

## SUPER RIGHTS 超级权益

- 01 优享快速安检通道  
安检快人一步，再也不用面对超长的排队
- 02 尊享头等舱休息室  
舒适、舒心
- 03 30公斤免费行李额  
不必为了没有免费行李额而忧心忡忡
- 04 精致机上用品  
拖鞋、抱枕、迎宾热毛巾及饮品……
- 05 超级退改权益  
优惠、灵活的退改规则，尽享从容出行  
航班起飞前4小时—30天（不含）  
更有累计三次免费自愿变更权益



天骄航空  
Genghis Khan Airlines

多一点，其实多很多  
less price more surprise

预订与咨询 **0471-96175**  
[www.tianjiao-air.com](http://www.tianjiao-air.com)



## 回顾与展望

### 走出低迷 迎接曙光

#### ——全球商用飞机市场回顾与 2022 年展望

- 迎难而上 开拓进取, 以优异成绩迎接党的二十大召开
- 郭永怀, 让世界航空界致敬的中国科学家
- 热度不减的新加坡航展
- 从“重客轻货”到“客货并重”  
——《“十四五”航空物流发展专项规划》解读



# 大飞机

JETLINER

02 February

2022.02 | 总第092期

ISSN 2095-3399



9 772095 339228

# 2012.2.29

## 中国民航试飞团队 首次在世面前亮相

当天 15 时 06 分，局方试飞员张放、申请方试飞员刘宏亮以及局方试飞工程师揭裕文徐骏驰等人驾驶 ARJ21 飞机从西安阎良起飞，开展 ARJ21 飞机第一个局方审定试飞科目——空速校准的审定试飞试验。这一飞，标志着中国民航自此拥有了试飞审查能力。



张放（右一）  
刘宏亮（右二）  
揭裕文（右三）

# Contents



## 05

### 卷首语

05 曙光已现 | 欧阳亮

## 08

### 新发展理念

08 迎难而上 开拓进取  
以优异成绩迎接党的二十大召开 | 冯正霖



## 16

### 特别推荐

16 郭永怀，让世界航空界致敬的中国科学家 | 涵蕙

## 22

### 封面文章

22 走出低迷 迎接曙光——全球商用飞机市场回顾与 2022 年展望 | 杜婷  
28 民航运输业发展的机遇与挑战 | 尤怀墨  
33 全球航空动力市场发展及展望 | 董帼雄  
38 航空业奔向“零碳”的技术创新 | 齐汀



## 42

### 航空制造

42 热度不减的新加坡航展 | 彭静宇  
47 好景何时还——从市场预测看 2022 年波音与空客发展 | 陈培儒  
52 谨慎乐观：全球公务航空市场展望 | 曲小



## 56

### 航空运输

56 从“重客轻货”到“客货并重”——《“十四五”航空物流发展专项规划》解读 | 任治潞  
61 机遇还是挑战——海南自贸区探索航权开放的思考 | 张晋  
65 浅谈国产民机运行支持体系建设 | 马红亮



## 69

### 人物

69 做一个“抓铁有痕 踏石留印”的新时代大飞机人 | 崔鹤鸣 张慧萍



## 71

### 科普

71 大飞机如何加油 | 张冬

## 73

### 专栏

73 从宽桥起飞 | 詹东新  
76 “八一开航”中的一代传奇 | 柏蓓



## 本期解读

席卷全球的新冠肺炎疫情对航空业的影响是长远的。对全球商用飞机产业来说，疫情留下的“伤痕”还需要更长的时间才能恢复。但相比2020年，全球航空制造业与航空运输业都在2021年看到了曙光。

以全球商用飞机中最主流的窄体客机为例。2021年全球共交付了794架窄体客机，不仅比2020年增长了52%，甚至还超过了新冠肺炎疫情发生前的2019年。另一方面，由于货运需求的凸显，全球货机订单量创历史新高，为此一些飞机制造商已作出研发新货机的决定。

随着一些国家逐步放松管制，航空运输市场也在缓慢复苏。IATA预测，2021年，全球航空客运总量约为2019年水平的47%，2022年这一比例将升至83%，2023年升至94%，2024年升至103%，2025年升至111%。



- 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

2022年第02期 | 总第092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 赵越让

副主任 谭万庚

委员 赵九方 吴永良 郭博智 周新民

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

主编 欧阳亮

执行主编 庄敏 林喆

副主编 柏蓓

编辑 哲良 张凯敏 郑小芳 周逸云

记者 李欣阳 李琰 赵婷婷 阳庭庭

美术编辑 卢之萍 刘晓雨

摄影记者 管超 王脊梁 颜康植 张竞霄 翟俊杰

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

商务主管 吴頔

电话 021-20887110

发行主管 谭路

电话 021-20888713

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



今天，我们可以肯定地说，  
战胜疫情只是时间问题，  
曙光已现，胜利即在前方。

卷首语

## 曙光已现

文 | 欧阳亮

2月15日至18日，两年一度的新加坡国际航空展览会在新加坡樟宜展览中心举办。本届航展吸引了来自39个国家和地区的近600家厂商参展，1.3万名企业界人士及专业人员参加展览活动。与上一届相比，本届新加坡航展无论是参展厂商还是参展商客，数量都有所降低，而2020年的航展，已比2018年的规模大幅缩小。

作为世界五大航展之一，新加坡航展规模的再度缩小，无疑是新冠肺炎疫情对航空制造业与航空运输业的影响仍在蔓延的直接证据。不过，如果我们仔细看2021年各大民机主制造商与各航空市场的数据，就会发现，疫情的影响虽然还在，趋势却已从低谷抬头。

从航空制造业的数据来看，2021年，波音共交付了340架飞机，收获909架新飞机订单，与前一年相比，算是打了小小的翻身仗。2020年，波音才交付157架飞机，新增订单数也仅184架。空客的数据也比2020年有明显的增长。2021年，空客共向全球88家客户交付了611架飞机。这个数字不仅超过了其600架的年度交付目标，而且比上一年增长了8%。2020年，空客共交付了566架飞机，比2019年的863架减少34%。

从航空运输业的数据来看，国际航空运输协会2月份发布的最新预测数据显示，2021年，全球航空客运总量约为2019年水平的47%，2022年这一比例将升至83%，2023年升至94%，2024年升至103%，2025年升至111%。与2021年11月份相比，目前许多市场已逐步放松或取消旅行限制，短期国际航空运输市场复苏预期稍显乐观，尤其是北大西洋和欧洲区内的主要市场有所改善，亚太地区预计复苏会稍显缓慢。在国内市场方面，IATA认为，美国市场已经复苏，欧洲将在2024年全面复苏（达到2019年的105%），但中国、加拿大、日本和澳大利亚对国际旅行限制的取消缓慢，国内限制也有可能重新生效，预计2025年才能复苏（达到2019年的109%）。

新冠肺炎疫情是人类遭遇的重大挑战，对全球经济都造成了严重影响，但经过各方努力，人们已经找到了应对疫情的方法。今天，我们可以肯定地说，战胜疫情只是时间问题，曙光已现，胜利即在前方。

## 02 ↓

## 新加坡航展因疫情再缩规模

2月15日至18日，两年一度的新加坡国际航空展览会在新加坡樟宜展览中心举办。今年的航展吸引了来自39个国家和地区的近600家厂商参展，1.3万企业界人士及专业人员参加展览活动。



## 04 ↑

空客与魁北克政府为 A220 项目  
注资 12 亿美元

近日，空中客车和加拿大魁北克省政府同意共同为空中客车加拿大公司注资12亿美元（魁北克省政府3亿美元、空中客车9亿美元）以支持A220生产提速。

## 01

中国民航持续安全飞行突破 1 亿小时  
创世界最好纪录

2月25日，民航局新闻发布会公布，截至2022年2月19日，中国民航运输航空持续安全飞行时间突破1亿小时，创造了中国民航历史上最好的安全业绩，也创造了世界民航历史上最好的持续安全飞行纪录。



## 03 ↑

成航 ARJ21 机队春运旅客运输量  
达 6 万人次

2022年春运期间，成都航空ARJ21机队累计运输旅客6万人次，同比增长6.99%，创疫情发生后春节客运量新高，客座率、小时收入及座公里收入等关键指标稳步回升，部分航线效益一路“飘红”，多条航线单日小时收入创历史纪录。

## 05 →

## 巴航工业 2021 年交付飞机 141 架

2月21日，巴航工业公布2021年全年交付情况，2021年，巴航工业共交付飞机141架，其中商用飞机48架、他公务机93架。

## 06

## 俄政府公布民机产业拨款计划

近期，俄联邦公布为民机产品提供额外拨款的计划，将为UAC拨款16.16亿卢布（约1.32亿元人民币）的资金，其中10亿卢布（约8197万人民币）用于远程宽体客机项目。

## 07 ↓

## 普惠将研发新型氢能发动机

普惠将研发一款新型氢蒸汽喷射中冷涡轮发动机（HySIITE），该发动机将使二氧化碳排放量降至零，一氧化二氮排放量减少80%，并将燃料消耗减少35%。该项目已获得美国能源部380万美元的研发资金。



## 08

## 赛峰公布 2021 年全年业绩

2月24日，赛峰公布其2021年全年业绩，公司全年收益为152.57亿欧元，自由现金流16.8亿欧元。赛峰预计2022年全年收益约为180亿欧元，自由现金流约为20亿欧元。



## 09 ↓

## 大湾区航空公司获得营运牌照

香港已向大湾区航空（Greater Bay Airlines）颁发营运牌照，该牌照有效期为5年，允许其无限制运营从香港出发的104条航线的客运、货运或邮件航班。



## 10 ↑

空客与中国移动合作推进  
5G 空地互联应用

2月23日，空中客车与中国移动上海产业研究院签署合作备忘录，以在中国开展5G空地互联应用的产业化和试点阶段航线验证，并探索为航空公司客户提供端到端服务的解决方案。

以优异成绩迎接党的二十大召开

## 迎难而上 开拓进取

文 | 冯正霖

编者按：

2022年1月10日，2022年全国民航工作会议在京召开。会议坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届历次全会及中央经济工作会议精神，落实全国交通运输工作会议精神，凝聚推进民航高质量发展新的更大的合力。民航局党组书记、局长冯正霖作民航工作报告，回顾民航2021年，部署民航“十四五”发展规划实施，安排2022年民航主要任务。本文节选报告重要内容，以飨读者。

2022年，我国经济面临新的下行压力，外部环境更趋复杂严峻和不确定，民航运输生产恢复依然面临疫情防控、经营亏损、安全压力等交织叠加影响。我们既要正视困难，又要坚定信心。一是坚定对我国全链条科学精准疫情防控能力的信心。毋庸置疑，疫情反复是影响行业恢复最大的扰动因素。当前尽管奥密克戎变异毒株在全球多地扩散，我国外防输入压力持续加大，但随着新冠疫苗接种率不断提高、特效药物投入临床应用，以及我国科学统筹疫情防控和经济社会发展的能力不断提升，疫情对行业运输生产的冲击总体将更加可控。二是坚定对我国宏观经济大盘稳定的信心。我国经济韧性强，长期向好的基本面不会改变。中央确定2022年经济工作要稳字当头、稳中求进，各地区各部门将积极推出有利于经济稳定的政策。在这一政策导向下，我国经济运行将保持在合理区间，这将为民航恢复发展提供良好宏观环境，尤其将为国际航空货运保持高位运行提供有力支撑。三是坚定对我国超大规模内需市场潜力的信心。依托包括4亿多中等收入群体在内的14亿人口所形成的超大规模内需市场，我国航空市场空间仍然大有潜力可挖。2021年我国新增航空人口中，来自二三四线城市的占比达53%。只要民航主动下沉市场，推出更加符合市场需求的产品，市场活力就将得到充分激发。四是坚定对国家加大扶持民航业恢复发展力度的信心。疫情以来，国家通过财政支持、税费减免、金融信贷等方式，积极为航空企业纾困，极大地缓解了航空企业的压力。2022年，国家将对民航业恢复发展继续给予有力的政策支持，我们更有信心渡过难关、迎来复苏。五是坚定对我

国民航自身基础实力的信心。经过长期的发展积累，我国民航具备了雄厚的发展实力，业务处理能力长期位居世界第二，民航强国八个基本特征中涉及运输航空领域的五个特征均处于成长期或成熟期。面对疫情冲击，我国民航表现出了坚强韧性和巨大潜能，航空公司没有被压垮，骨干队伍保持了基本稳定，持续发展的安全基础和经济基础是牢固扎实的。当前民航运行遇到的困难是客观的、特殊的，也是阶段性的，只要外部环境好转，行业供给能力就会迅速释放，运输生产就能强劲恢复。

2022年民航工作的总体要求是：以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届历次全会精神，贯彻落实中央经济工作会议精神，弘扬伟大建党精神，坚持高质量发展主题，坚持以深化改革为动力，按照“十四五”时期“一二三四”民航总体工作思路，扎实推进民航“十四五”发展规划实施，坚持稳字当头、稳中求进，坚持安全隐患零容忍，统筹常态化疫情防控和行业高质量发展，以优异成绩迎接党的二十大胜利召开。

具体到实际工作中，就是要“守底线、稳预期、强基础、挖潜力、提质增效、创新业绩”。

“守底线”就是要牢牢守住飞行安全、廉政安全、真情服务三条底线。“稳预期”就是要提振行业恢复的信心，增强克服目前阶段性困难的决心。“强基础”就是要认真开展民航“十四五”规划组织实施，为实现“十四五”民航发展目标打下坚实基础。“挖潜力”就是要立足国内航空需求这一战略基点，发挥市场主体作用，激活国内航空市场潜力。“提质增效”就是

「守底线、稳预期、强基础、挖潜力、提质增效、创新业绩」

要在推进行业运输生产恢复时，更加注重从发展质量的层面发力，推进行业高质量发展迈出新步伐。“创新业绩”就是要坚持改革创新，坚持智慧民航建设这条主线，在安全、发展、服务和党的建设上取得新的进步，以实实在在的业绩迎接党的二十大召开。

## 2022 年重点工作是：

### （一）坚守航空安全底线

2022 年，民航安全工作主要目标是：**杜绝重特大运输航空责任事故，杜绝劫机、炸机等机上恐怖事件，防止空防安全严重责任事故，防止重大航空地面事故和特大航空维修事故。**实现这一目标，必须深入贯彻落实习近平总书记对民航安全工作系列重要批示指示和关于安全生产重要论述精神，运用系统安全观念，以安全工作的常态化，推动我国民航在跨越运输航空安全飞行 1 亿小时大关的基础上，不断创造安全发展新业绩。

**优化完善国家风险防控体系。**从总体国家安全和战略安全的层面思考谋划民航安全工作，深入落实新的安全生产法，启动《中国民航航空安全方案》修订，健全安全法规标准体系。进一步强化安全事件

2022 年，民航安全工作主要目标是：**杜绝重特大运输航空责任事故，杜绝劫机、炸机等机上恐怖事件，防止空防安全严重责任事故，防止重大航空地面事故和特大航空维修事故。**

的政治敏感性和安全态势的感知力，改进监测和预警机制。研究制定《民航安全文化建设指导意见》，持续推进以“三个敬畏”为内核的安全作风建设。吸收东海航、华夏航整顿经验，突出党建对企业安全文化建设的引领，强化监管对企业安全管理的促进。进一步加强企业负责人及各级安全管理人员资质和能力管理，强化专业人管专业事。进一步完善行业安全管理体系（SMS）审核机制，组织开展外部审核及相关培训。组织对 7 个管理局 2021 年度安全工作进行考核。做好国际民航组织普遍安全监督审计计划（USOAP）审计和国务院安委会第二次年度安全生产工作考核，力争“双优”成绩。

**持续开展风险隐患排查整治。**巩固提升安全专项整治三年行动，做好问题隐患动态清零和持续监督。加强常态化疫情防控形势下的安全衍生风险管控，关注航班量快速恢复或行业高强度运行时，安全保障能力缺口扩大的风险。盯紧盯住“小散变转欠”公司，在业务准入、基地控制、运行监控等方面加强监管。高度关注中小机场在边缘天气、非精密进近条件下的综合保障薄弱问题。加大通航运行中涉及挂线、目视转仪表等方面的风险的防控。严格开展普货中隐瞒夹带危险品运输行为源头治理。认真应对 ICAO 强制信息要求（MIR）。持续深化“平安民航”长效机制建设，确保空防安全。加强民航领域关键信息基础设施安全保护。正确处理好安全信息共享与信息内控关系，做好安全事件舆情应对。

**加快推进安全监管模式转型。**坚持以系统观念为指引，加强“双盯”模型研究，加快“双盯”监管工具开发。充分挖掘行业安全信息系统、各监管执法系统和飞行品质基站等平台数据价值，开展基于大数据的风险预测预警方法研究，提高隐患排

查治理和风险监测预警质量。构建民航监管效能评价指标体系，制定监管审计实施框架和程序。加强监管数据分析，有效提高监管效能。深入推进安全管理体系与双重预防工作机制、法定自查的有机融合。开展非现场监管中心研究和建设。加快运输航空公司合格证管理办公室建设。加强民航监察员培训学院建设，抓好高级监察员的培养使用、组织考评和示范引领。

### （二）统筹运输生产恢复

深刻认识疫情防控工作的复杂性和不确定性，围绕扩大国内航空需求，努力激发市场主体活力，不断增强行业恢复动力。2022 年，力争完成运输总周转量 1040 亿吨公里，旅客运输量 5.7 亿人次，货邮运输量 780 万吨，总体恢复至疫情前 85% 左右水平；在疫情不出现反复波动的情况下，力争实现行业整体扭亏增盈。

**科学精准防控疫情。**坚持“认真、科学、冷静”的原则，既要严格落实疫情防控责任，认真执行各项防控措施，切实防止疫情通过航空渠道传播；也要密切跟踪、及时研判疫情新形势新变化，动态调整防控政策。当前阶段，尤其要坚持“外防输入、内防反弹”总策略，严格落实运输航空公司和机场防控技术指南要求，严格远端防控、机上防疫管理和落地后闭环转运全链条防控；严格国际机组驻外期间健康管理，统一做好入境后隔离管理；严格落实《全国机场疫情防控工作方案》，严格国际航班保障“四指定、四固定”要求，加强高风险岗位人员“两集中”管理；严格开展疫情防控专项检查，对问题较多单位进行严肃通报和行政约谈；严格执行熔断政策，加强高风险地区、高风险航线航班管控力度；严格落实境外涉冬奥人员来华全过程管理要求，全力做好涉冬奥航班、机场防

控工作。会同有关部门、地方政府进一步加强信息沟通，健全完善协同共防、联动群防、齐抓共管的工作机制和工作格局，切实做到守好国门、外防输入一刻不能大意，基层防控一点不能放松。

**深挖航空市场潜力。**鼓励企业根据市场变化，兼顾当前与长远、近期效益与持续发展的关系，调整市场策略，深耕细分市场，形成差异化竞争优势，不搞“白菜价”恶性竞争。鼓励大型骨干航空公司围绕各自核心市场，聚焦中远程商务旅客，打造航空枢纽间空中快线；鼓励中小航空公司专注支线市场，大力开拓中小城市航空市场，与骨干航空公司形成互补。全面落实《民航局创新“干支通、全网连”服务模式实施意见》，加快拓展航线服务网络，积极推广通程航班服务，大力推进中转信息化平台开发及应用，调整发布新一批红色旅游精品航线，发挥 OTA 平台资源聚合作用，加大对新增航空人口的精准营销力度，进一步激发三四线城市航空市场需求，使更多群众享受航空出行便利。密切跟踪全球疫情形势和国际航空运输市场变化，分类施策、稳慎精准、科学动态调控国际客运航班恢复。着力营造良好政策环境，利用市场扩大窗口期，推进枢纽机场货运保障设施能力建设，提升航空物流企业国际竞争力，充分发挥航空货运对畅通国民经济循环的战略支撑作用。

**加大助企纾困力度。**统筹行业内外资源，全力保障企业平稳运行，增强恢复发展的信心。既要切实落实已出台的各项支持政策；也要聚焦企业关切与诉求，认真落实国家对民航业阶段性和制度性相结合的扶持纾困政策，加快民航业的恢复发展。要继续用好现行中小机场、支线航空、通用航空等补贴政策。鼓励民航企业苦练内功，改善经营管理，降成本，提效益，切实增强抗风险能力。员工队伍是民航企业

最宝贵的财产，要切实保障空勤等关键岗位的合理收入，确保员工队伍稳定，为行业恢复发展筑牢根基。

**优化提升服务质量。**不能因为一时经营困难，就降低服务标准。健全航班正常考核机制，2022年航班正常率稳定在80%以上，千万级以上机场平均放行正常率和始发航班正常率力争达到85%。推进“无纸化”出行服务提质升级，推进“一证通行”服务，支持枢纽机场探索“刷脸通关”，加快“易安检”在全国机场应用，加快推进行程单电子化改革。启动中小机场行李全流程跟踪机场端建设，扩大行李“门到门”服务范围。在更多机场和航空公司推广“随到随飞”快线+“隔离区签转”模式。扩大“空铁联运”机场覆盖范围，进一步优化旅客换乘流程。优化民航服务质量监督平台功能，做好投诉管理和消费者权益保护工作。做好北京冬奥会航空运输保障，实现“好来快走”目标。完成好成都大运会、杭州亚运会等重大运输保障任务。

### （三）提高运行保障能力

加大基础设施补短板力度，推进释放国家空管改革红利，深挖内部潜力，提升运行效率，力争运行保障容量提升一个新台阶。

**推进重点项目建设。**围绕打造现代化国家综合机场体系，抓紧民用运输机场建设规划落实，力争2022年底颁证运输机场达256个。发挥好重大项目调度机制作用，协调加强重点项目资金统筹保障，力争全年固定资产投资不低于2021年水平。建设“空中丝绸之路”，服务国家重大区域发展战略，加快推进厦门新机场建设，推进广州、重庆、福州、长沙、西安等机场改扩建。全力推进西藏“3+3”项目建设，

力争隆子、定日机场完工。加快提升机场货运保障能力，确保鄂州货运机场顺利投运。加快推进空管能力提升项目前期工作，整体推进区域管制中心项目建设，统筹推进空管信网工程、民航通信网扩容等重大项目，抓好中俄联合体全球空间天气中心建设。优化工程建设市场供给，大力推行现代工程管理，着力打造“以人为本、优质安全、功能适用、绿色低碳、智慧高效”的民用机场品质工程。

**优化空域资源供给。**协调中央空管办推进空域分类划设与管理，重构全国骨干航路网。推进“10+3”大通道建设，打通京广大通道南段，理顺交通流向，降低运行风险，做好沪昆大通道前期工作。继续推进长三角、粤港澳大湾区等繁忙地区空域优化，推动京津冀地区空域持续优化，逐步改善首都两场空域运行环境。推动民航管制区优化调整。协调中央空管办，加快低空空域改革经验的总结和推广进程，加快低空空域的分类划设与管理，加快推进低空飞行服务保障体系建设，为通航发展创造良好环境。

