

# 飞行日志本

## C919款



[ 2024珍藏版 ]



## 适航

- 宝剑锋从磨砺出 ——大型客机动力装置的适航审定
- NASA 持续加大新技术研发投入力度
- 国产大飞机在东南亚市场的挑战与机遇



# 大飞机

JETLINER

04 April

2024.04 | 总第118期

ISSN 2095-3399



9 772095 339242



P16



P30



P43



P60



P68



## 05 卷首语

05 适航审定助力国产民机  
高质量发展  
| 柏蓓

## 06 资讯

## 08 特别推荐

08 突破瓶颈 增设“两机”专项  
——《张彦仲传》摘编（五）  
| 归永嘉 李韶华 雷杰佳

## 10 封面文章

10 宝剑锋从磨砺出——  
大型客机动力装置的适航审定 | 李新

16 垂直起降航空器的适航审定 | 徐逸乐

21 给直升机的“出生证”盖戳 | 杨华

26 试飞铺就通天路——我的试飞感悟  
| 张景亭

## 30 航空制造

30 NASA 持续加大新技术研发投入力度  
| 吴蔚 李蕴 张钰栋

34 氢能能否助力日本民机产业弯道超车？  
| 董帼雄

39 天津，探索航空产业错位发展之路  
| 齐汀

43 质量：企业基业长青的基石  
| 曲小

## 48 航空运输

48 国产大飞机在东南亚市场的  
挑战与机遇 | 王鹏

53 商用客机前景：市场变化刺激需求增长  
| 王双武

57 对民航业如何践行新质生产力推动高  
质量发展的思考 | 顾胜勤

60 指引民航腾飞——  
浅析《新时代民航强国建设行动纲要》  
| 程佳俊

## 64 人物

64 青年突击队：  
大飞机批产提速的“青”字号排头兵  
| 牛旭青、周岑茗

## 68 科普

68 飞机上的污水排向哪里 | 蒋斯来

## 71 漫话航空

71 印尼商用飞机发展之路——  
世界商用飞机发展简史（十五）  
| 王思磊

74 世界首条定期民航航线  
| 蒋斯来

77 航空史上的4月 | 黎时



## ▼ 本期导读

经过数十年埋头苦干，我国航空制造业蓬勃发展，已基本掌握航空产品设计、制造、试验和批量生产的关键技术，并已形成具有自主研制能力、相关产品配套比较齐全的工业体系，民机制造取得一系列的新突破新成就，国产大型客机 C919 和国产支线飞机 ARJ21、新舟系列等完成适航取证并交付运营。

与此同时，伴随着航空制造业的发展，我国适航审定系统逐步形成了一整套的适航法律法规体系，审定业务逐步延伸到民用航空产品全寿命周期的所有专业领域，工业界的适航理念也发生了由“要我适航”到“我要适航”的根本性转变。在特定领域已具备与国际上适航发达国家和地区同台竞技的能力。自主创新的航油航化适航审定模式、针对垂直起降航空器采取的“审运结合”新模式等得到了世界各民航局的认可。

封面图片：余创



- 关注我们 -  
FOLLOW US

## 本刊声明：

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

# 大飞机

2024年第04期 | 总第118期 | 04月28日出版

中国标准连续出版物号

ISSN 2095-3399 CN 31-2060/U

主管主办 中国商用飞机有限责任公司

出版发行 上海《大飞机》杂志社有限公司

## 编委会

主任 贺东风  
副主任 谭万庚  
委员 魏应彪 沈波 戚学锋  
于世海 罗兴平  
学术顾问 吴光辉

## 上海《大飞机》杂志社有限公司

总经理 程福江  
总编辑 王刚  
副总经理 徐显辉

## 总编室

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

## 采访部

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

## 商务部

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

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

## 卷首语

## 适航审定助力国产民机 高质量发展

文 | 柏蓓

20 多年前，ARJ21 项目伊始，全球最具权威的适航审定机构 FAA 对中方各种能力均有质疑，尤其是针对 CAAC 没有独立的适航审定试飞团队提出疑问。随后，中国民航第一支专业从事民机适航审定的试飞队伍开始着手建立。

适航审定工作担负着保障航空安全、维护公众利益和促进航空事业发展的职责和任务。“民机发展，适航先行”，适航审定是国家民用航空工业核心竞争力的重要组成部分，不断提升适航审定能力将推动我国航空工业高质量发展。



中国民航业正在努力建设世界  
一流适航审定体系、世界  
一流适航审定能力和世界  
一流适航审定队伍的适航  
审定系统建设远景目标。

经过数十年埋头苦干，我国航空制造业蓬勃发展，已基本掌握航空产品设计、制造、试验和批量生产的关键技术，并已形成具有自主研制能力、相关产品配套比较齐全的工业体系，民机制造取得一系列的新突破新成就，国产大型客机 C919 和国产支线飞机 ARJ21、新舟系列等完成适航取证并交付运营，还有国产民用直升机 AC 系列、水陆两栖飞机 AG600、亿航智能 EH216-S 无人驾驶载人航空器等航空产品也取得很大的成绩。

与此同时，伴随着航空制造业的发展，我国适航审定系统逐步形成了一整套适航法律法规体系，审定业务逐步延伸到民用航空产品全寿命周期的所有专业领域，工业界的适航理念也发生了由“要我适航”到“我要适航”的根本性转变。在特定领域已具备与国际上适航发达国家和地区同台竞技的能力。自主创新的航油航化适航审定模式、针对垂直起降航空器采取的“审运结合”新模式等得到了世界各民航局的认可。

适航审定与民机制造是相辅相成、互为依托的。适航审定工作为我国民用航空发展提供了有力支撑，而在持续发展的航空新产品的适航审查工作中，我国民航适航审定队伍得到了历练，适航审定能力也得到不断提升。

当今世界正经历百年未有之大变局，新一轮科技革命和产业变革深入发展，我国航空工业也正处于转段进阶的新时期，新技术、新材料在航空产品上的应用日益广泛，产业集聚和转型，大飞机产业链供应链发展等对现有的适航审定模式和适航审定能力带来新的挑战。中国民航业正在努力建设世界一流适航审定体系、世界一流适航审定能力和世界一流适航审定队伍的适航审定系统建设远景目标。相信不久的将来，不仅是我国航空制造业跻身世界航空工业强国之林，在适航审定领域也将拥有更强大的国际影响力、更多的国际话语权，实现从规则“跟随者”到“制定者”的转变。



01



02



03

## 01 国航、南航各向中国商飞购买 100 架 C919 飞机

4月26日，国航发布公告称与中国商飞签订协议，向其购买100架C919飞机，计划于2024年至2031年分批交付。

4月29日，南航发布公告称，与中国商飞签订100架C919订单。

## 02 ARJ21 海外商业运行一周年

2024年4月18日，国产喷气式支线客机ARJ21在首家海外客户印尼翎亚航空实现商业运行一周年。一年时间里，翎亚航空累计接收2架ARJ21飞机，开通6条航线，通航8座城市，载客近12万人次。

## 03 中国三大航 2023 财年营收同比增长 122.91%

2023年，中国国航、东航、南航共实现营收4148亿元，同比增长122.91%，较2019年增长0.82%；净亏损总额134.23亿元，较2022年减亏952.67亿元，同比收窄87.65%。增长得益于航空客运需求回暖，但国际客运航班恢复相对缓慢、国内客运整体供过于求导致竞争加剧，加之油价汇率等要素价格波动，影响了经营业绩。

## 04 CAAC 批准亿航 eVTOL 飞机量产

4月7日，亿航宣布，其EH216电动垂直起降(eVTOL)飞机已获得生产证书，标志着亿航已实施符合中国民航局(CAAC)适航规定的批产质量管理体系。EH216-S是一款自主双座eVTOL多旋翼飞机，于2023年10月13日获得适航型号证书，已获得超过1200架订单。

## 05 天津波音复材工厂扩建完工 正式启用

近日，天津波音复材有限责任公司三期扩建项目正式竣工投产，预计扩建后的产能将增加1倍。波音天津成立于1999年，是波音在中国的第1家合资公司，已为737、767、777和787系列生产180多万件一级/二级结构件和内饰部件。据悉，天津波音现有员工超过1000名，年产值约10亿元。

## 06 中电科柯林斯航空电子有限公司 开业十周年

本月，柯林斯宇航旗下的合作企业中电科柯林斯航空电子有限公司(RCCAC)迎来了开业十周年的重要里程碑。该公司于2014年正式开业，是柯林斯宇航航电业务与中电科航空电子有限公司的合作企业，为中国商飞提供通信导航解决方案，并为民用航空通信导航产品提供研发、生产以及维修服务。

## 07 波音一季度业绩：营收下降 8%

4月24日，波音公布2024年第一季度业绩：营收为165.69亿美元，同比下降8%。其中，波音民机集团(BCA)营业收入为46.53亿美元，同比下降31%，营业利润率为-24.6%；净亏损3.55亿美元，较2023年同期4.25亿美元的净亏损有所收窄；经营现金流为-33.62亿美元(2023年同期-3.18亿美元)。

## 08 空客一季度业绩：营收增长 9%

4月25日，空客公布了2024年第一季度业绩：营收128.3亿欧元，较2023年同期的117.6亿欧元增长9%。其中，商用飞机营收同比增长13%至91.7亿欧元，主要反映出了交付量的增长，一季度交付量142架(2023年同期为127架)，净订单170架(2023年同期为142架)。

## 09 GE 航空航天独立上市

随着GE能源集团(GE Vernova)完成拆分，2024年4月2日，GE航空航天(GE Aerospace)宣布正式成为一家独立上市公司，打造可持续未来航空，并沿用通用电气在纽约证券交易所上市时的股票代码“GE”。

## 10 MC-21 原型机完成通电

4月5日，一架部分机载系统替换为国产系统的MC-21原型机(序列号为0012)完成全机通电。UAC表示，这是飞机电源系统试验的关键阶段，试验中检查了配电装置能否与机载和地面电源正常连接。目前，该机正在开展机载系统调试工作，而后将转入试飞站并为首飞做准备。

## 11 首架客改货 E190F 完成首飞

4月5日，巴航工业首架客改货E190F完成首飞。该机目前已完成地面增压和货物装载试验，在投入运营之前将继续进行测试。

## 12 全国产型 SJ-100 静力取证试验 将于 2025 年完成

近日，俄罗斯西伯利亚航空科学院(SibNIA)科研副主任德里·斯米尔诺夫表示，需要对全国产型SJ-100的机身、机翼、高升力装置、起落架、尾翼和发动机吊挂等进行静力试验，目前已完成全部静力试验的30%~40%，正对发动机吊挂和机翼开展强度试验，预计2025年上半年完成全部静力取证试验。



04

# 突破瓶颈 增设“两机”专项

## ——《张彦仲传》摘编（五）

文 | 归永嘉 李韶华 雷杰佳

航空发动机是飞机的“心脏”，是知识密集、技术密集的高科技产业，几乎浓缩了现代制造业之精华，目前世界上只有极少数国家能掌握。它既是制造强国的重要标志，也是国家综合实力的集中体现。因此，各

航空强国都对其核心技术严格控制封锁，乃至通过行政手段防止扩散，尤其对华遏制，更为严厉。

中华人民共和国成立前，我国航空发动机和燃气轮机产业基本上是一片空白。中华人民共和国成立后，有了产业布局，经过几代航空人的艰辛努力，取得了长足的进步，研制、生产了多型航空发动机和燃气轮机 6 万多台，为我国的航空、舰船及能源事业作出了巨大的贡献。但与世界强国相比，航空发动机仍是我国航空装备的“瓶颈”。我国自主研发的 C919 大型客机、ARJ21 支线飞机、大型运输机和主力军用飞机，一开始都不得不采用国外发动机，受制于人。发动机滞后严重制约和影响了我国航空事业的进一步发展，成了航空业的一个“心”病。

2011 年 2 月 17 日（农历正月十五），胡锦涛同志在元宵节招待会上，问坐在他身旁的 2010 年全国最高科技奖获得者师昌绪院士：“航空发动机是什么问题？原因在哪里？怎么办？你能不能组织研究一下？”兔年元宵节，这看似平常的几句问话，犹如一声隐隐作响的春雷，传递给中国航空工业界一个春天的信息。

五天后，师昌绪院士于 2 月 23 日给胡锦涛同志写了一封信，希望中央能够加强航空发动机的工作。他在信中特别强调，航空发动机现在成为制约我军航空武器装备的瓶颈，也是大飞机和未来空间飞行器发展

的短板，因此他希望统一组织全国的优势力量，争取用十年左右的时间，基本解决我国第三代、第四代军用发动机的自主保障问题，实现发动机的自主研发。希望在这个领域中能够实现从测绘仿制向自己研制的转变，扭转我国航空动力十分落后的被动局面。2 月 26 日，胡锦涛同志把信批给刘延东同志，并作出重要批示：师老等院士拟组织研究航空发动机和燃气轮机有关问题，请有关部门给予大力支持。

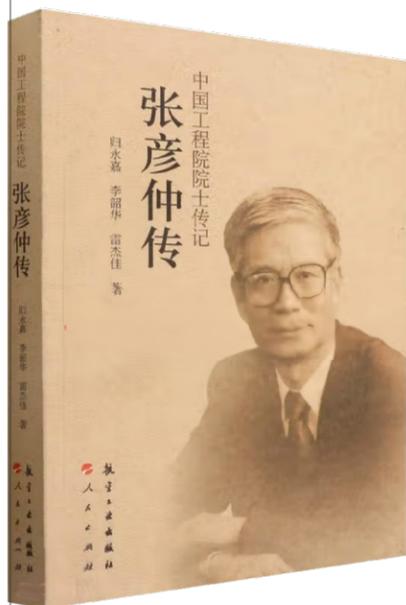
2011 年 3 月，师昌绪院士就组织了徐建中、刘大响、张彦仲等 60 多名中国科学院、中国工程院院士和几十名专家，分三路赴东北、西南和华东、中南进行调研（张彦仲参加了西南组）。经过调研论证、综合汇总，师昌绪代表院士专家向中央和国务院提出：“为了加快我国航空发动机和燃气轮机的发展，建议把航空发动机和燃气轮机列入国家重大科技专项。”

2011 年 4 月，在庆祝中国航空工业创立 60 周年之后，原航空航天工业部部长林宗棠就发动机的发展问题给吴邦国同志写了一封信。5 月 16 日，邦国同志作了批示：“经过这些年的努力，应该说这方面工作取得了重大进展。但一个是发动机，一个是复合材料，仍是我国航空工业发展的瓶颈。”提出要自主创新，坚决打一场航空发动机的翻身仗，并将此信呈报

胡锦涛、温家宝、习近平、李克强、张德江等中央领导同志。

5 月 18 日，温家宝同志批示：“我赞成成为突破飞机发动机技术立个专项，组织各方面力量，集中攻破技术难关。”2011 年 5 月 22 日，胡锦涛同志在这封信上又作出重要批示：“赞成下决心把我国航空发动机搞上去！”习近平、李克强、张德江也都作了批示。从 2011 年 2 月到 6 月这四个月的时间，中央的主要领导同志多次对航空发动机问题作出了重要的批示。这些批示都赞成把航空发动机列入国家重大科技专项，予以重点支持和发展。体现了中央对航空发动机发展的高度重视，表明了对自主发展航空发动机的坚定信心和决心。7 月份科技部提出：在十六个国家重大专项之外，增设“两机”专项的报告，这是继大飞机重大专项后，党中央、国务院在航空领域又作出的一项重大战略决策。

2011 年 7 月 29 日，温家宝在科技部《关于增设航空发动机与燃气轮机重大专项的报告》上批示同意增设“两机”专项，提出：“要做好启动重大专项实施方案的制定和论证工作。”11 月 15 日，张德江和刘延东召开专题会议，听取了有关部门的汇报，决定在国务院统一领导下，成立国家重大专项论证委员会，论证提出实施方案。■



# 宝剑锋从磨砺出 ——大型客机动力装置的适航审定

文 | 李新

人类航空史已超百年，但真正进入商业航空时代实际是第二次世界大战以后，先是航空动力进入涡轮喷气动力时代，随后相应的大型客机才大规模投入商业运营市场。随着动力系统也就是发动机的科技进步和不断发展，从最初的涡喷发动机到低涵道比涡扇发动机，再到现在的大型高涵道比涡扇发动机，大型客机的性能指标不断提升。

目前，长航程、大载量、低油耗以及高可靠性、高安全性指标已成为大型客机的标配。在这个过程中，动力系统起到了很好的引领作用，引领着商业航空不断地前进和发展。



## 适航与适航审定

随着人类正式进入商业航空时代，出于对公众安全利益的考虑，行业监管部门、政府，包括行业组织都不断地推出相关的适航规章和条例，对航空产品研发活动、设计验证活动都提出了相关适航以及环境保护方面的要求，做出了相关规定。

什么叫适航性？顾名思义，就是适于航行，它代表的是航空器及其部件和系统在预期使用条件下的安全性和物理完整性等固有的品质。这样的安全性和物理完整性确保航空器在整个寿命期内持续保持它的安全水平，能够圆满地完成将旅客从一点运送到另一点的任务。

什么是适航审定？就是代表政府和公众依据适航规章对航空产品从设计、制

造到相关的符合性验证工作进行监管和审查，确保航空产品能够符合适航规章的要求。这是航空产品能够进入市场的准入条件。从审查过程来看，适航审查要确保航空产品在通过一系列适航审查活动后，在预期的运行环境和使用条件限制下能够满足其设计指标、安全性指标的要求。

大型客机动力装置适航审定包括两部分，一部分是发动机本身要符合 CCAR-33 部的要求；另一部分则是发动机作为航空器上的一个系统，其安装要满足 CCAR-25 部运输类飞机适航审定的规定，确保发动机在安装集成条件下能够实现其预期的功能。

集成的影响包括很多方面，比如发动机安装到飞机上后的进—发匹配关系：进气道由于受到机身的影响、安装方式的影响，

### 适航性和适航审定

**适航性：**  
航空器的固有品质

- 安全性
- 物理完整性

民用航空器（包括其部件及子系统）的整体性能和操纵特性在预期的运行环境和使用条件限制下的安全性和物理完整性的一种品质。这种品质要求航空器在全寿命期内应始终保持符合其型号设计，始终处于安全运行状态。

**适航审定：**

- 局方代表公众
- 最低安全水平

### 大型客机动力装置审定

**CCAR33 & CCAR25**

### 动力装置专业/专题范围

专业	专题
动力装置系统	发动机/APU转子爆破
燃油系统	闪电防护
辅助动力装置系统	系统安全性
防火系统	全机防火
环境保护	ETOPS

### 燃油系统—燃油低油量

→ 1978. 12.28, United Airlines 的一架DC-8-61 飞机由于燃油耗尽坠毁在Oregon州的Portland 国际机场。机上189人中，10人死亡，23人严重受伤。

→ 近进时起落架故障，机组空中排故1小时，最终近进时燃油耗尽。

→ 排故期间，3个飞行机组成员未关注剩余油量。

其流场会产生一些变化；发动机和飞机上其他系统的匹配关系，比如与环控系统、电源系统等的匹配关系，以及与自动驾驶、自动飞行等系统的交联；还有安装以后的噪声问题。这些都是针对发动机安装的审查项，我们俗称为动力装置的适航审查。

动力装置适航审查通常包括几方面：动力装置系统、辅助动力装置系统以及给发动机供油的燃油系统、防火系统的审查等。在专题方面，由于飞机上安装环境的影响，比如闪电防护、HIRF（高能辐射场）和发动机/APU 转子爆破对飞机的影响。这都属于动力装置专业 / 专题审查的范畴。

## 适航规章的演化

适航审查所依据的规章不是空穴来风，而是由对一个个鲜活的案例不断总结、反思、演化，才到了今天这么完善的状态。

1978 年 12 月 28 日，一架 DC-8-61 由于燃油耗尽，最终坠毁在机场附近，没有降到跑道上，造成机上 189 人中 10 人死亡，这起事故也是航空史上著名事故之一，业内业外人士都在研究。

我们能够吸取到的经验和教训是：飞机设计需要考虑人为因素，考虑预期的使用条件。这架飞机的起落架在空中出现故障，由于这个故障，飞行员在飞行过程中一直忙于排故，忽视了对于燃油量的监控，最终导致降落之前突然发现油量已经不够了。这个过程中，机械员也给飞行员做出了提示，但飞行员忙于自己的操作，没有关注到。

现在适航规章把人为因素考虑纳入到审查范畴，包括机组程序、机组资源管理、飞机设计中都要考虑这样的因素。具体到这个事件，我们要提供最低油量的告警，提前给飞行员做出提示，让飞行员能够做出及时的反应。

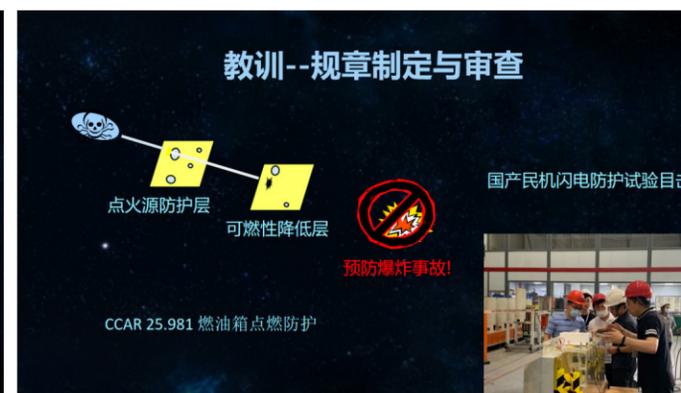
2001 年加拿大一架 A330 发生了燃油泄漏事件，也是燃油耗尽，所幸的是，这架巨型飞机在天上滑翔了将近一个小时，最终安全着陆在了亚述尔群岛，机上无人伤亡。在这过程中，飞行员发挥了很重要的作用。后来调查发现，飞行过程中，右发供油管路出现了漏油，导致不平衡，飞行员认为这是正常的左右发动机燃油消耗导致的不平衡，所以，他把左边油箱的油往右边倒，试图缓解不平衡的情况，结果造成燃油不断往机外泄漏，最终导致双发全部停车。

这给我们的教训是，飞机设计过程中也要考虑到飞行员在出现异常情况时要有相应的处置程序，能够做出正确的判断，他得要去判断这个燃油不平衡是漏油导致的，还是正常的发动机消耗不平衡或者指示问题导致的，要提供相应的机组操作程序。这也是目前我们审查过程中都需要关注的地方。

1996 年 7 月 17 日，纽约肯尼迪机场发生了一起非常有名的事件，一架 747-100 飞机刚起飞不久就在空中爆炸解体，爆炸解体之前没有任何异常指示。事故原因目前判断可能是由于中央油箱内未知点火源引发爆炸导致的。我们知道，燃油箱内装的燃油，是高能的危险可燃性液体，油箱内部如果存在点火源一定是不安全的。

历史上，相关规章的最初规定仅仅是针对燃油箱的温度，只要求燃油箱不会超过预期点燃的温度。从这起事件后，整个民航业内关注到不只是温度，还有各种各样点火源形式，有可能是闪电，也有可能是电火花。同时，即使燃油箱里可能出现点火源，油箱内部的可燃环境我们也要加以控制，使其达到不可燃的程度。

这些都是从各种事件中吸取的教训。现在同时从点火源防护层面和可燃性降低层面来预防燃油箱爆炸事故发生，增加了



燃油箱防爆相关要求的审查。

燃油系统结冰事件。2008 年 1 月 17 日一架航班从北京机场起飞，飞机拟降落伦敦希思罗机场，但在下降过程中出现双发推力非指令大幅度减少，导致最后飞机降落在跑道前端，造成严重的机体受损。事后调查发现，由于长时间的高空巡航，飞机燃油管路内部出现了结冰现象，降落之前由于加大了燃油流量，导致冰块脱落，堵塞了下游燃油系统部件从而影响供油。这直接导致了我们的 CCAR-25.951 条款符合性方法的变化。传统上，燃油结冰考核只是考核燃油系统里由于水分夹带、游离水造成的结冰及形成的冰渣会不会对供油系统和发动机造成影响。从这起事件上，我们发现燃油管路在内壁上形成的冰瞬时脱落的量事实上可能比燃油系统内夹带的游离水形成冰量要大将近 100 倍。

这些从事件上获取的经验和教训，促成了设计符合性验证以及审查过程的不断改进，也促使安全水平不断提高。现在发动机空中停车率已经达到每千小时 0.001 的数量水平，这是什么概念？每百万小时一次，这是非常高的数据，双发合在一起就是 10 的 -12 次方，这都是从经验和教训中获取的。

## 动力装置系统试验考核

我们设计产品时要考虑预期使用环境条件的限制，所以，高温、高寒、高原、结冰、侧风等等都被纳入到对动力装置的考核中。

高温试验，我们会去外场试验场地，找到至少 37.8 度的气温，最高能到 50 多度，而且还要求发动机有充分的热浸透，在该

环境下停留 4 小时以上。

高寒试验，是在海拉尔非常低温的环境下，要求在零下 35 度以下，而且要经过冷浸透，就是至少停 1 个晚上（10~15 小时），让发动机考核在极端环境下开展。

高原试验，是在海拔 4411 米的稻城亚丁机场，这是世界上海拔最高的民用航空机场。

这样的考核对飞机和动力系统都是非常极端的考核。结冰的条件更不用说了，日常生活中都会遇到的，不管起飞降落，在地面，0 度到零下 9 度就是非常容易结冰的条件，这很容易碰到。

