



# 2023上海 国际商用航空航天产业展览会

SHANGHAI INTERNATIONAL COMMERCIAL  
AIRSHOW 2023

## 空天交融 聚睿无疆

AERIAL FUSION LINK YOU INTO THE BORDERLESS WISDOM WORLD



专注于商用航空航天全产业链发展的专业展览  
The Exhibition Focuses on the Development of the Commercial Aerospace Industry Chain

2023.11.23-25 上海展览中心  
Shanghai Exhibition Center, Shanghai, China



免费领取门票  
邀请码:AS1709

WWW.SHANGHAIIRSHOW.CN

112

大飞机  
JETLINER

# 新疆民航

- 空客首席执行官傅里：“商飞会带来有竞争力的解决方案”
- 新疆民航百年
- 三足鼎立，谋划未来——下一代窄体飞机发动机竞争现状



# 大飞机

JETLINER

10 October

2023.10 | 总第112期

ISSN 2095-3399



9 772095 339235

2023.10



P12



P32



P50



P38



P60



## 05 卷首语

05 当“阿娇”爱上新疆 | 欧阳亮

## 06 资讯

## 08 特别推荐

08 空客首席执行官傅里：  
“商飞会带来竞争力的解决方案”  
| 陈姗姗

## 12 封面文章

- 12 新疆民航百年 | 詹东新
- 19 新疆红色航空队：  
新中国航空的摇篮之一 | 詹东新
- 21 ARJ21：提升新疆机场通达能力 | 郭才森
- 25 “希望每名乘客都能享受美妙的旅程”  
——乘坐 ARJ21 环飞新疆日记 | 张凯敏

## 32 航空制造

- 32 三足鼎立，谋划未来——下一代窄体飞机发动机竞争现状 | 李蕴
- 38 渐行渐近的城市空中交通 | 魏君
- 42 创新解锁未来飞行 | 刘振敏
- 46 空客加速飞机“氢装上阵” | 董帽雄

## 50 航空运输

- 50 国际航空物流：产业链供应链不可或缺的一环 | 占芬
- 56 民航在交通强国战略中的作用与挑战 | 赵巍
- 60 新西兰航空：夹缝生存展谋略 | 王双武
- 64 完善低空经济产业链  
推进通航制造产业升级 | 陈卓

## 68 漫话航空

- 68 “发展航空工业，让祖国早日踏上富强之路”——上海交大助力国产大飞机人才培养工作纪实 | 吴苡婷
- 73 俄罗斯商用飞机发展之路——世界商用飞机发展简史（十三） | 王思磊



#### ▼ 本期导读

新疆是我国面积最大的省区，旅游资源特别丰富，所谓“不去新疆，不知祖国之大，不去新疆，不知祖国之美”。近年来，新疆的旅游产业发展迅速。新疆相关政府部门发布的数据显示，1995年，新疆旅游接待总人数为520万人次，2011年，上升至3926万人次，而今年上半年，已突破了1亿人次大关，达1.02亿人次。

但是，新疆旅游业的发展也存在一定的短板：景点之间距离太远，陆上交通又受到山脉、沙漠等阻碍，导致游客们“游”的时间少，“旅”的时间多，而且交通方式“天上太贵，地上太累”。其实，对于新疆这样地广人稀的地方，城市之间最好的交通方式是支线航空。以前没有国产飞机进疆，造成“天上太贵”的现象，今年6月，成都航空携ARJ21飞机进疆开辟航线，对解决新疆当地人民和外地游客的出行将起到极大的促进作用。



- 关注我们 -  
FOLLOW US

#### 本刊声明：

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

# 大飞机

2023年第10期 | 总第112期 | 10月28日出版

中国标准连续出版物号

ISSN 2095-3399 CN 31-2060/U

主管主办 中国商用飞机有限责任公司

出版发行 上海《大飞机》杂志社有限公司

#### 编委会

主任 贺东风  
常务副主任 周新民  
副主任 谭万庚  
委员 吴永良 魏应彪 张玉金 沈波 戚学锋  
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 刘伟

#### 采访部

记者 李欣阳 李琰 赵婷婷 阳庭庭  
摄影记者 管超 王脊梁 颜康植 张竞霄

#### 商务部

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

国内发行 上海市报刊发行局  
国内订阅 全国各地邮局  
邮发代号 4-883  
地址 上海市浦东新区世博大道1919号  
邮编 200126  
电话 021-20887197  
网址 www.comac.cc  
电子邮箱 dfj@comac.cc  
定价 人民币20元  
印刷 上海申江印刷有限公司  
法律顾问 远闻（上海）律师事务所

#### 卷首语

## 当“阿娇”爱上新疆

文 | 欧阳亮

新疆是我国面积最大的省区，旅游资源特别丰富，所谓“不去新疆，不知祖国之大，不去新疆，不知祖国之美”。无论是以雪山、沙漠、草原为代表的自然旅游资源，还是以丝绸之路、民俗风情为代表的人文旅游资源，新疆不仅资源特别丰富，而且与中东部的差异性还特别大，因而对国人的吸引力也特别大，去新疆旅游成为很多人“此生必去”的选项之一。

正因为具有如此丰富多彩的旅游资源，近年来新疆的旅游产业发展迅速。新疆相关政府部门发布的数据显示，1995年，新疆旅游接待总人数为520万人次，2011年，上升至3926万人次，而今年上半年，已突破了1亿人次大关，达1.02亿人次。

但是，新疆旅游业的发展也存在一定的短板。首先，新疆独特的地形在一定程度上加大了开发当地旅游业的难度。新疆的地形是有名的“三山夹两盆”，“两盆”之间隔着一座天山山脉，使得南北疆之间的交通困难程度陡增。其次，是沙漠、戈壁对陆上交通的阻碍。塔克拉玛干沙漠是我国最大的沙漠，不仅很难穿越，而且对在沙漠周边修路也造成了很大的困难。再次，新疆总人口相对较少，又分布在160万平方公里的土地上，必然造成城市之间的间距比较远，使得游客从一个景点到另一个景点花费的时间比较长。

这就造成一个现象：中东部地区的游客长途跋涉到达新疆后，本以为轻松的旅游马上开始，却不料在区内仍然需要长途跋涉，“游”的时间少，相当多的时间是在“旅”。比如从乌鲁木齐到喀什，走高速公路有1463公里，比上海到北京都远，即使坐“Z”字头的直达火车，也要11个半小时。

要解决上述难题，办法只有两个，一是多修铁路、公路，二是多建机场。从2018年到2022年，新疆新增铁路营运里程2428公里、总里程达到9092公里；新增高速（一级）公路近5000公里、总里程达到1.1万公里；新建民用机场6个、总数达到25个。新疆正在逐步改变“天上太贵，地上太累”的交通窘况。

今年6月，成都航空相继开通了阿拉尔—伊宁—石河子、阿拉尔—库尔勒、阿拉尔—和田、吐鲁番—库尔勒、吐鲁番—阿拉尔、吐鲁番—阿克苏—昭苏、昭苏—克拉玛依、吐鲁番—若羌—和田、和田—若羌等航线，开启了国产民机ARJ21在新疆的区域化运行。根据成都航空的计划，成航还将开通那拉提、富蕴、图木舒克、阿勒泰、塔城等地的新航线，在新疆的运力将增至5架。

8月至9月，中国商飞公司调集了1架ARJ21飞机和2架C919飞机在新疆进行国产商用飞机新疆演示飞行，充分验证了国产商用飞机对新疆地区地形复杂、气候多样、天气多变、机场点多面广等特点的适应性，为后续国产商用飞机在疆运营奠定了基础。演示飞行期间，ARJ21飞机先后以伊宁、库车机场为基地，进行疆内“环飞”和南北疆“串飞”，以支-支航线为主，共执飞184条航段，涵盖疆内东西最长航线哈密—喀什，疆内南北最长航线于田—喀纳斯，以及疆内最短航线伊宁—昭苏。

可以预见，国产商用飞机的到来，将大大改善新疆的交通条件，为当地人民和外地游客的出行创造极大的便利。



可以预见，国产商用飞机的到来，将大大改善新疆的交通条件，为当地人民和外地游客的出行创造极大的便利。

# 01



图 | 华思清

## 01 首批 2 架 ARJ21 客改货飞机交付

10月30日，杭州圆通货运航空有限公司和中原龙浩航空有限公司在广州分别接收了1架ARJ21客改货飞机。首批2架ARJ21客改货飞机交付，标志着ARJ21客改货飞机即将投入航空货运市场，国产商用飞机系列化发展迈出坚实一步。ARJ21客改货飞机最大设计商载10吨，设计航程2778公里，主要用于国内航线及短程国际航线上的货物、邮件和快递等运输业务。

## 02 中国商飞参加 2023 中国航空产业大会暨南昌飞行大会

10月27日，2023中国航空产业大会暨南昌飞行大会在江西南昌开幕。中国商飞公司携C919大型客机和ARJ21医疗机两款机型亮相，C919大型客机进行了飞行表演。在室内展台，中国商飞展出了C919大型客机和C929远程宽体客机的1:20模型，并联合客户展出江西航空涂装的ARJ21飞机模型，共同展示国产商用飞机产品与服务。

## 03 民航局：三季度全行业共完成旅客运输量 1.8 亿人次，同比增长 108.3%

中国民航局10月27日发布的数据显示，三季度民航总体运输规模基本恢复至疫情前水平，共完成旅客运输量1.8亿人次，同比增长108.3%，较2019年同期增长2.6%；完成货邮运输量194.0万吨，同比增长24.4%，较2019年同期增长0.2%。全行业飞机日利用率为8.9小时，较二季度提高0.7小时；正班客座率为80.5%，较二季度提高4.2个百分点；正班载运率为68.6%，较二季度提高1.5个百分点。

# 02



图 | 徐英睿

# 03



图 | 徐炳南

## 04 上海与中国商飞签署深化战略合作协议

10月20日，上海市人民政府与中国商用飞机有限责任公司签署深化战略合作协议。根据协议，上海市政府与中国商飞将围绕大飞机“立足上海、深耕上海”、大飞机规模化和系列化发展、大飞机产业布局、创新载体建设、在沪供应商培育、产业金融等方面开展密切合作，共同推动上海民用航空产业高质量发展，努力将上海建设成为世界级民用航空产业高地。

## 05 空客前三季度共交付 488 架飞机

今年1月至9月，空客总订单1280架，被取消订单39架，净订单1241架（2022年同期净订单为647架）；交付488架，高于2022年同期的435架，其中窄体机交付增长15.5%。然而若要达成2023年交付目标720架，10月至12月还待交付232架。

## 06 波音第三季度交付 105 架飞机

今年第三季度，波音商用飞机项目共获得321架新订单，共交付105架飞机。

## 07 空客天津第 2 条 A320 系列总装线开工

空客天津第2条A320系列总装线近日开工，计划2025年底投入运营，具备A321生产能力。自2008年投入运营以来，天津A320系列总装线已累计交付630余架飞机。第2条总装线建成后，将增加空客在华A320系列总装能力，在天津形成2条窄体机总装线、1个宽体机完工及交付中心的布局。



## 08 中国民航局颁发首张 eVTOL 型号合格证

10月13日，中国民用航空局向亿航智能设备（广州）有限公司颁发EH216-S型无人驾驶航空器系统型号合格证（TC证），这是电动垂直起降飞行器（eVTOL）的世界首证。这标志着EH216-S的型号设计符合适航要求，具备了载人运营的安全能力。

## 09 波音扩大在巴西的战略投资

10月10日，波音宣布在巴西工程技术中心投入运营，这是波音全球15个工程技术中心之一。该工程技术中心位于圣若泽杜斯坎普斯，是波音扩大在巴西战略投资的一部分，在巴西拥有约500名工程师，为当前和未来项目提供支持。

## 10 普惠加拿大获第 200 个发动机型号认证

10月11日，普惠加拿大宣布，PW127XT-L支线涡桨发动机获得加拿大民航运输部型号认证，这是该公司自1963年推出PT6发动机以来，获得的第200个型号认证。PW127XT-L发动机将为能够短距起降的ATR 42-600S支线涡桨飞机提供动力，额定推力更高，使飞机能够从最短800米的跑道起飞。

## 11 泰雷兹开设新加坡卓越中心

泰雷兹将在新加坡设立卓越中心，以促进空中交通管理（ATM）发展，尤其是在可持续航空领域。该中心将容纳约120名ATM相关人员，致力于泰雷兹TopSky-ATC系统的工业应用和设计，并与空中导航服务提供商（ANSP）开展空域未来合作与创新。



## 空客首席执行官傅里： “商飞会带来有竞争力的解决方案”

文 | 陈姗姗



上一次空中客车首席执行官傅里（Guillaume Faury）来北京，还是疫情前的 2019 年 11 月，距离现在已经有三年多的时间。

今年随着航空市场的逐步恢复，傅里再次来到中国，跟中国的合作伙伴和客户面对面交流，同时接受了中国媒体的采访，畅谈在华战略，对国产飞机 C919 的看法，如何应对供应链挑战，以及未来需要什么样的飞机。

图 | aerotime.aero



### 通过竞争才能充分展示实力

“我们还未作为乘客乘坐过 C919 这款飞机，对于这个产品还无法给出具体评价，但中国商飞是市场上新加入的飞机制造商，也给我们带来竞争，就像我们的美国友商一样。”傅里说。

C919 大型客机是我国按照国际民航规章自行研制、具有自主知识产权的大型喷气式民用飞机，座级 158 ~ 192 座，航程 4075 ~ 5555 公里。

今年上半年，东航接收的全球首架 C919 飞机正式投入商业运营，目前已经有两架 C919 飞机在上海—成都航线上运营。未来东航计划围绕“四梁八柱”航线网络，会将 C919 投入上海、北京、西安、昆明、广州、成都、深圳等地的优质精品航线。

除了东航，今年 4 月底，海航航空集团也与中国商飞公司在上海签署了百架飞机采购协议，其中包括 60 架 C919 飞机确认订单和 40 架 ARJ21 飞机意向订单，60 架 C919 拟由海航航空集团旗下的乌鲁木齐航空和金鹏航空引进。

此外，在去年 11 月的珠海航展上，中国商飞与国银金租、工银金租、建信金租、交银金租、招银金租、浦银租赁和苏银金租 7 家飞机租赁公司签署了总共 330 架国产飞机的确认订单协议，其中也包括 300 架 C919 飞机和 30 架用于海外运营的 ARJ21 飞机。

在今年上半年举行的上市航司业绩说明会上，国航董事长也曾表示，公司与中国商飞在 2010 年就签署了 20 架 C919 飞机的购买协议。南航总经理则表示，南航对 C919 飞机保持高度关注，与中国商飞保持密切的沟通，将按照相关程序，推进后续工作。

对于空客 A320 飞机的直接竞争者，傅里表示“非常尊重”，并称“中国商飞也会给市场带来有竞争力的解决方案”。

“我们也充分了解到现在市场上有新的竞争对手，包括中国商飞的 C919，空客是非常欢迎竞争的，因为只有通过竞争才能够充分展示自己的实力。”近期来华访问的空客首席运营官顾铁海（Alberto Gutiérrez）也对记者表示，“我们觉得在航空业，竞争和发展都是非常长期的过程，三要素仍然是竞争力，可持续发展以及安全性，空客有信心在未来发展中，仍然可以在中国保持优势。”

过去 20 年，空客在中国的市场份额从 15% 增长到了超过 50%，傅里对于未来空客持续引领中国市场份额依然有信心。“我们对未来航空业的恢复持越来越乐观的态度，尤其是中国市场还有巨大的潜力。目前中国的人均乘机次数只有一年 0.5 次，远远低于美国人均每年 2.5 次。根据空客的全球市场预测，到 2041 年，中国的人均出行次数将提升到每年 1.5 次，未来 20 年，中国所需要的新的新飞

机数量将占全球航空市场新增飞机数量的20%，成为最大的单一国别市场。”

## 在危机中学习供应链管理

不过，尽管对中国市场的增长依然信心十足，但飞机制造商的交付节奏，目前仍受制于供应链的恢复速度。

如今，全球市场特别是国内市场基本都回到了疫情前水平，包括空客在内的飞机制造商，都面临着飞机交付供不应求的情况。根据飞机制造商的预测，未来20年（2023年至2042年间），全球需要4万架新飞机，其中9000架左右将交付中国，供应链在飞机制造中的可持续性越来越重要。

傅里告诉记者，疫情期间，由于航空需求大幅减少，飞机大量停场，公司的供应商不得不调整战略，比如减少生产，调整人力规模，采取相关措施保护他们的资产负债表，但是随着旅行限制的取消，以及边境的重新开放，人们对飞行的需求出现非常快速的恢复势头，这样的恢复速度远大于供应链公司的恢复能力，供应链公司需要重新招聘人才，重新开放车间，重新采购原材料，加强人才的培养等，这些都需要非常长的时间。

“这也是为什么我们的供应链仍面临很多的瓶颈和困难的原因。”傅里指出，

“不同供应商面临的困难是不同的，我们所面临的难点就是需要深入供应链的每一个环节，帮助每一个供应商找到解决方案，帮助他们快速安全地恢复，最终要让所有供应商都能按时交付他们的产品。”

负责领导生产、质量的空客首席运营官顾铁海也指出，空客管理着全球1.3万家左右供应商，这是非常困难的工作。

“2022年是供应链矛盾最激化的一年，当时供应链的状况非常糟糕，但是现在我们渐渐从供应链的困局当中走了出来，只有

某些特定的供应商还面临着问题。”

顾铁海透露，在2020～2022年疫情带来的危机期间，公司也从中学到不少，可以更好地管理供应链，总结下来，在供应链管理中非常重要的有三大要素：

第一个要素是包容性，之前公司更多管理的是一级供应商，现在管理进一步深入到了供应商下面的二级到三级的供应商，主要做法是一方面派驻更多员工前往供应商了解相关情况，另一方面也要充分了解供应商的订单系统，了解他们的供应链处于什么状态。

第二个要素是韧性，要增加更多的余量，不仅仅是订购更多余量部件，还要去多元选择寻找更多可替代的供应商，而不是从一家供应商采购。

第三个要素是对供应商的支持。在整个价值链当中，70%～80%的价值集中在供应商身上，所以必须为他们提供非常密切的支持。此外，通过公司的瞭望塔机制，可以更好监控或管理供应商的财务状况，按照个例进行分析。

## 择机推出 A220-500

对于飞机制造商们来说，如何为未来的市场做好更多提前的准备，也是决定未来竞争格局的重要因素。

在这一方面，傅里对记者透露，空客正在计划进一步扩展A220系列飞机，“但我们也在等待一个非常好的时机，我们计划推出A220-500机型，相比A220-100和A220-300来说，A220-500的机身会更长，但我们现在还没有决定具体发布这款新飞机的时间，可能具体的时间要靠后些，因为目前我们专注的是现有机型的生产提速。”

傅里预计到本十年中期（2025年前后），A220项目能够实现收支平衡，生产

速率希望达到月产14架的水平，“在那之后我们会考虑发布A220-500飞机，这款飞机也是在我们客户中呼声比较高的一款机型，但她不会取代我们的单通道飞机，A321以及A321XLR等机型覆盖的范围要比A220-500大很多。”

与此同时，数字化和去碳化也是空客工作的重中之重。

“中国民航局对智慧民航的发展展现了非常大的兴趣，我们也有相关的计划，在中国本地化发展数字化的平台，服务本地的客户。”傅里对记者透露。此外，由于减少碳排放实现碳中和是全球民航业未来发展的重点，空客也在积极与本地合作伙伴共同推动国产可持续航空燃料（SAF）的应用。

目前，天津的空客飞机交付中心已开始面向所有前来接收飞机的客户提供在A320neo系列飞机与A350飞机的交付飞行中使用SAF的选择；2022年年底，空客天津工厂首次将SAF应用于测试飞行，这是空客中国首次在飞机制造的全流程中使用SAF。

“要想实现2050年前零排放，我们需要大力依靠SAF的使用，但也需要让SAF是切实可行的，而且是支付得起的，因为SAF的价格昂贵，资源也是稀缺的，这就需要我们大力减少飞机的油耗。”傅里指出，“所以我们当前工作的重中之重，就是要使现有的机队能够完成现代化飞机的转换。”

所谓现代化飞机，是指油耗很低，并且可以使用50%的可持续航空燃料的飞机。目前，全球只有20%的在役飞机是现代化飞机。

傅里透露，航空公司对新一代飞机的需求非常强劲，因此公司也在研发下一代飞机，希望能够在2035～2040年之间正式投入运营，新一代飞机将在燃油油耗上

减少25%，同时可以使用100%的可持续航空燃料。

空客在去年曾与发动机制造商CFM国际宣布，共同对开放式风扇发动机开展飞行测试，验证更高燃油效率和兼容使用100%SAF等技术，以提高未来发动机和飞机的效率。

而新材料的使用对航空业的减排进程也非常重要，早期制造的飞机大部分材料是铝，之后空客在A320上使用复合材料，而A350的50%都是复合材料。现在空客还在探索使用新的合金和钢材料，以使飞机的重量更轻，从而减少油耗和碳排放。

与此同时，空客还在关注氢能飞机的发展。“空客一直相信氢能在帮助整个行业去碳化方面可以发挥巨大的潜力，但从飞机使用传统的航空煤油到使用可持续航空燃料，再转向氢能，时间可能需要一个世纪之久，我们的目标是在2035年之前推出氢能飞机，首先是要供应低端市场，同时，开发氢能飞机的速度也取决于整个市场对氢能飞机的需求，以及机场等基础设施对绿色能源的支持，包括监管方面的发展速度。”傅里指出。

此外，空客还在对全电动垂直起降（eVTOL）项目进行大力投资。“我们相信这类飞行器在一个很好的时机会有非常强劲的市场需求，同时也是很好的平台让我们更好地发展去碳化技术。有了这方面的技术突破后，就可以推广到商用飞机和直升机等其他产品。”傅里说，“空客认为发展类似技术并最终推出产品需要很长时间，首先要有电动化的推动系统，从经济性来讲，需要无人驾驶的飞机，所以我们的目标并不是成为市场上第一个推出这种飞机的制造商，而是给大家提供安全且具有竞争力的解决方案。”■

# 新疆民航百年

文 | 詹东新

我国三十四个省市自治区，新疆无疑是最适合发展民航的。广袤辽阔的大漠，横亘东西的昆仑山、天山、阿尔泰山山系，戈壁、沙漠环绕的绿洲，无不提示着人们，这是一个民航的天堂。

百年前的新疆，没有铁路，少有公路，缺乏河运，基本处在以马牛、骆驼为主的运输阶段，城市和城市之间路途遥远，又处在内地连接西亚乃至欧洲的重要节点上，给民航的及早加入带来了天然良机。

▼ 图 | 毛燕



## 从哈密起步

1924年，新疆的民航梦启航——计划在东大门哈密建立机场，沟通内地和欧洲的联系。但限于当时的经济和技术条件，这个梦想拖到7年后才实锤落地。1931年12月22日，一架容克斯W33飞机的翅膀划过干冷的戈壁草原，降落在哈密机场的简易跑道上，飞机引擎的轰鸣声第一次回荡在这片广袤的民航处女地上空。这是新疆和内地的第一条航线。哈密机场东距敦煌313公里，西距迪化（今乌鲁木齐）514公里。1932年，哈密作为中转基地，史诗级地开通了上海—新疆—苏联—柏林航线。

1933年，伊犁机场开建提上日程。1936年，迪化机场建成。新疆在中国民航业起步时，已成为坐拥机场最多的省份。1937年，又开通了内地—哈密—阿拉木图—莫斯科航线。

要厘清民航这局棋，有三个关键点：一是起降和停放飞机的机场，二是航线（发展至当下叫空中交通管理），三是负责运输的机队（航空公司）。当年，飞机稀少，天路广阔，不存在拥堵问题，民航发展的瓶颈主要在机场和飞机两方面。

由于毗邻苏联，新疆最初的民航飞机都来源于苏联。1931年，时任新疆省政府主席的金树仁向苏联购买了两架波利卡波夫R-1飞机，12月运抵迪化。次年又购买了两架该型飞机。因都是螺旋桨的小飞

机，基本在一块稍平坦的空地上就能降落。1932年7月，新疆向苏联购买两架加里宁K-5客机，用作要员专机，其中一架在盛世才主政新疆后成为他的专用座机。同年7月，又先后从苏联购进了一批波利卡波夫U-2教练机，用于扩充新疆航校。

1933年6月，盛世才为了巩固自己的统治地位，严防国民党政府势力渗透，实行“反帝、亲苏、民平（民族平等）、清廉、和平、建设”为内容的“六大政策”，依赖天高皇帝远的独特地理位置建立了自己的专制统治，并在苏联的扶持下建起了一支规模不大但颇为精悍的航空力量。抗战爆发后，苏联援助国民政府的飞机也全部途经新疆交付，使得新疆能够顺便优先装备苏联的新型战机。

1933年冬，苏联向盛世才开办的航空学校赠送了12架波利卡波夫R-5侦察/轰炸机用于训练；1936年盛世才追加订购了15架该型机。1941年，盛世才又从苏联接收了6架伊-152战斗机。这些飞机于1944年9月迪化成立西北混合队时，用于支援包头、绥远的陆军作战。