**提升协同运行水平。**出台《民用航空协同运行管理办法》，启动全国民航协同运行系统建设，持续推动航权、时刻和预先飞行计划系统全面对接。不断完善大面积航班延误处置和航班计划动态调整机制，推动保障工作时间窗口前移。进一步探索区域运管委建设，在主要机场群和热点城市对航线推动建立多场运管委联动机制。完善运管委考核评价机制，推动实现运管委工作成效与相关资源配置挂钩。扩大运行数据共享范围，初步完成所有运输航空公司、运输机场和空管相关数据资源的汇集共享。充分发挥全国流量管理系统功能，提高容流匹配度和运行精细化管理水平，加快形成以流量管理为核心的运行服务体系。深化管制、气象、情报业务融合，

加强危险天气数据集成共享，提高极端天气预报的及时性和准确性。

### （四）深化民航科教创新

充分发挥智慧民航建设战略牵引作用，统筹做好科技、教育和人才工作，切实为民航高质量发展提供强有力的科教支撑和人才保障。

**突出智慧民航建设。**印发智慧民航建设路线图并做好宣贯落实，完成智慧民航建设数据治理标准体系编制发布，规范数据资源管理，推动数据资源高效利用。发挥科教创新攻关联盟作用，积极引导国内外各优秀科研单位和IT企业参与智慧民航建设，组织开展软科学研究，营造智慧民航建设新生态。积极开展典型场景试点示范，推动相关标准规范修订和体制机制改革。提升新型基础设施设计咨询能力，积极推进民航新型基础设施建设。加强政府信息整合和利用，加快推进中国民航智慧监管服务示范项目建设，实现行政机关综合办公系统上线运行。支持民航企业加快数字化转型，变革创新生产运行模式、商业模式、组织模式，积极开展新业务、发展新业态。

**提升自主创新能力。**聚焦智慧民航主线，推动民航科技创新体系再升级。继续与科技部共同组织实施联合行动计划，用好民航联合研究基金，加强民航领域应用基础研究，大力促进北斗导航、5G航空应用等科技成果转化。研究民航领域国家技术创新中心筹备建设方案，推动国家重点实验室筹建，力争实现国家科技创新基地零的突破。建设民航南北科教创新园区，努力打造全球民航知名人才中心和创新高地，形成支撑智慧民航建设的战略支点和雁阵格局。做好C919、MA700、长江-1000A、直15等重点项目审定工作，

促进国产航空材料、零部件和航油航化产品的装机应用。研究制定无人机系统、电动飞机适航审定政策，支撑国内产业创新发展。

**优化人才结构布局。**落实中央人才工作会议精神，加快布局建设科技创新人才、专业技术人才、国际化人才三支队伍。围绕造就民航院士、打造一流领军人才和创新团队、培养青年科技人才，组织实施新一轮民航科技创新人才推进计划。继续深化民航职称改革，做好民航职业技能鉴定工作，引导专业人才提升技能水平。加强国际化人才培养，做好ICAO借调等JPO项目人选推荐工作。进一步明确直属院校发展定位与主攻方向，积极争设国家级一流本科专业建设点及博士点、硕士点，不搞“大而全”，突出“特而精”，合理确定各类型层次招生规模。优化学科专业布局，注重培养适应智慧民航建设的复合型人才。继续加强民航干部培训工作的统筹协调，确保培训工作的系统性、科学性和精准性。

### （五）系统推进深化改革

充分发挥改革的动力作用，着力在民航发展的重点领域、关键环节取得突破。

**大力提升资源配置效率。**坚持高水平航权开放政策，扩大航权资源储备，完善国际客运航权配置规则，实施更加灵活的国际货运航权配置政策。推进高密度机场提质增效，实施中小机场管制运行模式变革，提升机场容量，以高质量的航班时刻资源供给，创造新的航空运输需求。进一步实施机场容量精细化管理，区分不同机场功能定位、不同气象环境、不同空域运行环境等实际情况，对机场容量进行精细划分，更加符合机场运行客观规律和实际需求。统一航班时刻换季与日常协调配置

程序，加快建设全国统一的航班时刻管理系统，推进次级市场航班时刻交换和共同经营，提高时刻资源使用效益。设立货邮飞行时刻池，优化货邮时刻供给政策。合理调控运力供给，优化飞机引进项目办理流程，优化完善 ARJ21 运行支持政策。深化预算管理制度改革，加大财务资源统筹力度。坚持减量化、再利用、资源化方向，以推动飞机拆解产业化发展为突破，加快推进民航循环发展。

**扎实推进重点领域改革。**积极参与国家空管体制改革，加快重构空域资源配置模式。完善市场准入负面清单、外资准入和跨境服务负面清单民航条目动态调整机制，有序放宽行业准入。进一步深化民航价格收费改革，鼓励航空公司实施差异化服务价格策略，鼓励机场通过经营创新增加非航收入。持续推进海南第七航权试点，深化自贸试验区民航先行先试改革创新举措。落实军地联合督查任务分工，聚焦低空空域管理改革、通用机场选址、公共安全管理职责划分、军地协同工作机制等制约通航产业发展的突出瓶颈，扎实推进通航领域改革。进一步深化拓展无人机、航空医疗救护、应急救援、创新娱乐飞行模式、通航监管机构改革试点，注重试点成果转化固化。从技术先进化、设施智慧化、机制市场化和能源低碳化四个方向发力，系统推动民航减污降碳。推进民航统计现代化改革。完成局属国有企业改革三年行动，完成局属全民所有制企业公司制改革、民航高校所属企业体制改革收尾，按计划推进西藏区局改革。积极发挥行业协会作用，促进协会健康规范发展。

**持续推进民航法治建设。**贯彻落实立法规划，配合推进《民航法》审查，开展《航空法》《空域管理条例》研究。推进《事故调查条例》《飞标条例》《机场条例》制修。推进飞行运行、安保、机场建设、

危险品、货运、无人机等重点领域规章制修。持续完善立法意见和项目征集处理机制，提升立法水平。加大法治工作队伍建设力度，加强涉外法治研究。贯彻落实《国家标准化发展纲要》，发挥国家标准创新基地作用，提升民航标准化管理水平。推动《北京公约》《北京议定书》报批审查，做好国际民航组织第 41 届大会参会工作，进一步提升中国民航全球影响力。

## （六）强化党建引领保障

**深入学习贯彻党的十九届六中全会精神，**巩固拓展党史学习教育成果，深入推进全面从严治党，认真做好迎接学习贯彻党的二十大精神各项工作。

**深入推进党的政治建设。**引导广大党员真学深悟、准确把握党的十九届六中全会精神，贯通领会《决议》理论内涵和实践要求，推动各级领导干部自觉用习近平新时代中国特色社会主义思想武装头脑、引领实践，自觉运用党的百年奋斗重大成就和历史经验坚定信念、凝聚力量。健全完善第一议题制度，及时传达学习习近平总书记重要讲话和指示批示精神，不断提高政治判断力、政治领悟力、政治执行力。加强党内法规贯彻落实。认真做好党的二十大精神代表推选工作。党的二十大召开后，及时抓好学习宣传贯彻，切实把党员、干部职工的思想和行动统一到党的二十大精神上来。

**着力抓好领导班子和干部队伍建设。**强化对“关键少数”的监督，促进各级“一把手”和领导班子层层严格自律、层层负其责、层层严管所辖。做好有关单位党委换届，坚持好“集体领导、民主集中、个别酝酿、会议决定”的议事决策制度，落实好“集体领导和个人分工负责相结合”的工作运行机制。落实“一个带头、三个

表率”和“六个示范”要求，深化模范机关创建。持续推进党支部标准化规范化建设，打造“四强”党支部。坚持党管干部原则，高质量推进领导班子建设，打造结构合理、充满活力的高素质专业化干部队伍，不搞“一潭水”，不搞“一窝蜂”。健全年轻干部培养选拔常态化、长效化工作机制，将年轻干部培养选拔融入日常、抓在经常，积极稳妥推进年轻干部发现、培养、使用和管理，推动形成良好的干部梯队，为民航发展积蓄后备力量。完善领导干部、公务员考核及干部监督等制度措施，坚持做到选育管用并重。

**深入开展党风廉政建设和反腐败斗争。**持之以恒落实中央八项规定精神，紧盯老问题和隐形变异问题，持续整治形式主义、官僚主义，严防享乐主义、奢靡之风反弹回潮。持续落实“过紧日子”要求，厉行勤俭节约、制止浪费。持续深化“不敢腐、不能腐、不想腐”一体推进，惩治震慑、制度约束、提高觉悟一体发力，取得更多制度性成果和更大治理成效。深化经常性纪律教育，强化案件警示教育，开展常态化廉政谈话，坚持重要节日节点提醒制度，加强对新入职、提拔任用、职级晋升和外派挂职党员干部的廉政提醒，引导党员干部绷紧纪律规矩之弦。紧盯行政审批、行政监察、航权时刻、资金安排、资源调配、工程管理等重点领域，强化对重点人员、关键岗位权力运行的制约和监督。认真做好信访举报受理、问题线索处置、案件查办工作，严肃执纪问责，做深做实查办案件“后半篇文章”。开展局党组巡视整改工作专项检查，加强巡视巡察上下联动，推进巡视监督与其他监督统筹衔接、有机贯通，形成监督合力。

**认真抓好意识形态工作。**针对政治大年以及复杂疫情形势，加强正面引导，做深做细思想政治工作，强信心、稳预期、

反松懈、防麻痹。坚持正确导向，深入开展局属院校思想政治工作，落实立德树人根本任务，强化三全育人机制实际效用。加强民航局政府网站、行业媒体网站及新媒体的建设运营，增强服务性、互动性，提升公众满意度和社会影响力，进一步增强新闻信息工作针对性、及时性、专业性，营造良好的舆论环境。指导民航报等媒体开展主题宣传，营造喜迎二十大的浓厚氛围。做好《无名英雄》电影等民航题材文化产品创作，讲好民航故事，展示民航形象。继续做好民航定点帮扶工作。健全工会组织体系，拓宽工会宣教阵地，深化“安康杯”竞赛活动，开展民航职工技能提升行动和生活品质提升行动。抓好庆祝建团 100 周年系列活动，持续开展“青春”系列活动，引导团员青年立足岗位建功。尊老爱老，用心用情，落实好老干部“两项待遇”，加强对老同志的精准服务，进一步发挥老干部优势作用。

中央明确 2022 年必须要保持平稳健康的经济环境、国泰民安的社会环境、风清气正的政治环境，民航要把安全稳定作为工作的重中之重，为党的二十大召开营造良好环境，让我们紧密团结在以习近平同志为核心的党中央周围，紧紧围绕全党全国工作大局，迎难而上，开拓进取，贯彻好落实好民航“十四五”发展规划，奋力完成全年工作任务，以优异成绩迎接党的二十大胜利召开！■



特别推荐

# 郭永怀

## 让世界航空界致敬的中国科学家

文 | 涵慧

郭永怀 (1909-1968)

著名力学家 应用数学家 空气动力学家  
 中国近代力学事业的奠基人  
 被授予“两弹一星功勋奖章”



在空间飞行器运行中存在“三大障碍”，分别是声障、热障和黑障。所谓声障是指当飞机速度接近音速时，飞机的阻力会剧增，并引起机体强烈振动、操纵失灵等，最终会造成机身破裂，机毁人亡。而破解声障难题后，科学家又发现当飞行器的飞行速度达到2倍声速时，其前端温度可达100℃；当飞行器的飞行速度达到3倍声速时，其前端温度可达350℃，超过了铝合金的极限温度，使其强度大大削弱。

此外，空气和飞行器表面摩擦产生的热量，不仅飞行员受不了，机内许多设备无法工作，飞机结构和材料也无法承受，这就是热障。而黑障是发生在大气层的一种特有现象，当卫星、航天飞船、洲际导弹等空间飞行器以很高的速度再入大气层返回地球时，在一定高度和一定时间内与地面通信联络会严重失效，甚至完全中断。

在这三大障碍中，中国科学家郭永怀对声障和热障的研究都做作出了很大贡献，尤其在攻克声障的理论工作中取得了突破性贡献。郭永怀长达100页的博士论文至今还留在美国NASA，其中的研究成果依然在指导着美国的飞机制造。

### 小鱼村走出来的天才少年

1909年4月4日，郭永怀出生在山东省荣成市海边一个海草房院落里，这个村庄的名字叫西滩郭家村，他的祖辈都是务农出生，没有特别出色的人才。郭永怀在家里排行老四，上面有3个哥哥。童年的生活十分艰苦，他年幼时候就去拾柴火、放牛和赶海，为家里减轻经济负担。但小小年纪的郭永怀展现出与众不同的学习能力，他的叔父是老一代的秀才，当时在私塾里教书，对这个侄子特别偏爱，建议大哥让这个侄子进入私塾好好读书。郭永怀果然没有辜负家人的厚望。在石岛镇的明

德小学完成学业后，郭永怀被青岛大学附中录取为公费生，成为了村子里第一个中学生。毕业后，家境贫寒的郭永怀没有停止前进的脚步，以优异的成绩考入了南开大学预科理工班，依然获得了公费生名额。

郭永怀十分珍惜南开大学的学习生活。在学校中，他谦恭好学，沉默寡言，坚韧不拔，无论多难的题目，他都不会放弃，坚持在冥思苦想中独立完成。大学的生活十分惬意，同学们十分活跃，但是郭永怀却是一心埋头钻研学问，几乎不参与玩乐活动。

为了研究胶卷的感光知识，郭永怀向老师贷款购置了一架照相机，在不停地摆弄和拆装中，他渐渐地弄懂了其中的原理。由此，他也立志未来要从事物理学研究。民国时代，物理系的学生除了科研工作外，在社会上很难找到“高收入”的工作，“好心”同学的“善意”提醒并没有改变郭永怀的志向，在老师的推荐下，郭永怀进入了北大物理系深造，成为了中国现代物理学研究的先驱者之一的饶毓泰教授的研究生。饶毓泰培养的学生还有杨振宁、黄昆、张守廉、邓稼先、李政道等蜚声海内外的知名物理学家。

1937年抗日战争爆发，郭永怀随着北大迁往昆明，在西南联大继续工作学习。1938年夏，中英庚子赔款基金会留学委员会举行了第七届留学生招生考试，在3000多名参考者中，力学专业只招一名。郭永怀与钱伟长、林家翘一起以5门课超过350分的相同分数同时被录取。因为第二次世界大战在欧洲爆发，海路出行遭遇困难，原本去英国学习的计划搁浅，英国政府打算送这批留学生到英联邦的加拿大学习。

### 突破“声障困境”

1940年，郭永怀和钱伟长、林家翘一

起来到了加拿大多伦多大学求学，他们都师从学校应用数学系教授、力学家辛格。辛格对三位出类拔萃的中国留学生十分器重，在那里，郭永怀完成了题为《可压缩粘性流体在直管中的流动》的论文，获得了硕士学位。

硕士毕业后，郭永怀并没有停下努力脚步，他想要攻克当时被誉为世界性难题的“声障困境”。但是辛格教授对这个领域并不熟悉。为了实现自己的远大抱负，1941年，郭永怀赴当时国际上著名的空气动力学研究中心——美国加州理工学院研究可压缩流体力学，他和钱学森都成为了当时最优秀的流体力学和空气动力学专家冯·卡门的学生。当时加州理工学院的航空系正处于鼎盛时期，但是在精英荟萃的航空系也没有人敢向这个难题挑战，冯·卡门十分钦佩这个中国年轻人的挑战精神。

在加州理工学院，郭永怀停止一切娱乐活动，进行了持续4年的艰苦的科研工作。除了与同学钱学森、钱伟长、林家翘进行学术讨论外，他的生活就是独立研究，并进行大量的计算。1945年，他终于完成了有关跨声速流动不连续解的高难度论文，获得了冯·卡门的高度评价。

在研究中，郭永怀发现了跨越声速的一些现象，提出了“上临界马赫数”概念并得到了实验证实，为解决跨声速飞行问题奠定了坚实的理论基础。郭永怀还进一步用稳定性理论解释实际临界马赫数会介于上下临界马赫数之间的原因，这也是关于高性能气动外型设计的先驱性工作。他还对激波和边界层进行了深入研究。边界层是飞机飞行的时候表面上很薄的一层，几十米长的机翼，边界层厚度大概只有10厘米，这层里面粘性起到了主要作用。在研究边界层过程中，郭永怀运用了特别有效的数学方法，这个方法后来被叫做“庞加莱—莱特希尔—郭永怀”方法，简称

PLK方法，用处非常广，解决的都是各种实际问题。

郭永怀在空气动力学研究领域取得的非凡成绩引起了美国各大学的关注。1946年，美国康奈尔大学邀请郭永怀前去任教，他在康奈尔大学航空研究生院工作了整整10年，专注于粘性流体力学的研究。

当时的郭永怀已经是美国知名科学家，他是美国航空咨询委员会（即NACA，NASA的前身）47名委员中的3位华裔科学家之一，其他两位就是我们熟悉的钱学森和林家翘。

虽然专心致志从事科研工作，但郭永怀也时刻关心着祖国的发展。新中国成立前夕，在康奈尔大学成立了“中国科学工作者协会美国分会”，郭永怀积极参与分会组织的各种活动，和其他科学家们一起热烈讨论祖国的命运和未来。他和夫人李佩渴望着回国的那一天，他们要利用自己所学报效祖国，建设新中国。

### 回国后做出巨大贡献

郭永怀策划归国时，好友钱学森也在



做相同的准备。今天我们都知道，钱学森的回国之路也遇到了巨大阻碍，美国政府不允许他回国，还粗暴地限制了他的人身自由。在风景秀丽的帕萨迪纳，郭永怀和钱学森再次相聚，他们在异国他乡有机会就会在一起聊祖国，聊科学。但是此次的情况不同，听着好友的各种倾诉，郭永怀的眉头紧锁，他不断安慰着好友，也对自己的归国之路充满了担忧。

1955年，在周恩来总理的干预下，钱学森终于回到了祖国，郭永怀欣喜不已，归心似箭，1956年，郭永怀跟随好友的步伐，放弃了美国优渥的科研和生活条件，带着妻女搭乘“克里弗兰总统号”邮轮经由日本，回到了阔别16年的祖国。他们看到祖国的第一眼，是灰色的海岸线上一些零散着的灰色的石头房子，那里是日后的深圳。

1957年6月7日，郭永怀在《光明日报》上发表了题为“我为什么回到祖国——写给还留在美国的同学和朋友们”的署名文章，表达了自己的心声。他在这篇文章中这样写道：“这几年来，我国在共产党领导下所获得的辉煌成就，连我们的敌人，也不能不承认。在这样一个千载难逢的时代，我自认为，我作为一个中国人，有责任回到祖国，和人民一道，共同建设我们美丽的山河。”

归国后，郭永怀的第一项工作就是与钱学森一起领导刚成立的中国力学研究所。他和同事们一起制定了力学所未来“上天、入地和下海”的科研方向。他和钱学森的合作亲密无间，这个科学家二人组当时被人们风趣地冠之以“冯卡门 Brothers（冯卡门兄弟）”的称号。

20世纪50年代，全球开始进入空间时代，发达国家纷纷进行火箭和人造卫星的研究，飞行器的速度需要接近或者高于第一宇宙速度，这样才能摆脱地球引力，顺利进入太空。高超声速空气动力学是其

中的重要研究内容，在带领力学所科研人员攻关的过程中，郭永怀把目光又放到了热障领域，当飞行器的速度到达2倍声速时，飞行器周边的空气会强烈压缩和摩擦，形成高达几千摄氏度的高温，如果用普通的材料，飞行器会快速坍塌和溶解。郭永怀提出，要解决这个问题，必须要在飞行器表面开展防蚀研究。在研究理论的同时，力学所开展了各种材料的防烧蚀研究，进行了几百次的大型试验，这些研究为中国科研人员之后突破热障难题奠定了坚实的基础。

在之后的科研生涯中，郭永怀根据国家的需求又在爆炸物理学、电磁流体力学方面作出了突出的科研贡献。

1959年6月，苏联单方面突然致函中共中央，拒绝向中国提供原子弹的数学模型和技术资料，并撤走所有技术和专家。1960年3月的一天，后来被称之为中国原子弹之父的钱三强突然上门来找郭永怀，两人走进书房，门一关，足足谈了三个小时。

正是这一次拜访，使得郭永怀的名字和中国原子弹联系到了一起。105名专家学者组成了一支特殊的队伍，郭永怀临危受命负责原子弹的理论探索和研制工作。他和实验物理学家王淦昌、理论物理学家彭桓武一起，组成了中国核武器研究最初的三大支柱。

### 意外身亡令人扼腕叹息

1963年，郭永怀和同事们赶赴位于青海的核武器研制基地。基地位于海拔3800多米的高原地区，条件异常艰苦，那里气候变化无常，冬季最低气温零下40度，物资又十分匮乏。郭永怀和同事们没有被困难打倒，全力开展核武器的研究工作。爆轰物理试验，是突破原子弹技术的重要一环，为了取得满意的爆炸模型，郭永怀带

领队员反复试验，甚至自己跑到帐篷去搅拌炸药。在多次试验后，郭永怀提出了两路并进、最后择优的办法，为第一颗原子弹爆炸确定了最佳方案，这种方案后来被应用于中国整个第一代武器研制过程。

1964年10月16日，中国第一颗原子弹装置爆炸试验取得圆满成功，1967年6月17日，中国第一颗氢弹爆炸试验成功。当蘑菇云升起，全体工作人员一片沸腾，郭永怀也是激动异常。

1968年12月4日，在青海基地整整呆了两个多月的郭永怀，在试验中发现了一个重要线索，他要赶回北京。他匆匆从青海基地赶到兰州，就在兰州换乘飞机的间隙里，他还认真地听取了课题组人员的情况汇报。

12月5日凌晨，飞机在首都机场徐徐降落，在离地面400多米的时候，突然，飞机失去了平衡，偏离降落的跑道，歪歪斜斜地向1公里以外的玉米地里一头扎了下去——只听“轰”的一声，飞机前舱碎裂，紧接着火焰冲天蹿起……迎接郭永怀的人们从惊异中清醒过来的时候，急忙向出事现场飞奔过去，看到机舱内有两具烧焦的尸体紧紧抱在一起，他们是郭永怀和警卫员牟方东。当把他们分开后，两人紧贴的胸部掉出一个完好无损的装着绝密文件的公文包，绝密文件是从青海试验基地带回北京的热核导弹试验数据。在人生的最后一刻，他们想到的依然是保护绝密的科研资料。

郭永怀飞机失事的消息第一时间传到国务院，周恩来总理失声痛哭，良久不语，郭永怀牺牲的第22天，中国第一颗热核导弹试验获得了成功，为了这次试验，郭永怀和同事们同样付出了艰辛的努力。

在纪念郭永怀殉国10周年的大会上，时任中科院秘书长的郁文高度评价了郭永怀的一生，“他是一个老老实实的科学家，



老老实实的共产党员，他从来就是说真话，不说假话，从来不会趋炎附势。一个人能够做到先公后私已经很不容易，公而忘私更是难能可贵，而郭永怀同志真正做到了大公无私。”

