

世界科技巅峰我们都要奋勇攀登



01



第一章

踔厉奋发

- 08 十年磨一剑 让 C919 拥有“中国大脑”| 张勤 崔霞 乔亚美 李宁 邵帅
- 12 隐形的翅膀——C919 飞机适航审查工作纪实 | 刘韶滨
- 21 完成“不可能完成的任务”
——首次在国内完成的自然结冰试飞纪实 | 陈伟宁
- 25 取经 ARJ21, 创造特殊气象试飞新纪录
——C919 飞机高寒专项试验试飞纪实 | 李欣阳
- 30 用飞机“绣花”
——首次由中国机组完成的最小离地速度试飞纪实 | 陈伟宁
- 33 铸就中国大飞机的“钢铁脊梁”| 叶薇
- 37 耦合记 | 卯丁

02



第二章

共赴梦想

- 45 大飞机“护航者”| 柏蓓
- 54 航空工业：携手共进 逐梦蓝天
- 55 霍尼韦尔：和中国大飞机 C919 的故事
- 56 GE 航空：与中国商飞走过的那些年
- 57 赛峰：坚定支持中国商飞蓝天伟业
- 58 昂际航电：砥砺前行 一路同行
- 59 浦银租赁：服务国产民机发展 | 文夷

03



第三章

时代回响

- 64 喜偿夙愿 壮行未来 | 吴兴世
- 67 手握入场券
中国大飞机将书写更多精彩故事



本期解读

让中国大飞机翱翔蓝天，承载着国家意志、民族梦想、人民期盼。习近平总书记高度重视，多次作出重要指示并亲自登上展示样机。在总书记的关怀下，广大科研人员倍受鼓舞、奋发向上。中国大飞机如今取得型号合格证，迎来重要里程碑。这是以习近平同志为核心的党中央坚强领导和亲切关怀的结果，是中国大飞机人长期艰苦奋斗、甘于奉献、勇于攻关、敢打硬仗的结果。

摘取这一现代工业皇冠上的明珠，有利于发掘我国民航市场潜力，提升航空产业配套能级，带动相关产业发展。同时，大飞机事业还可孵化出一批科研成果，推动多项核心技术攻关。这对于增强我国经济实力、科技实力、民族凝聚力、国际影响力具有十分重要的意义。

C919 飞机即将投入市场运营，加快规模化和系列化发展等后续任务依然艰巨繁重，从取得型号合格证到量产，再到获得安全高效的飞行记录、赢得用户信任，依然有很长的路要走。



- 关注我们 -
FOLLOW US

本刊声明：

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

大飞机

2022 年第 10 期 | 总第 100 期 | 10 月 30 日出版

中国标准连续出版物号

ISSN 2095-3399 CN 31-2060/U

主管主办 中国商用飞机有限责任公司

出版发行 上海《大飞机》杂志社有限公司

编委会

主任 贺东风
常务副主任 赵越让
副主任 谭万庚
委员 赵九方 吴永良 郭博智
周新民 魏应彪 张玉金
学术顾问 吴光辉

上海《大飞机》杂志社有限公司

总经理 程福江
总编辑 王刚
副总经理 徐显辉

总编室

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

采访部

记者 李欣阳 李琰 赵婷婷 阳庭庭
摄影记者 管超 王脊梁 颜康植 张竞霄

商务部

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

国内发行 上海市报刊发行局
国内订阅 全国各地邮局
邮发代号 4-883

地 址 上海市浦东新区世博大道 1919 号
邮 编 200126
电 话 021-20887197
网 址 www.comac.cc
电子邮箱 dfj@comac.cc
定 价 人民币 20 元
印 刷 上海申江印刷有限公司
法律顾问 上海大邦律师事务所



让中国大飞机翱翔蓝天，
承载着国家意志、民族梦想、
人民期盼。

卷首语

大飞机事业一定要办好

央视评论员

9 月 30 日，习近平总书记在人民大会堂会见 C919 大型客机项目团队代表并参观项目成果展览。总书记赞扬大家是国家栋梁、英雄功臣，并强调指出，要聚焦关键核心技术，继续合力攻关；要把安全可靠放在第一位，消除一切安全隐患。总书记叮嘱大家：大飞机事业一定要办好！

习近平总书记的重要讲话，充分肯定了 C919 大型客机研制任务取得的阶段性成就，深刻阐释了发展大飞机事业的重要意义，对项目团队寄予殷切期望，为我国航空事业发展擘画宏伟蓝图，必将激励我国大型客机研制团队奋勇拼搏、攻坚克难，为建设航空强国、制造强国作出新的贡献。

让中国大飞机翱翔蓝天，承载着国家意志、民族梦想、人民期盼。习近平总书记高度重视，多次作出重要指示并亲自登上展示样机。在总书记的关怀下，广大科研人员倍受鼓舞、奋发向上。中国大飞机如今取得型号合格证，迎来重要里程碑。这是以习近平同志为核心的党中央坚强领导和亲切关怀的结果，是中国大飞机人长期艰苦奋斗、甘于奉献、勇于攻关、敢打硬仗的结果。

万里长征迈新步，雄关漫道不懈怠。面对错综复杂的国际环境、突飞猛进的科技革命和产业变革，我们要以战略眼光、全局视野、系统思维，深刻认识到发展大飞机事业的紧迫性和重要性。摘取这一现代工业皇冠上的明珠，有利于发掘我国民航市场潜力，提升航空产业配套能级，带动相关产业发展。同时，大飞机事业还可孵化出一批科研成果，推动多项核心技术攻关。这对于增强我国经济实力、科技实力、民族凝聚力、国际影响力具有十分重要的意义。

行百里者半九十。飞机即将投入市场运营，加快规模化和系列化发展等后续任务依然艰巨繁重，从取得型号合格证到量产，再到获得安全高效的飞行记录、赢得用户信任，依然有很长的路要走。大飞机人要牢记总书记殷殷嘱托，大力弘扬航空报国精神，集中各方面人力、物力、财力，把政府、市场、社会等力量拧成一股绳，科学统筹，构建协同攻关的组织运行机制，明确主攻方向和核心技术突破口，形成强大合力。要坚持安全第一、质量第一，弘扬执着专注、精益求精、一丝不苟、追求卓越的工匠精神，精心打磨每一个零部件，消除一切安全隐患，打造安全可靠、制造精良的中国新名片。

国之重器，不负重托。从“蛟龙”潜海、“双龙探极”、百万千瓦水轮发电机组白鹤滩水电站顺利投产、“华龙一号”三代核电机组全面建成投运并实现“走出去”，到今天 C919 适航取证……党的十八大以来，大国重器亮点纷呈。步入新征程，我们要深入贯彻落实习近平总书记系列重要指示精神，一茬压着一茬干，锲而不舍、久久为功，奋勇攀登世界科技巅峰，努力实现我国高端装备制造更多重大突破。

踔厉奋发

第一章

踔厉奋发

在实现中华民族伟大复兴的征程上，我们要着眼长远战略，根据实际情况制定切实目标，选择正确技术路线，一茬接着一茬干，一件事接着一件事办好。要有雄心壮志，世界科技巅峰我们都要奋勇攀登。



踔厉奋发

十年磨一剑 让 C919 拥有“中国大脑”

文 | 张勤 崔霞 乔亚美 李宁 邵帅



如果把 C919 飞机比作一个人，那么发动机是心脏，液压系统是血液，而控制律则是飞机的“大脑”，它从根本上决定了飞行过程的受控程度，帮助飞行员实现对飞机的操作。

控制律是 C919 飞机研制过程中遇到困难程度最大的攻关项目之一。而攻克这一难关，靠的是一支年轻的攻关团队。

从无到有，从零到一

在 C919 飞机最终型号合格审定会议上，中国商飞上飞院控制律攻关队队长郑晓辉作为申请人代表表示：14 年的筚路蓝缕，我所在的操稳和控制律团队摸着石头过河，经历了从无到有，从零到一，最终走到了今天。

郑晓辉的发言，让大家无不为之动容。会后，郑晓辉也仍然难掩心中的激动。他表示：当然很激动了，对一个型号取证来说这是最关键的一个时间节点，十几年的付出在这一刻得到了回报。

郑晓辉说，等待适航审定的这几天其实是他十几年来最轻松的日子。

2008 年，中国商飞成立。也就是在这一年，刚刚研究生毕业的郑晓辉来到中国商飞，第一时间加入到新组建的控制律攻关团队。

郑晓辉向记者解释，控制律是飞行控

制计算机里面的一个算法，由它控制着飞机如何进行运动或者飞行，因为这项技术与飞机的性能，包括安全的关系太密切了，所以主制造商必须自己掌握该技术，坚定不移地走自主开发的道路。

然而，从零开始的研发谈何容易。20 世纪 80 年代，我国研制的运 10 飞机项目搁置，之后大飞机研制人才断代，青黄不接，在控制律的研究上更是没有任何经验可循。

为了攻克这项核心技术，中国商飞成立了 C919 飞行控制律联合攻关队，由总设计师吴光辉亲自担任队长，郑晓辉和其他十几名刚从高校毕业的年轻人，成为了研发团队的主力。

开始着手研发控制律时，郑晓辉和他的同事们特别困惑的一点是：因为从零开始做，完全没有方向，不知道该思考些什么问题，甚至不知道哪些问题自己不知道，处于一种束手无策的状态。

吴光辉却对这支年轻的队伍很有信心。他看到他们不仅“下定决心要把这个事情做出来”，而且自己制定了“611 工作制”，也就是一周要工作 6 天，每一天是 11 个小时，所有人都集中在一起，白天开发，晚上讨论，一个都没有怨言。

那时，控制律攻关团队成员的平均年龄只有 30 岁。凭借超强的学习和适应能力，这些从国内知名高校走出的“学霸”们顶着各种压力迎难而上，不计回报地投入到火热的科研攻关中。

吴光辉鼓励他们说，别看你们年轻，只要把这个做出来，你们就是中国的第一，因为前面没人做过。

日积月累，水滴石穿

C919 控制律团队按照国际通行的适航标准开展研制。如何保证成千上万电子

信号的传输万无一失，是整个控制律技术的难点。郑晓辉他们要把飞行中各种不同的高度、速度、角度甚至乘客不同的座位分布都作为状态点进行预算分析。

日复一日，周而复始，通宵达旦的思考和讨论成为常态，成功之路却“遥遥无期”。队员们渐渐懂得，这将是一场“持久战”。

郑晓辉表示：“这项工作只能靠时间去日积月累，发扬水滴石穿的精神。在往前走的过程中，压力其实是非常大的。因为这个时间跨度不是一年、两年，它是一个以 10 年为单位的项目。所以你如果没有这种不达到终点不罢休的态度，没有一定的信念，你是走不到最后的。”

吴光辉看到这支队伍每天都在拼命努力，很心疼，但他知道，既然是从零开始，就必须比别人花更多的精力，更努力，才能把它做出来。

当然，也不是所有人都能经受如此长时间高强度的工作压力，陆续有一部分成员离开了攻关团队。但有人离开的同时，也不断有怀揣大飞机梦的年轻人加入进来。年复一年，团队从最初的 10 人逐渐发展到了 30 多人。

中国商飞上飞院控制律攻关队成员李永涛回忆自己第一次打开仿真模型的时候，对当时的震撼感仍然记忆犹新。那时，李永涛刚加入控制律攻关团队，当他看到上千个模块、上万条线，密密麻麻地排布在眼前，当场就被震住了。确实，外人很难明白，到底是怎样一个团队，花费了多少精力，才能完成这样一个浩大的工程。

不计其数的模块和线条背后，是攻关队成员的锲而不舍、久久为功。在经历了 7 年埋头苦干的日子后，终于，大家的心血汇聚成一张庞大的数学仿真模型图，控制律结构初步成型。

李永涛看到的那些线条代表着信号

流，它容不得错误，哪怕只是一个标点符号的错误，都有可能导致一个灾难级的后果。

因此，团队成员在研发过程中的每一步都走得如履薄冰。他们要把最极端的天气、设备故障等各种微小的因素都做模拟实验，而飞机的每一个动作，需要分析的状态点就有几千个，这些需要的是海量且不允许丝毫差池的计算。

凭着一定要研制出自主可控的飞行控制律的信念，团队在控制律结构初步成型的基础上，又经过了不断的优化、迭代。整整十年过去了，控制律终于从一项项技术指标、一张张三维图纸蜕变成 C919 保驾护航的完整系统。

从稚嫩到成熟

2017 年 5 月 5 日，国产大飞机 C919 优雅腾空，冲上云霄，圆满完成了首飞任务，蓝天中第一次出现了中国人自己研制的新一代大型客机。

一向克制、理性的郑晓辉在首飞现场流下了激动的眼泪。确实，装有自己设计的控制律的飞机首次起飞，而且还超出了预期，要说不激动，那是不可能的。

C919 首飞机组也对控制律赞不绝口。中国商飞试飞中心试飞员、C919 首飞机组成员吴鑫表示：一开始飞的时候，最担心的正是 C919 的控制律，“但是实际上飞起来的效果让我特别惊讶，比我想象的（效果）要好得多，在没有任何技术支援的情况下，控制律攻关团队能做到这样，相当了不起。”

开心之余，控制律攻关团队的成员清醒地认识到，对于 C919 飞机来说，首飞只是一个开始，接下来等待他们的是更为严苛的试飞考验。

C919 试飞的时候工作强度是很大的，

一天往往要飞好几个架次。而对控制律攻关团队来说，更大的困难是晚上 10 点钟才能开始工作，只有到那个时间点，C919 一天飞出来的数据才能到控制律攻关团队的手上。

控制律团队成员和试飞团队一起，转战国内多地机场，历经 5 年，进行着艰苦卓绝的试飞试验。他们在陕南山区追冰、在内蒙古大草原捕风、在吐鲁番斗酷暑，不断挑战极限气象，通宵达旦地分析每一次试飞数据。

2021 年，作为取证试飞道路上风险最高、最复杂的试飞科目之一，“高迎角保护”控制律试飞终于圆满完成，填补了国内高技术、高风险以及高难度试飞科目的空白。

郑晓辉认为，控制律研制成功的意义，不仅在于控制律本身，更重要的是极大地提升了我国技术人员的信心：“我们国家自己在这项关键技术上显示出来的开发能力，让我们在未来不再惧怕一些未知的东西。”

吴光辉更多看到的是人才的成长：“把它做成确实不容易，这些人 10 年的时间就干这一件事，这些年轻的工程师是真不容易，所以这支队伍起来了。”

14 年独立攻关，从最初的 2 页控制律设计手稿，到经历了近百轮的模拟机和铁鸟试验，控制律和试飞团队共同完成了 C919 所有的试飞飞行。

14 年光阴荏苒，曾经的年轻团队从稚嫩到成熟，成为 C919 控制律研发的绝对主力，郑晓辉从院士吴光辉手中接过了接力棒，成为新一代队长，带领攻关团队继续追寻着大飞机梦。■

踔厉奋发

隐形的翅膀

——C919 飞机适航审查工作纪实

文 | 刘韶滨

无论过去多少年，C919 飞机型号合格审定审查组的成员们都不会忘记 2022 年 9 月 7 日，在嘉兴的那个不眠之夜。

在走过了一条长达 12 年，充满光荣与梦想、坎坷与险峰的审查之路后，他们郑重地在审定报告中写下那举重若轻的一行字：“综上所述，审查组完成了所有的审查工作，提请 TCB 审议并通过 C919 飞机

型号审查报告，建议颁发 C919 飞机的型号合格证。”

22 天后的 9 月 29 日，中国民航局正式向中国商飞颁发了 C919 飞机型号合格证——中国的大飞机事业就此翻开了崭新的一页。

一纸合格证，好似一双隐形的翅膀，托举着对万千旅客出行平安的郑重承诺，



扇动着国产民机飞向市场、飞向世界的充足底气。在它的背后，中国民航适航审定人坚守安全底线，真情服务发展，以规章为准绳，以事实为依据，秉持“条款衡量、数据说话”的原则，完成了一次次高温、高湿、高寒极端环境中的试飞和一场场高强度、高质量、高效率的复杂试验，为“大飞机梦”的最终实现默默奉献、倾尽所能。他们的故事，隐秘而伟大。

担当国之使命 坚守安全底线

“一定要把大飞机搞上去”“我们一定要有自己的大飞机”，这是习近平总书记对国产大飞机的殷切希望，也是华夏儿女的日夜期盼。

2006 年，国务院发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020）》，提出要提高飞机的自主创新能力，将大型飞机确定为 16 个重大科技专项之一；2008 年，随着中国商飞公司的成立，我国大型干线客机研制项目启动；2009 年，C919 飞机作为我国首款大型客机对外发布；2015 年，C919 首架机在中国商飞浦东基地总装下线；2017 年，C919 在上海浦东机场完成首飞。

为了让 C919 早日翱翔蓝天，一代代

——

“所谓适航审查，就是由民航适航审定队伍对一款新研制的飞机进行安全性、可靠性、环保性等方面的全面考核，最终确认该飞机型号设计符合民用航空规章要求，可以进入商业市场。”

——

航空人前赴后继、呕心沥血，是这项伟大事业的幕后英雄，值得我们永远铭记。在航空人的身旁，从飞机设计、研发、制造、试验、试飞一路走来，始终有一群人与之并肩作战、相伴而行，他们便是中国民航适航审定队伍。

安全是民航的头等大事。一款新研制的飞机在进行载客运行之前，其安全性是如何保证的呢？

“飞机是一个非常复杂的系统，个人很难识别判断飞机是否安全，国际通行的做法是通过立法方式，由政府进行适航管理，代表公众来确认飞机的安全性，国际民航公约对此有相应的要求，我国《民航法》对适航管理作出了明确的规定。所以，适航取证既是国家法定要求，也是民机进入市场的前提条件，更是公众航空出行的安全保证。”民航局航空器适航审定司司长杨桢梅表示，“所谓适航审查，就是由民航适航审定队伍对一款新研制的飞机进行安全性、可靠性、环保性等方面的全面考核，最终确认该飞机型号设计符合民用航空规章要求，可以进入商业市场。”

民机发展，适航先行。2010 年 10 月 28 日，中国商飞公司正式向中国民航局提交了 C919 型飞机型号合格证申请书；2010 年 12 月 19 日，民航局受理了 C919 飞机的型号合格证申请，受理编号为 TC0042A；2011 年 1 月 12 日，民航局授权中国民用航空上海航空器适航审定中心（以下简称“上海审定中心”）负责开展该项目的审查工作，光荣而艰巨的 C919 适航审查工作拉开了帷幕。

上海滩——一片孕育伟大事业的热土。如果说 2008 年成立于上海的中国商飞，是为了国产大飞机的研制而生；那么，比它早一年落户上海的上海审定中心，注定要肩负起为国产大飞机护航的神圣使命。事实上，这样的开端，就已经让适航审定人

