上旅客打开3个机翼上方的应急出口导致航班放弃起飞。据相关消息，当时昆明机场正下大雪，多数航班发生了延误，为了保证飞机安全起飞，起飞前飞机推至除冰位置进行了地面除冰，并同时关闭了飞机座舱空调系统约30分钟，此过程中有乘客反映身体不适，并由此引发了乘客和机组人员之间的矛盾，最终情绪激动的乘客打开了4个位于机翼上方应急出口中的3个，导致飞机不得不放弃起飞。

这起事件，一方面体现了乘客对中国及国际民航相关规定或程序要求的不知晓或不理解，另一方面也说明了广大公众的航空安全意识淡薄，对于诸如在起飞或准备过程中打开应急舱门的危害性和后果不甚了解。今天我们就这起事件和大家聊一聊飞机地面除冰的相关要求，以及对飞机应急出口的相关要求和规定。

飞机地面除冰方法和程序

由于民航史上曾发生过多起因飞机结冰导致的航空事故，所以飞机除冰早已成为了机场和航空公司共同关注的重要问题。

早期，给飞机除冰的方法是用热水喷洒在飞机的机翼和尾翼前缘，效果很好。但是当外界温度远远低于零度时，热水在低温环境下会很快在飞机表面上重新冻结，只有在使用热水除冰后的三分钟之内起飞，才可以起到除冰防冰的作用，有很大的局限性。

现在使用最多的除冰方法是用经过加热（大于80°C）的混合配比乙二醇除冰液喷洒到飞机的典型表面，以清除冰层并同时起到防冰作用，一步操作完成除冰和防冰工作。

至于飞机在地面或者空中防除冰的具体过程，每型飞机都有一套科学、严谨的防除冰程序，并在飞机飞行手册（AFM）中清楚地给出。

根据不同的运行要求和当地机场的政策，发动机慢车工作或关闭状态下的除冰可以在登机门区域、专门的除冰区或稍微推离登机门区域的地方进行。在由除冰人员执行除冰时，对这些不同的除冰方法适用下列通用的通讯程序

发动机关闭或慢车（向驾驶舱发手势信号要求关闭发动机）。

1号除冰人员：（在除冰开始前）“确认刹车就位。确认飞机做好喷洒准备。”

机长：（刹车就位、关闭空调组件等之后）“刹车已就位，空调系统已关闭，飞机已做好喷洒准备”。

或在开始使用除冰/防冰液前，地面除冰/防冰人员向机长确认航空器是否处于适当的除冰/防冰构型，例如：“机长，此飞机是否可以除冰/防冰？”

在完成除冰/防冰后，地面除冰/防冰人员向机长通报使用除冰/防冰液的类型、浓缩比例和最终使用液体的开始时间。

飞机地面除冰过程中，需要短暂关闭飞机座舱的空调系统，这是因为在地面除冰过程中，如果不关闭飞机空调系统，除冰液蒸汽通过飞机动力装置引气进入飞机空调系统，进而污染飞机座舱的空气。因此，在进行地面除冰之前，必须关闭飞机发动机引气活门，以及APU引气活门，空调系统也不得不随之关闭。

在地面除冰完毕后，仍需要使发动机和APU运转1分钟以上，保证除冰液污染排除干净后方可打开动力装置引气活门，恢复座舱空调系统。

应急出口的重要性

对于运输类飞机而言，适航规章CCAR25.807至25.813条对应急出口有明确的规定，包括应急出口的类型、应急出口布置、应急撤离辅助设施（应急滑梯等）、应急出口标记、应急出口通路等要求。航空器设计和实际运营过程中必须予以充分贯彻并向局方表明符合性。

CCAR121.593“应急出口座位的安排”对于坐在应急出口附近的乘客的职责、行动能力和阅读理解能力等都给出了明确的要求。由此可见，不是谁都能够坐在应急出口位置，同时我们也应该意识到，每一架航班，乘坐应急出口座位的旅客的重要性，他们不仅是航空公司尊贵的旅客，更是在紧急情况下和乘务组一起保护旅客安全的援助者。

航空安全靠大家

1988年2月24日签订于蒙特利尔、1989年8月6日生效的《制止在为国际民用航空服务的机场上的非法暴力行为的议定书》（简称《蒙特利尔公约补充议定

书》）于1989年8月6日对我国生效。该公约较之《海牙公约》，扩大了罪行范围，使其包括“在飞行中”的航空器内所犯罪行，也包括“在使用中”的航空器内所犯罪行；既包括直接针对航空器本身的罪行，也包括针对航空设备的罪行。

此次事件中，飞机准备起飞过程中旅客无故打开应急出口舱门，直接威胁到了航空器的安全运行，属于上述《蒙特利尔公约补充议定书》中规定的在“使用中”的航空器内的犯罪行为。

航空器运营过程中的安全性，除了持续适航性的保证以外，还需乘客和机组人员共同保持，飞行过程中乘客需配合机组人员落实各项规定，例如起飞和着陆过程中调直座椅靠背、收起小桌板、打开遮光板等要求，这些规定不仅合情合理，而且与旅客安全息息相关。因为不怕一万，就怕万一。当旅客与机组人员发生矛盾时，需要双方在保持冷静的基础上做好协调沟通工作，保证飞机运营安全永远都是放在第一位的。■