特殊气象，特殊要求，我们的动力系统在经受过冰与火的考验。

溅水试验。溅水试验是模拟大雨天，跑道积水，在积水不能及时排掉的情况下，飞机要进行起飞和降落。在这过程中，积水会不会对发动机或飞机带来一些不可接受的、危害性的损伤？为了观察水溅起的形态，我们在跑道上修建了一个长达 100 米的水池，让飞机能在跑道里持续 1 秒以上。我们观察溅起的水形会不会溅到发动

机，会不会打到关键性的部件，比如空速系统或者操纵系统，通过这样的观察来确认它是安全的。水池深度达到 12.7 毫米，这个概念，用英制单位是 1/2 英寸以上，这是目前全世界机场统计下来最苛刻的条件，不会有哪个机场积水比这更深，这是一个极端的考核条件。

大侧风试验，要考核到 35 节侧向来流。做侧风试验，碰到的瞬时侧风达到 48 节以上。这个风的量级是什么概念？30 节的风速是 15 米 / 秒，相当于 70 公里 / 小时。35 节、40 节以上就是有 7 级~9 级台风的风量。由于发动机安装受到机身的影响或安装角度的影响，它和发动机在试车台上的情况是不太一样的。这种情况下，再结合安装以后实际的场景，在 35 节以上正侧风情况下观察进气道流场分布情况。这种畸变发展下去可能会导致出现一定的振动；振动达到一定程度有可能导致风扇叶片或压气叶片的损伤；再进一步发展下去可能导致喘振或熄火。我们在发动机进气道前缘安装了总压、静压的测压耙，监控它的压力变化情况。

短舱防冰和风扇冰脱落考核。这是考核发动机在结冰条件下的性能，这个结冰包括地面也包括空中 6000 米左右的结冰条件，最大的水气含量能达到 0.8 克 / 立方米，平均水滴直径达到了 40 微米，这是非常极端的条件。飞机在这种状态下试飞，进气道会产生前缘冰的情况以及风扇冰的情况，机身、机头也可能会有结冰的情况。我们要判断冰的大小，会不会被发动机吸收以后造成发动机的损伤，这要结合实际试验进行判断。

我们最开始是做二维的冰风洞试验，去摸索和判断短舱前缘在一定防冰条件下冰量大小、冰的形状，从而修正结冰分析模型，然后带着分析模型去预估，最后再通过自然结冰的试飞试验，来判断符合性。这是逐步递进的过程。

发动机工作特性试验考核。我们主要是模拟油门杆快速变化，1 秒之内我们快速推拉，然后看发动机的响应，这时候有可能发动机的进气流量和发动机供油存在不匹配，有可能是负油，有可能是贫油，这样的控制规律是否能满足发动机正常工作，不会出现喘振、熄火或推力不可接受的损失（1.5% 以上就是不可接受的）。我们通过这样的试验去考验发动机安装以后的性能。

## 对电推进系统的审查

人类商业航空史上的进步几乎都伴随着动力系统的革命性变化，从最开始的活塞式螺旋桨发动机驱动飞机，到后来涡轮式发动机驱动飞机，到近些年的新概念——电推进系统，这是将来发展的方向。现在对电推进系统的研究，在全球范围内都是比较热的话题，据不完全统计，全球有超过 100 个项目正在开展，包括全电形式的，比如 NASA 的全电推进项目 X-57；涡轮动力推进系统的 N3-X，是通过涡轮发



动机带动前面的电动机发电推进；还有是部分涡轮部分电动，即混合动力系统。

从适航审查角度，我们的关注点和 CCAR-25 部的关注点一样，即在传输动力过程中它的安全性能不能满足我们动力的需要。比如，在起飞过程中是最大推力，但巡航过程中推力需要急剧减少，这样的推力变化反映在电动机电池功率、储能部件上的变化是否满足规章的要求。

还有热管理问题，要进入商业航空，10 兆瓦级以上的电池才能真正在单通道飞机上应用。这么高级别能量的传输，它带来的热量问题，对飞机安全性的影响，以及防火，还有电池、储能模式和失效模式的研究，都是我们审查过程中需要关注的点。包括正常的电动机在驱动过程中是以电动机的方式在工作，但是在风车状态下，也就是发动机空中停车以后，反驱变成发电机模式，这样的情况下它带来的问题，还有电缆安装设备、电池的影响等等，都是要考虑的安全因素。

综上，将来电推进系统安装的相关审查工作，我们会结合具体的设计特点，从确保其功能安全性的角度去关注。（作者为中国民用航空上海航空器适航审定中心动力装置室主任、研究员）■



# 垂直起降航空器的适航审定

文 | 徐逸乐

近年来，随着动力技术、导航技术和芯片技术等的发展，垂直起降航空器的各项新技术日趋成熟。鉴于垂直起降航空器多样化的构型设计和运行场景，适航审定正在对这类新型航空器探索一条既能鼓励行业创新，又能助力产业发展，同时履行安全监管责任的路径。

## 垂直起降航空器长什么样

垂直起降航空器并不是一个特定类型的航空器定义，它是对一类有“垂直起降”能力航空器的宽泛称呼，具备“垂直起降”这个新颖独特的功能，可能是有人驾驶，可能是无人驾驶（无人驾驶航空器系统，包括航空器、地面控制站和通信链路）；可能载人运行，可能不载人运行；动力系统可能是电动、油动、氢能或油电混合等。

传统的航空器，如飞机、旋翼机、热气球、动力滑翔机、滑翔伞等，总体上它们都有相对统一的形象。但如果谈及垂直起降航空器长什么样，关于它们的外观和设计特征，答案可能多种多样。目前国际、国内现有的垂直起降航空器外形各式各样，设计特征非常多元化。主要设计特征可能是单旋翼、多旋翼、倾转旋翼，通过旋翼提供垂直起降升力和前飞推力；可能有固定机翼、折叠/旋转的机翼，可能有垂尾、平尾、襟翼、副翼，或是涵道风扇设计等。

旋翼结合固定翼时常常会被非正式地称呼为“复合翼”构型。在美国联邦航空局的法规里，有个 power-lift (动力升降机) 的定义。它是指一种比空气重的飞机，能够垂直起飞、垂直降落和低速飞行，主要依靠发动机驱动的升力装置或发动机推力使得在飞行状态下提供升力，在水平飞行时依靠非旋转翼型提供升力。



民航华东地区管理局

复合翼中可能升力桨纯粹是升力桨、推力桨纯粹是推力桨、固定翼是固定翼，也可能使用倾转旋翼和/或旋翼结合固定机翼等。当前各设计制造厂家正致力于在各种设计考量下，找出最佳的组合成为最合适的构型解决方案，以便服务预期的使用目的、运行场景，和可能的商业化模式等。垂直起降的时候主要用旋翼升力，水平飞行时充分利用机翼，即空中水平飞行依赖机翼翼面的空气动力学原理，这样整体能量转换效率较高（考虑重量、航程等），是业内认为比较有商业前景的构型，相对可以飞得更远、载重更重，任务选择余地更大。

当前可以通过了解各厂家的全尺寸样机转换飞行的转换率情况，来判断其对垂直起降航空器尤其是复合翼/动力升降机对有关气动、结构强度、动力控制、飞控软件和算法等技术的掌控能力。从垂直起降转换到水平飞行的过程非常重要、非常复杂，尤其是吨级起飞重量航空器的转换飞行控制是各专业和技术综合的重点和难点。在水平巡航飞行过程中，可能因为任务需要或故障失效等突发、紧急情况进行悬停，这时又可能阶段性需要切换飞行模式，所以整个飞行的包线，正常的包线、应急的包线等，相应地都会更复杂，因其机型特点个性化更强，自动控制等设计要求会更高。各个厂家、专家突破旧理念的桎梏，创新思维，设计出新颖独特的结构构造、飞行特性、动力提供、控制和安全逻辑等，这些成为审查时适航标准制定的难点，符合性验证的重点。传统的失速、尾旋等适航标准在各个型号上是否还继续适用，引起了一轮崭新的讨论。

不管是有人驾驶的还是无人驾驶的垂直起降航空器，根据现在的技术发展，都有一个共同的特点，就是高度的自主飞行。有人驾驶的垂直起降航空器由于升力/推力系统的复杂性和输入的交互性等原因，

比起传统的飞机，它的飞行员会更多地依赖仪器设备，依赖传感器。无人驾驶的航空器，更是需要通过信息和数据采集经由通信链路、飞行控制软硬件等实现在地面基站能遥控飞行、自动飞行等。

## 什么是航空器的适航审定

根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第八条之规定，从事中型、大型民用无人驾驶航空器系统的设计、生产、进口、飞行和维修活动，应当依法向国务院民用航空主管部门申请取得适航许可。

适航许可中，与设计、生产（包括生产后的交付，运行中可能的维修、改装等）有关的适航审定，主要有设计批准、生产批准、适航批准三大类型审批。垂直起降航空器的生产批准、适航批准审定与传统航空器的要求基本一致，本文重点介绍其中的设计批准审定。

设计批准有三个要素：设计、标准和验证。适航审定工作紧紧围绕这三个要素开展。适航审定过程通常是先明确航空器有关的型号设计特征和定义，包括预期的运行场景和使用限制等，随后确定适用的标准（即审定基础），确定符合性方法、符合性验证思路后，完成相应的所有符合性验证工作。

设计是审定的对象。申请方应该表达清楚，怎样的设计、怎样的产品、怎样的设计特征，相应的运行场景和限制也会反馈成为航空器本身的设计要求。型号设计是适航审定批准的内容之一，是表征航空器最终实体呈现的具体的、唯一的、详尽的、规范的技术性描述和定义。根据各公司各型号的管理规定，通常型号设计可能包括图纸、三维数模、工艺规范/生产说明书/工艺规程、安装调试/检测测试/试验/试飞要求/大纲、飞行和操作手册

等指导资料、改装 / 修理方案 / 指令、服务通报等。其核心目的是通过对型号设计的掌握和质量管控，确保即使是不同的制造企业，也能生产出同样合格的航空器。从适航审定局方角度来说，并不对各型号设计资料作统一的、唯一的规定。

中国民航进行垂直起降航空器适航审定时，标准包括可能的适航标准 / 规章和环境保护要求。适航审定里有一个专业词汇叫“审定基础”，该审定基础 / 标准必须是贴合于型号设计的适航标准要求，包括平衡航空器所要求的安全性水平 / 目标；基于航空器运行、使用场景和限制提出环境保护有关污染物排放和噪声等要求。

由于垂直起降航空器的很多设计特征是新颖的、独特的，所以现有的 CCAR-23 部（《正常类飞机适航规定》）、CCAR-27 部（《正常类旋翼飞机适航规定》）、CCAR-25 部（《运输类飞机适航标准》）和 CCAR-29 部（《运输类旋翼航空器适航标准》）等适航规章，都没办法完整、全面定义航空器（系统）需满足的适用的适航标准和要求，因此，需要建立一些特殊的审定标准和要求。在 CCAR-21 部《民用航空产品和零部件合格审定规定》、CCAR-92 部《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》中都专门规定了“专用条件”，表示当现有的、有关的适航规章没有包括适当的或者足够的安全要求时（如垂直起降航空器有其新颖或者独特的设计特点、预期非常规的用途等），需制定具有与适用的适航规章等效的安全水平的专用条件。

在适航审定过程中，我们基于新的技术、新的机型、新的发展做了一些标准方面的改革和变化。CCAR-23 部 R2 版时，对该类型飞机的规章性适航要求，包括设计要求、规则、技术参数指标、测试内容等一共是 233 页；CCAR23 部 R4 版时，标准编写的原则有了重大变化，主要对该

类型飞机的最终状态和系统安全性、整体安全性作要求，是基于性能的标准和要求，这部规章性适航要求只有 56 页。对垂直起降航空器进行适航审定时，为了兼顾其多元化的设计特征和特点，适航标准采用时会更多地建议参照 CCAR-23 部 R4 版的方式建立标准，包括制定一个特定型号航空器的专用条件时，也会基于性能和安全性要求建立标准。如峰飞航空科技的 V2000CG 电动垂直起降无人驾驶航空器系统（限用类物流无人机），其专用条件 SC-21-004 适航标准要求有 29 页。

因为垂直起降航空器有很多新颖、独特的设计特征和特点，预期用途是非常规的，在确定其审定基础时，除了适用的规章外，还会编制和制定专用条件，考虑其新颖特点，比如对动力、系统的自动化，人机交互、飞行包线保护、分布式推进系统、倾转旋翼等进行相应的标准制定。

独立自主制定标准时，除了原有的传统航空器、发动机、螺旋桨有关规章性适航标准之外，还可以参考 EASA 发布的 SC-VTOL，FAA 发布的 Joby 等型号的设计准则，及国内峰飞 V2000CG、亿航 EH-216 等型号的专用条件等。但是“抄作业”、“改作业”不是全部，还需要对型号的新颖独特设计有自主和深刻的认识和理解，并能技术严谨、逻辑自洽地独立制定标准和要求。

在专用条件之外，中国民航也在推动相应的重要设备和系统标准的建立。重要设备和系统有两种取证方式，一种是跟着航空器一起取证，那就是型号合格申请人的职责。另一种是设备单独取证，这时就要建立相应的技术标准规定（CTSO），这种取证是由设备供应商负责的。技术标准不是从天而降的，是在对航空器、零部件、设备等有了深入理解和了解之后，将其表达成一种标准的工程语言，才能形成标准。

对于审定基础相应的标准要求、专用

条件，是基于性能和安全性水平的要求，具体如何贯彻标准，还必须通过符合性方法的层级进一步细化和明确。申请人应采用局方可接受的符合性方法表明对审定基础的符合性，局方可接受的符合性方法包括公认标准和局方接受的其他标准；申请人应按局方规定的格式和方式提交符合性方法。符合性方法是对各个条款和具体的各个系统应该满足哪些要求、应该符合什么标准的更细化、更具有操作性和实施性的要求，以便进一步表明对审定基础的符合性。

这些标准和要求，可以是国际上、国内的公认标准，也可以是局方和申请人商量以后认为可以接受的标准。比如新能源汽车在汽车上广泛使用，汽车锂电池的测试标准比较齐全，航空电池与汽车电池有很大不同，但是汽车电池的很多测试要求、测试标准可以借鉴，申请人和局方可以详细讨论确定航空器所用的电池的标准里的要求和内容，可以全部采用某一公认标准，也可以部分采用、局部修改某一公认标准，或者申请人 / 企业建立自己的标准然后获得局方认可接受。

比如，在 CCAR-23 部 R4 版里，该类型飞机适航标准为 56 页，其中起落架系统本身主要有 1 个条款（23.2305 条起落架系统），要求起落架起支撑作用，要符合运行、使用中的各种条件，包括正常、应急等要求。那么，在考虑符合性方法时，可以参考某个 ASTM 标准（如 ASTM F3264-19），也可以采用 CCAR-23 部 R2 版时对起落架有关的 20 多个条款的详细要求，像起落架的落震试验要求、高度等。

确定了标准之后，就可开始对航空器进行符合性验证，用标准检验设计，最终得出符合性结论。通过写报告、作分析、试验室试验、航空器试验、开展试飞、模拟器试验等不同的方法来证明航空器是符合相应的标准和要求的，最后输出有关的

手册、持续适航性资料、数据和文件等。

验证的过程中，首先要通过制定审定计划进行项目具体工作内容分工和管控。审定计划通常会包括符合性方法、符合性验证思路等，编制检查单（或者符合性方法表 / 检查单列在审定计划中），把条款、要求、符合性方法、验证思路、符合性验证文件（名称编号和版次）、申请方人员分工、审查代表（或授权的委任代表）分工，实施计划进展等都列出来，从项目层级和专业层级进行跟踪监督，最后确保完成所有的符合性验证工作。

适航审定符合性验证过程中常用的方法（MC）通常会分成 10 类，但在实践中，各个型号并不是只局限于这 10 类，在现有的垂直起降航空器审定过程中也会建立新的符合性验证方法类型，工业方申请人和局方约定好一致统一即可。

垂直起降航空器的符合性验证工作开展前，一般在型号设计基本定型前，很重要的一点是要确定整机安全性水平 / 目标。在考虑运行、使用场景和限制等的基础上，对航空器的安全性水平进行综合考虑，确定整机安全性水平等级，明确安全性水平是 10 的负几次方。整机安全性目标确认后，还需要进行重要关键系统的安全性等级确定，部分系统有可能会高于整机安全性水平等级。运输类客运飞机的整机安全性水平一般是 10 的负 9 次方，如果是正常类的 CCAR-23 部的小飞机，如 5 座以下，可能是 10 的负 6 次方。垂直起降航空器根据是否在城市等人口密集区域飞行，机上是否有乘员等运行要求和限制进行确定。如果机上不载人，当其它条件相同时，比载人的航空器整机安全性要求低。中国民航局方正在制定标准以指导安全性有关目标的确定。

一些新颖设计特点，像飞行转换、包线保护等，是局方符合性验证审查时重点关注的內容。如果该机型使用了新的材料、

## 给直升机的“出生证”盖戳

文 | 杨华

“通用航空”与“运输航空”一起组成了中国民航的“两翼”，因此直升机亦是中国民航的重要组成部分。直升机能够垂直起飞和着陆，能在空中进行悬停和定点转弯，能沿着任何方向做机动飞行。直升机的这一优势特点，筑牢了它在通用航空领域的主力军地位。

一架直升机的诞生是从“设计”开始的，从设计研发到投入市场运行，“试飞”始终扮演着重要的角色。正如集飞机设计师、制造工程师和试飞员于一身的德国航空先驱李林达尔所说的那样：只有飞行才意味着一切。实践是检验真理的唯一标准，人类发明和研制的任何航空器都要进行飞行试验，以检验航空器的性能指标是否满足设计要求，其安全水平是否符合规章标准。

图 | 环球网

结构构造、设计理念等，局方也会考虑进行重点审查，像主承力结构用复合材料，重要关键零件使用增材制造技术等，如果使用了新能源，如氢能，锂电池等，也是局方适航审定审查的重点。

在审查过程中，一些传统上重点关注的领域也需要重新审视，比如高强度辐射场，如果是在城市低空运行的载人航空器，电磁辐射影响可能会更大；关于鸟撞，业界有不同观点，当前全世界拟取证的比较成熟的垂直起降航空器构型常使用多旋翼升力桨推力桨（或倾转旋翼），低空、低速飞行。在这种情况下，在低空飞行的鸟撞风险更大？还是在用旋翼、推力桨飞行的过程中，鸟会避开，所以鸟撞风险降低了？这个问题可留待实践检验（载人的话原则上先标准保守些，再通过实践确认是否需要调整）。

垂直起降航空器的未来，有人驾驶的话，跟传统航空器及空管领域可以兼顾，有现成的规定和要求。如果是无人驾驶的话，暂时隔离、今后融合是必然的趋势。在运行使用时，垂直起降航空器不需要传统的跑道机场，甚至可能比传统直升机停机坪、起降场地面积要求还小。垂直起降场的建设要求如场地面积，周边净空保护范围，灯光等，与航空器垂直起降能力、转换飞行过渡形式和包线、导航、起降定位方式等，需要匹配起来。有必要建立新的垂直起降场等标准，以便更好地打通垂直起降航空器设计生产审定之后的运行和使用。

### 局方审查介入程度

对垂直起降航空器进行适航审定的过程中，局方通常不会 100% 地全部进行审查。局方会考虑新颖独特的点，考虑运行的特殊性、新技术的应用、系统安全性等级等，同时考虑申请人 / 公司的设计保证系统成熟度、系统 / 人员能力和经验、经

历等，确定局方审查介入的程度和内容。

2020 年以来，民航局推出民用无人驾驶航空试验区的建设，局方联合各地方政府批准和提供了多个民用无人驾驶航空试验区，给予场地、政策、资金等支持，无人机企业可以提前进行运行试点或试运行。笔者在赣州挂职时做过中型电动垂直起降无人机的医疗物流配送试点，现在已经得到广泛推广和商业性的实践，该公司拟在合适的时机申请型号适航审定。这也是民航局支持民用无人驾驶航空器创新和探索而推出的“审运结合”创新模式。

在垂直起降航空器研发设计或者试点过程中，可以通过申请适航批准中的特许飞行证来开展飞行，以便同步摸索优化航空器的技术指标和特征特性，探索可能的商业用途和运行路径方法等。

### 道虽远，行则将至

在文章的最后，提几点希望：希望工业方加强能力建设，了解适航审定的路径和要求，及其方法论；鼓励和支持第三方专业机构的发展，包括与地方政府共建适航审定技术评审机构等，如在知识产权保护基础上，设计和适航取证能够分离，可促进行业的发展和人才共享。工业方在理念上能够从“要我适航”变成“我要适航”。局方转变职能，深化简政放权，创新监管方式，创建服务型政府。各方一起直面技术上和管理上的困难，实事求是，解决问题，稳步前进。总的来说，从思想上、理念上要创新、开放、包容、审慎；在协调和沟通上，各方主动、担当、作为；做到安全与发展、质量与发展的平衡，以创新谋发展，以发展谋未来。

道虽远，行则将至。■



## 试飞的基本阶段

直升机的试飞可以分为四个阶段：研发试飞、申请人表明符合性试飞、审定试飞以及功能和可靠性试飞。

研发试飞是在验证试飞前，是为调整直升机、发动机及其各系统、机载设备，使其符合验证试飞的构型状态而进行的试飞活动。表明符合性试飞是申请人按照局方批准的试飞大纲进行验证试飞，用于自我表明直升机对适航条款的符合性，这两类试飞都是由申请人来实施的。

申请人完成表明符合性试飞后，向局方提交试飞报告，供审查组审查、判断试飞结果是否满足条款要求。审查组看完试飞报告之后，局方试飞团队组织开展审定试飞，以评估直升机的性能、飞行特性、操纵品质、飞行程序等对规章条款的符合性。随后，审查组通过功能和可靠性试飞，检查原型机及其机载设备的适航性状况。

因此，局方试飞员也获得了一个光荣的称号——直升机“出生证”的盖戳人。

## 建立专业队伍

为了组织开展审定试飞，中国民航局需要组建一支专业的审定试飞队伍。从2012年至2013年，笔者和两名试飞工程

师受民航局的委派到美国国家试飞员学校（NTPS）完成了旋翼机试飞员课程的培训，获得了旋翼机试飞员的资质，中国民航局从此组建了自己的直升机审定试飞队伍。

直升机审定试飞团队的建立，实现了直升机适航审定“试飞专业”从无到有的突破。在此之前，困扰直升机适航审定的问题，主要是：没有自己的专业试飞人员。审查组只能通过审查文件资料和报告的方法来判断直升机对规章条款的符合性。

在规章条款中，明确要求使用飞行试验的方法来表明符合性的，审查组只能聘请、授权工业方的试飞员完成符合性判断。在聘请试飞员的过程中需要协调时间，需要对他们进行初步的适航审定培训，要花费大量的人力和物力，会给申请人带来很大的成本。另外，随着现代直升机的日趋复杂，加上人为因素的耦合，在某些方面完全用数学方法和定量数据来表明符合性已经变得比较困难了。比如说对直升机飞行品质和人机界面的评定就包含了许多评估技术，需要专业上的培训。所有这些给审定局方的服务能力带来了一定的影响，同时也不利于直升机工业的发展。

在中国民航直升机试飞团队成立之前，对国外申请人来说，我国缺少自己专业的试飞团队，同样会面临这样的问题。只靠审查文件，缺乏自己专业的试飞队伍进行试飞评

估，对于认可审查的宽度和深度产生了不利影响，会给国家造成一定的损失。同时，面对欧美航空强国的审定局方，像 FAA 和 EASA，他们有完善的直升机试飞体系和强大的审定试飞能力，我们这种现状会让他们对我们的审定能力、审查质量产生质疑，不利于我国民用直升机的国际化发展。

## 10 年磨炼与沉淀

自直升机试飞团队成立以来，经过 10 年的磨炼和沉淀，我们从青涩逐步成熟、自信，审定试飞能力得到了很大的提升。从对于直升机型号的认可审查来看，我们的试飞团队实现了评估试飞零的突破，结束了对国外的审查只能进行“体验飞行”的历史。我们通过评估试飞发现问题，提出建议措施的方式，加深了我们对国外直升机的审查力度，同时也增强了国外适航当局同行对我们的信任，增强了中国民航的话语权，为实现三足鼎立（CAAC、EASA、FAA）的局面创造了条件。截至目前，我们试飞团队先后完成了多个国外直升机型号的认可审查任务，其中包括美国罗宾逊公司的 R66 型直升机、西科斯基的 S76D 型直升机、贝尔公司的 505 直升机，还有莱昂纳多的 AW169、AW189，法国空直公司的 EC135、BK117 和 H215 直升机，



赢得了国际同行的认可和赞誉。

从对国内型号来看，我们先后完成了 AC311A 和 AC312E 以及 AC352 直升机的审定试飞。我们从 AC311A 的小试牛刀一直到 AC312E 的大胆介入，再到 AC352 直升机的全面主导，审定试飞的介入程度和安全管理水平都得到了很大的提升。

AC352 直升机是一款按照运输类适航规章审定的运输类直升机，它可以用于医疗救援、执法、海上通勤、商务运输以及搜救等任务。AC352 直升机在 2016 年 12 月 20 日进行首飞，共完成了研发试飞 75 小时，表明符合性试飞 425 小时，审定试飞 71 小时，功能和可靠性试飞 52 小时，并于 2022 年 7 月 22 日获得了民航局颁发的型号合格证。

在我们对 AC352 直升机进行审定试飞的过程中，从审定计划、试飞大纲、试飞报告等文件资格的审查一直到审定试飞科目的选取、实施和结论的符合性判断，试飞团队全面主导了整个试飞的过程。