1988年12月5日，当郭永怀牺牲20周年的时候，他生前的老师、同窗好友、同事以及学生聚集力学研究所举行报告会，周培源、钱学森、钱三强、张爱萍、王淦昌、彭桓武、朱光亚等到会并撰写纪念文章。聂荣臻元帅、宋任穷、张劲夫等题词纪念这位英雄科学家。

1991年开始，中科院力学所设立了以郭永怀名字冠名的奖学金，作为对力学所品学兼优的研究生的最高奖励。

1999年郭永怀被授予“两弹一星功勋奖章”，是该群体中唯一一位获得“烈士”称号的科学家。

2018年7月，国际小行星中心发布公告，编号为212796号的小行星被永久命名为“郭永怀星”。（本文图片由作者提供）■

2018年，国际小行星中心将两颗小行星分别命名为郭永怀星和李佩星





封面文章

# 走出低迷 迎接曙光

## ——全球商用飞机市场回顾与 2022 年展望

文 | 杜婷

席卷全球的新冠肺炎疫情对航空业的影响是长远的，对全球商用飞机产业来说，疫情留下的“伤痕”还需要更长的时间才能恢复。但相比 2020 年，2021 年对于商用飞机制造商来说终于迎来了一丝转机。

随着全球一些国家逐步放松管制，航空运输市场恢复的同时，商用飞机订单和交付量也呈现缓慢恢复的迹象。另一方面由于货运需求的凸显，全球货机订单量创历史新高，为此一些飞机制造商已作出研发新货机的决定。种种迹象表明，全球商用飞机市场正逐步走出低迷。

### 窄体客机市场恢复明显

随着 737MAX 在全球的加速复飞，2021 年全球窄体客机市场恢复明显。从数据来看，2021 年全球市场共交付了 794 架窄体客机，不仅同比增长了 52%，这

一数字还超过了新冠肺炎疫情发生前的 2019 年。

两年多前，由于 737MAX 飞机引发的两场空难让波音遭遇了前所未有的危机。2018 年，波音飞机交付量创历史新高，达到 806 架，此后由于受到 737MAX 事件影响，2019 年公司新飞机交付量锐减至 380 架。2020 年，叠加新冠肺炎疫情的影响，公司新飞机交付量仅 157 架。但 2021 年，随着 737MAX 在全球的复飞，波音飞机交付量和订单数都有所好转。

数据显示，2021 年波音共向全球客户交付了 340 架飞机，其中 737MAX 机型的交付量达到了 245 架。从订单数来看，

图 | 翟俊杰、余创

↑

2021年波音共收获了909架新飞机订单，其中737MAX的订单依旧占绝大多数，订单数超过700架。然而，尽管737MAX的复飞令波音大舒一口气，但时隔两年，相比竞争对手空客，其在窄体客机市场的劣势被进一步拉大。

根据空客发布的年报，2021年公司共向全球88家客户交付了611架飞机，这个数字超过了600架的年度交付目标，比上一年增长8%。其中，A320系列飞机的交付量达到483架、A220系列飞机交付量为50架。这也使得空客在全球窄体客机市场的占有率达到了67%，市场优势十分明显。

在波音和空客这对老对手持续角逐的同时，2021年俄罗斯和中国的两家飞机制造商——伊尔库特公司和中国商飞公司都在加速新一代窄体客机的研制。

2021年年末，俄罗斯联邦航空运输署（FATA）向伊尔库特公司颁发了MC-21-300飞机的型号合格证以及设计组织批准书（DOA）。这意味着经历了4年多的取证试飞后，被俄罗斯国内寄予厚望的MC-21飞机的研制取得了重要阶段性成果。根据伊尔库特公司的规划，2022年MC-21飞机将正式投入市场。需要特别指出的是，此次获得型号合格证的MC-21-300飞机装载的是普惠公司PW-1100G发动机，机翼等部件使用的也是国外进口复合材料。为了保持MC-21项目的可持续性，目前俄罗斯在同步推进MC-21-300飞机项目的国产化替代工作。

公开信息显示，2021年中国商飞C919飞机仍在加速推进适航取证工作。目前，中国商飞共有6架C919飞机在全国各地试飞，且这6架飞机已全部进入局方审定试飞阶段。由于2021年全国范围内散发的疫情仍时有发生，这对C919试飞也产生了一定影响。根据《中国民航报》

报道，2021年年末西安的疫情对C919的试飞工作造成了一定影响，但在各方的共同努力下，试飞工作并没有因此而暂停。根据中国商飞公司的规划将力争在2022年完成C919飞机的适航取证工作。这无论对于制造方还是审查方来说，都将是一个具有里程碑意义的事件。

## 支线飞机市场需求转变

后疫情时代，市场需求的转变使得支线飞机市场中各制造商的表现各有不同。

2021年，全球涡桨支线飞机市场出现了明显反弹，ATR公司是最大的赢家。2021年，全球市场共交付了36架涡桨支线飞机，实现同比增长89%。其中，ATR72飞机交付数达到21架，占这一细分市场交付额的近60%，竞争对手Q400飞机的交付数仅为9架。同时，ATR公司还敏锐察觉到了货机市场的机遇。2021年，公司“拿下”联邦快递公司，并向其交付了3架ATR72-600F货机。

ATR公司之所以能在这一细分市场进一步拉开与竞争对手的差距，与其近年来主动谋划，并及时根据市场需求对产品进行改进升级有很大关系。无论是ATR42还是ATR72，在经过系统升级和航电产品升级后，都极大地提高了飞机的运营效率，帮助航空公司大大降低了运营成本。由此可见，在竞争激烈的商用飞机市场，准确预测市场需求，并及时根据客户需求对飞机进行改进和完善，是在残酷市场中得以生存的关键。

2021年，全球支线喷气飞机的交付数为91架，交付量尽管较上一年下降9%，但降幅已明显收窄，可见市场对于涡扇喷气支线飞机的需求也在逐步回暖。

中国商飞ARJ21-700飞机在2021年并没有新增客户，并且受疫情影响，



伊尔库特 MC-21-300



飞机交付量也有所减少，但国内60多架ARJ21飞机的运营平稳，保持了良好的安全运营纪录。这一方面与中国民航局严格的监管有着直接关系，另一方面中国商飞不断提高的客户服务体系也保障了飞机的稳定性和可靠性，有利于为未来C919飞机投入市场树立信心。但支线飞机的盈利性问题是一个全球性的问题，随着ARJ21飞机交付量的提升，作为制造商的中国商飞如何与现有客户，尤其是国内三大航一起探索支线飞机的盈利模式，对于这款飞机乃至中国商用飞机产业的健康发展来说都是一个十分重要的课题。

在与波音的合作“告吹”之后，巴航工业在2021年完成了对其商用飞机业务的重新梳理，如今在其新一代支线飞机产品中，E195-E2是公司主力机型。2021年，这一机型共交付19架，几乎是上一年的3倍。但客观来说，由于竞争机型A220已经被空客“收入囊中”，因此从长远来看，未来E2系列飞机如何开拓更多的市场将是摆在巴航工业面前的难题。

另一款已投入市场运营多年的“新机型”则是俄罗斯SSJ-100。尽管俄罗斯国内对这款机型的支持力度很大，但总体来看，这一机型的运营状况并不乐观。从宏观原因来看，近年来俄罗斯国内经济增长乏力，再加上疫情的影响，俄罗斯国内市场对这一机型的需求十分有限。尽管苏霍伊公司并没有公布这一机型2021年的交

付数量，但近年来这一机型的交付数量呈现了逐年减少的态势。从飞机本身的性能来看，由于发动机的稳定性和其他一些原因，SSJ-100飞机的日利用率一直难以提高，这对于本身就经营困难的俄罗斯国内诸多航空公司来说，这一机型无疑成为了运营商新的负担。未来，如果苏霍伊公司不对这一机型进行持续改进，并不断加强对客户服务体系的建设，SSJ-100恐很难获得市场成功。

## 宽体客机与货机的冰火两重天

2021年，市场对于宽体客机和货机的态度可以用“冰火两重天”来形容。受疫情影响，航空公司对宽体客机的需求变得极为谨慎，而货运需求的激增则让市场对货机趋之若鹜，甚至波音和空客都已作出了推出新机型的决定。

在新冠肺炎疫情爆发之前的几年，全球宽体客机的全年新订单数一直维持在200架左右的水平。尽管从数量上来看远少于同期的窄体客机，但由于利润高，因此一直也是波音和空客的竞争高地。2020年，新冠肺炎疫情发生后，全球宽体客机交付数量迅速下滑。2021年，全球仅新增60架宽体客机订单，波音依旧占据优势，拿下了其中的32架订单。

从储备订单来看，截至2021年年底，全球宽体客机储备订单为1569架，其中

波音手握 817 架，空客手握剩余的 752 架。细化到机型来看，目前 787 和 A350 的储备订单数旗鼓相当。可见，空客正在不断缩小与波音在宽体客机市场的差距。这与 787 飞机迟迟未能完全解决的生产质量问题有直接关系。截至 2021 年年底，困扰波音的 787 制造缺陷问题尚未彻底解决，公司不仅要继续对存量 787 飞机进行返工，还要与美国联邦航空局（FAA）探讨如何恢复交付。为此，2021 年波音已经下调了 787 飞机的产能，这不仅给波音造成了直接的经济损失，对于其进一步扩大在宽体客机市场份额也产生了负面影响。

但好在另一款在研的 777X 飞机储备订单表现较好，截至 2021 年年底订单总数已增至 278 架。由于此前波音将一部分精力用于 737MAX 的复飞，以及这一机型采用了诸多创新技术，在生产和适航取证方面都颇有难度，2021 年波音再次推迟了 777X 的交付时间。但从目前来看，市场恢复到疫情前的水平恐怕还需要至少几年的时间，因此 777X 的延迟交付对其储备订单的影响并不大，相反未来随着市场的恢复和新机型的投入市场，波音和空客围绕宽体客机市场的竞争将越发激烈。

2021 年，全球经济逐步复苏，航空货运市场需求进一步增长，为低迷的全球航空运输市场注入了一丝生机，也为飞机制造商带来了更多订单。数据显示，2021 年全球宽体货机新增订单达到 95 架，这一数量是 2020 年的 4 倍，创下了近 10 年来的新高。为了抓住市场需求，空客推出了全新的 A350F 货机，并得到了市场认可，一经推出就收获了 11 架订单。这让一直在宽体货机市场占据绝对优势的波音“坐不住”了。目前，波音已正式表示将推出 777X 货机，以正面应对来自 A350F 的挑战。

## 从新能源到新机型的布局

从整体来看，全球商用飞机市场已经度过了至暗时刻，但毫无疑问，在疫情的冲击下，全球商用飞机市场的格局正在重塑。无论对于传统的飞机制造“大佬”，还是希望跻身这一市场的“新人”，都不仅要着眼现在，更要提前谋划未来。

对于波音来说，新的一年恐怕最重要的工作依然是树立市场信心。尽管目前 737MAX 已恢复运营，但从数据来看，市场对于这一机型的取消订单数量仍居高不下，这对于波音来说，意味着未来在窄体客机市场将被竞争对手进一步拉开距离。过去，这一差距波音可以通过宽体客机的销售来抵消，但未来在短期内窄体客机将成为制造商的必争之地。此外，空客还手握大量备受市场欢迎的 A321neo 机型订单。2021 年，空客共获得全球范围内客户 482 架 A321neo 飞机订单，这一数量占空客全年飞机订单数量的 80%。与一般窄体客机不同，在经过多次改进和设计优化之后，A321neo 已具备远程飞行能力和高密度座舱布局，这对于后疫情时代要精打细算的航空公司来说十分具有吸引力。但从波音现有产品来看，尚缺乏直接与空客竞争的产品。

在宽体客机市场，2022 年最大的看点或许依然是 777X 项目。2022 年新年伊始，新加坡航展如期举行，777X 在航展上的表现十分惹眼。尽管目前波音在这一项目的研制中遇到了一些问题，但毫无疑问，随着国际航线的逐步恢复，这一机型的优势是显而易见的。

宽体货机的市场竞争在 2022 年年初，随着波音正式宣布推出 777-8F 也变得更加激烈。波音的老客户卡塔尔航空是此次 777-8F 的启动用户，订购了 34 架 777-8F。与以往先推出客机机型再推出货机不



←

空客 A321neo 飞机  
图 | 空客官网

同，尽管目前 777X 仍处于研制阶段，但考虑到市场需求，波音还是作出了同时研制客机和货机的决定。根据波音计划，首架 777-8F 将在 2027 年交付卡塔尔航空。

除了现有飞机产品间的竞争之外，各飞机制造商已开始思考围绕新能源的布局。在现有技术已难以实现质的突破和航空业对于节能减排越发苛刻的要求下，新能源、新构型、新材料等成为了飞机制造商新的关注点，而氢能的利用无疑是最受制造商关注的。

2021 年，无论是空客、波音还是巴航工业、ATR 等公司，都围绕氢能源在商用飞机上的应用做了大量的工作。空客和巴航工业都已经制定了明确的技术路线图和时间表，前者甚至还计划开展氢能涡扇和涡桨的混合动力研究。但总体来看，无论是氢燃料电池还是燃氢发动机，都绕不开氢能存储的难题，因此未来将氢能用于商用飞机还需要产业链各方的共同努力。

对于商用飞机市场来说，目前已仅剩俄罗斯和中国这两个“新人”。2021 年，日本 Space-Jet 项目已基本宣告无疾而终，庞巴迪则在多次拆分后，完全退出商用飞

机市场。即便是波音这样的“巨无霸”企业，也在经历了 737MAX 事件后变得岌岌可危，商用飞机市场竞争之惨烈可见一斑。对于想要进入这一市场的“新人”来说，适航证既是“敲门砖”，又是一道“看不见的门槛”。尤其在国际形势多变的当下，发展商用飞机产业对于一个国家来说，其意义已远超项目本身。为此，俄罗斯近年来陆续出台了各项政策以扶持民族航空业的发展。然而即便如此，当遭受欧美等发达国家的出口限制时，MC-21 飞机项目依然不可避免地受到了影响。这也给中国商用飞机产业发展敲响了警钟。尽管国际合作是商用飞机产业最为显著的特点之一，但如何在国际合作的同时，提前谋划和带动全产业链的发展，是值得国家层面高度关注的课题。■

封面文章

# 民航运输业发展的机遇与挑战

文 | 尤怀墨

自世界卫生组织于 2020 年 1 月 30 日宣布将新型冠状病毒疫情列为国际关注的突发公共卫生事件（PHEIC）以来，百年未遇的新冠肺炎疫情已延宕 2 年有余。与此同时，世界经济不稳定性、不确定性激增也扰乱了全球航空运输市场的复苏节奏。



各航司的 ARJ21 飞机  
图 | 杨金龙



## 外部环境难言乐观

目前来看，2022 年新冠肺炎疫情的全球演进形势并不乐观，国外疫情仍处于爆发阶段，疫情发展拐点难见，对疫苗注射进度滞后的发展中国家（尤其是非洲国家）而言更是如此。

迄今为止我国维持了“动态清零”防疫政策。预计 2022 年我国将维持严格的边境管控，然而随着疫苗、抗病毒药物及快速检测技术等构筑的多层次新冠防治体系逐步增强、全球其他地区疫情见顶回落，预计即使在继续坚持“动态清零”防疫政策框架下，下半年实际防疫限制措施的实施范围和执行力度也有望显著放松。这将有助于释放被抑制的出行需求，支撑我国航空客运业务持续复苏。

全球航空货运是国际贸易的派生性需求，也是其最重要的运输方式之一。航空货运一直以来都与宏观环境和跨境贸易发展密切相关，周期性较强。历史数据显示，航空货运与经济增长呈同向变化趋势，且由于航空货运多针对高价值的高端消费品，需求弹性较大，一旦宏观经济下滑，居民可支配收入降低，其需求锐减程度往往较大，较客运市场而言更加脆弱。

如若疫情持续肆虐，在 2021 年大幅增长反弹之后，2022 年的全球经济增速可能不及预期，增长风险偏向下行。除疫情演进的不确定性外，由于各国财政和货币支持陆续退出，也将导致全球增速回落。根据 IMF 的最新预测，2022 年全球经济增速将由 2021 年的 5.9% 回落至 4.4%，相比于 2021 年秋季的预测下调了 0.5 个百分点。发达经济体经济增速将由 2021 年的 5.0% 回落至 3.9%，而新兴市场与发展中经济体经济增速则会由 2021 年的 6.5% 回落至 4.8%，其中我国经济增速则会由 2021 年的 8.1% 回落至 4.8%，可见

新兴市场与发展中经济体经济增速回落速度明显快于发达经济体，与宏观经济同向变化的全球航空货运增幅或将有所放缓。

在大国战略竞争日益激化的背景下，物流与供应链已经不再是一个纯粹的经济效率问题，更关系国家安全、经济发展、国家竞争力及全球影响力，其背后有着深刻的权力政治逻辑，这种权力来自于国家对技术出口和市场进口的控制能力。不论在哪一种供应链上，各国的分工地位都有主导性和被动性的差异，相对而言，技术含量高的分工端居于主导地位，因为其具有相对更高的稀缺性甚至垄断优势。随着全球经济增长进入放缓期，全球价值链将在新冠肺炎疫情叠加中美摩擦作用下加速调整，中美之间在高技术领域的价值链将出现很大程度的分离，并引起全球价值链逐步分裂为两个体系甚至多个体系，我国经济产业链供应链发生断点堵点风险也将加大，我国出口贸易未来或将在多项“稳外贸”政策的支撑下，逐渐回归至新的平衡点，因此航空货运发展仍需践行审慎发展理念。

## 数字鸿沟持续加大

随着新一代技术革命快速发展，货物贸易背后指向了技术、金融、数据、知识产权等，2019 年数字经济占全球经济的总量已经达到 41.5%，我国数字经济占 GDP 总量的 34.8%，2020 年我国数字经济规模超过 6 万亿美元，占我国 GDP 比重接近 40%。数据已成为国家基础性战略资源，对经济运行机制、社会生活方式、国家治理能力、国防和军队建设等产生重要影响，国家间竞争焦点正从资本、土地、人口、资源的争夺转向对数据的争夺。

数字化技术发展和经济全球化正将客户服务的期望推向顶峰，但随之而来的全

一方面，在逆全球化、发达国家供应链布局调整等趋势下，如何确保我国高技术行业的供应链安全成为日益紧迫的问题。

另一方面，数据集成带来的信息泄露问题频发，国与国之间的数字鸿沟正在加大，数字主权争夺进入白热化，影响了全球智慧供应链的快速发展。

全球供应链安全问题也变得日益突出。一方面，在国际贸易摩擦、不确定因素增加、国内经济面临转型升级、各产业面向高质量发展的关键时期，关键技术薄弱带来的供应链风险问题也逐渐暴露，尤其体现在数字化的高端技术行业。在逆全球化、发达国家供应链布局调整等趋势下，如何确保我国高技术行业的供应链安全成为日益紧迫的问题。另一方面，数字经济的出现，虽然有效地推动了供应链透明化、智慧化发展，但数据集成带来的信息泄露问题频发，各行业都将面临数据安全威胁问题，国与国之间的数字鸿沟正在加大，数字主权争夺进入白热化，影响了全球智慧供应链的快速发展。不仅倒逼国内航司、电商与物流企业等加快数字化转型升级步伐，推进区块链等技术在各项业务中的应用，也要求我国政府部门强化消费者信息应用安全保护，与数字技术深度融合，加快推进民航业数字化转型，推动航空运输数字基础设施建设，鼓励航空运输数字技术领域的突破，从供给侧驱动我国航空运输高

质量发展，有力支撑数字中国建设。

## 贸易格局加速重构

2022年1月1日，区域全面经济伙伴关系协定(RCEP)开始生效。在全球经济下行风险不断加剧的背景下，RCEP的签署与生效不仅向世界传递东亚区域国家反对贸易保护主义、坚持多边主义、推动经济一体化的广泛共识，也为亚太区域内的价值链重构提供了前所未有的契机。从供给侧来看，亚洲已逐渐成为较为独立的全球制造业中心，区域内产业链表现出强大的紧密度和完整性，亚洲-亚洲已成为全球航空贸易最核心的通道，RCEP的实施有助于深化全球生产网络“美国-欧盟-亚太(RCEP)”三足鼎立的格局；从需求侧来看，无论是中间品贸易还是最终产品贸易，RCEP成员国都呈现出越来越明显的内向化趋势，成员国间在生产和消费方面的联系不断加强，为区域价值链升级重构提供了需求侧基础。围绕RCEP形成的生产网络不仅有利于我国电子商务发展，也将充分发挥我国的制造业优势，利好我国实体经济和航空贸易发展。

然而，我们也必须清醒地认识到，

美欧日等近年来签订的若干高标准自贸协定会进一步强化北美、欧洲和亚洲三大板块的供应链区域化属性。然而，我国并未参与这些高标准自贸协定，可能面临被排除在这些区域供应链之外的风险。

美欧日等近年来签订的若干高标准自贸协定，如《全面与进步跨太平洋伙伴关系协定》(CPTPP)、《美墨加协定》(USMCA)、《欧日经济合作伙伴关系协定》(EPA)等的签署和落地会进一步强化北美、欧洲和亚洲三大板块的供应链区域化属性。然而，我国并未参与这些高标准自贸协定，可能面临被排除在这些区域供应链之外的风险。因此，我国正不断积极推动加入CPTPP和DEPA（数字经济伙伴关系协定），推动中日韩以及与海合会、以色列、挪威等自贸谈判进程，与更多贸易伙伴签署自贸协定，不断扩大自贸“朋友圈”。但是目前DEPA等国际规则与国内仍有较多差异，我国申请加入这些协定，必然将在规则上做一些新的探索，未来各地临空经济区、物流园区、综合保税区、自由贸易试验区、边境（跨境）经济合作区等有望率先实现制度开放，推进高标准规则，进行压力测试，为区域经济发展带来更多发展机遇。

## 绿色发展势在必行

我国的碳中和路径与西方国家不同，西方国家在环保方面的民众意识、产业与能源结构的调整已经有很长的历史，反而是政策层面行动迟缓，但由于碳排放是一个有很强国家外溢性的外部性事件，如果没有发展中国家的参与，要实现1.5摄氏度目标，单靠发达国家几乎是无法完成的，这也是为何2021年11月格拉斯哥联合国气候大会上，我国与印度立场更接近的原因。我国在2020年9月首次提出中国的3060承诺后，碳减排才开始从上至下压降，2021年我国一次能源占比70%左右的煤炭价格全年最高峰上涨了近3倍，我国能源结构调整会通过对外贸易输出通胀，对我国自身也可能面临更大的产业链替代风险。