航空史上的 8 月

辑录 | 黎时

1908年8月8日，美国威尔伯特·莱特在法国勒芒驾驶“飞行者”开始进行飞行表演。在接下来的几个月里，这架飞机的飞行彻底扫除了欧洲人对“美国骗子”的怀疑，对欧洲航空发展产生了深远的影响。

1909年8月22日~27日，世界上第一次国际飞行大会在法国兰斯城举行。除表演飞行和基本特技飞行之外，还有多种项目的比赛。兰斯飞行大会吸引了50万观众，奖金总额超过20万法郎。

1910年8月15日，中国留学日本的李宝焘、刘佐成两人随同清政府驻日公使胡惟德携带自制飞机回到国内。当时国内报纸报道：李宝焘、刘佐成在日本研制成“单页飞机一具，屡经试验，颇见成效”，“此种秘密研究，关系匪

浅，侨寓外邦，诸多不便，是以驻日公使深知为难之处，于月前资送回国。”至此，中国大地上有了第一架国人自制的飞机。

1912年8月25日，冯如在广州燕塘公开进行飞行表演时不幸失事，经医院抢救无效，以身殉国，时年29岁。

1913年8月2日，世界上当时最大的飞机——西科斯基研制的“伟大”号带8名乘客飞行1小时54分。

1919年8月9日，中国试制成功第一架水上飞机——海军飞机工程处“甲型一号”。研制单位是1918年2月成立的海军飞机工程处，由留美归来的巴玉藻任主任，王助、王孝丰、曾贻经任副主任。

1919年8月12日，中国向英

国维克斯公司购买“大维米式”客机40架、“小维米式”教练机25架，及“爱佛罗式”教练机20架，是我国首次大量从国外采购民航飞机。

1919年8月28日，国际航空交通联合会 (International Air Traffic Association, IATA) 在荷兰海牙成立，那一年世界上第一次有了国际定期航班。该协会在二战期间解体，后被1945年4月16日在哈瓦那新成立的“国际航空运输协会” (International Air Transport Association, 缩写仍为 IATA) 所取代。

1934年8月6日，李霞卿获得瑞士航空俱乐部颁发的飞行执照，成为第一个拿到瑞士飞行执照的中国人。当时教官们还饶有兴致地给她取了一个外号，叫“东方的蜻蜓”。

1939年8月27日，世界上第一架以涡轮喷气发动机为动力的飞机——海因克尔公司 He-178 在德国罗斯托克首次试飞，试飞员是艾利希·沃希茨。发动机是帕布斯特·冯·奥海因博士设计的 HeS 3b。

1944年8月18日，中国南川第二飞机制造厂研制的中国第一架自行设计的运输机“中运一号” (C 0101) 首次试飞，从重庆飞到成都。

1945年8月25日，八路军借

用美军飞机送刘伯承、邓小平、林彪、陈毅等20位各战区高级干部到前线。飞机一路颠簸，4个多小时后终于到达目的地——黎城县长宁临时机场。这次空运，使本来至少需要两个多月艰苦跋涉的输送任务，在几天之内完成，为保卫抗战胜利果实赢得了宝贵时间。

1947年8月31日，苏联安东诺夫设计局安-2多用途飞机首次试飞。安-2在苏联、中国、波兰总产量超过18000架，是世界上生产数量最多的双翼飞机。我国仿制的安-2称为运5，1957年12月10日首次试飞成功。

1949年8月10日，加拿大阿芙娄公司 C102 喷气客机首次试飞，成为西半球设计和制造的第一款喷气航线飞机，也是全球飞行的第二款喷气航线飞机。

1950年8月1日，中国民航利用“两航”起义的飞机，开辟天津—北京—汉口—重庆、天津—北京—汉口—广州两条航线，是新中国民航国内航线的正式开航，史称“八一开航”。潘国定驾驶康维尔-240“北京”号 (XT-610) 执行天津-广州航线。