同时我们还以“并行试飞”的方式参与了一些高寒和次高原科目的试飞，我们参与了次高原环境的 A 类起飞和着陆性能，近地面操纵等高风险的试飞科目，为申请人节省了人力、物力和时间成本，有效缩短了取证周期。

我们从 AC311A 的小试牛刀一直到 AC312E 的大胆介入，再到 AC352 直升机的全面主导，审定试飞的介入程度和安全管理水平都得到了很大的提升。



我们在整个审定试飞过程当中，对适航体系的建设也做了一些积累，在这个过程中逐步建立了规范的适航审定试飞管理体系。特别是在审定试飞的流程管理和试飞风险的管理方面，有了很大的变化和提高，基本上做到了与国际标准的统一。通过几年的合作和引领，我们建立起了一套与国际接轨的民用直升机试飞风险管理体系。

## 风险性与严酷性

直升机的空气动力学原理和试飞的基本原则在某些情况下与固定翼飞机相同，都是伯努利定理在航空领域的应用。但是直升机由于独特的“旋翼”升力设计，在飞行中容易受涡环、反扭矩、陀螺仪进动等气动特性的影响，使得直升机的飞行操纵变得非常复杂。

AC352 直升机的“振动”试飞一直是直升机研发设计的最大难题，也是影响直升机飞行安全的最大问题。为了验证直升机对相关振动条款的符合性，AC352 直升机进行了在 VNE 与 0.95 倍最小旋转速度的组合和 VNE 与 1.053 倍最大旋转速度组合两种极限状态下的符合性飞行试验。VNE 是指直升机的不可逾越速度，进行这个试飞科目的难点主要是在空气动力学方面，在大转速下，旋翼桨叶的离心力会增加，1.053 倍的最大旋翼转速代表了旋翼桨叶离心力的最大载荷，小转速的离心力的减小导致桨叶挥舞角增大，因为直升机的旋翼是由桨叶组成的，会在力的作用下上下挥舞。0.95 倍的旋翼转速代表了桨叶挥舞的最大载荷。在这个时候，再叠加不可逾越速度 VNE，使得旋翼系统承受的载荷基本上达到了直升机旋翼的临界点。此外，在大速度下，桨间马赫数也是一直在增加，可能会出现激波效应。如果速度过大，激波会发散，后行桨叶可能会出现

反流区。适航规章就是要求通过试飞的方式，摸索出直升机安全飞行的极限速度和旋翼转速的极限包线。

这个科目主要存在以下几个难点：

一是在试飞过程当中，需要把有动力的不可逾越速度和无动力的不可逾越速度都要进行一个探索。在从有动力 VNE 过渡到无动力 VNE 的过程中，为了模拟真实发动机的情况，我们需要试飞员延迟 1 到 2 秒才能够进行操作。在自转状态下直升机的下降率很大，最大可以达到 3000 英尺（914.4 米）/ 分钟，我们试飞的时候高度有限，一般不超过 4000 米，如果超过 4000 米就需要带氧气。同时，试飞员需要预留出足够的安全高度改出自转的状态，这样留给飞行员完成试飞动作的操作窗口就比较小。

二是在试飞过程中试飞员需要关注的关键参数比较多，像高度、速度、旋翼转速、滚转、俯仰姿态等等，同时试飞员还要握杆控制操作。当感受到机体的振动加大或者操纵量大于极限的时候，试飞员需要立即改出试飞状态，这样的话，进一步增加了试飞员的操纵负荷。

三是在试飞过程中，为了达到目标空速和旋翼转速，需要直升机从高空俯冲的时间比较长，下降率在俯冲的过程中就会变得很大，导致空速管的气动攻角会增加，甚至出现超出空速管测量范围的情况，导致指示空速的误差非常大，进一步加大了试飞的风险。

在刚开始的时候，试飞员很难做到使速度和旋翼转速同时达到目标。往往是速度达到了然而高度不够，因此被迫改出，无法完成动作。或者是旋翼转速达到了，速度却不够。这样就给试飞员带来了很大的时间压力。试飞员只能通过尝试不同的操作方法，选择不同的高度进行俯冲，提前加速到目标速度，再调整总矩，达到目

标旋翼转速。

经过一步步的摸索和反复实验，在大家的齐心协力下，我们顺利地完成了这个试飞科目，并且达到了试飞目标。这个试飞科目考验了直升机的振动水平和强度，考验了试飞员的试飞技术和心理素质，充分体现了直升机试飞的风险性和严酷性。

## 新技术提出新挑战

绿色、高速和智能是直升机未来的重要特征，也是引领直升机技术发展的重要方向。围绕绿色直升机发展的需要，直升机设计要逐渐走向动力、气动、噪声、结构等多学科的优化。随着动力电池技术的不断进步，电动直升机将会迎来发展的春天。目前来看，中国的动力电池技术获得了很大的突破。从高速旋翼直升机技术来看，倾转旋翼、共轴刚性旋翼和复合推力三种是高速直升机技术的发展方向。自主飞行控制技术、人工智能计算机辅助技术是未来智能直升机的一个发展方向。

目前，世界上研制生产民用直升机的厂商主要有空客直升机公司，意大利的莱昂纳多直升机公司，美国的贝尔公司和西科斯基公司。这 4 家公司占据了国际民用直升机的主要市场，各大公司均具有相对完善的民用直升机谱系，一直在积极投入资金，推动民用直升机技术的发展。比如空客公司的 H160 直升机，创新应用了新型的 BlueEdge 旋翼技术，优化了噪声和振动水平。贝尔公司以 Bell429 为原型机，成功验证了“四涵道电动尾桨”技术，目前正在研发阶段，还没有真正应用于批生产的直升机中。莱昂纳多公司的 AW609 为高速旋翼机技术的应用开创了先河，目前接近于取证阶段的尾声。在人工智能方面，空客直升机（FlyScan2017）和西科斯基公司在直升机的 HUMS 系统上展开了

大胆的尝试，主要是为飞行员提供一些预告警，在保障试飞安全当中发挥积极的作用。我国在新技术的应用方面还有一定差距，处在研究和跟踪的状态下。

民用直升机新技术的出现对直升机的试飞技术也提出了很多新的挑战，特别是动力电池技术的应用，将推动民用直升机适航规章的改变和试飞方法的提升。传统的发动机输出功率与外界环境息息相关，随着外界环境的变化，它的功率输出和一些特性都会发生变化。而电动飞机在这方面就不存在这个问题，一直有稳定的功率对旋翼和尾桨进行功率输出。如此一来，就完全颠覆了传统的概念，性能和特性需要制定新的规章和条款来进行界定，试飞方法和理论也需要一个新的定义。高速旋翼机具有直升机和飞机的共同特点，现在的适航规章在高速直升机审定的过程中使用的审定基础和审定验证方法、飞行方法都需完善。据了解，现在运用于运输类飞机的适航规章，适用于他们审计技术的内容不到 30%。直升机和高速旋翼机的试飞方法，包括审定基础，没有一定的可比性，存在很大的差异。智能技术对试飞的要求主要是电子技术和 AI 技术的功能和可靠性方面的试飞方法和试飞技术研究。

从 20 世纪 30 年代世界上第一架直升机“试飞”成功以来，安全、舒适、环保、经济一直是民用直升机技术发展的主旋律。试飞技术与直升机技术获得了同步的发展，试飞试验也从早期危险的工作发展成一门高度严密的学科。在当前世界民用直升机技术快速发展的形势下，我们要立足国内现状，紧密把握发展趋势，推动国内民用直升机技术和型号的发展，共同推动运输航空和通用航空“两翼齐飞”。（作者为民航适航审定中心直升机试飞员、正高级飞行员）■

# 试飞铺就通天路 ——我的试飞感悟

文 | 张景亭

“祖国终将选择那些忠诚于祖国的人，祖国终将记住那些奉献于祖国的人。”每当我看到或听到这句熟悉的话语时，都会感慨万千，想起 30 多年前刚走进试飞行业时，首次在工厂车间墙上看到的标语：“我为型号做贡献，型号培养我成才”。这是对所有型号工作者的激励，也是我几十年试飞工作的深刻体会。

几十年的试飞经历，感触良多、收获颇丰。试飞员是试飞行业乃至航空工业的一支特殊队伍，试飞员水平的高低直接关系并影响着航空业的发展。

## 试飞员：“一家三者”

优秀的试飞员是怎样的？可能每个人有不同的理解和定义。我个人认为，试飞员就是“飞行员+工程师”的完美结合。领导曾经对试飞员的定义是“一家三者”：科学的探险家、理论的探索者、设计的参与者和飞行的先行者。这同时也是对试飞员的要求。

“设计的参与者”是除实际试飞外我最有兴趣、也是体会最深的一句话。从 20 世纪 90 年代到现在，我们积极参与了多型号飞机的控制律开发和优化。对电传飞机来说，飞行控制律的好坏直接影响到飞机的飞行品质，而飞机的飞行品质又直接影响到飞机性能的发挥和飞机的安全性。对试飞员来说，参与新机试飞是技术水平的体现，而参与飞机设计更是对试飞员能力的严苛考验。

例如在控制律的开发和优化过程中，试飞员在模拟器上利用特定的试验动作对飞机系统进行验证。这些试验动作可能是特殊动作，也可能是常规飞行经常要用到的或者是为了检查飞机某些特性而专门设计的动作等；再使用普遍认可的评价手段，如库珀-哈伯驾驶员评定方法、负荷评定方法、PIO 评定方法等，将模拟器飞行中的感受和模糊的印象进行量化评价，以方便、有效地和工程师交流；同时将发现的问题准确描述，并尽可能给出解决问题的办法或方向。这个过程看似简单，实则非常复杂；因为能够准确发现问题并给出解决问题的适当方法，不是每个试飞员都能做得到的，这和试飞员的经验、敏感性及知识结构等都有密切关系。

此外，试飞员对飞机的评价主要是根据完成任务的有效性、难易程度和安全性来作为依据，也是一种感知的评价；而工程师主要是依据数据标准。这两者之间有时可能会出现不一致的情况，这个时候要判断到底谁是正确的、合适的，就会有一定难度，这就需要试飞员和工程师进行充分的沟通，这个沟通过程有时候

是非常艰难的。因为双方都可能极力想要说服对方，来证明自己观点的正确性。作为试飞员，在这个时候不能仅仅谈感受，必须把影响因素、影响的关键点以及某些参数对该飞行状态的影响程度等都能够说清楚，这样才能说服工程师去做改动。这个过程对于成熟的和有影响力的试飞员来说相对容易一些，但是对于年轻的试飞员来说比较困难，因为工程师们对年轻试飞员还不是特别信任。

## 试飞员能力素质

试飞员在试飞中的作用非常重要。国际试飞员协会（SETP）在 20 世纪七八十年代把试飞员的价值描述为：客观、正确、诚信、能力。的确，这也是合格试飞员所必备的素质。但是在实际工作中要做到这四点却非常不容易，总会有这样、那样的干扰或压力。

试飞员的任务就是追求客观真理。试飞员们虽然尊重科技，尊重科研人员，但却不盲从，而是要在实际试飞中去验证新机。试飞员的意见对千万人的劳动成果具有法律上和经济上的重大影响。一旦他们的判断有重大错误，轻则带来经济损失，重则影响一代航空新产品的命运。试飞员

要忠诚地履行他们的神圣职责，要能够胜任他们的神圣使命。试飞员的职业要求他们不能说假话，只能说真话，以赢得所有业内人士的信任和尊重。

比如，在图-204 飞机的试飞过程中，试飞员发现飞机有振动，虽然振动不是很大，但试飞员认为长时间的振动对飞机安全还是有影响的。但是设计方很多人都说没问题，要试飞员签字认可，此时试飞员却顶住压力坚持不签字，为此也招致了很多责难。但是，也正是在他的坚持下，最终找到了振动问题的关键点，并对此进行了改进；而在飞机改进之后，在是否需要重新进行试飞验证这个问题上又发生了争执，好在这个试飞员在业界很有权威，而且他认定的事也会非常坚持，最后就严格按照程序重新进行了试飞，保障了该型新机定型的质量。这就是试飞员职业素养的真实体现，为客户负责，为产品负责。

试飞员除了具有以上的素质外，还应该具备良好的策划能力、执行能力和评估能力。有了高水平的能力，才能真正做到客观、正确。什么是策划能力？试飞员必须要有制定大纲、试飞方案以及试飞任务书的能力。试飞员不一定去亲自做，但是要懂得怎样做。只有把所有的方法、过程 and 标准掌握了、理解清楚了，才能做到心



中有数。执行能力则是试飞员最基本的素质，就是有能力完成任务单中规定的所有试验内容，特别是一些特殊课目，诸如最小离地速度、空中最小操纵速度等科目。

除此之外，还有一个非常重要的方面，就是根据飞机用途和担负任务特点对飞机或系统有针对性地进行评估，这就是试飞员的评估能力。这是一种主动的作为，也是进行现代飞机试飞所必须具备的能力。评估能力还体现在评述报告的编写上，无论是分科目评述还是阶段性评述都非常重要，目前型号定型时试飞员所作的“试飞员评述报告”已经成为新机定型必须而且非常重要的材料之一。

试飞员要具备以上素质离不开培养。通常试飞员都是在成熟的飞行员中进行选拔，然后送到试飞员学校进行培训。我认为试飞员学校对试飞员主要进行着以下三个方面的培训。

首先是机型经验的增加。无论 FAA、EASA 还是中国民航局的标准，试飞员在试飞员学校要飞 11 个以上的机型（含模拟机），针对不同的飞机设置不同的科目，使飞行员对“好的”飞机、“坏的”飞机，先进的飞机、老旧的飞机，战斗机、运输机等所有类型的飞机都有一个认识，增加不同机型的飞行经验，这样面对今后的飞机问题时可以一眼看穿，准确发现问题。

其次是试飞理论和技能的掌握。理论是基础，是基石。没有扎实的理论功底，就不可能有完美的试飞技能。除了要学习空气动力学、发动机、控制、飞机结构、航空电子等相关航空基础知识外，还要重点学习飞行品质、飞行性能、人机功效、结构强度、动力试验、数据处理等试飞理论；还要掌握适航规章以及其它如库伯-哈伯准则、PIO 准则等一系列评价方法。还有非常核心的课程——试飞方法，即学习怎样测试飞机性能、飞机特性、系统能

力等。安全也是培训的重要内容之一，要学会对试飞科目进行风险分析、风险化解，保证试飞安全；更重要的是要学会发现飞机的安全隐患，通过特殊课目排除飞机的安全隐患，使得飞机尽可能地安全好飞，并能实现设计师的目的。

第三，观念的转变。这是非常重要的一环。飞行员首先要学会如何适应飞机，通过改变自己把飞机飞得更好；试飞员则要尽量找飞机的问题，改变飞机使其适合于我。其次，飞行员在飞机规定的安全区域内飞行，不能越雷池半步；而试飞员是要寻找安全边界，为了确定这个边界，常常要去边界周围甚至边界外试验飞机的性能、状态到底是怎样的。三、飞行员所飞的飞机是成熟的飞机，稳定性、安全性都比较好；而试飞员所飞的都是试验机，此类飞机基本都处于问题密集、故障多多的状态。因此，试飞员需要把处置异常情况作为飞行的常态，这一点非常重要。

除了基本技能之外，试飞员还需要具备良好的工作作风。良好的工作作风包括三个方面：勇敢、敬业和严谨。举一个勇敢方面的例子，某型飞机试飞时发生严重的振动，不解决振动问题，就无法开展跨音速飞行，该型飞机就无法定型。而振动对飞机来说是一种非常危险的现象，可能使局部的结构损坏，进而损毁飞机。为了找到振动的根源，该型飞机的试飞员明知危险大还是勇敢上机进行试飞，当飞到跨音区的时候，飞机振动非常强烈，直到感觉飞机快要散架了，试飞员才向地面报告说，飞机振动很厉害，要不行了，地面指挥根据情况说再坚持一下，稍后振动突然消失，尔后飞机操纵出现异常，试飞员凭借超强的心理素质和高超的驾驶技能最终操纵飞机成功返场着陆，落地之后发现飞机方向舵已经没了，由此判断振动源在方向舵。

## 试飞技术的发展

试飞技术包含很多内容，可以分为试飞设计、试飞测试改装、试飞动作及试飞结果分析等，其实最终都是为了完成对飞机的评价。而就飞机评价来说，整个过程也经历了数据评价、飞行员主观评价及任务相关性评价等几个阶段。

最初，试飞成为一个独立的专业时，评价飞机品质的好坏主要看数据。无论是飞行性能、飞行品质，还是结构、系统等方面无一不是以数据说话。但是后来会发现，这些数据有时并不能完全覆盖飞机所有的性能指标，或者某些方面还和飞行员真正的感受有差异。为了解决该问题，便引入了前文所述的飞行员主观评价。

经过几十年的试飞实践，我国的试飞技能也有了飞跃式的发展，比如对电传飞机的评价、大迎角的试飞、颤振激励技术的试飞等，这些方法经过不断实践、改进，都已经达到或接近国际水平。

近十几年来，在经过了新舟 60 飞机、运 12 飞机以及 ARJ21 飞机的试飞之后，已基本形成一套完整的试飞方法体系，并把这套方法体系成功运用到了 C919 飞机的试飞当中，现在中国的民机试飞已完全可以做到自主、可控。

## 试飞安全是永恒的主题

安全是试飞永恒的主题。通过分析影响试飞安全的因素，特别是管理方面的因素，我们建立了一套完整的试飞安全管理体系，这套体系已经应用于整个试飞行业。其中良好的心理素质，灵敏的应变能力，风险的识别与规避，过硬的驾驶技术，严格遵守规定，都是试飞员保证安全的重要因素。

影响试飞安全的因素大致有以下几类，一、重大新技术突破：如首次使用电传操

纵、首次超音速飞行、前掠翼的首次尝试；二、解决试飞中的问题：如振动试飞等；三、特殊科目：如单发空中启动、大迎角试飞、颤振试飞等；四、意外情况：如飞机本体设计、制造认识不到位、材料不过关而发生的故障等；五、人为和环境因素。

如上所述，影响试飞安全的因素有很多，包括人为、机械、天气、新技术、高难风险科目等。通过对试飞行业多年来发生的严重飞行事故进行分析发现，因风险高难科目导致的飞行事故几乎没有，因新技术的研究验证也仅有一起。发生严重事故最多的是在一般科目试飞或训练及临时性表演飞行，主要是人为造成。也就是说，在多种事故因素中还是人为因素为最多。这说明什么问题？说明在试飞中不怕科目风险复杂，就怕飞行不认真。只要认真对待，认真进行风险分析，制定合理的安全措施并按规矩实施，就能够化风险为安全。否则再简单的科目如果不认真对待，没有对飞行的敬畏之心，发生事故是必然的事。当然，在试飞当中，虽然人为出的差错多，但人为化解的风险更多。

测试进入 5G 时代，我们可以获取海量的数据，可以利用海量传输和大数据处理，这样可以减轻工程师的负担。由此还可以进行虚拟试飞，通过模型计算和数字仿真等进行模拟飞行。通过模拟试飞可以做到提高效率、降低风险、补充扩展以及演示验证。

在对未来试飞充满期待的同时，我们也不能忘记，正是早期的试飞员们以无畏的勇气砥砺前行，才铸就了今天试飞事业的辉煌，正所谓“百年飞行，百年试飞”。

（作者为国家特级试飞员）■

# NASA 持续加大新技术研发投入力度

文 | 吴蔚 李蕴 张钰栋

2024 年 3 月 11 日，美国白宫公布 2025 财年政府预算申请详情，其中美国国家航空航天局（NASA）2025 财年预算为 254 亿美元，较 2024 财年 249 亿美元的拨款额增加 2%。

2025 财年 NASA 用于民用航空科技研发的航空研究预算为 9.658 亿美元，较 2024 财年 9.35 亿美元拨款额增加 3.3%，经费将用于支持 X-59 安静超声速技术验证机（QueSST）、X-66 跨声速桁架支撑翼（TTBW）验证机以及其他飞机与发动机先进技术等的研发工作。

## 2025 财年航空研究预算基本情况

2025 财年 NASA 航空研究预算仍通过 5 个研究计划支持研发活动，各计划的预算额分别为：空域运行与安全性计划（AOSP）1.512 亿美元，先进飞行器计划（AAVP）2.788 亿美元，综合航空系统计划（IASP）2.644 亿美元，变革性航空概念计划（TACP）1.553 亿美元，航空学评价与试验能力计划（AETC）1.162 亿美元。NASA 2025 财年航空预算主要支持 NASA 领导开展 4 个方面的创新性航空研究，具体包括：

超高效运输机项目。NASA 为美国 2050 年实现温室气体净零排放目标提供支撑。在可持续飞行国家伙伴（SFNP）任务下，NASA 领导联邦部门和工业界开展可持续技术的研发。先进飞行器计划、综合航空系

▼ 图 | NASA

统计划、空域运行与安全性计划为本项任务相关活动提供支持。

高速民用飞行项目。NASA 安静超声速（Quesst）任务将验证超声速飞机（X-59 验证机）飞行中不产生大的声爆并调研地面的人们对超声速飞行噪声的反应。收集相关数据，为管理机构发展新的陆上超声速飞行规则提供支持。先进飞行器计划、综合航空系统计划为 Quesst 任务提供支持。

未来空域与安全性。NASA 正与美国联邦航空局（FAA）以及工业界、研究机构合作，实现空中交通管理系统的转变，使新型航空器安全融入并执行多种任务。空域运行与安全性计划为此提供支持。

先进空运（AAM）项目。NASA 先进空运项目将帮助新兴航空市场安全增长、融入航空运输系统，实现之前未覆盖航空服务地区的人员和货物运输，应用革命性新飞机和运行概念。AAM 管理技术将运用

于改善山火应对。空域运行与安全性计划及先进飞行器计划为此提供支撑。

除此之外，NASA 航空研究还支持开展跨领域概念与技术的基础性研究、开发地面和飞行试验能力及进行可行性验证等。

## NASA 航空研究工作计划

首先是空域运行与安全性计划。该计划旨在开展空中交通管理和运营安全性概念相关的研究与技术开发。2025 财年，NASA 将主要开展如下工作：评价小型无人机执行超视距任务安全使用的运营标准和性能要求；启动基于跨政府部门运行概念的山火空中响应的空域管理技术和任务能力开发；向 FAA 和工业界交付工具和方法，支持先进航空技术和系统的安全性认证；与 FAA 合作促进 2045 未来空运运行构想的成熟、确定关键研发目标。如表 1

项目名称	主要目标或内容	2025 财年的主要工作
空中交通管理 - 探索 (ATM-X)	变革空中交通管理系统，以适应新型飞行器融入需求、优化民航航线飞行等。	开展一项复杂空域航空服务的运行评估，使用机器学习和基于云的数字信息平台的数据验证航空运行可持续性的提升；确定航迹管理自动化的性能参数和开展仿真评估，以改善遥控飞机与常规飞机的融合。
空运探索者 (AMP)	项目前身名为先进空运 (AAM)，2024 财年更名为空运探索者，开展实现 NASA AAM 构想相关的架构、空域、自主相关关键领域的研究，开展 AAM 系列综合评价活动。	与一家电垂直起降飞行器制造商和 FAA 合作开展飞行试验，建立基线性能，获取关键数据。
系统级安全性 (SWS)	研究航空系统和运营过程技术进步带来的复杂性、安全性问题，开发和验证风险预测和缓解的有关工具、方法和技术。	及时完成航空安全管理 (IASMS) 架构特性、所需服务、功能与能力的评价，开展采用机器学习的 IASMS 服务、功能和能力的保证方法评估，以实现紧急响应行动。
应急响应行动先进能力 (ACERO)	利用 NASA 开发的工具和技术，改善应对山火的航空响应能力。	开展本地信息共享、空域管理和飞机解除冲突的初步验证，以实现紧急山火处置所需的状态感知共享。

表 1 | 空域运行与安全性计划下的项目情况

所示，该计划下主要包括 4 个项目。

第二是先进飞行器计划，该计划支持先进工具、技术和概念的开发，使下一代民机更安全、更快速、更安静，能源利用更高效。2025 财年，该计划将开展：针对 2 个主要飞机部件验证需求，评估并选择高速复合材料飞机制造技术；持续开发

综合小型核心机飞机发动机技术，为 2027 财年验证做准备；开展超声速系统和任务的基础与应用研究；完成 X-59 验证机公众反应飞行试验（计划 2026 财年进行）的准备。如表 2 所示，该计划下主要包括 6 个项目。

第三是综合航空系统计划，该计划开

展综合系统级技术探索、评估与验证，发现最有前景技术的优势。2025 年，该计划将开展 X-59 验证机的首飞、声学验证试飞，以确认其声学特性满足安静超声速飞行的设计要求；完成 GE 航宇公司和 MagniX 公司电推进飞行验证机开发的最后阶段；继续开展波音可持续飞行验证机的研发，该机计划 2028 财年完成首飞。如表 3 所示，该计划下主要包括 4 个项目。

第四是变革性航空概念计划，该计划通过培育跨学科革命性概念、实现航空变革，利用航空与非航空技术的集成，创造新概念与技术。该计划 2025 财年将开展：推进先进计算与实验工具与技术研发，探索数据与决策支持工具以及 AAM 飞行的天气预判能力等新概念，继续授予大学研究项目并评估已有项目的成果。如表 4 所示，该计划下主要包括 3 个项目。