## 航线不出疆

新中国成立后，百废待兴，民航运输较发达的地区集中在东部沿海和中部，远在西北边陲的新疆由于人烟稀少、地处大后方，被放在次要位置。20世纪五六十年代，新疆民航仅有里-2、运5、伊尔-14

等小型运输机。“飞机螺旋桨，航线不出疆”是当时民航人的口头禅。直到20世纪70年代，民航兰州管理局调拨两架苏制安-24型螺旋桨飞机给民航新疆区局，新疆民航运输才迎来第一次小高潮，后来机队规模一度增长至20余架。

原新航退休老机长张启宾永远忘不了当年驾驶运5的情景：开飞机的时候，一组三个人，一个机长，两个副驾驶，一趟飞行最多拉十来个人。等飞机进入巡航高度，飞行员轮流当乘务员，拿着糖袋子挨个端到乘客面前，让乘客自己抓着吃。客舱里的小板凳都紧靠在两边的壁板上，客舱内不但颠簸，还冬冷夏热。

空姐玛丽亚·吾甫尔有32年的飞龄，她于1979年成为新疆航空公司空中服务员。在“飞机螺旋桨”的年代，由于巡航高度低，稍有风吹草动飞机就颠得厉害。“记得有一次赶上下雨，飞机狂颠，在客舱里根本站不起来，乘客们吐得都不行了，有的连胆汁都吐了出来，我就守在乘客身边安慰他们，帮他们擦洗呕吐物，还给有的乘客按摩头部。飞机降落时，许多人连站起来都困难，我和航站的工作人员把乘客一个一个从飞机上扶下去，一到机坪，他们躺下再也不愿动了。”玛丽亚回忆道。

## 从“出疆”到出国

1978年改革开放之初，新疆的航线布局正处于“由点及线”的状态。彼时，疆内航线仅有8条，主要集中于疆内的地州城市，譬如乌鲁木齐至克拉玛依、哈密、伊宁、喀什、和田等地。飞出新疆是当时飞行员们最期盼、最坚定的梦想。

1986年，中国民航局发布《民航发展十年规划和第七个五年计划纲要》，推动了新疆民航的发展。同年3月26日，时任飞行大队副大队长的石庚寅和飞行检

查员王庆国带队，驾驶图-154型飞机成功首航北京，结束了新疆民航“飞机螺旋桨、直航不出疆”的历史，也迈出新疆民航出疆发展的第一步。

此后，新疆航空公司抓住机遇，大力开辟东线市场，1986年7月18日，开辟乌鲁木齐至广州航线；1987年，开辟乌鲁木齐至成都航线；次年又开辟了乌鲁木齐至北京至广州航线。1993年2月15日，乌鲁木齐经西宁至广州航线的成功首航，标志着新疆诞生了第一条飞抵高原机场的航线。

区内支线民航的发展，反映了新疆社会经济的沧海桑田。在建国后新疆民航发展的前30年中，由于机型落后，运力增长缓慢，疆内很多航线一直处于飞飞停停状态。直至1985年，新疆在全国民航率先成立民航企业，以乌鲁木齐为中心，先后架设了11条疆内航线，形成了联结喀什、伊宁、和田、阿克苏、库尔勒等十个地州、县的民航运输网，使新疆率先成为全国唯一形成完整航运体系的省区。

改革开放前，新疆并没有国际航线，得益于国家的政策支持，20世纪80年代后，新疆的航线网络得以向外扩张。1989年6月24日，新疆民航在哈萨克斯坦成立阿拉木图办事处，同年7月28日，开通中哈航线，这也是中国至哈萨克斯坦乃至中亚地区的第一条国际航线——乌鲁木齐—阿拉木图航线。1994年又开辟了乌鲁木齐—伊斯兰堡航线。进入新世纪后，随着我国民航业的井喷式爆发，新疆民航走出国门的步伐明显加快。

## 远去的皓月与天鹅

民航人都不会忘记新疆航空那抹美丽的蓝色——一轮弯弯的皓月精心呵护着一只灵动的天鹅。

中国新疆航空公司的前身是1955年成立的中国民航乌鲁木齐管理处。1985年1月，中国民航体制改革，中国民航乌鲁木齐管理局、新疆航空公司成立，为政企合一体制。新航是民航总局直属的民航运输企业，公司总部设在首府乌鲁木齐，主运营基地在乌鲁木齐地窝堡国际机场，在新疆区内11个机场和航站设有相应分支机构，后又在江苏常州机场开设基地。曾用IATA代码“XO”；ICAO代码“CXJ”。

新航以“天鹅皓月”为企业标志，但公司成立时并没有将“天鹅皓月”印上飞机。1992年前，新航的客机依然使用机尾喷涂大幅五星红旗的中国民航旧有涂装，“天鹅皓月”标识只出现在新航的文件、用品上。1992年，中国民航总局发文，规定中国国际航空公司为载旗航空公司，可以保留五星红旗标识（载旗面积大幅度缩小并被挪到了飞机机身前部两侧），民航总局直属的其他航空公司必须撤掉飞机上的国旗标识。此时，新航客机的垂直尾翼两侧才正式印上了“天鹅皓月”。从此，蓝色的“天鹅皓月”图案伴随着新航的班机飞越万水千山。

新航历史上有多种机型服役，包括运5、安-24、双水獭、图-154、伊尔-86、波音757-200、波音737-300、波音737-700等。

1985年，新航成立之初总共有13架运5，其中5架于1985年7月报废。1992年又将适航的7架运5飞机移交新疆生产建设兵团农航支队，算是两者联合经营通用航空业务，但实际由新疆生产建设兵团农航支队飞行；之后，新航不再直接执行通用民航飞行任务。

在运5之外，新成立的新航还有三架安-24。1991年12月7日，经民航局批准，北方航空公司将两架安-24飞机连同航材和备用发动机按价调拨给新航。至1993年，

安-24相继服役期满。

1985年8月17日，中国民航局有偿调拨民航广州管理局直升机公司两架双水獭飞机给新航，9月15日飞机抵达乌鲁木齐机场。1998年9月，两架双水獭飞机退役，随后转手给安哥拉航空公司使用。

1986年9月30日，新航将民航局批准从黑龙江有偿调拨的图-154（B2611）飞机接回乌鲁木齐。1986年2月4日至1990年1月4日，经国家计委和民航总局批准，新航自筹资金和申请贷款，先后购进图-154飞机4架。1996年，新航的图-154客机在1992年大修的基础上相继第二次进厂大修。为解决运力，新航又向四川航空公司干租（只租飞机，自己飞行、管理、维护）图-154客机一架，租期至1997年8月31日。由于运营状况良好，新航于1997年9月向民航局申请延长租期一年，获得批准。2001年3月18日，新航5架图-154飞机全部退役。图-154在新疆民航在役期间累计飞行13多万小时，5.6万多起落架次。

为迎接每年一度的乌鲁木齐经济贸易洽谈会，解决运力紧张问题，1992年6月11日，新航与乌兹别克斯坦航空公司签订协议，湿租两架伊尔-86型宽体客机，租期从1992年7月20日至1993年12月31日，租金为每飞行小时2200美元。1992年12月2日，新疆航空公司与俄罗斯瓦尔克公司在莫斯科签了购买三架伊尔-86型宽体客机的合同，总金额4920万美元。10年后的2002年12月31日，民航总局批准新航执管的三架伊尔-86飞机全部退役。伊尔-86在新航在役期间累计安全飞行4.6万多小时。

1997年5月15日，中国航空器材进出口总公司、新疆航空公司向ATR飞机公司订购10架ATR72客机的签字仪式在北京人民大会堂新疆厅举行，其中5架交付

新航使用，总价约6亿元人民币。

1997年1月30日，新航开始从美国引进波音757-200客机，标志着新航渐渐脱离苏式机。1998年5月4日和7月13日融资租赁的两架波音757-200飞机分别抵达乌鲁木齐机场，租期12年。同时，经民航总局批准，由西南航空公司经营性租赁的两架波音757-200飞机，续转新疆民航租赁，租期6年。此后新航又采取多种方式引进波音757飞机。在并入南航前，新航总共拥有波音757飞机11架。

天鹅已远去，皓月仍长存。在新疆航空公司存续的17年时间里，最值得称道的是新航拥有一支政治坚定、技术过硬的飞行员队伍，有一支敬业爱岗、一丝不苟的地勤机务队伍，还有一支作风严谨、服务细致的空乘队伍。这三支队伍保证了新航在运营过程中没有发生一起三等以上的飞行事故，除了几次事故征候和被机组及时处置的空中险情外，新航存续期间的飞行安全记录堪称完美。

这在管理松散粗放、飞行事故和劫机事故频发的20世纪90年代尤为难能可贵。其中最为典型的当数1988年7月11日，新航的一架图-154客机发生迷航，最终在机组的精心驾驶下成功迫降在废弃的九江十里堡机场，并在维修后再次起飞。当时，这架飞机在十里堡机场简单修理后重新起航一事，被苏联的民航工程师认为是不可能做到的事（苏联人的建议是将飞机就地拆解报废），新航机组和机务却把不可能变成了可能，使之成为中国民航应用图-154的一段传奇。

## 突飞猛进的南航时代

根据当年国务院组建“三大民航集团”的改革方案，2002年，中国南方航空公司与中国新疆航空公司、中国北方航空公司

组成新的中国南方航空股份有限公司。新疆航空公司成为中国南方航空股份下属的新疆分公司，从此，“皓月天鹅”消失在人们的视野。

南航在“收编”了新航后，以其综合优势，在新疆这块民航热土上大显身手。2004年，南航开通首条乌鲁木齐—杜尚别航线，并于2009年设立杜尚别办事处；2006年1月开通首条乌鲁木齐—塔什干航线；2007年开通乌鲁木齐—奥什航线；同年12月开通乌鲁木齐—阿什哈巴德航线。至此乌鲁木齐与中亚五国实现全面通航。

在国内航线的布局上，南航以乌鲁木齐为中心，搭起了与内地大城市沟通的空中桥梁。2010年6月开通的喀什—乌鲁木齐—广州航线，航程达5147公里、历时6小时30分钟，成为国内最长的航线。2012年5月，乌鲁木齐—重庆—南昌成功首航，标志着南航为19个援疆省市全部开通了直飞新疆的航线。一条条航线的畅通，为新疆与内地架起座座“鹊桥”，为新疆的发展注入了新的外生动力。

继而，南航在立足乌鲁木齐、积极布局中亚航线网络的同时，开始发力经济发达的欧洲及东北亚航线。2011年11月，南航开通首条北京—乌鲁木齐—伊斯坦布尔航线；2014年6月，开通乌鲁木齐—首尔航线；同年9月，乌鲁木齐—迪拜通航。

当然，疆内航线更是南航进一步拓展的重点。2003年8月8日，南航在库尔勒成立首个地级市营业处，后相继在和田、喀什、阿克苏、克拉玛依、伊宁等地成立营业处，负责当地市场的营销以及机场的保障工作。2008年10月29日，南航在风景旖旎的阿勒泰开设营业处，从而完成了南航在新疆主要地州设立营业处的通盘规划，航线网络覆盖全疆。截至2018年9月，涉及以上营业点航线已超80条，成功构筑起较为完备的疆内航线网络。

2010年5月，中央新疆工作座谈会在北京召开，会议决定建立喀什经济特区。喀什作为祖国西大门的枢纽作用和战略地位进一步凸显，与东部城市的往来交流日益频繁。南航积极响应中央“产业援疆、服务援疆”的指导方针，以喀什为新支点，深耕细作，逐步完善航线网络，先后开通喀什直达石河子、阿克苏、库尔勒和哈密的五条域内航线，以及喀什至郑州、广州、上海、西安等七条跨疆航线。

2014年，第二次中央新疆工作座谈会在北京举行。会议指出，对南疆发展，要从国家层面进行顶层设计，实行特殊政策，打破常规，特事特办。2015年，国家发改委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，进一步明确了新疆的定位是丝绸之路经济带核心区。此后几年，“扶贫”和“建设”成为了新疆发

展的关键词。

环飞航线开通后，每段航程空中飞行时间不到一小时，大大缩短了通勤时间。

南疆环线的开设，进一步促进了三地间的贸易往来和人员交往，增进了经济文化发展。

展的关键词。

2018年6月15日，经过前期多次计划与论证，南航首条南疆环飞航线：喀什—和田—阿克苏航线正式开通。阿克苏、喀什、和田均为南疆重镇，三地成“品”字形分布在新疆西南角，相隔都在五六百公里之间，是我国通往中亚国家的贸易要道。以往，三个城市之间的旅客出行大多选择



火车、汽车等地面交通工具，最快也要四个多小时。环飞航线开通后，每段航程空中飞行时间不到一小时，大大缩短了通勤时间。此外，新航线与南航原有的乌鲁木齐—和田、乌鲁木齐—喀什、喀什—伊宁—阿勒泰、喀什—石河子—郑州、喀什—库尔勒—西安等疆内串线，及出疆航线形成互补。南疆环线的开设，进一步促进了三地间的贸易往来和人员交往，增进了经济文化发展。

南航紧抓“一带一路”战略机遇，精心布局航线网络，沿古丝绸之路，逐渐形成以新疆为丝路中段核心，连接东西、覆盖全疆的网络格局，为新疆打造了一片以乌鲁木齐为中心的“东西成扇，疆内成网，依托疆内，辐射全国，向西连接中亚、中东和欧洲，向东连接日韩，向南通过广州中转澳新、东南亚及北美”的民航枢纽网络。未来，南航将乘着改革开放东风，继续紧抓“一带一路”发展机遇，聚焦总目标，扎根新疆，服务新疆，为新疆地区的社会、经济和文化贡献力量。

## C919 环疆飞

2023年9月11日，一架蓝绿涂装的国产C919大飞机降落在平滑的乌鲁木齐机场跑道上。这时，离第一架国产喷气大飞机运10抵达乌鲁木齐，已过去了整整40年。

演示飞行期间，两架C919飞机以乌鲁木齐地窝堡国际机场为基地，先后抵达库车、克拉玛依、阿勒泰、喀什、伊宁等九地，共执行演示飞行41个航段，累计飞行时间64小时56分钟，对新疆航路和机场运行环境的匹配性进行了全面验证，展现出国产大飞机良好的安全性、适用性和满载运营能力。

9月26日，中国商飞7架ARJ21和

两架C919飞机齐聚乌鲁木齐地窝堡国际机场，“列队”进行了静态“同框”。国产商用飞机的大放异彩，使现场观众和媒体大饱眼福。

早在一个月前，2023年8月24日起，ARJ21以伊宁、库车机场为基地，进行疆内“环飞”和南北疆“串飞”，以支支航线为主，共执飞184个航段，涵盖疆内东西最长航线哈密—喀什，以及疆内最短航线伊宁—昭苏。飞机平均日利用率9.2小时，最高日利用率13.5小时，总飞行时间276小时。演示期间，ARJ21飞机9次飞抵疆内最高机场——塔什库尔干红其拉甫机场。此外，ARJ21还在伊宁—和田航段进行了模拟单发飘降验证。该航段经过天山山脉，航路最低安全高度5386米，验证了飞机飘降程序的可行性和可操作性，展现了飞机良好的单发减速及飘降性能。

实际上，ARJ21的进疆远在此前。2023年6月，成都航空率先开启了国产支线飞机ARJ21的疆内经营，开通了阿拉尔至石河子（经停伊宁）、库尔勒、和田等航线。9月15日起，成都航空在吐鲁番交河机场设立枢纽，以ARJ21执飞吐鲁番至库尔勒、阿拉尔、和田、若羌、昭苏、阿克苏，以及和田至莎车、若羌至和田、昭苏至克拉玛依、阿克苏至昭苏等航线。预计至2023年底，成都航空在疆的ARJ21机队规模将达到5架，进一步增强疆内支线航线运力，提高中小城市间的民航通达性，满足旅客便捷出行需求。

随着C919的引擎轰鸣声回响在天山南北，国产大客机开拓新疆航线已不再遥远。■

# 新疆红色航空队： 新中国航空的摇篮之一

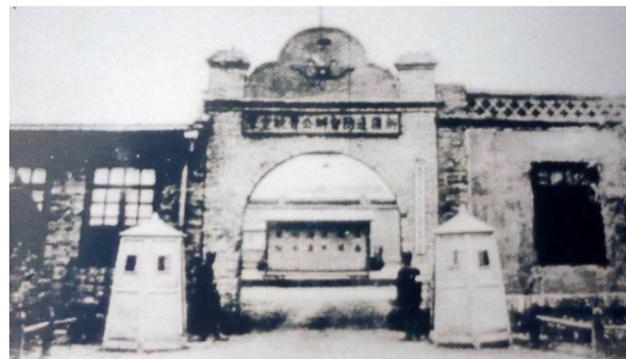
文 | 詹东新

20世纪三四十年代，新疆红色航空队的存在不愧为一段传奇。

出于自身利益考量，当时主政新疆的盛世才与苏联保持良好关系，这为我党在新疆获得了特殊的统战环境。1937年，陈云提议，经毛泽东、张闻天同意，中共中央选派了一批红军干部进入迪化（今乌鲁木齐）的民航空学校学习民航。新疆红色航空队应运而生。

红色航空队要求具备较高的文化水平。选拔工作由陈云具体牵头，主要从在迪化的西路军余部和延安的抗大、摩托学校选人，最后从红一、二、

图 | 红色文化网



四方面军和红二十五军中挑选了 44 名红军干部，其中 25 人进入飞行班，18 人进入机械班学习。这批骨干大都是营、团级干部，个别的还是师级干部。民航队设立党支部，下辖六个党小组。党代表邓发对选拔优胜者“约法十条”，为每个人都起了化名，便于保密。

红色航空队虽然在盛世才航校的管理下，按照苏联的教学模式进行培养，但是实质上以中共中央的指示为指南。在跃向天空、展翅飞翔之前，航空队队员们首先投入了紧张的理论学习。党代表邓发要求红军学员攻坚克难，完成学业。为了更好地掌握民航理论知识，红军学员以党支部为单位，自行划分为若干学习小组，理论基础好的充当临时教员，迎战每周的理论学习考核。他们下课不离教室，吃饭不离讨论，外出不离笔记，更有甚者睡觉还在背诵民航术语，硬是凭着爬雪山、过草地般的毅力，用一个多月便掌握了民航理论知识，刷新了航校的纪录。

1939 年 8 月，周恩来途经迪化时代表中共中央勉励他们：“我们党迟早要建设自己的空军，你们 40 多名同志既有会飞行的，又有搞机械的，一有飞机就能形成战斗力。你们要珍惜目前的学习机会，争取用更好的成绩向党中央汇报。”

完成理论学习后，更大的困难是飞行技术的实践。飞机的操作系统灵敏精密，要求驾驶员胆大心细。但红军学员普遍动作粗放，驾驶飞机就像“扭秧歌”，给飞行训练造成很多问题，遭到教官和其他学员的白眼和讽刺。红军学员们在支部大会上决定“以加倍的努力，对待冷嘲热讽！”“以优异的成绩，向党中央汇报！”几件简陋的地面练习器成了宝贝，乘坐汽车成了他们练习的好时机。他们拿棍子作驾驶杆，两人一组互相磨练操作技巧。利用苦练加巧练的方法，学员们完成了驾驶考核，且

成绩都在 4 分以上（满分 5 分），打破了航校纪录，令苏联教官惊叹不已，航校也对这批红军学员刮目相看。

经过四年多的学习训练，学员们系统掌握了苏制乌-2 型、埃尔-5 型、伊-15 型、伊-16 型飞机的驾驶技术和维护技能，成为我党领导的一支既能驾驶飞机，又能维修飞机的人才队伍。

1942 年，盛世才死心投靠蒋介石政府，红色航空队被迫停止训练，队员们遭到关押软禁。在五度越狱寻找党组织未果的情况下，红色航空队学员们与苏联领事馆联系并向中共中央发出求救电报。在中央千方百计的营救下，航空队有 31 名同志（飞行员 15 名、机械员 16 名）于 1946 年 7 月回到延安，受到毛泽东、朱德等领导的接见。经过短暂休整，他们在延安建立了“八路军总部航空队”，踏上了人民解放事业的征程。

红色航空队成员奔赴东北，帮助筹建中共第一所航空学校——东北民主联军航空学校。1948 年春，全国解放战争形势发生重大转变，东北大部分地区获得解放，航校党委便把接收国民党空军遗留的航空器材等任务交给红色航空队的相关同志。他们不负重托，奔赴各地接收接管，为建立人民空军奠定了基础。

1949 年初，我军胜局已定，中共中央决定成立一个统管全国民航的专门机构——军委航空局。在组建过程中，红色航空队的同志发挥了骨干作用，不少重要岗位均由他们负责。1949 年 9 月，红色航空队员方槐、夏伯勋、安志敏等人接到了参加开国大典接受检阅的任务。他们按照中央的指示，用一个月时间协同其他成员完成了天安门的空中受阅和空中警戒任务，为共和国的诞生献礼。■

# ARJ21： 提升新疆机场通达能力

文 | 郭才森

支线航空是我国航空运输体系的重要组成部分，对于经济社会发展具有重要作用。但是，许多中小机场领导和所在地政府领导更倾向于用干线飞机来运营，认为干线飞机载客量大，能为地方经济发展作出更大的贡献，因而对干线飞机提供较大数额的航线补贴，这也是我国的支线航线主要用干线飞机执飞的重要原因之一。

笔者认为，上述认识是一个误区，对于中小机场和所在地区来说，支线飞机比干线飞机具有更大的价值，应大力支持支线飞机运营支线航线。

## “要想强，上民航”

中小机场长期亏损一直是困扰民航局和地方政府的问题。机场在刚建成或扩建后的较长时间中，其运行成本与旅客吞吐量和起降架次关系不大，加上建设机场的投资额又较大，因此，在吞吐量达到一个较大的规模前，中小机场一般将长期处于亏损状态。

地方政府在投资建设中小机场的时候，一般都会预见到机场将是长期亏损的，那地方政府为什么还要投资建设机场呢？答案应当是：地方政府建设机场的目的是希望利用航空运输带来的正外部性，促进地方经济社会发展，而不是为了机场本身盈利。如果地方政府的投资目标是想让机场短期内就带来大量利润，则地方政府根本就不会决策建设中小机场。

经济学的鼻祖亚当·斯密在《国富论》中阐述了一个发展经济学的原理，被现代经济学家阿林·杨格命名为斯密定理：分工是经济增长的源泉，分工依赖于市场的大小，市场大小又取决于运输的条件。

反过来，我们也可以这样理解：交通运输条件的改善可以促进市场规模的扩大，市场规模的扩大可以促进社会分工的细化，社会分工的细化会促进经济增长。

交通运输条件的改善能够促进经济增长，古今中外的例子很多。19 世纪，美国修建了多条运河和铁路网，改善了全美的交通运输条件，扩大了市场规模，推进了社会分工的细化，推动了产业结构的转型升级，促进了经济增长。

改革开放 40 多年来，我国高度重视交通设施的建设，在增加政府投资拉动经

济增长时，主要投资领域是“铁公基”，也说明铁路、公路等基础设施对于经济增长具有重要促进作用。谚语“要致富，多修路”以及各个地方政府争抢高铁站点和高速公路的事实，也说明交通运输条件的改善对经济增长具有重要促进作用。现在，“要想强，上民航”已成为地方领导推动经济发展的重要理念。

民航将乘客和企业连接到全球几乎任何地方。民航提供的充满活力的基础设施不仅能支持企业的创新能力，创造新的就业机会和探索经济机会，还能为我们提供与家人、朋友和新领域的重要连接。

航空运输通过提供快速的运输服务，让世界上的大型跨国公司在全球的生产与消费成为可能，推动了全球化的发展。这些全球化的运输需求，仅靠铁路、水路运输等运输方式是不能满足的。因此，航空运输推动了全球化的发展，提高了整个世界的经济与消费水平。可以说，没有发达的航空运输业，就没有高水平的经济全球化。

地方政府正是认识到了航空运输业能在推动当地经济社会发展中发挥巨大作用，为了本地区的经济社会能够更快更好地发展，才决策投资修建机场的。

我国东部地区的普铁、高铁、高速公路发达，可以比较容易到达附近的大中型交通枢纽，根据边际收益递减规律，一个东部中小机场的开通对优化当地交通运输条件的作用不是很大。但在中西部地区，尤其是西南西北地区，山高林密，地面交通不便，中小机场的开通对优化当地交通运输条件的作用巨大，将使该地区的市场由一个狭小的地域性市场扩展为全国市场，甚至全球大市场，参与到全球社会分工中去，当地市场的扩大将进一步促进社会分工的细化，更大程度上促进当地经济社会发展。因此，中小机场对中西部地区的社会发展意义更大。

## 机场通达能力的度量

一个机场对当地交通运输条件的优化，目的是让该地能与更多、更远的地区建立人员与物品的交流，而且交流越来越便捷。交通越便捷，对当地经济社会发展的作用就越大。航空运输服务的便捷程度可以用通达能力来衡量。

机场的航空运输通达能力可以从广度和厚度两个维度衡量。航空运输通达能力的广度，是指该机场能够实现航空运输通达城市的数量和分布范围。一个机场能够将旅客运抵城市的数量多、城市分布范围广，可以称之为通达广度大，将能够满足更多旅客的航空运输需求。

航空运输通达能力的厚度，是指一个机场提供的两城市之间航班频次的高低。在两城市之间，一个机场提供的航班频次高，可以称之为通达厚度大，能够更好地满足旅客的航空运输需求。