1956年8月2日，新中国第一个飞机设计室——沈阳飞机设计室成立。



▲ 1950年8月1日，机组人员在首航班机前合影



▲ 日本 YS-11 支线客机

1962年8月30日，日本航空制造株式会社研制的 YS-11 首次试飞。该机是日本在二战后首次开发自制的螺旋桨民航机，共生产了182架。

1963年8月20日，英国 BAC1-11 双发喷气客机原型机首次试飞。

1969年8月6日，苏联制造的有史以来最大的直升机——米里设计局 V-12，由飞行员克罗申科驾驶首次试飞成功。

1970年8月21日，中央军委、

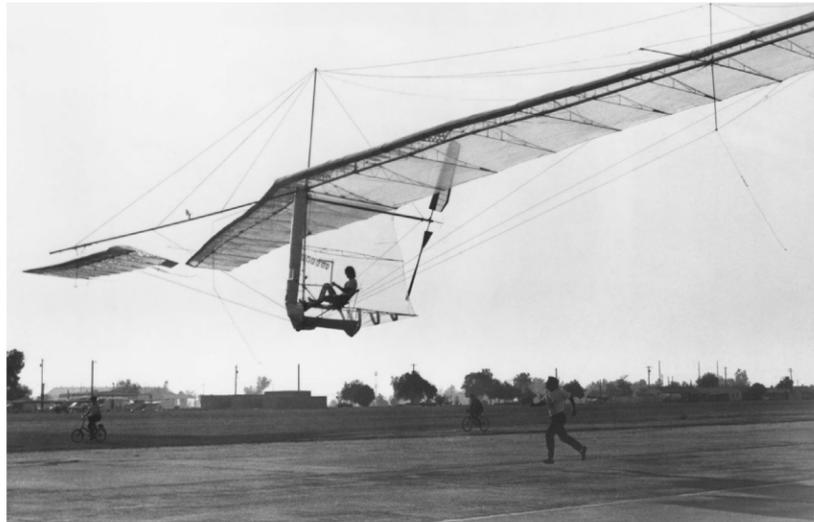
国家计委正式行文，向上海下达大型飞机研制任务，代号708工程，飞机命名为运10。

1970年8月29日，美国 DC-10 原型机成功首飞。

1977年8月23日，“蝉翼秃鹰”人力飞机终于实现了18年来没有攻破的难关——“8”字飞行。飞行持续7分28秒，高度超过3米，平均时速18千米。飞行员、英国人布莱恩·艾伦和飞机研制者美国人保罗·麦克格雷迪共同赢得了航空史上奖金额最高的5万英镑。

▼ 世界上第一架喷气式飞机 He-178





▲ “蝉翼秃鹰” (Gossamer Condor) 人力飞机

1980年8月7日，杰尼斯·布朗驾驶麦克格雷迪研制的“蝉翼企鵝” (Gossamer Penguin) 进行首次以太阳能为动力的飞行。

1984年8月14日，波音727生产了1832架后关闭生产线。

1984年8月16日，法国和意大利联合研制的ATR42双发螺旋桨支线客机首次试飞。

1988年8月26日，中国航空机载设备总公司和中国航空发动机总公司成立。

1989年8月1日，北京飞机维修工程有限公司 (Ameco) 成立，是中国国航和德国汉莎航合资建立的飞机维修企业。该公司除了确保国航全部机队正常运营外，还为近百家国内外用户提供维修服务。

1990年8月10日，中国华航飞艇开发集团研制生产的“浮空”4号充氦气载人飞艇在湖北荆门首飞成功，项目填补了我国航空发展中的一项空白。

1994年8月17日，美国总

统克林顿签署《通用航空振兴法案》，让美国通用航空制造商起死回生，该法案将通用飞机和零部件的产品责任限定在出厂后的18年内，其后出现的飞行事故，制造商可免于法律诉讼。

1995年8月11日，巴西飞机工业公司50座喷气支线飞机EMB145 (机号PT-ZJA) 首次试飞。

1995年8月24日，空客公司150座飞机系列中最小的型号——124座的A319在德国汉堡下线出厂。第二天，在工厂机场进行了首次试飞。

1997年8月1日，波音与麦道公司完成合并事宜，成立新的波音公司。

1997年8月13日，A330-200首次试飞。

2001年8月25日，运8F-400在陕西城固机场首次试飞，是在运8F-200基础上研制的新型民用货机，采用全新设计的驾驶舱，换装航电设备，将原来的五人驾驶体制

改为三人驾驶体制，最大商载15吨。

2004年8月8日，广州新白云机场正式投入运营。

2009年8月15日，一架编号为B-3453的“新舟”60支线飞机从西安飞往延安，幸福航空有限责任公司正式投入运营，是国内首家批量使用国产民机的航空公司。

2009年8月18日，中国国际货运航空公司装载着海协会调集的40多吨救灾物资从北京飞到台湾高雄，是祖国大陆第一次通过货运包机空运救灾物资到台湾。

2019年8月15日，俄罗斯的乌拉尔航空公司上演了堪比美国“哈德逊奇迹”的迫降，在遭遇鸟击后双发失去动力的情况下，飞行员将一架载有234人的空客A321迫降在了玉米地里，机上人员全部生还！普京总统随后下令授予机长和当班副驾驶“俄罗斯英雄”称号。

2023年8月31日，北京航空发动机维修有限公司正式于首都机场临空经济区开工建设。该公司由中国国航与英国罗罗公司共同出资成立，双方各占股50%。这是航空发动机巨头罗罗公司首次在中国内地设厂，也是其全球第四家“遑达”系列发动机维修合资公司。预计2026年投入运营。■

第三轮论证——体制改革之争 ——《张彦仲传》摘编 (九)

文 | 归永嘉 李韶华 雷杰佳

对体制问题，一直存在着极大的不同意见。首先是要不要改革体制的问题？2013年2月19日国务院专题会议指出，“实施好重大专项，决心是前提，经费是保障，体制机制是关键”“体制机制是重大专项顺利实施的根本保证”“要着手开展体制机制阶段的论证工作”。根据国务院专题会议的要求，体制不但要改革，而且是关键。论证委员会成立了体制小组，先在小范围内进行体制机制论证的准备工作。体制小组由陈小津、许善达、冯飞等人组成，陈小津任组长。