第五是航空学评价与试验能力计划，该计划为 NASA 航空研究的地面试验能力发展提供支持，涉及埃姆斯研究中心、格林研究中心、兰利研究中心共计 12 个亚声速、跨声速、超声速和高超声速风洞以及推进系统试验设施。近年来，该计划的预算额一直稳定不变。2025 财年该计划将开展风洞试验，评估上述三个研究中心有关设施的状态和健康情况，开发健壮试验方法，减少低速高升力飞行包线的飞行认证时间。

总体来看，NASA 2025 财年航空研究预算的主要变化有：调整了可持续飞行国家伙伴任务研究工作的投入，可持续飞行验证机项目增加了投资。因为 X-66 验证机进入设计制造阶段，电推进飞行验证项目由于结束了制造阶段经费将减少。高速复合材料飞机制造项目比原计划增加了经费，以完成机翼和机身部件的地面试验。另外，由于成本和进度出现问题，NASA 增加了低声爆飞行验证机项目的投入，以



按重新调整后的进度要求完成项目。NASA 还增加了先进飞行器项目中非二氧化碳温室气体排放的研究。

同时，NASA 航空研究预算继续维持近几年小幅增长的态势，研究重点仍在提升民用航空绿色和安全技术的研究与验证，涉及超声速民机、电推进飞机、下一代单通道飞机、城市空运飞行器空域运行等。围绕 X-59、X-66 以及电推进飞行验证的试验试飞活动已成为投资重点。

▲ 图 | NASA

表 2 | 先进飞行器计划下的项目情况

项目名称	主要目标或内容	2025 财年的主要工作
创新垂直升力技术 (RVLT)	研发降低垂直起降 (VTOL) 飞机噪声、提升安全性、实现 VTOL 飞机在集成空域环境中扩展使用的有关技术、工具。	研究 AAM 飞行器的坠毁安全性，识别吸能材料、开展人工鸟撞试验、开展冲击条件下电池包试验。
先进空中运输技术 (AATT)	开展未来民机相关先进技术和工具的研发，包括电推进和常规航空发动机的研究。	开展革命性无涵道风扇试验，2 兆瓦级电机空中试验和验证综合故障与热管理系统，完成跨声速支撑翼 (TTBW) 高雷诺数高升力试验。
混合热高效核心机 (HyTEC)	开发小型核心机涡扇发动机技术，实现较 2020 年同类最佳涡扇发动机油耗下降 5%-10%、空中 20%功率提取，2027 财年开展先进核心机验证，推进兼容可持续航空燃料 (SAF) 的高效小型核心机燃烧室设计。	在推进系统实验室中与工业界合作开展模拟高度条件下的双转子功率提升试验。
高速复合材料飞机制造 (HiCAM)	验证大型复合材料飞机主结构件制造技术较 2020 年技术实现高速生产（达到每月 80 架飞机）、降低成本、不产生重量增加，主要面向 21 世纪 30 年代中期服役的单通道飞机机体结构件的制造。	验证已规模化并集成到结构壁板生产的高速复合材料飞机制造技术。
民用超声速技术 (CST)	开展民用超声速飞行有关技术、工具等的研究。	完成 Quesst 任务的所有准备并准备好开展声学验证阶段试验。
高超声速技术 (HT)	高超声速推进系统、可重复使用飞行器技术、高温材料、系统分析等的研究。	涡轮组合循环发动机模式转换的技术开发。

表 3 | 综合航空系统计划下的项目情况

项目名称	主要目标或内容	2025 财年的主要工作
飞行验证与能力 (FDC)	通过飞行试验，验证新技术的优势、可行性和成熟程度。	利用 F-15 飞行试验台完成 X-59 激波结构的精确近场探测与空中成像，支持 X-59 的声学验证试验。
可持续飞行验证机 (SFD)	促进关键机体技术的成熟，这些技术很有可能转化到 21 世纪 30 年代服役的下一代单通道飞机实现降油耗、降排放和噪声，核心是 X-66 验证机。	完成 X-66 验证机的系统级初始设计评审 (PDR)。
低声爆飞行验证机 (LBFD)	X-59 验证机的设计、制造、地面试验和检测飞行。负责完成 Quesst 任务的第一阶段，主要是 X-59 的开发活动。开展 Quesst 任务第二阶段的声学验证试飞，随后本项目结束。之后 X-59 将转至 FDC 项目开展 Quesst 任务第三阶段试飞。	完成 X-59 验证机的首飞 (2024 年 10 月)，完成 X-59 验证机的包线扩展试飞、开始声学验证飞行。
电推进飞行验证 (EPPD)	通过飞行验证促进民机兆瓦级混合电推进系统技术的成熟。与 GE 航宇公司以及 magniX 公司合作，分别在萨伯 340B 试验台和“冲 7”试验台，开展 2 项兆瓦级混合电推进系统飞行验证。	达到项目成熟可开始装配、集成与试验的关键设计评审点。 magniX 公司完成关键设计评审和改装了 1 台电推进系统的“冲 7”飞机首次飞行的飞行就绪评审。 GE 完成萨伯 340B 飞机右侧发动机混合电推进系统的集成并开始此构型的试飞。

表 4 | 变革性航空概念计划下的项目情况

项目名称	主要目标或内容	2025 财年的主要工作
聚合航空解决方案 (CAS)	开展早期创新方案的快速可行性评估。	完成 3 项内容的可行性评估：空运用波速能源 (BEAM)、机场作为能源节点 (AENode)、可消耗飞行研究。
变革性工具与技术 (TTT)	开发创新性计算和实验工具与技术，以及新材料、飞机新型控制技术和实验方法。	开发新工具，对燃烧室产生的烟尘和氧化作用的机制进行建模，改善航空运输活动对环境的影响。
大学创新 (LBFD)	支持大学开展颠覆性技术及创新性概念的研究。	确定一种未来用混合电推进的单通道飞机的涡扇发动机设计等。

# 氢能能否助力 日本民机产业弯道超车？

文 | 董帼雄

2024年3月27日，日本政府宣布，计划与多家企业合作，共同推进新一代国产客机的研发，从而推动日本航空工业的发展。这意味着在SpaceJet支线飞机项目下马不到一年之后，日本再次向商用飞机研发发起挑战。

根据日本政府公开的信息显示，这一新的国产民机战略规划将主要围绕以氢能源为动力的下一代客机展开，而非当前主流的采用喷气发动机为动力的客机。同时日本政府还表示，SpaceJet支线飞机项目的失败主要归咎于对适航取证的难度预计不足、对供应链管控的能力不足、对民航市场需求变化不够这三大因素。在新一代国产客机项目中，日本将吸取经验和教训，通过国际合作等方式，力争在2035年左右完成新一代国产客机的研制工作。

▼  
图 | Airliners.net



## SpaceJet 无缘商用飞机市场

对于想进入商用飞机市场的制造商来说，支线飞机的研发往往被视为突破口。这一方面是因为相对于大型客机研制，支线飞机的研制难度相对较低，另一方面则是行业巨头对这一细分市场并未过多投入。因此，当日本时隔半个世纪希望再次在世界商用飞机市场崭露头角时，支线飞机也成为了自然而然的选择。

作为继YS-11飞机项目后，第一次独立研发设计商用飞机，2007年日本政府决定启动一个名为MRJ的支线飞机项目。但启动之初MRJ项目并无人问津，直到2008年巴黎航展上，全日空航空签订了25架启动订单。三菱重工则联合三井、丰田、住友、日本政策投资银行等成立三菱飞机公司作为MRJ项目的主制造商，同时还退出了与庞巴迪合作的CRJ项目。

在MRJ项目中，日本政府参考了世界主流飞机制造商的研发模式，提出采取“主制造商—供应商”模式，政府则作为一只“隐形的”手在背后默默支持。对日本政府而言，希望这种更符合现代企业管理的模式能够让企业依靠自身的活力走向成功。对一向标榜“与国家同行”的三菱重工而言，则希望依托项目，在国家的支持下，对国内相关上下游产业进行整合，增强企业的实力。

然而令日本政府没想到的是，尽管在

过去几十年来，日本企业曾参与多个商用飞机项目的配套生产工作，但航空业的“高级打工者”成为“主制造商”，难度远超了预期。MRJ飞机从设计到首飞就耗费了12年的时间，更令人没想到的是，后续的试飞取证过程更是颇多坎坷。

2019年三菱飞机公司将MRJ项目更名为SpaceJet，但这似乎并没有让这个项目“转运”。之后，由于受到美国支线飞机范围条款限制，三菱飞机公司推出了满足条款要求的76座级飞机，即SpaceJet M100。2020年，新冠肺炎疫情在全球爆发成为了压倒项目的“最后一根稻草”。SpaceJet项目在美国的试验被迫暂停，之后三菱飞机公司又将首架飞机的交付时间推迟至2023年，同时宣布启动SpaceJet M70的研发。但不久后，由于母公司三菱重工的业务也受到了疫情的影响，大幅削减了SpaceJet项目的研发经费，并关闭了三菱飞机公司在海外的所有分公司，将项目的研发工作迁移回日本本土。

然而时移世易，在经历了多次的推迟交付后，不仅全球商用航空市场的格局发生了变化，更重要的是民航市场的需求也早已今时不同往日了。首先，日本国内市场需求十分有限，SpaceJet项目高度依赖北美市场，但美国却在SpaceJet项目立项后不久，对支线飞机的引入条款进行了修订，且这一问题至今未得到妥善解决。此外，在这一细分市场，SpaceJet项目还

有众多的竞争对手，其中既有 E2 系列、A220 这样的“老手”，也有 SSJ100 和 ARJ21 这样的“新手”。从这个角度来看，SpaceJet 项目可挖掘的市场空间已经所剩无几，而这对于商用飞机项目的成败是极为重要的。2023 年 10 月，三菱飞机公司宣布将暂停 SpaceJet M90 相关研制工作。这不仅意味着经历了 7 次推迟的 SpaceJet 项目最终无缘商用飞机市场，更意味着进入新世纪，日本冲击商用航空市场的探索以失败告终。

## 同步布局新赛道

尽管 SpaceJet 项目最终未能进入民航市场，但在这一项目推进的那些年里，在日本航空航天局（JAXA）的带领下，日本企业围绕飞机电气化、超音速、先进材料和人工智能等领域积极谋划未来，提前布局航空业的新赛道。

围绕未来航空业“绿色环保”的主题，在 JAXA 的牵头下，日本专门成立了 Eclair 飞机电气化联盟，并制定了一份电动飞机技术路线图。参与该联盟的企业包括石川岛播磨重工（IHI）、川崎重工（KHI）、斯巴鲁、日立、三菱（MHI）和日本经济产业省以及 JAXA、高校和初创企业等。Eclair 联盟主

Eclair 联盟主要有两个目标：一是开发创新的电力技术，以减少二氧化碳排放和航空对环境的其他负面影响；二是为工业界内部的创新提供孵化环境，以刺激日本国内航空领域呈指数级增长。

要有两个目标：一是开发创新的电力技术，以减少二氧化碳排放和航空对环境的其他负面影响；二是为工业界内部的创新提供孵化环境，以刺激日本国内航空领域呈指数级增长。

根据联盟规划的技术路线图，到本世纪 20 年代，小型电动通用飞机将投入使用，同样的技术也将用于更大的通电飞机；随着电动机应用范围的扩大，路线图设想到本世纪 30 年代，电动小型商用飞机，窄体飞机或更小的飞机将成为可能；到本世纪 40 年代，电力推进将成为窄体和小型飞机的核心技术，从而显著降低燃料消耗；到本世纪 50 年代，大型飞机的电气化将达到其“理想形式”，为减少二氧化碳排放作出明确贡献。

在超音速飞机的研发方面，日本的表现则更为积极。JAXA 对超音速飞机项目的研究领域包括减少超音速运输机的声爆、起飞和着陆噪音、阻力和重量等多个方面。

早前，JAXA 就已经提出了 1 个 36 ~ 50 人的小型超声速客机概念。该机巡航速度为 1.6 马赫，航程超过 3500 海里。同时，日本国内还希望在研发这一机型过程中发展起来的技术可以率先实现超音速喷气公务机的研制。

噪音是超音速飞机最被诟病的缺点，为了降低噪音，JAXA 与诸多国际机构开展了技术合作。目前，JAXA 已先后与法国 Onera、德国 DLR、美国 NASA 签署了合作协议，共同进行声爆研究。此外，JAXA 还启动了一个名为 Fquroh 的亚声速研究项目。在这个项目中，JAXA 对起落架和后缘襟翼降噪装置进行了飞行测试，以减少进近噪声。Fquroh 项目的最后一部分是评估三菱飞机 SpaceJet 飞机上的起落架、襟翼和前缘缝翼的声学处理措施。尽管目前 SpaceJet 项目还未投入商业运营，但未来 JAXA 还将继续对该项目进行验证。

此外，在 JAXA 的带领下，日本还通过多个项目持续推动国内航空发动机的整体研发能力，加快融入世界航空发动机产业链。

早在上世纪七八十年代，在 JAXA 的推动下，石川岛播磨和川崎重工就通过 V2500 发动机项目参与低压转子的研发工作。如今通过几十年的发展，这两家企业早已成为了包括 GE、普惠、罗罗等在内的商用涡扇发动机重要的风险合作伙伴。进入新世纪后，JAXA 先后启动了 aFJR 项目、En-Core 项目、DANTE 项目，让更多的日本企业参与先进发动机项目的核心技术研发。

以 En-Core 项目为例，日本企业在发动机核心机中的研发比例进一步提升。En-Core 专注于两种技术，一种是极低氮氧化物（NOx）排放的贫油燃烧室，另一种是高温、高效、高压涡轮。贫油燃烧室采用 CMC 内衬以增加耐热性，减少所需冷却空气；采用能够大大增加与燃料混合空气量的喷嘴，具有防止结焦的绝缘设计；采用燃烧振动抑制技术以减轻由贫油预混燃烧引起的不稳定燃烧。高压涡轮将采用 CMC 定子叶片以减少冷却空气和相关损失，内部结构采用翼型剖面以获得更高的冷却效果，降低所需风量，采用减少气动损失的三维机翼设计以及膜冷却减少热冷气流混合区的损失。日本企业凭借自身在材料领域的研发能力，在项目的牵引下，其在发动机核心机研发中的参与度已经超过 6.6%。

同时为了进一步巩固在航空材料领域的优势，并充分将这些优势与下一代航空发动机技术结合起来，JAXA 推动的 DANTE 项目更是将目光聚焦到了下一代涡扇发动机高性能多级高压压气机这个更为尖端的领域。根据公开资料显示，未来 JAXA 将通过 DANTE 项目开发小核心超高

涵道比发动机的高性能多级高压压气机技术，目标是在稳定的工作范围内达到所要求的气动性能。该项目还将设计一个进气口，以有效抑制下一代发动机较短短舱的噪声。同时，DANTE 项目还将推进碳纤维多尺度分析和 CMC 失效模拟技术，开发用于未来发动机的复合材料旋转部件设计所需的疲劳寿命预测能力。

## 新能源能否助力实现弯道超车

此次，日本提出的新一代民用客机发展战略是政府自 2014 年以来首次修改的相关战略，根据这一新战略，日本计划研发的国产客机将不再使用传统燃油，而是基于去碳化需求所采用的新环保技术，以氢能或其他能源作为新一代客机的动力系统。日本政府和多家企业将在未来 10 年为这一项目共同投资约 5 万亿日元（约合 330 亿美元）。日本经济产业省和相关企业预计最早将在 2025 年启动相关工作。日本经济产业省的相关负责人表示，未来围绕航空业的可持续发展，日本不满足于仅作为零部件供应商，而是希望在碳中和等领域占据领先地位，与全球合作伙伴共

日本计划研发的国产客机将不再使用传统燃油，而是基于去碳化需求所采用的新环保技术，以氢能或其他能源作为新一代客机的动力系统。日本政府和多家企业将在未来 10 年为这一项目共同投资约 5 万亿日元（约合 330 亿美元）。

2023年3月，日本经济产业省还发布了《航空脱碳化新技术路线图》，按照共性问题以及电动化、氢动力、轻质化/高效化三个技术领域的划分，规划了至2040年日本在航空脱碳化方面的重点工作内容。

同研发新一代民用客机。同时，日本政府还表示，现阶段对于新一代飞机的动力来源还未完全确定，但可能包括混合动力、氢燃料和氢燃料电池等。

事实上，与欧美一些国家相似，日本多年前就已经开始规划氢能在商用航空领域的应用。

早在2022年，日本政府就通过新能源产业技术综合开发机构（NEDO），在其下设的“绿色创新基金”中拨款210亿日元用于氢能源飞机的研发。在基金会的支持下，2022年日本川崎重工宣布将开发氢动力飞机主要部件、氢燃料推进器和液化氢储藏罐，并计划于2040年投入使用。同时，川崎重工还与空客合作，围绕飞机供氢网络进行联合研究。

经过这几年的探索，川崎重工生产的世界首艘液化氢运输船已经投入运营，日本东丽先进复合材料公司也已在政府部门的资助下开展轻质长寿命复合材料液氢储罐研究工作。同时日本的航空公司、机场等相关要素也开始参与到氢能飞机的应用研发中。在新能源产业技术综合开发机构的支持下，三菱商事已经与北海道新千岁机场合作构建利用氢能的研究模型；大阪关西机场则与空客合作，探索运营氢燃料飞机所需的机场基础设施。日航及

其下属的日航工程有限公司与 Universal Hydrogen 也已经签署了 MoU，后者将为日航提供绿色氢供应和物流解决方案。此外，2023年年末，日本航空还与 H2FLY、通用氢、ZeroAvia 三家氢推进初创公司达成合作协议，研究将下一代氢动力飞机引入日本的安全性、经济可行性和可维护性。

与此同时，2023年3月，日本经济产业省还发布了《航空脱碳化新技术路线图》，按照共性问题以及电动化、氢动力、轻质化/高效化三个技术领域的划分，规划了至2040年日本在航空脱碳化方面的重点工作内容。

围绕未来氢能在航空领域的应用，日本在《航空脱碳化新技术路线图》中重点指出了两方面重点任务。一是，建立达成国际标准化所需的体制和功能，其中就包括非常重要的标准制定问题。如加入国际标准化组织；了解国际标准化组织、欧美航空管理机构、环境标准制定机构等的动向等。二是，为推进国际标准化、获得认证而进行环境建设。具体包括：建立验证环境以开发氢动力飞机（燃料电池、氢燃料），引入必要的试验设备以获取与氢动力相关的数据。措施包括：在考虑设备的优先度等因素之后，配备相关试验验证设备，以满足扩大的试验需求和适应极低温和长时间等试验条件；研究利用国外企业试验设备的机会，及重要技术验证设备在国内配备的方法。可以说，围绕氢能飞机的研发、生产、运营等多个环节，在此次提出新一代飞机研发战略之前，日本政府与行业上下游诸多企业已经提前进行了筹备与谋划。未来，氢能源飞机能否帮助日本在商用航空市场占有一席之地、实现弯道超车值得关注。■

## 天津，探索航空产业错位发展之路

文 | 齐汀

2024年4月12日，波音宣布其位于天津的民用航空复材厂（天津波音）厂房扩建项目正式竣工。天津波音成立于1999年，是波音在中国的第一家合资公司。此次竣工的是天津波音第三期扩建项目，项目扩建工程于2019年开始，旨在进一步提升公司的产能和技术水平，从而满足全球航空市场的需求，并进一步提升公司天津工厂的供应链地位。

无独有偶，2023年A320系列飞机第二条总装线项目在天津开工建设。从2008年至今，空客天津总装线已累计交付了630多架单通客机。而在项目的带动下，天津保税区航空产业也形成了明显的产业聚集效应，并逐步走出了一条错位发展的创新之路。

图 | 陶冉



## 总装线成为天津城市名片

空客与中国的合作可以追溯到 1985 年。当时，中国民航总局华东管理局引进了一架 A310，这是空客在中国卖出的第一架飞机。此后，为了提升在中国市场的竞争力，空客开始尝试在中国进行零部件转包生产。

此后，随着在中国市场占有率的不断提高，空客与中国产业链企业的合作范围不断扩大，层次不断深入。双方工业合作涵盖了从原材料采购到零部件设计与制造、大部件总装，直至飞机总装等多个领域。在 2008 年天津总装线投产前，空客在中国的工业合作总值已超过 1 亿美元。

另一边，以设立临空产业区和正式申请列入空客项目选址为标志，天津港保税区航空产业于 2005 年起步发展。在此之前，国家已计划将环渤海地区发展为继珠三角和长三角之后重点打造的经济开发区，但碍于天津经济的发展长期以来缺乏大型工业项目带动，因此与珠三角和长三角相比，一直是“雷声大，雨点小”。在此背景下，空客 A320 总装线能否顺利落户天津显得尤为重要。

2006 年 5 月 17 日，经国务院常务会议决定，空客 A320 总装线正式落户天津

——  
目前，天津已成为空客在欧洲以外唯一一个同时具备单通道和双通道飞机完成及交付能力的城市，空客天津项目也已成为中欧战略合作的成功典范、高技术合作的标志和天津的城市名片。

滨海新区。总装线项目工程包括：飞机总装车间、办公楼、飞机交付中心和相关配套设施和生活服务区，总面积约 9 万平方米。

选址确定后，双方的 10 个谈判小组对诸多细节问题进行了拉锯式交涉，仅中外员工的比例问题就经历了多轮谈判后才达成一致。

在经历了 20 轮谈判后，2007 年 6 月 28 日，空中客车公司与中方联合体正式签署合同。根据合同，空中客车持有合资企业 51% 的股份，中方联合体持有 49% 的股份。在中方联合体持有的 49% 的股份中，天津保税区占 60%，原中航一、二集团分别占 20%。随后，天津用 15 个月的时间完成了总装厂房的建设工作。2008 年 9 月 28 日，空客天津总装线正式投产。

9 个月后，2009 年 6 月 23 日上午 11 点 20 分，随着嘉宾按下揭幕按钮，巨大的红色幕布在激昂的音乐声中被缓缓拉开，首架在天津总装的空客 A320 飞机——“中华龙”显露出来。该飞机由奇龙航空租赁公司租赁给川航运营，川航由此成为中国第一家运营天津总装的空客 A320 飞机的航空公司。

此后，空客天津总装线的生产速度稳步加快。截至 2024 年 2 月，空客天津总装线已下线并交付了 630 余架窄体客机。在扩展单通道飞机总装能力的同时，空客天津宽体飞机完成和交付中心于 2017 年正式启用，并于 2021 年将生产能力拓展至 A350 飞机。目前，天津已成为空客在欧洲以外唯一一个同时具备单通道和双通道飞机完成及交付能力的城市，空客天津项目也已成为中欧战略合作的成功典范、高技术合作的标志和天津的城市名片。

2023 年 4 月，在习近平总书记和到访的法国总统马克龙的见证下，空客与中国航空工业合作伙伴签署了新的合作协

议。合作协议包含工业合作、新飞机采购和航空业可持续发展等相关内容。合作协议中，空客将在天津建设第二条生产线，进一步拓展 A320 系列飞机的总装能力。

## 优化产业发展环境

一般而言，在飞机总装线周围往往聚集着大量的航空产业配套厂商。在法国，图卢兹和波尔多地区聚集了 1200 多家各类航空企业，这些企业已经成为法国南部地区的支柱产业。对于天津来说，要吸引更多国内外供应商向总装线聚集，实现通过项目带动区域经济发展的目标就必须营造良好的产业环境。

为此，天津向国家申请成立了天津滨海新区综合保税区，专门服务空客项目。在保税区内，国外进口设备可享受免税政策。天津海关还开设了航空物流专用通道，推动航空材料保税物流业务的发展。

同时，天津海关还针对航空业的特点制定了一些更具针对性的政策。以飞机总装线为例，由于应用的生产料件数量多、种类杂，如果按照常规的海关监管模式，企业报关将耗费大量的时间成本、人力成本。对此，天津保税区海关采用了飞机主辅料分类监管模式，将种类繁杂的飞机料件分为主料、辅料两大类，有效简化业务

——  
天津港保税区坚持聚焦航空产业的“补链、延链、强链”，重点围绕航空制造、航空维修、航空物流、航空服务四个重点领域，加快航空产业链、价值链和创新链的层级不断提升。

流程，从而保障飞机订单的交付。此外，天津海关还创新推出了航空全产业链监管模式，构建起以空客天津总装线为龙头，集仓储物流、生产制造、保税维修、保税培训、融资租赁等相关领域企业于一体的监管布局，为天津航空产业发展提供更好的土壤。

同时在整体规划方面，天津港保税区坚持聚焦航空产业的“补链、延链、强链”，重点围绕航空制造、航空维修、航空物流、航空服务四个重点领域，加快航空产业链、价值链和创新链的层级不断提升。目前，保税区已形成飞机总装、维修、部附件组装、零部件制造、租赁、物流、销售、培训和服务等全产业链，航空产业已成为天津市的特色产业。

## 产业集群效应显现

毫无疑问，如今空客天津总装线已经成为其全球重要的生产线之一，并致力于将其打造成亚洲重要的交付中心，随之而来的是越来越多的配套企业落户天津。

通过 A320 总装线项目，中国成为空客在欧洲以外与之开展机翼合作项目的第一个也是唯一一个国家。A320 机翼装配项目及 A320 机身系统装配项目先后在位于保税区的西飞国际天津公司顺利开工，实现了空客天津总装 A320 系列飞机机翼的中国制造以及 A320 机身系统装配的本地交付。此外，围绕总装线项目，在空港物流加工区内，已经聚集了几十家多家国内外供应商。其中，既有泰雷兹、卓达宇航、古德里奇、PPG 航空材料等世界一流航空企业，也有不少国内航空企业。尤为值得一提的是，柯林斯宇航和赛峰也在天津设立了短舱发动机预组装中心。空客天津总装 A320 系列飞机短舱从今年开始已实现 100% 在天津配套。