感到振奋。

从 1982 年参加工作算起，中国民航适航审定中心副主任、C919 型号合格审定委员会(TCB)主任戴顺安扎根民航整整 40 年，曾是国产支线飞机 ARJ21 适航审查团队的一员，他向记者回顾了我国适航审定事业的发展历程：“1985 年，《运输类飞机适航标准》(CCAR-25) 制定完成，这是中国民航局发布的第一部适航标准；1987 年，中国民航局成立了适航司，开始参照美国的模式建立适航审定系统，并陆续颁布了一系列航空器适航技术标准和管理规章。2003 年，民航局开始对 ARJ21 进行适航审查的时候，纵观整个民航系统，没有一个专职专业的机构能够单独担起这项重大任务，甚至没有一名专业的试飞员，只能向民航各地区管理局和各单位抽调适航审定人才，临时组成‘国家队’进行攻坚。到了 2010 年开始对 C919 进行适航审查的时候，民航局已经可以放心地把这项重大任务交到上海审定中心这支‘专业队’手里。”

从“国家队”到“专业队”，从网罗全国人才到一支团队独立承担，这既体现了我国适航审定能力的提升，也表明了中国民航主动服务国家战略，积极推动“适航先行”的坚定决心。

坚守安全底线，为 C919 保驾护航，这是国家和人民赋予适航审定人的神圣使命。那么这项工作是如何具体展开的呢？采访时，中国民航适航审定中心主任吕新明从“人”“事”和“原则”三个角度进行了简要的分解——

“从‘人’的角度，型号合格审定委员会(TCB)是项目的管理团队，负责监控 C919 型号合格审定项目工作，解决审查中出现的重大问题；型号合格审定审查组是 TCB 下设的、具体承担审查任务的团队；根据 C919 审查工作需要，型号合格审定审查组又进一步分为 15 个专业审查小组，每

个审查小组都由若干审查代表组成，他们按照分工进行具体审查，开展符合性确认工作。”

“从‘事’的角度，C919 型号合格审定项目分成 5 个阶段，一是在概念设计阶段，局方责任审定单位提前介入，对与适航审定相关的某些问题在飞机设计研制阶段便与申请人（中国商飞）达成共识；二是要确定阶段，由 TCB 确认 C919 型号合格审定的基础，包括适用的适航规章、环境保护要求及专用条件、豁免和等效安全结论；三是计划制订阶段，由申请人（中国商飞）制订关于采用何种符合性验证方法来表明产品符合审定基础的计划；四是计划实施阶段，审查方和申请人全面执行审定计划，确保计划中的所有要求得以满足，主要方法包括资料评审、试验目击、制造符合性检查和审定试飞等；五是证后阶段，在颁发型号合格证后，完成项目的型号合格证审定收尾工作，并开展全生命周期的持续适航工作。”

“审查团队在对任何一款机型开展审查时，必须始终贯彻‘条款衡量、数据说话’的原则，以‘咬定青山不放松’的精神严格把关条款符合性判定，确保飞机符合适航标准，维护公众利益。”

托举国之重器 跨越千难万险

回顾起 C919 适航审查过程中的日日夜夜，几乎所有的参与者都提到了一个字——难！

难，体现在中国商飞先后三次提出了延长 C919 型飞机型号合格证申请书有效期的申请，累计投入超过 150 万人工时开展审查工作，完成了 1669 项地面试验和 276 项局方审定试飞科目。

难，体现在审查组总计审查和批准了 6151 份符合性验证报告，共计 80 多万页，

如果全部打印出来，厚度将达 80 米，约 27 层楼高。

“难的原因是多方面的。一方面，从零开始审查一款全新研制的、具有自主知识产权的干线民用客机，对于中国民航来说是第一次。C919 作为一款具备世界一流水平的先进客机，采用了许多新颖独特的设计。比如在控制系统方面，采用了电传操纵和主动控制技术，以及综合航电技术，以提高综合性能，减轻飞行员负担；在材料方面，大规模使用了第三代铝锂合金等新材料，以减轻飞机重量。对于这些新颖独特设计的审查与验证，现有的规章并没有明确规定，需要我们摸着石头过河，制定出专用条件开展审查。” C919 型号合格审定审查组组长揭裕文向记者分析“难”的主要原因，“另一方面，进入计划实施的关键阶段时，遭遇了疫情，给整个审查工作带来了诸多不确定性因素。”

回顾人类科技发展史上的每一次突破，总是伴随着无数艰难险阻，需要攻关者拿出“万水千山只等闲”的气魄。面对支撑起 C919 先进性和竞争力的一系列新颖独特设计，审查组不曾畏难止步，而是通过反复研究、参考借鉴，基于对飞机设计特征的理解，并按照规章规定，一个一个地制订专用条件，一个一个地确定符合性方法，

试飞员，被称为刀尖上的舞者。对于 C919 审定试飞团队来说，在“难”的基础上，还要加一个“险”字，因为即使是风险最小的审定试飞科目，也包含着远超常规飞行的巨大风险。

一步一个脚印地前行。

“这个过程就像攀登高峰时要翻越的一块又一块巨石。” C919 型号合格审定审查组机械系统专业组组长宋智桃举了一个例子，“传统的飞机，飞行员在操纵飞机时，他的指令通过钢索进行传递，如何对其进行审查、验证，规章中有明确规定。而 C919 飞机采用了全时全权限电传飞控系统，飞行员的指令通过电缆，依靠电信号进行传递，审查的重点就是指令信号的完整性。于是我们就要与申请人一起反复研究，并借鉴国际同行的做法，针对其制订一项专用条件。然后进一步确定符合性方法，研究通过何种方法验证 C919 的电传飞控系统符合专用条件提出的要求。”

在 C919 的审查历程中，审查组逢山开路、遇水架桥，一共制订了 28 个专用条件，编制了 67 份符合性方法问题纪要。而审查组要翻越的岩石又何止这些，6151 份符合性验证报告的背后，凝结着数不清的心血与汗水。

在上海审定中心结构强度室的宣传墙上，照片里的审查代表总是戴着红的黄的钢盔。结构强度，是一架飞机的“钢筋铁骨”，重要性不言而喻。“结构强度是一个艰苦的专业，多少次，我们站在疲劳试验机旁边，听着外人无法忍受的轰鸣声，却希望它多持续一会儿，因为那意味着 C919 飞机结构更耐久；多少次，我们戴着安全帽爬行在狭小的结构间隙、穿梭在厚重的工装与作动器之间，不愿意放过任何一个裂纹，却又打心底里希望没有一丝裂纹。”回忆起审查工作的点滴，C919 型号合格审定审查组结构强度专业组组长陈挺感慨万千，“虽然艰苦，但我们也骄傲。因为结构强度专业审查的技术领域，咱们国家具备自主能力，为审查工作创造了施展拳脚、发挥聪明才智的空间。”

试飞员，被称为刀尖上的舞者。对于



C919 审定试飞团队来说，在“难”的基础上，还要加一个“险”字，因为即使是风险最小的审定试飞科目，也包含着远超常规飞行的巨大风险。比如，为了表明 C919 飞机满足噪声适航条款，试飞员要在低空接近地面的高度进行俯冲，通过特定的点位获取有效试验数据。“飞这个科目的时候，感觉地面正向你扑过来。” C919 型号合格审定审查组试飞组组长、试飞员赵志强回忆。

但是飞行试验是验证一架飞机功能是否满足规章要求的最直接有效的方法。“自古华山一条路”，2011 年初，上海审定中心组建成立了中国首支专业从事民机适航审定的试飞团队。2021 年 1 月 22 日，这支团队开始投入 C919 局方审定试飞工作。

失速、最小离地速度和自然结冰被称作 C919 取证试飞的“三大战役”，是风险和难度都极高的试飞科目。商用飞机进行连续最大结冰试验时，气象条件必须满足液态水含量在每立方米 0 克 ~0.8 克，水滴直径在 20 微米 ~40 微米，条件极为苛刻。

作为试飞员，8 年前赵志强参与了国产 ARJ21 飞机自然结冰试验，那次经历让所有亲历者记忆犹新。从 2011 年开始的三年间，ARJ21 试飞团队在国内始终未能找到理想结冰气象环境，最终只能远赴北美五大湖地区进行试验，在国外气象专家团队的共同努力下，花了一个多月时间才完成。

这一次，“战场”在陕西阎良——2022 年 1 月 20 日，C919 飞机自然结冰审定试飞正式开始。“那几天我们几乎每天都在追着云飞。”赵志强说。飞机结冰对于飞行安全的影响是巨大的，强结冰气象条件不仅对整机的防、除冰系统有很高的要求，冰还会影响飞机的气动构型，增加阻力，减小升力，破坏平衡，严重时可能造成机毁人亡的事故。在云层中可能存在符合结冰条件的水滴，也是平时航班最要避开的气象条件；一旦开始结冰后，会马上选择脱离云层。但在做自然结冰试验时，不但不能躲着云，还要找着云钻进去。更具挑战的是，在机身开始结冰后，还要继续保持在具备强结冰气象条件的云中，让冰集聚达到 3 英寸（约 7.62 厘米），之后快速爬升到更低温度的高度上，将冰冻得更结实，以保证在带着冰完成大坡度盘旋、失速等大机动试验科目时，冰不会脱落而造成试验无效。

在赵志强驾驶飞机穿云寻冰的同时，作为试飞员的“黄金搭档”，试飞工程师谯裕青坐在操作台前，透过舷窗目不转睛地观察机身结冰情况。随着结冰达到试验标准，飞机爬升穿出云层，试飞机组开始完成一系列操稳和失速科目。此时的谯裕青也如同“导演”一样，通过耳机一边向机组通报每一个要完成的任务点，一边监

控着仪表台上各种数据变化，确认试飞试验的有效性。

经过上百次的穿云，试飞机组最终完成了包括飞行品质、机翼防冰、动力装置、驾驶舱视界等多个专业与系统在内的 70 多个试验点，堪称完美。

这是载入我国航空史的一次试验飞行。“我们终于实现了由中国试飞员驾驶着国产飞机，按照自己预测的天气条件，在祖国的天空上，全部自主地完成满足国际标准要求的自然结冰试验。”赵志强激动地说，“我们用事实证明，中国民航的试飞队伍有能力胜任大型民机取证所需的所有审定试飞任务！”

除了审查工作本身的难度之外，疫情的影响也成了审查组头顶上挥之不去的乌云，让审查进度充满了变数。今年上海疫情形势最为严峻的那段时间，正是审查工作全面推进的关键时刻。许多审查代表签下“不回小区承诺书”，“逆行”奔赴审查现场，进行集中审查。

“经历了 77 天的隔离工作，今天回家。”这是 C919 型号合格审定审查组电子电气系统审查代表李焱鑫今年 6 月 4 日发的一条朋友圈消息。由于疫情，他从 3 月开始，便与申请人一起封闭办公“同吃同住同奋斗”，直至上海全面恢复正常生活秩序才收拾行囊返家。

上海的中小学改为线上教学后，C919 型号合格审定审查组维修人为因素组组长兼结构强度专业组副组长张柱国只能带着读三年级的儿子到位于上海崇明岛的审查会现场。白天，他去会场，孩子在房间上网课；晚上，他看报告，孩子在一旁写作业。

因疫情没有前往审查会现场的审查代表同样全力以赴。C919 型号合格审定审查组制造检查专业组组长兼设计保证系统专题组副组长李晓辉在酒店进行隔离，因为空间有限，她把房间让给女儿上网课，自

己在卫生间搭个工作台开展线上审查工作整整 14 天。

C919 型号合格审定审查组电子电气专业组副组长兼机载软件和航空电子硬件专题组副组长张平说：“在 3 个月的居家办公期间，一直保持着‘7 天 × 24 小时’的工作模式，C919 已经成为生活和工作的唯一。”

对于需要在全国各地执行任务的试飞组成员来说，疫情阻挡不了他们出发的脚步：2021 年 12 月 22 日晚，赵志强和谯裕青在刚刚从西安阎良完成阶段试飞工作回到上海调整还不到 3 天的情况下，毅然选择返回疫情日益严重的西安。封闭工作 38 天，他们将试飞任务完成量从不到 8% 提高到 27%。但疫情一次次阻挡着他们回家的脚步：今年 3 月上海疫情急转直下，赵志强与试飞工程师屈展文索性不再想着回家，在阎良现场连续高强度奋战了 5 个多月，为 C919 圆满完成审定试飞打下了坚实基础。

心怀国之大者 迈向新的征程

“夏去疆南迎酷暑，冬来漠北盼严寒。结冰偏向神州寻，风侧单吹嘉峪关。”当 C919 飞过千山万水，当适航审定人闯过千难万险，胜利的曙光越来越近。

“民航局党组始终高度重视 C919 适航审定工作，要求中国民用航空适航审定中心心怀国之大者，提高政治站位，提升工作效率，改进工作作风，争取早一天完成审查工作。”从 2021 年赴任中国民用航空适航审定中心主任的那一天起，吕新明就开始琢磨如何提高 C919 适航审查工作的效率。

今年 3 月，民航局适航司、中国民航适航审定中心和中国商飞一致决定，在取证的冲刺阶段，审查方和申请方改变各自

制订计划的局面，在每月初共同制订一个计划，列出每月要完成的工作项目和时间节点。“双方一本计划推进，一致目标攻坚，问题共答、同向发力、同频共振。同时建立了月报和周报机制，到了 8 月，更是建立了日报机制，强调日清日结，落实责任到人。民航局适航司成立了专项工作组，每周与审查组开会，每两周与审查组、中国商飞开会，通过加强项目考核与管理，工作效率显著提升。”吕新明提到。

决战时刻，C919 研制和适航审定的主战场沿着党的光辉足迹，从上海来到了位于嘉兴的中国商飞客户训练基地。走进基地的主办公楼，抬起头就能看到鲜艳的五星红旗和“航空强国、四个长期、永不放弃”12 个大字。长期奋斗、长期攻关、长期吃苦、长期奉献，大飞机创业精神同样激励着适航审定人。在这片点燃火种的红色土地上，审查组和申请方集中办公、夜以继日、携手攻关，向着最后的目标冲锋。

这是过去 12 年的一个缩影。在理念融合、人才融合、服务融合、标准融合、工作融合“五个融合”的指引下，审查组和申请方工作在一起、战斗在一起，虽然各有坚持，但目标一致，那就是“一定要把大飞机搞上去”。

审查组与申请人在推进 C919 型号合格审定工作中，始终以党建为引领，心怀国之大者，积极推进党建与业务的深度融合，把党的组织优势和政治优势转化为推动审查工作的强大力量。上海审定中心党委与中国商飞 C919 项目团队党总支开展多次党史联学共建，联合开展 C919 大型客机项目“大飞机奋斗者”评选工作。在取证攻坚的关键时刻，联合开展“坚持党建引领，坚守安全底线，提升工作效能”主题实践活动，营造“并肩战斗、协同作战”的良好氛围和文化，广泛动员党员干部在重点型号审定中担当作为，切实发挥基层党组织的战斗堡垒作用和党员先锋模范作用，共同推动大飞机事业高质量发展。

C919 型号合格审定审查组副组长张迎春曾经是一名飞机结构工程师，参与过 ARJ21 飞机的设计工作，“记得很清楚，我是在 2008 年 1 月 2 日那天加入上海审定中心，为祖国的大飞机事业而奋斗是我入行的初心，从型号设计的参与者到型号适航的审查者，变的是角色，不变的是这份初心。”

为了弥补人力资源上的不足，同时借助工业方的技术力量，前后有百余名来自中国商飞的委托代表被局方授权进行 C919



——

自主研制和适航审定是中国民机事业的两翼，C919 成功取得型号合格证的历程对中国民机事业的发展意义深远。

——

型号合格审查工作。“这既是彼此信任、水乳交融的体现，也进一步加强了双方的人才融合和理念融合，‘我要适航’的观念在中国商飞内部更加深入人心，在飞机型号概念提出和设计阶段就考虑适航的要求，已经被视为理所当然。”中国商飞上海飞机设计研究院工程中心适航核查管理室主任、C919 飞机委任代表居慧表示。

从 ARJ21 到 C919，见证了我国航空制造业的跨越发展，也见证了我国适航审定能力的全面提升。上海审定中心主任顾新告诉记者：“C919 适航审查的工作量、复杂性远超 ARJ21，试飞状态点是 ARJ21 的两倍多，地面试验工作量是 ARJ21 的四倍多。但是两个项目投入的审查员数量和所用的时间差不多，这说明我们的审查效率上去了。这既是每位审查人员努力的结果，也离不开技术手段的更新迭代。”

技术手段更新迭代的典型例子，便是上海审定中心推进智慧适航审定建设重要成果——适航审定协同平台。适航审定协同平台以信息化、数字化、互联化、智能化为建设目标，承担着审查效率的助推引擎、审查流程的标准引导、审查经验的保存推广、综合管理的“大脑触手”等职能。

在实战中，适航审定协同平台大显身手。“首先，有效降低疫情的负面影响，将线下审查搬到线上，审查人员足不出户就能完成审查活动，目前平台用户 1500 余名，中国民航适航审定中心几乎所有审查

项目都在通过平台开展审查；其次，有效提升了审查效率，实现了审查资源配置优化、审查过程管控。自平台上线以来，审查活动平均反馈时间由 7.68 天降至 3.77 天。最后，有效配合了 C919 冲刺阶段审查工作，为项目冲刺开发的‘一本计划’模块，明确了项目冲刺的主要节点和条款关闭的主要流程，大大加快了审查冲刺进程。”顾新表示。

自主研制和适航审定是中国民机事业的两翼，C919 成功取得型号合格证的历程对中国民机事业的发展意义深远。中国民航局总工程师殷时军表示：“12 年的努力，收获的不只是一份宝贵的型号合格证。对于中国商飞来说，在这个过程中形成了先进的适航理念，也培养了一支专业敬业的研发队伍、尽职的适航符合性核查队伍。对于中国民航来说，通过实战锤炼出了一支能打硬仗的具有专业素养的适航审定队伍，完善了国内的适航审定保障条件，在审查工作中形成、积累的经验，也将为积极参与主导国际适航审定规章标准体系奠定坚实基础。”

凡是过往，皆为序章。C919 取得型号合格证是一个重大节点，也是一个新的起点。上海审定中心将尽快建立证后管理机制，为 C919 早日实现商业载客运行创造条件，为飞机的设计改进和持续安全运行保驾护航。