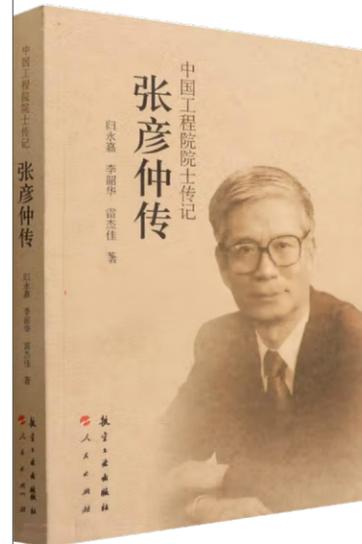
体制小组成立以后，请中国科技信息研究所、国家专利局等单位提供全世界“两机”的体制和知识产权的材料。又深入调研，认真讨论，先后共召开了22次会议，听取意见。既有许多单位写的、个人写的、联名写的，也有集团给领导写信，提出各种不同的体制意见。

2013年3月，有航空工业的老领导给两位副总理写信，提出航空发动机“是生产层面的问题，而绝非生产关系层面的问题”“不存在体制问题”！

体制组研究了国外成功的经验，分析了飞机与发动机的技术规律、市场模式的不同特点，总结我国发动机60年的经验教训，认为要突破发动机瓶颈，着眼长远战略发展，尊重科学规律，改革体制机制是关键！2013年5月31日，陈小津同志在科技部向万钢、苗圩汇报体制改革的思路，提出当前亟待明确：航空发动机的体制机制是不是关键？现行的体制要不要改革？如何体现：动力先行，自主发展；加强领导，提高产业地位；突出主业，集中精力，抓好专项；打破封闭，发挥举国体制优势，加强基础，建立强大的战略性新兴产业链？改革必然涉及利益集团藩篱，要有决心。

在此期间，中航工业集团也写了报告，提出“必须维持飞发一体体制”！另一方面，有清华大学、20多名院士、行业内外几十名发动机老学友写信反映“体制问题必须改革”，提出加强和改革航空发动机体制的建议。2013年7月，发改委一位原秘书长写给朱镕基同志的信，提出建立南北两个航空发动机及燃机集团的建议。7月5日，镕基同志把信批给王勇国务委员阅。王勇报给高丽、延东、马凯、万全阅批。7月22日高丽批示“请发改委抓紧与相关部门研究提出意见并书面报告镕基总理”。

2013年12月3日，发改委、科技部、工信部三部委向国务院上报《关于航空发动机与燃气轮机重大专项论证有关情况的报告》，要求加快体制改革的论证。2013年12



月6日，刘延东、马凯召开小范围汇报会，苗圩、王志刚、江小涓参加。张彦仲汇报了技术和经费方案，陈小津汇报了体制机制论证情况。科技部王志刚、工信部苗圩发表了意见。刘延东、马凯作了重要讲话。2013年12月12日，刘延东在发改委、科技部、工信部《关于航空发动机与燃气轮机重大专项论证有关情况的报告》（发改高技〔2013〕2433号）上批示：“确立‘两机’重大专项刻不容缓！”三部门和论证委员会要认真落实十八届三中全会深化改革的要求，解放思想，统一认识，打破利益藩篱。发挥社会主义市场经济条件下举国体制的制度优势。借鉴国外成功经验，按照“改革、创新、集约、高效”的原则，聚焦目标，整合资源，在进一步征求意见的基础上，抓紧深化论证，提出改革方案，力争早日按程序报批实施。

2013年底，中航工业集团主要领导写信给中央领导和习主席提出：航空发动机“不存在体制问题”“必须采取飞发一体体制！”“这么折腾下去，人心散了，队伍乱了，后果不堪设想”等。

这时各种意见也反映到国家老领导层面，引起老领导的关注。根据国务院领导的指示，科技部、工信部和专家委向几位国家老领导

汇报了专项的论证情况。2013年12月24日，万钢、王志刚、苗圩、张彦仲四人向吴邦国同志汇报论证情况。2013年12月31日，万钢、王志刚、苗圩、张彦仲四人向曾培炎同志汇报论证情况。2014年1月3日，万钢、王志刚、苗圩三人向贾庆林同志汇报论证情况。几位老领导都肯定专项的论证工作，支持对航空发动机的体制进行改革，实现动力先行。2014年1月15日，万钢、王志刚、苗圩三位部长向军委许其亮、张又侠汇报论证情况（张彦仲因病未参加），征求军方的意见。刘胜代表总装备部对技术方案、经费比例和管理模式提了意见，表明支持国务院对航发体制进行改革；许其亮、张又侠表示完全同意刘胜同志的意见。

2014年1月20日下午，刘延东、马凯在国务院第三会议室召开汇报会议，江小涓、万钢、王志刚、苗圩等出席。会议由陈小津汇报专项体制机制方案，张彦仲汇报技术和经费方案，万钢、苗圩、王志刚发表意见。三位领导总结如下：（1）技术方案：已经冻结不要再变。（2）经费方案：来之不易也不要变。尽快征求财政部的意见。（3）体制方案：原则、框架要定下来：①飞、发分开：有利于动力先行、摆脱从属关系、独立自主发展；提高产业