此外，航空运输本身就是构建低环境负荷的重要领域。在国际民航组织CORSA机制下，发展中国家面临比发达国家更为严峻的压力和挑战，而欧美航空业2050年净零排放的目标将对成长期的我国民航造成较大压力，从内部环境看，我国经济发展和航空运输需求仍处于增长期，而欧美等发达国家的能源消费和航空运输增长趋势相对缓慢，甚至接近饱和，碳锁定效应较难避免；并且我国航空运输市场和能源消费体量相对庞大，受到资源、生产力、供应链等方面的制约，亟需更早采取行动来弥补转型速度上的劣势；由于碳汇和负排放技术的局限性，需利用更多的氢能和生物燃料等，能源转型带来的巨大社会成本将致使新型燃料缺乏竞争优势。总体而言，基于民航业具有巨大降碳潜力的现实，我国将通过加快完善绿色民航治理体系，深入实施低碳发展战略，深入开展民航污染防治和提升绿色民航科技创新能力，持续推动全行业持续转型升级，为实现双碳目标夯实民航基础。

## 原油供给变数仍存

航油成本是航空公司最主要的成本支出。2021年，OPEC+坚持减产协议，将原油市场从供给严重过剩调整至供不应

空客公司的氢能源概念机  
图 | 空客官网



—  
2022年 OPEC+ 稳健增产，以美国为首的非 OPEC+ 国家提高产量，预计 2022 年世界原油市场供需平衡状况大概率将由紧缺转向宽松。

—  
求，随着油价的不断上涨，航空公司的经营成本不断增加。

原油价格波动的背后是国家的政治博弈，这也是石油软实力产生的政治效应。2021 年 7 月，阿联酋提出提升产量基准，引发 OPEC+ 成员国争议，最终达成协议，自 2022 年 5 月起，OPEC+ 的石油产量总基线增幅将为 163 万桶 / 日。

值得注意的是，俄罗斯石油工业已成功度过疫情危机时期的减产高峰期，并获得了大量投资，能够进一步恢复生产和发展，预计在 2022 年将超过疫情前水平。美国方面，尽管受到页岩油行业资本开支纪律转向和美国传统能源政策转型等限制，2021 年美国贝克休斯钻井数仍然缓慢、稳步上升，随着年末主要产油州工人逐步回归工作岗位，预计原油钻井数将快速增加，未来产量或将超出预期，据 EIA 估计，2022 年美国原油产量将增加至平均 1180 万桶 / 日。综上所述，2022 年 OPEC+ 稳健增产，以美国为首的非 OPEC+ 国家提高产量，预计 2022 年世界原油市场供需平衡状况大概率将由紧缺转向宽松。

然而，2022 年伊始，国际能源市场便出现黑天鹅，哈萨克斯坦国内形势升级，重要能源产区遭波及，随后地缘政治风险在中东等地继续酝酿爆发；同时，美国、欧洲、北约和俄罗斯在乌克兰问题上的拉锯正愈发引发市场关注，欧洲能源危机背后，俄罗斯天然气和原油出口可能因为潜

在冲突被中断，众多可能的意外事件使得短期原油市场供应端仍存在大量不确定性。

## 欧美补贴争端落幕

从航空装备制造业看，全球大型民机长期被波音和空中客车“双寡头垄断”，波音和空客几乎囊括了研发设计、营销、售后服务等所有较高附加值的环节，并且承担大部分的整机组装环节。因此，在全球商用飞机市场，欧盟与美国间的竞争一直处于白热化状态，航空补贴争端是美欧经贸关系的长期症结之一，所涉及的金额更是世界贸易组织争端解决机制框架下涉及金额最大的一起政府补贴案件。欧美航空制造补贴争端始于 2004 年美国在世界贸易组织起诉欧盟为空客提供不公平补贴，随后欧盟起诉美国为波音提供非法补贴。

世贸组织先后裁定，欧洲国家与美国均存在对各自航空企业提供非法补贴的问题。2021 年 6 月，美国和欧盟就波音和空客补贴争端达成五年关税休战协议，美欧双方暂停了与航空补贴争端相关的报复性关税，并同意设立专门工作组寻求持久解决方案。尽管短期内，我国飞机制造商并不具备与之在全球竞争的能力，但美欧达成一致之后，未来或将提出更多针对我国航空制造业发展的策略，我们应与时俱进、因应国际经贸形势，及早做好政策储备，提升涉外法治能力，防范今后可能出现的易争议问题。■

## 封面文章

# 全球航空动力市场发展展望

文 | 董帼雄

作为制造业的“皇冠”，航空发动机产业是体现一个国家综合科技水平和工业实力的重要产业，具有研发周期长、经费投入多、技术风险高等特点。

如今放眼全球，具备独立进行民用航空发动机研制的国家屈指可数。

↓  
湾流 G700 公务机  
图 | 湾流公司官网



近几年来，随着市场的变化和新冠肺炎疫情给民航运输业带来的巨大冲击，与飞机制造商同呼吸、共命运的航空发动机企业也面临着前所未有的挑战。2021年，我们看到了GE这样的行业巨头的业务拆分与重组，看到了罗罗、赛峰等企业围绕行业可持续发展开展的技术创新，更看到了中国企业为加速融入全球商用发动机产业所进行的探索与尝试。

### 因势调整成主流

持续两年多的新冠肺炎疫情对航空发动机产业的影响可以从两方面来解析。一个是显而易见的订单影响。尽管目前各大发动机制造商还未正式公布2021年新增发动机订单数和交付情况，但显然由于飞机制造商的订单数依然维持在低位，相应的发动机订单数在短期内也将维持在低位水平。另一个是发动机售后维护收入方面。众所周知，相比发动机销售收入，售后维护收入是发动机制造商更为重要的收入来源。但好在2021年，随着各国逐步放松边境管控，航空运输业缓慢复苏。截

至2021年8月，全球航空客运运力已经恢复到5400亿客千米以上，达到了疫情前63.5%的水平，处于停飞状态的飞机机队比例已下降至1/4。但尽管如此，2021年对于商用发动机企业来说，冲击依然存在，为了抵御冲击，渡过难关，不同企业采取了不同的方法。

2021年，GE宣布集团将被拆分为三家公司，分别聚焦航空、医疗和能源业务。这意味着未来GE所有的主营业务将彻底拆分，成为三家独立经营的企业。聚焦航空业务的GE航空的业务则主要由航空发动机和机载系统两大业务板块组成。截至2021年10月，全球约有三分之二的商用飞机装载了GE的发动机，GE在全球约有37700台商用飞机发动机和26500台军用发动机在役。从产品角度来看，GE在宽体客机市场拥有GE90、GEnx、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，这也使得GE目前发动机的储备订单价值高达2600亿美元。对于GE此次的拆分，业界普遍持看好态度。显然，在完成了拆分后，未来GE航空板块的业务将不再受其他业务板块的影响，换言之，GE航空将无需为集团其他业务板块“输血”。未来GE航空板块的利润将可专门用于支持航空领域的技术创新。

英国老牌发动机制造商罗罗对公司在研项目进行梳理后，根据市场需求和技术储备的规划，暂停了一些研发项目，将资源向更为亟需的项目倾斜。2021年年初，罗罗宣布，“超扇”发动机的验证工作将于2022年完成，验证工作完成后公司将暂停“超扇”发动机项目，以等待更好的机会进入市场。

2014年，罗罗正式启动基于齿轮传动技术的“超扇”发动机项目。2018年，

罗罗宣布冻结概念设计，此后以“Advance核心机+复合材料叶片+齿轮箱”为特征的“超扇”发动机项目研制进展顺利，并计划在2025年左右随飞机制造商的新项目一起推向市场。但疫情发生后，航空业遭受重创，飞机制造商并不会在此时启动新项目，即便是A350和787等成熟机型的换发计划短期内也不会启动，而这些都是“超扇”发动机的目标机型。因此在综合考虑内外部因素后，罗罗决定暂停“超扇”发动机项目，以期行业恢复后，再择机重新启动这一项目。在暂停“超扇”发动机项目之后，罗罗将精力投放在了公务航空市场。

在航空业出行面临各种限制的情况下，疫情突然“带火”了大型、远程公务机市场。看准机遇的罗罗在2021年5月推出了“珍珠”10X发动机，一举取代普惠公司的产品成为达索公司“猎鹰”10X的唯一动力装置。

在大型超远程公务机市场，GE、普惠和罗罗一直维持着三足鼎立的局面。但随着普惠公司PW800发动机先后被湾流G500、G600机型选中，而罗罗却先后在“猎鹰”5X、“环球”7000等项目竞争中失利。为此，罗罗集中精力研制“珍珠”系列发动机，并于2018年推出首款“珍珠”15发动机。如今“珍珠”系列发动机已先后成为湾流G700、环球G6500等机型的动力装置，随着“珍珠”10X的投入市场，标志着在这一细分市场罗罗已强势回归。

### “双碳”目标下的可持续发展

2021年10月，波音、空客、达索、GE、普惠、罗罗和赛峰等7家航空制造企业的首席技术官在伦敦发表联合声明，重申要推动航空业的可持续发展，并在2050年前实现航空业净零碳排放的目标。事实



上航空运输业“碳中和”的目标能否最终实现，关键在于航空动力技术的减碳创新和发展。为此，各大发动机制造商都已经开始规划各自的发展路径。

2021年6月，GE公司与赛峰集团共同宣布启动RISE项目，该项目将开发一系列颠覆创新技术以推进新一代开式转子发动机的研发。需要指出的是，RISE项目并不是直接研发下一代发动机型号，而是一项技术成熟与演示项目，是瞄准未来市场进行一些关键技术的开发。

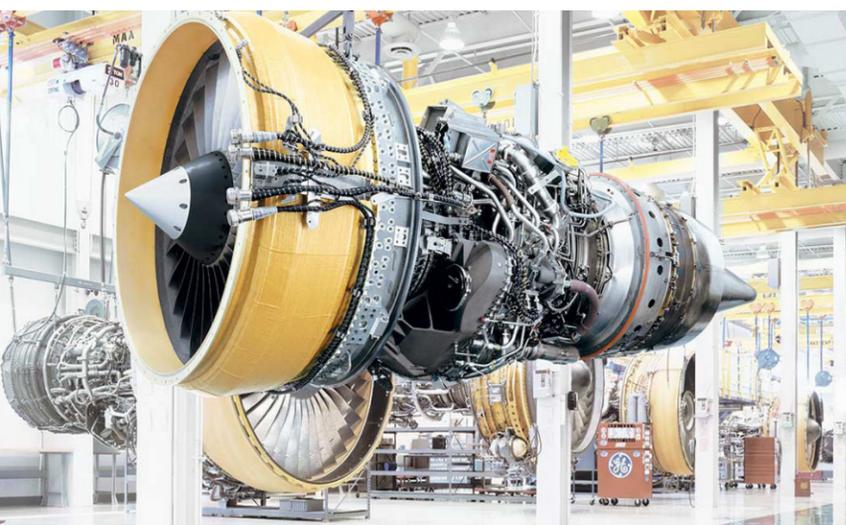
开式转子技术并不是新鲜的概念。早在21世纪初，当时随着油价的不断攀升以及生态环境的恶化，美国和欧洲先后推出了亚声速固定翼飞机项目（SFW）、FAA持续低能耗、排放和噪声（CLEEN）计划、欧洲“净洁天空”计划等一系列计划，并在这些计划的推动下开展新一代开式转子发动机的研发。

在RISE项目之前，赛峰集团曾进行过一个名为CROR项目的对转开式转子项目。该项目以M88发动机为核心机，并在2017年完成地面试车。此次，RISE项目则是建立在GE和赛峰公司联合研发的

罗罗公司超扇（UltraFan）发动机计划于2025年投入使用  
图 | 罗罗公司



GE的发动机生产线  
图 | GE航空



GE36 开式转子发动机的基础上，其主要目标是研究新的开式转子构架，以大幅提高热效率，同时 RISE 项目还将进行新的低排放燃烧室以及混合电力系统发电机研发。

2021 年，围绕可持续航空燃料 (SAF) 的使用，发动机制造商和飞机制造商也开始了合作研发。2021 年 2 月，罗罗公司在为湾流 G700 公务机研发的“珍珠”700 发动机上测试了 100%SAF，这也是罗罗公司第一次在公务机平台上进行 SAF 测试。

2021 年 3 月，作为欧洲“替代燃料的排放及气候影响”合作项目的一部分，由空客、德国航空航天研究中心、罗罗公司及 SAF 生产商耐斯特公司合作进行的 SAF 燃料测试在一架搭载遼达 XWB 发动机的 A350-900 飞机上进行。根据计划，这一试验将持续 1 年，以综合验证在使用 100%SAF 之后的发动机排放数据。

2021 年 9 月，GE 公司宣布获得了美国联邦航空局“持续减少能量、排放和噪声”(CLEEN) 项目的资助，未来将在 5 年内开展包括 100%SAF 应用的研究。同时公司还出台了具体的技术发展时间表和路线图，未来将围绕地面试验和飞行试验来推进 100%SAF 的应用。

除了 SAF 的应用研发之外，电能、氢能等混合动力装置的研发也是发动机制造商关注的焦点。罗罗、GE 等巨头企业都在燃料电池和储能技术方面投入了大量人力和物力资源，推出了多个全电动和混合动力飞行器。2021 年年末，罗罗公司的“创新精神号”纯电动飞机创造了新的飞行速度纪录。

从种种迹象中不难发现，未来发动机制造商的研发支出或将向低碳和零碳技术倾斜。在“双碳”目标的推动下，航空动力市场或将迎来一场新的技术革命。

## 国产航空发动机的研发

作为衡量一个国家工业水平的最高标准，目前拥有航空发动机生产能力的国家屈指可数。多年来，我国一直在努力跻身于这个“高级俱乐部”。

我国航空发动机产业从仿制起步，在民用航空动力市场一直未能形成核心竞争力。在小型发动机领域，近年来通过与法国等西方先进国家进行国际合作，取得了一定的成绩。2019 年，中法合作研制的涡轴 -16 发动机获得中国民航局颁发的型号合格证，2021 年 3 月获得了生产许可证，意味着这款发动机已具备批量生产的条件，未来可用于装配 AC352 直升机。

此外，与国外相比，我国涡桨发动机研制起步晚、型号少、功率覆盖不全，已经定型的型号只有 500 千瓦级的涡桨 -9、2000 千瓦级的涡桨 -5 和 3500 千瓦级的涡桨 -6 等三个系列，无法满足客货运飞机、特种作业飞机等平台的需求。在此背景下，中国航发开始启动了更大功率的涡轴发动机的研发，其中就包括更大功率的 AES100 涡轴发动机，其起飞功率达到 1000kW。2021 年 7 月这款发动机实现首飞，并进入适航取证阶段。未来，这款发动机产品可满足 10 座级公务机及无人机的需求。同时，利用涡轴核心机技术还可

在大型商用飞机发动机研发上，我国已规划了三个产品系列，分别是未来可装配 C919 大型客机的“长江”1000、可装配宽体客机的“长江”2000 和可装配 ARJ21 改进型的“长江”500。



图 | 湾流公司官网



以发展相应功率级的涡桨发动机，从而满足多用途通用飞机的需求。

在大型商用飞机发动机研发上，我国已规划了三个产品系列，分别是未来可装配 C919 大型客机的“长江”1000、可装配宽体客机的“长江”2000 和可装配 ARJ21 改进型的“长江”500。在 2021 年 11 月的珠海航展上，中国航发向公众展示了多款具有代表性的民用航空发动机产品，其中就有备受关注的 CJ1000A 发动机。

根据规划，CJ1000A 发动机是针对 150~180 座级单通道飞机动力需求研制的涡扇发动机产品，具有低排放、低噪声、低油耗、高可靠性、长寿命等特点。同时，中国航发还同步开展了与之对应的短舱和 500kW 级辅助动力装置研制，以寻求为飞机提供系统性的动力装置解决方案。CJ2000 是针对双通道远程宽体客机研制的发动机产品。中国航发在珠海航展上表示，目前公司这两款发动机产品的研制工作正在加速推进。

同时，围绕支线飞机的动力需求，中国航发还启动研制了 AEP500 大功率涡桨发动机，从目前已经完成的试验结果看，

其技术指标已达到国际领先水平，未来将有望为涡桨飞机提供更为先进可靠的动力产品。

但需要指出的是，航空发动机研制是一项大型复杂的系统工程。一般情况下，研制一款全新的发动机需要 15~20 年。此外，航空发动机不只是设计出来的，也是试验和试飞出来的，适航取证工作的难度绝不亚于飞机的取证。我国在这方面不仅经验十分有限，进行试验验证的设施和工具也亟需补充和完善。与此同时，国内现有的试验验证设施和试验技术能力还无法满足大型商用航空发动机的研制需求，这已经成为制约我国商用航空发动机产业快速发展的关键因素。■

封面文章

# 航空业奔向“零碳”的技术创新

文 | 齐汀

近年来，绿色航空的理念越来越受到航空业的关注。2021年新年伊始，欧洲航空业就发布了一项名为“目标2050”的新战略，其中明确阐述了到2050年欧洲航空业实现净零排放的途径。

这一战略目标的发布，打响了航空业奔向净零碳排放技术创新的“第一枪”。此后，尽管疫情对行业的影响仍在发酵，但为了实现净零碳排放的目标，无论是飞机制造商、发动机制造商还是机载设备等一级供应商等都在积极合作，围绕电动飞机、混合电推进飞机和 eVTOL 等项目，积极推进技术创新。

## “大红大紫”的垂直起降项目

2011年，意大利知名直升机制造商阿古斯塔·韦斯特兰公司发布了一款名为“零点项目”的原型机，垂直起降航空器（eVTOL）概念首次以实际产品的形式被提出。至此之后，垂直起降航空器项目在航空业受到了越来越多企业的关注。根据非营利组织国际垂直飞行协会（VFS）的统计，截至2022年1月，全球在研的 eVTOL 项目数量已经达到了600多种，涉及全球近350家企业。

从过去几年 eVTOL 项目研发的历程来看，总体可以分为3个阶段。第一阶段由美国国家航空航天局（NASA）引领，在这个阶段，行业基本实现了对 eVTOL 技术的可行性认同；第二阶段主要由 Uber 公司所主导，基本实现了航空业对 eVTOL 项目的商业价值认同；第三阶段是目前诸多企业正在探索的产品认同，这其中不仅涉及技术，更涉及商业应用。如何获得适航当局的认可，并实现持续的安全运营并实现盈利，对于研发企业来说是一项极具挑战性的工作。

波音近年来一直在持续投资城市空中交通（UAM）项目。2017年，公司专门成立了名为 Horizon X 的风险投资部门。同年，波音收购了极光飞行科学公司，并在2018年年中又成立了未来移动出行商业孵化器部门 Boeing NeXt。2019年，波音又与 Kitty Hawk 合作组建专注于 UAM 领域的合资公司 Wisk Aero。此后，由于受到 737MAX

事件和新冠肺炎疫情的影响，波音先后关闭了 Boeing NeXt 部门，并剥离了 Horizon X 及其旗下40多家不同初创公司的股权。但考虑到 eVTOL 项目未来的市场潜力，波音在2022年1月又向 Wisk Aero 追加了4.5亿美元投资，以支持其研发第六代自主电动垂直起降飞行器。波音之所以对 Wisk Aero 公司情有独钟，一个很重要的原因就是，与其他初创公司不同，Wisk Aero 从一开始就着手研发自动驾驶飞行器。公司认为，自动驾驶技术有助于实现 eVTOL 飞行器的大规模运营，这将是一项具有竞争力的差异化技术，也是行业内公认的扩大服务规模和提高安全性的关键。截至目前，Wisk Aero 公司研发的 eVTOL 项目已经完成了1500多次无人驾驶飞行试验。

支线飞机制造商巴航工业在与巴西飞机共享服务的领军企业 Avanto 共同探索如何在拉丁美洲建立城市空中交通生态系统。巴航工业目前正在研发一款名为 Eve 的 eVTOL 项目。根据巴航工业的规划，这款飞机将采用颠覆性技术，引领大众化飞行进入新阶段。2021年，围绕这一项目，巴航工业与巴西国家民航局正式确定了适航审定流程，这是双方在商讨该机型适航取证工作方面迈出的重要一步。

中国同样也是 eVTOL 项目发展的热土，其中以上海沃兰特航空技术公司为代表的高科技初创公司值得一提。尽管该公司是一家新成立不久的企业，但公司目前已经完成了1:3缩比样机的研发，并顺利完成了旋翼试飞、固定翼试飞等工作，展现了企业扎实的技术功底。更令人感到欣喜的是，与国外适航机构一样，中国民航局也已经开始指导国内相关企业围绕 eVTOL 项目进行适航准备工作。2022年，中国民航局在调研沃兰特公司时表示，希望企业在进行机型研发的同时，确定审定



意大利知名直升机制造商阿古斯塔·韦斯特兰公司发布了一款名为“零点项目”的原型机



基础，结合产品的新颖设计特征，深入研究相关标准，为后续审定工作做好准备；同时明确技术路线，加强技术路线和管理路线规划，根据设计成熟度要求推进项目研制。

## 革命性气动布局

几十年来，商用飞机的气动布局一直未有革命性的变化，但是行业从未中断过对飞机革命性气动布局的预先研究。而如今，在实现净零排放的创新之路上，革命性的气动布局或将发挥重要的作用。这主要是因为阻力的最小化设计也是实现零排放飞机的关键技术之一。在飞机气动布局形式上，主要有分布式布局以及更具颠覆性的翼身融合布局等。

空客、赛峰和 Daher 公司三方合作，联合研发了一款名为 EcoPulse 的分布式混合动力推进飞机演示样机。根据计划，赛峰将为这款飞机提供分布式混合动力推进系统，空客负责分布式推进系统空气动力的优化，Daher 利用 TBM 平台进行部件和系统安装、飞行测试和其他规范建设工作。根据计划，EcoPulse 项目的演示样机将在2022年完成首飞。

此外，德国航空航天中心（DLR）也在进行分布式电推进支线飞机的方案设计。在设计方案中，沿机翼前缘分布的一系列小型螺旋桨将有助于提高飞机升力，

从而减少机翼面积、减轻飞机质量、降低阻力、减少所需的推进功率。

除了分布式的布局之外，翼身融合的布局也被业内认为是一个极具潜力的可行性方案。空客发布了3款零排放的商用飞机概念方案，其中有一个方案就是采用翼身融合的布局，并用液态氢作为主要燃料。

根据空客的规划，这款翼身融合布局的飞机最多可以搭载200名乘客，最大航程为6300公里，与现役的窄体客机相近。这款飞机采用2台氢动力涡扇发动机，通过混合电力系统驱动机身后部上表面的8个风扇。液氢燃料箱设计在机翼下方。这种设计的优点在于，超宽的机身为氢燃料的储存和分配、机舱布局提供了多种选择。空客的这一设计并不是空穴来风的。2017年以来，空客一直在潜心研制Maveric验证机，探索新构型飞机所具备的节能优势。Maveric验证机已于2019年完成首飞，并在2020年新加坡航展上首次公开亮相。相信这款验证机的研制经验将对空客零排放机型的研发提供有益借鉴。

## 环保验证机持续推进

波音环保验证机项目启动至今已近10年，如今该项目对于波音来说不仅是新技术的试验台，同时也是波音致力于绿色发展的象征。对此，波音相关负责人曾对媒

体表示，尽管近两年来国际航空运输市场环境和波音自身都面临着巨大的压力，但环保验证机项目团队的工作从未停止。

2021年，波音与阿拉斯加航空合作的环保验证机项目是公司的第八代环保验证机项目，同时也是首个使用737MAX机型进行的验证项目。该验证机已于2021年6月完成首飞，计划进行20项技术的测试，这也是波音环保验证机项目持续时间最长的一次。根据《航空周刊》的报道，在这架验证机计划完成的20项验证测试中，有5项试验值得关注。