一个机场的通达能力越强，当地的航空运输条件就越优化，航空运输对当地经济社会发展作出的贡献就越大。

在航空旅行中，除机票价格因素外，总旅行时间是影响航空运输需求的第二个决定性因素。总旅行时间模型研究表明，离港航班的频次越密，越能提高航空运输需求，航班频次对短途市场的影响比对长途市场的影响更加显著。增加航班频次，能够大大提高机场的通达能力。举个例子说，在两个机场之间原来航班班次是每周2班，随着旅客数量的增加，增加为每周7班，则每周7班带来的便捷程度要远远大于每周2班，旅客乘机更方便，运输需求会进一步增加，该航线对当地交通运输条件的优化贡献更大。

随着中小机场旅客吞吐量的增加，其航班通达地点和航班频次都会增加，从而提升该机场的通达能力，更好地优化该地

区的交通运输条件，对当地经济社会发展作出更大的贡献。

## 支线飞机更能提升机场通达能力

现在，各级政府非常关心民航发展。但大多数地方政府只要说发展民航，就是修建机场，以为只要机场修建起来，就会有大量的航班来飞，航空通达能力很快就能达到很高的水平，当地的航空运输条件立刻就能改善了，这又是一个误区。新建机场一般客流量小，航班量不多，通达性难以很快提高。

因此，地方政府发展航空运输，需要从修建机场和开飞航线两方面综合把握。要提升机场通达能力，需要大幅度增加航班量。要增加航班数量，支线飞机比干线飞机更具优势。

一个地区的旅客数量短期内变化不大。显而易见，在机场旅客吞吐量既定的情况下，用支线飞机运营支线航线比用干线飞机运营支线航线能大幅度增加航班频次，提升机场通达能力。

假设，两城市之间的航线每天有旅客50人，如果用180座的波音737或者空客A320等干线飞机运营，需要3天一个航班，每周只有2个航班；如果用座位数为78座的ARJ21支线飞机运营，则可以每天1个航班，达到每周7班。每周7班的航班竞争力显然大大高于每周2班，每周7班的航线对当地交通运输条件的改善更显著，对当地经济社会发展的作用也就更大。

一个机场的旅客航空需求是多样化的，不同旅客要去不同的地点。在一个机场的旅客数量较少的时候，航空公司一般不会开通点对点航班，而是开通中小机场到枢纽机场的航班，旅客到达枢纽机场后再中转其他航班；只有在旅客数量较大的时候，航空公司才能开通点对点航班或者

经停航班。对旅客来说，点对点航班显然比中转航班更好。

例如，从A城市到B城市的运输需求是50名旅客，航空公司用180座的飞机运营时一般不会开通A、B之间的直飞航班，但用座位为78座的ARJ21飞机运营时，则可以开通A、B之间的直飞航班，旅客乘坐支线直飞航班的旅行体验会更好，A机场直接通达的机场也将更多。

因此，将原来用干线飞机运营的支线航线改为用支线飞机运营时，机场的直接通达城市会增多，航班频次也会提高，从而提升机场的通达能力，更好地优化当地的交通运输条件。

## 支线飞机能降低航线补贴

中小机场开通之初，航空运输需求量小，航班客座率低，航空公司运行这些航线基本是亏损的，因此，在市场机制的作用下，如果没有民航局和地方政府给予的补贴，航空公司将不会开飞中小机场的航班。

为此，地方政府需要给予航空公司航线补贴，让航空公司开飞中小机场有利可图，至少不能绝对亏损。需要说明的是，地方机场给予航空公司航线补贴，并不是政府作为社会公共事务的管理者向自己的服务对象提供补贴，更不是对航空公司的恩赐，而是政府向市场购买商业服务。华夏航空将地方政府提供补贴开飞中小机场称为机构购买运力，就是从这个角度上讲的。

上文已经分析，机场对优化当地交通运输条件的贡献是由其通达能力决定的。相同的通达能力，首先是航班数量的相同。在一个机场的旅客量既定的情况下，为达到相同的通达能力，与用干线飞机运营支线航线相比，用支线飞机运营支线航线时，地方政府的补贴成本将大幅度降低。

例如，某航线每天的旅客量是 50 人，要开通每天 1 班、每周 7 班的航班。如果用座位数为 180 的干线飞机执飞，则航空公司的空座数为 130 个，地方政府需要为 130 个空置座位买单，每班的补贴额可能超过万元或者数万元；如果用座位数为 78 个的 ARJ21 支线飞机执飞，则地方政府只需要为 28 个空置座位买单，每班的补贴额将很少，甚至不需要补贴。这个例子说明，用支线飞机运营支线航线，将大大降低地方政府的航线补贴成本。

上述例子中，如果干线飞机航班频次改为每 3 天一班，可能就不需要政府补贴或者补贴额就较少了，但机场的航空运输通达能力也大大降低了，对当地经济社会发展的贡献也将大大降低了，而且降低了机场的使用

效率，是对机场投资的巨大浪费。

总之，在达到相同的机场通达能力的情况下，与用干线飞机运营支线航线相比，用支线飞机运营支线航线时，政府支出的航线补贴额会大幅度降低，从而大大降低地方的航线补贴成本，有利于实现地方航空运输的可持续发展，提升当地经济发展水平。

### ARJ21 助力新疆经济社会发展

新疆是我国面积最大的省份，其机场数量多，但干线机场少，主要是吞吐量低于 200 万人次的支线机场。支线机场的航班量小，航点少，通达能力弱。

此外，新疆的机场分布范围广，机场之间距离大，同时，新疆的地面高速公路和铁路交通不发达，这导致航空运输对新疆经济社会发展具有更大的价值。新疆的经济发展迫切需要提升新疆各机场的通达能力，尤其是支线机场的通达能力。

本文已经证明，支线飞机运营支线航线可以大幅度提升支线机场的通达能力，在实现相同通达能力的情况下能大幅度节省新疆地方政府的航线补贴成本。因此，用支线飞机运营新疆支线航线将对新疆经济社会发展产生巨大的推动作用。

可喜的是，2023 年 7 月乌鲁木齐国际航空枢纽建设论坛期间，中国商飞公司表示，将持续推动更多国产支线飞机进入新疆运营，促进新疆航空运输事业蓬勃发展，提升新疆经济活力，推动新疆经济社会发展迈上新台阶。

国产支线飞机运营疆内航线，对于新疆经济社会发展具有更大的价值。国家相关部委和新疆维吾尔自治区政府也需要出台相关政策，加大资金支持力度，提升新疆机场通达能力，将支线飞机促进落后地区经济社会发展的作用真正发挥出来。■

表 1 | 新疆各机场 2019 年旅客吞吐量统计表

序号	机场名称	2019 年旅客吞吐量 (人)
1	乌鲁木齐/地窝堡	23,963,167
2	喀什	2,433,209
3	库尔勒/梨城	2,202,333
4	阿克苏/温宿	1,711,210
5	和田	1,596,218
6	伊宁	1,477,371
7	克拉玛依/古海	868,285
8	阿勒泰/雪都	498,279
9	库车/龟兹	424,579
10	吐鲁番/交河	341,953
11	塔城/干泉	338,732
12	莎车/叶尔羌	320,302
13	博乐/阿拉山口	303,664
14	哈密/伊州	283,483
15	图木舒克/唐王城	163,679
16	布尔津/喀纳斯	164,511
17	且末/玉都	135,663
18	若羌/楼兰	131,110
19	新源/那拉提	113,092
20	富蕴/可可托海	65,107
21	石河子/花园	48,659

# “希望每名乘客都能享受美妙的旅程”

## ——乘坐 ARJ21 环飞新疆日记

文 | 张凯敏

编者按：新疆，由于面积广阔、物产丰富、风景优美，正成为越来越多游客的向往之地。而当地人口又相对较少，发展公路、铁路运输相对不经济，故而成为中国最适合发展支线航空的省区之一。今年 6 月，成都航空以阿拉尔为基地开启国产民机 ARJ21 在新疆的区域化运行，标志着 ARJ21 正式开始了在这片热土的打拼。为实地体验，《大飞机》杂志记者“特种兵”式乘坐了 5 个航段，为读者发来国产民机与大美新疆的体验日记。

图 | 张克霄



## 7月9日 伊宁 小雨转阴

伊宁是伊犁哈萨克自治州的首府，位于新疆维吾尔自治区西部的伊犁河谷。目前，中国东方航空每天运营一班上海浦东至伊宁的直达不经停航班，飞行距离3800千米，计划飞行时间5小时45分钟。相比之下，飞行距离3796千米，计划飞行时间5小时35分钟的浦东至新加坡樟宜航线只能甘拜下风。

记者选择了在西安转机，头天晚上抵达西安，然后一早从西安出发。但即便从西安出发，飞抵伊宁也需要约4小时，航班抵达时间是13时，如果一切“照剧本推演”，记者应该可以在抵达伊宁机场时见到由阿拉尔飞来的ARJ21，它将在这里短暂经停后飞往石河子。

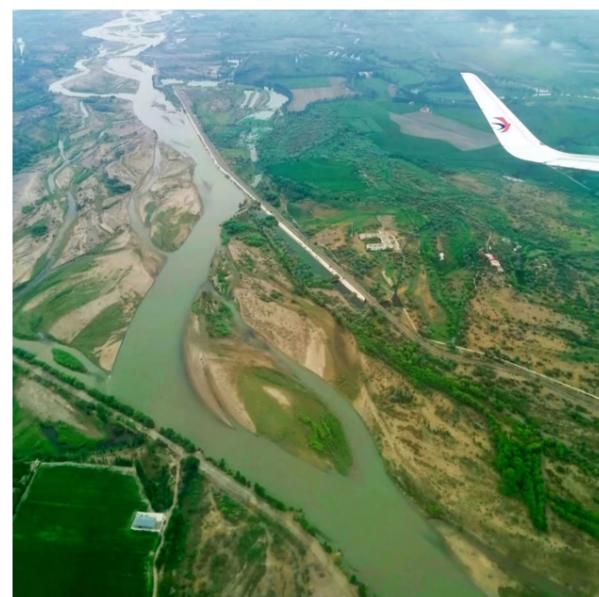
这里要给大家推荐一段空中美景，如果航班使用06跑道降落，那么飞机将从东北向西南飞越伊宁市区，到尽头围绕伊

犁河调头，最终对准跑道降落，坐在左侧靠窗的旅客将体验一段绝美的景色。

记者搭乘的航班最终于12时47分落地伊宁机场，从跑道表面来看，应该是刚刚下过雨。伊宁机场没有与跑道平行的滑行道，所以飞机降落减速后，需滑行到跑道尽头调头，再滑出跑道。刚调完头，伊宁机场并不算很大的航站楼便出现在记者面前。

嘿，那不是“虎跃龙腾”号吗？！航站楼前，一架ARJ21正靠着廊桥上下客。上一次见到这架飞机，还是在中国商飞维修交付中心的机坪上，正是这架飞机交付之前不久。没想到，再次相见居然是在近4000千米之外的伊宁，感觉分外亲切。

伊宁机场采取出发到达旅客混流的运作模式，记者下机后便通过登机柜台来到了候机大厅。此刻，5号登机口从阿拉尔抵达伊宁的航班刚好也在下客。“继续前往石河子的旅客到这里来，到伊宁的旅客直接走……”伊宁机场的工作人员正在登



机口紧张地向过站旅客发放过站登机牌，并向他们告知登机时间。

记者粗略观察统计，在伊宁过站继续前往石河子的旅客大约有30多人。见记者一直在柜台边，一名机场地勤上前询问是否乘坐接下来前往石河子的航班。经过一番攀谈，记者了解到，进入7月以来，EU1891/2航班4个航段（阿拉尔至伊宁、伊宁至石河子，以及返程石河子至伊宁、伊宁至阿拉尔）基本保持满员的状态。原来，航班基本满员，唯独倒数第二排还剩两个安全出口的座位没有安排出去，这名地勤或许见记者的“身形”比较合适，想问问愿不愿意换过去。记者道明来意，并告诉他明天将搭乘这一航班。

“通勤、学生和游客是客流主力。6月初航班刚开通时客流一般，不过从6月底开始升幅很明显。”这名地勤对国产客机能在自己家门口运营感到十分激动，对记者滔滔不绝起来。据他了解，一个多月来，ARJ21比较适应伊宁的运营，靠廊桥也比较顺利，“看着我们自己制造的飞机能够连续这么多天几乎满载运营，还是十

分自豪的。”正聊在兴头上，随着后续航班开始登机，对话被迫中止。

“你很幸运，今天一清早下了一场雨，天凉快了，好像是在欢迎你的到来。”在前往宾馆的出租车上，司机买买提·亚库甫热情地向记者介绍起伊宁的特色。谈及机场客流时他表示，与之前生意最好做的时期相比还是有些差距，但生活没有问题。据他介绍，来伊宁坐飞机的大部分还是通勤及商务人士，游客更多还是坐火车，或者跟旅行团（大巴）。

伊宁机场距离市区很近，一眨眼功夫便到了目的地。办理完入住，一看时间刚好到了EU1891航班落地石河子的时间，赶紧与机长张辉同了一个电话。根据工作

图 | 张凯敏



排班表，7月10日伊宁飞石河子和11日库尔勒飞阿拉尔，记者都将搭乘由张辉驾驶的飞机。为了不影响机长工作，记者与他相约在抵达阿拉尔后进行一个简短的采访。其实，当时的对话中并没有“简短”二字，而是来自于采访的实际感受，这个后话再聊。

匆匆的行程，遗憾没有好好感受“伊犁蓝”，倒是在22时30分左右欣赏我国近乎最晚日落的美景时，联想到数年前的黑河之行。在最早迎接日出和最晚送别日落的黑龙江与新疆，ARJ21的运营正悄悄地让我国支线航空的“毛细血管”延伸得更广、分布得更密集。

## 7月10日 伊宁、石河子、库尔勒晴

坐上EU1891航班，与前一日情况类似，除了前排超级经济舱的座位略有空余外，整个航班几乎满座。坐在记者身边的

是一家四口人，阿娜尔女士带着父母回位于石河子附近的家中：“比起乌鲁木齐，飞石河子离我们家更近一些，家里人来接会更方便一些。”

在此后的采访中，一名出租车司机表示，石河子花园机场很难拉到活：“大部分旅客都是有熟人来接的，剩下的会坐公交，所以我们拉到机场一般也就是怀着来都来了的心态随便等等，基本上不会有生意的。”

记者在航班上及下机后的观察也证实了这一点，石河子的客流确实以通勤客流为主。以伊宁到石河子为例，两地间坐城际列车需要4个多小时，票价约100元，而飞机把通勤时间缩短到1小时出头，对于200~250元的最低票价，大部分旅客面对记者的询问都表示“消费得起”。

出租车司机提到的公交便是17路，从石河子花园机场开往石河子站，全程票价3元。走出航站楼，记者刚好赶上一辆正在候客的公交车，上车刷支付码，多级

票价，司机提醒了一句，“下车时还要再刷一次才能完成扣费。”渐渐地，车上的人开始多了起来，座位坐满，后来的旅客只能站着，大部分上车的旅客扫码都十分熟练。记者观察发现，大部分应该是同航班的乘客，少数“生面孔”应该是15分钟后抵达的9C6451航班。这是从上海直飞石河子的航班，途中经停兰州，由春秋航空运营，每天一班。

在车上等了约20分钟，17路公交车发车了。还没开出机场，下一班车刚好迎面驶来，两位司机习惯性地相互打了招呼。

坐在记者前面的是一群大约七八名同机抵达的女性旅客，一路上兴奋地聊着即将回家的喜悦和到家后立马要干啥的家长里短。她们在“四小区东”站一起下车，相互道别回家。

在石河子市，出现频率最高的或许就是像“四小区”这样以数字打头的小区名了。新疆兵团军垦博物馆、艾青诗歌馆、石河子大学等都在城市北部，不过前两处周一闭馆谢客，学校则暑假闭校，入内参观的愿望均无法实现。

为了衔接成都航空次日在库尔勒的后续航班，抵达石河子当晚，记者搭乘其他航班前往库尔勒。同样是由支线飞机执飞的区内支线航班，上座率并不高，85座的飞机仅二十几名旅客，这其中大部分旅客是石河子一所学校前往库尔勒暑期研学的老师。

抵达库尔勒已超过22时，但天色还没有完全暗下来。在市中心最繁华的石化大道，两边的大楼灯火通明，发出五颜六色的光芒，而街道上也是人流如织。

“今年天暖和以后，生意明显好起来了。”魏师傅早些年从事物流工作，后来因为要照顾家庭改行开出租车，“库尔勒以梨出名，北边有条街就叫香梨大道，不过现在不在季节，这边的主要经济作物是



图 | 张凯敏

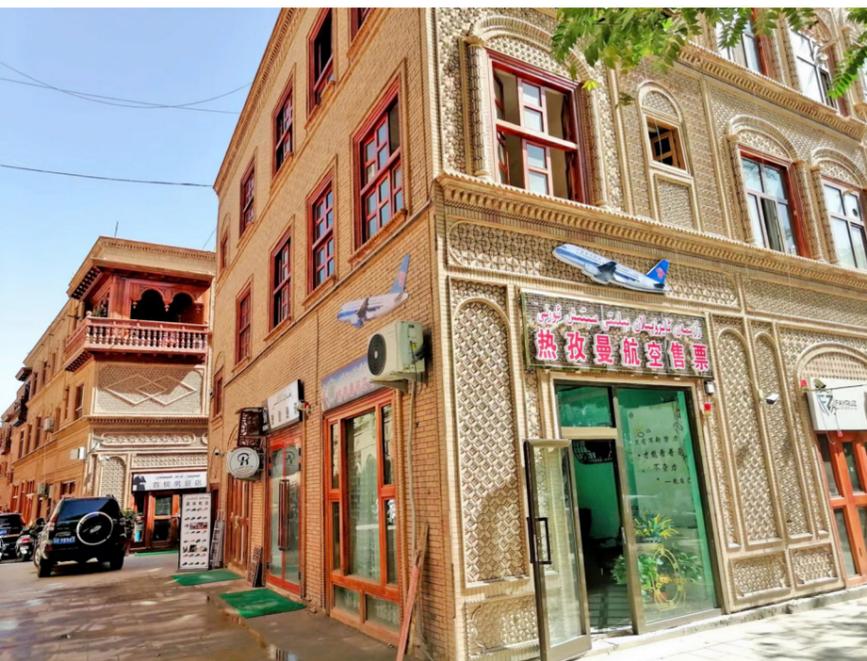
棉花，当然油气资源也十分丰富。”据悉，库尔勒坐落于素有“巴音郭楞金三角”之称的孔雀河三角洲上，气候温和，土质肥沃，物产丰富，光、热、水、土资源十分丰富，形成了特有的农产品资源优势。

入住宾馆，记者在前台排队时遇到了不少北京前来这边参加会议或是论坛的一些大型企业的代表，队伍中不时有人在电话里焦急地谈论业务难题。

夜更深了，记者房间的窗户刚好正对巴音郭楞的母亲河——孔雀河，建设桥及周边霓虹闪烁，竟让记者联想到了离别两天的故乡上海。

## 7月11日 库尔勒、阿拉尔、和田晴

比起阿拉尔—伊宁—石河子航线，库尔勒至阿拉尔的客座率稍低一些，当日航



班大约7至8成。这一程，记者最期待的便是与张辉机长在阿拉尔的面面。

此番，成都航空进军新疆，把ARJ21飞机的运营枢纽放在阿拉尔是何考虑？据了解，阿拉尔地处新疆地理中心，北依天山、南接昆仑，已经建成了东进库尔勒、西出喀什、南下和田、北上伊犁的交通路网体系。随着国家“一带一路”战略的实施，阿拉尔市区区位优势更加凸显，是丝绸之路经济带和中巴经济走廊的重要节点。成都航空有关负责人告诉记者，正是依托阿拉尔的地理优势，选择以阿拉尔为枢纽开启国产民机在新疆的区域化运行，有助于国产民机ARJ21在新疆加速构建干支结合、支支互联、衔接顺畅的航线网络，进一步促进新疆旅游、商贸和人员交流互动，为旅客进出新疆提供更加便捷、舒适的旅途体验。

待飞机抵达阿拉尔，所有旅客下机完毕，记者见到了从驾驶室走出来的张辉。上一次见到张辉大约是一年前了，那一次是成都航空包机接送参加全国青少年无人机大赛的小朋友，而这一次，张辉刚刚完成一趟定期商业航班。

“能够进入新疆运营，我们都很高兴，如同当年进入东北，以及近期还将在内蒙古开展的运营一样，这是成都航空的未来，也是国产民机的未来。从这段时间的飞行表现来看，ARJ21飞机非常适应新疆的运营。”张辉告诉记者。

“当然这一切还要感谢我们的乘务组、安全员、随机机务，还有地勤等‘先遣部队’。大家拥有越来越丰富的外站工作经验，才会让我们在新疆的运营如此顺利。”张辉透露，由于没有从成都主基地至新疆的ARJ21航线，调机工作存在一定困难。

在稍早的采访中，据成都航空有关负责人介绍，成都航空以阿拉尔为枢纽，按照“1+N”的模式来打造航线网络。从成都直飞新疆阿拉尔，以阿拉尔为基地，形成通达新疆各地的航线网络。其中成都至阿拉尔航线由空客飞机执飞，在新疆以阿拉尔为枢纽的航线运营都是由国产民机来完成的。

“我们现在安排一架飞机驻扎阿拉尔，每月轮换一次，必须让另一架飞机调机来到阿拉尔，原来的那架再调机回去。”

张辉说。记者注意到，他在接受采访时不时查看时间。一问才知道，原来刚下班的他还要搭乘正停在我们飞机一旁的自家航班回成都，采访必须控制好时间。

据介绍，由于在阿拉尔没有常驻机组，以张辉为例，他首先搭乘上周六成都天府至阿拉尔的航班来到新疆，前一个机组飞完当天的库尔勒至阿拉尔航班后下班搭乘自家航班回成都，而他则执飞当天后一个阿拉尔至和田的航班，当晚再飞回阿拉尔；周日、周一执飞两个阿拉尔经停伊宁至石河子的往返航班；周二，也就是此时此刻，执飞完阿拉尔至库尔勒往返航班后，赶飞往成都的航班下班。

这样掐着点上下班往往意味着不能遇到一丁点意外。“6月底，我们一个航班因为天气原因备降喀什，当班回阿拉尔后我就没有赶上载我下班的飞机，第二天只能自己买票再回成都。”回忆起这件事，张辉忍不住笑了。据了解，成都至阿拉尔的航班虽然每天一班，但只有周二、四、六为成都航空执飞，错过了后一天就得买别家航空公司的机票了。

“刚才飞机下降时，我看好像盘旋了一圈，塔里木河太壮观了，这是降落的标准程序吗？”尽管知道张辉时间紧张，记者还是忍不住问了一个比较私人的问题。“确实盘旋了一圈，主要是我们下方有其他飞机，这样盘旋比较节省时间。”这一问似乎让张辉想到了什么，接着说，“我最喜爱的景色是阿拉尔飞伊宁航线，因为要横跨南北疆，飞越天山的画面实在是太美了，希望每一名旅客都能享受美妙的旅程。”

目送张辉机组登上隔壁停靠的“下班”飞机，记者又迎来了刚从成都来的后一个机组。乘务长张啊卫刚巧是第一次来疆工作，她在飞机抵达和田机场后接受了记者的采访。“一直很期待能够来新疆执行任



务，看到这个排班的时候兴奋了好久。”她告诉记者，来到一个自己并不是特别熟悉的地区开展服务，之前做了很多准备工作，“了解这边的文化，向其他执行过任务的同事请教……”对于新疆“第一岗”，张啊卫对自己的工作是满意的，“我觉得这边的旅客都特别理解我们的工作，今天航班延误时间比较长，每一名旅客都耐心等待，没有任何焦急的情绪或有些过分的要求。”

此番新疆体验调研终于接近了尾声。最后一天，记者将从和田中转乌鲁木齐返回上海。远在3000多千米外，ARJ21带着成都航空的希望，也带着中国商飞的祝福，在天山南北跨越翱翔。在前不久举行的乌鲁木齐国际航空枢纽建设论坛上，华夏航空董事会战略执行委员会副主任罗彤表示，华夏航空即将使用ARJ21飞机替换其他支线机型执飞新疆航线。在此，祝愿越来越多ARJ21在新疆越飞越好。■

图 | 张凯敏



# 三足鼎立，谋划未来

## ——下一代窄体飞机发动机竞争现状

文 | 李蕴

2023 年以来，世界主要航空发动机研制企业在下一代窄体飞机发动机领域均取得了实质性突破。5 月，英国罗罗公司完成了超扇发动机验证机的首次地面测试；7 月，CFM 国际公司宣布已完成 100 多个开式转子发动机部件与系统级测试；7 月，MTU 公司公布了水增强涡扇（WET）发动机的更多细节和其与普惠公司齿轮传动涡扇（GTF）发动机的集成测试时间点。瞄准未来窄体飞机市场，航空发动机巨头们正在加速开发更高效、更清洁的下一代发动机。

图 | 航空周刊



### 窄体飞机发动机市场需求与现状

近几年，一些外部环境的变化令全球航空运输业加速变革。首先是持续三年的全球疫情导致航空公司与航空发动机公司大幅亏损；其次，愈演愈烈的地区冲突引发世界各国对能源危机的担忧加重；第三，不断加剧的气候变化迫使各行业开始向绿色低碳转变。