当我们回到 9 月 7 日，那个“轻舟已过万重山”的夜晚——

12 年的艰苦跋涉，在每个人的脸上都留下了岁月的痕迹。

12 年的攻坚克难，在中国大飞机事业的腾飞轨迹上刻下了不可磨灭的功勋。

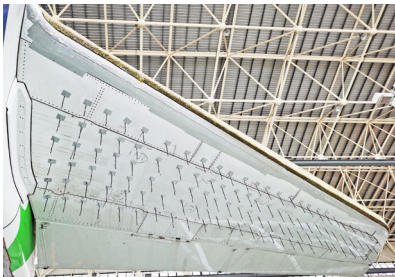
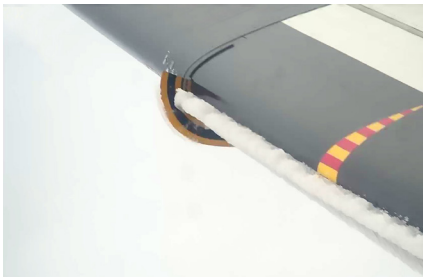
窗外，嘉兴初秋的夜晚已经有了几分凉意；屋里，中国民航适航审定人的热血还在沸腾。■



踔厉奋发

完成“不可能完成的任务” ——首次在国内完成的自然结冰试飞纪实

文 | 陈伟宁



了解 ARJ21 新支线飞机研制历程的人，都知道自然结冰试验这一科目的难度。当年，ARJ21 曾数次到乌鲁木齐等地进行试飞，但都无功而返，最终是到北美五大湖区完成了这一试验。由于气象预测能力不足，要想在我国境内完成该项试验，在一些人看来几乎是一项“不可能完成的任务”。

2022 年 2 月，一则好消息传来：C919 自然结冰适航审定试飞在陕西阎良取得关键性突破，影响 C919 适航审定的三大“拦路虎”之一——自然结冰试飞圆满结束。一时间，业界倍感振奋。与此同时，一些关心 C919 的社会人士不免有些疑惑：为什么这一次能够在国内顺利完成自然结冰试飞？是运气，技术创新，还是什么别的因素？为寻求上述问题的答案，记者采访了 C919 飞机模拟冰型与自然结冰试飞课题主管张海妮。

新条款、新要求

与 ARJ21 相比，C919 飞机模拟冰型与自然结冰试飞有了新要求，知道这一点的人不少，但究竟两者的差别在哪里？难度增加在何处？可能了解的人并不多。采访伊始，张海妮首先给记者解释了这一问题——

“与 ARJ21 相比，C919 模拟冰型和自然结冰试飞所参照的适航条款有了变化，这些变化集中体现在《美国联邦航空条例 FAR 25-121 修正案》上。121 修正案对试飞提出了一些新要求。比如，在模拟冰型这一科目，ARJ21 当年飞了 3 种冰型，C919 要飞 7 种冰型，这一变化不仅令试飞架次大幅增加，难度也明显提升。”

“在自然结冰科目上，C919 也有一些新要求，比如进场着陆场景，这一试飞项目要求飞机连续 3 次入云、出云，每次

入云后，结冰厚度要比上一次多 6 毫米（约 0.25 英寸）。这一规定对气象条件的要求十分苛刻，而气象本身又是最不可控的因素，难度可想而知。”

据记者了解，在 C919 之前，全球范围内只有空客 A350 和俄罗斯 MC21 这两款机型根据 FAR 25-121 修正案完成了模拟冰型和自然结冰试飞。在我国气象研究能力并不理想的情况下，C919 能按预定的时间节点完成试飞么？

锁定最合适的地方

要抓住试飞窗口期，幸运是必不可少的，但光有运气是远远不够的。要完成自然结冰试飞，气象条件是关键。为此，承担试飞任务的中国飞行试验研究院（以下简称“试飞院”）未雨绸缪，大力加强气象队伍建设。2020 年 11 月，中国航空工业航空气象研究中心在试飞院挂牌，该中心的主要任务就是开展特殊科目气象条件保障研究。

张海妮介绍说：“现在回过头看，能够按计划拿下自然结冰试飞，一个很重要的原因就是气象预测能力有了很大提高。在学习借鉴 ARJ21 自然结冰试飞的基础上，气象团队至少提前一年就开始探索，通过广泛收集、分析不同地区的历史气象数据，初步确定陕西及湖北丹江口两处最合适。”

“随后，气象团队对这两处进行了重点观测。为了准确把握气象数据，研究人员用飞机搭载 PIP 降雨粒子图像探头等专业探测设备，对两地结冰云层的高度、垂直分布及云中液态水含量、水滴直径分布、环境温度等云微物理参数进行数据采集。而后，在大数据分析的基础上建立气象预测模型，并不断进行修正、迭代。在我的印象中，这种做法在国内还是第一次。事

“现在回过头看，能够按计划拿下自然结冰试飞，一个很重要的原因就是气象预测能力有了很大提高。在学习借鉴 ARJ21 自然结冰试飞的基础上，气象团队至少提前一年就开始探索。”

后来，气象团队的预测还是挺准的，为试验成功提供了非常重要的帮助。”

简单、实用的创新

从专业角度来说，C919 自然结冰试验在国内至少实现了三个首次：

首次在国内大范围开展了基于结冰预测模型算法验证的结冰资源实测飞行；

首次在国内完整、有效地完成了中国民用航空规章 CCAR25 部附录 C 要求的自然结冰试飞；

首次完成了美国联邦航空条例 FAR 25-121 修正案要求的自然结冰试飞验证条款。

这些“首次”，看上去十分专业，有些难于理解。在试飞过程中，一些看上去不那么起眼的小创新，给记者留下了深刻的印象。在采访中，张海妮举了两个例子：

“在适航审定中，失速试飞是一个专项，这一专项飞得比较多的是机翼失速，飞机带冰之后，有一个科目叫平尾失速，这是一个高风险科目。我们一开始飞这个科目的时候，还是有不少担忧的：万一飞下来有问题怎么办？会不会出安全事故？为了准确、及时掌握飞机平尾附近的流场变化情况，试验团队采用了流场显示的办法，具体来说，就是在平尾下表面粘了一

些丝线，通过观察这些丝线的飘动情况，我们可以判断平尾附近流场的变化情况。”

“如果在飞行过程中丝线飘动较为平稳，没有出现明显抖动和分离，说明此时平尾附近的气流比较稳定，飞机失速的可能性较小，那我们就可以大胆地开展试验。一旦丝线发生明显分离，尤其是出现大面积分离，说明平尾附近出现气流分离，可能要接近失速临界点了，这个时候我们就要小心了。”

张海妮口中的“丝线”，其实就是我们日常生活中常见的毛线，成本低廉，看上去也十分简单，但就是这么一个不起眼的创新，却在试验过程中发挥了很大的作用。

“一是确保了试飞安全。准确把握失速的临界点，对于飞行安全意义重大；二是提升了试飞效率。远离临界点的一些试验点，我们在开展研发试飞的时候，发现丝线其实没怎么抖动，在后来的审定试飞中，通过与局方沟通，提供相关的数据，大大提升了试飞效率。”

另外一个让张海妮印象深刻的创新是在进场着陆场景科目中。“飞机每次入云后，结冰厚度要比上一次多 6 毫米。为了观测冰层厚度，我们在机翼上加装了一些扇形标尺，通过冰层与标尺刻度的关系来了解结冰厚度。一开始，我们按照惯例将标尺安装在机翼外沿，然后通过安装在客舱内的摄像头去记录冰层变化情况。”

“由于 C919 的机翼比较长，加上 6 毫米的变化很细微，在摄像头和标尺之间的距离比较远的情况下，监控人员很难在短时间内作出准确判断。试验前，我们换了不同的摄像头，但效果都不太理想。后来，我们想了一个办法，根据等效换算原理，将标尺往里挪，这样一来摄像头和标尺之间的距离短了很多，影像清晰度大幅提高，监控人员很容易就能做出准确判断。

这是一个小小的改变，但对于试验的完成发挥了很大的作用。”

最揪心的时刻

在整个试飞过程中，让张海妮最揪心的是 2022 年 1 月 21 日开展的进场着陆场景试飞。

这一次试飞，飞机需要入云 3 次，每一次结冰厚度需要在上一次的基础上增加 6 毫米，薄了就不符合条款要求，要是厚得太多，下一次增加就没有了余量，还会带来安全隐患。条款本身苛刻得有些不近常理，再加上气象条件非人力可以掌控，在张海妮心中，这是最难啃的一块“硬骨头”。

“说实话，我们当时觉得这个条款有些过于苛刻了，很难飞出来，也最担心这个科目。那一天，真是很幸运。飞机起飞第一次入云后，结冰数据还不错，冰层厚度恰好就增加了 6 毫米，我心里有点窃喜。三十几分钟后，第二次入云也比较完美，冰层厚度也增加了 6 毫米，虽然结冰过程比较慢，但冰比较结实，这样我就不用太担心飞机出去后出现冰层脱落的问题。”

“到飞机第三次入云的时候，气象条件有所变化，由于飞机在空中飞行的时间比较长，我特别担心已经结好的冰掉下来，如果这个时候出问题，那就前功尽弃了。那个时候，我特别紧张。幸运的是，飞机第三次入云后，冰层增加的厚度也满足条款要求。当时，一些同事有点着急，建议飞机赶紧出云做机动，保险起见，我还是让飞机在云里多待了一会儿。这是最后一次了，冰层厚度稍微超出一些没有问题，最重要的是飞机出云之后冰不能脱落。那几分钟特别漫长，大家的心都是揪着的，真的很紧张。等飞机出云后，各项数据都满足试验要求，我们悬着的一颗心才放了下来。飞机落地后，我从监控室回到办公

室，跟同事们说今天任务完成了，大家都觉得有点不可思议。”

在采访中，张海妮说完这个故事，不由自主地吁了一口气。看来，那种紧张感已经深深印在了脑海中。

累并快乐着、自豪着

相处三年，不知不觉间，C919 已经成为张海妮生命中不可磨灭的印记。因为 C919，一些原本平凡的日子有了特殊的意义——“2021 年 4 月 19 日，第一个架次飞起来了，执行的是模拟冰型科目，这是个很有意义的日子，我会一直记得。”

模拟冰型试飞，是张海妮感到最辛苦的时候。“有一段时间，每一天的工作都排得特别满，其他飞机可以交叉执行不同科目，试验团队可以有一点喘息、调整的时间，但我们不行，因为飞机上加装了模拟冰，不能执飞其他科目，只能一口气完成。当时，我每天早上 7 点多到单位，然后准备任务、监控飞行，飞行结束后，还要进行数据分析，准备报告，基本上要到晚上十点甚至十一点才能回家。除了工作时间长，心理压力也挺大的，因为刚开始飞这个科目，又有很多新条款、新要求，心里也没底……”

一路走来，张海妮对 C919 的感情也在潜移默化地发生改变。“第一眼看到 C919 的时候，觉得她漂亮、优雅。接触时间长了，逐渐感觉对她跟对自己的孩子一样，有了一种特别的感情。有一次，我和家人一起外出，刚下楼，儿子突然指着天空兴奋地喊道：‘妈妈，你看 C919 飞机’，我抬头一看，果不其然，一刹那，一种特别的感情涌上心头。我想，那是一种自豪感——这是咱们中国人自己的大飞机！”■

踔厉奋发

取经 ARJ21， 创造特殊气象试飞新纪录 ——C919 飞机高寒专项试验试飞纪实

文 | 李欣阳



“刷……”

迎风展开的国旗下站着时任 C919 第五架机副架机长王盼乐。在他身后，是刚刚完成最后一项高寒专项地面试验的 C919 飞机。

23 天！C919 飞机在呼伦贝尔完成高寒专项试验试飞全部既定任务，创造了当时 C919 特殊气象专项试飞新纪录。

“悬了……”

高寒专项试验试飞是商用飞机必须通过的一项极端气候试验，以验证飞机在极寒气象条件下各系统和设备的功能和性能符合适航标准。零下 35 摄氏度是气温分界线，它决定了表明符合性试飞是否有效。内蒙古自治区呼伦贝尔市地处祖国北疆，得名于境内呼伦和贝尔两大湖泊，天然冰雪资源丰富、降雪量充沛、积雪期长，冬季平均气温在零下 25 摄氏度左右。每年 1

月，是呼伦贝尔最冷的时候，过了这个阶段气温就会逐渐回升。而根据气象团队预测，留给高寒团队的机会并不多。

凌晨 3 时 30 分，零下 35 摄氏度，试验队员们走下机场客车，哆哆嗦嗦地逐一开展检查、测试工作，不一会儿，帽檐、眉毛上就结起了厚厚的冰霜。根据计划，今天将进行一架次高寒专项试验试飞任务。

“现在气温是零下 35.8 摄氏度，只要太阳一出来，气温就会快速爬升。”直接准备会上，高寒试验指挥员刘英波坚定地说。

坐在机长位置上的是蔡俊。作为 C919 飞机首飞机长，蔡俊作为机长、观察员或者地面指挥员，带领团队陆续完成了 C919 飞机其他几架试验机的首飞工作，以及大量性能和试验测试试飞工作。对经验丰富的蔡俊机长来说，高寒试飞当中的科目并不难，但时间和气温带来的双重压力让他

心中沉甸甸的：“根据要求，飞机要在太阳越过地平线半小时以后起飞。高寒试验试飞前必须要进行除防冰，常规来说，飞机从开车到起飞大概需要 20 分钟，再算上除防冰本身和散掉除冰液味道需要的时间，留给我真正开始滑跑到起飞只有 2 分钟，而气象窗口却是稍纵即逝。”

“气温开始爬升了！”气象团队不断传来现场最新气象情况，不大的监测室里，挤着 20 多个人，大家一边紧张地看着外面爬得越来越高的太阳，一边紧盯着屏幕上的各项数据。

“不要慌，即使气温不理想我们还可以飞备份科目。”高寒试验运行总指挥毛为冷静地说，但他心里知道，一旦错过今天这次机会，后面很难再有这样理想的气温了，甚至可能要等到明年。

蔡俊沉稳地推着推杆，操作飞机滑到跑道头，心里想着“快点，再快一点”。但看着逐渐上升的气温，大家心里知道：

“悬了……”

失落，盘旋在每一个人心口……

突然，一阵寒风刮来！

“气温又开始下降了！零下 35 摄氏度……零下 35.4 摄氏度……零下 35.8 摄氏度！”

“马上起飞！”

在发动机的轰鸣声中，C919 飞机成功起飞。

从 30 分钟减到 4 分钟

依旧是凌晨 3 时 30 分，C919 飞机披着星光静静地矗立在呼伦贝尔东山国际机场停机坪上，它身边出现了一个个穿着反光背心的身影。

“今天的任务是一次高速滑行。”赵继荣是一名外场“老人”，跟着飞机走南闯北经历无数挑战。刚刚结束航前功能检查，他指了指飞机机身、机翼还有雷达罩



上一层密致的白霜高兴地说：“看这白霜就知道今天的气温能达到试验标准。”

天开始蒙蒙亮，2架除冰车一同缓缓靠近飞机，左右开工进行除冰。喷洒出来的气态除冰液不断凝结、积累，像一大片突然降临的云朵，远远看过去，操作人员好似在腾云驾雾。

“这个场面看着挺有趣，但其实飞机外部的冰霜雪，如果不能在起飞前彻底清除，会影响飞机性能和飞行品质，甚至可能导致严重事故。”贺孟奇，C919飞机维修手册高寒模块负责人，他为这次呼伦贝尔高寒试验量身定制了一套包含飞机外部除防冰，以及电源、发动机、液压等7项重要系统低温维护方法的维护程序。“在呼伦贝尔，为了抢抓每天早上转瞬即逝的气温最低点，效率是第一位的。经过4次程序迭代优化以及各团队不断磨合，整个流程越来越顺了。”

指针回拨到贺孟奇第一次在现场指导除冰作业，他带上防护设备，登上“敞篷”除冰车。

除冰车缓缓升起，达到指定高度。第一次登上除冰车的贺孟奇先是被高空兜头的冷风吹了个倒仰，又被“辣眼”的除冰液熏得满眼是泪。此时，加温到70摄氏度的气化除冰液被不断喷洒在机体关键面上，一片片白霜快速消融。贺孟奇指挥着现场操作人员不断细微控制除冰液的流量，确保既能快速除冰，又不损伤机体外部传感器。

“第一次除冰，采用一辆除冰车，花费了30多分钟。除冰液有效时间是35分钟，可以说是刚完成除冰，飞机就又开始结冰，这种结果是不能接受的。”贺孟奇联合各团队，彻夜重新优化程序。第二天，通过协调机场方面调用2台除冰车同时作业，采用优化程序后，时间缩短到10分钟，等到高寒专项第一次正式试飞那天，除冰只

用了4分钟。

“除冰一结束，机组、课题、设计、场务、机务和运控各团队马上行动，像精妙咬合的齿轮一样将起飞前置程序又节省出了12分钟时间。”赵继荣说。

如何避开这些“坑”

2020年11月某日，陕西西安阎良，清晨。一架庞然大物赫然出现在蓝天二路上，引起了路人的围观。只见一架C919飞机被牵引车拉着，从试飞院临时拆掉的后墙里开出，缓缓驶向623强度所环境气候试验室，开启高寒试验时刻表，逐步调整挑战零下10摄氏度、零下30摄氏度、零下40摄氏度，成功验证了C919飞机在极寒条件下各系统的出色性能，并完成数项地面试验、研发试验以及维修手册验证。

强度所C919飞机高寒全机试验现场总指挥吴敬涛非常高兴：“表现非常亮眼，环境气候试验室的温度比外界自然环境更严酷，但C919都经受住了。”

呼伦贝尔高寒专项技术总指挥黎先平告诉记者：“在到呼伦贝尔之前，团队决策先到试验室进行前置试验和测试，是非常有必要的。呼伦贝尔自然气候条件随时变化，并没有足够多的气象窗口完成全部的相关试验。而现在，我们只需要在呼伦贝尔完成规划的飞行和滑行工作，气象窗口压力大大减小。”

呼伦贝尔，大飞机人是很熟悉的，因为我们曾经在这里完成了ARJ21飞机的高寒试验。受困于当时的经验、能力和条件，ARJ21飞机高寒试验整整探索了3年。

当年参加过ARJ21飞机高寒试飞的孙学德，作为团队成员再次来到呼伦贝尔。

“在来到呼伦贝尔之前，团队向曾经参加过ARJ21高寒专项的有关专家充分‘取经’，避开了很多‘坑’，并做好了

“在来到呼伦贝尔之前，团队向曾经参加过ARJ21高寒专项的有关专家充分‘取经’，避开了很多‘坑’，并做好了充分的预案。”

充分的预案。”黎先平说，“ARJ21项目的专家们对我们倾囊相授，提出了很多建议。比如提前购置2台取暖器，这个器材看着不起眼，但在极端天气下户外作业特别重要。”