一是测试一种可以显著降低对臭氧层影响的新型飞机灭火剂——三氟碘甲烷（CF3I），用于替代已经停产的哈龙（Halon）1301产品。目前，全球监管机构已经禁止哈龙公司灭火剂的生产，国际民航组织明确了2024年为哈龙公司灭火剂的最后使用期限。为此，在当前的环保验证机项目中，波音正与美吉特（Meggitt）公司合作为未来飞机可应用CF3I进行相关测试。

二是与美国国家海洋和大气管理局合作测量大气中的温室气体水平，以支持该机构的气候建模和长期预测活动。环保验证机测试侧重于最佳空气采用策略，以最大限度地降低设备安装成本和对飞机运行的影响，同时最大可能地提高测量质量。

三是评估降低现有发动机噪声，并探索在新一代发动机上使用短舱降噪衬层的可能性。波音对阿拉斯加航空这架737MAX飞机的右侧发动机短舱进行了改装，在反推装置上采用了先进降噪衬层和其他处理方法，这些改进将帮助应对新一代超大涵道比发动机和紧凑型短舱的不同噪声足迹。在验证飞行中，这架飞机将在蒙大拿州比较复杂的地形上进行飞行，以测试噪声情况，评估这种新设计对降低噪声的贡献。

四是在所有新测试技术中，波音的研发人员还计划将碳纤维废料转化为客舱内饰侧板。波音计划回收777X机翼生产中的碳纤维复合材料，用于制造客舱侧壁。这种耐用、轻质的材料将可以降低油耗和客舱排放，并支持波音可持续制造的目标。在制造和测试并行的同时，飞机测试将以面板的声学特性为中心。尽管波音已将所有碳纤维回收，但这次试飞将标志着回收材料首次进入飞机供应链。

五是测试可持续燃料的使用情况。2018年波音在联邦快递的一架777F环保验证机上创造了民用飞机首次使用100%可持续燃料飞行纪录。在今年的环保验证机项目上，波音将测试掺混了可持续航空燃料的化石燃油在飞机上的使用情况。测试所使用的可持续燃料是World Energy公司通过农业垃圾和废物提炼出来的。混合燃料中的可持续燃料可以降低燃料寿命周期内超过75%的碳排放。目前波音公司还计划与监管机构和业界各方合作，提升目前50%的掺混比例限制来拓展可持续航空燃料的使用。波音承诺，其商用飞机将在2030年前获得使用100%的可持续航空燃料进行飞行的能力。

## 氢能飞机备受关注

由于具备储量丰富、来源广泛、能量密度高、环保且价格低廉等优势，近年来航空业对氢能飞机的研发热情高涨，包括美国、欧盟和俄罗斯、中国在内的国家和地区都启动了对氢燃料电池飞机的研究，以加快推动航空业脱碳的步伐。

2021年，德国联邦运输和数字基础设施部宣布，向氢燃料电池航空电驱动总成项目拨款，并由德国航空航天中心（DLR）牵头，研制一款40~60座、航程1000公里的支线飞机。2021年11月，

DLR首次试飞了一款4座的以第六代氢燃料电池驱动的飞机，并获得了成功。目前，为了持续推动项目后续研制工作，DLR正在建设专用试验设施，其中包括储氢罐、电机系统和控制系统等。

2021年，法国国际关系研究所发布了《欧盟氢能战略展望》，其中明确指出：“一项稳健、成本效益高的欧洲氢能战略将成为欧盟经济复苏计划的支柱，并加速欧洲经济体的脱碳进程。”在此背景下，法国出台了高达150亿欧元的航空业支持计划。计划明确提到，政府在未来5年内将每年投入15亿欧元资助企业进行技术研发，而最具优先权的项目就是2035年实现零碳排放的绿色飞机计划。法国政府希望这一计划不仅能够帮助法国航空业领先其美国竞争对手，更能够带动该领域所涉及的1300多家企业的发展。这一“绿色飞机”发展计划希望空客能够在2030年左右推出A320系列飞机的继任者，技术目标是实现燃油消耗降低30%，2035年左右推出零排放的氢能飞机。

空客发布了代号为“ZEROe”的3款零排放氢能源飞机概念设计方案。尽管这3款飞机采用了不同的空气动力学构型和动力系统配置形式，但都采用氢能源作为主要能源。根据计划，空客新型氢能源飞机将于2035年投入运营，如果这一目标实现，将成为全球首款零排放商用飞机。为了实现这一既定目标，空客计划按照“三步走”的方式进行推进：2021年进行地面演示；2023年氢燃料飞机交付；将氢燃料推广应用到空客全系产品，包括直升机产品和其他商用飞机产品。2021年8月，汉莎航空表示，公司对空客这一项目十分感兴趣，如果空客能够成功研制氢能飞机，汉莎将有意成为其启动用户。由此可见，航空业围绕新能源的新一轮竞争战已悄然打响。■



波音第六代ecoDemonstrator技术验证机  
图 | 波音官网



航空制造

# 热度不减的 新加坡航展

文 | 彭静宇

2022年2月15日至18日，两年一度的新加坡航展如期在樟宜展览中心举行。受新冠肺炎疫情影响，本届航展规模有所减小，且取消了公众日的开放活动，但由于亚太地区航空业发展的巨大潜力，本届航展依然是“减量不减热度”。

波音、空客等飞机制造商都带来了最新机型，在闪光灯聚集的飞行表演中，一系列新机型展示了优异的性能。尽管与疫情前各大航展上，动辄百亿的飞机订单景象不可同日而语，但各大制造商都通过航展的平台向外界传达了对航空业复苏的期待。

## 看好亚太市场前景

尽管奥密克戎病毒的快速传播使航空业的发展蒙上了阴影，但两年一度的新加坡航展依然如期举行。据新加坡航展主办方公布的数据显示，本届航展共有近600家来自39个国家和地区的厂商参展，这也是新加坡航展连续两届因为疫情的原因缩小办展规模。2020年，新冠肺炎疫情爆发之初，约有来自45个国家和地区的930家厂商参展。在疫情前的2018年航展，参展厂商超过1000个，参展人员超过54000人。尽管展会规模有所减小，但参展商的热情依然高涨。尤其对于后疫情时代亚太航空市场的发展前景，各方都持乐观态度。

本届航展上，主办方举办了“航空业CEO论坛”，在论坛上各大制造商“掌门人”都对行业未来的发展充满信心。在本次论坛上，各方都表示，目前由于各国出入境限制政策是影响航空业复苏的主要原因，但相信2022年随着疫苗的普及，各国将有望逐步放松管制。不少企业认为，预计2022年第三季度或第四季度，全球范围内的出入境管制措施将放松，将直接“引爆”全球航空出行需求，从而

↑

图 | 新加坡航展

推动行业走上快速复苏的轨道。但同时也有一些专业人士指出，2022年石油价格、大宗物品价格和用人成本的上涨等因素也不可忽视，尤其是国际形势的变化对石油价格的影响会对航空运输业的发展造成直接的冲击。

对于亚太地区航空市场未来的发展，各方都认为，强势反弹将是这一地区的主旋律。航展前夕，空客发布《未来20年亚太市场机队预测》，指出未来20年亚太地区将需要17620架新客机和货运飞机。其中，单通道飞机需求达到13660架。在货机方面，空客预测，到2040年亚太地区航空货运量将翻一番，需要约2440架货机。在运量方面，亚太地区的客运量每年将增长5.3%，货运量每年将增长3.6%，两个数据都超过全球平均水平。

波音同样也看好未来亚太航空市场的发展，并强调了东南亚市场的巨大潜力。波音表示，未来10年东南亚市场新飞机的需求大约4415架，其中包括3600架单通道飞机、770架双通道飞机和25架货机。

但也有一部分声音指出，行业的全面

复苏或许还需要几年的时间。新加坡民航局（CAAS）相关负责人航展期间介绍了新加坡近两年来民航运输业的发展情况。随着疫苗的普及，新加坡已经调整了相关政策，如今完成疫苗接种的旅客抵达新加坡之后已无需再进行隔离。但即便是这一政策推行后，2021年12月，新加坡民航业客运量也只恢复到了疫情前15%的水平。因此，新加坡民航局预测，预计要到2026年该国的民航运输业才能完全恢复至疫情前水平。

### 制造商力推新机型

本届航展在研的777X是波音力推的机型，这也是777X首次在亚太市场亮相。作为本届航展的明星机型，777X也不负众望，在飞行表演中展现的垂直起降充分展示了其优异的性能。

作为波音家族的明星机型之一，尽管777X的研发进程并不顺利，但并不妨碍波音对于这一机型的厚爱。航展期间，波音表示，目前公司共有4架777-9X在进行试飞取证工作，累计飞行时间达到1900小时，已完成650个试飞架次。由于疫情对宽体客机市场需求的打击巨大，因此目前777X仅有8家客户，其中有3家来自亚太市场。对于777X是否“生不逢时”，各方也有着不同的声音，但波音则非常坚定看好777X未来的市场前景。对777X未来市场持谨慎态度的主要是考虑，这一机型2023年左右问世或许有些过早。这主要是考虑到全球777-300ER飞机还未到退役时间。这种担忧也不无道理。根据Cirium的机队数据显示，目前全球在役的777系列飞机数量约1550架，平均机龄不到12年，其中777-300ER飞机数量约为800架，平均机龄8.5年。

与波音主推客机不同，空客在本届航

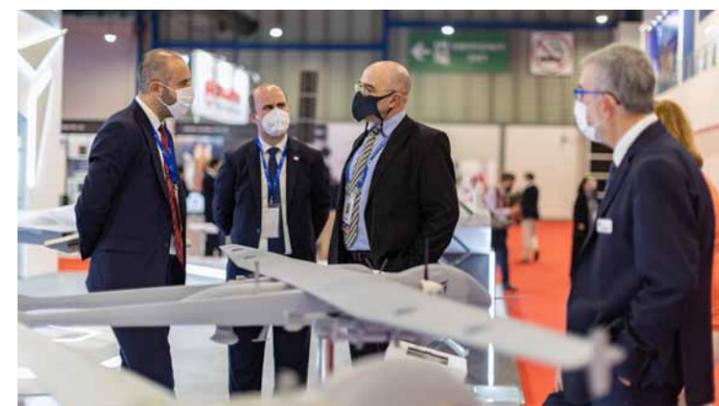
展则将重点放在了推广其全新的A350F货机上，并在本届航展成功斩获新订单。航展期间，新加坡航空与空客签署了7架A350F货机的确认订单。根据合约，空客将从2025年第四季度开始向新加坡航空交付A350F货机，以替换机队中老旧的747-400F货机，新加坡航空也成为了A350F货机的全球首家用户。一直以来，波音一直在宽体客机货机市场占据绝对领先的市场地位，但如今A350F的问世无疑对波音来说意味着正面挑战。面对竞争对手的步步紧逼，波音最终在航展期间正式承认，公司将推出777XF货机。但客观来看，由于777XF货机的问世时间要晚于A350F，因此未来大型宽体货机市场的格局或将有所改变。

除了A350F货机之外，在本届航展上，空客还收获了30架A220-300飞机订单。这一订单来自A220系列飞机的已有客户捷蓝航空，这笔订单的签署也令捷蓝航空A220系列飞机的订单数达到100架，同时A220系列飞机的总订单数已达到740架。可以说，在空客入主之后，A220系列飞机的市场销售情况一片大好。此次，捷蓝航空A220-300飞机选择了140座客舱布局。考虑到后疫情时代，航空公司将进一步加强对成本控制，因此A220系列飞机的市场前景向好。

### 开放合作是主基调

航空产业是国际化程度非常高的产业，因此开放与合作是行业的主基调。在本届航展上，各方也积极通过航展的平台寻求更多合作的可能。

波音在航展期间表示，将围绕货机和737MAX项目加大与亚太地区合作伙伴的合作深度与广度。新加坡科技工程有限公司与波音的合作历史悠久，此次航展期间，



波音宣布将在原有合作的基础上，增设一条767-300飞机改装货机（BCF）生产线，以满足全球市场对于货机需求的增长。同时，波音还表示，2022年还将在新加坡科技工程位于中国广州的生产线中再增加一条767-300的改装货机生产线。2021年年末，波音还在广州飞机维修工程有限公司增设了两条767-300的改装货机生产线。

除了货机生产线之外，航展期间波音还表示，将尽快重启位于舟山的737MAX完工中心的交付工作。目前，737MAX已经在全球多个国家逐步恢复运营。尽管737MAX还未正式在中国市场恢复运营，但中国民航局已经在对这一机型恢复运营进行相关评估工作。作为波音重要的市场，截至2021年年末，中国航空公司共订购了208架737MAX系列飞机。对此，波

图 | 新加坡航展



波音777X亮相  
新加坡航展  
图 | 新加坡航展



音表示，未来随着 737MAX 在中国市场恢复运营，舟山完工交付中心也将随之恢复新飞机交付，以满足中国以及全球市场对于 737MAX 飞机的需求。

此外，围绕未来航空业可持续发展，各大制造商也频繁碰撞出合作的火花。航展期间，空客再次携其最新的氢能源飞机 ZERO 系列亮相航展。作为空客环保新能源战略的重要组成部分，采用氢能 ZERO 系列飞机一经问世就收到了业界的高度关注，在此次航展期间，空客就与新加坡政府合作，探索在新加坡打造氢能枢纽的可能。近年来，氢能凭借着优异的环境性能，成为了航空业的新宠。此次航展期间，空客表示将携手樟宜航空集团、新加坡民航局和工业气体公司林德一起，围绕将新加坡建设成为空客的“氢能枢纽”的目标开展相关研发工作。根据计划，初期的研发周期为两年，各方将围绕支持樟宜机场氢动力飞机运营所需的基础设施，包括氢气的生产、存储、分配以及地面服务、运营设备、加油系统等。在此过程中，新加坡航空局还将重点研究氢燃料电池在支持机场运营方面的潜力以及安全运营氢能飞机所需要的适航标准、运营条件等。

巴航工业与罗罗公司则对新型涡桨飞机项目互生合作意愿。巴航工业公司表示，考虑到未来 20 年全球市场将需要 2260 架 70~90 座涡桨支线飞机，其中约 900 架飞机将投入亚太市场。鉴于这份诱人的市场需求，巴航工业表示，公司将推出一款 70~90 座级的涡桨支线飞机。根据初步计划，这架飞机将采用与 E-Jet E2 系列飞机相同的机身，并计划在 2023 年左右投入市场。对于这款新机型将采用哪款动力装置，巴航工业表示目前正在与发动机制造商进行讨论，并计划在今年完成发动机的选型工作。而在本次航展，罗罗公司对巴航工业的这款新机型表示了浓厚的兴趣。

目前罗罗公司只有一款涡桨发动机，即 AE2100 仍在产，如果罗罗能够就这一新飞机项目与巴航工业达成一致的话，则意味着罗罗将重返支线飞机市场。

而无论双方是否会就涡桨飞机项目实现合作，巴航工业与罗罗公司在可持续支线飞机创新技术的研发上已经开始了合作。航展期间，巴航工业、罗罗公司和威德罗航空共同宣布计划合作研究一款零排放支线概念飞机。根据已经公开的信息，三方的这项合作为期一年，期间三方的研究工作将涵盖新型推进技术的广泛应用，并检验相关潜在解决方案的可行性，包括纯电动飞机、氢燃料电池飞机、氢燃料涡轮发动机飞机等。

此外，本次航展期间巴航工业旗下 Eve 公司宣布与电动垂直起降客货飞机基础设施供应商 Skyports 合作，双方将在日本研发先进空中交通的运营概念，其中包括与日本民航局探索城市空中交通的发展。这一合作旨在建立空域设计、运营、基础设施等，以实现电动垂直起降飞机在日本的运营。除了上述两家企业之外，日本航空也将参与到这一研发项目中。而在此次航展期间，Eve 公司的 eVTOL 项目也有订单入账。HM Consolidated 集团旗下的 Aviair 及 HeliSpirit 订购了 Eve 公司 50 架 eVTOL，并计划在 2026 年左右交付并投入市场。由此可见，尽管近年来，巴航工业在支线飞机市场遭遇了空前的挑战，但在未来市场的谋划上，巴航工业已做好了充足的准备。■



航空制造

## 好景何时还

### ——从市场预测看 2022 年波音与空客发展

文 | 陈培儒

突如其来的新冠肺炎疫情肆虐航空业已两年多。尽管从 2021 年下半年开始，随着多个国家开始放松管制，航空业缓慢复苏，飞机制造商也开始逐步恢复产能。

站在新年的新起点上，对于波音和空客这两大行业主要飞机制造商来说，要完全走出疫情的影响，前路仍有风险和挑战。

波音 737Max8  
图 | 波音官网

↑

## 乐观看待市场需求

2022年新年伊始，空客与往年一样召开了一年一度的全球发布会。尽管受疫情影响，今年的发布会与去年一样以视频的方式召开，但与去年不同，今年的空客明显对未来行业的复苏更为乐观了。

在发布会上，空客公布了2021年公司经营业绩。令人颇为意外的是，尽管受疫情影响，空客飞机交付数量仍在恢复中，但公司全年的利润达到了创纪录的42亿欧元。正因为如此，空客将2021年视为从应对疫情转向“复苏和增长”的转折年。空客对于“复苏和转折”的信心除了来自自身业务的健康发展之外，更多的则是对未来市场需求的预测。

在发布会上，与业绩一同发布的还有其对未来20年全球航空市场客机和货机的预测报告。在这份预测报告中，空客指出，未来20年全球航空客运量增速为5.3%，这也意味着未来20年全球市场对新飞机的需求在39000架左右。同时，报告也指出，亚太市场将会是全球最具增长力的市场。

在预测报告中，空客指出未来20年亚太地区约需增加17620架新飞机。亚太地区占世界55%人口的地区，如中国、印度、越南、印度尼西亚等国将成为亚太地区经济增长的主要动力。这些经济体的国内生产总值将以每年3.6%的增速增长（同期世界平均国内生产总值水平为2.5%）。经济的增长将使该区域航空客运的主体人数增加11亿，达到32亿，这意味着航空客运的人数到2040年将增加近3倍。

从航空货运市场来看，报告指出，亚太地区货运量未来20年将以每年3.6%的速度增长，远高于全球3.1%的平均水平，这意味着亚太地区航空货运量将在2040年之前实现翻番。因此，未来为了满足货

运增长需求，亚太地区将需要约2440架货机，其中880架为新增货机。

空客在报告中还指出，未来20年内，全球小型商用飞机需求将达到29690架，占有商用飞机需求的76%，其中北美、欧洲、中国和亚太地区需求占比最大；全球中型商用飞机需求量为5340架，占有商用飞机需求的14%，亚太地区和欧洲地区需求占比较大；大型商用飞机需求量为3990架，占有商用飞机需求的10%，中东地区和亚太地区需求占比较大。

此外，空客在预测报告中还表示，未来20年全球市场新增的约39000架客运和货运飞机中，将替换目前市场上约15250架老旧飞机。这也意味着到2040年，全球市场绝大多数商用飞机将为最新的燃油效率高、碳排放低的飞机，这将大大改善全球商用飞机机队的碳减排效率。

## 空客或率先走出疫情影响

从空客发布的业绩报告中不难看出，尽管2021年对于全行业来说依然是艰难的一年，但作为行业的领军企业，空客已经逐步走出疫情的阴霾。

2021年，空客共获得771架新增订单，这个数字与2020年相比翻了一番。但相比订单数的增加，2021年更令空客欣喜的或许是，其交付的机型涵盖了现有所有机型项目与细分市场。与此同时，空客遍布全球的生产线产能也在逐步恢复。A320系列飞机的产能预计在2023年年中达到月产65架，A220的生产速度将从现在的月产5架到2022年中期提升至6架。尤为值得一提的是，2021年空客在货机市场的突破。

众所周知，一直以来波音在货机市场占据了绝对领先的地位，但2021年空客推出的A350F货机得到了市场的积极响

应，短短几个月的时间就收获了22架确认订单和承诺订单。根据计划，A350F将在2025年交付市场，这意味着比竞争对手的新一代货机抢占了市场先机。

更为值得一提的还有空客在中国市场的表现。2021年，空客向中国交付了142架飞机，同比增长超过40%，交付数量在空客全球交付总数的占比超过23%。空客在中国天津的总装生产线和完工交付中心为这份亮眼的业绩作出了积极的贡献。截至2021年年底，空客已经在中国总装并交付了555架A320系列飞机，预计2022年将交付在天津总装的第600架A320系列飞机。可以说，空客的中国战略是卓有成效的。

然而尽管对于空客来说，随着市场的恢复，公司发展前景一片向好，但仍有一些问题值得引起关注和思考。首当其冲的就是提产能的问题。2021年5月，空客向供应商公布了增产提速计划。其中，A320系列飞机的产能在2021年年底达到月产45架，随后到2023年第二季度达到月产64架，之后不久，空客又将这一目标继续上调至到2023年夏季达到月产65架，并希望在2025年下半年可以实现月产75架

的目标。空客的这一提产计划发布后，供应商们却持谨慎的态度，甚至有不少供应商表示，空客的这一提产计划“有些不切实际”。

供应商们的顾虑是有原因的。对于他们而言，由于受疫情影响，导致营收和现金流大幅减少，现在空客提出增产计划就意味着，产业链企业需要通过更多贷款来提高产能。更令供应商感到为难的是，在提速的同时，空客还向供应商提出了非正式的单位成本削减目标。因此，尽管目前仍有不少供应商尚未对空客的提产计划作出正面回应，但对于主制造商空客来说，未来还需要和供应商之间做好沟通与协商工作，毕竟相对于主制造商和一级供应商，产业链中很多中小企业抵御风险的能力较弱。从这个角度来看，如何让供应链同步恢复协同是整个产业链需要思考的问题。

其次，除了与供应商之间的协同之外，对于空客来说，A321LR和A321XLR的生产也并非易事。由于疫情后，航空公司更青睐大型窄体客机，这令A321neo系列飞机受到了市场的热捧。首架A321XLR飞机已经完成总装，预计在2022年投入适航取证。但更长的机身和一些设计更改



空客客机  
图 | 空客官网



对生产也带来了新的挑战，如 A321LR 和 A321XLR 的客舱都是非标构型，这意味着生产难度将大大增加。因此，对于空客来说，一方面是提产的压力，另一方面是生产难度的增大，要处理好这两者之间的矛盾，可能需从技术、管理等多个方面进行着手。

最后，对于空客来说，2022 年一个较为棘手的问题就是与老客户卡塔尔航空之间的矛盾。卡塔尔航空一直是空客宽体客机的重要客户，但 2021 年由于 A350 系列飞机部分飞机机身表面过早老化的问题，双方闹得不可开交，甚至最终取消了未交付的订单。一直以来，空客在宽体客机市场一直落后于竞争对手波音，而中东客户又是双方都极力争取的重要客户。因此，未来空客将如何破冰与卡塔尔航空之间的关系，可能不仅仅关系到 A350 的销售，更关系到其未来在中东市场宽体客机的布局。