地位、体现国家意志；集中精力、解决瓶颈；军民结合、突破关键、掌握核心；扩大开放、吸收国际成功经验；举国一体、打破封闭、加强基础。②航、燃分开：航空发动机的体制高层已达成共识，先把它解决好。燃机已报工业研究院模式，也可考虑后补助方式。③军民结合：动力先行，核心机、关键技术、基础研究要军民结合。方案要更好地保军，这部分要突出。④举国一体：股权要多元化，材料、工艺等基础研究，人才培养等要发挥举国一体力量，打破封闭。⑤扩大开放：两条腿走路，能合作的要合作，要站在巨人的肩膀上。

2014年1月27日下午，召开论证委全体委员会，先由科技部万钢、工信部苗圩讲话。两位领导通报了党中央、国务院、中央军委领导的讲话精神，传达了邦国、庆林和培炎等老领导对“两机”专项及体制问题的意见。

2014年1月28日上午，由陈小津同志主持，论证委员会全体专家认真讨论了体制组提出的航空发动机改革方案和燃气轮机改革方案。体制组提出：“飞发分立”的体制方案，认为：一是有利于提高航空发动机的国家战略地位，实现航空发动机产业的专业化、独立发展。二是有利于实现动力先行，克

服航空发动机研制长期从属于飞机型号的弊端。三是有利于落实对中央直接负责的专项责任主体，在国家层面加强对发动机的直接领导权、决策权，体现国家意志。四是有利于企业领导专心致志，心无旁骛，集中资源，集中精力解决发动机的瓶颈问题。五是有利于形成举国体制，打破封闭，发挥全国人才和基础研究的作用。大家讨论一致同意体制组提出的体制方案，也提出一些具体修改意见。

1月28日下午，陈小津同志主持体制组扩大会议（孙刚、叶金福等人参加），根据讨论意见对体制方案做了文字修改，形成了体制方案论证的最后意见，由体制组直报延东同志。2月26日，“两机”论证总方案（含经费、体制）按程序上报万钢和苗圩，由两位部长报两位副总理，等待国务院审批。

这时，财政部门对经费问题提出新的意见。2014年3月27日，财政部陆素娟同志等人来北航了解航空发动机的技术经费问题，张彦仲、尹泽勇、刘大响院士等人参加。4月底，财政部陆素娟同志三人来了解燃机的经费问题，孙昌基、蒋洪德、肖云汉、陈华清、张彦仲等人参加，孙昌基主汇报。财政部主要意见是：经费要经中介机构（如中国国际工程咨询公司）花一段时

间评审，调整下来后才能确定。2014年4月16日科技部许惊、工信部张相木等召集，张彦仲等正副主任参加，传达领导指示精神，征求对财政部来函的意见。科技部、工信部根据讨论情况向领导汇报，提出专项刻不容缓、“先定事、后定钱”的意见。

2014年5月16日，李克强同志在国务院第二会议室召开专题会议，听取“两机”专项的汇报。刘延东、马凯、江小涓、丁白杨、石刚、万钢、苗圩、徐绍史、楼继伟等领导参加。会议由万钢、苗圩部长汇报专项论证方案，张彦仲、陈小津补充。徐绍史、楼继伟等发了言。马凯、刘延东讲话，李克强作了总结。会议原则同意论证方案，原则同意成立中国航空发动机工业集团公司；燃机体制要发挥市场作用；先定事、后定钱，抓紧上报国务院、党中央审批。

2015年“两会”以后，4月1日，李克强主持召开第86次国务院常务会，审议“航空发动机及燃气轮机实施方案”。张高丽、刘延东、马凯、汪洋、杨洁篪、郭声琨、王勇出席。徐绍史、楼继伟、周小川、万钢、王志刚、苗圩、高虎城、袁贵仁、白春礼、周济、张毅、白克力、许达哲、刘胜等参加。张彦仲、陈小津等列席。会议由万

钢代表科技部、工信部做汇报，各位副总理和国务委员都发了言，又征求总装备部刘胜同志的意见，李克强总结。决议如下：会议听取并原则同意科技部万钢关于《航空发动机及燃气轮机国家科技重大专项实施方案（送审稿）》（以下简称《实施方案》）的汇报。

会议认为，党中央、国务院高度重视航空发动机及燃气轮机国家科技重大专项论证工作，经过专项论证委员会和有关部门近三年的论证和多方听取意见，有关方面就《实施方案》的发展战略、重点任务、技术途径、经费需求和体制机制等达成共识，《实施方案》总体可行。

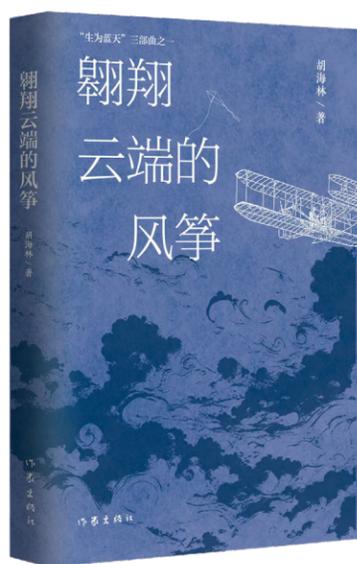
会议强调，实施航空发动机及燃气轮机国家科技重大专项，要注重原始创新和集成创新相结合，加强基础研究，引进国外尖端人才；注重体制创新，坚持市场化运作，加强军民融合，政府予以支持；注重协同攻关，形成工作合力。