—

迄今为止，天津波音工厂已经生产超过 180 万件产品，支持着所有在产波音民用飞机机型，包括 737 MAX、767、777 和 787。扩建后，天津波音将继续为波音在产机型生产更大数量和更多品种符合材料零部件，包括高压釜固化法制造的次受力板和烘箱固化法制造的内装饰零部件。

—

除了空客之外，另一个重要的飞机制造商波音公司也不断在天津加大投资力度。作为波音在中国的第一家合资公司，天津波音主要生产和销售用于民用飞机的高质量的复合材料次结构件和内装饰件，年生产能力超过 100 万工时。2002 年 4 月公司正式通过美国波音和赫氏公司的质量和生产资格认证，并在同月开始正式生产。2002 年 5 月 24 日，公司交付首批产品——波音 757 机舱门衬里，产品满足波音和赫氏公司的各项要求，并符合 AS9100 标准。

天津波音第三期扩建项目始于 2019 年，新厂房总建筑面积达到了约 58000 平方米，与原厂区形成了有机的整体。迄今为止，天津波音工厂已经生产超过 180 万件产品，支持着所有在产波音民用飞机机型，包括 737 MAX、767、777 和 787。扩建后，天津波音将继续为波音在产机型生产更大数量和更多品种符合材料零部件，包括高压釜固化法制造的次受力板和烘箱固化法制造的内装饰零部件。新厂房的投入使用不仅为天津波音提供了更多的生产空间，还使得公司能够承接更复杂、更高

端的零部件装配工作，实现产能升级。这一举措将极大地提升天津波音在全球航空复合材料制造领域的竞争力，进一步巩固其作为波音重要供应商的地位。2024 年，天津波音承接了波音 747、737、787 等机型 1500 多种零件的生产订单，总额超过 13 亿元。

除此之外，通用航空产业也是天津航空产业发展聚焦的重点之一。天津市与航空工业集团近年来围绕直升机产业发展做了大量的工作。2023 年，天津市与航空工业哈飞签署两项合作框架协议，分别是共建航空工业民用直升机产业基地项目和建设哈飞天津民用直升机研发中心项目。该研发中心是继航空工业直升机设计研究所形成后航空工业在津的第二个民用直升机研发中心，将进一步打造民用直升机产业化基地。2023 年，由航空工业全新研制的四吨级先进双发多用途直升机“吉祥鸟”AC332 在保税区腾空而起，圆满完成全状态首次飞行，并与首发用户签订 24 架采购协议和意向协议。这架完成首飞的 AC332 直升机在位于天津港保税区的航空工业天直完成总装，实现“津产”。此外，每年举办的天津国际直升机博览会也已经成为天津的另一张“城市名片”。

在飞机租赁方面，天津大胆尝试，也已经走在了全国前列。天津东疆作为中国飞机租赁业务的先行示范区，推动了我国飞机租赁业务的发展和模式创新。如今民航飞机中，每三四架里，就有一架是通过天津东疆完成融资租赁的，这里已成为了仅次于爱尔兰的第二大飞机租赁聚集地。

由此可见，通过近 20 年的发展，如今天津航空产业已经探索出了一条适合自己的发展之路，这条全产业链布局的国际化、专业化整合发展之路，同时也具备了产业基地错位发展的创新理念，值得其他地区学习和借鉴。■

## 质量： 企业基业长青的基石

文 | 曲小

对于空客用半个世纪实现与波音的分庭抗礼，业界一直将其归因于空客的创新精神。而事实上，除了勇于创新的精神之外，空客之所以能够取得今天的成就与其建立的一套完整的产品质量管理体系是分不开的。

对于商用飞机产业来说，产品的质量直接关系到企业的生死存亡。由于行业门槛极为苛刻，想要进入这一市场就必须能够提供高可靠性的产品，有了可靠性才有市场，而可靠性又需要大量的商业化运营来证明。因此，对于飞机制造商来说，经验越丰富、信誉越高，订单就越多，这是行业的良性循环，而可靠性是完善的体制和管理造就的。

图 | hdwallpaper.nu



## 质量体系从何而来

总体来看，“质量管理”共经历了4个发展阶段。第一阶段是20世纪早期，被誉为“管理科学之父”的美国人弗雷德里克·泰罗提出了一套生产理念，主张将计划职能和执行职能分开，质量保证的工作交给专职检验人员。这也是质量管理的第一个阶段——检验管理阶段，事后控制是这个阶段的管理特点。

第二次世界大战之后，两位美国咨询专家，朱兰博士和戴明博士将数理统计方法融入质量管理，开启了质量管理的第二个阶段——统计质量控制阶段。日本将这一质量管理的方法用到了极致，也正是在这个阶段日本制造的质量实现了质的飞跃。到20世纪70年代，日本产品凭借优异的质量成功打入西方市场。

随着科学技术和工业生产的飞速发展，对质量要求随之提高，第三个阶段即全面质量管理阶段拉开序幕。所谓全面质量管理是以质量为中心，以全员参与为基

“质量体系是一个用于决定和强制执行质量原则的组织机构，这个机构中应该包括实现管理功能的责任方、程序、过程和资源。任何从事飞机及飞机部件的生产厂商需向EASA当局呈交、确认、建立、维护一个质量体系，并按照体系规定的细则接受EASA定期的审查，以获得21部的生产组织批准证书（POA）认证，从而开展飞机的生产和销售。”

础，旨在通过所有相关方和客户受益而达到长期成功的一种管理方法。这套管理体系主张把质量问题当作一个有机的整体进行综合分析。

质量管理的第四个阶段就是质量保证管理体系阶段，即ISO9000标准阶段。在20世纪80年代，质量管理发展到系统管理与行业扩展阶段。此时需要一个统一的标准来提高质量管理效率，于是国际标准组织就建立了一系列的ISO标准。如今，这套质量管理体系已经在不同行业得到了应用。

对于全球飞机制造商而言，他们所遵循的质量标准也是在ISO标准的基础上结合行业特点所建立的。目前，通行的国家航空航天质量管理体系标准为AS9100B，其中包括ISO9001的内容和附加的针对航空航天业的特殊要求。

空客的质量体系就是以这些标准为蓝本，结合公司项目发展逐步建立和完善起来的，如今已经形成了一套全方位的质量管理结构。当然，除了包括空客在内的飞机制造商要遵循这一套质量标准体系之外，它们还要求其供应商至少具有AS9100或ISO9000质量体系认证方可列入甄选之列。

但由于商用飞机产品的特殊性，飞机的适航管理是全方位的。因此飞机制造商执行质量标准体系只是完成了质量管理的一部分工作，为了保证飞机的持续适航，制造商还要制定符合适航要求的、更加严格和全面的质量体系。为此，空客又在ISO标准的基础上，结合欧洲航空安全局EASA 21部的要求，完善了持续适航方面的质量管理。

在此需要解释一下，EASA 21部是飞机研发和生产过程中要遵循的法律文件，21部细则被空客视为确立质量标准的纲领性文件，同时EN/AS9100作为针对航空领

域建立在ISO9001:2000基础上的质量体系标准也被空客视为建立企业质量体系的标准。

EASA 21部中对质量体系进行了明确的定义：“质量体系是一个用于决定和强制执行质量原则的组织机构，这个机构中应该包括实现管理功能的责任方、程序、过程和资源。任何从事飞机及飞机部件的生产厂商需向EASA当局呈交、确认、建立、维护一个质量体系，并按照体系规定的细则接受EASA定期的审查，以获得21部的生产组织批准证书（POA）认证，从而开展飞机的生产和销售。”

由于商用飞机制造商担负着重大的安全责任，对这个行业的安全性是立法当局和制造商都要强制遵守的质量原则。为了遵循法规的要求，空客专门设立了适航部门为飞机的研发生产提供全过程、全方位的管理，并编制了一系列质量细则，这些细则中的每一条都要经过EASA认可后方可执行。这些质量细则和质量管理规定上接EASA的相关法规，下联空客的各个研发和生产实践，具有可操作性，值得国内企业借鉴。

## 发现问题第一时间提出来

空客始终坚持质量第一（Quality First）的原则，公司十分注重质量的持续改进，按时、保质交付飞机，一次做对。在质量第一的要求下，经费、进度都会为其让步，严格按照科学、客观的规律研制和生产飞机。在空客，质量已经通过流程的固化、倾听顾客的声音、强化员工质量意识等做法融入到企业的基因中。

在流程和规范方面，空客的材料规范、设计规范、试验规范等都非常齐备，其规范分为空客流程（Airbus procedure, AP）和空客手册（Airbus Manual, AM）两种。

在空客，有一种理念，即“发现问题一定要在最早的时间内提出来”，提出得越晚，改正这个问题所付出的代价就越大。这是每一个空客的员工一入职就会被灌输的理念。

AP主要针对设计流程，如A350飞机的设计分为概念阶段、初步设计阶段、详细设计阶段等，每个阶段要考虑的问题有哪些都有明确的规定。AM则主要针对流程中的具体方法，即针对具体技术问题给出相应的方法，二者互相引用，互为补充。工程师在设计过程中，只要严格遵照各项设计规范、指南，就可以避免很多问题的发生。空客的研发团队遍布全球，员工总数更是数以万计，正是这些相同的流程、相同的工具让分布在全球不同地区的员工拥有了共同的工作语言。空客首席人力官曾说过，“我们一直努力让员工感觉到是在一个统一的公司工作，而不是说法国公司、德国公司、英国公司或西班牙公司”。

此外，空客还把重要的流程、规范集成在软件中，形成统一的工具。如空客针对A350XWB研发了飞机强度校核平台，该平台集成了飞机强度分析中所需的所有校核方法，以及空客的材料规范、紧固件规范等。如此，设计师在工作中只需根据校核内容，输入尺寸信息，并从平台中选出所用材料、紧固件信息等，就能自动得到校核结果，甚至直接生成校核报告。这样的平台极大地避免了人为错误，提升了工作效率。平台由专业技术团队维护，他们根据在型号应用中的反馈对平台的方法、参数等进行动态维护，同时还起到了

保护知识产权的作用。目前，空客已经在把该平台推广至其他型号的研制中，大大缩短了型号研发周期。

空客对于质量的重视还体现在非常注重倾听顾客的声音。以北京空客工程中心为例，质量部门每月都会开展对项目满意度的评价。从客户那里得到的任何关于进度、质量、风险的评价或抱怨，都将作为项目持续改进的依据。

在空客，有一种理念，即“发现问题一定要在最早的时间内提出来”，提出得越晚，改正这个问题所付出的代价就越大。这是每一个空客的员工一入职就会被灌输的理念，公司希望员工不要因为害怕，不敢暴露问题。为此，空客还建立了一个核心网络，在飞机设计、生产、总装等各个环节，确保一些核心员工能够及时报告发现的问题，并采取纠正措施，把可能的损失和飞机延期交付可能降低到最小。相应的，如果员工提出可以提高效率的工具和方法，公司也会进行相应的奖励。

## 签字授权为质量保驾护航

对于商用飞机的研制来说，技术报告不仅要准确、可靠还要具有可追溯性。一份错误的技术报告有可能酿成巨大的恶果，轻则拖累研制进度，造成经济损失，重则威胁乘客的生命。由于每一份报告的每一个签署人都必须对其签署的报告负责，因此，高效明确的签字体系至关重要。

在空客，技术报告遵循严格的签字授权管理制度，不同的签字级别定义了不同的职责。在空客，技术报告的签字一般分六个级别，从低到高分别为：编制—校对—一审—同意—技术批准—高级批准，其中高级批准不属于技术签字的范畴，一般性的技术文件不需要高级批准，只有在某些顶层的技术文件中需要签署，例如型号的

设计准则等。

技术报告的签字体系主要包括两个方面：一是工程师的签字授权，它决定了工程师能够签署的技术报告范畴和级别；二是签字流程的建立，它保证了技术报告的质量，并明确了不同的责任人。

签字授权管理一般由专业技术部门负责。一般会有一个签字权记录表，表上记录本专业部门的所有工程师在本专业内的签字授权情况，包括工程师能够签署的技术报告范围和级别。每个授权分为四个层次，对应着技术报告的校对、审验、同意和技术批准。专业必须进行非常详细的划分，每一位工程师对于不同的专业，有着不同的签字授权级别。

每位工程师的签字授权级别一般2~3年调整一次，会由更高一级的专业部门主管和所属项目/IPT团队的主管根据每名工程师在此段工作期间的表现进行评定。例如张三目前的金属疲劳分析签字级别为校对，如果3年内他检查的技术报告质量较高，则可以提高审验级别。拥有某专业的签字权是工程师技术能力水平的标志，也是工程师的荣誉。

如果技术报告出现问题，公司会采取倒查机制。级别越高，承担的责任就越大，以确保技术报告签字的严肃性。根据客户反馈，空客会定期对技术报告的质量进行审查，对于投诉较多、反映较差的报告，公司会对不同级别的签署工程师采取降级，甚至取消其签字权限。

## 让管理对质量问题有话语权

在一些单位，层层上报、繁琐冗长的行政指挥链和等级森严的职级体系，弱化了员工之间的协作和资源整合，而不同核心业务板块的分兵作战又削弱了企业的反应速度，针对这种情况，空客的“矩阵管理”

空客的“矩阵管理”能够有效提高企业的快速反应机制。矩阵式结构的优势在于它能使人力、设备等资源在不同的产品、服务之间灵活分配，适应不断变化的外界要求。

应运而生，它能够有效提高企业的快速反应机制。矩阵式结构的优势在于它能使人力、设备等资源在不同的产品、服务之间灵活分配，适应不断变化的外界要求。

空客从2004年起，全面整合公司现有资源，并简化、统一设计和生产管理过程，成立了以部件为单位的优良中心(COE, Center of Excellence)，优良中心专门负责专业化飞机部件设计、生产直至质量检测。同时，空客还专门成立了能力中心(COC, Center of Competency)，能力中心专门负责方法研究、标准和规范定义、工具开发，总结各优良中心在型号研制中出现的各类问题，给出解决方案，并提供技术支持。

空客在型号研制中，实行“强矩阵式”管理，具体采用工程团队和能力团队并行的构架。工程团队专注于按照客户要求和项目实施计划，基于COC提供的工具、方法和规范开展工程设计工作；而能力团队则由各个领域的专家组成，能力团队通过深度参与到每个项目中，并对各项目进行日常的跟踪、指导，阶段性技术评审等，确保技术交付物符合相关技术要求，同时能力团队通过组织技术培训和讨论，提升工程团队的技术能力和水平，进而提升公司的工作效率。

在空客，项目一般按照横向和纵向分

为两条管理条线。横向条线是由项目经理、技术部门工程师组成的项目条线。项目经理会获得充分的授权，并对项目的计划、风险、质量成本全面负责，因此项目经理在空客绝不是“纸老虎”。项目经理通常需要通过国际职业项目管理培训(PMP)和六西格玛绿带培训(Green Belt)，并需在带领的项目中采用先进的管理方法，取得经济收益或效益提升，才能确保证资质的持续有效。根据项目的大小和需要，在项目经理下面还可以设置项目强度经理和项目结构经理，他们帮助项目经理分管强度和结构方面的技术工作等。每个项目还会选出一名工程师兼任质量专员，具体负责监督、检查项目的质量工作，向质量经理汇报项目的质量考核指标、KPI绩效完成情况等。

纵向条线是由部门组成的能力条线。以空客强度部为例，强度部门经理下设技能经理和运营经理。其中，运营经理主要负责部门招聘、日常运营、团队建设等事务。技能经理则主要负责部门的专业能力提升。技能经理分管一个能力团队，该团队由五个不同领域的技术专家组成，分别是静强度技术专家、复合材料技术专家、疲劳与损伤容限技术专家、有限元技术专家、试验技术专家，他们大多全职并从事技术能力建设，通过组织技能培训，举办工作经验分享等，确保工程团队的能力满足需求。同时，他们还具体负责跟踪项目技术进展，参加强度专业的技术评审，确保技术交付物的技术质量，支持项目的行动和绩效。除此之外，还需定期对员工的技能进行评定，并参与员工的绩效考核。为保证能力团队工作时的独立性和客观性，能力团队的人员不审阅自己参与的项目，对项目形成有效的制约机制，避免了因为进度而向项目经理妥协质量的问题发生。■

# 国产大飞机在东南亚市场的挑战与机遇

文 | 王鹏

随着全球疫情逐步得到控制，东南亚民用航空业正迎来迅猛的复苏势头。过去十年间，该地区航空客座率翻了一番多，这一显著增长不仅揭示了该地区航空市场的巨大潜力，也凸显了对新增飞机的紧迫需求。在此背景下，航空公司急切寻求扩大其机队规模，以满足日益增长的市场需求。

## 东南亚航空业复苏，机队更新与市场扩张

疫情期间，众多航空公司的飞机升级计划无奈搁置。然而，随着市场的逐步回暖，这些公司现在面临着更新和扩充机队的重要任务，以确保其飞机的现代化程度和运营效率能够跟上市场的步伐。对于航空公司而言，这是一个既充满挑战又充满机遇的转型期。它们必须迅速行动，以确保能够在竞争激烈的市场中保持领先地位。

根据波音公司的预测，到 2042 年，

东南亚的商用飞机机队将几乎翻两番，达到 4,000 多架飞机。这一预测反映了该地区航空市场的强劲增长潜力和对新增飞机的迫切需求。在低成本航空公司 (LCC) 的主导下，东南亚将在 20 年预测期内成为全球增长最快的单通道飞机市场。这表明，为了维持竞争力和市场份额，航空公司需要引进更多适应低成本运营模式的飞机。

此外，随着东南亚各国经济的逐步复苏，商务和休闲旅行需求将不断增长。航空公司需要准备好足够的运力来应对这种增长。同时，航空公司之间的竞争也将加剧。为了保持竞争力，航空公司需要引进最新型号的飞机，以提供更高效、更舒适的乘客体验。

随着国际旅行市场的重启，东南亚航空公司可能会寻求扩大其国际航线网络，这也需要更多的飞机来支持。因此，引进飞机和扩充机队规模成为东南亚航空公司面临的重要任务，以满足当前的市场需求，并为未来的增长和扩张做好准备。

## 国产客机在东南亚市场的发展与挑战

随着东南亚航空市场的迅速扩张，国产客机如 C919 和 ARJ21 迎来了宝贵的市场机遇。这两款飞机的设计特点与东南亚市场的需求高度契合，有望在这一地区取得成功。

一是适应东南亚短跑道机场。

东南亚的机场多位于地理复杂且城市发展迅速的区域，导致许多机场拥有短跑道。这些机场的跑道长度受限于地形、城市发展等因素，无法满足现代大型飞机的需求。C919 和 ARJ21 飞机的设计充分考虑了这些挑战，通过优化飞机结构、发动机和机翼设计，确保在较短的距离内安全起飞和降落。此外，这些飞机装备了现代



高效的发动机，能够在起飞和爬升阶段提供更大的推力，并在着陆时提供有效的反推力，减少对跑道的依赖。先进的飞行控制系统提供了精确的操控，使飞机在短跑道上更加稳定和可控地起降。轻量化设计降低了飞机的空重，从而降低了起飞和着陆所需的跑道长度。这些飞机的设计航程能够满足短途和区域航线的需求，使得它们能够在不需要过长跑道的情况下，依然能够执行多样化的航线任务。

二是满足东南亚航空市场的独特需求。

C919 和 ARJ21 作为国产客机，其设计理念与东南亚航空市场的需求较为契合，展现出较强的竞争力。这两款飞机的航程和乘客容量匹配了东南亚地区常见的短途和中流量航线需求，避免了不必要的运营成本，使得航空公司能够以更经济的方式满足市场需求。在成本效益方面，C919 和 ARJ21 都强调了性价比，这对于预算敏感且以低成本运营为主的东南亚航空公司来说至关重要。

此外，C919 和 ARJ21 的适应性也能够应对东南亚地区多样化的机场和航线条件，包括短跑道和复杂地形。这种适应性对于连接该地区偏远或地理条件复杂的机场较为重要，它不仅提高了飞机的运营灵活性，也扩大了航空公司的服务范围。

随着 C919 和 ARJ21 在东南亚市场的进一步推广和运营，它们有望成为东南亚天空中不可或缺的一部分，助力该地区航空业的持续发展。

### C919 客机在东南亚市场的成本优势与市场潜力

C919 客机以其独特的成本优势，正迅速成为东南亚市场的一股新兴力量。中国商飞的这款新型飞机不仅可能采取激进的定价策略，以吸引客户的关注并建立市

场地位，而且其设计和制造过程中的本土化供应链有助于进一步降低生产和采购成本，从而使销售价格更加亲民。

C919 客机的设计和制造过程中的本土化供应链，不仅可以降低生产和采购成本，还能够提高生产效率，缩短生产周期。这使得 C919 客机在市场竞争中具有更大的优势，同时也能够为客户带来更可靠、更高效的服务。

此外，C919 客机在性能方面也具有明显的优势。其先进的发动机和空气动力学设计，使得 C919 客机具有较高的燃油效率和较低的运营成本。同时，C919 客机还采用了先进的航空电子设备和先进的复合材料，使得其在安全性、可靠性和舒适性方面具有较大的优势。

不久前，通过在越南、老挝、柬埔寨、马来西亚和印度尼西亚等五国的一系列演示飞行，C919 展现了其对当地机场和航线的出色适应性，以及对地面服务设备和特殊飞行程序的高兼容性。在越南，C919 成功适应了复杂的山地地形和短跑道机场，展现了其在恶劣环境下的稳定性和可靠性。在老挝和柬埔寨，C919 成功应对了机场基础设施的不足，展现了其对地面服务设备的兼容性和灵活性。在马来西亚和印度尼西亚，C919 成功应对了高温和高湿度的气候条件，展现了其性能和可靠性。

这些飞行的成功，不仅验证了飞机的性能，也为进一步开拓东南亚市场打下了坚实的基础。

### 国产大飞机在东南亚市场的竞争策略

在东南亚航空市场，国产大飞机面临着来自空客 A320 系列和波音 737 MAX 系列的激烈竞争。这些竞争对手凭借其深厚的市场经验和品牌影响力，已经在该地区

建立了稳固的市场地位。为了在这个竞争激烈的市场中取得一席之地，国产大飞机需要采取有效的竞争策略。

国产大飞机制造商需要深入了解竞争对手的优势和弱点。空客和波音的飞机以其可靠性和高性能著称，但同时也存在高运营成本和复杂维护程序等弱点。国产大飞机可以通过强调自己在这些方面的优势，如更低的运营成本和简化的维护程序，来吸引那些对成本敏感或寻求提高运营效率的航空公司。

寻找市场细分领域或特定客户群体的独特需求，是国产大飞机在东南亚市场的另一个关键策略。东南亚地区的航空公司比较多样化，从传统的全服务航空公司到低成本航空公司，它们的需求各不相同。国产大飞机可以通过定制化的服务和灵活的配置选项，来满足这些特定客户群体的需求。例如，对于低成本航空公司，国产大飞机可以提供更经济的采购和运营成本，以及更高的座位密度选项。

国产大飞机制造商可以加强与东南亚地区政府和航空监管机构的合作，以确保其飞机满足当地的法规和标准。通过与当地利益相关者的紧密合作，国产大飞机可以更好地适应东南亚市场的特定要求，增强其在市场上的竞争力。

在竞争激烈的国际市场中，国产大飞机的品牌知名度和认可度相对较低，这对国产大飞机的市场推广和销售构成了挑战。为了提高其在国际市场上的品牌知名度和认可度，国产大飞机制造商需要采取一系列应对策略。

加大市场推广力度是提升国产大飞机品牌知名度的关键。通过参加国际航空展，国产大飞机制造商可以与全球的航空公司和航空产业专业人士建立联系，展示其飞机的设计、性能和优势。在展会上，国产大飞机可以通过展示其先进的航空技术和创新的设计理念，吸引潜在客户关注。

进行演示飞行是展示国产大飞机性能和可靠性的重要手段。通过在国际航空展



## 商用客机前景： 市场变化刺激需求增长

文 | 王双武

在不同的航空市场做出适配机型的规划，这对航空公司的运营成效和盈利能力来说都会带来重大影响。新飞机的引进是一个经过多年规划且资源密集型发展的过程，其中涉及到财务考量、运营需求、机队兼容、业务培训以及基础设施建设等多个方面，这些对机型的选择、订购与交付等都将发挥一定的作用。

随着新冠肺炎疫情的结束和市场的恢复及发展，航空公司将结合地区市场结构特征与客群出行体验，对机队规划做出周密性规划和部署。不同市场的航线结构特征需要根据航距、油耗、成本和客群等来选择相匹配的宽/窄体机型，才能在最大程度上提高运营效率和实现收益目标。那么，航空公司在机队规划上如何根据市场发展与变化做出合理的选择呢？

图 | planespotters.net

上进行演示飞行，国产大飞机可以直观地展示其飞行性能和操作灵活性，从而赢得潜在客户的信任和认可。

利用媒体和社交媒体进行品牌宣传也是提升国产大飞机国际形象的有效方式。通过在各大媒体和社交媒体平台上发布关于国产大飞机的资讯和宣传材料，可以吸引更多人的关注，提高品牌知名度和认可度。

建立良好的国际合作伙伴关系也是提升国产大飞机品牌形象的重要途径。通过与国际航空企业、政府机构和行业协会建立合作伙伴关系，国产大飞机可以获得更多的支持和认可，从而在国际市场上建立良好的品牌形象。