## 波音或是“新常态”的一年

2022 年，对于波音来说，或许是否能够实现“否极泰来”的转折年。从 737MAX 事件到新冠肺炎疫情的发生，过去的两年多，在波音百年的发展历程中，都可以算得上是黑暗时刻。但如今，随着 737MAX 的复飞，波音的黑暗时刻或许已经过去。

根据波音发布的年报，公司 2021 年营业收入 622.86 亿美元，同比增长 7%；净亏损 42.9 亿美元，相比上一年的净亏损 119.41 亿美元，亏损大幅缩窄。值得欣喜的是，2021 年波音民机集团营业收入 194.93 亿美元，同比增长 21%，2020 年和 2019 年分别同比下降 50% 和 44%。这意味着波音民机集团营业收入在经历了连续两年的大幅下降后，终于实现了增长。

这对于波音民机业务来说，无疑是一个转折点。

737MAX 的复飞是波音民机业务实现增长的重要推手。从 2020 年 11 月美国联邦航空安全局（FAA）批准 737MAX 恢复运营以来，这一机型已累计安全飞行 80 多万飞行小时。截至 2021 年年底，737MAX 的产能也已恢复至月产 26 架。但 2021 年，由于 787 飞机质量问题导致的返工，令波音产生了 20 亿美元的异常成本。根据波音的年报显示，由于 787 生

——

**对于波音来说，2022 年如何进一步做好产品质量管控，并在中国等重要市场加快 737MAX 的复飞极为重要；此外，波音在提产能的同时还要加速“去库存”。**

——

产中的质量问题，FAA 要求其库存的 787 飞机进行返工，这令波音第四季度在 787 项目中已产生了 35 亿美元的税前非现金支出。也正因为围绕相关质量问题，波音和 FAA 之间还未达成共识，因此 2021 年 787 项目的生产速率较低，并直接影响了这一机型的交付进度。

因此，对于波音来说，2022 年如何进一步做好产品质量管控，并在中国等重要市场加快 737MAX 的复飞极为重要。目前尽管 737MAX 已在全球多个国家复飞，但其在中国市场的复飞还迟迟未能实现。相比之下，竞争对手在中国市场新飞机的交付速度却在稳步提升，这显然不是波音愿意看到的。同时，目前 737MAX 的积压订单中，有约三分之一是原本计划交付

中国市场的，因此这在一定程度上更加重了中国市场的重要性。

此外，与空客只需要关注提产能不同，波音在提产能的同时还要加速“去库存”。在经历了近 2 年的全球停飞之后，737MAX 的积压订单预计最快要到 2023 年才能完成交付。尽管目前波音计划在 2022 年将 737MAX 的产能提高到月产 31 架，但正如上文所提到的，对于波音来说，产能的提速不仅涉及供应商，更与尚未批准 737MAX 恢复运营的监管机构相关。这其中就包括对于波音来说至关重要的中国市场。与此同时，波音还不得不加快另外两款 737MAX 机型——737MAX7 和 737MAX10 的研发进度。如上文所述，空客 A321neo 机型已经受到了市场的热捧，因此 737MAX7 和 737MAX10 如果迟迟不能推出市场则意味着将失去先机。根据波音的计划，737MAX7 将在 2022 年完成取证并交付市场，737MAX10 将在 2023 年完成取证并交付市场。因此综上所述，新的一年，波音在窄体客机市场的挑战颇为严峻。

在宽体客机方面，2022 年波音同样挑战巨大。在疫情发生前，787 飞机是宽体客机市场最受欢迎的机型。但 2021 年，这一机型的交付数量仅 10 多架，库存积压超过 100 架，月产 14 架的盛况不再。这主要是其生产中屡次暴露的质量问题迟迟无法得到解决。这直接造成了波音在宽体客机市场的领先优势正在逐步减小。此外，另一款在推出时受到市场热捧的 777X 的研制也不顺利。在经历了多次推迟之后，波音为 777X 设定了 2023 年第四季度取证交付的目标，因此 2022 年将是这一项目的关键年。由于 2021 年，空客推出 A350F，波音不得不推出 777F 作为应对。这也就意味着波音将同时进行 777 项目客机和货机的研发工作，对于波音来说，压



图 | 波音官网

力可见一斑。众所周知，空客多年来一直在窄体客机市场领先于波音，如果波音不能守住其在宽体客机市场的优势地位，未来将在与对手的竞争中处于相当被动的地位。在货机市场则更是如此，一直以来波音在大型货机市场一直占据绝对领先的霸主地位。2021 年，空客推出 A350F 无疑是对波音的公然“叫板”，在此背景下，波音推出 777XF 无可厚非。因为对于波音来说，推出 777XF 不仅是对 A350F 的回应，同时也是为 2022 年将要停产的 747-8F 推出“继位者”。再加上疫情后，市场对于货机的需求激增，在这个时候两家制造商同时推出新一代货机，也意味着未来双方围绕商用飞机市场的竞争将从客运市场延伸至货运市场。从这个角度来看，后疫情时代，航空业新一轮的竞争已经打响。■

航空制造

# 谨慎乐观： 全球公务航空市场展望

文 | 曲小

尽管新冠肺炎疫情对全球航空运输业造成了巨大的冲击，但在全球公务航空市场却是另外一番景象。



2021年10月，湾流公司发布了公司迄今为止速度最快、航程最长的新一代公务机——G800



2020年以来，全球公务航空市场已经呈现了报复性增长态势。2021年，全球公务航空市场更是创下了单年最高累计飞行次数。同时，公务机制造商也为了迎合市场需求加快了新机型的研发进度，二手公务机市场需求也十分强劲。一时间，不少业内人士纷纷对全球公务航空市场前景持乐观态度。

## 市场助推二手公务机价格上涨

近日，行业数据分析商 Wing X 发布了最新的《全球市场追踪报告》，报告指出，2021年全球公务机累计飞行达到330万次，创下了历史新高。从公务机市场的需求情况来看，无论是包机公司还是部分所有权公司，对于公务机的需求都呈现2位数增长，公务机的利用率已经超过疫情前水平。而 Wing X 的这份调查报告与几个月前美国公务航空展上的热闹景象不谋而合。

2021年10月，全球最大规模的公务机展在美国拉斯维加斯举行，公务机供需两旺的场景或多或少有些出人意料。然而，事实上随着欧美对疫情管控政策的逐渐放开，西方国家，特别是美国的公务机市场已经提前进入了反弹期。同样的情况也出现在美国以外的其他市场。根据中国公务

航空协会的数据显示，在2020年疫情爆发之初，与民航飞机一样，大部分公务机也处于停飞的状态。但从2020年第四季度开始，国内市场公务机的使用率逐步提升。与此同时，国内公务机的数量也开始逐步提升。与美国公务航空展一样，2021年11月在广州举行的广州商务航空展也吸引了大量的展商和机型参展。种种迹象都表明，相比民航市场，公务航空市场已经率先复苏。但由于疫情对产业链的生产造成了一定影响，因此在本轮公务航空市场的复苏中，有一个十分有趣的现象，就是二手公务机市场率先得利。

Jefferies 和 Amstat 公司发布的数据显示，2021年全球二手公务机市场库存明显下降，甚至一些二手公务机和一手新飞机相比还出现了价格倒挂的现象。具体来看，中型公务机库存下降幅度最大，同比下降57%，占现役公务机数量的2.8%；大型客舱公务机库存同比下降48%，占现役公务机数量的3.8%。细化到公务机制造商来看，2021年11月，公务机库存对于现役机队的占比分别是庞巴迪占2.4%、德事隆航空占1.9%、达索航空占2.5%。同时二手公务机市场的价格明显上涨，其中湾流公务机价格上涨幅度最大，同比上涨27%，紧随其后的是庞巴迪、巴航工业、德事隆航空和达索，分别同比上涨10%、8%、4%和3%。

市场需求的转变也令各大制造商纷纷开始调整对二手公务机市场的需求预测。其中，霍尼韦尔公司预测未来5年内全球28%的公务机机队将被二手公务机所替代或扩充，这一数字较2020年预测上调3个百分点。

全球知名的公务机经销商 Jetcraft 公司预测，未来5年，全球预计约有12261架二手喷气式公务机要进入市场进行交易，预计销售额将达到572亿美元。以目

2021年全球公务机累计飞行达到330万次，创下了历史新高；Jetcraft 公司预测，未来5年，全球预计约有12261架二手喷气式公务机要进入市场进行交易，预计销售额将达到572亿美元。

前的增速预计，到2025年，全球预计有2647架二手公务机将进入市场交易，销售额约124亿美元。

## 公务机制造商加速研发新机型

市场需求的增长也点燃了制造商的热情。2021年，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尽致。2021年10月，湾流公司发布了公司迄今为止速度最快、航程最长的新一代公务机——G800。这款新机型在0.85马赫速度下的航程为14816公里，0.9马赫速度下的航程为12964公里。G800公务机采用了罗罗公司最新的“珍珠”700发动机，并优化了机翼和翼梢小翼的设计，使这款飞机具有更高的燃油效率和更多城市对直飞的能力。作为湾流的一款主推机型，G800重新定义了湾流“以更快的速度飞得更远”的含义。

与湾流同样追求速度的还有达索航空。2021年5月，公司发布了新一代旗舰机型——猎鹰10X公务机。在这款飞机上，达索航空首次实现了在公务机上采用新型的复合材料机翼。这款公务机的最大飞行速度可达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。

除了追求速度之外，2021年公务机制造商围绕“飞行本该酣畅”，成就公务

机舒适飞行，也推出了新的产品。2021年9月，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。

同时，2021年公务机制造商们推出的新机型还在不断攀登巅峰科技。2021年，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。

具有“战斗机”基因的猎鹰10X除了大后掠角机翼采用了与“阵风”战斗机相同的碳纤维复合材料之外，原先只在战斗机中作为标配的数字飞行控制系统（DFCS）即单油门杆——智能油门、AGCAS防碰撞系统等技术都在猎鹰10X上实现了配备。

## 市场或应谨慎乐观

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Wealth-X发布的《2021年全球超高净值人口报告》显示，在前10个超高净值国家和地区中，中国、美国、日本的超高净值人群在2020年表现强劲，而这部分地区也正是公务机的潜在市场。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，未来通胀的风险也是公务航空市场不得不考虑的因素。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市场新公务机的交付速度。

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。美国《航空周刊》的预测则更为保守，其在《2022年公务机机队和MRO预测》中指出，全球公务机市场的新飞机交付量要到2023年左右才能恢复到疫情前，即2019年的水平。

这一预测符合不少公务机制造商公布的产能。湾流公司表示，2021年第三季度其公务机订单量出货比为1.7，创下6年来新高。公司2021年第三季度的出货量比去年同期有所下降，降至31架。公司2021年前9个月的交货量为80架。出货量的下降与疫情导致的减产直接相关。尽管公司计划在2022年提高产能，但最终提产计划能否实现依然与疫情在全球范围的控制情况直接相关。

但对于二手公务机市场，无论是专业机构还是业内专家都更为乐观。根

据中国公务航空集团的数据显示，目前中国买家购买二手公务机的比例已经占60%~70%。2021年上半年公务机买卖中，中国公务航空集团经手的有超过75%都是二手公务机，而在2015年这个数字只有10%。

再看中国公务航空市场，尽管在过去十多年经历了起起伏伏，但总体来看市场从2017年就进入缓慢复苏的状态，疫情后，2020年我国公务机的飞行量、主要机场起落次数的数据已经恢复到了2019年的75%和83%。同时，由于国内公务航空市场的韧性，也吸引了更多制造商在国内开展公务机维修、定检、改装、培训等相关业务。这也意味着，未来几年，我国公务航空市场将形成以国内市场为主、带动国际市场的双循环模式。但需要指出的是，人才资源、基础设施等的短缺依然是制约我国公务航空发展的短板。根据中国民航公布的数据显示，目前全国共有通用机场357座，而美国机场的数量早已上万。伴随着机场资源紧张随之而来的是托管费用、起降费用等的居高不下。这也直接导致了目前我国每架公务机的日利用率只有美国的一半左右。飞机利用率不足直接导致运营商的收入难以抵消飞机的折旧、维护和保养等费用。因此，尽管飞机制造商、运营商等早已不满足让公务机只做行业风口变迁的注脚，但在国内，公务机要真正成为“时间机器”，仍有“云团”尚需穿越。■

航空运输

# 从“重客轻货”到“客货并重”

## ——《“十四五”航空物流发展专项规划》解读

文 | 任治潏

2022年2月,中国民航局发布《“十四五”航空物流发展专项规划》(以下简称《规划》),这也是中国民航首次编制航空物流发展专项规划。《规划》的出台将为构建优质高效、自主可控的航空物流体系提供精准指引。

在经过了二十多年的高速增长后,如今中国民航运输业客运和货运业务发展的不平衡性已经成为了国家大力发展航空货运业务的主要推动力。尤其是2020年新冠肺炎疫情爆发后,由于航班数量骤减导致的运力不足除了推升航空运价之外,也让航空货运在供应链中所具有的价值得以进一步凸显,此后一系列促进和保障航空货运业务发展的政策先后出台。2022年2月,中国民航局发布《“十四五”航空物流发展专项规划》(以下简称《规划》),这也是中国民航首次编制航空物流发展专

项规划。《规划》的出台将为构建优质高效、自主可控的航空物流体系提供精准指引。

### 航空物流发展现状

凭借全产业链优势和消费市场优势等,中国无疑将在新时期全球化合作中成为衔接发达国家与新兴市场的重要枢纽,并逐步与“一带一路”等新兴国家打造供应链循环,未来我国在全球供应链、价值链的组织中心作用将逐步增强,而这些都将促进我国航空物流枢纽地位不断提升。

↓  
顺丰空运物流  
图 | 顺丰



在此次发布的《规划》中指出，“十三五”期间，我国航空物流在发展规模、航线网络、安全保障、企业竞争力、治理能力、综合效益等方面都取得了长足的进步，既为经济社会发展提供了有力支撑，也为新时期民航强国建设提供了新动能。《规划》特别指出，在疫情发生后，航空物流表现出了重要的战略作用和巨大潜力。

从国内市场来看，“十三五”期间，我国已形成了以京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等机场群为核心的航空货运网络；国航、东航、南航等传统货运企业加快转型，服务向航空物流链两端延伸，邮政、顺丰、圆通等寄递物流企业积极加强航空能力建设。

2021年8月，中国民航局正式发文同意批筹江苏京东货运航空有限公司。不久后，圆通速递也发布公告，嘉兴机场项目的可行性研究报告已获得国家层面的正式批复。可以说，“十三五”期间，面对国内外激烈的竞争，以顺丰、圆通、京东等为代表的新生代航空快递物流企业正以各自的方式突出重围。

从国际货运来看，2020年，部分综合性枢纽机场货邮吞吐量排名世界前列，上海浦东（3）、广州白云（15）、深圳宝安（19）、北京首都（22）机场位列全球30强，杭州萧山（33）、郑州新郑（38）、成都双流（40）机场位列全球50强；上海浦东机场国际出港航班电子运单总量全球第一，北京首都、广州白云位列全球15强，信息化能力大幅提升。

从数据来看，“十三五”收官之年，即2020年，全行业货邮运输量、货邮周转量分别完成676.6万吨、240.2亿吨公里，规模稳居全球第二；我国航空货运航班通达国内237个城市（不含港澳台），联通国际62个国家的153个城市，其中

全货机通航国家26个。“十三五”期间我国航空货运年均增速分别高于全球平均增速2.2和6.5个百分点。单从数据上来看，不可否认我国航空货运业务所取得的长足进步，但客观来看，现阶段我国航空物流无论是主体服务能力、基础保障能力、数字化水平、营商环境等方面仍存在一些不足，航空物流依然是我国建设多领域民航强国的一个短板，从长远来看，发展仍然面临不少瓶颈。

### 对航空物流认识的转变

2021年11月，交通运输部印发《综合运输服务“十四五”发展规划》，明确提出：构建安全畅通的国际物流供应链服务系统，提升航空货运服务能力，支持航空物流企业做大做强，鼓励传统航空货运企业与物流龙头企业战略合作、资产重组，壮大航空货运机队规模，科学有序发展全货机运输。为了满足发展需要，很多传统航空货运企业正在逐步向提供全流程服务的航空物流企业转变，拓展发展领域，不断整合供应链，形成更加完善的一站式服务，让更多商家选择航空物流运输进行运输。新兴的航空物流企业不断涌现，迅速成长。对此，民航局发布的《规划》中除了包含一系列支持政策之外，还首次明确指出，在大力促进行业发展的同时，各方还需要进一步完成观念的转变。

《规划》明确指出，全行业首先要实现“重客轻货”到“客货并重”的转变。改变以往重点支持客运的政策导向，实施“客货并重”发展策略。由于客机腹舱载货具有成本低、通达广的特点，因此对航空物流业的发展不能简单追求全货机数量上的增加，需要统筹好“客货关系”。《规划》明确指出，当前乃至今后一段时期，客机腹舱仍然是最现实的选择之一。

全行业首先要实现“重客轻货”到“客货并重”的转变；

其次是从“场到场”到“门到门”的转变；

第三是从单一业态到全局生态的转变。

其次是从“场到场”到“门到门”的转变。《规划》指出，我国航空物流表面上弱在空中，实际上弱在链条，传统航空货运服务链条较短，主要提供“机场到机场”的运输服务，难以满足“门到门”的运输需求，缺乏最先一公里的揽货能力与最后一公里的地面配送能力。

事实上，这一问题民航局早在2020年就已经提出，并围绕解决“最后一公里”的效率问题进行了有针对性的部署。如，统筹专业性和综合性的航空货运枢纽布局，优化机场货运设施功能布局和服务流程，完善机场冷链、快件分拣等货运保障设施；强化与海关总署的战略合作，持续推进“通关”便利化等。但从目前来看，我国航空物流“最后一公里”的难题依然

在摸索解决的路上，仍有很多困扰行业发展的瓶颈有待突破。

第三是从单一业态到全局生态的转变。发展着力点从单一的运输链条拓展到与多种生产链条融合，推进物流降本增效从单一物流环节向物流组织模式创新转型，着力推动航空物流企业与快递、跨境电商、生产制造企业深度合作也是未来我国航空物流业健康发展的关键。

在这一点上，以顺丰、京东等为代表的新生代航空货运企业的一些做法是值得行业推广和借鉴的。如京东、顺丰、圆通等都已经开始着手建设专业化的航空货运枢纽机场。一般来说，世界各国的航空枢纽以客运为主，如今这三家企业在地方政府和民航局的支持下分别在南通、鄂州、嘉兴建设专门的货运枢纽，一方面将让企业拥有更多的资源调配的自主权，另一方面也帮助地方政府优化了临空产业布局，为未来全球航空货运市场向亚太地区转移占据先机。

### 航空物流如何与智慧民航结合

如今，以人工智能为代表的新技术正推动和引领着新一轮产业革命，传统的航空物流产业也在此背景下逐渐转型升级。



圆通空运物流图 | 圆通



进入“十四五”之后，政策层面对民航业向智慧化的引导也进一步明确。在中国民航“十四五”期间制定的“一二三三四”总体工作思路中也明确提出，智慧民航建设要有新突破，这也是民航局从战略目标层面对智慧化的要求。航空物流作为中国民航运输业的重要组成部分，在此次《规划》中也对产业的智能化发展进行了重点阐述。在《规划》中，对航空物流的智能化发展设立了一个具体目标，即航空物流信息化、智慧化应用水平显著提升，货运单证电子化率达到80%，电子运单在全国主要机场推广应用，智慧设施国际航空（货运）枢纽覆盖率达到80%。

同时，《规划》所谋划的“三大体系”重点任务中，有一项任务就是建设先进完备的保障体系。重点在优化枢纽布局、完善基础设施、建设智慧货运、完善集疏运体系等方面发力，应用“云大物智移”等先进技术，加快传统和新型基础设施深度融合，建立系统化、专业化、集中化、智慧化的货运设施保障体系，提升运行效率。

具体来说有四个方面。第一是加快现代化技术装备研发，如冷链、医药、超大超重货物等特殊货物的专业运输装备研发，基于人工智能的违禁品机器识别、大型货物扫描探测等新技术等，解决行业发

展共性关键问题，推进航空物流设备先进适用、完备可控。第二是推广应用智能设施，例如支持智能分拣、智能装载、智能仓储等航空物流设施建设，鼓励应用无人驾驶智能卡车、自动导引车、智能穿梭车、无人机等智能化运载设备等。第三是推广货运电子化。通过打造电子货运平台，推动航空公司和货运代理企业使用电子运单和在线物流服务，推动信息共享、标准统一和安检互认，实现民航“十四五”规划中所要求的“货物运输‘一张单’”。第四是促进物流信息互联互通，有了硬件的智慧升级，还需要能够推动货运代理、机场、货站、航空公司、海关等多个主体开放共享的平台，这就需要推动物流设施设备在数据安全的前提下全面联网，建立一站式信息发布渠道和查询窗口，打破信息壁垒。

《规划》中的一些设想如今正在加速从图纸到投入使用。如一些机场在货运站或货运机场在物流设备选择上已经以人工智能、灵活柔性为原则，开始使用无人叉车、无人搬运车、AGV等智能设备；借鉴新加坡机场航站楼服务公司等行业先进企业的经验，探索智慧机坪在机场货运中的应用，探索包括从货机卸货、到港运输、进入航空货站、离港运输、货机装机等全过程的自动无人化工作流程。因此，对于市场前景极为可观的航空物流业来说，在智能化发展的过程中，应该以更加开放的姿态拥抱智能化发展，也只有如此才能更好地促进航空物流业的发展融入民航智慧化发展。■

←

中国航空货机  
图 | 中国国际货运航空



航空运输

## 机遇还是挑战

### ——海南自贸区探索航权开放的思考

文 | 张晋

2022年新年伊始，海南自贸区对第七航权的探索又有了新的进展。1月16日，海南省在交通运输工作会上表示，2022年海南将力争新开、恢复航空货运航线8条以上，同时还将视情恢复国际客运航线，其中包括努力实现第七航权的“首单”落地。同时，2022年海南省还将充分发挥自贸区的各项政策优势，推动保税航油政策制度创新和保税航油政策落地。

↓

图 | 海口美兰国际机场



## “一条跑道连接世界”

航权开放是区域经济融入全球经济的最佳通道，通过航权开放可以驱动城市乃至地区、国家发展的新动力，具有很强的战略价值和发展潜能。因此，业内对于航权开放有一个形象的比喻，即“一条跑道连接世界”。此外，航权对于区域乃至世界枢纽机场的培育和形成也至关重要，合理的航权开放可以推动高科技、现代物流、国际商务和旅游等服务贸易业的发展，有助于拉动地区产业的升级换代。