时任C919飞机第五架机架机长的南国鹏告诉记者：“我们做好了一切能提前做的准备。就像除冰，提前准备好程序、物资，在真正的气象窗口到来前，不断进行演练磨合。”说起几次或有惊无险、或顺利开展的高寒试飞，南国鹏略显疲惫的脸上露出笑容，“整个高寒专项把飞行和滑行工作进行了高效规划。在其他气温达不到要求的可飞天，我们几乎每天都在飞，飞一些备份科目。每一次飞行，都像真正进行高寒试飞一样，起到充分练兵的作用。”

万难不敌一条心

2021年的元旦，当新年的第一缕阳光洒到C919飞机上，中国商飞公司党委书记、董事长贺东风一行赶到高寒试验现场，握手、拥抱、问候、祝福，在呼伦贝尔东山机场停机坪旁的备勤室里，点燃了大家誓要拿下高寒专项的奋斗激情。

“要想如期完成高寒专项，就得既‘拼’又‘稳’。”团队成员在总结时提出。

“稳”就是一次把试验办成。2019年10月起，团队开始策划高寒专项准备

工作，先后多次与呼伦贝尔市铁航办、海拉尔机场、呼伦贝尔空管站、中航油海拉尔供应站、市卫健委、市人民医院等单位深入沟通协调，并与呼伦贝尔市政府联合成立高寒专项保障领导小组，统筹协调各项工作，确保高寒专项试验试飞各项工作保障到位。另外，通过集合国家气象局、内蒙古自治区气象局、呼伦贝尔市气象局、呼伦贝尔空管站气象台、试飞中心气象台的力量，建立了科学的预报机制，实现精准预测，确保抓住每一个高寒气象窗口。

“拼”则是外场一直以来的奋斗底色。中国民用航空呼伦贝尔空中交通管理站时任副站长杨晓东说：“作为空管人，我们能为国产大飞机提供试飞保障工作感到无比骄傲和自豪。许多试验试飞人员每天都是在零下30多摄氏度的严寒天气下操作作业，真是战天斗地、苦战严寒。”

负责组织本次高寒专项后勤保障团队的马广辉说：“干型号的兄弟们总是凌晨进场，通宵也是常有的事。之前在环境气候试验室的时候，一名623所的女同事连续3天加班到凌晨四五点，累到哭着离开现场，第二天却又坚强地早早到达岗位。”

“团队成员克服了很多困难。例如更换DPU，团队在户外连续奋战8小时，为了操作方便还有脱了手套作业的。感人的事还有很多，各个团队互相帮助，互相支持。”团队成员感慨说。

“拿不下试验我就不回家，跟苏武一样留在草原牧羊”，王盼乐的这句话让记者印象格外深刻，看着撑着国旗在飞机跟前庆祝的他，记者又想起他的另外一番话：“只要‘一群人、一条心、一件事、一起拼’，大家拧成一股绳，就没有完不成的任务，没有实现不了的目标。”■

踔厉奋发

用飞机“绣花” ——首次由中国机组完成的 最小离地速度试飞纪实

文 | 陈伟宁



2022 年 4 月，C919 飞机完成最小离地速度（Vmu）审定试飞。回头审视，这一试飞科目的难点有哪些？其间遇到了哪些曲折？有什么经验教训？试飞团队从中学到了什么……为了解 C919 飞机 Vmu 试飞背后的故事，记者采访了局方试飞员赵志强。

记者：C919 飞机 Vmu 试飞被认为是与失速、自然结冰试飞并列的三大高风险科目。从试飞员的角度来说，您觉得 Vmu 的难点在哪儿？

赵志强：Vmu 是飞机在不同构型、不同推重比条件下，测试飞机最大起飞性能的试飞科目。对于试飞员来说，这一科目最大的难点在于对飞机的精准控制以及极其快速的反应能力。这一点，在其他试验中可能是不多见的。

精准控制方面，在 Vmu 试飞中，飞机起飞的仰角下限是 12.5 度，如果达不到这一要求，就不符合验证条件，而一旦超过 15 度，又会带来很多风险，比如飞机机尾擦地、失速等。在不同构型和推重比条件下，飞机的响应是不同的。比方说，在大推重比条件下，当飞行员加大油门的时候，飞机一开始的响应比较小，但一旦获得俯仰权限开始抬头，速率就会非常快。对于小推重比来说，情况则有所不同。在小推重比条件下，试飞员必须在飞机获得俯仰权限后，尽快将其稳定在目标姿态下，而且需要持续一段时间。所以，

在做 C919 飞机 Vmu 试飞的时候，试飞员操纵几十吨重的飞机在不同推重比条件下高速滑行，仰角误差要控制在 1 度到 2 度左右，是不是有点“绣花”的感觉？

其次，在快速反应方面，Vmu 属于近地面试飞，全部动作要在一个很低的高度完成，容错空间极小。一旦出现失误，只有 1 到 2 秒的时间进行修正。比如，机头抬高以后，试飞员的视野会受到一定限制，所以在试验过程中，不仅要控制好飞机的俯仰姿态，还要控制好滑跑方向和滑跑距离，防止飞机偏离或冲出跑道。总



体而言，在 Vmu 试验中，发现问题后，几乎在一眨眼的时间内，试飞员要通过紧急操纵使得重达几十吨的庞然大物发生姿态改变，这对心理和技术都是巨大的挑战。

此外，在 Vmu 试验中，飞机加装了尾撬，尾撬擦地也会对飞行安全造成一定的影响。在尾撬与地面摩擦的过程中，会产生明显的振动和噪音，这会给试飞员带来一定的干扰。在飞机高速滑行过程中，尾撬擦地的角度如果过大，不仅有可能损伤机体，而且会导致仰角迅速变大，造成失速。

记者：在上述难点之外，您在试验中还遇到了什么困难？是怎么处理的？

赵志强：在进行最小推重比试飞时，飞机在跑道上滑跑距离很长，而在仰角很大的情况下，试飞员的视野受限，对飞机在跑道上发生的横向移动不够敏感。此外，机场跑道中间高、两侧低，在试验过程中，为了避免尾撬擦到跑道中线灯，飞机从一开始就偏在跑道中心线的一侧，飞机滑跑后，尤其是尾翘擦地以后，两侧主轮的受力不同，因此在试验中飞机向一侧偏转的可能性大大增加。

如果尾撬在地面摩擦的时间很短，偏差的累积效应并不明显，但在最小推重比试飞中，由于飞机的滑跑距离长，尾撬擦地的时间也比较长，随着偏差的逐步累积，飞机偏离跑道的风险也迅速变大。

针对这种情况，机组对分工进行了优化。左座试飞员作为主要操纵人员，负责控制飞机的俯仰姿态及前进方向，防止横侧移动过大。右座试飞员重点观察飞机相对于跑道的位置，如果横侧偏离过大，要及时提醒，并且在必要的时候参与操纵。此外，飞机上还有一名观察员，也有自己的职责。整个机组既分工明确，又协同作战，通过团队合作来保证试飞安全。

记者：通过 C919 飞机 Vmu 试飞，试

验团队有哪些收获？您个人有怎样的体会？

赵志强：这一次试飞，对参与试验的各方来说，都有很大的收获。C919 副总设计师赵克良说，这一次我们把最小离地速度这一科目彻底搞透了。我颇有同感。

C919 是国内第一款进行 Vmu 试飞的大型客机。对此，我们缺乏经验。比如，跑道长度最小应该是多少，滑跑距离多长最合适，仰角控制在多大最理想……试验之前，我们只有根据理论模型计算出来的数据，实际情况是不是这样，究竟有多大的偏差，一开始我们心里并没有数。这些数据要通过试飞来验证，这也就是试飞的意义所在。

ARJ21 此前也飞过 Vmu 这一科目，应该说我们还是有一定基础的，但 C919 不仅比 ARJ21 大得多，而且两款机型的构型差异很大。C919 是翼吊发动机，ARJ21 是尾吊发动机。相对而言，ARJ21 的俯仰权限比较大，升降舵的效应也更好一些。因此，两者还是有较大差异的。

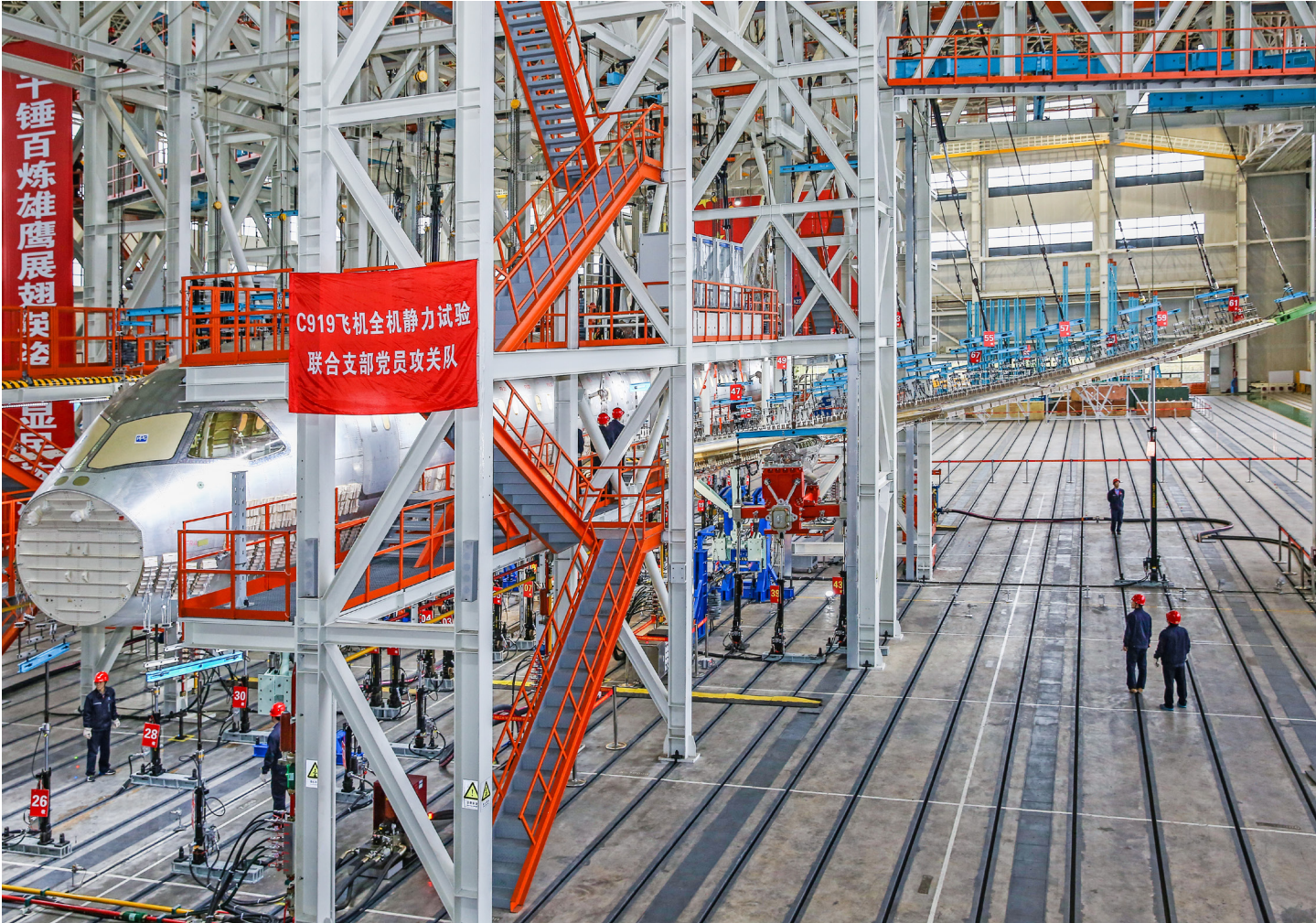
实际上，C919 的试飞团队中有不少人参加过 ARJ21 的试飞，但是这一次大家觉得收获特别大。此前，有些试验点大家的认知还是不足的，在一次次实践中，各个专业把每一个点都摸透了。通过试飞，借助大量的数据分析，试验团队现在很明确 Vmu 最大的难点在哪儿，某一构型下不同推重比试飞的特点是什么……经过这次试飞，对于这些问题，我们能够给出非常清晰的答案。我想，这样一种经验的累积和队伍的成长，对于将来新机型的试飞是非常有益的。■

踔厉奋发

铸就中国大飞机的“钢铁脊梁”

文 | 叶薇

上海浦东机场附近的 C919 全机静力疲劳试验室内，一架飞机被钢铁框架包裹，机身被很多细细的钢索吊拉着。它“浑身”缠绕了几百公里管线，贴了 1.6 万个白色胶布带应变片，还有近百个标明试验数字的载荷加载点。这是 C919 飞机的验证机，它永远无法翱翔蓝天，却为祖国的蓝天事业“饱经折磨”，经历各种极限工况试验的挑战。



在它背后，有一支强度试验团队。他们默默无闻，功在幕后，一起锻造中国大飞机的“钢铁脊梁”；他们分属三家不同的单位，却始终拧成一股绳，有劲一块儿使，有难一起扛，携手并肩不言弃，迸发出托举大飞机的千钧力；他们中党员占比高达 75%，在关键时刻，党员充分发挥模范带头作用，不抛弃不放弃，攻克一个又一个难关。

“极限挑战”

对于 C919 来说，从首飞到取得型号合格证，“受刑”一样的“折磨”与“熔炼”不过刚刚开始。强度验证是适航验证的重要组成部分，包括全机静力试验、全机疲劳试验、鸟撞试验等。全机静力试验又包含了最大垂直力着陆试验、增压舱增压试验、吊挂静力试验等。飞机的强度测试，就像是对飞机骨骼及机体的“体能测试”，直接关系到大飞机的安全性。所有的飞机要上蓝天之前必须经过强度试验验证。

“C919 的增压舱增压试验主要对机身增压舱，包括门、窗、活门与机体结构连接的强度，在 150% 使用载荷下进行考核。做试验时，机身就像个高压锅。当时，在客舱里加到了 120 千帕的压力，相当于外面是 1 个大气压、里面有 2.2 个大气压这个量级。试验目的就是在地面上用这架飞机，验证飞机整个运行过程（从起飞到降落）所受到的各种各样不同的载荷。厂房里的这架飞机是所有 C919 飞机里面承受极限挑战最多的。”当时任 C919 飞机副主任设计师的赵峻峰介绍说。

增压试验过程中，载荷施加到 137% 限制载荷时，问题不期而至：后服务门上部密封件脱出形成缝隙过大，增压舱无法继续增压……飞机上的压力不得不减下

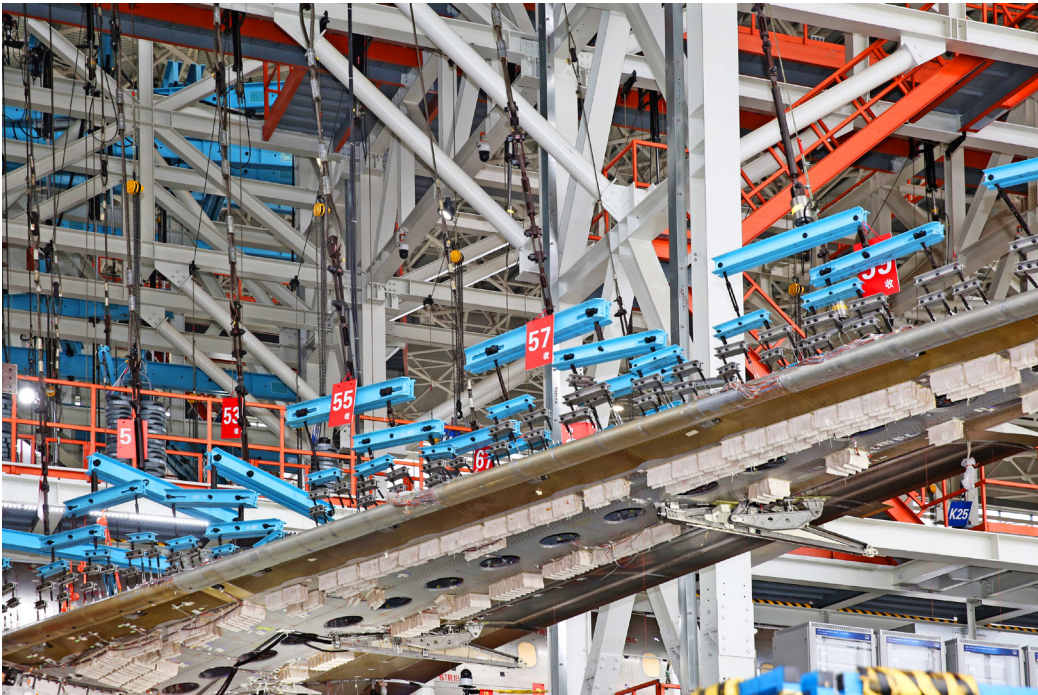
来，团队身上的压力迅速增上来。数据复查、试验排故、理论分析、试验数据对比分析……在不到一个月的时间里，团队同心协力，找到解决方案，最终试验大纲获得中国民航局的批准和欧洲航空安全局的认可，于 2018 年 6 月 6 日顺利完成了增压舱增压极限载荷试验，同时也拉开了 C919 飞机结构极限载荷验证试验的序幕。

“涅槃重生”

之后，欧洲航空安全局和中国民航局上海审定中心共同见证了这架飞机的“最严酷时刻”——C919 极限荷载试验，通过持续加压，翼尖向上翘起可能达到近 3 米，验证飞机在 2.5 倍重力情况下的承压载荷情况。

对这一刻，团队带着跃跃欲试的心情。同样的试验，他们在 ARJ21 身上曾经历过蚀骨之痛。那次，当载荷施加到 87% 时，飞机龙骨梁后延伸段结构突然遭遇破坏，试验被迫中止。这就意味着，不仅后续 20 多项静力试验全部无法继续开展，而且正在全面展开的试飞工作也不得不全线暂停。当时负责 ARJ21 机身强度、后来担任 C919 大型客机静力试验项目负责人的朱林刚依然清晰地记得那一段“黑色”时光，“很痛苦，每一个人背负的压力都特别大，压抑得喘不过气。”这支以“为中国大飞机设计强健脊梁”为使命的、年轻的强度技术团队，在相当长时间内面临难以在人前“挺起脊梁”的尴尬和窘迫。

一切从头再来。“花了 7 个月时间，每一个环节都不放过，终于排除出故障原因，制定了解决方案。这 7 个月，每一天都是煎熬。”2010 年 6 月 28 日，ARJ21 飞机 2.5g 极限载荷试验圆满成功的那一天，试验室的大男人们都哭了。试验成功，