在航空业，提供可靠且高效的维修和服务是赢得客户信任和忠诚度的关键。对于国产大飞机来说，建立和维护一个广泛的维修和服务网络是确保其在全球范围内顺利运营的关键。

与当地维修公司合作是建立服务网络的一种有效方式。通过与当地的维修公司建立合作关系，国产大飞机制造商可以确保飞机在需要维修时能够得到及时且专业的服务。这种合作模式不仅可以提供快速的维修响应，还可以帮助制造商更好地了解当地市场的需求和挑战，从而提供更加符合当地实际情况的服务。

在关键地点设立自己的维修中心是另一种重要的服务网络建设策略。通过在关键地点设立维修中心，国产大飞机制造商可以确保在飞机需要维修时能够提供及时的服务，同时也可以提供更加专业的维修和技术支持。这有助于提高飞机的运营效率，降低运营成本，并提高客户满意度。

建立一个高效的维修和服务网络还需要考虑全球范围内的布局。通过在关键地区设立维修中心，制造商可以确保在飞机需要维修时能够提供及时的服务。这有助

于提高飞机的运营效率，降低运营成本，并提高客户满意度。

在东南亚市场，国产大飞机制造商需要制定一个清晰的长期发展战略，以确保在该地区市场的持续增长和成功。这一战略需要考虑市场趋势、竞争对手的动态以及潜在客户的需求。

与当地航空公司建立合资企业是实现长期发展战略的重要策略之一。通过合资企业，国产大飞机制造商可以更好地了解当地市场的需求和挑战，并共同开发和运营飞机。这种合作模式不仅可以提供更多的本地化支持，还可以帮助国产大飞机制造商更好地适应东南亚市场的特定要求。

与政府机构的合作也是推动国产大飞机销售和运营的关键。通过与政府机构建立合作关系，国产大飞机制造商可以获得更多的政策支持和市场准入，从而在东南亚市场取得更大的成功。这种合作还可以帮助国产大飞机制造商更好地理解当地市场的需求和挑战，并制定更有效的应对策略。

长期发展战略还包括加强技术创新和产品升级。随着航空技术的发展，国产大飞机制造商需要不断更新其产品和技术，以保持竞争力。这包括采用最新的航空电子设备、节能发动机和先进的复合材料，以提高飞机的性能和降低运营成本。

建立稳固的合作伙伴关系也是长期发展战略的重要组成部分。通过与供应商、客户和其他利益相关者建立良好的合作关系，国产大飞机制造商可以获得更多的支持和资源，从而在东南亚市场取得更大的成功。■



## 宽体机需求趋向相对集中

随着旅游市场的恢复和远程国际航线的发展，宽体机以其航程远、载客量高的特性受到航空公司的推崇，这其中以波音 777/787 系列、空客 A330/350/380 系列机型为主。由于市场的变化和更加经济型飞机的需求导致空客 A380 飞机停产，这对航空运输业机型的发展也带来了新的挑战。

追求经济性、舒适性、低碳排放性和高效益的机型，成为当今航空运输业的一个发展方向。目前，波音 787 系列飞机可以说是历史上宽体机销售量最好的机型，有来自 87 家航空公司超过 1800 架订单。仅在 2023 年，波音公司就签订有近 350 架该系列飞机的订单。

作为“旭日计划”实现远程非经停国际航班的一部分，澳航在 2022 年订购了 12 架空客 A350-1000 型飞机，在 2023 年又增购了 12 架。澳航打算将这些飞机用于执飞从悉尼和墨尔本到纽约和伦敦非经停航线（目前，因现有机型航程问题，只能选择中途经停点）。原本这些飞机将在 2025 年开始交付，但是在今年 2 月底，澳航宣布订购的空客 A350-1000 型飞机将延迟到 2026 年中交付。这对澳航实施“旭日计划”来说，是一个不小的打击。据悉，延迟交付的原因是空客飞机制造公司要为澳航订购的空客 A350-1000 型超远程飞机重新设计一个额外的油箱。

最近两年，土耳其航空通过代码共享和新开国际航线等手段，不断拓展市场和航线网络，并在 2023 年 11 月使用波音 787-9 机型，开通了伊斯坦布尔至美国第 13 个通航点底特律的航班。土耳其航空于 2023 年 4 月制定了公司 10 年规划，其中包括到 2023 年底机队规模达到 435 架，到 2033 年将超过 800 架。届时，公司客运航线网络将扩展到全球 400 个目的地，

预计 2033 年客运航班运力在 2023 年的基础上增长一倍，年旅客运输量将达到 1.7 亿人次。为此，土耳其航空在 2023 年 12 月宣布，将向空客公司订购 220 架飞机，其中包含 50 架空客 A321、50 架 A350-900 和 15 架 A350-1000 飞机。

为了新开航线实施网络扩张战略和增加重要市场的航班密度，阿提哈德航空从今年 3 月 31 日起开始执飞多哈到美国波士顿的航班，随后还将新开到肯尼亚内罗毕和泰国巴厘岛的航线，在今年夏季还将恢复前往法国尼斯、西班牙马拉加、希腊的米科诺斯和圣托里尼岛的夏季航线。阿提哈德航空看好波音 787 系列飞机，在 2023 年 10 月接收了 1 架波音 787-10 飞机，在今年 2 月又接收了 3 架波音 787-9 飞机。目前，阿提哈德航空共有 88 架飞机，其中波音 787-9/-10 系列飞机就达 43 架，成为公司的主力机型。阿提哈德航空方面表示，到 2030 年，公司计划拥有 160 架飞机，将飞往全球 125 个目的地城市。

泰国国际航空在疫情期间遭受了经济上的重创，尤其是在 2020 年亏损严重，不得不向政府申请破产保护。随着疫情后亚太地区航空市场的恢复和发展，泰国国际航空适时调整公司经营战略，缩小国际航线的数量和优化机型，退役了一部分包括空客 A380 在内的一些飞机，并根据公司经营发展的目标和市场的结构特征进行机队更新。泰国国际航空在已经运营有 6 架波音 787-8 和 2 架 787-9 飞机的基础上，在 2024 年 2 月新加坡航展上又订购了 45 架波音 787-9 飞机。

2022 年 12 月，美国联合航空宣布订购 100 架波音 787 飞机，并可选择再购买 100 架。这成为了美国商业航空史上最大的一笔宽体客机订单，预计这些飞机将在 2024 年至 2032 年期间交付。据悉，美国联合航空预计在 2032 年底将接收约 700

架新型宽体机和窄体机。

为了提高夏威夷与美国大陆航线之间的竞争力和改善旅客出行体验，夏威夷航空将目光锁定在了波音 787-9 飞机，并将其规划成为今后的旗舰机型。今年 2 月，夏威夷航空接收了订购的 12 架波音 787-9 飞机中的首架飞机，并计划从 4 月 15 日起在檀香山至旧金山航线上每天运营一个航班，5 月 14 日之后将考虑执飞檀香山至洛杉矶航线。据悉，夏威夷航空首批订购的 12 架飞机预计在 2027 年全部交付。

## 经济型中短程窄体机受追捧

在中短程飞机的选择上，航空公司更加青睐低油耗、低成本和航距远的单通道窄体机。随着航空市场的发展，对新型飞机在复合材料使用、生物燃油技术和续航能力等方面有了新的要求。波音和空客两家飞机制造公司不断改进和研发新技术，尤其是空客公司在空客 A321Neo 基础上，推出的适用于中长航距的 A321LR 和 A321XLR 以及 A220-300 越来越受到用户欢迎。

空客 A320LR 单通道飞机是空客 A320neo 飞机的改进型，在机身中央增加有 3 个额外油箱，飞行距离超过了 7400 公里，载客量达到了 206 人（如果全舱是经济舱的话可载客 220 人）。而空客 A321XLR 可续航 8700 公里，可连续飞行 11 个小时，续航能力比空客 A321LR 提高 15%，且具有燃油经济性的特点，最大载客可达 220 人。

空客 A220 飞机有两种机型，即 A220-100 和 A220-300。A220-100 和 A220-300 型飞机最多可分别配置 135 和 160 个座位，最远航程可达 6300 公里。这类飞机座椅宽敞，行李箱储存空间很大，采用了先进的航空材料，并且具有噪音低和燃油消耗小的特点，符合国际低碳排放标准，是性

能与技术的完美融合。

为了打造全球第一家网络型低成本航空公司，亚航规划在今后几年除了扩展北亚、中亚和大洋洲等新航线外，还将延伸到欧洲（包括伦敦、巴黎、阿姆斯特丹等）、非洲（包括开罗、内罗毕、开普敦等）和北美东海岸（包括纽约、迈阿密、多伦多等）等中远程航线。亚航在引进宽体客机空客 A330neo 的同时，在今年 2 月底宣布，将现有 36 架空客 A321neo 飞机的订单改为空客 A321LR 型飞机。据悉，亚航总共有 362 架空客 A321neo 飞机的订单，预计从 2024 年 6 月开始陆续交付。亚航方面表示，今后还会调整订单，把空客 A321neo 改为空客 A321XLR。

美国航空在今年 3 月敲定了约 100 架窄体机的订单，这次订单将由波音和空客两家公司分享，主要机型是空客 A321neo 和波音 737Max8 型飞机，用以取代机队中即将退役的波音 737-800、空客 A319 和 A320 飞机。这些飞机预计在 2030 年前交付。美国航空是波音和空客两家公司窄体机型的大用户。目前，该公司运营有 133 架空客 A319、48 架 A320 和 298 架 A321。在波音飞机方面，美国航空尚有已经订购的 362 架波音 737-800 和波音 737 MAX 8 的订单。

为了进一步巩固国内市场，澳航订购了 29 架空客 A220-300 飞机，用来替换机队中服役时间比较长的波音 717 飞机。3 月 1 日，澳航将首次接收的 2 架空客 A220-300 飞机交付给旗下的 QantasLink 运营。澳航的空客 A220 飞机有 10 个公务舱和 127 个经济舱，航程几乎是波音 717 飞机的两倍，主要在墨尔本、布里斯班和堪培拉等国内及地区旅游城市之间运营。第 3 架空客 A220-300 飞机将在今年 6 月份交付，另有 4 架将在 2025 年中交付。

为了控制运营成本和采用合适的机型

投入适当的航线，美国 Breeze 航空对公司机队的发展做出了规划，公司将订购和运营空客 A220-300 飞机。目前，Breeze 航空已经订购了 90 架空客 A220 系列飞机，目前已经接收了 20 架并正常运行。Breeze 航空首席执行官尼尔曼表示，到 2024 年底，公司将会有 32 架空客 A220-300 型飞机运营，未来将会完全过渡到空客 A220-300 这种单一机型，而机队平均机龄约 2.5 年，也将是世界上最年轻的机队。一旦 Breeze 航空接收了 90 架空客 A220-300 飞机，它将成为全球运营该型飞机第三大的航空公司。

## 满足可持续发展的需求

机型的选择取决于市场需求和航程的长短。在短程航线上，航空公司更青睐于窄体机，如波音 737 或空客 A320 系列机型，并且这类机型的购买价格往往比宽体客机如波音 777-300ER 便宜 3 ~ 4 倍。由于窄体机有更低的成本和更高的利用率，能够带来更高的资金周转，与宽体机每天运营 1 ~ 2 班相比，窄体机能够运营 5 ~ 6 个航班。但是，在远程航线上，尤其是在跨大西洋航线上，宽体机的效益比窄体机明显提高，宽体机的平均利润可比窄体机高出 30% ~ 55%。

早在 2011 年 6 月，美国航空就宣布购买 460 架窄体喷气式客机，其中包括 260 架空客 A320 和 200 架波音 737Max 飞机，这是美国大型航空公司中有史以来最大的一笔订单，当时价值 380 亿美元。在 2023 年 2 月，印度航空公司与空客和波音两家飞机制造公司分别签订了一项购机协议，将购买 470 架客机，其中 400 架是窄体客机，70 架是双通道宽体客机。这刷新了美国航空单笔购机交易的数量记录。

根据 Mordor Intelligence 提供的市场信息表明，2017 ~ 2023 年全球交付了

8151 架商用客机；而在 2024 ~ 2030 年期间，预计将交付 12864 架。由于窄体机在机队管理方面的灵活性和可以降低运营成本，在中短航线上还是比较受到买家的欢迎。2023 年，全球商用客机容量方面，窄体机数量占到了总数的 70.1%。

2023 年亚太航空运输市场得到了恢复与发展。市场的向好发展在一定程度上带动了商业客机市场在亚太地区的稳定增长。2023 年，亚太地区成为了全球航空运输市场的龙头，旅客运输量占到了全球的 35.53%。在商业客机运营方面，2022 年空客系列飞机数量处于领先地位，占全球所有运营客机总数的 58.94%。中国、印度、日本和印度尼西亚占亚太地区航空客运总量的 70%，这将导致该地区比其他地区有更多新飞机的增长需求。

在商用客机的需求方面，航空公司越来越重视经济性和舒适性，低燃油消耗和低碳排放，以及续航能力强的现代化客机的需求，这将推动今后商用客机行业的发展。在 2020 年新冠肺炎疫情暴发后，由于全球航空客运量减少，导致大多数航空公司取消或推迟飞机订单。2022 年航空市场逐步开始复苏，飞机交付量比 2021 年明显增加。由于国内市场出行需求将比国际市场需求更容易恢复到 2019 年的水平，因此窄体飞机市场需求的反弹速度快于宽体飞机的需求。

目前，航空公司越来越重视可持续航空生物燃油机型的引进。2021 年 9 月，美国联合航空签订协议投资美国阿尔德生物燃油技术公司，并购买 15 亿加仑的可持续航空燃油。2021 年 12 月，美国联合航空成为航空运输史上第一家飞机 100% 使用可持续航空燃油的公司。达美航空、美国西南航空、新加坡航空、维珍大西洋航空等众多航空公司均表示，将在今后 10 年内扩大公司飞机使用可持续航空燃油的比重。■

# 对民航业如何践行新质生产力推动高质量发展的思考

文 | 顾胜勤

新质生产力在两会上备受关注，它代表了先进生产力的发展方向，是推动高质量发展的重要支撑。在政府报告和相关政策文件中也多次提及新质生产力，明确其在推动产业升级、提高经济效益、增强国际竞争力等方面起着重要的作用。那么，民航业该如何践行新质生产力推动高质量发展，值得深思。

## 正确的认知是民航践行新质生产力的前提条件

没有正确的认知绝不会有正确的行为，正确认知新质生产力是民航推动高质量发展必要的前提条件。对于新质生产力的认知，笔者认为有以下几点。

一是新质生产力的核心是“生产力”。对于“生产力”我们并不陌生，马克思早就指出，劳动过程的简单要素包括劳动者、劳动对象和劳动资料三个要素，它们之间相互依存、相互作用，构成了生产力的基础，推动着生产力的发展。在生产力三要素中最为重要的要素是劳动者，它起着主导作用，劳动对象和劳动资料则是他们进行劳动的物质基础和条件。劳动者的素质和能力，包括知识、技能、体力和创造力等，直接影响着生产力的发展水平，是推动生产力发展的重要力量。以此推论，新质生产力中劳动者同样是最重要的要素，尤其在信息化与数据化的今天，要充分发挥劳动者的主导作用，需要重视劳动者的素质和能力提升，提供良好的工作环境和条件，激发劳动者的积极性和创造力，这对新质生产力的发展有着极其重要的意义。

二是新质生产力有别于传统生产力，“新”是它的显著特征，凸显在两个地方。其一，新质生产力是把新技术放在生产力发展中的核心地位。通过新技术来引领和推动生产力的跃升，它是以数字化、网络化、智能化等现代信息技术深度融合推动生产方式的变革和产业结构的升级，形成新质生产力。其二，“新”的增长方式，它不同于传统生产力运用增资或扩张产量来增加效益，而是以数字化、网络化、智能化为基本特征，共同构成了新质生产力的基础。这些新的特征融入劳动者、劳动资料、劳动对象，使得生产效率得到显著提高，呈现出新的高效能增长方式，为企业带来更高的经济效益和社会效益。

三是新质生产力与传统生产力的根本区别在于“创新”。在“创新”理念引领下，新质生产力不断通过科技创新、制度创新和管理创新来推动自身不断发展。需要指出的是，新质生产力的创新不仅体现在产品和技术层面，而且深入到生产组织与生产过程，包括劳动力、资本、技术、管理等各类资源的管理模式，通过创新优化了生产流程与产业结构，使得增长的动力与发展质量发生重大变革。这种变革不仅体现在对传统产业的改造升级，也体现在对新兴产业的催生和发展上，促进产业转型与升级，不断开拓未来发展的新路径。

## 运用新质生产力 推动民航高质量发展

运用新质生产力来推动民航高质量发展，至关重要的是要抓住生产力中最核心与最重要的要素——劳动者；这不仅是遵循马克思主义生产力理论，也是生产力自身发展规律的要求。

党的二十大中特别强调了“科学是第一生产力，人才是第一资源、创新的第一动力”，民航业践行新质生产力应该紧紧

——  
民航在践行新质生产力过程中应该把建立科学人才管理制度放在首位，科学人才管理制度不仅能够优化人才结构、促进人才流动、激发人才潜力等，而且能够有力地调动员工的积极性与创造性，它是生产力的重要要素。  
——

抓住“人才是第一资源”。在信息化与智能化条件下，民航员工不仅仅是新质生产力的重要要素，而且是推动高质量发展的主力军。调动民航员工的积极性与创造性成为践行新质生产力首要任务。

树立科学的人才管理制度是生产力的理念。不同的人才管理制度与劳动者的积极性、创造性有直接的相关性，一个不科学或有缺陷的人才管理制度会使原来有积极性的劳动者变为丧失积极性的懒人。反之，一个科学的人才管理制度可以使没有积极性变为有积极性与创造性的劳动者。民航在践行新质生产力过程中应该把建立科学人才管理制度放在首位，科学人才管理制度不仅能够优化人才结构、促进人才流动、激发人才潜力等，而且能够有力地调动员工的积极性与创造性，它是生产力的重要要素。

实事求是地说，民航员工不少都是优秀院校毕业的人才，他们不缺乏创新的智慧与热情，但缺少科学的人才管理制度来调动他们的积极性与创造性。随着时代的发展我们的人才管理制度需要与时俱进，应该把人性化注入到现有的人才管理制度中去。一是要树立崇尚以德为先的用人理念。民航是服务型行业，安全、服务、效益是企业的核心目标，实现这个目标需要员工具备很强的责任心与奉献精神，我们应该运用科学的人才管理制度调动与增强员工责任心，树立崇尚奉献精神，让德才兼备的人走上重要岗位。二是要尊重员工的个性化需求，关注员工的职业规划、发展路径和成长空间。三是人才管理制度政策的公平性和透明性。公平性，通过制定明确选拔公平性、晋升和薪酬标准，确保员工在竞争中有平等的机会。透明性，人才管理制度的透明性具有事半功倍之效，有助于增强员工对企业组织的信任感，同时还能提升员工的忠诚度。

数据化与人工智能是践行新质生产力的“创新器”。民航应该加快人工智能设备的研究与运用。就民航系统智能化设备研究与运用而言，我们做的不如邮电系统，邮电系统的自动化与智能化设备均出自于本系统教科研单位研究的成果，诸如：智能邮件处理、自动分拣系统的图像识别等等，这些智能化设备不仅接地气，而且与整个生产过程融为一体，有很强的实用性，极大地提高了生产效率与服务水平，推动了邮电系统的高质量发展。相比之下我们有点逊色，民航的智能化设备多半依赖行业外的生产单位，一定程度上造成生产者与使用者的脱节。在实际使用过程中出现一些智能化设备与服务流程或工作流程不匹配的情况，甚至有些智能化设备不智能，不仅没有减少一线员工劳动强度，而且给旅客增加了麻烦，有些单位干脆搁置不用或尽量少用，这在一定程度上影响民航智能化进程与高质量发展。要改变这一状况，重任落在民航系统的教科研单位身上，民航教科研单位应该有紧迫感与使命感，加快人工智能方面的研究力度，迅速补上短板，让智能化设备尽快适应行业发展的需求。

加快融入低空经济，推动通用航空发展，是践行新质生产力的另一重要途径。通用航空与低空经济的关系密切，通用航空是低空经济的主体，低空经济的发展为通用航空提供了更广阔的发展空间。最近，民航局举行了新闻发布会，介绍推进低空经济发展所做工作及下一步考虑。这意味着民航将加快步伐融入到低空经济发展中去。

首先，民航应该主动加强与地方政府合作，共同推动低空经济发展。地方政府在低空经济发展中扮演着重要角色，我们应该主动与地方政府共同规划低空经济的发展，对低空经济发展的政策、规划布局、

共同研究制定符合地方实际的低空经济发展政策等等，推动低空经济发展。另外，安全是重中之重，民航应该与地方政府合作成立联合监管小组，由地方政府、航空管理部门、低空飞行运营单位等多方共同参与加强低空飞行监管，确保飞行安全，为低空经济的发展提供有力保障。

其次，民航中小机场应该加快步伐，融入到低空经济中去。就目前情况来看，有些中小机场似乎还没有意识到自己在低空经济中的重要性，有的甚至置身事外。中小机场应明确自身在低空飞行网络中的定位与重要性，不仅是低空飞行的重要节点，而且要承担起飞行服务保障、飞行安全监管。中小机场应该以积极主动的姿态参与建设低空飞行基础设施，各机场之间协同配合，为低空飞行提供必要的硬件支持。

再次，要加快融合产业与创新发展。低空经济涉及面颇广，诸如旅游观光、物流配送、应急救援等多个领域。民航应该加快融合低空经济与相关产业的发展，积极探索低空经济的新应用领域，结合低空经济的特点和市场需求，开发新的航空服务产品，拓展业务范围，提升整体经济效益。如短途运输、空中游览、航空物流等，通过创新推动低空经济产业的发展，拓宽通用航空发展新空间，为民航两翼齐飞奠定坚实基础。

综上所述，民航应积极拥抱新质生产力，运用创新理念充分发挥劳动者在新质生产力中积极性与创造性的重要作用，加强人工智能方面的创新与使用，不断提升自身的核心竞争力和可持续发展能力，推动民航高质量发展。■

# 指引民航腾飞—— 浅析《新时代民航强国 建设行动纲要》

文 | 程佳俊

随着中国式现代化进程的深入推进，民航业作为国家交通强国建设的重要组成部分，承担着连接国内外、促进经济发展、服务人民生活的重要使命。在当前形势下，民航业经历了新冠肺炎疫情、国际形势变化等多重挑战。为适应新时代要求，引领民航业高质量发展，中国民航局于2月28日举行交通运输高质量发展服务中国式现代化新闻发布会，这次新闻的内容凸显了中国民航局在推进中国式现代化进程中的重要角色和使命。会上宣布将在2050年建成一批世界一流的航空枢纽，并在此背景下征求各方意见，用以编制《关于推进国际航空枢纽建设的指导意见》。这一举措与《新时代民航强国建设行动纲要》（以下简称《纲要》）的背景紧密相关，旨在引领民航业迈向更高质量的发展阶段，为交通强国建设贡献力量。下面让我们来深度了解这个指引民航腾飞的《纲要》。



## 《纲要》的背景底蕴

自党的十八大以来，中国民航业取得了长足发展，成为国家经济社会发展的重要支撑。然而，新冠肺炎疫情等因素给民航行业带来了前所未有的挑战，航空运输量大幅下降，航空公司面临巨大的经营压力。这一挑战不仅来自国内，也受到国际航空市场的波动和影响。为了应对这些挑战，中国民航局提出了《纲要》，旨在通过规划和政策引导，带领民航行业迈向新的发展阶段，实现从应对挑战到主动发展的转变。

《纲要》的提出旨在推动民航行业高质量发展，服务于构建新发展格局。不仅明确了2025年和2035年的发展目标，更强调民航业在中国式现代化进程中的关键作用和使命。通过实施《纲要》，可以加速整个民航业的复苏与发展，为中国式现代化的推进提供有力支撑，助力中国民航跻身世界舞台中心。

为了有效实施《纲要》，政府需要提供良好的政策环境和政策支持，促进民航行业的发展。其次，技术创新也是推动民航行业发展的重要动力，需要不断加大研发投入，提高自主创新能力。当然，培养具有国际竞争力的民航人才也至关重要，为行业的高质量发展提供人才保障。环境、技术、人才三者缺一不可，才能够达到实施《纲要》的基本条件。

## 《纲要》的内容解读

首先，《纲要》强调了加快推进民航高质量发展。这包括提升航空运输服务质量，优化服务体系，提高运输效率和便捷性。通过推动技术创新、优化管理机制，实现民航产业可持续发展，提升国际竞争力。

其次，《纲要》提出要着力建设现代化航空运输体系。这涵盖了加强航空基础设施建设，提升机场运行能力和服务水平，促进空管技术现代化和安全保障水平提升。同时，鼓励发展通用航空和航空物流，构建多元化、高效的航空运输体系。

此外，《纲要》强调了加强安全保障能力。通过深化空管体制改革、优化空域资源配置，实现空域管理与使用的融合发展。加强航空安全管理，提升空域运行效能和应急处置能力，确保民航运输安全稳定。