基于此，提高燃油效率，发展绿色航空，尽快实现航空业净零排放已成为很多国家和地区的一致共识。根据欧盟 2023 年的数据显示，动力系统占飞机整机减排的比重超过 60%，因此也成为了绿色航空发展的重要研究方向。电推进、氢动力由于极低的碳排放（甚至是零排放）被认为是未来探索绿色航空的关键技术，但由于技术成熟度低，干线飞机动力在未来很长一段时间内仍会以航空燃气轮机为主。相比上一代产品，绿色环保是下一代发动机研制的主要关注点，产品在燃油效率、减重等方面会有较大提升。

由表 1 可见，窄体飞机在未来干线飞机中的市场需求巨大，对应的发动机市场已成为航空发动机企业的必争之地。当前，全球窄体飞机发动机市场主要被 3 家公司的 4 个系列发动机垄断（见表 2）。其中，CFM 国际公司占据着绝对领先的市场份额，仅 CFM56 系列在役运营数量就约为 21000 台，是其他窄体飞机发动机总量的两倍（2022 年数据）；普惠公司的 GTF 发动机（PW1000G 系列）自 2016 年投入运营后，凭借优异的燃油效率快速占据市场。国际航空发动机公司（IAE）已经不再研发新的产品，如今绝大部分收入来源于售后维护市场。

目前来看，CFM 国际公司和普惠公司是未来窄体飞机市场最大的发动机供应商，二者均提出了下一代发动机具体构想并开

发布公司	报告名称	预测年份	新交付窄体飞机数量
空客	《全球民航市场预测》（GMF）	至 2040 年	31620 架，占总交付 80%
波音	《商用航空市场展望》（CMO）	至 2040 年	30880 架，占总交付 75%

公司	型号(系列)	装配飞机(系列)	市场情况
IAE	V2500	早期空客 A320	仍大规模运行，但已停产
普惠	PW1000G	空客 A320neo	市场份额持续增长
CFM 国际	CFM56	波音 737 与空客 A320	装机数量最多的窄体飞机发动机
CFM 国际	LEAP	波音 737MAX 与空客 A320neo	市场份额快速增长

始研发工作。作为世界三大航空发动机供应商之一的罗罗公司此前已基本退出了窄体飞机发动机市场，但其也正在全力开发推力量级覆盖窄体、宽体飞机的下一代发动机。

表 1 | 全球干线飞机市场需求预测（2022 年发布）

表 2 | 窄体飞机发动机概况

### CFM 国际公司

#### ——开式转子发动机

开式转子发动机是一种介于涡扇与涡桨之间的发动机。开式转子发动机可认为没有外涵道，所以具有比一般涡扇发动机大得多的涵道比；取消了短舱，减轻了发动机重量并减小了阻力，带来了更低的油耗；扇叶采用与涡桨发动机不一样的设计，避免了叶尖的过早超声速，因此高速性能也优于涡桨发动机。

2021 年 6 月，CFM 国际公司宣布启动可持续发动机革命创新（RISE）计划，瞄准下一代单通道客机研发开式转子发动机核心技术，其中包括：采用单级旋转叶片和用于导流的可变倾斜角定子叶片，增加风扇总压比的同时降低了负载，从而增加飞行马赫数，减轻发动机重量，提高可靠性；开发多种燃烧室，确保未来可以使用 SAF 或液氢作为主燃料；配备电动机实现混合动力飞行，为持续升级优化的节能减排打下基础；开发新材料，进一步提高

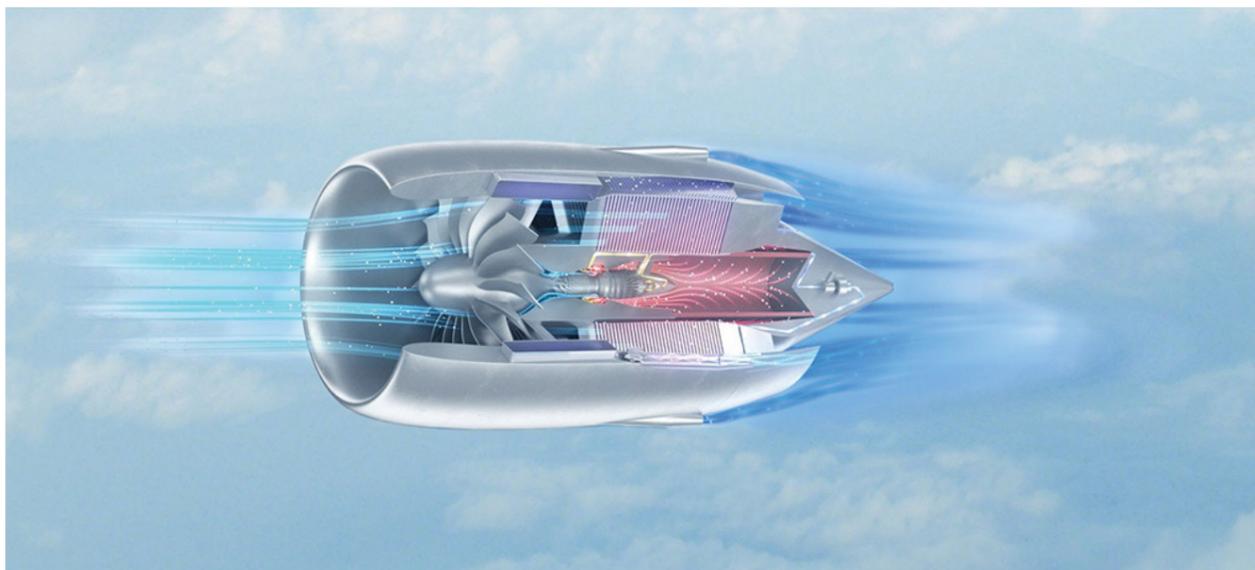
发动机耐热温度并减轻发动机重量，使用增材制造技术生产燃油喷嘴等组件，进一步减轻结构质量，提高使用寿命；将发动机风扇直径缩小至 3.0 ~ 3.3 米，与现阶段主流发动机的机舱直径接近，便于与飞机集成；使用微调技术并开发相应工程工具，将噪声控制在适航标准范围内。

RISE 计划自公布以来，相关技术进展一直处于保密状态，直到 2023 年 6 月



图 | CFM 国际 图 | 罗罗

图 | MTU 公司



的巴黎航展才公开更多细节。目前，CFM 国际公司已完成 100 多个部件、系统、子系统和模块测试。

近一段时间，RISE 计划的核心任务是使用 Frontier 超级计算机开展各种设计与测试工作。该超算位于美国能源部橡树岭国家实验室，拥有每秒 119.4 亿亿次的浮点计算能力，已经连续两年位列全球超算性能榜单第一位。目前为止，CFM 国际公司重点开展了以下研究：

一是对开式转子发动机的噪声与集成特性进行建模仿真。使用法国航空航天研究院（ONERA）提供的计算流体力学软件，利用 Frontier 强大的计算与图形处理能力对开式转子发动机进行全尺寸网格划分与精细建模（气动弹性与气动声学等建模），开展非稳态流场仿真计算以探究风扇、定子叶片安装位置在不同配置条件下的噪声和性能水平。该工作与空客共同开展，并随后在德国汉堡进行了地面测试，结果显示其噪声水平低于现役 LEAP 系列发动机。

二是 GE 公司和橡树岭国家实验室合作开发了计算流体力学仿真软件。该软件可模拟全尺寸开式转子发动机的空气动力学特性，识别出流体相互作用、影响的区域，进而在全尺寸硬件测试之前作出适当的设计修改。

三是开展高低压涡轮、叶片、喷嘴的设计工作。目前，RISE 计划的第一个全尺寸低压涡轮已经集成到 F110 发动机上，同时在 GE 公司埃文代尔工厂与赛峰集团维拉罗什试验中心开展静态与振动测试，以检验叶片的空气动力学性能和先进冷却系统。此外，项目团队还正在进行大功率齿轮系统、紧凑高效核心机、废气余热空气能量回收系统、增材制造热交换器等开发工作。

目前，CFM 国际公司再次确认将在 2025 年前后开始第一台技术验证机的测试

工作以全面验证新技术，这个时间与 2021 年 RISE 计划发布之初确定的时间完全一致，也表明了目前的工作进展较为顺利。最终，新一代开式转子发动机的目标是较现役 LEAP 系列发动机提高 20% 燃油效率并降低 20% 二氧化碳排放量，并计划于 2035 年前后投入商用。

## 普惠公司 ——下一代齿轮传动发动机

GTF 发动机是在燃气涡轮发动机的风扇和低压压气机之间加入一个齿轮减速器，使风扇、低压压气机和低压涡轮都在最佳转速下运行，从而增大发动机涵道比并提高可靠性，降低耗油率、使用维修成本和噪声，提高发动机效率。

2022 年 7 月，普惠公司披露了下一代 GTF 发动机发展路线图，以推进效率和热效率的提高为基础，主要包括：增大风扇直径，将涵道比提高至 15；采用效率更高的全动行星齿轮结构以增大齿轮传动比，最低达到 4:1；研究轻质结构技术，包括复合材料风扇叶片及风扇机匣，目前普惠公司 GTF 发动机采用的是铝钛材料风扇，下一代设计将基于三维编织复合材料；小型高效核心机研究，包括提高压气机的空气动力学效率及密封性、提高涡轮的冷却能力以及开展燃烧室升级改进。

目前，普惠公司在美国联邦航空局“持续降低能耗、排放和噪声”（CLEEN）项目、NASA“混合热高效核心机”（HyTEC）项目下开展或完成了改进风扇压比、提高压气机气动效率与密封性、低污染燃烧室设计、增强涡轮冷却能力等多项技术开发，还在下一代陶瓷基复合材料、环境屏障涂层等新材料方面进展迅速。

除此之外，普惠公司还与 MTU、空客、柯林斯宇航、GKN 宇航公司合作，在欧盟

“净洁天空”（Clean Aviation）计划下，由 MTU 公司牵头开展 Switch 项目，开发水增强涡扇（WET）发动机。与其他发动机相比，WET 是一种混合动力系统，增加了冷凝器和热交换器，前者收集发动机废气中的水，后者将水蒸发成蒸汽后注入燃烧室，降低燃烧室温度，减少氮氧化物生成并增加涡轮排气量，最终提高发动机燃油效率。

目前，WET 发动机与飞机集成问题是项目的主要工作，重点包括：一是与空客合作，设计并测试不同体积、尺寸、重量的冷凝器和热交换器，以探究其与传统发动机的差异和对飞机集成的影响，测试工况包括起飞、爬升、巡航和一些特殊飞行状态。二是与普惠公司合作，将新技术集成到 PW1100G 发动机上并开展混合动力系统改装与集成工作。三是与柯林斯宇航公司和 GKN 宇航公司合作，开发混合动力系统。其中，前者为发动机高、低压轴上分别提供 0.5 兆瓦和 1 兆瓦电动机，用于飞机滑行和起飞等工况；后者研究电动机的集成并开发新型高压布线系统。

WET 发动机技术将在随后开展第一阶段测试，测试内容为部组件和子系统，时间持续到 2025 年，将使技术成熟达到 4。在 2025 ~ 2030 年开展第二阶段测试，验证新技术的全系统集成以提高成熟度，最终在 2035 年前后应用在下一代 GTF 发动机的改进型别上。而下一代 GTF 发动机也计划于 2025 年开展技术验证测试，并在 2030 年前后开发出初代商用型号，计划比现有发动机的燃油效率至少提高 10%。

## 罗罗公司——超扇发动机

超扇（Ultrafan）发动机是英国罗罗公司以 Advance 核心机为基础开发和验证

的具有颠覆性技术特征的发动机，该发动机涵道比预期将达到 15，总增压比 70，推力范围 111 ~ 444 千牛，燃油消耗和污染物排放将比第一代遛达发动机下降 25% 以上，氮氧化物减少 40%，噪声降低 35%。与遛达 XWB 发动机相比，效率提高 10% 以上。关键技术包括但不限于：用直径 3.55 米的 CTi（由一层碳纤维和一层钛合金组成的复合材料）风扇叶片代替遛达系列的钛空心叶片，大幅减轻发动机重量（每台减重 340 公斤）；采用可变桨距风扇，完全取消了低压涡轮，由中压涡轮通过齿轮减速传动驱动风扇，结构上由三转子发动机变化为“两轴半”；采用倾斜和掠形出口导向叶片并进行吸声处理，有效降低噪声；开发大功率行星齿轮传动系统（与普惠公司 GTF 发动机类似）使发动机风扇和低压涡轮运转在各自最优转速，燃油效率提升 16%，噪声降低 75%；调整核心机负载结构，高压压气机由两级高压涡轮驱动以承担更大的工作负载，以更经济的方式得到所需增压比；重新设计先进金属冷却部件与陶瓷基复合材料涡轮，进一步提高核心机工作压力和温度；机匣制造过程采用新的粉末热等静压（HIP）技术，将制造所需原材料减少 60% 并显著降低能耗。

罗罗公司在历经财务危机、供应链危机后多次推迟了超扇发动机的集成与测试时间，且发动机制造数量也由 4 台缩减为 1 台。2023 年 4 月，首台超扇发动机的首次地面测试在 80 号试车台正式启动。

由于只有 1 台发动机可供使用，罗罗公司严格按照干转（不点火不供油，只确保所有部件可正常运转）—湿转（只供油不点火）—最后点火的过程开展测试，试车台上的 1 万余个传感器以每秒共 20 万个样本的速率实时采集并传输数据，以充分了解发动机每个子系统的工作状态。

除此之外，为了确保试验的稳定和精

准，罗罗公司开发了一个被称作“深度防御”（defense in depth）的方法评估超扇发动机，设置了 1 个控制室和 1 个监控室。控制室用来控制发动机运行，实时监控、操作高频测量设备和测试系统；监控室通过玻璃与外界分隔，工程师直接向控制室发出发动机可能异常的指示。作为监控测试的一部分，罗罗公司设定了“轨道线”（tramline）自动化程序，与测量数据进行自动对比并检查其是否在发动机容许范围内，如果超出此范围，试验人员将停止测试并对超出原因进行评估。测试过程中，空气系统、机油系统、发动机性能、温度、燃料和动力齿轮箱等各团队也实时监控数据并及时反馈。

由此可见，作为现阶段罗罗公司最重要的资产，超扇发动机测试在无比谨慎的操作下开始，并将持续较长时间，虽然其大部分应用新技术的子系统已经在其他平台上完成测试，但在集成测试中提高整机成熟度也是一项巨大挑战。最后，超扇发动机的具体应用对象（宽体或窄体）还未明确，但提早布局，开展技术验证、技术储备，将来根据市场环境 with 需求确定装机对象，对于罗罗公司未来民机市场的整体发展仍然具有重要意义。

## 项目启示

目前，下一代窄体飞机还未出台相应技术指标或时间节点，但发动机的竞争序幕早已全面拉开，各承包商秉承“动力先行”理念，集成最先进技术和最广阔资源研发这一战略产品。我国商用大涵道比涡扇发动机还处于研发关键阶段，从中也可得到一些有益启示。

首先，齿轮传动结构已成为下一代窄体飞机发动机的必然发展趋势。CFM 国际、普惠、罗罗的下一代窄体飞机发动机虽构

造不同、特点不同，但都不约而同选择了齿轮传动结构，这并非偶然。为了实现更高的效率、更低的排放和噪声，无论是涵道还是无涵道发动机，提高涵道比是必然选择，但涵道比越高，越难实现风扇/桨扇和低压涡轮最佳转速之间的平衡。为了实现这种平衡，采用齿轮传动结构是最佳选择——随着涵道比提高，只需提高齿轮传动比就可解决最佳转速难题，不但结构上更容易实现，还保证了大涵道比发动机固有的效率优势。因此，更先进的齿轮传动结构是必然的发展趋势。

其次，丰富的计算资源将大幅提升新型发动机迭代设计速度。在 2023 年国际超算大会上，英伟达宣布将与德国合作开发超级计算机，建成后的任务之一是用于罗罗的涡扇发动机研发工作。CFM 国际公司使用 Frontier 超级计算机开展发动机全尺寸数值模拟，成功得到噪声、气动流场等多项关键模拟数据，并基于此开展发动机迭代设计，再次证明了超算应用于发动机研发可带来巨大优势。工业数字化将是工业转型升级的主路线，我国拥有银河、曙光、神威和深腾等多个系列的上万台超级计算机，具有很强的超算应用潜力，将其深度应用到发动机研发领域前景广阔。

第三，先进大型航空发动机试验设施有力保障发动机研制。实践证明，没有足够的试验设备和大量试验工作，要想研制出发动机是不可能的。航空发动机试验设施目前在环境试验、非接触测量、图像获取与处理、高性能智能传感器、动态过程参数同步测量、试验过程自动化等方面接连提升，智能化试验能力不断取得新突破。下一代窄体飞机发动机均将使用目前最先进的地面台、高空台、飞行试验台开展测试，从而最大程度保障发动机研制。■

# 渐行渐近的城市空中交通

文 | 魏君

2023年10月13日，亿航智能宣布，公司自主研发的EH216-S无人驾驶载人航空器系统获得中国民用航空局颁发的型号合格证（TC证）。这意味着EH216-S的型号设计符合中国民航局的安全标准与适航要求，具备了无人驾驶航空器载人商业运营的资格。此次，EH216-S获颁型号合格证，也是全球首个无人驾驶电动垂直起降航空器（eVTOL）获颁型号合格证，意味着近年来被业界热议的城市空中交通商业运营开启了新篇章。

## 从载物到载人

近年来，全球城市化进程不断加快，交通拥堵与环境污染等问题日益突出。在此背景下，可持续发展的城市空中交通作为理想解决方案成为了行业关注的焦点。再加上电动垂直起降飞行器的兴起，电动机、电池和自动化等技术的逐步成熟，城市空中交通逐步开始具备了实现的可能。

亿航智能作为一家研发智能自动驾驶飞行器的科技企业，可以称得上

是国内研发eVTOL的龙头企业，其业务范围包括空中交通、智能城市管理等领域。EH216-S型载人无人驾驶航空器是亿航智能自主研发的产品，是一款能够实现无人驾驶的载人垂直起降航空器，可应用在载人交通、空中游览、空中物流、医疗应急响应等场景。为了保障航空器的安全性能，亿航智能使用了大量技术性能冗余设计，从而确保航空器不因任意单点故障影响飞行安全。2020年底，亿航智能正式向中国民航局进行型号合格审定申请。EH216-S是一款载人级自动驾驶垂直起降飞行器，其构型、配置、运行模式和飞行环境相比传统航空器都有巨大革新，因此无法直接

沿用传统民航领域既定的标准进行适航审定，需要在现有政策、规章、标准和经验的基础上创造性地制定审定标准。在亿航智能向中国民航局提交适航申请时，全球还未有此类飞行器完成适航审定的先例。

8年磨一剑，在此期间，国内外涌现出了大量同类企业，其中不乏老牌飞机制造商波音、空客所投资的创新型企业，但亿航智能研发的EH216-S率先拿到了适航证，拿到了商业运营的“敲门砖”。

从亿航智能的发展历程来看，其经历了从载物到载人的过程，以“无人驾驶、集群调度、冗余备份、绿色环保”为设计理念。除了此次获得型号合格证的EH216-S之外，公司还推出了应用于高楼层消防的自动驾驶飞行器EH216-F和应用于中短途空中物流的自动驾驶飞行器EH216-L。目前，亿航自动驾驶飞行器已经在空中物流、载人交通、空中游览、医疗应急响应、消防救援等应用场景下完成了大量飞行演示。而公司的这一发展路径与中国民航局的思路也不谋而合。2022年8月，中国民航局就《民用无人驾驶航空发展路线图V1.0（征求意见稿）》征求意见，提出了“先载货、后载客；先通用、后运输；先隔离、后融合”的发展路径。预计到2025年，城市短距离低速轻小型末端物流配送场景将逐步成熟，城市中长距离物流配送逐步应用，以城市通勤运输为代表的短距离载人飞行将开展应用示范。与此同时，民航局印发的《智慧民航建设路线图》中，要求在2035年之前，建立包括载人在内的无人驾驶航空交通运输系统。由此可见，在政策的支持下，

图 | 亿航智能



民航局在坚持安全为先的前提下，对无人驾驶航空器研发和使用所采用的务实与开放的思路，为国内像亿航智能这类企业的发展创造了良好的外部环境。

## 适航的探索

如上文所述，由于 EH216-S 与传统的航空器相比，无论是产品本身还是运营环境都有着天壤之别，因此其适航审定工作对于制造方和审定方都是一个全新的课题，需要进行大量的开创性工作。

EH216-S 采用了无人驾驶、全备份、集群管理的技术理念，是全球首个无人驾驶 eVTOL 型号审定项目。同时，作为中国首个推出载人级无人驾驶航空器的企业，2018 年亿航智能被中国民航局批准成为中国第一家载人级自动驾驶飞行器适航审定试点单位。2021 年 1 月，民航局正式受理 EH216-S 的型号合格申请。2022 年 2 月，中国民航局正式发布《亿航 EH216-S 型无人驾驶航空器系统专用条件》（以下简称《专业条件》），为 EH216-S 型载人级自动驾驶飞行器的合规性和安全性提供依据。《专业条件》涵盖飞行性能、结构、设计与构造、动力装置、系统和设备、数据链路以及地面控制站等方面。《专业条件》是在全球 eVTOL 相关航空适航规章体系仍在逐步摸索的情况下推出的，具有开创性的历史意义。同年 9 月，亿航 EH216-S 的专项合格审定计划获得中国民航局正式批准。

在 3 年多的适航审定过程中，作为制造方，亿航智能根据局方审定要求完成了大量的试验。EH216-S 在国内多个专业航空实验室和试验场地进行了大量实验室试验、地面试验和飞行试验，这些试验包括但不限于主材料性能、结构强度、阻燃、坠撞、气体毒性、设备与系统的环境、软件仿真、数据链路、地面控制站、整机功能、

电磁兼容、飞行性能和操稳特性功能等试验试飞验证，其中包括了对部件、设备、整机在试验、试飞期间的预制缺陷、故障、干扰等验证，对 EH216-S 的安全性、适航性、性能、功能、使用、可靠性等进行了全面严格的验证。在此期间，亿航智能完成了包括 500 科目的摸底试验、4 万余飞行架次的调整试飞，以及 65 个大项、450 多个科目的正式符合性验证试验。2023 年 8 月，亿航智能按计划完成最后阶段符合性证明和验证阶段内的所有符合性试验试飞，其中包括中国民航局审查的最终型号合格审定试飞。

## 各方共建 UAM 全局业态

尽管获得型号合格证对于 EH216-S 来说是具有里程碑意义的事件，但距离真正的商业运营，亿航智能还有很长的路要走，其中联手各方共建适合行业发展的业态尤为重要。为此，过去几年，亿航智能一直在为未来的商业化运营进行布局。

过去几年，在中国民航局“先行先试、审运结合”的指导方针下，亿航智能在国内 18 座城市的 20 个网点累计完成了超过 9300 架次的低空旅游场景运行试飞，其中包括广州、深圳、珠海、肇庆、三亚等城市。在这个过程中，亿航智能开发了一套数字化的城市空中交通（UAM）运营管理和服务平台。

2023 年 8 月，亿航智能宣布，公司无人机云系统获得了中国民航局的正式批文，准许实施试运行。作为全球首家载人级无人驾驶航空器系统的制造和运营商，获得民航局的这一实施批准将为未来 EH216-S 的商业化运营奠定重要基础。

如今，低空经济领域下的无人机应用越来越广泛，无人机云系统技术已经成为无人机运行安全的重要保障。亿航无人机

云系统可以实现空域、无人机、飞行计划和操控人员的管理等功能，对同一空域内多架航空器进行集群管理。

得益于技术能力的储备，2023 年 7 月，亿航智能与深圳宝安区政府签订战略合作协议，双方将共同构建 UAM 体系，开发低空示范运营航线，打造全国低空经济发展示范城市。城市空中交通是低空经济的核心场景。根据深圳市宝安区政府正式印发的《深圳市宝安区低空经济产业创新发展实施方案（2023-2025 年）》，将围绕物流配送、城市空中交通、应急救援、城市管理、工业应用、观光娱乐等打造一批应用场景，开通 50 条以上无人机航线，并网格化布局 100 个以上低空飞行器起降平台。作为战略合作的一部分，2023 年 9 月，亿航智能向深圳博领控股集团有限公司交付了 5 架 EH216-S 自动驾驶飞行器，这是博领计划向亿航采购的 100 架 EH216-S 订单中的第一批交付产品。此次交付的这 5 架 EH216-S 是博领在深圳推出空中旅游观光体验服务的商业计划的第一步。根据计划，在 EH216-S 获得民航局适航证后，这 5 架 EH216-S 自动驾驶飞行器将用于在深圳市宝安区欢乐港湾的亿航智能首个城市空中交通运营示范中心的常态化飞行运行。这将为亿航智能在深圳这一致力于发展中国低空经济的先锋城市未来开展 EH216-S 的商业运营奠定坚实基础。