表明 ARJ21 飞机强健的骨骼与机体足以支撑它安全翱翔蓝天。

在 C919 飞机静力试验过程中，团队严格复查着每一项设计的落实情况。小到增压舱气密试验时一个个堵孔是否都安装到位，大到前起试验时机体配平是否精确，可谓事无巨细，都逐一把关，力图将试验的风险降到最低。在试验厂房内，一共配置有 4 台升降机。为了不影响他人工作，团队负责人赵峻峰常常在中午休息时间或是复查蒙皮开孔是否满足要求，或是趴在机翼上检查胶布带的位置是否偏差，就连最开始配合的升降车师傅都直呼吃不消“永动机”式的加班。

对 9 年前那次重挫的追问至今没有平息。在反思中，团队掀起了一场全新的技术软件和平台建设热潮。C919 大型客机全机静力试验使用了大型客机多功能一体化试验平台设计技术等多项创新技术，并在国内首次采用物理试验和虚拟试验双线并行的模式，大大提高了设计和试验的

精度与效率。

对于 C919 飞机 2.5g 极限载荷试验，试验团队内心更加沉稳，这是源于经历风雨后的信心和底气。“我们挺有信心的，无论是从合作模式、人员经验，还是技术水平，团队都得到了很大提升，这一次一定能成功！”

“众心归一”

C919 强度试验团队有点特殊，成员来自三家单位。一个是“考官方”——中国民航局派出的上海审定中心结构强度团队代表政府和公众，对飞机的安全性进行全面监督、审查和验证。两个组成“考生方”——中国商飞上海飞机设计研究院结构强度团队，联合中国航空工业飞机强度研究所，共同开展 C919 大型客机全部结构强度试验的设计、实施，向“考官”表明和证明飞机结构和强度对于适航规章的符合性。



三方力量，在长达七八年的合作中，始终步调一致，向着共同的目标奋斗。强度研究所总部在西安，为了大飞机项目在上海设立分所，一群工程师背井离乡，在东海之滨埋头苦干，一年也回不了几次家，最想念的是家乡“肉夹馍”的味道。飞机的每一项试验文件资料、设施设备和现场安装状况，民航适航审定人员都要全程跟踪，确保每一项工艺反馈、每一项设计更改、每一项试验文件的审批都能全速地传达和执行。三家单位的党支部在试验现场组织共建活动，成立党员突击队，重点攻关。

“一起经历了 ARJ21 飞机的 2.5g 重大挫折，彼此之间的信任、默契、合作成为共同攻克难关的法宝。经过这么多年的磨合，团队之间的气质和精神都很像，齐心协力，一条心、一口气，把活干好！”时任中国民航上海审定中心结构强度室主任张迎春说。

C919 适航验证是我国第一次按照国际标准对干线喷气客机进行全面适航验证，加之控制律、复合材料等一大批新技术、新材料、新工艺的应用，这些都将大大增加飞机验证的难度。创新之路，依然不可能一帆风顺、一马平川。“所有的工

作都围绕适航取证，我们沟通的标准就是适航条例和法规，用数据和试验说话。”

其实，当时 ARJ21 新支线飞机 2.5g 静力试验出问题的是龙骨梁与机身里一块区域中的一小段连接出了问题。“最关键、最脆弱的地方往往是连接处，主体之间的接口最值得关注。飞机如此，人和团队也是如此。怎么做到无缝衔接，高效协作，非常考验团队。”朱林刚说。

上飞院强度部、中国航空工业飞机强度研究所、中国民航局强度审查组拧成一股绳，各负其责、各尽其能，共同推进试验项目。“团队事业一体、标准一样、行动一致。合作的质量和高度决定事业的成功。个体要过硬，整体更要过硬。”

“是取证，更是取经。”这个来自不同机构、担负不同角色却相处与协作得如手足、如一人的年轻团队，更喜欢用“取经”来称呼他们下一站的目标“适航取证”，他们彼此学习，共同成长。从一架安全可靠的大飞机到一款乘客爱坐、飞行员爱飞、航空公司爱买爱用的大飞机，这条路任重道远，他们矢志不渝。■

踔厉奋发

耦合记

文 | 卯丁

耦，两人并耕。
——《现代汉语词典》

何谓耦合？

现代人工智能专家说，耦合就是指两个或两个以上体系协同在一起产生增力，从而完成任何单一体系或不完全体系所无法完成的任务。

系统论专家认为，只有要素以设计的途径机理相互联系、相互作用耦合而成，系统才能具备整体性。

飞行时飞机气动力 - 控制系统 - 机体（ASE）就存在这样的耦合，这个耦合如果设计得不好，飞机在空中飞行时会产生振荡或者发散，影响飞机的飞行和安全。所以，飞机取证前需要通过计算分析、地面试验和试飞去验证飞机不会因耦合而发散。

飞机取证前，大致分三步走去验证飞机的耦合稳定性特性：第一步，计算分析。主要通过机体建模、气动力建模、控制律建模，最终去分析三者相互耦合稳定性特性。第二步，结构模态耦合试验，在地面上测试飞机机体与飞行控制系统的耦合特性。第三步，通过试飞去最后验证飞机不会因耦合而发散。

论述题变成了抢答题

C919 飞机机体集成团队从 2020 年下半年开始策划准备自动飞行控制律与机体的结构模态耦合试验，等到新版本的控制律装机，飞机构型和试验准备皆已就绪。

万事俱备，只等飞机。

但因六架试飞飞机任务都很重，导致试验计划不得不一推再推，到最后已经是第 4 次动态调整计划，甚至连做试验的飞机也一直没能确定下来，第五架机、第六架机都有可能承担结构模态耦合试验……

“我们就时刻准备着，一直在待命的状态，做到召之即来、来之能战、战则必胜。”上飞院飞机结构强度工程技术所载荷部气动伺服弹性室主任范石磊说，“我们就这个试验跟第五架机团队一直保持沟通，后来跟第六架机团队也一直保持沟通，我们同时对这两架机做完了试验构型评估。”“我们非常理解各架机试验试飞资源紧张，也经常

去试飞现场协调，项目、架机团队也一直给我们协调资源。但确实咱们每架机试验试飞的任务都很重，大家相互理解配合，领导大力支持，3月初终于等来了这临门一脚。”

但是……

试验团队面临的难点不再只是试验本身，还有时间！

时间！

试验主管部长窦忠谦表示，“我们非常清楚 C919 型号 TC 取证的紧迫性。结构模态耦合试验原本计划是 22 天，后面根据架机承担任务安排狠狠压缩到 14 天。14 天已经非常极限了，我们对照 14 天节点做了试验策划和计划，每 4 个小时为一个单位。根据之前的经验，一天必须按照 20 小时不间断试验才有可能完成预定的试验内容。2022 年 2 月 28 日，院领导召开了第五架机计划决策会，对照第五架机后续任务，提出了 11 天的超越计划，希望我们给后续科目抢回一点时间。“任务接了，11 天的时间对于我们这个试验来讲，难度是切切实实的，不想足够多的法子、不做充分的准备是很难完成的，它太有挑战性了。”

神奇的维修师傅，恼人的电

结构模态耦合试验就是在地面上测试飞机机体与飞行控制系统的耦合特性，主要是稳定性特性。

结构模态耦合试验实际上是通过“欺骗”飞机，让它以为在天上飞行，然后给飞机的舵面输入振荡指令，激励起飞机的全机运动，此时飞机的控制系统就能捕捉到飞机的运动，产生相应的控制指令，通过分析控制系统指令和飞机运动响应，试验人员就能知道飞机的耦合特性怎么样，到底稳不稳定。

结构模态耦合试验技术上有两个关键点，也是两大难点。

第一，是一个全机级试验，要“欺骗”飞机让它以为自己是在空中正常飞行。

如何“欺骗”飞机？一是用空气弹簧把飞机支托起来，模拟飞行时的边界条件。飞机在天上飞的时候，是由空气托着的，这是一个自由的状态。但在地面上如何托举飞机呢，这就要靠学名叫空气弹簧的三个绿墩子设备，它的外壳是坚固的钢桶，里面是一个充气的橡胶胶囊，用它把飞机支撑起来之后，飞机相当于躺在柔软的棉被上，这个时候飞机上下、左右、抬头等微小运动基本没有约束，非常接近于天上飞的状态。第二个“欺骗”就是让飞机的控制系统认为飞机在飞行，从而运行在需要的控制律上。飞行控制系统是通过大气数据系统获得飞行的高度、速度参数。试验时工程师给飞机动静压孔插上气管，使用大气数据工装给动静压管分别打上合适的大气压力，这样飞机就被欺骗获得高度速度数据，飞行控制律就能按工程师的要求正常运行了。

第二，要施加激励使得飞机运动。

这个激励或者说刺激具有几个特点：一是需要在耦合系统内部激励，二是需要覆盖一定的频率范围。C919 飞机充分利用了飞控计算机能力，编程产生了内部的激励指令信号。这个信号频率从小到大、数值由小到大，被用来激励副翼、升降舵和方向舵运动。在扫频激励过程中整个飞机都在运动，机体的弹性模态响应被充分激励出来，控制系统会敏感地捕捉到飞机的运动从而产生相应的舵面指令，这个时候飞机机体与控制系统就完美地耦合起来。

上述两个关键点，恰恰也是结构模态耦合试验的难点，那就是模态耦合试验需要内部激励飞机舵面运动产生全机振动，而这个飞机还是运行在一个飞行的状

态。再叠加试验时间被压缩到这么紧张的程度，难度可想而知。

面对重重挑战，试验团队勇往直前、锱铢必较、精打细算。

首先，将整个试验的每一项内容从头到尾再重新梳理，不断优化试验大纲内容，调整试验矩阵，加强自动飞行律黑盒模型验证，在保证试验点不减少以及试验完整有效性情况下，试验从 3 个飞机构型、278 个试验点，优化为 2 个飞机构型、318 个试验点。基于深度的信任和沟通，终于在试验前几天，新的试验矩阵获得了适航代表的批准。

第二，面对这样的进度压力，团队排出精细工作计划表，严格执行计划表，包括制造团队、架机团队等都严格按照这个表来执行下去。

充分发挥并行工作效率，现场按照占用飞机与不占用飞机两条线并行。试验准备时文件准备与现场测改并行；制造符合性检查中文件检查与实物检查并行；试验过程中机上测试与数据实时分析并行……

3 月 4 日下午 16 时，转场而来的第五架机终于降落南昌，试验团队立即将飞机拖进机库，争分夺秒开始试验改装。

3 月 5 日，一天加一个晚上就把测试改装工作全部完成！

在科目、制造中队进行测试改装的同时，科目、适航团队所有的试验制造符合性自查工作同步进行中……一切都在加速推进。

然而，3 月 5 日 16 时接到消息，6 日全天机库停电！

试验团队当机立断，加速推进自查整改工作，当天 22 时把制造符合性检查代表请进来：今天一定要开始制造符合性检查，如果不开始，那就拖到后天去了。适航团队的兄弟们二话没说，当即进场开展制造符合性检查，连夜把需要上电的飞

机实物检查完成。第二天一早进场，借用隔壁生产交付中心的地方，继续开展检查工作。就这样，3 月 6 日整个制造符合性检查工作基本完成。

3 月 7 日，文件和实物整改到位后，试验正式开试。

每一天的试验都被精心“算计”：10 个需测试的自动飞行功能，白天做比较困难、不确定性大的试验工况，方便随时调整计划；到了晚上就做相对有把握的工况，确保每日计划完成，不完成则试验不结束。就这样咬住计划节点，每天件事都尽早向前推进一点点。

拼搏的不仅仅是机体集成团队人员。科目联合团队中，集成试验团队派出的几位同志，紧张的时候每天现场工作接近 20 小时；还有主飞控团队和自动飞行团队，以及保障和支持的制造团队、架机团队……

自助者天助之。

试验即将正式开始的 3 月 7 日上午，发生了一个“神奇”的插曲：

11 时试验启动，上电上压，谁都没想到，“咣当”，一台液压大油车坏了！现场没有备份的油车，全公司几个正常工作的液压油车都在千里之外的试飞现场，从最近的东营调过来也要两天两夜……远水解不了近渴，赶紧找这台油车的原生产厂家——河南新乡中航工业 162 厂的人员来维修。打通电话，神了，维修师傅们刚好就在南昌当地。

14 时就赶过来了，15 时就修好了，试验启动！

妙哉，耦合！人和！

卖力的男一号，绞尽脑汁的导演们

剧本——试验大纲和操纵程序，已

写好，主要包括了 FPA、VS、ALT 等一共 10 个自动飞行功能的故事；演员、导演、剧务们，已就位，第五架机已准备好！

试验开始后，科目团队的“导演们”指挥着第五架机这个重量级男 1 号开始了它的表演，跳起了优美的华尔兹，不时还伴随着或高亢或激烈的乐曲。只见它一会儿扑闪着尾翼的翅膀（升降舵）、附着着低头的绅士礼，一会儿又摆动起优美的左右手（副翼），身子则带起轻柔的摆动，和着律动的节拍。试验的数据也就被即时记录和处理，“导演们”一丝不苟确认着有效性。

虽然第五架机已经是一回生、二回熟的老演员，毕竟是新剧本，过程中还是有困难的地方，这个时候就需要资深“导演们”——科目团队范石磊、金学良等出手了。

比如自动飞行的 FLC 模式试验时就出了状况。FLC 模式是高度层改变模式，真实飞行时高度速度都在变化。由于没法彻底欺骗飞机，试验一开始，飞机的水平安定面就不听指挥，快速达到满偏状态，试验结果不满足要求，停！“导演们”赶紧优化剧本，通过设置不同的高度变化情况，一点点摸索飞机的脾气，终于在几个点上摸到了飞机的脉门，激励时水平安定面按要求慢慢偏转，直至激励结束仍未达到满偏，满足了试验的要求。

在全体努力下，飞机被驯服了，乖乖地按指令做起动作。大家也激情澎湃，互相打气加油，每天工作从早 8 点到第二天凌晨 2 点，争取早日杀青。

为他们鼓掌！

2022 年 3 月 14 日 22 时，经过 10 昼夜连续奋战，C919 飞机全机结构模态耦合（自动飞行）MOC5 试验提前 4 天

完成全部 318 试验点测试内容，试验数据经确认完整有效，试验圆满完成。试验比 11 天的超越计划整整提前了 1 整天。

喜讯第一时间传递到上海 C919 项目战时晚会上，贺董事长现场提议：给团队鼓掌！

第二天，团队一大早就坐上回上海的高铁。回程途中，铁路两侧的油菜花正一路盛开，一片金黄，满目绿色春光，可谓是“更喜江南千里花，红军过后尽开颜”，一路喜洋洋。

“持重的范主任，默默的小胡——胡筠晔，忙前忙后的小叶——叶坤熠。”全程在现场督战和解决问题的李强副总师用最简短的词句对机体团队的试验骨干作出了最经典的评价。

“这是科目、架机、构型、适航、质量、制造、工程、测改等团队及外场各中队试验团队集体奋斗和奉献的结果。向大家致敬！”这是“队头”窦忠谦的真情感言。

“C919 的结构模态耦合试验是有很多创造性成果的，我们这套经过了验证的方案、流程、实践等，可以供后续型号参考，都是我们民机航空研制实践的重要财富。”作这个技术流评价的是“持重的范主任”。

“我们团队最后就剩下在第三架机上开展的自动飞行 ASE 试飞了，最新的试飞计划给我们安排在 7 月份，回头我们派人去外场，做好准备，随时举手，争取把时间再抢一点回来……”窦忠谦已经为后续的试飞做起了打算。

车内气氛融洽。

车下车轮与轨道也在产生愉快的“耦合”。■



万航模锻
WANHANG DIE FORGING

大国重器

国家高新技术企业

中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司是专业化航空锻件生产基地，拥有 800MN、200MN 大型模锻压机等航空模锻件装备及机械加工、热处理生产线。具有完全的航空锻件设计制造能力，能够为航空、航天、能源、舰船动力等行业提供优质模锻件和技术服务支持。

中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司
CHINA NATIONAL ERZHONG GROUP DEYANG WANHANG DIE FORGING CO., LTD.

地址：四川省德阳市珠江西路 460 号

电话：0838-2341766

官网：WWW.WANHANGDIEFORGING.COM

邮件：WANHANG@WH.SINOMACH-EZ.CN



万航模锻官方微信

共赴梦想

第二章

共赴梦想

建设民航强国、航空强国，必须打造坚强的命运共同体，与局方、供应商、客户一起以强烈的使命感、自豪感、责任感、紧迫感和危机感，以最高的标准、最严的要求，坚持生命至上、安全第一，推动国产商用飞机健康稳步发展。





沈小明



顾新



揭裕文



张迎春



宋智桃



张彤

共赴梦想

大飞机“护航者”

文 | 柏蓓

2022年9月29日，中国民航局在北京向中国商飞公司颁发C919飞机型号合格证，标志着我国具备按照国际通行适航标准研制、审定大型客机的能力。

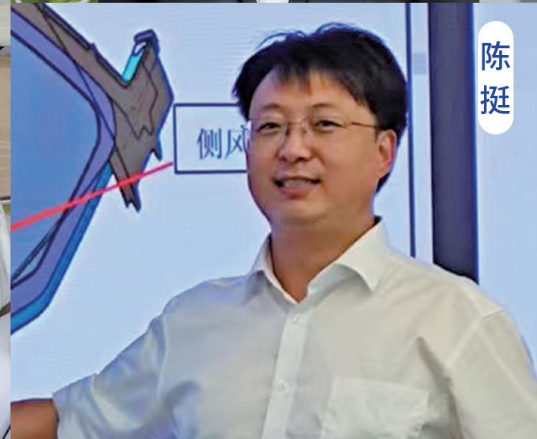
从2010年10月28日中国商飞向民航局正式提交C919飞机型号合格证申请书开始，C919飞机型号审查路走了近十二年。十二年来，C919型号合格审定审查组全体审查员始终保持高度的政治担当，坚守安全底线，以规章为准绳、以事实为依据，秉持“条款衡量、数据说话”的原则，坚定当好国产民机安全的“把关人”、民机发展的“护航者”。累计投入150多万人工时开展审查工作，全面、充分审查了飞机的安全可靠。

2022年9月30日，习近平总书记在北京人民大会堂会见C919大型客机项目团队代表，称赞大家是“国家栋梁、英雄功臣”，他们也将这最高褒奖与至高荣誉视作大飞机事业途中最有力的鼓舞和鞭策，作为持续踔厉前行、笃行不怠的最大动力。