最后，《纲要》提出了提高空域资源利用效率的目标。通过优化空域规划、推进空域精细化管理，提高空域利用效率和运行效能。加强空域资源保障，促进民航运输网络优化和发展。

《纲要》的内容设定了宏伟的发展目标，旨在推动中国民航行业向着更高水平、更广领域发展，为建设现代化强国提供有力支撑。

《纲要》致力于高质量发展的引领，体现在以下几个方面：一是提升服务质量

和效率，通过优化服务体系、推动技术创新和管理机制改革，提升航空运输服务的质量和效率，满足人民群众日益增长的出行需求；二是促进产业可持续发展，加强对民航产业的支持和引导，推动产业结构优化升级，提高民航产业的核心竞争力和可持续发展能力；三是建设现代化航空运输体系，加大对航空基础设施建设的投入，提升机场、空域和航空运输设施的现代化水平，构建完善的航空运输网络和服务体系；四是深化空管体制改革，推动空管体制机制改革，实现空域管理资源的优化配置，促进军民融合发展，提升空域管理的现代化水平；五是加强安全保障能力，强化航空安全管理，提升空域运行效能和应急处置能力，确保民航运输安全稳定，为人民群众出行提供可靠保障；六是优化空域资源利用效率，通过优化空域规划、推进空域精细化管理，提高空域利用效率和运行效能，促进民航运输网络优化和发展。

在实现高质量发展的过程中，《纲要》明确了以下发展路径和战略举措：加速技术创新和应用，坚持创新驱动发展，加强科技创新和成果转化，推动航空技术、装备和服务的升级换代，提升民航产业的核心竞争力；进一步深化改革开放，深化空管体制改革，推进航空产业改革和市场化进程，扩大航空市场准入，优化经营环境，激发市场活力和创新动力；加强国际民航合作，加强国际航空运输合作，积极参与全球航空治理体系建设，提升我国在国际航空运输市场的影响力和话语权，推动共建“一带一路”航空运输合作；优化行业资源配置，加大对航空基础设施和人才培养的投入，优化资源配置，提升航空运输服务能力和水平，实现资源的高效利用和可持续发展；推动军民融合发展，加强军民航空技术和装备研发合作，促进军民航空资源共享和互通互联，推动军民航空产

业的融合发展，实现产业协同发展和优势互补。

### 落实《纲要》的相关案例

今年2月26日《成都东部新区关于支持天府航空经济发展的若干政策（2024）》出台，旨在支持天府航空经济发展，通过一系列激励措施推动航空产业的蓬勃发展。具体政策包括：鼓励设立航空公司及境外航司代表处、支持客货运航空公司在该地区设立子公司、独立核算分公司并给予开办补贴、奖励境外航空公司在该区设立代表处并稳定运营国际航线、支持开行国际货运航线等。其中，针对航空公司和境外航司在该区设立代表处的补贴标准明确，注册飞机数量的不同对应着不同的一次性开办补贴额度，最高可达500万元。

此外，还设立了针对货站和货代企业的奖励措施，并对利用天府国际机场口岸开展业务的国内外贸企业提供奖励，最高奖励金额为100万元。这些补贴政策旨在吸引更多航空公司和企业参与天府航空经济的发展，促进航空产业的繁荣和创新发展。除上述奖励和补贴外，政策还针对航空公司注册飞行员、提升中转市场竞争力、提高货物处置效率、发展航空制造与维修、航空培训等方面给予奖励和补贴，以推动天府航空经济迈向高质量发展。

在刚闭幕的全国两会上，全国政协委员、中国东航总经理、党组副书记李养民提出了《关于推动国产大飞机C919规模化运营的提案》，提案着重强调了国产大飞机规模化运营的重要性，并指出了当前国产大飞机在市场竞争和性能设计方面仍处于初级阶段的现状。他建议通过构建运营协调机制，促进产业链上下游的密切协同配合，以推动国产大飞机的性能优化和

市场竞争力提升。此外，他还呼吁加强政策支持扶持，为国产民机的发展提供更多支持和保障。这些建议不仅是对当前国产大飞机发展面临挑战的深刻分析，更是对行业未来发展方向的明智指引，将为我国民航行业的高质量发展注入新的动力。李养民的提案与《纲要》的密切关系在于，他的建议与《纲要》中关于推动民航高质量发展、加快实现民航行业恢复和发展的战略目标契合。通过提出构建运营协调机制、加强产业链上下游协同配合、完善政策扶持等举措，李养民实质上是在为落实《纲要》中关于促进民航行业高质量发展的具体目标提供具体路径和措施。因此，他的提案可以被视为贯彻执行《纲要》精神的重要举措之一。

3月，上海市消保委和市场监管局机场分局与6家航空公司共同推出了《上海机场跨航司非连续客票无损退票互认机制》（以下称《机制》）。该机制旨在解决消费者在航空服务中遇到的退票问题，特别是涉及跨航司非连续客票组成的连续行程航班的退票问题。通过该机制，消费者在购买互认航空公司的非连续客票后，若因不可抗力导致前一段航班延误或取消，将享有后一段航班的无损退票权益。这一举措有效缓解了消费者出行时可能面临的经济损失，优化了航空消费环境，符合提升民航服务质量、改善消费者体验的目标。

该《机制》是落实《纲要》中提出的提升民航服务质量、改善消费环境的具体举措之一。《纲要》中强调了推动民航高质量发展的重要性，其中包括提升服务质量，解决消费者关切的问题。该机制的推出正是针对航空消费中存在的痛点问题，通过行业主管部门与航空公司共同努力，解决了跨航司非连续客票退票问题，从而更好地保障了消费者的权益，符合《纲要》

中提出的服务保障的目标。

近日，全国政协委员、中国民用航空华东地区管理局党委书记姜春水提出了加快民航大数据建设的建议。他认为，加快民航大数据建设是适应新一轮科技革命和产业变革趋势、支撑智慧民航建设、加快数字化转型的必然要求。该建议与《新时代民航强国建设行动纲要》密切相关，《纲要》明确提出了推动民航数字化转型的目标，强调了智慧民航建设的重要性。

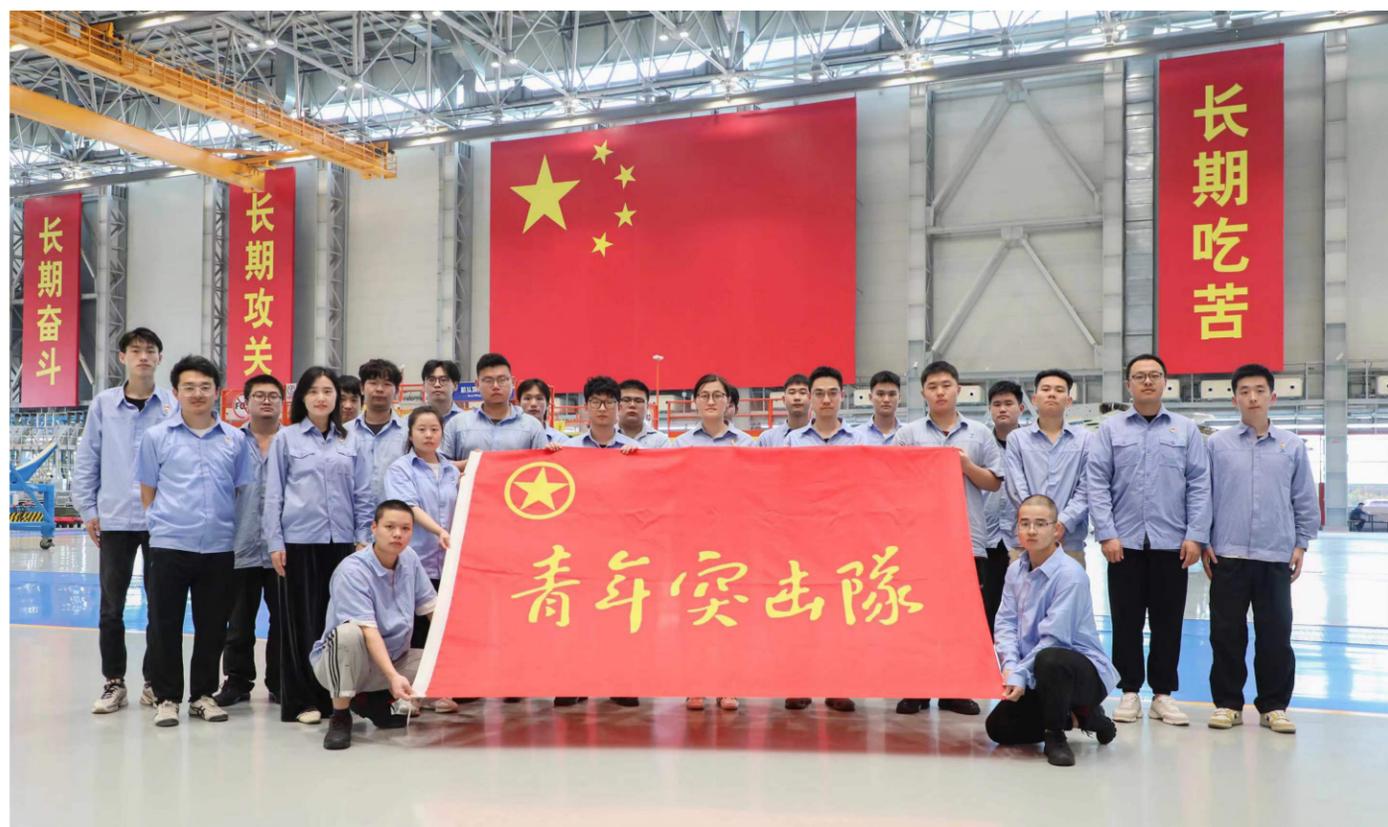
在姜春水的提案中，他强调了民航大数据建设的重要性，并建议民航管理部门加强数据管理，构建起政府推动、市场驱动、多元主体广泛参与的大数据发展模式。姜春水还指出，我国民航事业在大数据建设方面与发达国家存在较大差距，需要进一步加大改革力度和创新能级。这与《纲要》中提出的加强技术创新、推动数字化转型的要求一致。

此外，姜春水建议将中航信具有安全属性、公共属性和国际属性的功能和业务重新回归民航业，以此为抓手加快搭建民航行业公共数据管理平台，开展民航大数据管理与集约利用等相关工作。姜春水的建议有助于促进民航行业的数字化转型，提升行业的发展水平和竞争力，与《纲要》中构建现代化民航产业体系的战略目标相契合。

在航空强国梦的征程中，《新时代民航强国建设行动纲要》如同一盏明灯，照亮着民航腾飞的方向。它不仅是对民航事业发展的宏伟蓝图，更是对行业未来的坚定信念。在全民航业的共同努力下，我们有信心书写新的壮丽篇章。随着《纲要》的各项实施落地，我们更坚信，中国民航将迎来更加辉煌的明天。■

# 青年突击队：大飞机批产提速的“青”字号排头兵

文 | 牛旭青 周岑茗



## 全国优秀青年突击队

“C919大型客机批产提速”青年突击队现有成员70余人，均为一线生产班组、技术条线、职能保障条线及团总支的青年骨干，团队充分发扬“能打仗、打胜仗”的优良作风，在“急、难、险、重、新”的第一线攻坚克难，有序推进批产提速、智能化升级等各项型号重点工作，入选“全国优秀青年突击队案例”。

不懈奋斗，是习近平总书记对广大青年最多的寄语，承载着习近平总书记对青年群体砥砺奋进、在拼搏的青春中干事创业、实现梦想的殷殷期许。

在大飞机总装制造一线，广大青年骨干以逢山开路、遇水搭桥的闯劲，为了完成各项型号任务百

折不挠、勇攀高峰。作为“青”字号排头兵，“C919大型客机批产提速”青年突击队（以下简称“青年突击队”）在护航国产大飞机翱翔蓝天中的生动实践，被选入“全国优秀青年突击队案例”。

## 把梦想写在蓝天上

2023年年初，70余名来自C919事业部一线生产班组、技术、管理等条线的团干部和青年骨干聚在了一起，为总装制造更多更好的大飞机团结奋斗。“C919大型客机批产提速”青年突击队由此成立。

人生能有几回搏？在宝贵的青年阶段去拼搏，让更多的国产大飞机翱翔蓝天。这是每一位青年突击队成员共同的心声与行动。

作为青年突击队的“领跑员”，“全国青年岗位能手标兵”、C919事业部主任李青不是在带领团队解决难题，就是在解决难题的路上。“需要协调供应商保障流程加载”“FITO（试飞问题处理单）顺利关闭”……工作群内，李青总是最活跃的那个，协调资源、紧盯进展、总结经验，他与

全国劳模、全国优秀党务工作者、时任C919事业部党总支书记王海，永远都在解决问题的战地火线，啃最硬的骨头、盯最棘手的环节，带领团队精准把脉，寻求解决型号现场难点的最优解。

凝聚团队中每一位青年，合力推进C919型号项目跑出加速度。巾帼不让须眉的青年突击队队长王敏转是C919事业部的副主任，同时也是生产部的部长，主抓计划管理、生产调度和生产准备工作。“想在前面、做在前面”是大家对她最多的评价。每天，王敏转都会提前半小时来到办公室，梳理当天重点工作，提前做好关键任务涉及的各个环节及难点的预案，为更好应对生产难题、助力批产提质增效做细每一次计划，全力守住每一天的节点。

走在护航批产提速前列的，不仅有领导干部和“老法师”，更

有加入职场不久的90后，甚至00后。加入翼身装配工位中央翼班组的5年，方鑫宇持续精进装配技艺，潜心守护飞机质量；期待在大飞机这片热土上更有作为的生产管理师江申，一毕业就在生产管理的岗位锻炼自己，如今已然成为“生产管理能手”；因为热爱、所以坚持的00后代表孙宏杰，强化理论学习、严控生产质量，在参与隔音棉制造中一步步成长起来……

这支斗志昂扬的团队，用青春理想追梦，用实绩实效说话，他们发扬“能打仗、打胜仗”的优良作风，与各条线并肩作战，顺利完成C919飞机第8、第9架机交付，有序推进后续架次飞机进入达接交付状态，圆满完成批产提速、智能化升级等各项型号重点工作，展现出新一代大飞机青年为实现大飞机规模化系列化发展而奋斗的精神风貌。

2023年年初，70余名来自C919事业部一线生产班组、技术、管理等条线的团干部和青年骨干聚在了一起，为总装制造更多更好的大飞机团结奋斗。“C919大型客机批产提速”青年突击队由此成立。

## 为客户造出更多精品飞机

2023年是C919飞机批生产元年。在总装制造主战场，打好从研制阶段转向批产阶段这场新的“大仗”“硬仗”至关重要。

目标已定，那么“战斗”该怎么打？青年突击队从节拍化生产、提升产品品质两个方向给出了答案，并在实践中持续优化，让批产工作畅通有序。

聚焦节拍化生产，团队首先进行了组织机构调整，为批产提速奠定良好的基础。“为适应批产阶段专业化的分工，我们在研制阶段的基础上，对班组进行了进一步的细化、拆分和整合，通过激发最小单位的活力来推动生产效率提升。”作为上飞公司第5批派驻工位的青年骨干，C919事业部团总支书记张轩积极协助工位工段长开展生产管理、谈心谈话，推进现场难题解决、提升团队凝聚力，为批产提速贡献青春

智慧。

节拍化生产离不开科学的生产组织与策划。团队以月度计划节点为锚点，根据生产情况和飞机状态，开展“三层计划管控”机制，通过细化月度计划、制定双周/周计划、制定日计划，根据节拍优化调整工位、分包任务，落实生产节点和配套需求，提升零件齐套率，并通过生产现场早晚例会，推动问题解决，持续优化批产节拍。

在提升效能、稳定节拍上，技术创新也为批产注入强大动能。团队充分利用先进智能技术，持续推进数字化转型落地。当前，团队已经在生产数据可视化、信息化平台建设、智能化装备应用等方面进行了更新升级和优化。以智能化装备应用为例，当前，团队已经验证了先进牵引设备在产线上落地使用的成效，结果显示相关设备可以有效缩短飞机牵引的协调时间，提升现场效率。

而在提升产品品质方面，团队坚持“以客户为中心”的理念，扎根批产装配现场，参与工位保护手册编制会签，合力抓产品保护工作的落实提升。15人的女子行动队在青年突击队中专项负责保护材料试用、保护工装试样、机上保护工装安装、机上保护点巡查反馈以及整改跟进等方面的工作，她们发挥女性认真细致、追求完美的特质，持续在“保护有方法、保护有成效、保护有高度”上下功夫。

从事产品保护工作多年的蒋美丽深知，进入批产阶段，不仅要为质量安全把关，更要为客户把关。为此，团队在落实好日常巡检的同时，也结合前期交付时客户重点关注的事项以及监造代表反馈的建议，有针对性地开展产品保护优化，添加产品保护覆盖面积尺寸要求、形成保护材料安装方式标准……为消除一切安全隐患、交付客户满意的飞机全力以赴。

## 在生产一线挥洒青春热血

稳节拍、抓品质，在推进大飞机批产提速的道路上，青年突

以传统意义上的工段管理为基础，以“模块化团队”的工作模式，为解决各类疑难杂症提供专业、高效的反馈与跟进，成为助力C919批产提质增效的重要力量。

击队依托“模块化团队”的工作模式，在型号攻坚的最前沿解决难题，书写践行“一线工作法”的生动注脚。

走进总装现场，一派忙碌的景象映入眼帘。在一线工位上，2022年“大国工匠年度人物”、中国商飞“十大青年英才”周琦炜正带领150（系统总装）工位成员在内饰、机械和电气工作中摸索适用批产阶段的好办法；130（全机系统功能试验）工位工段长石琦全力带领工位成员踏准每一天的任务节点，为飞机推出总装、开展一系列功能试验争取时间……

以传统意义上的工段管理为基础，2023年年初以来，生产、计划、调度、工位、技术、采购、质量、IE（工业）、工程九大模块人员驻扎现场，以“模块化团队”的工作模式，为解决各类疑难杂症提供专业、高效的反馈与跟进，成为助力C919批产提质增效的重

要力量。“真在现场，真解决问题”，这些骨干力量下沉一线的做法，获得生产现场的好评连连。

把“办公室”放在现场的，还有C919事业部的两位负责人。“找王海书记？找李青主任？别去办公室了，直接去飞机生产现场看看。”这在团队中可谓无人不知。的确如此，他们始终在一线、在现场、在飞机旁边了解情况、解决问题，而这也是他们多年保障型号任务、赶赴外场跟试跟飞的最大心得：只有“围着飞机”，才能更准确、更高效地找准症结，解决问题、服务生产。

“只有继续保持好‘在现场解决问题’的良好作风，才能更好地结合现场和飞机实际，形成高效的生产节拍，进一步提升产能和产量。”在C919事业部生产调度室的冒志杰看来，要在为一线生产解决难题的过程中，发现优化项和改进点，为批产提

速积累实战经验。

江申结合负责工位的计划制定分享了自己的做法，“凡事预则立，我会在飞机移交到工位之前，对前置保留情况进行梳理，形成问题清单，并尽快细化形成生产计划，当好生产现场的‘指挥棒’。”

聚焦生产现场一线和总装制造各工位实际，团队中的工艺员们也在积极为推进工艺流程优化出谋划策，致力于将原本的工艺流程拆分为多个可并行开展的流程，提高一线的生产效率。来自C919事业部技术部电气工艺室的李季介绍了其中的原理，简单来说就是“由串行变并行”，原本需要一个人在完成一道流程后再进行下一道流程，优化后的工艺流程可以实现多个人、多条线同时开展工作。

青春孕育无限希望，青年创造美好明天。以“C919大型客机批产提速”青年突击队为典型代表的大飞机青年，正以青春为名，为梦想前行，他们只争朝夕、不负韶华，将继续在急难险重任务中冲锋在前，为大飞机规模化系列化发展再立新功。■

“为适应批产阶段专业化的分工，我们在研制阶段的基础上，对班组进行了进一步的细化、拆分和整合，通过激发最小单位的活力来推动生产效率提升。”

# 飞机上的污水排向哪里

文 | 蒋斯来

经常有人问我一个问题，即飞机上的污水是怎样被排出的？是在空中直接放掉，还是在地面集中排出？这也许是很多人共同关心的问题，为了说明这个问题，下面就以 150 座级客机为例，将水和污水系统简要介绍如下。

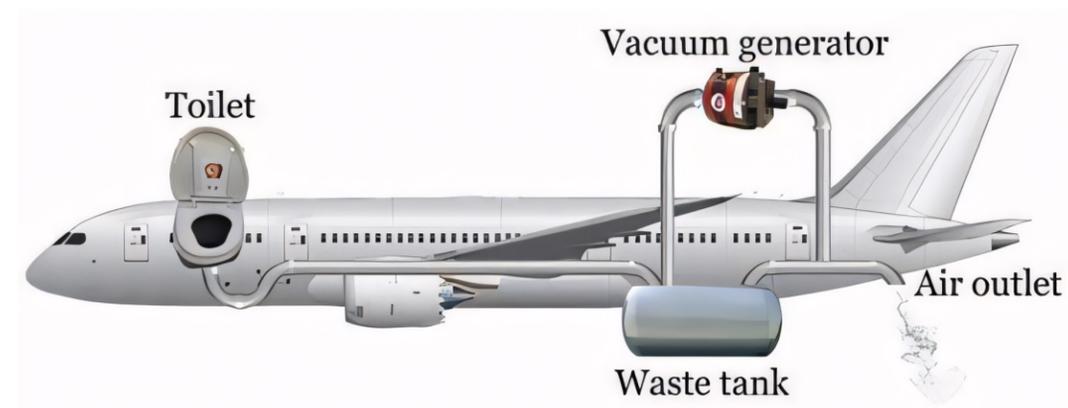
客机上使用水和产生污水的地方，主要是厨房柜和盥洗室。

## 厨房柜

一般情况，150 座级客机的客舱内共设有四个厨房柜，其中 1 号和 2 号厨房柜设置于客舱前端顺航向的右侧，与左侧的前登机门相对。3 号和 4 号厨房柜设置于客舱后部顺航向的左侧，在后机身厨房服务门的附近。

四个厨房柜的组成，大同小异，基本上都有辆服务车，服务车内存放餐具和食品。服务车就放置在厨房柜台板的下面，在这块台板的上面，放置电饮料箱、水龙头、水加热器、电烤箱、咖啡壶及配电板，在柜子的顶部还设置有小型的储藏盒，台板下面还有废物存放箱等。其中 2 号厨房柜在面临中央过道的一侧，还装有一块折叠面板，此面板支撑起来可作为工作台使用。

服务员的配餐工作主要是在 1 号和 2 号厨房柜上进行，3 号厨房柜仅作为厨房用品和食品的储藏，4 号厨房柜仅进行某些饮料配置等简易的厨房服务工作。



## 盥洗室

一般情况，150 座级客机的客舱内共设有三个盥洗室，分别设置于机身入口处的右侧和机身尾部的两侧。

三个盥洗室的设计，是根据相关资料的规定，即客机座舱内的盥洗室数量，以平均 25 人至 50 人设置一个盥洗室为原则，如果再加上机组乘员的人数，因此 150 座级的客机设计三个盥洗室是能够满足需求的。三个盥洗室的组成是一样的，有梳妆台、洗脸池、镜子、卫生用品存放柜、马桶组件、冷热水龙头、防飞机颠簸的扶手、通风设备、氧气面罩、照明灯等。

盥洗室内装有三面镜子，分别设置在洗脸池的正面、侧面和洗脸池相对的背面，安装这么多的镜子，主要是利用镜子产生影像视觉的效果，使盥洗室这个小的空间变大，给人以宽敞的感觉。

## 水与污水系统

水系统主要由下列部分组成：水箱和水位指示系统、电动转换开关、放水阀、电动冲水和溢流阀、水箱加压系统、供水和排水管路、



加热器、冷水和热水龙头组件、地面维护口盖等等。

给飞机加水时，先将电动转换开关转到加水位置，让地面加水口与水箱上部的一根管道相通，同时在水箱上的另一根管道与溢流阀相通，此时便可以加水。在加水的过程中，水箱中的空气从溢流阀中排出，水箱内水的位置指示器会随时显示水箱里的水位，直至加满。一般情况下，水箱加满水是 178 升（约 47 加仑）。水箱加满水后，即停止加水，否则多余的水，会从溢流阀中溢出，流到地面上造成浪费。停止加水后，启动电动转换开关，将加水管和溢流管断开。至此，

加水工序完成。

飞机上的水系统，只有一个水箱，这个水箱是一个细长型的圆柱体，其形状基本上与机身的形状相同，安装在后货舱门附近的机身右侧。由于水箱的外形细长，所以无论是用水还是排水，都不容易将水箱中的水全部用完或排尽，这是因为细长型的圆柱体在安装时，不可能保持水平状态，这样就势必在低的一端会集聚一定量的水而无法排尽。还有一个原因，就是有时候飞机前起落架和主起落架不一样高，或者飞机的停机坪不水平。这些因素都是无法避免的。

这种积水的现象，会给水箱

的维护工作带来一定的困难，这就要求维护人员必须经常仔细清洗水箱的内部，将剩余的水全部清除。具体做法是，停机后，打开水箱底部的排水阀，能排除掉一部分，但还是不能全部排尽。此时应将电动转换开关转到加水的位置，利用空气的压力，可以将箱内的剩余水全部排除，再关闭水箱底部的排水阀。由此可见，飞机维护人员的工作是很辛苦的。

在这里还要说明的是，飞机供水系统是利用压力供水，气体压力来源于座舱的空调系统，而座舱的空调系统的气源则由发动机的引气来保证；与此同时，还有辅助动力装置作为应急气源，故水的加压系统工作是绝对可靠的，这种压力供水的方式，为大多数现代客机所采用。

## 供水

在飞机上供水之前，首先应该对水箱进行充气加压，加压气体是由客舱空气调节系统的气源中引出，经过过滤器的过滤后才充入水箱内。当水箱中的充气压力超过规定值时，水箱上部的释压阀立即放气，以防止水箱内过压，确保安全。冲压后的水箱中的水，就可以供应