会议确定，请科技部、工信部根据会议讨论的意见，对《航空发动机及燃气轮机国家科技重大专项实施方案（送审稿）》作进一步部署，按程序报批后，提请中央政治局常委会议审议。■

飞机市场扩张速度快 冯如抓紧自主研发发动机

——《翱翔云端的风筝》摘编（二）

文 | 胡海林



时间一进入 1908 年，欧美的飞行热度不断升温，有关飞行表演竞赛的消息越来越多。居伊从纽约给冯如寄了几本英文版的法国《航空爱好者》杂志，还有一份《纽约时报》，并且在报上的一篇文章上画了圈，写了一句话：“冯如，看来你的追求有‘钱’景！”另外还附了纸条，写道：别忘了生意，无线电收发报机应该继续进行。

《纽约时报》刊登的新闻是一则消息：美国战争部意识到动力可控飞行不是人类的梦想，而是正在诞生的现实。他们重新考虑了莱特兄弟的提议，发布了制造飞机的公

开招标，并意外收到多达四十份投标文件。最终，方案更成熟的莱特兄弟在 1908 年 1 月获得了战争部价值两万五千美元的订单。

冯如把《纽约时报》给黄杞看了，黄杞激动得直搓手，说道：“这莱特兄弟要发大财，战争部要订，规模那得多大啊？这份报纸得让股东们都看看，增加他们的信心，后面普通股就好扩展了！”

冯如说：“我这几个月静心思考研究，真正触及了研造飞机的根本，才知道路途会举步维艰，超出我之前对困难的预估。”说完，又递给黄杞一本《科学美国人》杂志，指着里面一篇文章说：“格伦·寇蒂斯，以全美空中实验协会名义设计制造的第一架飞机‘红翼’，已经试飞了。只能离开地面两米到三米间，飞行距离也不到一百米，性能比莱特兄弟之前的‘飞行者三号’还差远了。紧接着，他们又造了第二架命名‘白翼’的飞机，寇蒂斯驾驶，九十秒飞行了三百一十二米，性能仍然没有达到预期。寇蒂斯与赛尔夫里奇、鲍德温、麦克卡迪可是美国最好的飞机设计师啊！”

“那怎么办？开弓没有回头箭，你不能泄气呀！”黄杞拍着巴掌，眼盯着冯如说。

“我现在想着先把模型做出来。图纸做了一套，要大调整。最为难的是既要借鉴别人的先进经验，又要规避别人的专利，走自己的创新路子。莱特兄弟的 A 型飞机最成熟，但人家申请了诸多专利。我目前计划做双翼，可法国人都在探索单翼，比如桑托斯·杜蒙。”冯如翻开居伊寄来的《航空爱好者》杂志，指着里面的图案说，“布雷里奥同伏瓦辛合作，去年设计的飞机，就是单翼布局，机身头部安装一台发动机，机身前三分之一处安装机翼，可操纵舵面在飞机尾部。他还用蒙皮把飞机机身覆盖起来。”

黄杞伸头看了看说：“呵，外形很摩登呀！”

冯如笑着叹息道：“好看不行，关键是要飞得好啊！我想明天让司徒恩回东九街 359 号来，跟我一起把模型做出来。”

黄杞又提出无线电收发报机的事，说道：“居伊说得没错，无线电收发报机的事还需要进行。上次唐先生跟你见面，没有提致公堂买无线电收发机的事吗？”冯如摇摇头，说：“没有。只是送我一幅谢缙泰绘制的《时局图》给我，鼓励我要好好地把飞机研造出来，并没有别的事呀！”黄杞说：“最近我听讲，黄三德总会长同意了唐琼昌

先生的建议，各堂口都要设立无线电报室，配备一台无线电收发报机。全部采用广东机器制造厂的，以支持你研制飞机的壮国之举。”

“是吗？”冯如有些半信半疑，说道，“要是真的，当然好。我估计研造飞机的成本肯定要比预估的高。真的动起手来，才知道原先想得还不够细致。尤其是材料价格涨得很厉害，真的是为难朱竹泉了，有很多铜片与钢条都需要从洛杉矶购买。”冯如想了想接着说：“如果是真的，这事得劳烦黄叔你带司徒恩装配调试。”

黄杞说：“你找孙小姐帮着盯盯，我来负责组装，没有问题。”

这时，司徒恩扛着一捆粗加工后的木料进来，对冯如说：“师傅，这是你做模型的粗料构件，按你的基本尺寸先破料刨皮，都是胡桃木和柞木。”

冯如上前将粗料一件件拿起，仔细地察看一遍，问司徒恩：“没有西班牙的橄木吗？”

司徒恩说：“你说是做模型嘛，那个木料又贵又少，舍不得用，所以选的胡桃木居多。”

冯如笑着点头：“你倒是会算计，不过橄木丰富的颜色和纹理，适合雕刻制作模型，还是要舍得拿两根做纵轴。另外短刨、圆刨、槽刨、

拉钻、摇钻及凿子也得带过来呀！”司徒恩说：“来得着急，忘记了。哦，黄梓材电话打到场舍去了，朱兆槐接的。说他在弗吉尼亚州，报纸登了广告，莱特兄弟 3 月 10 日在迈尔堡进行公开飞行表演，问你要不要去看？他安排那里的华商朋友接待，帮你订好观看的票。”