现撷取部分优秀适航审查人员典型事迹，记录他们为保证我国民机的安全设计、适航取证、走向世界所作出的卓越贡献。



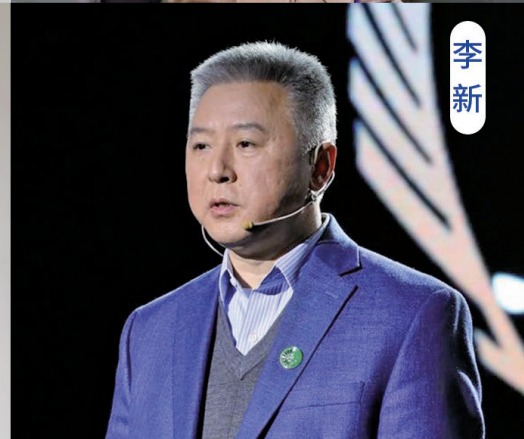
赵志强



陈挺



王泽新



李新



李晓辉



张平



张柱国



屈展文



沈浩



韩冰冰



刘春阳



黄俊



吴浩文



赵裕青



李煜



徐远征



李焱鑫



黄铭媛

沈小明

中国民航华东地区管理局副局长
历任中国民航上海航空器适航审定中心主任 / 中国民航适航审定中心主任 /ARJ21 审查组组长 / C919型号合格审定委员会 (TCB) 首任主任

沈小明长期从事适航管理工作，是中国商用飞机适航审定工作的“探路者”之一。在国产喷气支线客机 ARJ21 项目起步时，全国有资质的适航审查人员不足 70 人。沈小明在担任 ARJ21 项目型号合格审查组组长后，经过艰辛审定，带领审查团队完成审查，打造出一支“个个是精兵、人人是强将”的骨干团队，并把宝贵经验传递到了 C919大型客机的适航审查工作中。目前，ARJ21 飞机机队规模达到近百架，运营时间超过 10 万小时。他在中国民航适航审定中心系统的创建过程中居功至伟，在他和团队的努力下，中国民航适航审定能力得到极大提升。他为 C919 飞机获颁型号检查核准书（TIA）、进入局方审定试飞提供强有力的政策指引，提出了颁发 TIA 的“三条红线”，并为中国商飞公司和 C919 审查组所共同接受，极大提升了 C919 飞机局方审定试飞的效率。

顾新

民航上海审定中心主任
C919 型号合格审定委员会副主任

顾新谋划了智慧审定新体系发展思路，设计并构建新型适航协同审定系统，使用信息化手段实现审查方式从线下到线上，审查数据从纸质化到数字化、审定流程从单一化到互联化的新跨越。践行研制一审查“一本计划”工作方法，实现取证计划与审查计划统一，行政项目管理与专业管理统一，项目进度与研制规律统一。他高度重视可维修性设计工作，在 C919 审查中主导创建维修人为因素专业审查组，首次将可维修性正向设计要求与未来维修场景融合的理念在 C919 型号研制和审查过程中得到实践和应用，搭建起“初始适航”和“持续适航”的新桥梁。2021 年底 C919 取证进入攻坚阶段，他积极推进“一本计划”工作开展，与申请人充分交流，拉条挂账，调整步伐，齐头并进，挨个梳理审查活动项，明确项目路径。在型号取证进入冲刺阶段后，顾新率队坚持与申请人“同吃同住同工作”，在一线集中办公，每天早晨与申请人召开取证任务协调会，按照“一本计划”逐日精密推进取证活动，有效加速了审查进展。

揭裕文

民航上海审定中心副主任
C919 型号合格审定委员会委员
C919 型号合格审查组长

揭裕文是研究员级高级工程师、国务院政府特殊津贴获得者、中国“最美家庭”获得者、上海市五一劳动奖章获得者。他长期从事与飞机总体设计、性能操稳、试飞及适航审定、人为因素相关的研究工作。作为 C919 项目型号合格审查组组长，全面负责 C919 型号合格审查工作、C919 型号重大难题攻关和 C919 型号审定试飞。他带领审查组发挥“专职、专业、专家”优势，积极协调完成高温专项、高寒专项、大侧风专项、溅水专项、载荷试飞、自然结冰专项等多项高难度、长周期、跨专业的审定试飞审查工作，审查方法填补多项国内空白；全面推动 C919 项目重大问题的落实与解决，与申请人专题讨论，问题共答，确保所有问题圆满解决，不留安全隐患；加强沟通协作，践行“五个融合”，全力推动审查资源投入到 C919 项目上，提高审查效能，使审查工作有序开展，保障了 C919 飞机审定工作的圆满完成。

张迎春

民航上海审定中心副主任兼总工程师
C919 型号合格审定委员会委员
C919 审查组副组长 / 设计保证系统专题组组长
曾任 C919 型号合格审定委员会秘书 /C919 审查组组长 / 结构强度专业组组长

张迎春在审查组的组建、审定基础的确定、审定计划的规划和三阶段认可、审查组的管理等方面起到了重要的骨干作用。她在 2016 年 4 月至 2018 年 12 月期间担任 C919 型号审查组组长，带领审查组为 C919 飞机特许飞行证的首次颁发提供了技术结论，保障了 C919 飞机 2017 年 5 月 5 日的安全首飞。她组织团队攻坚克难，突破材料、先进复合材料结构、疲劳与损伤容限审查技术难题，保障了 2.5g 全机静力试验、全机有限元模型验证、全机疲劳试验工作的顺利进行。作为设计保证系统专题组组长,她通过全面系统的体系审查，促进中国商飞设计保证系统的建立和完善，奠定了 C919 飞机型号合格证颁发的前提条件。

宋智桃

民航上海审定中心机械系统室主任
C919 审查组副组长 / 机械系统专业组组长 / 系统安全性专题组组长

宋智桃在 C919 审查过程中较好地完成了所负责系统、专业和专题的设计符合性审查工作。在液压、起落架和刹车系统的审查中，完成了液压系统铁鸟综合试验、液压系统故障模拟表明符合性飞行试验目击、刹车系统最严酷着陆情况台架试验、确定刹车初始放飞温度台架试验、起落架系统台架综合试验和表明符合性的飞行试验等关键符合性验证试验的目击，完成了液压、起落架和刹车系统的符合性文件的评审、认可和批准工作。在系统安全性专题的审查中，制定系统安全性专题的审查原则，形成飞机级和系统级系统安全性审查的分工协调机制，帮助申请人制定系统安全性专题符合性验证规划，提出系统安全性专题符合性文件构成建议，并在专题中首次规划并实施了研制保证过程的审查活动。他还协助审查组长开展跨专业问题的协调，积极推进相关重大关键问题的解决，推动了审查工作的开展。

张彤

民航上海审定中心飞行性能室主任
C919 审查组副组长 / 性能操稳专业组组长 / 噪声专业组组长

作为 C919 型号审查组副组长，张彤负责试飞专项管理工作。在 TIA 颁发条件确定、试飞期间构型管理、试飞安全体系评估、审定试飞科目选择、试飞问题处理等方面提出符合 C919 型号特点的管理方法、程序、原则，促进了试飞工作开展规范性、安全性和有效性。作为 C919 型号性能操稳专业组长，他带领团队完成性能、操稳、结冰、重量与平衡、飞行手册等审查工作。识别 C919 飞机设计特征，总结前人经验，制定的电传飞机的专用条件、符合性方法，经受了审定实践的检验，弥补了规章的不足和符合性方法的欠缺。作为噪声专业组长，带领团队创新的噪声软件审定方法，确保噪声数据处理分析的准确性和规范性；指导申请人建立飞越噪声 NPD 数据库，形成发动机低功率飞行机体噪声试飞及发动机静态台架噪声验证方法，有效验证了 C919 飞机满足国际环境标准，也为后续飞机衍生型号的噪声审定奠定了基础。

赵志强

民航上海审定中心试飞室主任
C919 审查组试飞专业组组长

赵志强是中国民航首批局方试飞员之一，是 ARJ21 等国内 TC 型号及近年来国外航空器 VTC 审查组成员 / 试飞组组长、试飞员。在 C919 大型客机型号审查中，他潜心研究规章，严格适航把关，在国内首次完成自然结冰试飞，消化吸收国际航空实践经验，创新最小离地速度 V_{mu} 试飞方法，实现中国飞行员自主试飞。在 2021 年底西安和 2022 年上海疫情期间，他挺身而出，两次“逆行”，分别连续驻守试飞现场 36 天和 96 天，高效完成了失速速度审定试飞和自然结冰审定试飞中的大部分试验点，以及最小离地速度（V_{mu}）、模拟冰型等重大里程碑节点的高风险试飞科目，完成 C919 型号试飞取证三大战役的关键试飞任务。赵志强个人承担了 C919 型号 46% 的审定试飞工作量，为 C919 审定试飞的顺利完成作出了突出贡献，以实际行动充分诠释了当代民航精神的深刻内涵。

陈挺

民航上海审定中心结构强度室副主任
C919 结构强度专业组组长
ARJ21 飞机证后管理组结构强度专业组副组长

陈挺在 C919 飞机型号审定和 ARJ21 飞机证后管理中主要承担复合材料结构、材料、鸟撞等技术方向的审查工作, 并作为专业组长、副组长统筹管理结构强度专业型号审查工作的有序开展。他在 C919 飞机型号审查工作中，提出并推动了基于统计的材料规范建立方法，并在中国商飞材料标准化团队进一步完善后，成功应用于 C919 飞机新材料符合性验证中；与中国商飞材料标准化团队共同提出基于统计的国产材料适航验证体系，获得中国商飞科学技术进步一等奖，提出了包含破坏性评价在内的复合材料结构工艺鉴定要求，经过商飞复和材料中心的系统完善，推广应用于 C919 飞机复合材料结构制造方法成熟性的验证。

王泽新

民航上海审定中心电子电气室主任
C919 电子电气专业组组长

王泽新作为 C919 电子电气专业组长和系统安全性评估专业副组长，在审查工作中利用自己的专业优势和工作经验，在电源系统、电气线路互联系统、舱门信号系统、系统安全性评估、自动飞行、飞行机组告警、电磁环境效应等方面审查并处理了大量技术难题。针对审查中面临的技术难题和 C919 飞机新颖独特的设计特征，与审查组同事们一起积极探索、密切配合、全力以赴地研究制定相应的审查对策，在审查中坚持“条款衡量，数据说话”的原则，坚守规章要求的安全底线，有效推动了审查工作的顺利开展。特别是首次全面掌握了针对电源系统固态功率控制等新技术应用的适航审查能力，以及在 H 分部电气线路互联系统 (EWIS) 规章要求的首次审定实践方面发挥了重要作用。

李新

民航上海审定中心动力装置室主任
C919 动力装置专业组组长
C919 系统安全性专题组副组长
ARJ21 证后管理组组长

自 2007 年民航上海审定中心成立以来，李新 14 年如一日奋战在国产大飞机适航审定第一线，时刻将党和人民的事业放在首位，坚定适航初心使命，履职尽责、攻坚克难。在 C919 等国家重点专项型号审定、ARJ21 证后管理和国外航空器的型号认可审查工作中，他以严谨求实的工作作风、扎实过硬的技术水平和积极奉献的工作态度，先后在证后适航监管体系、ARJ21 飞机航线运行技术难题、C919 动力系统型号审定和 B787 型号认可审查等方面取得重大突破，有效保障了 ARJ21 机队和国外航空器在国内的安全运行，维护了国家和人民的生命财产安全。李新深知适航审定工作对民机事业发展的重要性和紧迫性，时刻准备着迎接更高的挑战，勇于承担、鼎力前行，努力推动了 C919 发动机自然结冰试飞、P-11 供应商符合性验证、燃油系统管路结冰危害验证等问题的解决，为中国的大飞机安全翱翔蓝天贡献了自己的力量。

李晓辉

民航上海审定中心制造检查室副主任
C919 制造检查专业组组长

在 C919 大型客机型号合格审定项目中，李晓辉负责领导制造符合性检查工作，同时协助领导设计保证系统审查工作，积极探索并实践新的检查和管理模式，为审定试飞保驾护航。作为制造检查组组长，她通过组织协调审查资源，有效保障各架原型机在零部件制造、总装、符合性验证试验等各阶段的制造检查工作；通过带领制造检查组和 DMIR 通力合作，完成各架原型机审定试飞前的 TIA 地面检查工作，有效提升原型机构型管控及审定试飞安全水平；通过研究探索国内领先的远程制造符合性检查方法，克服了由于疫情等突发因素对 C919 项目研发进度的影响，保障 C919 顺利高效推进；积极探索适用于 C919 项目的 TIA 全机地面检查和审定试飞科目前检查模式。作为设计保证系统审查副组长，她高度关注申请人的体系运行，延保 TIA 实物构型清晰、准确、完整，前制条件到位，杜绝试飞安全隐患。对申请人整体提高设计保证系统水平作出了巨大贡献。

张平

民航上海审定中心电子电气室高级工程师
C919 飞机机载软件和航空电子硬件专题组组长 / 电子电气专业组副组长
民航上海审定中心规章管理组组长

张平在 C919 型号审查中参与了电子电气、软硬件、安全性、人为因素等多个专业专题组的审查工作，她在审查过程中抓重点、抓难点，聚焦安全关键问题，特别是在 C919 飞机中针对飞行机组告警系统制定符合国际通用标准的“飞行机组告警”专用条件，主动识别了时间关键警告抑制方案影响安全等问题并与申请人共同解决。带领审查组软硬件审查代表和委任代表，开创思维、探索创新，在软硬件审查中利用有限的审查资源高效完成了全机 83 项软硬件的审查任务。在电磁环境效应（E3）审查过程中，形成了一套完整的民机电磁环境效应适航审查方法和流程，突破了民用飞机 E3 防护多项关键审定技术，特别是闪电 /HIRF 特殊风险分析、整机闪电间接效应 /HIRF 试验验证方法等均达到国际先进水平。张平主持《运输类飞机适航标准》（CCAR-25 部）的修订工作，为运输类飞机的审定工作保驾护航。

张柱国

民航上海审定中心结构强度室高级工程师
C919 飞机结构强度组副组长 / 维修人为因素组组长

张柱国自工作以来，就把国产大飞机安全“初审官”视作自己的神圣使命和职责。他始终坚持以科学的态度和严谨的作风开展审查工作，坚持“安全隐患零容忍”的底线，客观公正评价、及时报告、促使聚焦和解决验证中发现的问题。始终坚持依法审定、主动服务申请人，以自己的丰富经验提出很多前瞻性的意见和建议，比如借鉴 ARJ21 飞机证后提升最大客座量提高运营经济性的经验，在审查 C919 应急撤离演示试验大纲时提出可以适当增加飞机演示构型的客座量，避免后续需要提升最大客座量时再进行费时费力费钱的撤离演示。近几年，他主要开展了 C919 飞机金属机身结构和强度，全机舱门结构强度和机构安全性分析，机头鸟撞以及包括应急撤离、水上迫降、座椅、安保等在内的客舱安全审查工作，并在维修人为因素方面开展了大量工作。

屈展文

民航上海审定中心飞行性能室高级工程师 / 试飞工程师
C919 试飞专业组副组长兼噪声专业组副组长

屈展文是中国民航首支试飞团队中的一员。在 ARJ21 审定试飞中，屈展文作为局方试飞工程师全程参与了失速速度、失速特性、大侧风、失配平特性、振动与抖振、高速特性、操纵品质评定等多个科目的审定飞行试验，累计完成了 400 多个飞行小时的审定试飞任务。

在 C919 大型客机的适航审定工作中，屈展文已不是单纯地承担试飞工程师的角色，不仅要负责性能操稳、人为因素、试飞专业组和噪声组等相关专业专题审定工作，还担任 C919 型号合格审查组试飞专业组副组长，需要协助配合试飞专业组完成 C919 飞机审定试飞的相关沟通协调、组织实施和问题处理。他编制完成了《C919 飞机审定试飞管理程序》，还参与了 737MAX、CRJ-900、B737-900ER、Falcon 7X 高高原型等多个国外机型的认可审查工作，并进行审定试飞，认真真为公众把好安全“第一关”。

沈浩

民航上海审定中心机械系统室副主任
C919 机械系统专业组副组长

“条款衡量、数据说话”，是沈浩长期坚守的工作理念。2008 年初入适航，大量适航专业知识的培训、CCAR25 部条款的深入研究、开展航空器型号合格审定程序的修订、钻研 FAA 的 AC 以及 EASA 的 AMC，成为沈浩很长一段时间里的主要工作内容，也使他逐渐完成了从一名设计师到民机适航审查员的身份转变。2011 年 1 月，民航局授权上海审定中心开展 C919 飞机型号合格审查后，沈浩一头扎进审查工作，与申请人没日没夜地一起加班加点。在 C919 审查中沈浩负责的领域很多，防冰除雨、空调、气源、氧气、水废水等，还有机载软硬件审查，但他还总在深度思考和探索如何制定符合中国国情的规章和符合性指导文件，如何提升飞机制造全产业链的水平，包括试验试飞等其他配套产业……沈浩说：“从成为审查员那天起，我就始终牢记适航审定工作的责任和使命。以保障民用航空产品安全，维护公众利益，促进民用航空事业发展为己任。”

韩冰冰

民航上海审定中心动力装置室正高级工程师
C919 动力装置专业专题组副组长 / 动力装置专业审查代表

韩冰冰作为 C919 型飞机动力装置专业组副组长，负责专业组审查计划制定管理，协助专业专题组长全面统筹专业组工作，并担任 C919 动力装置系统的审定工作，参与设计保证、机载软硬件和系统安全性专题组审查工作。在动力装置系统审定过程中，她推动申请人提升系统集成能力，培养委任代表过硬的审查技能，主动向申请人和委任代表分享个人对动力装置系统设计、验证和适航审定的经验。她还作为项目执行人完成民航安全能力基金项目《大型客机动力装置合格审定（25 部）与发动机型号合格审定（33 部）关系研究》课题的研究工作，作为项目主要参与人完成民航安全能力基金项目《机载系统和设备软件的适航审定政策研究》、《航空器设计保证适航评审及其持续监管研究的研究工作》课题的研究工作。

刘春阳

民航上海审定中心动力装置室高级工程师
C919 项目审查组联络员 / 燃油及惰化系统审查代表 / 委任代表管理组组长 / 规章管理组副组长

刘春阳是一个强专业、懂管理、钻科研的复合型人才。他充满职业理想，胸怀“国之大者”，“让中国的大飞机早日安全地翱翔蓝天”是他最坚定最迫切的梦想。在 C919 项目审查过程中，作为燃油及惰化系统审查代表，他带领授权委任代表团队，深度介入并圆满完成 C919 燃油箱系统及结构闪电防护、燃油系统供油管路结冰等多项大型系统性试验的规划及审定实践，创造了多项国内第一。作为 C919 项目联络人，他协助审查组组长负责项目大组层面重大技术问题等的状态协调与推进。他一直致力于委任代表队伍的可持续发展及营造委任代表客观公正的审查环境，发展 C919 项目授权委任代表共计 181 人，极大地补充了审查资源。他协助编写了中心系统委任代表管理程序，协助组织中心内部规章规范性文件编写，负责 CCAR26 部规章自主编写等。