到厨房柜和盥洗室的水龙头内，提供使用。在盥洗室内，水又分成了两路，一路直接通往冷水龙头供用，另一路进到水的加热器中，经加热后供到热水龙头内供用。

由于加入到水箱里的水是事先经过消毒处理的，故此时的水可以直接饮用，也可以洗涤。

## 污水系统及其排放

污水系统主要包括盥洗室中马桶污水箱组件、洗脸池污水排放和1号、4号厨房柜洗涤槽所产生的废水排放。

盥洗室内洗脸池洗涤后的污水排放，是经洗脸池的放水口，通过管道流入到该盥洗室的马桶的污水箱中。但是，也可以根据用户的要求，将这部分水经过管道与机身下部的空中排水口，直接排往大气中。

厨房柜洗涤槽里流出的污水，则通过管道与机身下部的空中排水口，直接排往大气中。污水排放的原理是利用重力，或者是重力和客舱内外的压力差而进行排放的。

三个盥洗室中各有一个马桶，马桶的组件包括箱体、箱盖，冲洗组件，包括泵、电动机、过滤器、排放口堵塞、装饰罩等。

马桶的冲洗与污水的排放，

先按冲洗电门，电动机带动冲洗泵转动，将污水箱中的水通过过滤器吸入，然后在座盆里以一定的压力，对座盆进行冲洗。等定时器到了规定的时间，自动切断电源，系统完成一次性冲洗。视情况，可反复进行。

在座盆上部的边缘有一个溢流孔，此溢流孔的作用是当座盆正常的下水口被堵塞时，防止水的溢流。同时为了防止臭气倒流到盥洗室，在污水箱盖上安装了一根通气管，将气体引出，实现除臭的目的。

当飞机着陆后，通过操纵地面维护口盖的手柄，将泄放堵盖拉启，进行污水排放。

这里需要说明的是，马桶污水的地面维护口盖直径一般为102毫米，共有两层口盖，当打开外层口盖而不开启内层口盖时，排泄污水不会泄漏，只有当拉开外层口盖，接上地面的维护软管，再开启内层口盖时，污水才会流出，这就给地面的维护人员创造了有利条件，不会因打开口盖就有污水喷出而溅到人的身上。这是当代先进飞机设计的人性化概念。■

# 印尼商用飞机发展之路

## ——世界商用飞机发展简史（十五）

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。

印度尼西亚（下称“印尼”）是千岛之国，全国由17000多个岛屿组成，是世界上最大的群岛国家。岛屿之间只能用船和飞机作为主要交通工具，一些较大的岛屿内也要靠飞机运输，航空工业发展条件可谓得天独厚。而在其商用飞机发展史上，印尼也曾有过“高光时刻”，只不过“时运不济”，在20世纪90年代的亚洲金融风暴中，印尼的航空工业遭到了毁灭性的打击。



## 起步较早的发展中国家

20 世纪初，在荷兰殖民统治时期，荷属东印度群岛的航空服务业就开始逐渐发展起来。1924 年 10 月，荷兰皇家航空公司进行首次洲际飞行，一架飞机从阿姆斯特丹飞到巴达维亚（现在的印尼首都雅加达）。1929 年，荷兰皇家航空公司开通了阿姆斯特丹和巴达维亚之间的定期航班。直到二战前，这条航线都是当时世界上航程最远的定期航班线路之一。此外，荷属东印度群岛的多条航线也相继开通。1941 年 12 月至 1942 年 3 月荷属东印度战役期间，荷属东印度群岛的一些客机被用于疏散平民和运送部队。独立前，印尼的航空工业完全掌握在荷兰殖民者手中。

1945 年 8 月 17 日，印尼宣布独立，成立了印度尼西亚共和国。1946 年，印尼政府组建了空军计划建设局，开始由官方主导发展航空工业，而这，也意味着印尼航空工业的真正起步。在当时众多发展中国家与新兴经济体中，这一起步应该说算是比较早的了。

建设局在马格丹建造了一座小型工厂，主要制造航空基础材料和一些用于空军训练的滑翔机。1949 年底，在联合国的压力下，荷兰最终同意承认印尼独立，随后，

印尼航空工业开始迎来大发展。1953 年，马格丹飞机制造厂组建试验分部，负责飞机的设计和测试。1957 年，印尼空军决策层作出决定，试验分部从马格丹飞机制造厂独立出来，主要从事军用飞机的设计和试验工作。这些，都为印尼后续航空工业的发展奠定了基础。

进入 20 世纪 60 年代后，印尼政府不断加大对航空工业的扶持力度，陆续出台各种政策整合航空工业。1960 年，印尼空军组建航空工业筹备委员会，负责同欧洲国家飞机制造商谈判技术转让等事宜。1965 年，印尼总统苏加诺的权力被军人集团剥夺，陆军将领苏哈托领导的右翼政权组成了新政府，对航空工业进行了改组，组建隶属于空军的飞机制造项目执行司令部和隶属于政府的独立飞机工业国家公司，这也意味着航空工业正式成为印尼国家工业体系的重要组成部分。此后，印尼航空工业进入了发展的快车道。

## 大飞机梦的启航与破灭

在印尼航空工业发展史上，有一个绝不可能绕过的重要人物，他就是优素福·哈比比，也是印尼第三位总统。哈比比 1936 年 6 月 25 日出生于印尼的一个穆斯林家

庭，从万隆工业学院毕业后，就前往联邦德国亚琛技术学院深造，并于 1965 年获得航空机械工程学士学位。1965 年至 1969 年，他在汉堡一家科研机构担任工程师，在航空技术方面积累了丰富的经验。1974 年，在时任总统苏哈托的劝说下，哈比比返回印尼，负责规划并改组印尼航空工业。

1976 年，印尼成立了本国唯一的飞机制造企业——国营印度尼西亚飞机工业有限公司（简称“努桑达拉公司”），哈比比担任董事长兼总裁。由于哈比比的身份地位和关系优势，努桑达拉公司从政府部门获得了源源不断的资金与政策支持，并开始与国外企业合作，进入整机组装阶段。其中，德国的许多公司成为了印尼的重要合作伙伴，这当然与哈比比的个人工作经历有关。努桑达拉公司先后获得德国公司的许可，为其组装直升机，又与西班牙 CASA 公司合作，取得了 C-212 运输机的生产许可权和亚太地区的销售权，并于 1978 年开始生产 NC-212 型通用运输机。在哈比比的主持下，努桑达拉公司从西方大量引进专家，同时派出大批工程师到西方学习航空制造，公司鼎盛时期员工近 2 万人。

1980 年，努桑达拉公司又与西班牙 CASA 公司合资组建飞机技

术工业公司，研制 44 座的 CN-235 飞机。该机于 1983 年首飞成功，1986 年取得适航证并交付用户。截至 1996 年底，CN-235 飞机共生产了 70 架，其中国外订货 18 架。

此后，努桑达拉公司又通过自主研发，成功推出一款编号为 N-250 的客机。它是世界上第一种采用三轴电传飞控系统的支线飞机，能够搭载 50 ~ 70 名乘客。哈比比将这款飞机取名为“嘎托科克”。在印尼经典木偶影戏中，“嘎托科克”是孩子的玩具。

1995 年 8 月 10 日，寄托着政府和人民厚望的 N-250 客机终于迎来了首航。在此之前，它已经经历了数百小时的试飞，即将拿到欧洲和美国的适航证。作为印尼独立日 50 周年活动的组成部分，万隆国际机场举行的 N-250 客机首航仪式格外隆重。印尼总统苏哈托、努桑达拉公司总裁哈比比，以及来自世界各国的记者悉数到场。随着佩利塔航空的 N-250 客机缓缓推出，而后平稳起飞，“千岛之国”的大飞机梦，随之启航。

尽管在那时，他们便充分认识到商用飞机产业对印尼的重要性，并希望通过大飞机项目逐步实现从农业国到工业国的跃进，但他们没有认识到，发展商用飞机，国力是一道不容忽视的门槛。

随着首航成功，努桑达拉公司很快便拿到了 200 多架的意向订单。两年后，第二架 N-250 首飞，一切看起来都很顺利，可就在这时，亚洲金融危机爆发了。

国内经济命悬一线，向国际社会申请援助的印尼，等来的却是个两难的选择——国际货币基金组织答应向印尼提供资金支持，但前提是“不得向航空工业投入一分钱”。

亲手设计出 N-250 的哈比比，此时已身为总统。他别无选择，忍痛接受这笔“致命”的援助，但印尼的大飞机梦，也就此停滞。尽管在那时，他们便充分认识到商用飞机产业对印尼的重要性，并希望通过大飞机项目逐步实现从农业国到工业国的跃进，但他们没有认识到，发展商用飞机，国力是一道不容忽视的门槛。

## 再度尝试

金融风暴之后，印尼的航空市场在世纪之初迎来爆发式增长，可天空中飞行的却是众多大机龄，

乃至二手的波音、空客和麦道飞机。正是在这样的背景下，再次尝试自主研发制飞机项目提上了印尼的日程。

2014 年，印尼企业 Regio Avi-asi Industri (RAI) 宣布进军商用飞机市场，计划推出一款名为 R80 的涡桨支线飞机，消息一出，顿时勾起许多印尼人心中的一段陈年往事，在他们眼中，R80 其实就是复活的 N-250。R80 客机就是在 N-250 客机技术基础上发展而来的，从外形上看，这两款客机几乎保持一致，但 R80 在机翼与螺旋桨位置做了小幅度的优化，增加了翼梢小翼与新型螺旋桨。截至目前，R80 飞机已经完成了大部分的风洞试验工作。

印尼发展航空工业，自然条件得天独厚，航空市场刚性需求潜力巨大，据国际航空运输协会 (IATA) 预测，到 2036 年，印尼将成为世界第四大航空市场。近些年，印尼政府在经营策略上给予了国内航空企业很大便利，印尼国内出现了百余家大大小小的航空公司，此外，印尼政府逐步加大了航空监管改革，以刺激对本国航空业的投资。天空之上，后来者的攀登之路注定遥远和崎岖，想要在商用飞机领域占有一席之地的，必然是各方实力皆强的“全能之王”。■

# 世界首条定期民航航线

文 | 蒋斯来



## 蒋斯来

高级工程师，在上飞公司工作了近 55 年。参加过歼击机修理、运 10 飞机研制、麦道飞机合作生产、波音飞机的转包生产，在《航空工艺技术》等刊物、报纸发表文章 30 多篇。参与编写了《ARJ21 新支线飞机的研制历程总结》，组织编写了《民用飞机制造技术与管理》等书稿，出版了《英汉航空技术缩略语词典》等 6 本书籍。曾担任《上海市志工业分志·航空业卷》的评议专家和审定专家、《上海市级专志·上海科学院志》的评议专家、《上海市级专志·宝钢集团志》的审定专家。

在美国佛罗里达州的小城圣彼得堡国际机场，竖立着一块纪念碑，上面写着：“定期民用航空的诞生地”。这里诞生的圣彼得堡—坦帕航线，是世界上第一条民用航空定期航线。这意义深远的创举却是由一个销售员提出并实现的。

## 凡斯勒的作为

圣彼得堡—坦帕航线的诞生应归功于凡斯勒。凡斯勒本是船用柴油发动机的销售员，他对高速运动特别感兴趣，尤其喜爱赛艇运动。当他听说汤姆·本诺瓦斯特公司造出了飞机后，就产生了建立一条民用航线的想法，具体设想是在圣彼得堡与坦帕之间架起一条空中运输线，距离约 37 千米。于是他写信给汤姆·本诺瓦斯特，谈了这一设想，后者很感兴趣。凡斯勒也非常高兴，他回忆说：“我对于速度的兴趣来自参加赛艇的经历。当我听说托尼·詹尼斯驾驶水上飞机成功地在密西西比河着陆后，一个想法突然出现在我的脑海里。这个想法不是驾驶水上飞机进行一些奇特的飞行，而是利用飞机进行从一地到另一地的商业运输。”

凡斯勒认为在圣彼得堡与坦帕之间建立航线最合适。这段距离 23 英里（约 37 千米）的路，其中 15 英里（约 24 千米）是沿着坦帕湾，剩下的路段是在开阔的水面上。他把这一想法告诉了汤姆，汤姆立即成为这项计划的热情支持者。

## 开辟航线的需求

开辟一条航线并非易事。二人商定，凡斯勒谋划飞行计划，本诺瓦斯特提供三架 14 型水上飞机。这种飞机采用双翼木质结构，质量为 567 千克，机长 8 米，安装一台罗伯特公司的 6 缸水冷式发动机，功率为 75 马力（约 55.13 千瓦）。最大飞行速度 103 千米/小时。本诺瓦斯特乐观地说：“天空之梦可以使携带旅客和货物的飞机得以实现。”

1913 年 11 月，凡斯勒来到坦帕，选择合适的飞行路线，希望能够寻求到支持和投资者，之后又于 12 月 4 日来到圣彼得堡。这是一个只有 9000 人口的小城。他与 12 个人达成了协议，每人出资 100 美元，共同成立了一家运输公司和商业委员会，开始对航线经营进行具体运作。

凡斯勒立即电告本诺瓦斯特来圣彼得堡。1913 年 12 月 17 日，本诺瓦斯特与商业委员会签订了史上第一份飞机民用航线经营合同，这一天刚好是莱特兄弟首次试飞成功“飞行者”1 号飞机的 10 周年。

合同规定，商业委员会总计提供 2400 美元资金，本诺瓦斯特提供飞机、飞行员，还负责飞行和维护工作，在三个月内进行定期航线飞行，每周 6 天，每天飞行 2 班。

1914 年 1 月 1 日，航线正式开飞。每趟飞行时间为 22 分钟，价格为 5 美元，乘客的最大质量限制在 200 磅（约 90.8 千克），如超重，需要增加一定的费用。除了每天两班的定期飞行外，还可以根据乘客的要求进行一些特殊的航线飞行，收费在 10 美元～20 美元之间。

合同签订的第二天，《圣彼得堡时报》就报道了这一消息，称水上飞机将提供圣彼得堡与坦帕间的航空旅行，并且预计这条空中航线将为圣彼得堡市产生极大的利益。

当时，从圣彼得堡到坦帕，汽船需

要 12 小时，火车需要 12 小时，汽车更需要 20 小时，而飞机只需要 22 分钟，航空运输的速度优势得到了充分体现。当有人问及空中飞行是否安全时，凡斯勒回答说：“水上飞机飞行远比汽车安全，因为飞机经过了长时间考验。”

飞行员是安东尼·H·詹尼斯。他的飞行业绩很好，曾进行过飞行表演、军用飞机试飞和越野飞行等。

本诺瓦斯特公司提供的 3 架飞机中有 1 架是 13 型水上飞机，凡斯勒用它开办了飞行学校，进行飞行员培训。第一架 14 型水上飞机部件用火车运到，组装后进行了 2 次试飞，均由詹尼斯驾驶。飞机只能坐一名驾驶员和一名乘客，若乘客较轻则可带两名。

至此，民航飞行的实体都已建立，包括飞机、航空公司、飞行员，以及飞行员培训学校。

## 空中运输新纪元

1914 年 1 月 1 日，举行了首次

1913 年 12 月 17 日，本诺瓦斯特与商业委员会签订了史上第一份飞机民用航线经营合同，这一天刚好是莱特兄弟首次试飞成功“飞行者”1 号飞机的 10 周年。

正式飞行典礼。詹尼斯担任飞行员，圣彼得堡市前市长费尔成为第一位乘客。这张第一张机票采用拍卖方式。现场有 3000 人参与这场首飞仪式。经过几轮出价，费尔以 400 美元高价购得第一张机票，有幸成为航线开通后的第一位乘客。

凡斯勒在首次飞行典礼上发表了短暂的演讲。他说：“昨天完全不可能的事情，今天就得以实现了。明天的进步将不可预测。”

10 点钟，詹尼斯和费尔肩并肩坐在狭窄的座椅上。飞机起飞后，詹尼斯还向人群挥手致意。当飞机降落在坦帕的希斯波罗河河口时，詹尼斯和费尔受到当地 3500 人的热烈欢迎。费尔下飞机后首先打电话给圣彼得堡，报了平安。紧接着就开始处理他的生意，获得很多订单。11 点过后，詹尼斯和费尔乘机返回圣彼得堡。整个旅程和做生意花费不到 1.5 小时。

首次飞行获得了圆满成功，乘坐飞机可以实现异地之间的交往，缩短了地理之间的距离，同时飞行过程中既是一次空中游览和享受，也可在到达目的地后处理生意和各种其他的事务，非常便捷，从此也就开辟了人类空中运输的新纪元。

当天下午，又进行了第二次往返飞行，机票同样以拍卖的方式，

# 航空史上的4月

辑录 | 黎时

在这条航线运营的三个月中，按计划飞行 50 余天，只有 7 次因为天气和机械故障没有飞成，其他都正常飞行。在 172 次定期飞行中，运输了旅客 1205 名，飞行距离约 7000 英里（约 11265km），没有发生一次事故。

结果米切尔以 175 美元拍得了这张票。第二天，商会秘书的妻子 L·A·惠特尼女士专门乘飞机进行了往返飞行，成为第一位进行商业飞行的妇女。她把这次飞行描绘得引人入胜，说飞行过程就像在妈妈的怀抱里入睡，充满诗情画意。

## 开辟航线的深远影响

第一条空中航线的开辟，在当地产生了积极影响。《圣彼得堡时报》宣布，已经与水上飞机航线公司签订了合同，由飞机将报纸运到坦帕，使得该报成为“世界上第一种由飞机发行的报纸”，“这将是世界上最不可思议的发行系统，坦帕的读者将几乎在同一时间读到报纸的内容”。航线开辟的消息很快扩散到其他州。有的报纸以吸人眼球的形式谈论这一事件。例如，一份报纸声称：“圣彼得堡变成了一座鹈鹕、鼠海豚加飞机的城市。”

当然，空中航线的开辟也带来了一些行政性的问题。坦帕港检查

员就要求飞行员、飞机等必须具有合法的执照。于是，詹尼斯向美国商务部申请运营执照。

1914 年 2 月 17 日，詹尼斯获得了历史上第一本个人商业飞行员执照。

善于经营的商人很快从空中航线的开辟中发现了商机。有的商人声称他们的商品是经由空中运输的。一个坦帕的花农与圣彼得堡订下合同，每天订购多达 50 美元的鲜花。圣彼得堡的赫夫纳杂货店通过广告为其火腿提供销路，声称他的火腿是通过“水上飞机快递”运输的，马上就到。广告词说：“尽管火腿飞得很高，但它的价格却很低。”

在这条航线运营的三个月中，按计划飞行 50 余天，只有 7 次因为天气和机械故障没有飞成，其他都正常飞行。在 172 次定期飞行中，运输了旅客 1205 名，飞行距离约 7000 英里（约 11265km），没有发生一次事故。空中运输，产生了巨大影响。

当地报纸还经常报道飞行情

况，不无自豪地说，“我们是首家使用航空发行的报纸。”

凡斯勒说，在定期飞行的日子里，订座的人非常踊跃。“我们的订座单长达 1 码（约 0.91 米），每次飞行都有乘客。”除了定期飞行，2 架 14 型飞机还承接了约 100 次的包机飞行或观光飞行的业务。运营期间，飞机的维修费用仅 100 美元，而飞行获得的收入达 12000 美元，飞机的商业运输价值初现端倪。

合同期满后，该航线仍飞行了 5 个星期。1914 年 4 月 27 日，这条航线关闭，原因是人们以及飞行员已经不再满足于仅这一条航线了。

航线通行的时间虽短，但意义重大。正如本诺瓦斯特所说：“我认为我们已经证明飞机可以成功地用于定期运输和商业运营。”

圣彼得堡和坦帕因为成为史上第一条航线的诞生地而被世人瞩目。当地人为这项第一感到无比骄傲与自豪。自 1964 年开始，每年要举办活动，纪念民航史上这一重大事件。圣彼得堡市和坦帕市商会还共同设立了“托尼·詹尼斯奖”，奖励那些“在定期民航运输事业发展和改进中做出过重大贡献的人”。■

1911 年 4 月 6 日，秦国镛驾驶从法国带回的一架配 50 马力发动机的“高德隆”单座教练机，在南苑校阅场试飞成功，成为第一个驾机飞上祖国蓝天的中国人。

1917 年 4 月 18 日，威廉·波音把太平洋航空产品公司更名为波音飞机公司。

1919 年 4 月 13 日，英国维克斯公司一战后在“维米”轰炸机的基础上研制的“维米”民用型首次试飞，该机有封闭座舱，最多能容纳 10 名旅客，共生产了 43 架，其中 40 架卖给了中国。

1920 年 4 月 24 日，英籍飞行员麦肯锡驾驶“京汉”号从北平起飞，成功开辟了中国第一条民用航线——京沪航线南苑至天津段。

1924 年 4 月 6 日~9 月 28 日，美国陆军航空队动用 4 架道格拉斯公司 DWC“环球巡航者”水上飞机，分别以美国西、北、东、南方向的“西雅图”“芝加哥”“波士顿”和“新奥尔良”4 个城市命名，从西雅图的华盛顿湖起飞，进行人类历史上第一次环球飞行。最后，“芝加哥”号和“新奥尔良”号以及补造的“波士顿”II 号于 9 月 28 日回到西雅图。这次环球飞行历时 175 天，整个航程中停了 72 次，实际飞行 371 小时 11 分，航程 44340 千米，平均速度每小时 124.8 千米。

1926 年 4 月 6 日，德国汉莎航空公司成立。

1929 年 4 月 14 日，英国人林克发明飞行员训练器（亦称“蓝盒子”）。这是一种飞行模拟机，二战期间，几乎所有参战国都用它来训练飞行员。

1937 年 4 月 12 日，英国人弗朗克·惠特尔设计的世界上第一台燃气涡轮发动机成功完成台架试车。

1937 年 4 月 21 日，泛美航空公司获准以 M-130“中国飞剪”同时载运邮件与乘客从美国旧金山首飞中国澳门，6 天后，完成了历史上第一次美国—中国澳门的定期航班服务。

1945 年 4 月 16 日，“国际航空运输协会”（IATA）在哈瓦那成立。

1947 年 4 月 4 日，国际民航组织（ICAO）成立。同年 5 月 13 日，正式成为联合国的一个专门机构，总部设在加拿大蒙特利尔。ICAO 的任务是负责制定一切与民航有关的技术规则、条例，建立法律机构，使各国航空运输能有秩序地发展。

1951 年 4 月 17 日，在朝鲜战争第四次战役接近尾声时，中国中央人民政府人民革命军事委员会和中央人民政府政务院颁发了《关于航空工业建设的决定》，

中国的航空工业从此开启了奋斗的历程。

1952 年 4 月 22 日，波音公司董事会批准投资 1600 万美元研制波音 707，为了不事张扬，以军用机代号 367-80（也叫“先锋”80）打掩护。

▼ “高德隆”单座飞机



▼ DWC“环球巡航者”



1959年4月20日，苏联民航局把第一种涡轮螺旋桨客机——84~110座的伊尔-18投入商业运营。1957~1985年间，各型伊尔-18共生产678架。

1966年4月13日，美国泛美航空公司斥资5.25亿美元订购25架波音747，真正启动了747计划，也在全球掀起了一股订购747的热潮。

1967年4月1日，美国国家

运输安全委员会（NTSB）成立，总部设于华盛顿。这是美国联邦政府的一个独立机构，专责于美国国内的航空、公路、铁道、水路及管线等事故的调查。

1967年4月9日，波音737-130（机号N73700）原型机首次试飞。该型号仅半年就拿到了适航证，1968年2月投入营运。

1967年4月28日，在组织DC-9、DC-8生产过程中，美国道格拉斯飞机公司过分扩张，产品质量和资金链出现问题，不得不与麦克唐纳飞机公司合并，成立麦道公司。

1988年4月29日，波音747-400首次试飞。747-400型比早期的波音747的性能有大幅度提高，航程从8520千米增加到13380千米，发动机油耗下降17%，起飞总重增加72.5吨，噪音减小一半。

1993年4月6日，俄罗斯伊尔-96M加长型首次试飞。

1994年4月1日，旨在培养硕士试飞员的中国试飞员学院在西安飞行试验研究院成立，是亚洲第一所培养试飞员的学院。

1995年4月19日，波音777获得美国联邦航空局（FAA）和欧洲航空管理局（JAA）颁发的型号合格证。这是商业飞机第一次从两

个适航当局同时获得适航证。

2001年4月7日，乌克兰唯一一架能飞行的安-225“梦幻”飞机完成升级改造，转为进行商业运输，这一天被称为安-225的第二个生日。安-225于1985年由苏联安东诺夫设计局设计建造，1988年12月21日完成首飞。至今安-225仍保持着200多项世界纪录，包括运载最大货物、航程最长等。遗憾的是，存世仅一架半的安-225在2022年2月已经毁于战火之中。

2005年4月27日，世界最大客机A380在图卢兹完成首次试飞，首飞持续3小时54分，进入正式使用前的测试阶段。

2015年4月15日，空客公司推出首架装配Leap-1A发动机的A320neo。

2022年4月15日，空中客车与成都市双流区政府及TARMAC Aerosave公司、欧航航材公司签署空中客车飞机全生命周期服务项目投资协议。该项目是空客在中国建立的首个以可持续发展理念为主导的中老龄飞机一站式服务中心，业务范围包括飞机停放与存储、飞机转租或恢复运营需要的升级改造、机身维护、拆解回收、客改货、二手可用航材管理和交易等。■



▼ 伊尔-18



▼ 伊尔-96M



▼ 安-225