2023 年 10 月，公司又与合肥市签署战略合作协议，双方将在合肥共同打造低空经济产业生态。安徽省作为全国低空空域管理改革试点拓展省份，正在积极打造低空产业集群。合肥市则是安徽省全域低空空域管理改革试点的中心和重要枢纽节点。在此次企业与地方的合作中，亿航智能将参与合肥的全空间无人系统综合应用示范项目，在合肥的骆岗中央公园开启无人驾驶航空器的常态化运营。合肥市政府

计划为亿航智能提供总价值为 1 亿美元的各项支持，其中包括协调或促进不少于 100 架 EH216 系列无人驾驶航空器的采购订单以及资金支持。

此外，合肥市政府还将积极促进亿航智能开拓合肥当地文旅、应急、物流、消防等“低空+”场景的应用与合作，并为亿航智能提供用地、基础设施建设、专项运营补贴等全方位支持，从而加快推进全空间无人系统的建设。亿航智能将计划在合肥市设立华东区域总部，推动无人驾驶航空器在华东地区的生产、销售、运营，从而加速城市空中交通的落地。

此外，亿航智能还获得了海外相关行业的关注。2023 年 4 月，亿航智能成为了日本先进空中交通政企合作委员会（PPC）成员之一，同时也是该委员会 56 个成员中唯一一家从事自动驾驶垂直起降飞行器生产研发的企业。日本先进空中交通政企合作委员会由日本经济产业省与国土交通省于 2018 年 8 月共同成立，旨在联合政府、科研机构、行业专家、飞行器制造商和服务供应商等各方的优势，探讨垂直起降飞行器技术和系统研发，探索在日本的各类自动驾驶飞行器的应用场景和服务。在过去 2 年，亿航 EH216-S 已经在日本 6 个城市进行了试飞，并在多个应用场景下完成了飞行演示，2022 年和 2023 年，EH216-S 还在日本分别完成了首次点对点飞行和首次载人飞行。

可以说，亿航智能用实践证明了，在绿色航空的新发展理念下，民用航空器研发的一条新赛道已经开启，在这条新赛道上，中国企业的起步并不晚，并已小有成就。如何继续在这条创新赛道上形成自己的技术优势和特色产品，在创新领域实现“弯道超车”或许将是全行业值得进一步探索的课题。■

# 创新解锁未来飞行

文 | 刘振敏

近年来，可持续发展是航空业炙手可热的话题。2023年10月，国际航空运输协会（IATA）召开世界可持续发展研讨会，与业界同仁共同探讨未来航空业脱碳的关键推动因素。在此之前，IATA发布航空业净零碳排放路线图，围绕飞机技术、能源和新燃料基础设施、运营改进、政策和融资等方面，探讨研究航空业可持续发展的系列举措。瞄准未来净零碳排放的目标，发动机制造商普惠公司围绕“更智能技术、更清洁燃料、更绿色运营”的可持续发展战略，在创新发动机构架和技术、电动飞行、清洁能源等领域开展了大量的创新研究，其中一些项目已初见成效。

▼  
图 | 波音



## 面向未来的混电创新

飞行电气化是航空业可持续发展的重点探索领域之一，在这一领域普惠已经深耕多年，其中最被业界所熟知的是其与柯林斯宇航合作的可扩展涡轮电力传动系统技术（STEP-Tech）。

在2022年范堡罗航展期间，普惠和柯林斯宇航共同宣布，双方将合作推出适用于未来先进空中交通（AAM）的新型混电技术验证机，即STEP-Tech验证平台项目。根据双方的规划，STEP-Tech验证机将专注于开发150千瓦至500千瓦级的高压分布式涡轮电动混电推进技术，并可拓展到1兆瓦甚至更高。同时，STEP-Tech验证平台将包括完整的端到端系统功能，包括高效涡轮发电机、储能、电力电子和模块化电推进器。成功验证的技术可以在一系列新型飞机研发中得以应用，包括高速垂直起降航空器（eVTOL）、中小型无人机（UAV）和中小型商用航空运输机。

目前，STEP-Tech项目已经完成了首次涡轮发电机部分负荷试车，并通过电池和超级电容储能系统与高压分布系统整合进行了电动系统测试，未来还将进行全负荷涡轮发电机试车以及电风扇验证。

在STEP-Tech项目之前，普惠和柯林斯宇航就曾在德·哈维兰冲8-100飞机的混合动力飞行验证机项目中有过合作。该项目的前身是由普惠加拿大与柯林斯宇航于2019年启动的联合研发项目，即“804计划”。目前，该项目由柯林斯宇航提供1兆瓦电动机，普惠为混合电力推进改装的燃油发动机提供动力。这一全新混合电推进技术计划通过优化飞机在不同飞行阶段的性能，使其比现役支线涡桨飞机降低30%的燃油消耗和二氧化碳排放。目前这一项目正在进行地面测试，预计将在2024年开始飞行测试。



此外，目前普惠还在联合多家企业和科研机构推动其他混合电动推进系统验证项目，其中就包括SWITCH项目。该项目由欧盟“净洁天空”项目资助，致力于加速下一代GTF发动机技术的研发。SWITCH项目专注开发新型推进装置概念，通过将两种具有革命性和协同性的技术——MTU航空发动机公司的水增强涡轮风扇（WET）概念和混合电动推进系统，与普惠GTF发动机构架相结合，以进一步优化燃气轮机的性能，显著提升燃油效率，减少碳排放，并且能够完全兼容可持续航空燃料（SAF）。目前，除了MTU和普惠之外，SWITCH项目的合作成员还包括柯林斯宇航、GKN宇航、空客以及多家欧洲研究机构和大学。

图 | 必应

根据计划，SWITCH 项目第一阶段预计到 2025 年进行配备混合动力系统的 GTF 发动机的测试、WET 技术和子系统实验室测试，以及围绕集成混合电动和 WET 循环推进系统的设计研究。根据这些关键技术和部件设计的测试，SWITCH 项目将进一步制定地面试验和飞行测试的计划。

## 创新动力引领未来飞行

面向未来，近年来制造商们提出了很多大胆的设计，从翼身融合到跨音速桁架支撑翼概念，这些创新设计的实现都需要发动机制造商的加入。

2023 年 8 月，美国初创公司 JetZero 宣布获得了 2.35 亿美元融资，以支持其进行翼身融合体（BWB）验证机的研发和生产工作，并宣布将选择普惠 GTF 发动机为其验证机提供动力。在航空业，BWB 概念并不陌生，NASA、波音等都进行过相关的预研工作。与传统的管翼飞机不同，BWB 设计将机身与高展弦比的机翼融为一体，且通常没有尾翼。这种设计理论上更符合空气动力学，可以减少飞行阻力，并提供额外升力。此次，JetZero 的 BWB 验证机项目旨在提升翼身融合设计的技术成熟度，为未来空中平台提供更多选择。根据 JetZero 公司测算，在选择了普惠 GTF 发动机之后，BWB 飞机有望较传统设计减少 50% 燃油消耗和碳排放。根据计划，全尺寸 BWB 原型机将在 2027 年完成首次试飞。如果进展顺利，JetZero 公司希望能够将 BWB 设计用于 200 座以上的中型飞机市场，并进一步探索氢能推进系统的应用，以最终实现零碳排放的目标。

除了参与 BWB 构型飞机的研发之外，2023 年 10 月，波音宣布其跨音速桁架支撑机翼（TTBW）设计的可持续验证机也将选择普惠 GTF 发动机作为动力装置。

2023 年 8 月，波音将一架 MD-90 飞机调机到位于加州帕姆代尔的工厂，在这里这架 MD-90 飞机将被改装成为测试跨音速桁架支撑机翼技术的可持续飞行验证机——X-66A。作为美国国家航空航天局关注的第一种致力于实现航空温室气体净零排放的试验飞机 X-66A 将在完成改装后，于 2028 年左右开始试飞工作。

TTBW 设计中采用了更大翼展和展弦比、由桁架支撑的细长机翼，通过与其他预期的技术进步相结合，有望将油耗降低 30% 左右。作为合作伙伴，普惠与柯林斯宇航将分别为 X-66A 提供 GTF 发动机、短舱及发动机附件。其中，柯林斯宇航将以复合材料和金属材料制造发动机短舱，并将为 GTF 发动机提供控制系统部件，包括热交换器、集成燃油泵和控制、涡轮起动机和电子控制系统。

尤为值得一提的是，在 X-66A 项目中将有几家航空公司参与，并提供关于运营效率、操纵品质、可维修性和机场兼容方面的建议。如在设计阶段，航空公司将分享关于可持续运营和机场兼容性等方面的建议。X-66A 的翼展将达到 44 米，同时 TTBW 设计可以被应用到不同尺寸和用途的飞机上，并可能通过采用折叠式翼梢来保持与现有机场设施的兼容性。在模拟和实验室测试阶段，航空公司飞行员将会在飞行模拟机上体验 X-66A 并评估飞机的操纵品质。在试飞阶段，航空公司的运营和维修团队将在 X-66A 的改装过程中对飞机进行评估。

除了参与创新构型的下一代飞机研发工作之外，普惠还参与了 NASA 的混合热效率核心机（HyTEC）项目，开发能够为下一代单通道飞机降低燃油消耗与排放的先进高压涡轮技术。

HyTEC 项目瞄准的技术包括在高于现有陶瓷基复合材料工作温度下运行的新一

代陶瓷基复合材料、环保型热障涂层以及其他可以支持全新部件设计与效率提升的先进冷却及空气动力学手段。通过提升高压涡轮的热效率，这些技术将为未来的燃气涡轮推进系统带来更高的燃油效率。目前，普惠该项目主要在其位于加利福尼亚州卡斯巴德市的陶瓷基复合材料卓越中心开展相关研发工作。

## 更清洁的航空燃料

在追求更具效率的飞机推进技术的同时，普惠还在探索通过支持使用更为清洁的可持续航空燃料和氢等可替代航空燃料来降低航空业对于化石燃料的依赖。

对于可持续航空燃料的测试与认证工作，普惠从 2006 年就已经开始涉足，并为定义现行的技术标准开展了大量的研发工作。目前这一标准能够支持普惠所有的发动机使用按最高 50% 的比例与标准 Jet A 航空煤油混合的可持续航空燃料运行。同时普惠还在继续与行业监管机构、客户和合作伙伴一起推动建立 100% 可持续航空燃料的全新标准，以确保目前所有的在产发动机都能全面兼容 100% 的可持续航空燃料标准。

2022 年，一台普惠 PW100 涡桨发动机在一架 ATR72-600 原型机上使用 100% 可持续航空燃料成功完成了一系列地面与飞行测试。同年，普惠加拿大还与德国直升机运营商 ADAC 启动了一项可持续航空燃料试点项目，计划在为期 36 个月的试点过程中使用可持续航空混合燃料运行。该项目也被视为未来在螺旋翼飞机市场中采用 SAF 的有益探索。

在涡扇支线飞机项目中，普惠也与巴航工业合作进行了相关试验。2022 年 6 月，巴航工业使用一架使用普惠 GTF 发动机的 E195-E2 飞机成功完成了 100% 可持续航

空燃料的飞行测试，验证了 E2 系列飞机可以使用 100% 可持续航空燃料飞行，并不会对飞行安全和飞机性能产生影响。

此外，普惠还成功在 GTF Advantage 发动机上对 SAF 进行了测试。2022 年 3 月，公司宣布成功在 GTF Advantage 发动机上使用 100% 可持续航空燃料，这意味着由 GTF 发动机提供动力的飞机向使用 100% 可持续航空燃料的运营迈出了关键一步，同时也为 GTF Advantage 发动机于 2024 年投入商业运营做好了关键的准备，验证了发动机在使用 100% 可持续航空燃料时的推力瞬态、启动和操作性能。

除了可持续航空燃料的应用探索之外，普惠还致力于开发新型氢燃料推进技术。众所周知，航空业对于氢能的商业运用还需要进行大量的创新和探索。实现完善的氢能循环系统需要燃料分布、燃料计量和热交换等一系列成熟配套技术。2022 年，普惠被美国能源部高级能源研究计划署选中为商用航空开发新型、高效的氢燃料推进技术。这一名为 HySIITE（氢蒸汽注入，间冷涡轮发动机）的项目将使用液态氢燃料和水蒸气回收来实现二氧化碳零排放飞行，同时减少高达 80% 的氮氧化物排放，并将新一代单通道飞机的燃油消耗最高减少 35%。

HySIITE 发动机将在发动机热力循环中燃烧氢气并通过蒸汽注入来大幅降低温室气体氮氧化物的排放。HySIITE 项目所计划采用的半封闭系统构架将实现比燃料电池更高的热效率，同时与使用“投入式”的可持续航空燃料相比，降低总的运营成本。如果项目进展顺利，这一技术将有望在 2035 年左右投入应用。■

# 空客加速飞机“氢装上阵”

文 | 董帼雄

2020年9月，欧洲飞机制造商空客召开新闻发布会公布了一份宏伟的氢能航空发展规划和三个零排放的商用飞机概念方案，一时间，业界哗然。当时行业的热议不仅仅是围绕空客这一宏伟规划展开，更重要的是，业界普遍意识到了，此次空客发布的这份规划，不单单是一个简单的新机型规划，更是欧盟能源结构战略转型这一重大战略布局中非常重要的组成部分。

三年后，2023年9月，空客高层向媒体透露，经过几年的评估，空客更加确信相关技术，并且有信心在2035年之前将氢动力飞机推向市场。

▼  
图 | 空客



## 氢能飞机的最初畅想

航空业正在寻找一种方法来弥补其“碳足迹”早已不是什么秘密。随着国际航空碳抵消和减排计划（CORSIA）的承诺以及进一步可持续发展的愿望，制造商一直希望能够利用更加环保的清洁能源来替代传统的航空煤油。

2020年，空客将目光聚焦到了氢能源上，公司发布的全球首款零排放民用飞机的三个概念机型分别代表了实现零排放飞行的不同方法，探索不同的技术途径和空气动力学构型，以支持空客在领导全行业实现脱碳方面的雄心壮志。空客发布的零排放飞机概念机的代号为 ZEROe，包括三个不同类型的产品。

第一款概念机型的外观类似于传统的涡轮喷气发动机机型，但机身更长，载客量为120人到200人，相当于目前A220或A320机型，航程超过3500公里。这款飞机依靠氢能驱动的涡轮发动机提供动力，而氢能则储存在位于飞机后部的燃料舱内。该机型只需在现有机型基础上做小幅改动，加装一块同样使用氢能的燃料电池，以便在需要时为发动机提供额外推力。

第二款概念机型是使用涡轮螺旋桨发动机的支线飞机，载客量为100人左右，航程为1800公里。涡轮螺旋桨发动机同样由氢燃料驱动，适用于短途飞行任务。

第三款概念机采用翼身融合的方案，航程可达到3700公里。翼身融合的构型可以灵活设计客舱布局与氢燃料存储，载客量可达到200人左右。

从技术层面来看，空客发布的这三款氢能源飞机，前两个机型的设计是基于现有支线和干线机型的动力改装，与完全使用电驱动的一些预研设计相比，技术难度明显降低。也正因为如此，空客在项目刚提出的时候就强调了，实现氢能航空计划

最大的难点并不是在技术上，而是希望得到政府更多的支持，如基础设施、产业链建设等。

## 合作加速研发进度

2023年9月，空客的一位高管对媒体表示，公司有信心在2035年年中之前将氢动力飞机推向市场。为了实现这一目标，空客将在2026年或2027年确定推进系统构型，即氢燃料飞机选用燃料电池还是直接选用氢燃烧推进系统，在明确构型之后，空客将对后续生产计划进行决策。为了实现这一目标，空客目前正在通过利用美国和欧洲发动机制造商的专业能力推动氢燃料技术向前发展，而这也是空客 ZEROe 项目的核心所在。

2020年12月，赛峰、空客和阿丽亚娜集团在法国政府的未来投资计划（PIA）的支持下，共同开展了一个名为 HyPERION 的联合研究项目。HyPERION 项目的目标是探索安全和高效的氢能推进技术解决方案，在2035年前为商业航空提供化石燃料的替代品。HyPERION 项目涵盖了从燃料离开油箱到喷出点燃气体的整个过程。分配电路的定义在很大程度上借鉴了阿丽亚娜集团在阿丽亚娜发射装置上的燃料行为经验。氢气以液体形式储存，然后进行调节，使其在发动机中达到最佳温度和压力。

2023年5月，阿丽亚娜集团在其弗农测试设施成功地进行了概念验证测试，为航空燃气轮机提供氢气调节系统；首次实验是通过重新使用最初为空间应用设计的设备（电动泵、燃气发生器、交换器）而实现的。这一测试也是将阿丽亚娜集团的空间技术扩展到航空应用的第一步。

在2020年发布了 ZEROe 项目的三款产品后，2022年年末，空客又发布了 ZEROe 项目的第四种构型产品——100座

级的高翼支线客机，其发动机吊舱上装有6个八叶螺旋桨，也是空客的一项专利构型。虽然从外表上看类似于涡轮螺旋桨发动机，但这些吊舱实际上包含氢燃料电池，这些氢燃料电池通过电化学反应为电动机提供动力。目前，空客正在对这一构型进行可行性研究和实验室测试，以期推出功能完备的兆瓦级燃料电池发动机和验证机，从而能够在2026年左右进行飞行测试。同时，空客还宣布该原型机将采用其多模式飞行测试平台，即标志性的A380 MSN001号原型机。该架飞机将进行外部改装，加装携带燃料电池的发动机吊舱。同时，飞机机身后部的客舱里将安装一个独特的低温储罐，以储存液氢。

对于这种尚处于概念验证阶段的原型机来说，来自低温储罐的液氢会被转化为气态。然后，通过与储罐相连的供应管线以及机身外部的空气动力学承重支撑结构与发动机吊架接口相连，最后分配到燃料电池中。气态氢从这里进入吊舱内的燃料电池，在燃料电池内，还有通过受控空气流（来自周围大气）提供的氧分子。因此，燃料电池内部会发生反应，产生直流电（DC），然后再通过逆变器转换成交流电（AC）。之后，吊舱前部附近的电机通过将扭矩传递给减速齿轮箱，将电能转化为机械能。在推进链的末端，由螺旋桨提供推力。燃料电池产生的热能通过液体冷却系统输送到热交换器，随后散发到周围空气中。水也会作为电化学反应的副产品产生，并从吊舱后部的出口排出。

据空客ZEROe项目团队的负责人表示，在A380飞行测试平台上，虽然大部分设备都安装在飞机外部，但在飞机内部，有一个10米长、4米宽、横截面呈抛物线形的外壳，ZEROe项目团队称之为“帐篷”，这个帐篷由碳纤维复合材料制造。该结构内可容纳多达四个装有液氢的低温储罐。

在飞行测试期间，帐篷内的实际气压将与飞机外部的的气压相同。换句话说，安装在帐篷内的设备只能“感受到”非加压的大气环境。与储罐相连的氢气供应管线直接从帐篷连接到挂架，然后与外部的吊舱相连。尤为值得一提的是，分配中心、电机控制器装置、推进系统、齿轮箱、变桨控制等都将由空客进行研发，因此从这个角度来看，这也是空客第一次“制造发动机”。

目前，这一创新的燃料电池系统正在位于德国慕尼黑的电动飞机系统测试室（EAS）进行测试，并在2023年上半年实现了1.2兆瓦的燃料电池全功率运行纪录。1.2兆瓦测试是使用在单个螺旋桨上耦合在一起的多个功率通道进行的，而完成了这一里程碑式的测试，将为未来空客氢能飞机的研发打下坚实的基础。

## 挑战与机遇并存

近年来，氢能源的利用之所以如此受到重视，除了节能环保方面的考虑之外，能源结构的转型或许是更深层次的考虑。当今，国际形势变幻莫测，俄乌冲突、巴以冲突等都让各国进一步意识到，提高能源自给保障能力、提升能源战略安全的重要性。如果仔细分析欧洲现有的能源结构，不难发现，氢能源似乎是提高欧洲能源自给能力的唯一选择。欧洲缺乏燃煤储量和大量使用的社会舆论环境、北海地区的油气储量有限、缺乏锂电池原材料和供应链、耕种面积和气候难以满足生物燃料作物的大规模种植，综合考虑上述因素后，欧盟选择氢能进行能源结构转型也就不难理解了。此外，对于欧洲各国来说，如果此次能源结构转型能够获得成功的话，将带动区域内相关科技研发、经济发展和DGP的增长，开拓新的增量市场和就业机会。

在此背景下，对于空客来说，其所进行的氢能飞机计划只是负责了欧盟对航空领域能源替代计划的部分，而欧盟各国的技术研发成果未来也可以被其借鉴和使用。因此，空客实现氢能飞机的商业化运用势在必行，而这也将对未来商用航空市场产生深远的影响。

但对于氢能飞机来说，尽管从理论上讲具备一系列显而易见的优点，但真正要投入商业应用，还有许多问题有待解决。对此，空客也表示，监管和认证标准、氢运输和存储基础设施需求、绿氢（使用可再生能源生产的氢能）是否可用、价格是否合适等都是空客作为一家企业无法控制的。

举例来看，当今较好的锂电池组的能量密度为200瓦时/千克，循环寿命为1000至2000次，充电时间为45分钟以上。相比之下，液态氢燃料电池系统可达到3000瓦时/千克以上的循环功率和15000多次的循环寿命，并且在20分钟内即可加满燃料。如今，一架737飞机可以一天最多往返4次旧金山到洛杉矶的航线，但目前锂电池技术还无法满足需求。即便是未来锂电池技术的进步可以将循环寿命提升至4~8个月，但在一架飞机的全生命周期内也需要更换50多次电池，对于航空公司来说是一笔相当可观的成本。相比之下，氢燃料电池系统的使用寿命长了10倍，而能量密度高了5~20倍，但如何安全地存储和运输这些氢能源是一个较为棘手的难题。

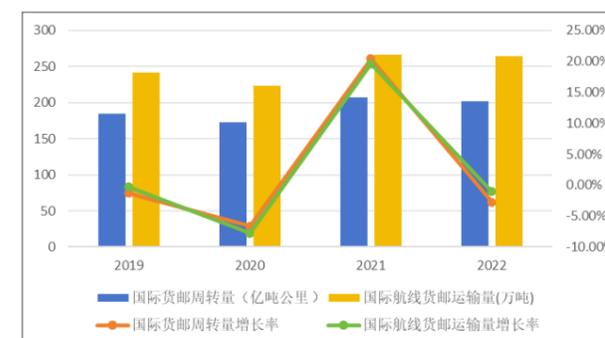
对此，波音曾公开表示，虽然氢能源具有独特的应用前景，但是该技术的推广应用仍面临很多的困难，主要的难题就是氢燃料的生产和储存问题。几十年来，航空业已经对涡轮、涡扇发动机所需的煤油燃料有了全面的认识，对安全存储、运输、使用这些传统燃料积累了丰富的经验。但

是，氢燃料与传统燃料有着本质的区别。因此，波音认为，如何安全、有效地使用氢燃料，还需要政府监管机构、研制厂商等共同协作，实现管理措施、关键技术等方面的创新突破。但就目前来看，波音认为氢能源的相关理论、知识、应用等研究课题还都存在着很多未知的领域。

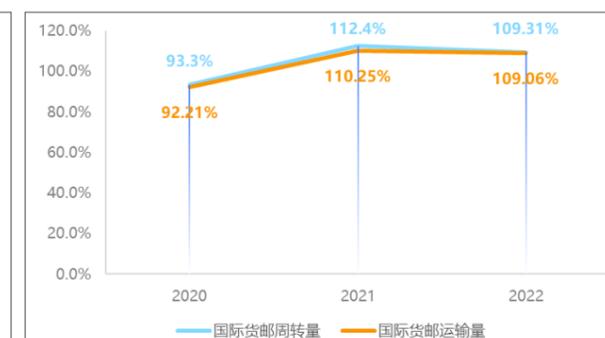
波音的这些担忧不无道理。目前，利用氢能源有一个不利因素：缺乏基础设施使其成为化石燃料的可行替代品。当前，无论是航空公司还是机场的配套设施都是为航空煤油所准备的。

以美国为例，全美共有11万个汽车加油站和6千个卡车加油站，与之相比，85%的商业航班集中在40个机场，剩余的15%的航班则分布在450多个机场。能源加注的网络越大，整体更换它的难度就越大，成本也就越高，各个更小的站点需要更复杂的燃料后勤保障体系，并且每分配1千克燃料将产生更高的摊销成本。在这个对比中，商业航空运输的燃料加注网络就具有很大的优势，由于网络更集中、单个站点更大，因此可以相对容易地升级燃料保障体系。同时，燃料系统的整体更新换代需要大量资金投入和人力投入，没有地方政府的支持，是很难见效果的。

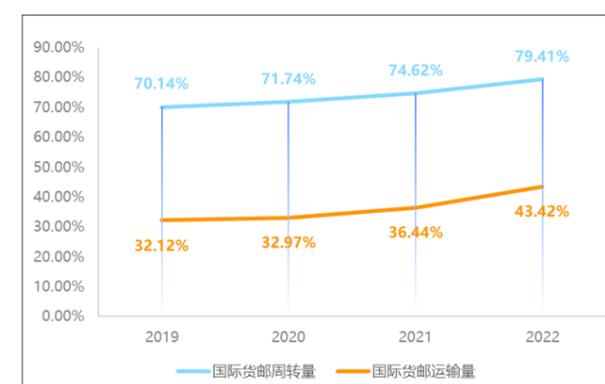
2023年5月，由空客领投的环球氢能公司的Dash-8飞机在华盛顿完成首飞，这也是全球首架完成首飞的氢能源涡桨支线飞机。这款可搭载50人的Dash-8飞机在首飞时配备了有史以来最大的航空氢燃料电池。尽管15分钟的试飞证实了氢能作为飞机动力燃料的可行性，但距离实现商业飞行还有很大的差距。试飞中所暴露出的散热、氢燃料存储、运营保障等问题，都意味着未来如果要在商用飞机上使用氢能的话，基础设施建设将是首当其冲需要解决的问题，同时也更需要政府未雨绸缪地进行提前规划。■