2020年6月，国务院印发《海南自由贸易港建设总体方案》，《方案》明确支持海南逐步探索、稳步推进中国特色自由贸易港建设，并提出在2025年前实施更加开放的航空运输政策。其中包括，在对等基础上，推动双边航空运输协定中实现对方承运人开放往返海南的第三、第四航权，并根据我国航空运输政策，扩大包括第五航权在内的海南自由贸易港建设所必须的航权安排。支持在海南试点开放第七航权，允许相关国家和地区航空公司承载经海南至第三国（地区）的客货业务。实施航空国际中转旅客及其行李通程联运。特别提及，对位于海南的主基地航空公司开拓国际航线予以支持，允许海南进出岛航班加注保税航油。

事实上，早在2003年海南就已经成为我国首个开放第三、第四、第五航权的试点省份。此次在海南省试点的第七航权又被称为完全第三国运输权，指某国或地区的航空公司完全在其本国或地区领域以外经营的独立航线，在境外两国或地区间有载运客货的权利。这也就意味着未来海南的部分国际航线开放给了境外航司运营。

从目前来看，在我国，第七航权主要被用于国际航空货运运输。如中美两国

2004年签订航空议定书，并从2007年开始，如果两个国家的航空公司在对方的国家内建立了航空货运枢纽机场，一国的航空公司就有权在该航空货运枢纽机场与第三国国内的一个地方的机场或数个地方的机场之间经营定期国际全货运航班，不再需要从本国机场始飞。在客运方面，欧盟成员国与美国之间第七航权的应用较为广泛，这主要是因为欧盟与美国早前就已经达成了天空开放协定，欧盟成员国的航空公司可以经营任意另一欧盟成员国与美国之间的航班。例如，德国汉莎航空的航班可以从荷兰起飞飞往纽约，而不是必须从德国始飞。由此可见，在客运市场，对于消费者来说，第七航权的开放最直观的好处就是会有更多航空公司开辟新的国际航线，从而让消费者有机会以更低的价格享受更好的航空出行体验。但对于航司来说则意味着在迎来新发展机遇的同时，将面临更严峻的市场考验。

## 对海南省经济发展的影响

随着一系列政策的陆续出台，国家层面对于海南省未来的发展定位也日渐明确，即以自贸区发展为抓手，将海南建设成为我国新一轮改革开放的新高地，将海南打造成面向太平洋和印度洋的航空区域门户枢纽。航空运输作为出入海南岛的主要方式，未来将在提振海南经济、吸引对外投资方面发挥更加重要的作用。从目前来看，尽管海南无论是海口还是三亚机场都已跻身千万级机场的行列，但外航无论是在航线、座位数份额方面还都十分有限。数据显示，2021年海南海口机场和三亚机场国外航司的座位数份额仅为3.5%和3.6%，这个数字与建设海南国际枢纽地位显然并不匹配。

众所周知，航空运输业是一个网络型

产业，如果没有航权就无法开通航线，更无从谈及建立国际航空运输网络。因此从这个角度来看，航空运输业具有非常强的国际化属性，同时也是全球化的重要推手。而如今，机场对于一个地区和城市的经济发展具有极强的带动作用，在经济学上这种带动作用被称为正外部性。对此行业内早已达成共识，即世界级的城市需要世界级的机场，而世界级的机场更需要在此起降的航空公司成就，三者之间有着强烈的相互依存的关系。对于海南的发展来说，同样如此，没有更多世界级航空公司的加入，就难言成为“面向太平洋和印度洋的航空区域门户枢纽”。因此，航权的开放也将有利于助推海南全面深化改革开放，将海南的旅游业等相关第三产业的发展推向新阶段。

截至2021年年末，海南省货运定期航线和国际第五航权货运航线实现零的突破，意味着海南省正在加快推进更开放的航空运输政策。但第七航权的开放难度更大，涉及的面也更广，因此还需要从政策层面做好统筹工作。

例如，如果没有配套的航权协定，那么第七航权对于航司的吸引力就会大打折扣。此外，海南自贸港对于第七航权的开放是否有相应的配套措施也十分重要。如果缺乏长效机制，那么无论对于国内航企还是国外航企来说，都会缺乏开拓海南航空市场的积极性。针对这些问题，海南省已经开始逐步出台相应政策。

2021年7月，海南出台《关于海南自由贸易港进出岛航班加注保税航油政策的通知》，明确在全岛封关运作前，允许海南进出岛航班在岛内国家正式对外开放航空口岸加注保税航油，对其加注的保税航油免征关税、增值税和消费税，这一政策无疑将有利于吸引更多的人流、物流向海南聚集。



图 | 三亚海旅免税城

## 国内航司应该如何迎接机遇

如上文所述，航权的开放相当于开放了海南的航空市场，也意味着未来会有更多国外航司进入海南，市场竞争显然会更加激烈。因此对于国内航司来说，如何应对这些外来航司的竞争，并在竞争中抓住市场机遇，做大做强自身是一个必须充分思考的问题。

从长远来看，未来如果民航局根据航权开放的要求，逐步开放中途分程权等配套航权的话，国外航司将很有可能以此为契机，以海南为切入口进入中国民航市场，对很多航司来说，航班的灵活性也将进一步提升。凭借第七航权的各项政策优势，国外航司可以利用三亚或海口为基地，进一步扩大海南机场的航线网络，这将对国内航司已形成的航线资源和客源等造成一定的分流。届时，华南地区的客源将很有可能流向海南，这对于主运营基地在亚洲或致力于大力开拓亚洲市场的国外航空公司来说，有机会将航线网络和客源辐射到中国市场，将为其开拓更大的市场提供可能。例如亚航、新加坡航空等航司就很有可能借助这次机会开拓海南至俄罗斯远

首先，国内航司应充分发挥本土化优势，积极布局离岛免税和旅游消费等临空经济产业；

其次，国内航司还要积极争取政策；

第三，对于国内航司来说十分重要的工作是“吃透”政策和对航权的认识；

第四，对于国内航司来说，充分利用第七航权的开放将有助于航司进一步拓展航空货运市场。

东、日韩以及东南亚等地的国际航线。而从后疫情时代，中国民航市场表现出的韧性来看，国外诸多航司早已对中国市场垂涎三尺。未来，第七航权的开放显然会令国内航司和外航在国际航线的竞争上变得更加激烈。

要应对这些挑战，国内航司需要进行提前谋划。首先，国内航司应充分发挥本土化优势，依托海南自贸港旅游业、现代服务业等的发展，积极布局离岛免税和旅游消费等临空经济产业。对于航司来说，意味着需要进一步拓展视野，除了聚焦航空承运业务之外，积极进行新零售转型。事实上，后疫情时代，航司如何开拓更多盈利模式，满足旅客差异化需求，达到航线收入的最大化，是一个亟需思考的问题。

其次，国内航司还要积极争取政策。尤其对主基地设在海南的航司来说，更要积极争取政策支持以开拓更多的国际航线。因为对于国内航司来说，第七航权的开放也意味着可以对外开拓更多国际航线，进入第三国航空市场，从而吸引更多

国际客源，并扩大国际影响力。

第三，对于国内航司来说，另一个十分重要的工作是要“吃透”政策和对航权的认识。随着全球化的发展趋势，令天空开放成为了航空市场竞争的一大趋势。但天空开放犹如利剑的两面，涉及到方方面面的利益。客观来看，我国国内航司与国外相比，在这方面的经验并不丰富，因此未来需要积极关注和研究天空开放政策和机制，充分利用航权开放政策，在代码共享等方面积极开拓与国际航司合作。在国际合作中，既要敢于创新，也要充分利用已有政策，如抓住保税航油等优惠政策，降低运营成本，提高自身市场竞争力。

第四，对于国内航司来说，充分利用第七航权的开放将有助于航司进一步拓展航空货运市场。众所周知，疫情催生了航空货运市场的新的发展机遇，各大航司都在纷纷布局货运市场，国家层面也同步出台了大量政策支持航空货运的发展。借助海南的各项政策优惠，对于航司来说也是发展货运业务的大好时机。海南省已出台的免税政策中已明确表示，对岛内进口用于交通运输、旅游业的船舶、航空器等运营交通工具将实行“零关税”的正面清单管理。此外，对于飞机租赁企业来说，也将取消飞机境外融资限制，加强内地与海南自由贸易港间运输、通关便利性设施建设。对于航司来说，充分利用这些已有政策将有助于扩展航空货运业务。■

航空运输

## 浅谈国产民机运行支持体系建设

文 | 马红亮

**“十三五”以来，我国民用航空产业蓬勃发展。进入“十四五”，国家将进一步加大对国产民用飞机的投入，运行支持业务作为国产民用航空发展的重要支柱，更是贯穿航空器全寿命周期。**

随着我国航空产业的高速发展，运行支持逐步被提升到与飞机制造和航空运输同等重要的地位。在民航局等相关部委的推动下，制造商建立了标准的国产民机运行支持体系，为国产民机安全运营提供了坚实的基础和保障，拉动了产业链的发展，构建了协同产业生态。

### 运行支持体系概要

作为国产民机产业重要一环的服务支持，随着航空制造和运营的发展成长完善。一段时间以来，国产民机制造商沿用传统制造业“重设计制造、轻运营服务”的发展模式，将核心聚焦于产品设计制造环节，认为服务支持是飞机销售的附属业务，仅在问题出现后提供“售后服务”。现在看来，这是一种由孤立问题驱动的被动式服务模式。

我国民航运输业的高速发展迫切需要在保障安全的基础上提质增效。民航局结合我国民用航空制造及运营的实际情况及行业特点，提出了“运行支持”这一概念，要求制造商关注飞机本身的同时也要关注飞机全寿命周期的运行支持，特别是在飞机设计的过程中要充分考虑满足运行符合性要求。“运行支持”是由制造商发起的一种聚焦“产品+支持”的主动式服务。

国家出台相关政策鼓励民航业与航空工业建立产研联动机制，有关部委从产业全局出发提出了涵盖科研、生产、制造及运营的“运营支持”概念，打通了“产、学、研、用”航空产业全链条。

2012年7月，国务院发布《国务院关于促进民航业发展的若干意见》（国发【2012】24号）明确提出要建立健全售后服务和运行支持技术体系。这是国家首

次将国产民机运行支持上升至国家战略层面，为国产民机运行支持体系指明了方向。

2014年10月，中国民用航空局发布《民航局关于航空器制造厂家建立运行支持体系的指导意见》（民航发【2014】94号）指出制造商缺乏运行支持体系是制约国产民用航空器发展的瓶颈问题，明确提出建立运行支持体系是航空器制造商的基本责任，对提升国产民用航空器竞争力具有重大意义。

2014年12月，中国民用航空局飞行标准司发布《航空器制造厂家运行支持体系建设规范》（MD-FS-AEG006），进一步明确了航空器型号合格证持有人所应承担的建设运行支持体系的责任、基本任务、部门职责、关键人员队伍、规范和流程以及管理等要求。

国家战略性新兴产业规划将航空装备领域纳入支柱产业范畴，并提出制造、运营、服务并举的措施。作为航空产业价值链重要一环的运行支持产业便是一座待开发的金矿。运行支持产业的特点决定了其所蕴含的商业价值。

一是资金投入产出比高。据统计，运行支持业务每投入1美元将会带来2~4美元产出，资金的投入产出比高。据预测，到2035年，我国民机运行支持产生的商业价值在民航业中的比重将超过20%。

二是业务市场化程度广。培训、维修及航材等业务市场化程度高，主制造商聚焦于建立使航空器满足适航性、运行符合性及运行安全所必须具备的业务能力以及掌握核心专有技术、专利零件等资源，其他产品和服务由市场进行配置。

三是支持技术升级迅速。随着科技的飞速发展，运行支持业务使用的高新技术也越来越多，如区块链、虚拟现实及人工智能等技术在维修、航材、培训及资料等业务上不断融合应用并随着科学技术的进

步不断升级迭代。

四是区域经济拉动明显。运行支持产业对地方经济具有明显的产业集群拉动作用，仅针对维修业务就涵盖发动机修理、整机维修、部附件修理等行业，并进而带动支持维修业务的相关下游配套加工制造、特种检测、仓储物流等支撑产业。运行支持业务最明显的优势是可以依托自身全业务范围建立集群化的服务产业区，发挥行业聚集效应、共享资源市场全方位集约化发展。

### 国产民机运行支持体系发展面临的挑战与机遇

为了更好地适应我国民用航空产业的发展，局方、制造商共同努力推进运行支持体系建设并不断完善。

中国民航局依据我国民用航空现状及未来发展方向制定了运行支持体系建设系列规范，提出制造商为保障航空器持续安全运行所建立的运行支持体系应具备三项基本要素、四个支撑业务域、五大协同体系以及七项基本任务。基本要素、支撑业务域以及协同体系都是用来保证实现运行支持体系七项基本任务的，这七项任务分别是“运行符合性设计”“人员训练”“运行和持续适航文件”“运行支持”“维修支持”“使用信息的收集和处理”以及“特殊支持和服务”。运行支持体系为客户提供的所有服务产品都是通过这七项基本任务的协同来实现的。我国国产民机制造商均建立了符合标准的运行支持体系，为国产民机运营提供了良好的支持和保障。

当然，在国产民机快速发展的新形势下，运行支持业务同样面临着挑战与机遇并存的局面。

随着国产民机制造业不断取得重大突破，飞机批量投入运营给运行支持业务提

出了更高的要求。运行支持涉及的业务范围广、任务协同多，实施环境杂等特点，需要多行业深度合作甚至是国家层面的产业化布局支持。

贸易冲突及政治干涉等外部因素给国产民机的发展带来了一定的影响，危机中育新机，自主可控是国产民机发展的必由之路。民用航空产业是国家实力的重要体现，国产民机运行支持借助我国航空产业大发展这一契机实现跨越式发展。

民机运行支持是连接航空产品和客户市场的桥梁和纽带，良好的服务支持能够为客户带来更好的运行，创造更多价值。国产民机运行支持已经逐步从“售后服务”转型为“运行支持服务”，从“围绕产品”转变为“聚焦客户”，从卖“产品”转换为卖“产品+服务”。

### 国产民机运行支持产业的发展思路

国产民机制造商要主动由“制造型企业”向“服务型制造企业”转变，运行支持产业要积极推动“服务+”产业融合模式，通过各方的协同为客户提供更精准、更经济的解决方案及服务产品。

“服务+运营”模式。主制造商和运营人及第三方建立信息互联共享机制，由制造商建立以SBOM和XBOM为基础的服务数据库，运营人及第三方按照统一的数据格式和标准将运营信息加入服务数据库，三方共同完善数据。制造商通过数据可以不断优化服务产品，从而向客户提供更符合需要服务的及更精准的运行支持，运营人通过数据可以实现运行控制、维修及培训等运行支持信息系统的大数据支持，并进一步建立智能化辅助决策能力，提升运营可靠性及经济性。

“服务+维修”模式。主制造商与维修商协同合作，主制造商建立基础核心维

修能力，保障客户能够获得全生命周期关键维修服务，包括整机、部附件维修及航材、技术支持，在此基础上积极扶持第三方维修商建立能力，为客户提供更多有效的维修资源，在统一标准下建立授权服务中心拓展航材支持、特许服务、工程支持及快速支援等业务。通过集合行业优质资源推动国产民机维修业务发展。突破原有的制造商建立全业务能力的发展模式，以市场需求引导维修业发展。

“服务+培训”模式。主制造商与第三方飞行、维修培训机构以及院校合作建立培训能力。主制造商建立机型培训能力基础并为第三方提供机型大纲等专业支持，第三方机构将机型与行业培训结合，为客户提供符合规章要求的培训服务，形成多赢的业态发展模式。

“服务+科研”模式。主制造商与科研机构共同发挥工程与研究优势，对运行支持共性基础与高新技术的转化与应用进行研究，通过服务工程的科技化提升运行支持能力和效率，更好地服务国产民机安全高效运营。

“服务+协作”平台。主制造商与民航局、运营人共同搭建运行支持体系协同

↓  
图 | 陈肖



工作平台，成立航空器评审组（AEG），对航空器运行符合性、机组型别等级训练要求、初始维修要求和持续适航文件等内容评审。建立飞行技术委员会（FTC）及维修技术委员会（MTC），由局方、运营商、制造商共同讨论飞行和维修技术问题。运行支持体系由此通过多形式工作平台发挥提升运行品质及推动产品改进的作用。

### 运行支持体系技术前沿

国家“十四五”规划中指出支持推进产业数字化转型，深化研发设计、生产制造、经营管理、市场服务等环节的数字化应用。国产民机运行支持体系也在由“数字化”向“数智化”转型。

例如，“售后服务”转为“服务工程”。“售后服务”只是作为航空产品的后端，对产品交付使用之后出现的问题提供被动响应服务，客户服务部门主要职能是信息的传递，其业务游离于产品设计制造交付之外。特点是灭火式被动服务，客户感受度不佳。

“服务工程”则是将客户服务业务拉回到主制造商体系内，承担型号需求导入及参与研发过程，并提供交付及运行支持。客户服务所包含的专业技术职能也被显性化。特点是预防式主动服务，贴近客户，提升感受。

作为主制造商重要工程之一的服务工程，始终伴随着型号研发制造，在不同阶段发挥着不同的作用。数字化服务工程体系是基于型号全寿命周期 XBOM 及 SBOM 数据基础为核心建立的数字化服务工程体系。

其次，建立运行支持标准体系。国产民机运行支持数字化转型迫切需要各业务标准的统一，通过统一的编码、要素、流程以及信息交换格式实现资源配置优化和

成本降低，打造数智化运行支持体系。数智化运行支持体系是一个多方联合的生态体系，它包括“服务保障主数据系统”“数字工程系统”以及“业务应用系统”，其核心是有序流动的规范数据。主数据系统将来自制造商和运营人及利益攸关方的所有“元数据”通过标准化流程转化为数字工程系统使用的业务域的“源数据”，数字工程系统将源数据进行调用和处理，形成业务应用系统所需要的“域数据”。

数字工程系统包含了维修工程、飞行工程、运行工程、健康管理、MRO 及服务供应链系统。业务应用系统则包含了维修工程分析、运行可靠性、飞行管理、虚拟培训、数字出版物以及智能决策等系统。

国产民机运行支持技术发展路径主要包含：体系标准规范、智慧维修工程、数智飞行工程以及智能运行与健康管理四个发展方向。在此基础上分别有重点技术与应用，主要包含数字基础环境应用技术、运行支持系列业务规范、SBOM 服务工程数据、数智一体维修技术、轻量化孪生数字样机技术、智能运维分析系统等重点技术。

国产民机的运行支持体系是国产民机持续安全、高效运营的强有力支撑和保障。随着国产民机机队数量的不断增长以及海外市场的不断开拓，相信在全行业的共同参与下，中国必将走出一条特色化的民机产业发展之路。■

人物

## 做一个“抓铁有痕 踏石留印”的新时代大飞机人

文 | 崔鹤鸣 张慧萍 图 | 郭泽超



田金强 | 中国商飞十大青年英才

1982年5月出生于云南省临沧市，2007年毕业于中航640所。现任上海飞机设计研究院系统集成部部长、C919飞机第四架机架机长。先后荣获640所特别贡献奖、上飞院青年岗位能手、闪光党员、大型客机项目行政指挥系统嘉奖令、大飞机奋斗者、中国商飞十大青年英才等荣誉称号。

“老田，你昨天晚上的会开到深夜，今天还坚持来跑步？”

“强健体魄，和大家一起为打好试飞攻坚战做好准备！”

每日清晨6时，天刚蒙蒙亮，就有一支晨跑队伍准时在阎良红旗楼下集结，从办公楼向机库跑去。一年多来，这支队伍的人员一直在变动，但其中有一个身影却几乎未曾缺席，他便是田金强。在跑步这件小事上他信念坚定，在日常工作中他更是万事“勤自锻炼，增益其所不能”。

2004年，田金强从北京航空航天大学毕业后，入职640所。在不同的工作岗位上，他始终怀着一颗火热的心，扎根一线，迎难而上，用个人行动和个人魅力带领团队，为大飞机事业冲锋陷阵，保驾护航。

## 试飞一线彰显党员本色

2019年，田金强被任命为C919飞机第四架机架机长，在陕西阎良全面负责第四架机试飞相关工作。

“接到任命当天，我就买了一张票出发去阎良。到了外场，发现事情繁杂，千头万绪一时不知道从哪里开始梳理，脑子都是懵的。”茫然那是段时间的真实写照，田金强回忆起刚成为架机长那段时间总觉得很感慨。

与设计研发工作不同，组织一架飞机开展试飞是系统性、复杂性的工作，“当时的架机团队可谓是一个人就是一支队伍，但既然接过了担子，就要坚定信念，全力以赴，再苦再难也要咬牙坚持，保质保量完成任务。”田金强说。

事事难成事事成，关关难过关关过。面对繁琐而又任务量大的第四架机试飞工作以及紧张的型号任务节点，想要又快又好地处理飞机上的各项问题，田金强在完成日常事务性工作的同时，坚持沉下心来和团队成员一起开会讨论，理清工作思路、找准工作重点，伴随着摸索和学习，田金强形成了一套自己的工作方法和思路，快速进入了状态。

### “我的飞机我负责”

“掰开了，揉碎了，嚼透了”是田金强和团队一以贯之的工作方式。对于一项任务，架机团队需要“掰开来”讨论和落实，努力做到计划再打开、行动再落实、方式方法再确认、行为决策再优化。而对

于决策难点和重要节点，架机团队需要“揉碎了”开展工作，并且“睁大眼睛”不放过每一处细节。对于每一个试飞问题、每一项外场单、每一份超差处理单，田金强都能从问题的处理和解决过程中“汲取一点营养”。只有“嚼透了”，架机管理才能“日上一层楼”。

西北地区有句俗语“望山跑死马”，意思是好像目标近在咫尺，却是千沟万壑、千难万阻，容不得躺在阶段性的“功劳簿”上懈怠。对于田金强来说，外场工作也是这样。架机团队在缝隙中抢时间，在碎片中拾路径，一步步走来，没有无缘无故的成功。田金强就是这样一个人凡事都围绕“飞机”想事情的人。试飞那段时间，他每天都在想“如何飞起来”、“怎么飞得好”、“未来往哪里飞”这些问题。

“热爱可以抵御枯燥与漫长”，无论是祝桥改装期间，还是阎良试飞保障一线，田金强面对工作和生活一直保持着一颗火热的心。在祝桥试验期间，他全程在现场进行技术协调和决策。女儿生日前夕，他连续熬了两个昼夜，只为了尽快处理完手头所有问题，才能放心地在第二天早上和架机团队的同事们提出“我今天上午要请一会儿假”。

### 勇挑重担，体现铁军担当

作为新成立部门的部长，田金强深知万事开头难，创业期的道路总是充满着艰辛与不易。

“不管前路多难，开了头就要用所向披靡的勇气和实力迎接挑战。”即使白天外场架机团队的工

作让他如同高速运转的陀螺，夜晚他依旧克服疲惫，挤出碎片时间，和部门副部长电话规划、梳理部门业务，搭建部门运行框架，明晰发展方向。

部门成立之初，田金强考虑到部门新员工较多，型号设计经验不足等实际现状，主动提出负责协调各方资源，组织员工“走进一线”，通过前往试飞现场，打破专业界限，实现总体设计与一线试飞工作的融合。