黄俊

民航上海审定中心航空器评审室高级工程师
C919 项目审查组联络员 / 结构强度专业审查代表

黄俊在航空器评审（AEG）工作中，结合结构工程管理的经验，创造性地提出了确定初始腐蚀预防与控制（CPCP）要求的解决方案，获得业界的普遍认可。在持续适航文件的评审中，他重点跟进验证工作，克服疫情影响，抓住窗口期多次赴生产和试飞一线开展现场检查，推动难点问题解决和验证效率提升。同时，立足运行实际场景，及时发现维修性相关问题并督促跟踪解决，有效促进了 C919 的维修性水平和经济性的提升。2018 年之后，除了 AEG 工作，黄俊还作为结构强度审查人员加入 C919 审查组。同时作为审查组联络员承担起上海审定中心与审查组之间的上情下达、申请人与审查组之间的沟通协调，以及广大审查员之间的信息传递工作。很长时间内，黄俊都保持审查工作和联络工作“双线作战”状态，从来都是全情投入、耐心沟通，得到了大家的高度认可。

吴浩文

民航上海审定中心电子电气室高级工程师
C919 电子电气专业审查代表 / 性能试飞组试飞工程师

吴浩文作为 C919 飞机航电专业审查代表，针对飞机大气数据系统新颖独特的架构设计，研究制定了 CCAR25 部条款的等效安全问题纪要。在因疫情原因，无法赴国外现场开展大气数据探头试验目击的情况下，他协调申请人搭建远程目击环境，制定远程试验目击程序和原则，通宵二十余日开展目击，保障了试验的顺利完成。为确保自然结冰试飞的有效性和安全性，他协助申请人解决大气数据探头冰风洞试验中遇到的技术难点，识别试飞风险源，制定了试飞安全保障措施，在严把质量关口的同时推进型号试飞在气象窗口期内顺利开展。作为局方试飞工程师，他完成 C919 飞机仪表着陆、交通监视、惯性基准、备用仪表、着陆灯等多个系统的审定试飞和型号的功能可靠性试飞。吴浩文从实际工作中体现对生命、对规章和对职责的敬畏，认真履行好适航验证工作最后一道安全职责。

谯裕青

民航上海审定中心飞行性能室高级工程师
C919 局方试飞工程师 / 飞行性能专业审查代表

2021 年 12 月，西安疫情最严重的时候，谯裕青“逆行”阎良开展 C919 失速速度和自然结冰等重大专项试飞，高效开展了相关审定试飞科目，完成 C919 型号试飞取证“三大战役”的关键试飞任务。作为 C919 失速速度科目工程代表，评估了申请人前期失速速度表明符合性试飞数据，在试飞数据规律性可见和后期数据保守处理的前提下，坚守规章底线的基础上，优化了试飞状态点，积极减少申请人的取证成本。2022 年上海疫情期间，克服重重困难再次“逆行”，驻扎试飞外场直至试飞任务圆满完成，高强度参加了 C919 飞机带模拟冰型操稳特性、起飞性能、失速特性等审定试飞和功能可靠性试飞。以个人表现充分诠释了当代民航精神的深刻内涵。

李煜

民航上海审定中心电子电气室工程师
C919 电子电气专业 / 机载软硬件专业审查代表

针对无线电通信导航完全丧失的 I 类失效问题，李煜坚持规章条款为底线，坚持符合性判据不动摇，与申请人开展多次讨论和研究，制定新的符合性方法，表明了符合性。在显示系统软硬件审查活动中，他抽样检查 100 多条证据链，覆盖代码 300 万行，发现 100 多项问题，探索开创了国内机载软硬件大规模审查的新方式。在飞行管理系统项目审查中，他与申请人一起开展 50 多次取证技术研讨确定了新的取证策略和符合性方法。在监督后续补充开展的验证活动后，有效表明了对规章的符合性，确保了 C919 飞机的顺利取证。作为支部组织委员，李煜积极拓展与航空工业界、教育界的交流共建，开展集中学习，为大飞机事业贡献了自己的力量。

徐远征

民航上海审定中心试飞室试飞员
C919 试飞组成员

徐远征于 2021 年 10 月成为 C919 型号审查组成员、局方试飞员，他先后完成了 C919 最小机组 MOC8 局方试验、RAT 供电液压系统、刹车系统审定试飞和航电系统 ILS 接收机的审定试飞工作以及发动机工作特性、反推装置工作检查、不可用燃油和燃油系统附加加速度等一系列型号合格审定试飞审定工作；并协助完成了上海审定中心模拟机的定期鉴定工作等。2022 年 3 月，上海突发疫情，他在居家办公期间参加各项线上审定工作，完成了飞行手册 MOC8 试验大纲的相关研究和制定工作。因外场试飞人力资源极度匮乏，4 月，他逆行东营，后来又赶到敦煌，执行完 APU 工作特性、发动机空中起动 / 功率提取等试飞任务后，又转战东营执行其他试飞科目，一连数月坚持在外执行审定试飞任务。

李焱鑫

民航上海审定中心电子电气室高级工程师
中心系统信息化技术工作组组长
C919 电气专业审查代表

李焱鑫 2013 年进入上海审定中心，9 年来始终以高度的政治责任感和使命感，自觉当好国产民机安全的“把关人”，完成了以适航审定为主的各项任务。他精研规章，吃透条款要求，为了开放夜航试飞限制，推进夜航 TIA 工作，他与申请人共同作战，反复核实技术细节，确定了着陆灯试飞方法，顺利完成着陆灯夜航科目。在闪电直接效应的审查中，针对复合材料部段的结构特点，他确定了复材闪电防护的验证方法，与申请人一起分析解决了试验中的问题，完成了所有闪电直接效应验证工作。在上海疫情最紧张的时刻，他从 3 月初主动要求坚守审查一线 77 天之久。他充分利用数字化手段，在适航审查中首次开发并完成了规章条款的数字化关闭验证，吹响了 C919 取证冲刺的号角。

黄铭媛

民航上海审定中心机械系统室高级工程师
C919 机械系统、系统安全性、人为因素、设计保证等专业专题审查代表

黄铭媛在研制保证过程、电传飞控、系统安全性等难度大、任务重的专业专题上发挥了重要作用。面对研制保证专题这个全新的挑战，她坚持安全底线和原则，自 2011 年 9 月首次提出研制保证符合性方法相关要求开始，积极推动研制保证落实；同时，她还深入研究规章、规范，与国际协会、各国局方积极讨论，广泛调研借鉴软硬件审查经验，创新建立飞机级和系统级研制保证适航审查整体实施方案等，建立了研制保证审查要求体系，推动申请人正向设计理念的应用，提升中国民机研制能力，促进适航要求体系、民机实践等方面与国际的接轨。针对 C919 电传飞控系统新颖独特设计特征，她通过发布多份问题纪要，针对性地提出相关专用条件要求和建议的符合性方法，在某些关键技术问题上提出并坚持技术要求和立场，并严格评审系统性符合性方案，为保障 C919 电传飞控系统安全性和条款符合性上作出重要贡献。

共赴梦想

航空工业：携手共进 逐梦蓝天

自 C919 项目启动以来，航空工业作为供应商，与主制造商中国商飞大力协同，调集精锐科研力量，积极参与 C919 的研制生产工作。

C919 研制过程中，航空工业所属中航西飞、成飞民机、沈飞民机、洪都等 8 家单位承担了 C919 飞机的机头、机身、机翼、翼身整流罩、吊挂等绝大部分机体结构件的研制工作。与此同时，航空工业强度所承担了全机强度试验，航空工业试飞中心配合完成了 C919 飞机的试验试飞任务。航空工业下属多家单位的科技工作者和员工参与了研制工作。

多个首次

在 C919 项目中，航空工业创造了关键技术的首次。

首次将第三代铝锂合金新材料应用于机身、机翼，在 C919 前机身 / 中后机身中，铝锂合金用量达到国际先进水平。

首次采用自主研发的全复合材料设计制造的主承力结构部段，机体结构向整体化、轻量化发展，达到国际同类飞机先进水平。

首次按照国际适航标准的要求，与国际一流系统供应商合资、合作，实现自主创新和开放式创新相结合参与 C919 机载系统研制，面向全球

市场，合作共赢。

首次在国产商用飞机结构部段的研制中采用异地协同机制，在研制过程中基于 MBD 模型定义实现产品设计与制造高度并行、广域协同，实现数字化制造技术的应用。

艰辛与激情

回首 C919 大型客机的研制历程，充满艰辛、充满激情。

中航西飞作为 C919 飞机最大的机体结构件供应商，承担了技术难度和工作量最大的中机身、中央翼、外翼翼盒、缝翼、襟翼、副翼 6 个工作包的研制任务，是结构供应商中任务量最多，技术难度最大的。为完成以上研制任务，西飞成立了近 20 个技术攻关团队，完成超厚壁喷丸成型研究、大型钛合金制件热处理变形研究、数字化装配技术研究等课题攻关，并在多个专业实现了模拟仿真，为大客项目研制按节点要求完成提供支持，实现了一个个里程碑节点。

C919 飞机机头由成飞民机研制。C919 机头采用承载式风挡设计，风挡参与受力，大大减轻了飞机整机重量，提升了飞机结构承载效率。该结构开口相对少，简化了机身加工，减少了飞机头部气动阻力，但制造工艺难度相对较大。成飞民机

积累多年经验，质量体系和团队建设都是比照先进标准，这也是成飞民机能成为飞机机头专业户的原因。

C919 垂尾和后机身采用复合材料结构，装配的难度极大。复合材料制孔过程中极易出现分层、劈裂等问题，加工难度非常大；翼身对接位置的牺牲层铣切加工精度要求非常高。沈飞民机项目团队从 5 个方向开展研发，解决了 20 个专项问题，突破了全三维工艺设计技术，独创了主副型架对接结构工装及装配方法。通过技术创新，沈飞民机实现了大型民用飞机复合材料机体部件装配自动化技术“从 0 到 1”的突破。

洪都公司是 C919 大型客机前机身、中后机身工作包的唯一供应商。C919 大量采用了具有世界先进水平的第三代新材料，全机用量的 65% 就在洪都公司。C919 项目研制以来，洪都公司全面推进新工艺、新材料、新设备的应用，并组建技术攻关队，攻克关键技术 10 多项，实施了一系列技术改造。其中，飞机蒙皮的精确制造，让我国航空制造技术迈入了飞机蒙皮精确一体化制造领域。

展望未来，航空工业及所属各单位将承继 C919 项目研制打下的良好基础，与中国商飞携手实现型号成功、企业共赢、员工自身价值实现，让中国的大飞机翱翔蓝天。■

共赴梦想

霍尼韦尔：和中国大飞机 C919 的故事

2022 年 9 月，C919 大型客机成功取得中国民航局颁发的型号合格证。霍尼韦尔航空航天集团亚太区总裁徐军表示：“C919 取证是中国商飞也是中国航空业取得的又一重大突破，是中国乃至全球航空业发展中的历史性时刻。”

回顾与中国商飞携手走过的 14 年，霍尼韦尔与中国商飞一路，共同见证了国产大飞机 C919 从蓝图阶段到顺利下线，再到成功首飞、适航取证的整个过程。

“大飞机事业有我”

今年，霍尼韦尔博云航空系统（湖南）有限公司（简称 HBAS）已经成立整整 10 周年。这是一家由霍尼韦尔和湖南博云新材共同合资成立的合资企业，C919 使用的机轮刹车就出自于此。

“十年磨一剑”，HBAS 现任总经理熊克修这样表示：“看到国产大飞机 C919 的每一步成功，总装下线、首飞，到今天获颁型号合格证，10 年的陪伴和付出，值得。”

作为工厂管理方面的专家，熊克修并不是航空专业出身，他在航空行业的职业道路是从加入霍尼韦尔开始的——那是 2011 年，HBAS 开始筹建，从选址、建设

到生产设备准备，他参与了其中的每一个环节。同时，作为土生土长的长沙人，在离乡 20 年后，能够跟随中国大飞机项目的脚步重返家乡，亲身参与商用飞机碳刹车工厂建设，为国产大飞机项目贡献一份力量，让他切身体会到了浓浓的爱国情怀，心中更是升起“国产大飞机事业有我”的自豪感。

鸿翔飞控技术（西安）有限责任公司（简称“鸿飞”）是霍尼韦尔和航空工业自控所组建的合资公司，于 2013 年正式运营，为 C919 提供电传飞控解决方案。

余沛是一位跟随 C919 项目成长起来的年轻本土工程师。2014 年，作为鸿飞面向社会招聘的第一批工程师中的一员，余沛正式进入了民机飞行控制系统研发领域。

C919 项目是他参与的第一个民机项目，看着自己设计的模型、敲下的代码真正在飞机上运行、实现相应的功能，这给他带来了莫大的成就感。作为一名航空工程师，在职业生涯中能够亲身参与这样一个重大项目，是很难得的经历。

为交付和运营继续努力

2009 年以来，霍尼韦尔客户支持团队一直是 C919 项目不可或

缺的一环。他们兢兢业业统筹协调内部、外部资源，在项目的不同阶段支持项目工作顺利推进。

客户支持工作难度很大，要守住项目进度、要对接不同团队、要直面客户的需求和问题，也因此，总能带来极大的成就感。

高级客户支持经理黄建君说：“刚开始做客户支持工作时，我发现客户支持工作与之前的工作截然不同，仿佛打开一个全新的世界。”在支持 C919 项目的这段经历中，坚韧的心性让他总能积极迎接充满挑战的每一天。

阮易杰也是客户支持团队的一员。他从 2019 年开始负责 C919 商业运行的准备工作，和客户开会、拜访客户、组织客户培训是他的日常。现在，C919 取证，即将进入商业运行，激动和兴奋之情涌上了他的心头，他也更加坚定了在项目上走下去、支持中国民机事业的信念与信心。

梦想与情怀，合作与成长，这是霍尼韦尔人和中国大飞机 C919 的故事。而这样的故事，仍在继续…… ■

共赴梦想

GE 航空：与中国商飞走过的那些年

C919 取得型号合格证后，GE 中国公众号发布祝贺，称“这意味着大飞机正式交付客户、实现商业飞行指日可待”。C919 使用的 LEAP 发动机，正是 GE 合资企业 CFM 国际的产品。

ARJ21 项目为 GE 航空与中国商飞的合作树立了成功典范，C919 项目则推动这棵“友谊”之树进一步开花结果。

LEAP 全球首个飞机项目

2008 年范堡罗航展前夕，GE 航空与赛峰集团的平股合资公司 CFM 国际宣布启动 LEAP 发动机项目，为下一代单通道飞机提供动力。同年，中国商飞在上海成立，宣布研发单通道民用客机 C919，并启动发动机招标工作。

LEAP 发动机在传承 CFM56 高可靠性的同时，还采用多项创新技术，不仅油耗和排放均降低 15%，而且拥有更高利用率和更高可靠性。最终，其被中国商飞选中，C919 也成为 LEAP 发动机的全球首个飞机项目。

一家新晋飞机制造商为其首款大型客机选择了一款全新发动机，可谓开全球之先河。这不仅得益于 LEAP 发动机的优良性能，还基于 GE 航空与中国商飞在 ARJ21

项目上的合作与信任，更是双方一致、开放、包容价值观的体现。

致力于打造优质本土团队

“GE 航空与 CFM 国际致力于打造优质的本土团队，为中国商飞项目提供卓越的服务。我们相信，国产大飞机将驶向更广阔的天空。”张志伟表示。

回忆起这几年来的经历，令 C919 项目经理郝永江印象最深的，是新冠肺炎疫情带来的挑战。

“2020 年初，疫情突然爆发，试飞工作全部暂停。为了确保不耽误试飞工作的进行，GE/CFM 的现场试飞团队是当时上海市第一批派往外地的工作人员。团队登上中国商飞准备的大巴，驱车 10 小时赶赴东营试飞现场，马不停蹄，最终支持中国商飞完成了相关测试。”郝永江回忆道。

2022 年初，西安疫情爆发，GE/CFM 的外派试飞团队被隔离在阎良，最长时间达 50 天。在此期间，为了不耽误试飞工作，在拿到当地特许证后，团队马上开展试飞相关的航后维护工作，从不间断。

“近期，国外航空业复苏较快，导致欧美局方人力紧张，一定程度上影响了发动机取证的文件审核。而国内的疫情叠加浦东机场洋

山保税区自贸区模式切换，又给取证试飞、备件物流等带来了另一方面的挑战。”郝永江表示，“疫情期间，我们的很多员工与中国商飞员工一起，始终奋斗在一线。”

“员工们及其家属克服了诸多困难，全力以赴，奋斗在中国商飞最需要的地方、最需要的时刻。目的只有一个：全力支持国产大飞机开展试飞取证，顺利交付首家客户！”郝永江感慨道。

与我们的客户共同成长

“在中国开展业务，GE 航空及其合资公司 CFM 国际始终秉承一个理念——我们不仅仅卖产品，还要把包括管理在内的很多成功理念、经验分享给客户，与客户建立战略合作伙伴关系，实现共同成长。”同时兼任 CFM 国际大中华区总裁的向伟明如是说道。

“很荣幸 GE 航空和 CFM 国际能够携手中国商飞，一路同行，相伴成长。融入中国市场，与合作伙伴实现共赢，是 GE 航空在华发展一直不变的理念。未来，我们将继续以一流的产品和服务，为中国商飞提供有力支持与保障，全面助力中国航空事业的繁荣与发展。”向伟明总结道。■

共赴梦想

赛峰：坚定支持中国商飞蓝天伟业

C919 取证后，赛峰集团第一时间发来祝贺。其首席执行官安德斯表示：“中国商飞是赛峰非常珍视的合作伙伴，从 ARJ21 到 C919，双方携手十余载。我们将继续密切合作，支持中国商飞，促进互信，树立民航领域伙伴关系的典范。”

“赛峰集团在中国长期布局本地供应链、工业化生产和 MRO 配套体系，从 C919 取证、生产、交付到运营各阶段，我们时刻做好准备，全力向中国商飞及航司提供最及时、可靠的支持服务。”赛峰集团中国区总代表兼赛峰中国总经理白幻德表示。

多家子公司参与项目

源自 ARJ21 项目上的成功合作及对赛峰产品创新能力的深度认可，赛峰集团旗下多家子公司都参与到了 C919 项目中。

2009 年中国商飞选择 LEAP 集成推进系统为 C919 提供动力，即 CFM 国际提供的 LEAP-1C 发动机，以及奈赛公司提供的发动机短舱和反推装置。

中国商飞是首家选择 LEAP 发动机的飞机制造商，将其作为 C919 的唯一西方推进系统。此外，凭借其在飞机设备和内装领域的业务专长，赛峰集团还为 C919 提供