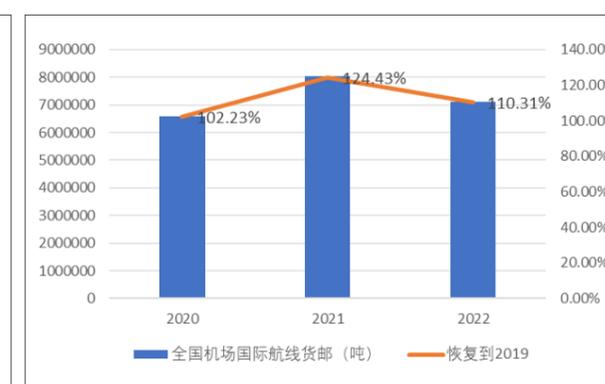
▲ 图1 | 2020至2022年我国国际货运市场变化



▲ 图2 | 2020至2022年我国国际货运市场与2019年对比



▲ 图3 | 2020至2022年我国国际货运市场占比变化



▲ 图4 | 2020至2022年我国机场国际货运吞吐量变化

## 航空运输

# 国际航空物流： 产业链供应链不可或缺的一环

文 | 占芬

疫情三年，我国国际航空物流对稳定产业链供应链发挥了重要作用，系统回顾和总结疫情期间我国航空货运在稳定产业链供应链中的作用、思考我国国际航空物流未来发展方向，对促进我国国际航空物流充分发挥战略作用、更好服务产业链供应链具有重要意义。

图 | allyair.com.tr



## 国际航空货运市场发展回顾

疫情三年，俄乌冲突、中美贸易战等各类因素叠加交织，我国国际航空货运市场充分应变、积极求变，克服不利因素稳中求进。整体而言，我国国际航空货运市场在疫情三年取得了较大发展，主要表现在以下几个方面：

一是运输规模稳步扩大。2020年至2022年，国际航线分别完成货邮周转量172.33亿吨公里、207.57亿吨公里和201.79亿吨公里，分别是2019年的93.3%、112.4%和109.31%；三年间国际货邮运输量分别为223.07万吨、266.7万吨和263.82万吨，分别是2019年的92.21%、110.25%和109.06%。

二是国际货运市场地位加快提升。疫情期间，我国国际航空货运市场快速发展，国际市场地位持续提升。国际航线完成的货邮周转量、货邮运输量占全行业相应的比重分别从2019年的70.14%、32.13%上升到2022年的79.41%和43.42%。

三是机场服务能力明显增强。疫情期间，主要枢纽机场发力国际航空货运，创新服务模式，优化海关、安检等流程，对跨境电商、高科技产品、冷链等产品的保障能力持续提升。从吞吐量来看，2020~2022年我国机场国际航线分别完成货邮吞吐量660.08万吨、803.39万吨和712.22万吨，分别是2019年的102.23%、124.43%和110.31%。

## 国际航空物流 与产业链供应链关系探讨

国际航空物流是国际供应链的重要组成部分，国际航空物流在国际物流中具备突出的比较优势：一是具有高效便捷的优势，是高端产业国际供应链的核心环节；二是具有安全可靠的优势，是我国重要的战略资源；三是具有基础先导优势，是吸引产业聚集融合、推动产业升级的重要动力。

由于具有明显的安全性、时效性、灵活性、成长性等优势，国际航空物流在产业链供应链发展中具有不可替代的战略作用，已成为高端产业国际供应链的关键环节，提升国际产业链供应链组织力和竞争力的战略资源，推动产业升级、扩大对外开放的重要支撑，其在产业链供应链中的战略作用主要表现在以下几个方面：

保障产业链供应链，强化国际市场优势。国际航空物流是连接我国与世界生产和消费的重要纽带。我国是全球产业链供应链三大中心之一，也是全球主要消费市场之一，国际航空物流依托其高效和灵活的组织方式，有利于确保主要贸易通道不中断。在保障产业链供应链稳定的同时，还能有效提升供给对需求变化的适应性和灵活性，将国内超大规模市场潜力转化为

—

我国是全球产业链供应链三大中心之一，也是全球主要消费市场之一，国际航空物流依托其高效和灵活的组织方式，有利于确保主要贸易通道不中断。

—

国际市场发展的需求，强化市场优势。同时，通过减少国内企业对部分通道、节点、企业以及海外配送的依赖，能有效维护产业海外利益。

参与国际分工和供应链体系构建，重塑产业优势。国际航空物流现代流通体系中的先进生产力代表，是高科技产品、医药、冷链等高端产业要素集合和聚变的载体，有利于充分发挥我国在跨境电商领域、中高端制造业等方面的比较优势，尤其有利于促进我国与新兴国家贸易往来，提升中国产业国际影响力。同时，航空物流依托自身产业链，能有效促进高端要素集聚，促进高端产业发展，提升产业链价值创造能力。

服务构建新发展格局，持续扩大对外开放优势。航空具有天然的国际化特征，国际航空物流是企业 and 地区经济快速融入全球市场、深度参与全球经济合作最有效的交通方式。国际航空物流是吸引外资企业在华投资的重要名片，也是企业走出去的重要支撑。通过自贸区、内陆开放高地、综保区等平台，国际航空物流能有效利用制度开放红利，促进相关产业集聚化发展，提升经济外向型水平，服务对外开放大局。

### 保障重点行业产业链供应链稳定

近年来，随着集成电路、生物制药、高端电子消费产品、高端精密设备等高附加值产业的发展以及国际贸易往来脚步加快，外贸出口对航空货运的需求稳步提升。从产业链供应链来看，我国航空货运对电子产品、跨境电商相关的时尚消费品以及医药产业为代表的化工产品等表现出较强的支撑作用。2019~2022年，以上三个行业相关货品在我国空运贸易中的合计占比分别为40.3%、40.5%、41.8%和36.9%。

在电子科技产业方面，电子信息产业

是高科技产品的重要组成部分，也是国民经济中对航空货运需求较高的重要产业。作为全球消费电子产品制造中心，我国手机、计算机产量已占全球总产量的90%以上。疫情期间，我国航空货运对电子科技产业链供应链的支撑作用主要体现在以下方面：

一是为电子科技产业贸易总量稳步增长提供稳定可靠的物流保障。2019年我国电子科技产业空运贸易进出口重量为113.0万吨，其中出口83.8万吨、进口29.2万吨。疫情期间经贸活动受到较大影响，航空货运充分发挥灵活、快捷的优势，支持我国电子产品空运贸易进出口大幅上涨。2020年至2021年我国电子科技产业航空货运总量分别为120.7、135.0万吨，同比增长6.8%、11.8%。受地缘政治冲突、疫情及美国“芯片法案”等多重影响，2022年我国电子科技产业贸易增速明显降

低，当年航空货运总量88万吨，同比下降34.61%。电子科技产业空运量在航空贸易总量中的占比由2019年的21.8%提升到2021年的23.6%，2022年则下降至18.3%。

二是为电子科技产业获取国际中间产品提供重要支撑。电子科技产品由于具有高价值、重量轻、体积小的优势，全球性采购、生产和销售的趋势非常明显，需要大量中间品贸易的支撑，如各类电子器件和电子元件等。疫情期间，我国航空货运高效保障了各类中间品进口物流渠道的通畅性。2020年和2021年电子科技产业空运进口增速分别为5.3%和22.5%，显著快于同期航空贸易-10.3%和5.8%的进口增速。受电子产品整体贸易量下降的影响，2022年空运进口也低于整体航空贸易增速。

在医药产业方面，首先要充分发挥

▼  
图 | allyair.com.tr



后盾。从总量看，2019年我国医药空运总量为7.5万吨。疫情期间，我国医药空运总量快速增长，2020～2022年总量分别达到9.8万吨、11.6万吨和14.4万吨，在航空贸易总量中的占比由2019年的1.4%提升至2022年的3.0%。从增速看，2020～2022年医药空运量分别增长30.7%、19.0%和23.6%，远高于同期航空贸易总量0.7%、9.5%、16.1%的增速，且比医药综合交通增速高出12.3、0.8和15.7个百分点，增长较为明显。

其次要充分发挥替代效应，保障医药出口物流渠道顺畅。2019年，医药空运出口量为2.44万吨，进口量为5.03万吨，出口在医药空运总量中占比仅为32.63%。疫情期间，全球医药需求暴增，但全球海运等物流链稳定可靠能力大幅下降，航空货运充分发挥应急救援功能，承接了大量其他交通方式转来的需求，空运总量在综合交通中的占比由2019年的3.2%增长到2022年的4.0%，空运出口在综合交通中的占比由2019年的1.3%增长到2022年的3.2%。

第三，要充分发挥应急功能，助力提升医药产业的国际影响力。航空货运在疫情期间顶住压力，为我国医药出口提供了稳定、及时、可靠的物流保障，大幅提升了我国医药产业在国际市场上的竞争力和影响力。2020～2022年医药空运出口增幅高达99.7%、40.6%和41.4%，改变了该品类在外贸中长期以进口为主导的格局，出口占比也由2019年的32.6%提升至2022年的67.4%。

在跨境电商行业方面，一是为跨境电商发展提供物流保障。疫情加速全球零售线上化，为我国跨境电商扩大国际市场占有率提供了绝佳机遇。航空货运通过大力提升保障能力和物流效率，为跨境电商快速出海提供了坚实保障。跨境电商相关产

业总量由2019年的88.8万吨增加到2021年的93.2万吨。2022年，受消费疲软、海运运力回升等影响，跨境电商物流进入下行阶段，相关空运量下降到74.7万吨。值得注意的是，疫情后我国跨境电商相关产业的空运量在2021年扭转增速下降趋势并实现正增长，对跨境电商抢抓发展窗口期、加快走出去起到了积极作用。

二是有效满足了跨境电商个性化需求。跨境电商相关产业空运出口增速在2021年达到20.7%，显著快于航空贸易整体出口增速，对跨境电商空运总量阶段性增长起到了绝对支撑作用。同时，快消费品（时装、化妆品、穿戴电子等产品）等跨境电商产品具有高周转、快交付等特点，且常有特殊货物、冷链温控货物、危险品货物等多种差异化需求，对物流的覆盖率、时效性和保障操作的要求较高，因而高水平的物流供应链是跨境电商提升品牌影响力的关键之一。我国航空货运在疫情期间通过绿色通道、电子货运等多项举措，较好地满足了跨境电商快速出境的需求。同时，广州、深圳等机场开通了大量全货机，不断完善航线网络、提升保障能力，为我国跨境电商企业扩大国际服务半径、加快走出去提供了有力支撑。

## 思考和建议

系列谋划布局国际航空物流运行体系。国际航空物流是复合型产业，系统观念是其发展的内在要求，应在企业培育、网络建设、标准政策等方面进行系统谋划，形成合力。充分发挥国际航空物流、中欧班列、海运等各种交通方式的比较优势，促进枢纽间互联成网、货源互送、政策互通，加快形成内外联通、安全高效、多元互补的国际物流网络，提高综合运输效率。着力推动国际物流标准体系建设，加强国

—

充分发挥国际航空物流、中欧班列、海运等各种交通方式的比较优势，促进枢纽间互联成网、货源互送、政策互通，加快形成内外联通、安全高效、多元互补的国际物流网络，提高综合运输效率。

—

际航空物流标准与高铁、制造业等有关标准的衔接，推动不同运输方式之间集装单元化、危化品运输、安保管控等标准的对接与联通。

重点在国际航空物流企业培育方面有所突破。企业是国际航空物流能力提升的关键所在，必须以超国内市场规模优势为后盾，锚定做强主体的目标。一是加快推进专业型国际航空物流企业，推动高端制造、冷链、跨境电商等领域国际航空物流企业专业化能力建设，打造与我国产业比较优势相适配的国际航空物流企业。二是培育链主企业，通过对上下游货代、合同物流、供应链企业开展并购整合，推动航空物流企业向综合型物流企业转型，提升对货源、航线网络以及地面运输等资源的主导能力。

提升国际航空物流自由化与便利化水平。对外开放是国际物流突破价值链锁定效应的必然选择，应以产业链国际化为牵引，深耕周边、巩固欧洲、拓展新兴市场。重点以“一带一路”沿线国家为依托，在平等互利的基础上继续扩大市场准入，有序推进国际航空物流市场开放力度，便利我国物流企业在境外设点布网，畅通与我国有经贸往来的全球主要城市的航空货运

通道。

提升关键通道的自主可控能力。自主可控是国际航空物流战略性产业的基本要求，应在重要战略通道上引导国际航空物流企业布局建设一批海外货站、转运中心、海外仓，与境内外大型物流集成商、地面配送企业、金融机构等加强合作，拓展跨境支付、境外配送等功能，提升国际航空物流链条的风险防控能力。同时强化国有航空物流企业在战略通道中的作用，完善利润考核机制，增强企业国际市场运营动力。

支持国际航空物流企业嵌入产业链，实现纵向融合。与产业链融合发展是国际物流催生新动能的重要途径，应围绕价值创造打造产业生态。一是积极支持国际航空物流企业嵌入产业链条，与制造业企业打造战略合作关系，不断提升定制化物流解决方案的能力，提升国际航空物流价值创造能力。二是鼓励国际航空物流企业与制造业联动出海，在海外货站建设、配送网络建设、货源集拼、通关清关等环节加强合作，形成发展合力。三是加强国际航空物流枢纽与城市群、产业园、产业集群间的衔接，推动航空物流通道与其他通道经济互联互通，引领通道经济发展。

深化国际航空物流与其他部门之间的横向协同。部际协同是国际物流大发展的重要保障，应围绕关键问题提升协同治理水平。一是深化交通与海关、检疫部门合作，完善联检软硬件设施设备，实现信息互联、流程优化、提升效率。二是推广实施货运业务差异化安检等措施，加快高端制造、冷链、鲜活货物、防疫物资等通关速度。三是联合国家发展改革委、工业和信息化部、商务部等部门建立产业协同机制，强化产业协同。■

# 民航在交通强国战略中的作用与挑战

文 | 赵巍

2023 年年初，交通运输部年度工作会议确认的全国交通客运复苏目标是 75%，即全国交通旅客运输量复苏到 2019 年 75% 的水平。截止到今年 8 月底，全国交通旅客运输量 67.7 亿人次，同比 2022 年增长 55%，但是只复苏到 2019 年同期 52% 的水平。后疫情时代，中国交通复苏面临较大挑战，中国交通复苏出现重大分化，其中铁路、民航、水运客运复苏强劲，但是公路客运持续下滑。中国交通运输方式正在激烈洗牌，未来铁路和民航的交通价值将发挥越来越大的作用，民航的基础设施更应该前瞻性布局规划，加大投资建设，补足短板。

## 铁路和民航强劲复苏创历史记录

根据交通运输部统计数据，2023 年春运 40 天，全社会人员流动量约 47.33 亿人次。其中，营业性客运量约 15.95 亿人次，比 2022 年同期增长 50.5%，恢复至 2019 年同期的 53.5%。铁路、公路、水路、民航分别发送旅客 3.48 亿、11.69 亿、2245.2 万和 5521.4 万人次，分别比 2022 年同期增长 37.5%、55.8%、37.1% 和 38.7%，分别恢复至 2019 年同期的 85.5%、47.5%、55.1% 和 75.8%。

2023 年“五一”假期 5 天，全国营业性客运量合计 26971.6 万人次，日均发送 5394.3 万人次，比 2022 年同期日均增长 162.4%。其中，铁路发送旅客 9049 万人次，日均发送 1809.8 万人次，比 2022 年同期日均增长 462.1%；公路发送旅客 16325 万人次，日均发送 3265 万人次，比 2022 年同期日均增长 99.3%；水路发送旅客 656.4 万人次，日均发送 131.3 万人次，比 2022 年同期日均增长 106.6%；民航发送旅客 941.2 万人次，日均发送 188.2 万人次，比 2022 年同期日均增长 508.0%。

2023 年国庆中秋假期 8 天，全国发送旅客总量累计 4.58 亿人次，日均发送 5727.7 万人次，比 2022 年同期日均增长 57.1%。其中，铁路发送旅客 1.41 亿人次，日均发送 1763.6 万人次，比 2022 年同期日均增长 158.0%；公路发送旅客 2.9 亿人次，日均发送 3623.2 万人次，比 2022 年同期日均增长 28.1%；水路发送旅客 1018.1 万人次，日均发送 127.3 万人次，

比 2022 年同期日均增长 106.1%；民航发送旅客 1708.5 万人次，日均发送 213.6 万人次，比 2022 年同期日均增长 195.0%。

假期交通比较集中，反映社会的流动状态和交通繁荣状态。下面我们详细比较今年以来三个长假，以及 8 月交通旺季铁路、公路、水路和民航四种交通方式单日交通客运量以及复苏情况。

从春运到五一假期，再到国庆假期，今年以来单日旅客运输量基本呈现增长复苏状态。就全国营业性客运量来看，今年春运单日为 3987 万人次，五一假期单日为 5394.3 万人次，国庆假期单日为 5727.7 万人次。其中铁路客运国庆假期单日达 1763.6 万人次，略低于五一假期，达到 2023 年 8 月暑运旺季单日的 127.6%，相当于 2019 年 8 月暑运旺季单日的 144.3%。公路客运国庆假期单日 3623.2 万人次，比春运和五一假期都有增长，达到 2023 年 8 月暑运旺季单日的 269.8%，相对于 2019 年 8 月暑运

旺季单日水平的 101.3%。公路客运表现相对于 8 月旺季数据过于优异，关于公路假期数据的准确性需要关注。水路客运国庆假期单日 127.3 万人次，大幅高于春运数据，低于五一假期数据，与铁路类似，达到 2023 年 8 月暑运旺季单日水平的 109.8%，相当于 2019 年 8 月暑运旺季单日水平的 132.9%。民航国庆假期单日客运量 213.6 万人次，高于春运的 138 万人次和五一假期的 188.2 万人次，达到 2023 年 8 月暑运旺季单日水平的 103.5%，相当于 2019 年 8 月暑运旺季单日水平的 125.5%。

如果与 2019 年国庆假期对比，铁路 9 月 29 日运送旅客 2009.8 万人次，创单日铁路发送旅客历史新高，这也是中国铁路单日客运量首次突破 2000 万人次。今年国庆假期，铁路单日旅客运输量 1763.6 万人次，达到 2019 年国庆假期同期水平的 127.8%；民航单日旅客运输量 213.6 万人次，达到 2019 年国庆假期同期水平的

▼  
图 | 作者提供

2023年三大长假中国交通单日客运量对比 (万人次)							
交通方式	春运	五一假期	国庆假期	2023年8月	2019年8月	同比2023年8月	同比2019年8月
铁路	870	1809.8	1763.6	1382.6	1222.1	127.6%	144.3%
公路	2923	3265	3623.2	1342.7	3575.6	269.8%	101.3%
水路	56	131.3	127.3	115.9	95.8	109.8%	132.9%
民航	138	188.2	213.6	206.3	170.2	103.5%	125.5%
合计	3987	5394.3	5727.7	3047.5	5063.6	187.9%	113.1%

112.6%。相对于铁路和民航的强劲复苏，公路和水运复苏缓慢，甚至大幅下滑。今年国庆假期，公路单日客运量 3623.2 万人次，只相当于 2019 年国庆同期水平的 55% 左右，水路单日客运量 127.3 万人次，只相当于 2019 年国庆同期水平的 60% 左右。

中国交通出行方式的变化，以及交通复苏出现分化已经成为事实。

## 未来中国交通将出现结构性变化

基于今年 8 月以前的客运数据和中秋、国庆假期的全国客运数据，我们对于 2023 年交通复苏及发展情况进行了具体预测。

我们大胆预测，2023 年中国铁路旅客运输量 41.5 亿人次左右，复苏率为 113% 左右；公路旅客运输量 46.3 亿人次左右，复苏率为 35.6% 左右；水路旅客运输量 2.92 亿人次左右，复苏率为 107% 左右；民航旅客运输量 6.4 亿人次左右，复苏率为 97% 左右。2023 年全国整体营业性客运量大约 97 亿人次，基于 2019 年数据，复苏率为 55% 左右。

2023 年，中国铁路旅客周转量复苏率 113% 左右，公路旅客周转量复苏率 39% 左右，水路旅客周转量复苏率为 75% 左右，民航旅客周转量复苏率为 90% 左右。全国客运整体旅客周转量复苏率为 87% 左右。旅客周转量的复苏率高于客运量的复苏率，主要是因为长途占优的民航和铁路复苏强劲。

当前，中国民航国内航班量和国内客

运量已经复苏到疫情前水平，但是国际航班量和国际客运量只复苏到 50% 左右的水平。基于客运复苏率，铁路复苏还是领先民航。铁路客运 2023 年 3 月已经复苏到疫情前水平，中国民航直到 2023 年 7 月暑期旺季才复苏到疫情前水平。就客运复苏率而言，铁路复苏率领先民航 9 个百分点左右。

再来看全国交通客运四种不同方式的贡献变化。铁路和民航的交通客运价值越来越大。

2015 年，公路是中国人民交通出行的主要方式，整体贡献率 83.2%。铁路是仅次于公路的交通出行方式，整体贡献 13%，民航贡献只有 2.2%，水路贡献 1.4%。结果行业洗牌，2023 年 8 月，铁路已经成为中国人民出行的主要方式，整体贡献率 45.4%；公路贡献下滑到 44.1%，几乎腰斩；民航贡献 6.8%，水路贡献 3.8%。

基于四种交通方式客运发展演化趋势和交通复苏状态，可以明显观察到，铁路和民航的客运贡献越来越大，影响力越来越大。铁路和民航在客运交通中的地位越来越重要。

2023 年中国公路营业性客运量大约能够复苏到 46 亿人次，这已经是全面放开之后的结果。未来中国公路客运量能否复苏到疫情前 2019 年 130 亿人次的水平？笔者判断，未来 5 年内，甚至 10 年内，中国公路客运量 100 亿人次都将很难达到。这是中国交通客运分化和洗牌的结果，一个不可逆转的结果。但对于中国交通旅客周转量的复苏趋势却不需要担心，2024 年中国交通旅客周转量将超越疫情前 2019 年水平，之后将保持稳定的增长趋势。能够支持中国交通旅客周转量持续增长的关键要素，当然是铁路和民航稳定的增长贡献。

中国交通方式洗牌，交通结构变化，投资和资源配置需要整体匹配。

## 加强交通基础设施建设，民航刻不容缓

中国交通的高速发展得益于中国的人口红利，以及经济增长和人均收入水平的提高，更得益于中国交通基础设施的建设和投资。2023 年印度人口规模已经超越中国成为全球第一，2022 年中国出生人口跌破 1000 万。今后，推动交通发展的中国人口红利已经逐步丧失。经济增长和人均收入水平成为推动交通消费的主要要素。因为经济发展的不平衡，人均收入的差异化，中国交通发展必须满足中国人民交通出行的大众化普遍服务，中国交通基础设施必须解决公平公正的区域平衡发展目标。

最近五年以来，交通运输系统共完成固定资产投资超过 17 万亿元，建成了全球最大的高速铁路网、全球最大的高速公路网和世界级港口群。截至 2022 年年底，全国综合交通网络总里程超过 600 万公里；其中全国铁路营业里程达到 15.5 万公里，其中高铁 4.2 万公里，高铁总里程全球第一，占到全球高铁总里程的 60% 以上；全国公路总里程 535 万公里左右，其中高速公路 17.7 万公里，高速公路总里程全球第一；全国民航商业颁证机场 254 家，全球排名第二。中国交通基础设施中高速公路和高速铁路都已经傲视全球，但是以商业机场为代表的中国民航基础设施还是大幅落后于美国。即使按照国家 2035 年规划，中国商业机场规模达到 400 座，依然低于美国当前商业机场 550 座。而且这是美国 1980 年的水平，而中国和美国陆地面积旗鼓相当，中国人口是美国的 4 倍左右。

2022 年中国交通规定固定资产投资总规模 3.85 万亿元，其中公路固定资产投资 3 万亿元，铁路固定资产投资 7109 亿元，水路固定资产投资 1679 亿元，民航固定资产投资 1231 亿元。民航固定资产投资

规模最小，只占到公路的 4%（二十五分之一），占到铁路投资的 17%（六分之一）。中国民航基础设施规划目标相对保守，投资额度规模小，已经严重制约中国民航高质量发展，成为实现综合交通基础设施领先全球的现实短板。因此中国交通基础设施补短板，加大民航投资已经刻不容缓。