冯如想了想，摇摇头：“我是想去看呀！到现在我还没有现场看过别人的飞机飞上天，连架飞机实物都没有见过。可弗吉尼亚离旧金山路途遥远，有四千公里的距离，来回要半个月，怕是要花费五十美元费用。”冯如想了想说：“我倒是想去趟洛杉矶，或者芝加哥，发动机的一些构件，朱竹泉还没有购置齐呢！”

黄杞说：“阿如，我想了很久，也跟张南、谭耀能商量过，一直没有跟你说，我们都认为发动机还是定制好。要么用莱特兄弟的，要么定制寇蒂斯的。而且莱特兄弟的‘飞行者一号’的发动机也是别人帮忙做的。现在他们都是美国的航空名人，有影响力。我们跟他们做了生意，自然就有了联系，技术上还可以交流学习一下。”

冯如看着黄杞，叹息道：“黄叔，你还没有感受到华人学机器技术之难吗？我专程到代顿，莱特兄

弟只让他的记者朋友与妹妹接待了一下。我在纽约也专程去见寇蒂斯，人家锁门失约。我给全美空中实验协会寄了两次申请书，人家回信说不接受华人入会。”

冯如一席话让黄杞陷入深思，拿出一支烟点燃，闷头不语，大口抽吸，再深深地从鼻孔涌出。冯如语气坚决地说道：“发动机必须自己造，而且我能造。这个过程，就是掌握飞机制造技术的过程，也是完善飞机设计的过程。发动机是飞机的心脏，与飞机的关系就像人的心脏和身体的关系。如果发动机不能造，就不能讲我们会造飞机，今后想改进飞机也必受制约。洋人会说，我们造出来的飞机，还是他们白人的东西。再说了，我们的目标是造千架飞机守卫中国海湾与港口，没有自己的发动机，将来为国制造飞机实在不利！”

黄杞吸完烟，将烟蒂扔在地上，用脚踩灭后，说：“行吧！阿如，你定下决心来，我们就无条件支持！”

冯如把模型做好后，又叫来尼里，还有黄杞、朱竹泉与司徒恩，想一起讨论技术问题与构件的材料与制作。

尼里顺便带了份《华盛顿邮报》，进来就递给冯如说：“莱特

兄弟在弗吉尼亚的飞行表演很成功，观者人山人海，还有官方人士到场监督验证，在空中飞了两小时二十分钟。战争部以两万五千元价格向莱特兄弟订造一架飞机的合同已经签署，并支付订金。今年9月在华盛顿试飞，要求能装载两人，总重一百六十公斤，并加有油箱。要求能够以每小时飞行六十四点四公里的速度，至少飞行距离两百公里。莱特兄弟正在表演的这架A型飞机，飞行速度为每小时五十六公里，有飞行一百二十公里的纪录。所以他们正在加紧研造莱特B型飞机。”

冯如接过报纸迅速浏览完，感叹道：“莱特兄弟的名字现在几乎全美家喻户晓了，成了街谈巷议的话题。不知罗伯特教授作何感想？”

尼里笑了，说道：“现在美国航空是群雄并起的时代，都认为自己是莎士比亚戏剧中的主角。罗伯特教授仍然认为莱特的‘飞行者一号’‘飞行者二号’是抄袭兰利教授的‘空中旅行者’。从空气动力学看，兰利教授的设计没有问题，仅是结构强度偏低，导致操纵机构可靠性差，才出现问题。”

“哦。”冯如笑道，“《纽约先驱论坛报》说，兰利教授的‘空中旅行者’在美国陆军与海軍军械

局的设计模型与大部分图纸，都不见了。因而怀疑莱特兄弟的飞机设计抄袭了兰利的‘空中旅行者’。”

“估计是，那份报纸的创始人贝内特，就是罗伯特教授的朋友。他们都支持纽约人寇蒂斯。听说寇蒂斯又造了架装配他自研的四十马力发动机的双翼飞机，命名为‘六月甲虫’，即将试飞。”尼里说完，指着模型说，“还是研究我们的事吧。”

模型是按全尺寸十比一比例做的，放在院内木棚内，犹如一只昂首挺立、欲腾飞而起的展翅雄鹰，颇为惊艳与壮观。大家围着模型仔细观看，都啧啧地叹为观止。尼里感叹道：“你真有一双灵巧的手，把模型做成艺术品了。尤其是双翼，这细麻线缝的针脚比机器织的还严密整齐！”

“是啊！”朱竹泉也感到奇怪，问冯如，“师傅，你什么时候学过裁缝？做风筝不用穿针引线呀！”

冯如笑而不答。司徒恩说：“我知道，师傅有一套意大利米兰鞋匠工具，是公理会教堂马蒂尼送的，他还教会师傅‘挪威缝’的皮鞋缝法。”尼里恍然明白过来，说：“难怪，马蒂尼老爹是世代鞋匠，我结婚时就是穿着他做的皮鞋，美观结实，舒适耐穿。”