火热的外场一线给系统集成部李翠带来了深刻的印象：“一到现场，外场试验的工作环境、工作模式和节奏就给我带来了强烈的冲击。试飞计划任务排布时，无论遇到什么困难，田部长和架机团队总能直面问题并解决，效率很高。在外场，部门除了负责安排每天风雨无阻的学习小课堂，还经常组织我们与架机团队一起开拓思路，进行专业融合。”

“走进一线”小分队通过了解试飞计划安排、试飞任务逻辑以及试飞现场问题，将一线试飞痛点作为部门业务的关注点，通过开发与试飞科目相关联的潜在业务，强化了整机验证管理体系。这是田金强让员工通过走进试飞一线，增加系统设计能力，从系统集成的角度真正实现“做强总体”的苦心，也是作为架机长思索“如何让飞机飞得更好”的恒心。

“商鞅变法地，大客巡天游”，在祖国的大西北，我们的大飞机人用实际行动抒写着航空强国的壮志。■

科普

# 大飞机如何加油

文 | 张冬

**说到给飞机加油，很多人会联想到在加油站给汽车加油。“师傅，95号，加200块！”“好嘞！”接着加油站工作人员完成插油枪、加油、拔油枪一系列行云流水般的操作，前后不过短短几分钟，有些时候司机甚至还可以自助加油……**

但给飞机加油可不是这么简单。想必很多人在现实生活中都没有见过真实的飞机加油场景，大部分情况下，在乘客登机之前，机场工作人员已经完成了给飞机加油的操作。那么，飞机究竟是如何加油的？

## 加什么油，加多少

在介绍飞机如何加油之前，我们得先了解一下飞机加什么油。

飞机所加的航空燃油相较于日常汽车上使用的燃油热值要大，还具有良好的低温性、挥发性、润滑性以及无腐蚀性，同时为了提高防爆性和防冰性，航空燃油还需加入各种添加剂，具体的燃油种类有JET A、JET A-1、TS-1和3号喷气燃料等。

那飞机又能加多少油呢？

我们熟知的支线飞机ARJ21飞机可用燃油量为10t，大型客机C919飞机可用燃油量为19t，宽体客机CRJ929飞机可用燃油量则

高达近百吨。真是不算不知道，一算吓一跳。但是，给飞机加油时，并不像给车加油时喊一声“加满”那么简单。由于飞机面临的情况极其复杂，必须考虑应对飞行过程中可能遇到的突发情况，在加入航程燃油之外，还要额外加入滑行燃油和复飞或盘旋等待所需的备用燃油等。

## 压力加油和重力加油

那么，飞机到底是怎么加油的呢？

每个机场都有多个停机位，大型机场每个停机位的地面上都配置有加油地井，里面铺设有加管道，连接到机场的油库。飞机到位后，加油车也会随即到位，加油车的作用是连接地井油管 and 飞机加油接头，并充当流量计和安全控制，在设定好加油量后，加油车即可打开阀门开关，燃油在压力作用下通过车载过滤器过滤燃油中的水等杂质，然后通过

流量计加入各个燃油箱。对于没有地下加油管线的小型机场，需使用罐式加油车。

加油前，地面加油操作人员必须先接好静电搭地线，和加油无关的阀门、电路和用电设备不得随意接通或断开，以防引起爆炸。负责加油的飞机机组人员在加油前还需观察飞机加油接头处和各燃油箱有无异常，如有异常或溢油等现象，应立即停止加油操作进行排故。

目前，大飞机多采用翼下加油的方式，即压力加油，依靠油车上油泵提供的压力作为推动力，在泵压的作用下通过机翼前缘下方的压力加油接头对飞机油箱进行压力加油。部分机型例如C919飞机及其他小型飞机，还可通过机翼上方的重力加油口盖进行重力加油，通过油车上的油泵将燃油输送至重力加油口，燃油依靠重力流入油箱。

当飞机采用压力加油的方式时，加油压力需介于30±5 psig到55±5 psig之间，加油压力受



→  
管线加油车 (上)  
罐式加油车 (下)



←  
飞机压力加油 (上)  
机翼上方重力加油 (下)



←  
压力加油接头

机场海拔高度、加油车等因素影响。常见的压力加油方式有三种：地面自动加油、地面手动加油以及驾驶舱加油。地面自动加油和驾驶舱加油同属自动加油。

自动加油，顾名思义，加油完成后可以自动停止，其不同之处在于，地面自动加油需地面加油操作人员通过外部加油控制面板设置预设燃油量，并选择自动加油模式启动加油，而驾驶舱加油则由飞行员通过驾驶舱飞管页面输入预设燃油量后通过驾驶舱加油开关启动加油，当燃油量达到预设燃油量时，加油切断阀自动关闭，停止加油。

地面手动加油可以通过手动打开某个油箱的加油切断阀，对特定油箱进行加油。手动加油时需将外部加油控制面板加油模式选择手

动模式并启动加油，地面加油操作人员监控外部加油面板上的实时燃油量，当达到预设燃油量后，手动停止加油。值得一提的是，如果达到预定燃油量后加油系统未自动停止，当油量到达某一阈值，则会触发高油位切断功能，切断所有加油切断阀，停止加油操作。

## 确保不漏油

了解了压力加油的方式后，相信很多人会有疑问，为什么飞机的压力加油接头在机翼下方却不会漏油呢？

这里就需要介绍一下压力加油接头的构造和功能。通用的压力加油接头通常由壳体、法兰、密封圈、弹簧和单向阀等部件组成，直

径为 2.5 英寸。集成在压力加油接头内的单向阀，在无加油 / 放油操作时处于常闭状态，在加油时可以阻止燃油回流，在放油时单向阀开启。此外，压力加油接头处安装有密封圈，防止加油管路内燃油通过压力加油接头发生泄漏。通常压力加油接头还会配备一个加油接头口盖，其作用一是防尘，二是作为防止燃油泄漏的第二道屏障。

飞机过站加油，短则十几分钟，长则半小时几十分钟，成为影响过站时长的关键因素之一。而大飞机设计师们也在不断努力优化压力加油系统设计，力求更加安全高效地为大飞机输入动力之源。■



## 詹东新

浙江杭州人，中国作家协会会员，上海市作家协会理事。先后出版科普文集《飞遍天下》《享受飞行》《飞行与健康》《和飞机有千万个约会》《人类的翅膀》；主编心理学专著《“管制”压力》；写出版长篇小说《钱江潮》《圆》《马上起飞》《飞往中国》《晨昏线》等。多家报刊、杂志专栏作者。公开发表或出版各类作品 250 余万字，多次获奖。

## 漫话航空史

# 从笕桥起飞

文 | 詹东新

20 世纪 30 年代，蒋介石政府在全国建立了五家飞机制造厂，分别是与意大利合作的“南昌飞机制造厂”、与美国合资的“中央杭州飞机制造厂”、与德国在江西萍乡合办的“中国航空器材有限公司”、广东“韶关飞机制造厂”以及海军部的“上海高昌庙飞机制造厂”，并先后在全国建起 11 家航空修理厂。

发展初期，中国航空工业一度走在亚洲前列，甚至造过属于中国人的“国产飞机”，也算具备了初步的航空工业体系。但真正上得了“台面”的，当数中央杭州飞机制造厂和南昌飞机制造厂。

## 第一任监理是王助

笕桥古称茧桥，小镇以此得名。远在隋唐时期，已人烟生聚，明代有人开始称“笕桥”。“笕”是当地乡人引水用的一种毛竹管。

笕桥地处交通要道，历为兵家喜好之地，清代开始，官方在笕桥初设军营。后来，太平军入浙据杭，在此安营扎寨，操练兵马，小镇声名渐渐远播，民间始有“大营笕桥”之称。但是，笕桥虽有名气，基本上仍处在杭州北郊的偏远之地，离“钱塘自古繁华”的闹市区还差得远。

笕桥声名的忽然鹊跃，得益于上世纪 30 年代，这里同时冒出了两家国字号的单位。一是号称“中国空军摇篮”的“中央航空学校”，二是“中央杭州飞机制造厂”。当时最现代与时髦的航空业的入驻，为这原本侍农如常的安然小镇上，陡然增添了一批世界上最时尚的机器，以及伺候这些先进物事的俊男倩女，甚至还有来自大洋彼岸的蓝眼睛黄头发的外国人。笕桥小，乾坤大，小镇如井喷似地沸燃起来。

早在南京国民政府成立时，有识之士就意识到飞机对未来战争的重要性，蒋介石也尝试着引进国外先进技术进行飞机生产。1933 年，南京政府和美国寇蒂斯、道格拉斯两家飞机制造商谈判，希望引进美方技术，合作生产飞机。1933 年 12 月，孔祥熙代表国民政府与美国联洲航空公司代表威廉·道格拉斯·泡利在南京正式签订成立中央飞机制造厂的合同。根据约定，美方投资 25 万美元在杭州笕桥飞机场北面建造 6 万平方英尺的工厂，制造原先由寇蒂斯飞机及发动机公司和道格拉斯飞机公司生产的飞机部件、设备并加以组装、修理。由于工厂设在杭州，该厂的中文名为“中央杭州飞机制造厂”。工厂第一任监理是曾任美国波音公司首

## 从笕桥起飞

席工程师的王助。

## 条件优越，人才辈出

中央飞机制造厂为当时最先进、规模最大的飞机制造厂，也拥有全国最为齐全和时尚的现代化生活设施，比如为员工配套了巨大的西式游泳池，这在当时非常罕见，在全国也首屈一指。

中外员工的居住条件堪称一流。美籍资深员工多以别墅为主，普通单身员工配有专门的住宿楼，连一般中籍员工也有大气像样的宿舍。尤其是一些别墅公寓式的建筑，引领时尚。虽然这些设施主要为美方和军方人员服务，但游泳池等中外员工皆可使用。浴室里先进的水龙头，乍看跟现代的没啥两样。

笕桥小镇除了电灯、电话和自来水外，冬天配有暖气，还有可供休闲娱乐的俱乐部，同时办有子弟小学和幼儿园。大量土木建筑和钢骨厂房将小镇装扮得充满现代感，难怪当时有“北有清华、南有笕桥”之说，说的是以美国标准建设的基础设施。

飞机厂的设施、薪资、受人尊敬的程度，吸引了人才流，长三角乃至全国的能工巧匠以能进这个厂工作而自豪。工人去杭州城里看戏看电影，只要说是中杭厂的，有时能享受免票的待遇。飞机厂一般

学徒的工资是 24 元，抗战时已经到 32 元，那些技术高超的师傅月工资超百元，而当时其他行业职员的薪水只有 20 元左右。

1934 年 8 月，中杭厂正式运营。这是中国第一家全面引进国外生产技术的航空工厂。次年，中杭厂开足马力，先后造出 20 架弗利特初级教练机（除发动机、仪表和着陆轮，其余构件均独立生产组装），随后又完成 20 架道格拉斯侦察机、29 架伏尔提轰炸机的生产，并完成钣金加工的成型机器应用。据当时的不完全统计，从 1934 年 8 月开工到 1937 年 8 月西迁前的三年中，中杭厂以平均 4 天组装、修理、生产一架飞机的速度，完成了 235 架飞机的生产，并在入滇后保持了较强的制造能力。

中杭飞机制造厂作为当时最现代先进的飞机制造厂，在抗战前的一个时期，人才辈出，其中包括近代航空工业的奠基人之一王助、新中国第一架喷气飞机总设计师徐舜寿等。钱学森赴美留学前，在这家工厂实习了近一年时间，受到王助的指导。

王助曾任美国波音公司首席工程师，从马尾来到笕桥，和美国工程师们一起，辅导技术工人组装生产各类飞机。王助为麻省理工学院航空工程系第二期硕士生，曾参与组建“中国航空研究院”，他的

辈分和才学实际上要超过在杭的美国专家。

1933 年，年仅 16 岁的徐舜寿被南京金陵大学和清华大学同时录取。徐舜寿深感中国航空工业落后于人，毅然选择上清华学航空，毕业后分配到杭州笕桥飞机制造厂。然而，笕桥飞机制造厂给徐舜寿留下的更多是遗憾——作为中美合资的飞机厂，中方负责人唯美国人马首是瞻，设计大权和核心技术都掌握在外国人手里。此时，淞沪抗战爆发，日军飞机疯狂轰炸中国平民，这些场景深深刺痛了他的心。血与火的淬炼，让徐舜寿航空救国的信念从稚嫩走向成熟，并远赴大洋彼岸深造航空。1949 年春，他所在的飞机工厂迁往台湾，徐舜寿几经辗转回到已解放的北平，睁眼见到的满是新中国的阳光，便积极投身于国家的航空工业。这是后话。

## 抗战中立功勋

由于旧中国缺乏技术和人才，中杭厂的技术人员只能亦步亦趋地学习美方飞机制造技术，确切地说，中杭厂算不上一家真正的飞机制造厂，最大限度只能是一家维护修理及来料加工厂。

抗战爆发后，飞机制造厂频频被日机轰炸。中杭厂安宁有序的生产和生活在日机的呼啸声中被打

→

掩映在竹林杂草丛中的中央飞机制造厂的奠基石  
图 | 谭立威



断，被迫迈上漫漫西迁之程，其命运再也不能由自己掌握了。1937 年 8 月 14 日，航空委员会指示飞机厂迁往武昌。11 月，中杭厂在武昌开始恢复生产。1938 年 8 月，日军逼近武汉，航空委员会决定继续西迁，目的地为云南昆明。当时著名的西南联大也是那时迁往昆明的。

1938 年 10 月底，美方工程师与中方员工在昆明会合。可是，当时越南在法国人手中，法国维希政府又投降了纳粹，法国政府宣布禁止中国从越南海防进口军用物资。不得已，中美双方只得重新寻找基地。12 月中旬，发现中缅边界畹町附近有个叫雷允（又叫垒允）的傣家小村寨，适合办厂。终于在 1939 年 7 月将厂迁入，并投入生产，而且规模较前期有所扩大，巅峰时员工总数近 3000 人。中杭厂雷允厂区继续给中国抗日武装提供飞机组装和维修支持，共组装生产各种型号飞机 100 多架。飞机制造厂除了完成上峰下达的任务，又承担着盟军飞机的检修任务。

阴魂不散的日机很快找到了工厂位置。1940 年 10 月 26 日，日机来到了雷允飞机厂上空疯狂投弹，炸死炸伤一百多人。

鉴于中杭厂屡遭日军飞机轰炸，美方总裁威廉·泡利、副总裁布鲁斯·加德纳顿·礼顿和陈纳德等人劝说美国政府和国会议员，请求

派出退役、预备役空军和地勤人员支援中国的抗日战争。经过中杭厂高层的努力，1941 年，美国总统罗斯福同意以中杭厂签约员工的身份，派遣“美国志愿援华航空队”来华，这使得赫赫有名的“飞虎队”迅速扩张。第一批来华的飞虎队员基本是拿着中杭雷允厂薪资的作战队员。罗斯福又将原先援助英国的 100 架 P40 战机划拨给中国。

由于战时交通不便，这些飞机先以散装的形式运输到缅甸，然后由中杭厂派出修理人员冒着生命危险，沿着滇缅公路至仰光为飞虎队秘密组装这批战机。1941 年 12 月 20 日，美国航空志愿队驾驶中杭厂组装的战机，首次出现在昆明上空，对日军空军发起了第一次空中打击。仅 8 个月时间，飞虎队共摧毁击落日机 298 架，击毁停车场敌机 150 多架。与此同时，中杭厂除了在云南、仰光两地继续负责修理飞虎队的战机，也为英国皇家空军在缅甸的飞机提供维修服务。

1941 年 12 月 7 日，珍珠港事

件爆发，美英对日宣战，次年 2 月，日军拿下英国控制的新加坡，然后是缅甸仰光。侵入缅甸的日军日益威胁云南，飞机制造厂暴露在敌机的航空火力之内，并很快遭到日机的猛烈轰炸。不久，中缅边界的畹町也被日军占领。得知消息的飞机厂员工连忙逃往保山，打算在保山再设工厂。可是，保山城在 5 月 24 日也被日军飞机轰炸了，飞机厂员工及家属又死伤一百多人。这使大部分人心有余悸。

1942 年 6 月，员工与家属撤退到昆明收容站，结果一半人在路上失散，剩下 1000 余人自愿选择去其他飞机修理厂或者领钱回家。混乱中，上峰决定裁撤该厂。

这家曾为中国航空事业立下功勋的中杭厂，就在日军航空炸弹的冲击波中迅速消亡在历史的急流中。■



## 柏蓓

毕业于兰州大学新闻与传播学专业，长期从事航空新闻报道，现任职《大飞机》杂志社。公开发表各类文章 300 余万字，曾获得“上海新闻奖”三等奖、中国产业经济新闻奖一等奖、二等奖、三等奖等。多篇作品被《民航新闻实践与探索》《追梦大飞机》等收录。

漫话航空史

# “八一开航”中的一代传奇

文 | 柏蓓

“两航起义”时从香港北飞的 12 架飞机中有 2 架 DC-3 和 6 架 C-47，新中国民航“八一开航”的“139”号就是北飞的一架 C-47。其实 DC-3 和 C-47 是同一款飞机的民用版和军用版，它被公认为是航空史上最具有代表性的运输机之一，真正称得上是改变世界的飞机，而这一款传奇飞机在我国也有很多不得不说的故事。

1930 年代，美国道格拉斯公司开始研制一种固定翼螺旋桨驱动的 DC (Douglas Commercial) 系列运输机。它的飞行速度和距离改变了 20 世纪 30 年代和 40 年代的航空运输业。凭借优异的性能，DC-3 很快风行世界，它是民航史上第一款能赚钱的客机，1939 年美国航空运输业 90% 的运量都由 DC-3 完成。而其军用型 C-47，于 1935 年 12 月首次试飞，1940 年开始装备部队。仅美国空军在第二次世界大战中就订购了 10000 架，成为航空史上少有的产量超万架的飞机。

C-47 被艾森豪威尔称作是美国取得二战胜利的四大武器之一。1944 年 6 月的诺曼底战役中，1000 架 C-47 在 60 小时内空投了 3 个师 6 万名伞兵和装备。而在世界空降作战史上最庞大的空降行动——“市场花园”行动中，C-47 共出动了 2.5 万架次，为盟军伞兵提供支援。而在我国抗日战争的最关键时期，C-47 也发挥了重要作用，成为“驼峰航线”的主力。“驼峰航线”是我国抗战时期一条重要的空中补给线，在 1942 年 5 月至 1945 年 9 月间，1000 多架运输机曾在这条航线上来

回穿梭飞行，向中国战场运送了 80 万吨战略物资和 3 万多名人员，其中 59 万吨物资是 C-47 运输的。另一运输主力是美国寇蒂斯公司研制的 C-46 (Curtiss C-46 Commando)。

著名的“美龄号”也是 C-47 改装的公务机，机上有办公室、床，另有厕所、厨房，空调和隔音设备也属上乘。

而毛泽东主席第一次乘坐的飞机也是 C-47。1945 年 8 月 28 日，毛泽东等人乘 C-47 飞机离开延安赴重庆谈判。目前，中国航空博物馆展出的两架 C-47 中的一架就是仿照毛主席乘坐的这架外表进行喷饰的。

1946 年 4 月 8 日，王若飞、秦邦宪等中共代表在参加完重庆举行的政治协商会议后，与叶挺、邓发等一起乘坐一架 C-47 返回延安。因气候恶劣，飞机迷失方向遇雾撞山，机上 17 人全部遇难。

二战后，大量退役的 C-47 型飞机由军用转民用。“两航”——原中国航空公司和中央航空公司 1945 年底回迁上海龙华机场后，曾先后购买了数十架驻华美军以退役物资名义出售的二手 C-47 型飞机，这些飞机价廉物美，成为这两个航空公司的旗舰机型。随后“两航”迁港，一批残缺不全、破旧不堪的 C-46、C-47 运输飞机留在龙

华机场。新中国成立，“两航”起义归来的飞机和人员为新中国民航建立奠定了基础，但硝烟刚刚散尽的共和国大地，满目疮痍，百废待兴，起步阶段的民航面临很多困难。

修复、改装原“两航”的老旧飞机成为上海飞机制造厂成立初期的主要业务。一批 C-46 飞机被修复并命名为“上海”号系列（共 10 架）、“武汉”号、“天津”号、“广州”号等，而“中国青年号”和“国庆号”是其中修复的两架 C-47。1951 年，为了向新中国第一个五四青年节献礼，上飞修理队加班加点突击修复一架 C-47，并于 5 月 3 日飞往北京西郊机场，该机被命名为“中国青年号”（民航 -109）。紧接着，他们又修复了一架 C-47，被命名为“国庆号”（民航 -110），在新中国成立两周年之前的 9 月 29 日，于龙华机场分批搭载来宾在上海上空翱翔，并于 10 月 14 日飞往北京。随着修复数量的增加，上飞厂维修人员对飞机结构更加熟悉，在参照道格拉斯飞机公司生产 DC-3 规范的基础上，对 C-46、C-47 型飞机进行改装，并将货舱改为客舱，加装航空座椅，根据使用单位需求设置 15 至 25 座不等，并将货舱门改为登机门，加装地毯、隔音隔热设备、行李架、卫生间等内饰。

DC-3、C-47 拥有强大的生命

力，苏联和日本都对其进行了仿制。1938 年，日本以 9 万美元获得了 DC-3 的生产许可证仿制生产了 I-2d，还得到了 DC-3 的全部图纸和 2 架 DC-3 散件。日本共生产了 416 架 I-2d，二战时因这款飞机外形同美军的 C-47 太像，所以经常受到己方误击。里 -2 是苏联按许可证生产的 DC-3，里苏诺夫设计局在战争期间共生产了 2930 架里 -2，战后甚至一直服役到上世纪 80 年代。

如今，焕发新生的 C-47 在更广阔的领域获得应用。中国首架极地固定翼飞机——“雪鹰 601”的原型机为美国巴斯勒 BT-67 运输机 (Basler BT-67)，而它是以 C-47 的机身配合现代涡轮螺旋桨发动机和航空电子设备的特殊飞机。该机能在地面环境温度零下 50 摄氏度以下使用，是目前世界上唯一能在南极恶劣环境下安全飞行的成熟可靠的多用途固定翼飞机。

2019 年，在新中国民航成立和“两航起义”70 周年之际，一架 74 岁高龄的 DC-3 身着当年“中国航空”公司涂装，从香港起飞，历时三天重飞“两航起义”北飞路，最后降落在北京大兴国际机场。这架被誉为航空“活化石”的 DC-3 飞机所到之处均受到媒体与航空爱好者的追逐。■



→

这架复刻涂装的 DC-3 在“两航起义”70 周年时，重走了当年的飞行路线。  
图 | 徐炳南

# 2019.7.26

## 天骄航空 ARJ21 首航



2019年7月26日10时55分，

天骄航空的一架ARJ21飞机从呼和浩特白塔国际机场起飞，

78名乘客搭乘这架飞机飞往目的地兴安盟乌兰浩特市。

天骄航空是全国首家运营纯国产喷气客机机队运营商。