按照今年 3 月国家发布的《加快建设交通强国五年行动计划（2023—2027 年）》，未来五年加快建设交通强国的总体目标是：到 2027 年，交通强国建设取得重大进展，现代化综合交通体系基本建成，人民满意度明显提高，支撑国家现代化建设能力显著增强。未来五年，将围绕“联网、补网、强链”为重点，优化完善综合立体交通网布局，加快建设国家综合立体交通网主骨架，加快建设京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝地区双城经济圈等国际性综合交通枢纽集群，建设一批综合客运枢纽，支持一批城市加强综合货运枢纽及集疏运体系项目建设，推进一批交通基础设施重大工程建设，努力构建现代化综合交通基础设施体系。

交通强国离不开民航强国，民航强国展现民航战略产业地位，就必须实现民航产业客货运输量和周转量的经济贡献。民航的高质量发展和民航强国建设的基础是民航基础设施的全球领先，以及中国航空网络的全球领先。只有前瞻性的民航基础设施规划，充足的民航固定资产投资，才能创造全球领先的航空网络。解放思想，开放进取，加大民航商业机场建设，大力发展中国民航国际航空枢纽，已经成为民航高质量发展，实现民航强国的关键任务。■

图 | 作者提供

2023年中国交通客运复苏预测				
交通方式	旅客运输量 (万)	复苏率%	旅客周转量 (亿人公里)	复苏率%
铁路	415,118	113.4%	16,612	113.0%
公路	463,288	35.6%	3,473	39.2%
水路	29,193	107.1%	60	74.8%
民航	64,042	97.0%	10,587	90.4%
合计	971,641	55.2%	30,732	86.9%

# 新西兰航空： 夹缝生存展谋略

文 | 王双武

今年8月底，新西兰航空公布了2022/2023财年（2022年6月至2023年6月）经营业绩。在2022/2023财年，随着疫情的逐渐消失和航空旅游需求的增加，新西兰航空实现营业收入63亿新西兰元（约37.8亿美元），比2021/2022财年营业收入27.3亿新西兰元增长了132%，实现净利润4.12亿新西兰元（约2.47亿美元），而在2021/2022财年经营亏损5.91亿新西兰元（约3.55亿美元）。

在经历疫情3年后，新西兰航空终于迎来了曙光。虽然2023年的国际民航市场整体形势趋好，但是依然面临着诸多影响市场健康和稳定发展的不确定因素，如航线竞争、燃油价格、货币汇率、通货膨胀和机场收费等，均会对航空公司的复苏造成干扰和影响。那么，在2022/2023财年中，新西兰航空采取了哪些市场应对措施，今后又有哪些发展规划呢？



## 抓住市场的增长机遇

在疫情暴发期间，新西兰航空停飞了25%的远程宽体客机，并退役了一些波音777-200飞机。2022年，新西兰边境重新开放的日期比预期提前得要早。面对航空出行需求的增长，新西兰航空迅速解封了这些飞机并投入到航线运营，以满足日益增长的市场需求。新西兰航空快速恢复了29条国际航线，并在2022年7~12月实现旅客运输量800万人次，成为疫情暴发后几年中运输最繁忙的时期。同时，新西兰航空国内航线运力恢复到疫情前的94%，国际航线运力则恢复到60%。

最近两年中，在全球范围内出现了通货膨胀现象，除了供应商成本在增加的同时，新西兰航空同样受到高通胀以及燃油、人工和供应链等低成本因素的影响。随着旅客出行需求的不断增加，新西兰航空同样受益于机票价格上涨带来的好处。从2022年下半年开始，新西兰航空的机票价格比新冠肺炎疫情暴发前的水平要高许多。

为了能够有效缓解供需矛盾，抓住市场需求快速增长的机遇，新西兰航空于2022年下半年在远程国际航线上恢复了6架波音777-300ER宽体机的运营，并接收了3架全新的空客A321neo飞机投入到国内一些航线。

新冠肺炎疫情暴发前，中国是新西兰境外游客第二大市场来源国。2019年前往新西兰旅游的中国游客达到了39万人次，占有入境游客总人次的11%，当年中国游客在新西兰的消费总额达到了17亿美元，推动了新西兰旅游经济的发展。

随着2023年初中国边境重新开放和中国新年的到来，前往新西兰的游客人数不断激增。在2022年底时，新西兰航空每周执飞2班奥克兰至上海航班，2023年1月增加到每周3班，2月又增加到每周4班。

据新西兰航空方面消息，当时很多航班是满座或者是接近满座。这对新西兰航空来说，中国出境旅游的大门已经打开。

## 在跨太平洋市场上与强者为伍

在新西兰航空的整体收入结构方面，远程国际航线收入占34.9%，前往澳大利亚的航线收入占25.2%，国内和区域航线收入占21.9%，货运收入占18%。

在远程国际航线中，跨太平洋的北美市场尤其是美国市场是新西兰航空极为重要的旅游客源地。为了加快新西兰航空业和旅游业的复苏，新西兰航空携手新西兰旅游局在2022年底分别在美国和加拿大举办了多场联合旅游促销活动，尤其是针对新西兰旅游的平季和淡季推出了特惠价机票，以此吸引北美国家的游客。此举在一定程度上提高了新西兰航空的运输量，其在跨太平洋航线上的座位投入数恢复到疫情前的85%。

此前，新西兰航空执飞奥克兰前往美国旧金山、洛杉矶和休斯顿等5座城市。新西兰航空与美国联合航空于2016年3月签署跨太平洋航线的联营协议。双方通过在美国与新西兰的联营航线上实现收入共享、协调销售和联合营销推广，为旅客提供更多的航班选择和便利的航班衔接，并通过里程的累积与兑换共同维护和开发优质客户市场。为此，美国联合航空于2016年开通了旧金山至奥克兰非经停航线。

新西兰航空通过与美国联合航空的联营，在各自执飞的一些国内和国际航线上实行航班的代码共享。美国联合航空除了执飞旧金山至奥克兰的非经停航班外，还计划在今年10月28日开通洛杉矶—奥克兰航线。美国联合航空还打算在12月1日起，用波音787梦幻飞机开通每周3班的旧金山至基督城非经停航线，这也是唯

——一家开通飞往新西兰南岛城市的美国境内航空公司。

这样一来，美国联合航空每周执飞前往澳大利亚和新西兰的航班达到了 66 班，在跨太平洋市场中投入的航班量占整个市场的 40%。联营伙伴的实力在一定程度上也提高了新西兰航空在跨太平洋市场上的地位。

新西兰航空于 2022 年 9 月首次开通了奥克兰至纽约肯尼迪机场非经停航线，这也是新西兰航空执飞美国境内城市的第 7 条航线。据悉，新西兰航空在今年国内投入的运力超过了 2019 年水平，并在今年中期前往澳大利亚和太平洋岛国的运力完全恢复到 2019 年水平，而远程国际航线的运力投入恢复到疫情前的 75%。目前，新西兰已经完全恢复了跨太平洋前往美国境内包括洛杉矶、芝加哥、休斯敦等在内的所有航线。

在 2023 年南半球夏季旅游高峰期期间，有 7 家航空公司执飞奥克兰到北美 8 个目的地城市航班，奥克兰前往北美地区的远程航班量比 2019 年增加了 11%，其中仅奥克兰—美国洛杉矶的航线上，就有新西兰航空、美国航空、达美航空和美国联合航空执飞。而在奥克兰—温哥华航线上，加拿大航空的运力也增长了 20%。市场的变化与竞争，对新西兰航空来说也是面临着巨大压力。

## 联合经营是发展手段

因位于特殊的地理位置，以奥克兰为基地的新西兰航空难以形成一个具有规模的航空枢纽，而点对点的运输对其自身的商业发展也就显得极为重要，这就需要通过合作打通像香港和新加坡那样能够具有规模网络枢纽的航线衔接来吸引旅客，与国泰航空和新加坡航空的合作实现网络运输，对新西兰航空来说就显得非常重要。

新西兰航空与国泰航空于 2013 年首

次签订联营协议之前，新西兰航空执飞香港至伦敦的航空运输第五业务权航班。在双方签订联营协议后，新西兰航空就退出了该航线的经营，而是通过与国泰航空香港始发的航班实现网络运输。与此同时，新西兰航空还与国泰航空的一些航班实行代码共享，并在代码共享航班上实现了积分的累积与兑换。

新西兰航空与国泰航空于 2019 年 8 月续签了为期 5 年的联营协议。为了进一步促进经贸和旅游的发展，按照双方续签的联营协议条款，双方在新西兰和中国香港之间每周将执飞 25 个往返航班。新西兰航空方面曾表示，该协议是其环太平洋地区总体战略的重要组成部分。此协议的签订也有助于国泰航空季节性执飞香港到基督城的非经停航班，航班量也由每周 3 班增加到每周 4 班。

与一流航空公司的联营合作成为新西兰航空拓展海外市场的主要手段。2015 年，新西兰航空与新加坡航空开展航线联营，开始在新西兰与新加坡两国之间增加航班频次。2018 年，双方向新西兰交通部提交延长联营合作的申请并获得批复，双方的联营合作延期到 2024 年 3 月。在 2019 年旺季期间，联营双方在新西兰与新加坡之间的航线上每周执飞 35 个往返航班。

在南半球的太平洋市场上，新西兰航空与澳航是一对爱恨交加的合作伙伴。双方一方面在新西兰与澳大利亚两国之间的主要城市开通直飞航班，并在各自国内航班上与对方实行代码共享合作；另一方面，在跨太平洋远程航线上，双方却展开了一场激烈的竞争。

就澳航而言，疫情后的国内外市场需求比去年翻了一番，尤其发现开辟奥克兰国际航线的市场需求更为强劲，这引起了澳航的觊觎并采取了措施。澳航于今年 6 月 14 日开通了悉尼—奥克兰—纽约肯尼迪

航线，澳航还对奥克兰机场自己的国际休息室进行了全面翻新来吸引客户。对新西兰航空来说，澳航这一行为直接威胁到了奥克兰基地的竞争地位。

## 提高旅客出行体验

为了提高旅客出行体验，新西兰航空从新机型引进、App 内容创新和旅客健康出行等多个方面着手，进一步完善以客户为中心的服务理念。

目前，新西兰航空机队平均机龄 7.3 年。新西兰航空计划在未来 5 年内引进 16 架飞机，包括 8 架波音 787 梦幻飞机，6 架空客 A321 和 2 架 ATR72-600 型飞机。新西兰航空根据航线市场的发展需要配置相应的飞机，将把 68 座的 ATR 短程航线飞机用于陶兰加、纳尔逊和吉斯本等地区航线，每周可多提供 5700 个座位；而 214 座的空客 A321neo 飞机将用来执行澳大利亚的国际航线以及太平洋岛国航线，每周可多提供 9000 个座位。目前，新西兰航空在国内的运力投入已经恢复到疫情前水平，平均每天执飞境内 20 个目的地 425 个航班。

新西兰航空不断提高数字应用技术来改善旅客出行体验，解决旅客出行中遇到的痛点，尤其是提高以客户为中心的 App 应用内容的创新。新西兰航空在 2022 年 11 月升级了 App 应用功能，这些新功能将基于客户的实时反馈和输入，以及他们希望看到的东 西，来改善他们的数字旅行体验。

今年 5 月，新西兰航空在 App 上推出了国内航班旅客交运行李追踪服务，让旅客在从办理登机手续到行李到达目的地的整个旅途过程中，能够对交运行李的状态进行追踪和了解，旅客还可以通过该应用程序报告和监控处理不当的行李。新西兰航空通过实现机场非接触式的旅行方式，允许旅客在整个旅行过程追踪行李状态，

——

新西兰航空通过实现机场非接触式的旅行方式，允许旅客在整个旅行过程追踪行李状态，或者定制喜爱的娱乐和用餐体验，以数字化技术改善方式提高旅客的出行体验。

——

或者定制喜爱的娱乐和用餐体验，以数字化技术改善方式提高旅客的出行体验。

在旅客健康出行方面，新西兰航空大胆创新和推出了“睡眠经济舱”概念。睡眠质量的好坏是评估航空旅行体验的一个重要指标，尤其是远程航线旅行。新西兰航空利用 5 年的时间在旅客中做了广泛的调研，结果表明旅客更加关注的是旅程中的睡眠质量以及更加舒适、宽敞的座椅。为此，新西兰航空在 2020 年就宣布在波音 787-9 梦幻飞机上推出全新的客舱设计，其中包括全新豪华商务舱座椅，以及世界首家航空公司提出为经济舱旅客设计的“睡眠经济舱”概念。

新西兰航空推出的全新“睡眠经济舱”主要是为经济舱旅客提供一种能够平躺座椅的出行选择，这在改变经济舱旅客出行体验的同时，也改变了行业经济舱旅行的体验规则和方式，使航空旅行成为一种身心放松的生活方式。新西兰航空表示，全新的客舱设计理念将在 2024 年交付的 8 架波音 787-9 梦幻飞机上得到体现，这些飞机将配置有空间更宽敞的 8 个豪华商务舱座椅，以及 6 个可供平躺的“睡眠经济舱”。

在南半球的夏季即将到来之际，航空旅游市场也将进入一年中的旺季。新西兰航空势必抓住后疫情时代市场恢复与发展的契机，在 2023/2024 财年取得更为突出的业绩。■

# 完善低空经济产业链 推进通航制造产业升级

文 | 陈卓

通用航空发展具有重要的战略意义，与公共运输航空具有同等重要的战略地位，与诸多行业的发展关系密切，包括通航飞机的生产、制造、依托低空空域的运行，同时辐射旅游、客运、服务、培训、科研等众多产业，形成低空经济产业链结构，不断推动社会发展，提高人民生活水平。在国内低空空域改革的背景下，一些城市较早完成了航空产业布局规划，城市空中交通等行业蓄势待发。从城市通用航空长远发展的角度来看，城市的航空产业规划还须结合资源禀赋，做好商业布局，深挖市场需求，实现高端制造产业升级；积极出台低空运行管理文件，完善公共低空出行规则，维护公共安全与生态利益，实现通航服务现代化。

## 低空经济内涵与国内发展现状

在我国，通用航空原称专用航空，从 20 世纪 50 年代中期发展至今，由最早两三种作业项目，增加到了遍及农业、测绘、冶金、海洋、气象、体育、旅游、卫生和科研等的 10 大类 100 多项，作业范围遍及全国各个省、自治区和直辖市。2010 年 11 月，国务院、中央军委联合颁布《关于深化我国低空空域管理改革的意见》，对我国低空空域管理改革工作进行部署，提出逐步开放 1000m 以下的空域。这是我国通用航空大发展的一个重要历史转折点，由此开辟了我国通用航空事业的新篇章。从下图可以看出，低空开放政策发布后，飞行小时数明显增长。

2016 年 5 月，国务院办公厅发布的《关于促进通用航空业发展的指导意见》，为我国通用航空产业发展做了顶层部署。随后，通用航空相关的管理、规章和政策等不断改革，为通用航空产业发展创造了良好的环境，我国通用航空产业呈现良好的发展势头。

## 面临的问题

中国工程院院士吴光辉表示，低空空域开放的目的是让通用飞机飞起来，而发展通用航空不仅要让通用飞机飞起来，而且还能落得下去，这就需要建立一套完整的航空运输服务体系。

中国民航飞行学院何行研究了我国低空经济产业链配套中存在的运行管理机制、法律法规、专业型人才、基本安全保障系统、航空制作技术等配套问题，并提出解决办法；江西省社会科学院汪婷研究了江西省低空经济存在政府主导不够、通航运营薄弱、应用场景单一、民众意识薄弱等突出问题，提出改进措施。

针对低空经济产业链存在的共性问题，在政策推动和市场需求共同作用下，产业规划者不断制订完善产业政策，已经取得了一定成果。各地航空产业已实现制造与运行融合发展，自主产品不断突破和推广，法律法规和安全保障逐步健全，应用场景不断创新，展会宣传稳步扩大。但在产业链发展过程中仍然存在一些问题。

一是重制造布局、轻商业布局。随着通用航空制造投资审批权的下放，在国家

对通用航空产业的推进和市场带动下，民营企业逐渐成为通用航空市场的主力军，同时，在地方推动和龙头企业带动下，原有珠海、石家庄、荆门、景德镇和哈尔滨等国家级产业基地基础上，迅速发展起一批通用航空产业园区。形成了一定规模的产业集聚，巩固完善了运营基础设施，市场开发、应用场景设计仍然在不断创新。然而，在飞机交付、展示、维修、改装等

在地方推动和龙头企业带动下，原有珠海、石家庄、荆门、景德镇和哈尔滨等国家级产业基地基础上，迅速发展起一批通用航空产业园区。

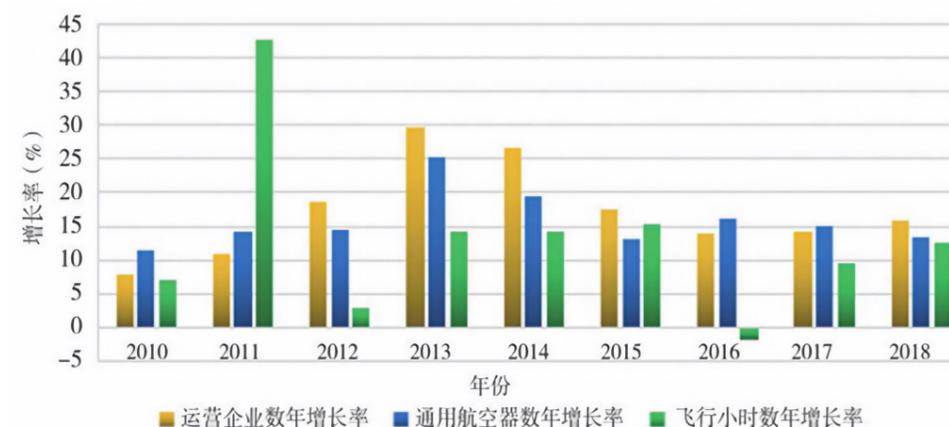


图 1 | 我国通用航空运营企业、通用航空器、飞行小时数增长率变化情况

商业领域仍然缺少进一步详尽的规划。多地的航空产业布局规划存在相似的问题，不利于在低空经济中形成各自产业优势。同时，从市场发展预期看，还需要储备足够丰富的飞行人才。

二是重通航运营、轻通航服务。越来越多的企业竞逐低空经济赛道，使得通航应用场景不断创新。参与者中不乏经济实力雄厚的国企、互联网公司、新势力车企。通航飞机及零部件制造企业中仍以民营中小企业为主，都需要面对飞机及零部件审定周期长、资金需求大的问题。从飞机设计研发到适航取证，从应用场景投入市场到市场成熟，都需要较长的周期。企业的生存状况严重依赖研发进度以及成本收益。低空航线的申请、审核、批准周期同样对企业形成严峻考验。

通用机场固定运营基地以及飞行服务站的设计建设、低空经济运行的监管、通航服务的成熟完善等都需要时间的积累。在通航制造技术不断革新的时代，原有的保障设施也在不断降低保障水平。

三是重整机创新、轻部件创新。国内在电动飞机领域实现了多项突破，开启了国内通航产业的新业态。新业态为航空零部件制造企业弯道超车创造了机会。我国通用航空产业已开始具备了发动机和控制、传动系统、机载航电和机电系统等配

我国通用航空产业已开始具备了发动机和控制、传动系统，机载航电和机电系统等配套产品的生产制造能力。国内航空器零部件市场发展已经出具规模。

套产品的生产制造能力。国内航空器零部件市场发展已经初具规模。然而在国内航空配套企业中，普遍存在规模小、科研能力弱、缺乏品牌优势等问题。零部件制造企业普遍选择以满足特定主机厂订单为主，缺乏扩大产业规模的动力。即使面对可观的维修市场规模，通航运营企业也会因为不愿意积累航材库存而不增加产能，导致企业失去创新动力。

四是重公共参与、轻公共规则。国内的通航企业众多，从飞行小时数来看，从事公共服务明显多于私人出行，民众对于选择低空出行的意愿明显不足。原因有多方面，一方面是由于宣传不到位，群众对于通航运行模式以及法规认识不足，更为重要的是，通航运行规则以及法规尚不够完整和系统。在群众最为关心的安全问题上，事故认定、处罚规则有待进一步完善。通航消费市场监管也不够成熟，保险等行业对于低空出行也缺少关注。

在当前技术条件下，不可避免要面对低空经济带来的噪声以及排放问题。维护公共生态利益将伴随低空经济发展始终。

## 对策和建议

首先要优化资源供给，培育产业链。产业链的形成，需要对产业上下游进行精耕细作。对商业布局做好整体规划，将为企业制造和运营融合提供更加便利的条件，通过运行促进产业技术创新。

在规划的航空小镇乃至未来的空中城市交通起降点都需要越来越多的“飞机4S店”。“飞机4S店”可以为通航飞机提供交付、展示、维修和改装服务，为飞机的零部件产业带来更多收益，同时也将更有助于企业瞄准用户需求。通航的商业开发必将充分利用5G通信、充电桩等新基础设施建设，从而为通航的消费和使用提

供更多的便利。

在通航飞行器全寿命周期范围内，飞机的维修、改装、拆解、回收同样能够创造巨大的商业价值。依托国内强大的航空工程能力基础，可以形成航空维修、航空改装等产业集群。通过集聚效应进一步吸引飞机拆解行业入驻，形成通航生产、维修、拆解产业链闭环，推进通用航空制造绿色可持续发展。

充分吸引飞行培训学校毕业生、空军退役飞行员在通航行业内就业，建立飞行人才库，使飞行人力资源合理利用，完善商业化布局。

其次要深挖市场需求，延伸产业链。在低空经济市场激烈的竞争中要保持不被淘汰，就必须要为中小企业进行持续输血，即丰富完善通航服务业，拓展低空经济产业链。通过服务促进产业技术创新。

发挥适航技术优势，完善现代金融服务。银行、飞机租赁、保险都将在飞机及零部件的不同寿命时期提供至关重要的作用。加强航空工业方与民航审定局方的合作，加大适航条款对于技术和市场的前瞻性，缩短适航审定周期，促进飞机与零部件技术和产品捕捉到风口，快速进入市场；加强金融行业与民航局方的合作，对通航飞机提供价值咨询服务，形成监管下的二手交易市场。

充分调研市场需求，科学预测行业发展，提早规划低空航线，充分合理建设基础设施。鼓励企业开发城市数字模型，解决通用航空监控难问题，也为飞行培训建立良好基础。机场、固定运营基地以及飞行服务站的设计建设需要更加开放，综合运用5G通讯、北斗导航等高科技技术，以适应低空经济快速发展的需求。

第三要提高技术优势，提升价值链。提升航空零部件制造以及创新能力，打响中国制造品牌，努力建设多个区域航空零

部件生产制造中心。以零部件制造技术提升带动整体产业技术创新。

采用自主研发和国际合作同步推进的模式下，通航飞机多种型号都在寻求进口零部件供应商的国产替代方案。做强航空零部件品牌，与国外供应商竞争市场份额就成为国内航空零部件制造企业生存下来的必然选择。在目前的航空器零部件产品中，尚存在成本、维修性、互换性等多方面提高空间，部件创新升级有利于形成通航飞机整机可持续创新。

政府应当继续加强信息基础设施建设，积极掌握国内外航材市场动态，引导企业合理规划产能。面对国内型号持有人向国外采购零部件，由政府组织统一采购，签订到货时间合同，协调技术资料提供。同时发挥临港经济物流优势，为航空零部件生产企业提供切实保障。

最后要完善规章制度，维护产业生态。在培育、拓展产业链、提升价值链的过程中，政府应在主导地位上积极作为，加强与资源管理部门以及企业间的协调合作，不断调整匹配资源供给结构、技术优势以及市场需求，以产业平衡发展促进产业技术创新。

政府应加强与民航部门沟通，在通航运行法律法规基础上，积极出台通航运行管理文件，完善违法违规军方、地方、民航联合惩处机制。对影响安全行为进行严厉查处。加强通航市场服务监管，完善通用航空售后服务管理机制，发挥通航运输灵活性特点，为通航旅游服务建立良好口碑。加强通航文化宣传，使公众对于低空出行的安全性和便捷性更有信心。

在协调资源供给时需要更加重视环境保护，对城市空中交通发展中的优秀eVTOL产品给予适当支持。促进通航企业在现有产能基础上对产品进行电动化、智能化升级改造，以降低噪声污染，提升出行体验。■

# “发展航空工业， 让祖国早日踏上富强之路” ——上海交大助力国产大飞机 人才培养工作纪实

文 | 吴苡婷



吴苡婷

《上海科技报》主任记者。曾获上海新闻奖，多次获得全国科技报系统优秀新闻作品一等奖、上海教育新闻奖一等奖、上海科技新闻奖二等奖，中国科技新闻论坛论文奖。多次受邀参加中国科技传播论坛、中国科技新闻学会学术年会、海峡两岸科普论坛，多次在学术活动上进行学术发言。



80多年前，中国航天事业奠基人钱学森离别交大，奔赴美国求学，归国后为新中国的航天航空事业作出了不可磨灭的贡献。

15年前，上海交大成立航空航天学院，继承钱老的科学报国精神，不仅为中国大飞机研制承担了C919组件级适航验证型号任务，解决了大型客机机体数字化装配、国际最新适航标准的结冰预测及高效能防冰设计等关键技术，还为中国的大飞机事业输送了一批具备国际化视野、前瞻性思维、能打硬仗的优秀科研工作者和一流工程师。他们中有目前担任强度工程师的上海交大航空航天学院17级“莫航班”学生陈欣华，其主要负责C919飞机TC报告取证工作与ARJ-21