冯如说：“我在马蒂尼老爹

的手艺上有创新，增加了固特异的缝法，先把翼面底缝合，再修整翼面，依次与中底、大底缝合。所以更美观更牢固，它在空中可是要有抵御六级以上风的力量。”接着，冯如指着双翼两边收窄的尖角，对尼里说：“这是我特别创新的地方，任何现有的资料从没有见过，我相信莱特A型飞机的双翼面也没有。我通过观察外面这几只鹰的飞行，发现鸟的翼尖像一个会提动的横向轴，在空气动力的反作用下，能达到飞行平衡。也就是鸟是通过翅膀的前后伸展实现稳定飞行。小时候，在家乡做风筝，不自觉地也用了这个方法，就是风筝的翅膀由宽渐窄。”

尼里一听也来了兴趣，笑道：“你变身德国的李林塔尔了，在鸟儿身上得到灵感。”

“确切说，这最早是达·芬奇的方法，你看……”冯如一指空中几只飞翔的鹰，说，“它们跟我已是好朋友了，这一年我的孤独与苦闷，就靠与它们相处来化解。寂寞时我就跟它们对话，我说我一定要飞上天空，自由地翱翔在云端。它们像是非常懂得我的心思，示范似地在我面前不停地展翅飞翔，让我细心揣摩学习。”

正在端壶续水的吴英南，插嘴说道：“你跟那几只雄鹰是有缘，

那是多少斤香喷喷的猪杂碎、牛杂碎换来的呀！”

顿时大家笑声一片，气氛热烈起来。张南推开院墙门走了进来，说道：“你们聚会，也不叫我，我只好不请自来。”冯如迎上前说：“哪里话，今天我们是讨论一下模型构造与质量重心问题。您的事多，怕耽误您啊！”

张南围着模型看了一圈，夸赞道：“真是巧夺天工，精美绝伦啊。”

黄杞对张南说：“张兄，你突然跑来，一定是有好事，说吧！”张南这才笑着对大家说道：“我昨天回了趟家，正好碰到孙小姐，她说唐经理让她告知我们，致公堂决定要在加州几个城市的分堂建立无线电讯室，购买五台无线电收发报机，要我们委派人员去总堂谈合作的事。”

黄杞兴奋地说：“我早就听说了，上次在这里跟阿如说了。这真是太好了！”

冯如对张南说：“这当然是黄叔、你与朱兆槐去谈啊！我刚好要给居伊回封信，正好让他高兴一下，终于有生意给他做了。”冯如接着又说道，“另外，我跟竹泉计划去趟洛杉矶，发动机的一些部件与材料采购的事，无论如何我要亲自看一看，毕竟材料结构强度马虎不得。另外也跟梓材叔见个面。”

尼里问道：“发动机决心自己制造？”

冯如坚定地点头，说：“虽然发动机的构造复杂，精度高，但我自信有做发电机的技术，在纽约花了很多时间，尤其是前年任李观长投资的机器人，基本上把发动机技术掌握了。而且寇蒂斯用摩托车发动机改造成航空发动机，足以说明其原理基本是一致的，可能只是冷却方式和气缸排列有不同。况且为莱特兄弟制造发动机的泰勒以前就是他们自行车工场的修理工。我有信心造出来！”

尼里说：“那材料的强度是关键！活塞直接与高温气体接触，瞬时温度达到两千五百度以上。受热受压分布不均匀，散热条件又很差，在气缸内往复运动速度不断变化，惯性力和附加载荷都很大，一般工厂的材料很难过关。”

冯如说：“是啊！所以我得去看，除了油底壳是铝的，其余都是铸铁材质，活塞、曲轴、连杆、气缸、缸体、进气阀和排气阀，整个流程我都在纽约船厂见过。我必须去现场看看他们翻砂制作的工序，才放心。”

“那什么时候去洛杉矶？”朱竹泉问。“得看你联系的到访厂家呀，先从枝哥的大光书林商店的供应商找起吧！”

朱竹泉答应后，与张南、黄杞一起回旧金山了。冯如与尼里、司徒恩又围着模型检验构架，讨论如何才能控制与保持飞行器平衡性问题。司徒恩问：“师傅，重心位置一看就知道呀，从机头到机尾的纵轴与两个横轴之间不就是呀？”

冯如笑了笑，回答司徒恩：“重心的位置对于飞机的平衡性非常关键，差之毫厘，失之千里。它们相互间的关系是纵轴与机翼相垂直的横轴，但真正的平衡点必须找出最基本的确切位置，才能确定水平尾翼的大小。我们必须在全尺寸制作前弄明白，要不然制作好的各种形状和尺寸的构件就会因毫厘之差而报废掉。而且到了空中，飞行中缺乏平衡性，受风力与动力推动，就会机毁人亡。”

司徒恩这才若有所思地点点头。冯如先是在石桌上画了坐标，再与司徒恩把模型抬到石桌上，围绕坐标系进行左右转向，测试横轴的重心。接着三个人又将模型抬到院墙外一个空场上，靠跑动的手感与眼睛来观察，进行前后左右的横摆运动，寻找判断纵轴的重心。这一番好似玩乐的游戏，立刻引来一群人好奇地在空场上围观与议论，甚至有人嬉笑着上前，也要参与抬着模型来回左右地跑。吓得冯如他们将模型抬回小院内。■



图 | 王脊梁