客改货9g墙结构强度设计工作，攻克了诸多难题，得到单位高度认可；有担任C919飞机总体适航二级项目经理的上海交大航空航天学院15级“商飞班”学生张浪，其曾被授予C919大型客机项目取证交付奋勇争先标兵……

航空航天学院2023届博士研究生康泽禹全程深度参研了上海交大首颗学生小卫星——“SJTU思源一号”。今年他也加入中国商飞公司上海飞机设计研究院，组建科研团队面向核心技术攻坚克难。

为何一流人才从这里诞生？《大飞机》杂志特约记者近期来到了上海交通大学航空航天学院，进行了深入采访。

## 培养具有国际视野的 高水平人才

在上海交通大学航空航天学院的未来民机科创工作室里，中国和俄罗斯的研一新生们正在做实验，他们用流利的英语进行交流和沟通。而在这个工作室的墙面上，镌刻着1948年3月《交通大学航空模型研究会访问记》中的一段话：

“我们愿尽我们微薄的力量，推行航空教育，培养航空兴趣，阐扬航空知识，以期发展航空工业，使得祖国早日踏上富强之路。”

2017年4月8日，上海交通大学和莫斯科航空学院正式签约，启动建立交大—莫航国际班（以下简称“莫航班”）联合培养项目，旨在构建航空航天战略人才培养新模式，实现国际合作成果直接服务国家发展需求的目标。在筹备和运行过程中，该项目不仅得到了上海交大与莫斯科航空航天大学双方领导的大力支持，也得到了中国商飞、中国航发商发、俄罗斯联合航空制造集团公司和俄罗斯联合发动机制造集团公司等行业单位的全力支持。

为什么要和俄罗斯合作共同培养航空航天人才呢？上海交大航天航空学院党委书记、常务副院长胡士强教授告诉记者，建设新时代航空航天强国，需要不断吸收和借鉴国外先进技术，培养具有国际视野的高水平航空航天科技人才。目前，我国在航空航天领域与国际先进水平相比仍存在着一定差距，而俄罗斯在飞机

设计、航空发动机、载人航天、大吨位运载火箭等航空航天领域处于先进水平，加强在该领域的人才联合培养和科技合作是双方共赢的选择。

“对等互利”是“莫航班”共同培养学生的原则。双方围绕教学模式、课程体系、支撑平台、教学方法不断改进并规范化，形成并首创“教学同堂、课程互通、资源共享、学风互鉴”的国际化人才培养模式：双方对等招生，互免学费，中俄学生组成一个班级，始终同堂授课；中俄学生研一在交大学习、研二在莫航学习、第五学期又回到交大，课程结束后结合两国学习经历撰写论文，一篇论文用英文撰写，一篇论文用本国语言撰写，学生同时获得上海交通大学和莫斯科航空航天大学两校学位。

招生方面，“莫航班”设立的航空发动机、复合材料和产品全生命周期管理三个专业方向可以直接服务于大飞机型号研制，其中涉及的一些技术方向也是我国亟需解决的技术领域。在培养过程中，“莫航班”还引入校企联合教学，请中国商飞、中国航发商发、俄罗斯联

合航空制造集团公司和俄罗斯联合发动机制造集团公司的专家来授课。学院还经常性地邀请行业领军人物来学院设立的“空天讲坛”作专题报告。

值得一提的是，“莫航班”项目自 2017 年实践至今，共招收中俄研究生 260 人，完成两轮次教学实践，共毕业中方学生 50 人，俄方学生 50 人，其中中方学生每年重点行业就业率和本学科深造率均高达 70% 以上。

胡士强告诉记者，学生在科研上也取得了令人满意的成绩。平均每届学生在国际会议和学术期刊发表或录用论文约 50 篇，包括在国际顶级期刊上发表论文。2017 级“莫航班”毕业生设计的超轻型飞行器在教育部主办的第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛中荣获季军。

### 多学科交叉的培养体系

中国国内有多所知名的三航院校，他们每年都向航空航天产业输送上千名专业人才，为我国的航空航天事业作出了重要贡献，是航空航天领域的主力军。上海交大航空

航天学院每年毕业的学生仅 100 多人。如何发挥综合性大学的优势，实现和三航院校的人才培养差异化错位发展，为行业输送复合型、具有创新能力的高素质人才？

目前上海交大航天航空学院的航空航天工程专业是国家一流本科专业，由于本科生培养规模小，无法按二级学科进行深度培养，所以人才培养体系采用的是本硕贯通培养模式，特色在于融入了新工科理念，同时增加了系统工程内容，充分体现多学科集聚、小而精的特点。胡士强介绍说，这里的本科生在在大一到大三期间，需要学习数学、物理、计算机等学科的知识，在专业基础课程方面还要学习飞行器设计、发动机、信息与控制以及航空航天系统与等方面的知识，到大四时开始分专业模块，学生可根据专业兴趣，在飞行器设计、推进技术、信息与控制和系统工程四个方向进行选择，这些方向与硕士研究生培养方向无缝对接。采用本硕贯通制培养方案，虽然在专业深度上较传统老牌航空航天院校有一定的差距，但由于学生在知识广度、综合交叉和系统工程等方面有更多的积累，在系统设计、核心技术攻

关、复杂产品管理等工作中会有更好的科研竞争力。

另外，由于上海交大是一所综合性大学，理工科门类齐全，学生在大学校园里可以获得大量跨学科的知识，学生的视野更加宽阔。

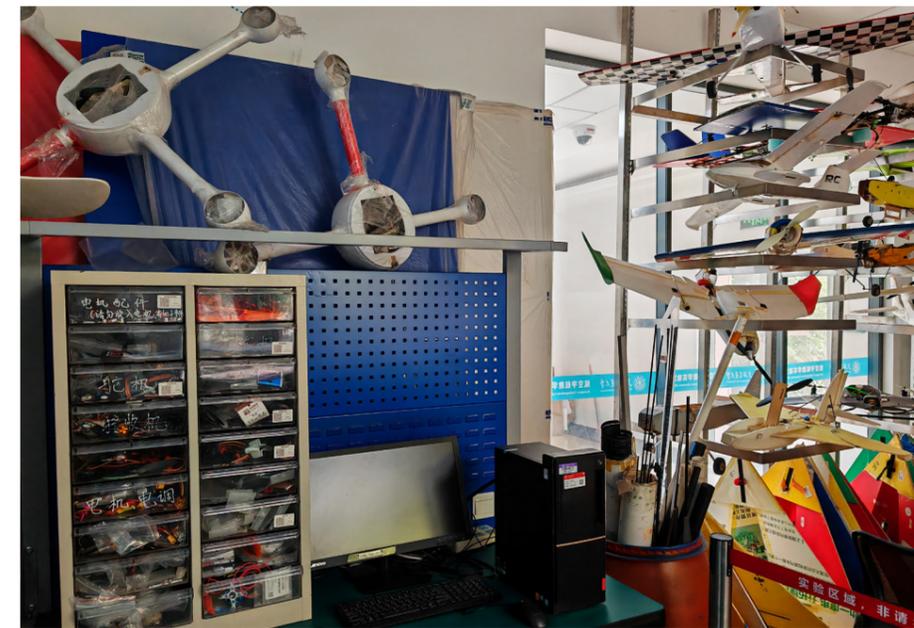
胡士强如数家珍地向记者介绍了上海交大在大飞机科研攻关上的卓越成绩，“机械与动力工程学院林忠钦院士领衔的薄板结构数字化制造团队在大飞机数字化制造与装配方面贡献了智慧；机械与动力工程学院吴静怡教授领衔的低温工程团队与上海飞机设计研究院积极合作，开展了极端气候环境试验室的建设和关键试验设备的研制工作，为国产大飞机的成功试验和试飞提供了保障；电子信息与电气工程学院傅山教授领衔的机环智能团队形成了目前国内外民机研发过程中所采用的最严格、最先进的试验验证方法及系统，并于 2014 年经受了国产 ARJ21 飞机项目的考验，在 C919 飞机项目中进一步发展应用；材料科学与工程学院王浩伟教授团队创立了历史上首个中国人自己的航空材料牌号 CA7075-3.5，创建了一种高强高模航空铝合金体系……

### 校企联合定制人才

校企联合培养是提高工程硕士实践能力的重要途径。当下，高校和企业协同培养工程硕士过程中面临的瓶颈问题是高校培养目标与企业需求相互错位，双方的兴趣点不合拍。破解问题的核心方法是双方从内生需求驱动出发，依托联合培养基地，创新管理机制，构建校企工程硕士联合培养共同体。上海交大—中国商飞“大飞机工程”研究生联合培养体系就是突破瓶颈问题的一次尝试。

在胡士强眼中，这种基于招生—培养—就业的全链条闭环人才培养模式符合今天产业迅速发展的时代需求，企业建立校企联合培养基地的初衷是打造符合企业岗位需求的人才加盟的链接平台，企业对专业学位硕士研究生培养体系的内生需求目的非常明确，落脚点就是招到专业理论知识过硬、工程实践能力突出、同时融入了企业文化元素的新员工。企业有内生动力，全力配合学校从招生、培养、学位直至招聘成为企业员工等全链条进行深入合作。

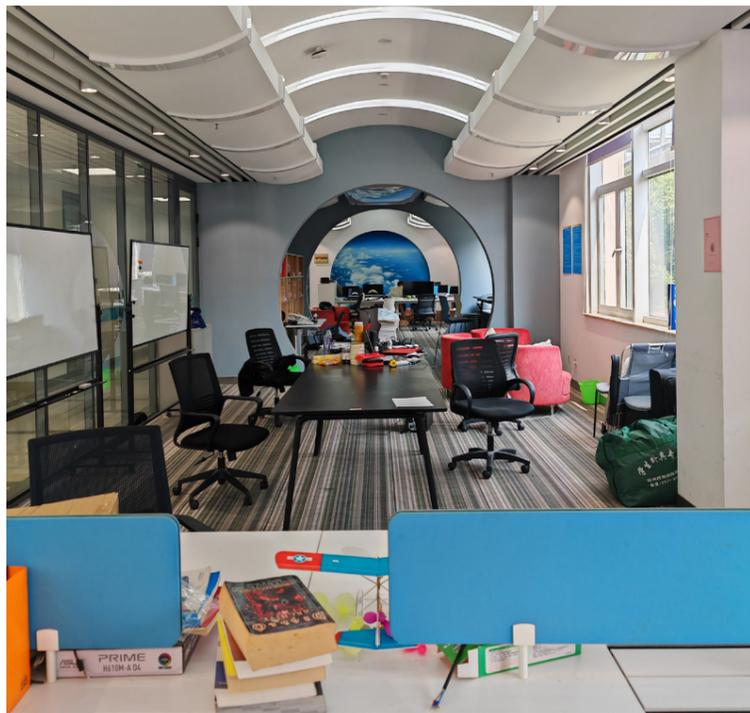
2008 年，为配合国家重大专



上海交大—中国商飞构建了基于内生需求驱动的工程实践能力提升培养体系，为 C919 提供技术支撑和保障的国际化人才培养探索了新模式，为综合型高校与国家大型企业专业学位创新人才联合培养模式提供了参考和借鉴。

项“大型飞机工程”落户上海，上海交大开始建设航空航天学院，并开设了大型民用飞机“特班”，有计划地打造民机设计人才的重要培养基地。2015 年 4 月，学校与中国商飞再次续签全面战略合作协议，成立“商飞班”，从招生方向设置到导师选配、科研训练，都直接服务于 C919 型号研制任务。2018 年，又启动并实施了《上海交通大学—中国商用飞机有限责任公司大飞机工程研究生联合培养实施方案》。2021 年，航天航空学院携手中国商飞首先开设面向专业学位研究生的校企联合“定制式”课程《民用飞机机体设计与验证》，双方共编教材、联合授课，依托 C919 等型号案例，开展现场教学。

依托双方建立的“民机研究生校企联合培养基地”，上海交大—中国商飞从工程硕士招生、培养目标、课程体系、导师团队、论文选



题与研究、长周期实习实践、学位论文评价、学生就业等环节，进行全链条闭环深度耦合，构建了基于内生需求驱动的工程实践能力提升培养体系，为C919提供技术支撑和保障的国际化人才培养探索了新模式，为综合型高校与国家大型企业专业学位创新人才联合培养模式提供了参考和借鉴。

在课程设计方面，学校通过执行“校企联合培养实践能力提升”项目，开展课程体系建设、实践能力培养和国际视野开拓三个板块的重点改革和建设，使得毕业的研究生有能力从飞机总体需求出发，提出各专业子系统的具体技术要求，并组织团队具体实施，最终完成对各子系统的评估与验证。具体教学理念包括：研究生全程有学校导师和企业导师共同指导和授课；实践课程占总课时的比例超过40%；硕士阶段在大飞机专项“长周期连续工程实践”不少于10个月。

在具体实践方面，上海交大—中国商飞“大飞机工程”研究生联

合培养体系创立课题库，共同开展长周期实习和实践，在专业学位研究生培养方案中加入实习实践学分要求，将企业长周期实习作为培养环节的有机组成部分。在实习过程中，严格按照企业“准员工”序列进行管理与要求，为学生开放科研资源、试验平台，提供相应的科研场所和设备，制定详实的实习内容和阶段考核要求标准，将企业长周期实习答辩成绩作为获得实践学分的判定依据。

值得一提的是，中国商飞为学院研究生建制、长周期实习做好了充分的保障，学生们在企业实习中就开始涵养行业情怀，了解企业文化，坚定就业信心。

据统计，目前学院已有6届“商飞班”、4届“莫航班”近200名学生赴中国商飞开展长周期实习，一批优秀毕业生留在实习单位，开启“大飞机人”的职业生涯。

在C919飞机试验试飞一线攻关中，涌现出大批交大航空航天学院杰出毕业生。航空航天学院与中国商飞的紧密联合得到了中国商飞党委书记、董事长贺东风的高度评价，在多个场合表示中国商飞和交大的优势互补、强强联合是校企合力育人的成功典范。■

## 俄罗斯商用飞机发展之路 ——世界商用飞机发展简史（十三）

文 | 王思磊



王思磊

毕业于北京大学传播学专业，长期从事航空文化传播工作，现任职中国商飞公司。

1914年，第一次世界大战爆发，作为交战国之一的俄国，航空工业已远远落后于主要西方国家。苏联成立后，从俄国继承下来的是薄弱的而且在技术和财政方面都不能独立自主的航空工业。为满足国防和建设的需要，苏联探索出了一条以科研与航空工业实际需要相结合的特色航空工业发展道路，其中一个重要方面就是大力发展民用飞机产业。在社会主义制度的优势下，在苏联强大综合国力的支撑下，苏联民用航空工业走过了一段辉煌时期。随着苏联解体，俄罗斯经济下滑，俄罗斯民用航空工业陷入困境，但是在商用飞机领域，俄罗斯依旧没有放弃努力。

▼图 | 作者提供



## 辉煌一时的 苏联民用航空工业

苏联的航空工业在内战的混乱余波中缓慢前行，到了20世纪30年代，才开始有了真正的技术进步。这一时期，苏联成立了很多飞机设计局和飞机发动机设计局，但重点仍在军用航空领域，歼击机、战斗机、轰炸机等都取得了相当大的进步，为第二次世界大战中的苏联军事实力奠定了基础。

在民用航空领域，苏联最开始是向美国学习。1936年11月至1939年3月，苏联陆续从美国购进18架DC-3飞机，并派出技术人员到美国工厂进行学习，同时

还购买了该机的制造权。苏联于1941年开始生产DC-3，在制造过程中对DC-3的结构进行了修改以适应苏联工艺和生产条件，并换装了国产的发动机。

1945年，第二次世界大战结束，为服务于国内航线以及与周边国家的航线网络，苏联在战后初期集中发展中短程运输机，同时，苏联飞机设计师开始单独领导设计集体，从事民用飞机的研制，其中研制商用飞机最有名的当属伊留申设计局和图波列夫设计局。

伊留申设计局成立于1933年，其创始人谢尔盖·弗拉基米洛维奇·伊留申是苏联军、民用飞机设计大师，曾设计过伊尔-2强击机、伊尔-4

远程轰炸机，以及苏联第一款喷气式轰炸机伊尔-28。战后，伊留申告别军用飞机，转向设计商用飞机。其设计的第一种商用飞机是装两台活塞式发动机的伊尔-12，1946年1月首飞，1947年8月投入航线运营，获得了巨大成功，到1949年停产时，累计生产了600余架。在伊尔-12基础上改进的伊尔-14于1950年7月首飞，1954年投入使用，当时所有社会主义国家都采用了，捷克斯洛伐克和民主德国还仿制生产，这款机型也成为了中国领导人毛泽东主席和周恩来总理的专机。接着，专供中程航线的四发螺旋桨飞机伊尔-18于1957年7月首飞，1959年4月投入使用，中国也相继引进了一批，为社会主义建设作出了杰出贡献。

1963年1月首飞成功的伊尔-62四发远程喷气式客机，是苏联当时最有影响力的商用飞机，载客105人，可不着陆执飞莫斯科至纽约航线，它与美国的波音707、道格拉斯DC-8以及英国的VC-10被称为世界喷气式客机的“四大先锋”。中国民航伊尔-62机组曾于1974年4月6日执行护送邓小平率中国代表团出席联合国大会第六届特别会议的专机任务。1991年至1997年间，伊尔-62还曾作为

时任俄罗斯总统叶利钦的专机。

20世纪70年代，伊留申设计局又研制了四发大型双通道宽体客机伊尔-86，可搭载350人，用于替代运营远程国际航线的伊尔-62。该机型于1976年12月首飞，1980年12月投入商业运营。20世纪80年代，伊尔-96的研制工作启动，用于替代伊尔-86。1988年9月，第一架伊尔-96首飞，1993年投入使用，并成为了现任俄罗斯总统普京的专机。

相比伊留申，图波列夫设计局创始人安德烈·尼古拉耶维奇·图波列夫的命运可以说是极为坎坷，这位研制出苏联第一架AHT-2全金属结构飞机和第一架喷气式客机图-104的伟大设计师，却在20世纪30年代中期苏联的肃反运动中身陷囹圄，被以向德国出卖军事机密的罪名投进监狱，等待处决。然而，由于第二次世界大战的气氛日益紧张，斯大林最后没有处决图波列夫，而是在监狱设立了一个“图波列夫囚徒设计所”，让图波列夫从事新飞机的设计。就是在这个特别的监护设计所中，图波列夫设计出了图-2前线轰炸机，在二战中立下赫赫战功。

战争结束后不久，世界商用飞机进入喷气时代，在赫鲁晓夫的

召集下，图波列夫在图-16轰炸机的基础上研制出了社会主义国家第一架喷气式客机图-104，令全世界为之震惊。20世纪60年代，已经70多岁高龄的图波列夫仍然坚持工作，他参与设计的飞机有大型四发螺旋桨飞机图-114、中短程喷气式客机图-124、喷气式支线客机图-134、世界上第一架超音速客机图-144以及三发喷气式中远程客机图-154。

20世纪80年代中后期，苏联执行了宽松的对外经济政策。在这种背景之下，图波列夫设计局按照欧美适航标准，推出了一款全新的中程干线飞机——图-204，这款飞机因为总体外形和性能类似同期的波音757，被业内戏称为“波音757斯基”。图-204拥有双人制机组，引进了西方国家生产的发动机和航空电子设备，首架机于1989年1月首飞。但随着苏联解体，大量西方二手客机涌入俄罗斯民航市场，在成本和维护保障上都不占优势的图-204，最终产量和销量都十分惨淡。

作为二战后的超级大国，苏联的民用航空工业享有过非常高光时刻，自1950年到1990年的40年间，苏联自主研制的民用飞机型号就有17种，还不包括每种

型号的系列机型。17种型号飞机涉及短程、中程、远程、螺旋桨、喷气、宽体、超音速等各个领域，很多型号都成为了当时世界上的主要客机型号之一。

但是，苏联的客机也有它致命的弱点。在计划经济时期，依仗拥有丰富的石油资源，苏联研制客机时较少考虑燃油经济性。当西方大力发展高涵道比涡扇发动机，使客机油耗大大降低时，苏联没有及时采取相应措施，其研制的飞机，如图-154、伊尔-62、伊尔-86等都采用低涵道比涡扇发动机，油耗与波音和空客同类机型相比要高很多。另外，苏联研制的客机，内部装饰通常较差，空调功率不足，行李舱容积偏小，飞机发动机的污染物排放量和客舱内的噪声水平也较高。这些因素都对苏联客机的竞争力造成了不利影响。面对20世纪70年代后波音和空客咄咄逼人的态势，苏联民用飞机产业无力应对，在世界民用飞机市场的影响力逐渐衰退。

## 俄罗斯重新布局 商用飞机产业

苏联解体后，俄罗斯的民用航空工业从计划经济向市场经济转



变，然而，这种转型给俄罗斯的民用航空工业带来了无序发展和混乱的局面。1999年底，时任俄罗斯总理的普京向全社会呼吁“民用飞机制造业不能再萎缩了”。2000年，普京作为俄罗斯总统指示有关部门对包括航空工业在内的俄罗斯国防科技工业近十年的改革成果进行综合评估。

2001年5月，俄罗斯批准了第一次航空工业改组与发展计划，把国防工业改革主导权纳入总统权力体系之中。也就是在这一年，俄罗斯将伊留申、图波列夫、米高扬和伊尔库特四个设计局合并，成立了新的联合航空制造集团公司（UAC），试图通过重新布局商用飞机产业来重振俄罗斯民用航空工业。

在经过了一系列改革与技术升级后，俄罗斯商用飞机的“新生儿”——SSJ100支线飞机上马，也昭示着俄罗斯人想重回世界商用飞机市场的信心。SSJ100是由俄罗斯苏霍伊民用飞机股份有限公司与美国波音公司共同研制，其最初被命名为“RRJ(Russian regional jet)”，也是俄罗斯第一款按照西方适航标准研制的商用飞机，座级60~95座，2008年首架机完成首飞，2011年交付使用。虽然是



国际合作研制的产物，但俄罗斯并没有放弃自主创新的机会，在生产SSJ100的过程中，俄罗斯也逐渐削减了外国制造零件的比例，比如，采用国产的辅助动力装置，将液压系统、电气系统、航电设备和内饰等进行更改。同时，利用这款飞机，俄罗斯还开启了本土商用飞机产业链的布局，俄罗斯商用飞机产业链中的几十家企业得以迅速发展。

在SSJ100取得初步成绩的同时，俄罗斯开始研制自己的大飞机——MC-21，一款面向全球商用飞机市场的新一代中短程窄体客机，由伊尔库特公司负责研制，对标空客A320和波音737，旨在取代俄罗斯航空公司广泛使用的图-154和图-204。2017年5月28日，首架MC-21成功首飞，截至2017年5月，订单总数达到285架。MC-21目前有两个型号，分别是MC-21-300和MC-21-200。MC-21-300是标准型，可容纳163至211名乘客，航程为6000公里；MC-21-200是短机身型，可容纳132至165名乘客，航程为6400公里。

目前已经有两架MC-21-300原型机加入试飞队列。

MC-21最初计划使用美国普惠公司的PW1400G发动机作为动力来源，但由于美国对俄罗斯的制裁，俄罗斯决定使用自主研发的PD-14发动机替代。PD-14是俄罗斯第一款涡扇发动机，其性能与PW1400G相当。2020年12月15日，搭载PD-14发动机的MC-21飞机成功完成了首飞。

MC-21还面临着复合材料供应的问题。由于美国对俄罗斯航空航天企业的制裁，俄罗斯被拒绝使用美国复合材料技术。因此，俄罗斯不得不自主研发聚合物复合材料，并用其制造出新的机翼。2021年12月25日，装备俄罗斯国产复合材料机翼的MC-21飞机进行了首飞。

对于俄罗斯而言，MC-21无疑是其实现民用航空工业复兴的重要抓手。但是，面对当前复杂严峻的国际形势，俄罗斯商用飞机产业的振兴之路，还有一段艰难坎坷的道路要走。■

利勃海尔中航起航空  
Liebherr LAMC Aviation



## 国内首个符合CCAR145标准， 批准从事ARJ21起落架维修 的企业



利勃海尔中航起航空(长沙)有限责任公司是中航飞机起落架有限责任公司与德国利勃海尔宇航林登博格公司的合资企业，成立于2012年，致力于民用航空起落架系统的开发、制造和维修。

2022年6月28日取得中国民用航空器维修许可证，成为国内首个符合CCAR145标准，批准从事ARJ21起落架维修的企业，正式进入了维修行业，填补了ARJ21起落架国内维修服务的空白。



LEAP

LEAP 万众瞩目

搭载 LEAP 发动机的飞机实现了更高的可利用率。这意味着更少的备用飞机和更多的航班，由此助您获得更高利润。这也正是您青睐 LEAP 的又一理由。我们只用事实说话。

cfmaeroengines.com

资产利用率高达 92%

领袖绝非天生，  
而系铸成。

# 空天交融 聚睿无疆

AERIAL FUSION LINK YOU INTO THE BORDERLESS WISDOM WORLD

## 2023 上海 国际商用航空航天产业展览会

SHANGHAI INTERNATIONAL COMMERCIAL AIRSHOW 2023



SCAN QR CODE FOR  
REGISTRATION  
扫码领取航展门票  
邀请码: AS1709

### 部分参展商名单:

PARTIAL EXHIBITOR LIST