防劫机驾驶舱门、备餐间、飞行员和机组成员座椅、盥洗室、水废水处理系统、旅客氧气系统和紧急撤离滑梯等一系列产品。

布局本地产业配套体系

C919 项目将赛峰集团与中国商飞的深入合作推向新的高度：早在 2009 年，中国商飞就与赛峰集团探讨成立电气线路互联系统（EWIS）合资公司的可能性。2012 年，作为欧洲最大且拥有百年历史的电力系统公司，赛峰电气与电源公司和中国商飞共同成立上海赛飞航空线缆制造有限公司。赛飞公司负责 C919 飞机 EWIS 的设计、认证和制造。“赛飞”取意“赛峰”+“商飞”，因此，合资公司的名称本身就是赛峰集团与中国商飞紧密合作的象征。

为了支持 C919 未来的量产，赛峰集团还大力布局本地供应链、MRO 和现有工业配套体系。

2022 年 2 月成立于苏州的赛峰短舱 MRO 修理厂也将于不久以后为 C919 飞机上的 LEAP-1C 发动机的短舱和反推装置提供维修。通过 CFM 国际公司，赛峰集团还致力于为未来的 C919 提供更好的支持。作为 CFM 发动机除原产地美国和法国以外的第一个培训

机构，航空发动机维修培训中心（AEMTC）已建设完成 LEAP-1C 发动机、短舱和 CF34-10A 发动机的维修培训能力，这是全球唯一能为中国国产支线客机 ARJ21 与国产大飞机 C919 提供发动机维修教育的培训中心。另外，赛峰集团还为中国的供应商提供必要的技术支持和培训，以确保项目顺利进行。

“这一切都是值得的”

回忆起对 C919 应急撤离滑梯抛放试验的支持，赛峰应急撤离滑梯区域支持经理荆永强说道：“整个过程非常辛苦，滑梯打包或支持现场试验至凌晨，都是家常便饭。有一次晚上 8 点开会至凌晨 3 点，睡两个小时，凌晨 5 点爬起来赶飞机去外场做试验。整个十一假期，都在等待做试验和进行试验中度过，常常因试验条件不具备，只能在外场等待至凌晨才进行试验。当过程中出现打包不过关导致滑梯抛放失败的问题，及美国同事需要目击试验及滑梯打包等情况时，和美国有时差令整个试验支持挑战非常大。凭着大家的不懈努力和坚持，试验最终取得了成功，这一切都是值得的！”■

共赴梦想

昂际航电：砥砺前行十年 一路同行

C919 飞机获颁 CAAC 型号合格证，昂际航电向中国商飞公司送去祝福，表示“昂际航电为能够助力中国大飞机梦的实现感到无比荣幸和自豪”，并致敬每一位参与者的不懈坚守，为大家协同攻关的无数个日日夜夜而感慨，也为迎来 C919 高光时刻而倍感激动。

昂际航电因 C919 而生，并伴随着 C919 项目成长。10 年来，昂际航电与中国商飞携手同心，砥砺前行，为项目的成功做出了不懈的努力。

开发“最强大脑”

昂际航电聚集国内航空电子软硬件人才组建成立了 IMA 软硬件团队，共有软件开发组、软件验证组、硬件开发组、工具组、新产品预研组等五个小组，56 名团队成员。这些成员中大多具备航空经验，又经历了 C919 项目的历练，逐步成长为业内的专家。他们承担了 C919“最强大脑”的 IMA 中央处理模块软硬件、飞机用户可选项数据表软件、中央机柜供电管理模块复杂电子硬件、中央机柜机械结构件及相关工具的研制和适航任务。

这些软硬件的研制等级保证均为安全级别最高的 Level A。团队新研 50 多个被鉴定工具，共编

写数十万条需求、数百万行代码和几倍于需求数的测试用例。一条条需求的研究，一行行代码的编制，一组组测试用例的验证，一次次正确性和完整性的分析，以及一份份生命周期数据的产生，都凝结了全体 IMA 软硬件成员的辛勤付出，也见证了这个团队的发展和壮大，逐渐实现了从学跑，到跟跑，再到领跑的质的飞跃。

然而，飞跃的过程却充满艰辛，不是一帆风顺，也不是一蹴而就的。2018 年，中央机柜的供应商突然宣布全面终止航空业务。当年是 C919 飞机 IMA 产品的交付大年，C919 飞机第四架机及后续试飞飞机所使用的中央机柜都必须在当年完成交付。面对产品交付时限及供应商中止合作的双重压力，IMA 硬件团队与生产运营团队紧密合作、克服重重困难，在短短三个月内完成了对新的机柜材料和机柜生产供应商的所有考核评估和生产切换，同时完成机柜国产化的重要转换。最终中央机柜不仅按时完成所有交付任务，并全部符合商飞装机件产品的质量及适航要求。

为 C919 运维保驾护航

昂际航电除了核心航电产品，还不断研发新技术，积极开拓衍生

业务。自 2018 年开始建设维修站 MRO，目前昂际航电已取得美国联邦航空管理局（FAA）和中国民用航空局（CAAC）双重认证，是亚太地区唯一原厂授权的波音 787 核心航电系统维修站。

今年 5 月，昂际航电 MRO 业务新增空客飞机系列的 DCDU（数据链控制和显示单元）维修项目（维修、检测及改装），获得 FAA 和 CAAC 正式批准。昂际航电正逐步扩建 MRO 新能力，致力于更好地服务本土客户。昂际航电一直把助力 C919 项目的成功作为公司首要任务，可以说，昂际航电的 MRO 始于波音 787，但更多是为了未来 C919 运营的后方支援做好充分的准备。

十年磨一剑，剑出露锋芒，一剑破长空，身跃冲九霄！C919 项目的初步成功只是一个开始，昂际航电还将继续参与 C919 项目的后续环节。如今，昂际航电也在积极应标中国商飞的新项目，期望为新一代宽体客机及支线飞机的研制继续贡献我们的专长和努力。中国商飞是我们最重要的战略合作伙伴，确保所有商飞项目的成功是昂际航电的发展战略之一。未来，昂际航电将继续披荆斩棘，与中国商飞一路同行，逐梦蓝天。■

共赴梦想

浦银租赁：服务国产民机发展

文 | 文夷



2022 年 9 月 30 日，中国商飞公司在上海向成都航空交付两架 ARJ21 飞机——“锦绣前程”号与“虎跃龙腾”号。这两架飞机均由浦银金融租赁股份有限公司购买后租赁给成都航空运营。

在飞机交付活动上，成都航空总经理查光忆接过了飞机交付纪念钥匙。他表示，这两架全新 ARJ21 加入机队是向祖国国庆以及党的二十大献礼。作为 ARJ21 飞机运营先锋和主力军，成都航空将持续积极与中国商飞一道，为传播民机知识和民机文化，营造共圆“民机梦”的良好社会氛围。“锦绣前程”号、“虎跃龙

腾”号主题飞机的接收投运，将推动“中国制造”、“中国创造”品牌和“中国力量”形象广泛宣传推广，助力讲好“中国故事”，也将为宣传国产民机新添靓丽的“空中金名片”。

浦银租赁总裁王鹏表示，将全力践行创新发展之路，始终以“服务国产民机发展”战略为己任，支持全产品线机型交付，拓展全产业链金融服务，服务国产民机全生命周期，全面支持国产民机创新发展，“衷心祝愿国产大飞机事业蓬勃发展，祝愿成都航空持续做优做强做大，成为国产民机商业运营的模范航司。”

回首过往，砥砺前行

自 2018 年，浦银租赁与中国商飞、成都航空合作完成首架由金融系租赁公司以经营租赁方式引进的国产 ARJ21 飞机项目，联手开创了金融租赁服务国产飞机事业的全新局面以来，浦银租赁已引进的 11 架次国产 ARJ21 飞机。

通过 ARJ21-700 飞机的顺利交付，浦银租赁进一步丰富了航空租赁业务模式，践行了支持国产民用飞机发展战略规划，这是浦发银行着力打造国产飞机销售融资支持平台的重要行动，也是积极服务实体经济的具体实践。

浦银租赁：服务国产民机发展

“十四五”期间，国产大飞机事业作为国家战略将步入发展新阶段，浦银租赁将把支持国产民机事业作为战略目标，为中国商飞量身打造了“全产品线、全产业链、全生命周期、全面创新”的金融租赁服务体系，一如既往地支持国产大飞机事业的发展。

2022 年，公司董事会通过了支持国产民机发展三年行动计划，进一步支持国产民机“十四五”期间在飞机销售、价值评估、售后服务体系构建等方面的发展，作出应有的贡献。

服务国产民机“全产品线”

作为国内最大的国产民机租赁公司，浦银租赁将持续推进 ARJ21 和 C919 两种机型的租赁业务，扩大国产民机的机队规模，成为支持国产民机销售的重要力量。目前，浦银租赁持有国产 ARJ21 飞机订单 30 架，C919 订单 20 架。

浦银租赁采用经营租赁的方式引进 9 架 ARJ21 飞机，是全球最大的 ARJ21 飞机租赁商。

浦银租赁以“托管+融资租赁”的金融服务模式，为潜在客户提供服务，推动订单突破。在远期规划中，浦银租赁将针对不

同购买主体，提供“个性化”金融租赁服务，助力 ARJ21 飞机全系列产品实现销量提升与技术升级。

服务国产民机“全产业链”

随着飞机国产化率的提高，国内将形成成熟的供应链企业群。

浦银租赁与浦发母行的全方位金融服务体系，嵌入到中国商飞供应商支持和培育产业链的总体规划中，从而更好地服务国产民机产业链，推动整体产业升级。

在产业链上游，浦银租赁以设备租赁为重点，为国内航空制造企业提供专业化金融租赁服务。与国产民机产业链的重要企业——上飞装备制造有限公司开展了设备售后回租业务，该企业的产品覆盖了国产民机重要型号、飞机部段和智能制造生产线。浦银租赁以此为切入点，继续深挖国内航空产业链客户，从不同维度服务国产民机事业。

与此同时，浦银租赁充分联动浦发银行总行及各地分支机构，为中国商飞遍布在全国乃至全球范围内的产业链上游企业提供金融支持，积极探索以金融服务促进制造商产业体系创新升级的新模式，逐步建立支持国产民机产

业链发展的金融体系。

在产业链中游，浦银租赁还将聚焦中国商飞设计研发、飞机总装、飞机销售等环节，借助浦发银行的产业金融优势，为中国商飞提供包括 C919 大飞机、生产线设备、交付中心建设、大飞机产业园建设等全方位的金融解决方案，促进大飞机设计研发、生产销售环节能力提升。

在产业链下游，针对机场、航材供应商、MRO 维修厂家、航空培训机构、临空产业园区等机构，浦银租赁将为客户提供机场设备、发动机、模拟机、航材等一揽子金融租赁方案，保障国产民机运营，完善国产民机保障和服务配套体系。

服务国产民机“全生命周期”

针对民航新飞机、二手飞机与老旧飞机三个阶段，为客户解决飞机资产在不同生命周期下的差异化需求，浦银租赁又是如何做的？服务国产民机发展责无旁贷。

在新飞机阶段，制定更符合国内自贸区政策的融资租赁和经营租赁方案，打造差异化的飞机租赁定价体系，针对不同客户的融资需求，提供定制化解决方案，

并与中国商飞一起，借鉴行业成熟经验，共同探索针对海外客户的跨境租赁交易结构。

在二手飞机阶段，发挥先发优势，积极推进国产民机资产交易，将海外航空租赁公司在合同、流程、交付等领域的有效经验，择优落实在国产民机的交易过程中，研究未来国产民机二级市场交易价格、飞机整修改装等价值驱动因素与评估体系，促进二手飞机在租赁期内的市场流转。

在老旧飞机阶段，飞机拆借可以加速新老机型交替，激活飞机二手零部件市场，推动国产民机产业良性发展。浦银租赁将持续探索老龄期飞机客改货、远期拆解等资产处置方式，提升国产民机远期保值能力，为延长产品生命周期提供金融服务预案。

服务国产民机“全面创新”

金融租赁服务，可以有效化解航空公司机队规模扩张与资金紧缺之间的矛盾，浦银租赁通过在产品设计、服务模式、风险管理等方面开展全面创新，更可以为国产民机生产、销售、运营领域的各个环节带来创新发展的机会。

一是创新租赁产品设计。通

过不断创新金融交易架构和租赁结构，解决国产飞机销售、生产与交付之间的难点。浦银租赁在这方面已经进行了积极的尝试，比如通过“共同经营”的租赁结构解决航空公司融资和负债率过高的问题；通过“托管运营”的模式满足非航空企业购买国产民机的需求；通过“联合租赁与转租赁”的方案推动更多金融同业参与到国产民机的事业中。

二是创新租赁服务模式。争做国内航空租赁领域的先行者与 innovation 服务模式的推广者，通过战略咨询、课题研究等方式，向国产民机产业辐射自身在金融领域的的能力特长，积极服务中国航空产业发展的新机遇。浦银租赁与中国商飞紧密联动，深入研究上海临港自贸区财税政策和国家外管政策，探讨国产飞机融资租赁服务新模式；与上海产权交易所开展国产民机远期价值课题研究，为发现国产飞机远期价值提供多维视角，从而进一步完善推广配套金融服务，为国产民机在生产、研发、营销、运营、售后、处置等方面创造更好的金融租赁服务环境。

三是创新风险管理模式。充分研究分析航空运输市场容量及航空公司已有运量，理性预测飞

机市场需求，稳健规划飞机购买、投放与处置策略。与此同时，浦银租赁对飞机资产的自身价值进行实时监控和更新，以飞机资产创造现金流的能力为核心，给予航空公司最大的融资便利。浦银租赁通过积极创新，以自身为媒介，联动中国商飞与各大航空公司，将浦发银行集团在金融领域的风险经营能力、中国商飞在国产飞机制造领域的风险把控能力和各航空公司对飞机资产的全面经营能力紧密联结在一起，形成风险防御合力，进一步提升合作的深度和广度，助力国产大飞机更好地翱翔于长空。

伴随大飞机事业发展的脚步，浦银租赁坚持金融服务实体经济发展的本质要求，坚持金融创新与防范风险并重的发展理念，以客户为中心，立足上海，服务全国。以支持国产大飞机战略为主导，以船舶、轨道交通、工程机械设备、工业制造设备、公共基础设施行业及中小企业等实体经济产业为服务方向，为社会提供优质、高效的产品和服务，为上海“两个中心”的建设和创新驱动、转型发展作出应有的贡献。■



第三章

时代回响

在15年的奋斗历程中，大飞机人发扬长期奋斗、长期攻关、长期吃苦、长期奉献的优良作风，凝聚攻坚克难、锲而不舍、协同创新、追求卓越的精神力量，践行使命担当，勇攀科技高峰，以实际行动落实创新驱动发展战略。C919取得的这一历史性成就，对增强我国经济实力、科技实力、民族凝聚力、国际影响力具有十分重要的意义。

时代回响

时代回响

喜偿夙愿 壮行未来

文 | 吴兴世

吴兴世

国家大型飞机重大专项专家咨询委员会委员
原上海飞机设计研究所所长
ARJ21 飞机首任总设计师



习近平总书记 9 月 30 日亲切会见 C919 大型客机项目团队代表，参观项目成果展览，充分肯定 C919 大型客机研制任务取得的阶段性成就，勉励发展中国大飞机的队伍为全面建设社会主义现代化国家，实现中华民族伟大复兴的中国梦不懈奋斗。中共中央、国务院向参加 C919 大型客机项目的全体单位和人员发来贺电，表示热烈的祝贺和亲切的慰问。我们这些航空老兵无比振奋，个个心潮澎湃，欢呼雀跃。

习近平总书记关于中国大飞机事业一系列重要指示，指引中国商用飞机产业迈上高质量发展的金光大道，跨过一座又一座伟岸的里程碑，不断从胜利奔向新的胜利。

欣喜、欢庆

在以习近平同志为核心的党中央亲切关怀和坚强领导下，中国大飞机人面向规模最大的民用飞机细分市场的需求，成功研制新一代先进大型客机 C919，实现中国商用飞机产业自主创新能力的又一次飞跃，获得中国民用航空局型号合格证，跨过征途上新的重要里程碑，年内将交付主流航空公司投入商业运营，为加速中国迈向航空运输强国作出新贡献。他们以这一深入实施创新驱动发展战略的重大成果、建设制造强国的重要标志、新时代改革开放和社会主义现代化建设的重要成就，为党的二十大和建国七十三周年献上了一份厚礼。

承载着国家意志、民族梦想、

人民期盼，中国大飞机人弘扬“航空强国，四个长期，永不放弃”的大飞机创业精神，践行以客户为中心的理念，坚持安全第一、质量第一，以钢铁般的意志百折不挠办成了前人没有条件办、来不及办、因为直接实践有限甚至没有想到办的一件又一件大事，开辟前人从来没有闯入的新天地不断创造新的辉煌。中国大飞机人的队伍越战越强，中国大飞机之路越走越宽广。

让中国的大飞机自由翱翔蓝天是中国人民长期以来的强烈愿望。我们此时此刻和全国人民一道，欣喜，莫过于夙愿得偿；欢庆，尽情为未来壮行。

要不来、买不来、讨不来

实践再次雄辩地证明：党中央、国务院实行航空工业体制改革、实施大型飞机重大专项的战略决策英明正确。落实这项战略决策，大型客机项目从一开始就作为有明确产业化发展目标的重大工业项目执行，成为建设创新型国家和建设制造强国的标志性工程。中国大型民用飞机产业研制全新一代先进 150 座级大型客机 C919，首次在全球同行中引领开发同类新产品潮流，并率先发挥范围经济性优势，整合涡扇支线飞机产业，拓展为商用飞机产业，成为中国现代工业体系重要的组成部分。

习近平总书记深刻指出：“只有自信的国家 and 民族，才能在通往未来的道路上行稳致远。”

“自力更生是中华民族自立于世界民族之林的奋斗基点，自主创新是我们攀登世界科技高峰的必由之路。”

“实践证明，过去 40 年中国经济发展是在开放条件下取得的，未来中国经济实现高质量发展也必须在更加开放条件下进行。”

“实践反复告诉我们，关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的。”

“要充分发挥新型举国体制优势，坚持安全第一、质量第一，一以贯之，善始善终，久久为功，在关键核心技术攻关上取得更大突破，加快规模化和系列化发展，扎实推进制造强国建设，为全面建设社会主义现代化国家，实现中华民族伟大复兴的中国梦不懈奋斗。”

在中国共产党领导下，中国人民恪守习近平总书记指明的我们谋发展的根本遵循，为创建和发展战略性新兴产业征战不息。中国大型民用飞机产业从无到有，波澜壮阔地沿着三个紧密关联的实践维度，走过一段艰难、坎坷、曲折的过程，实现“而今迈步从头越”，拓展为中国商用飞机产业，奔上高质量发展的金光大道：

第一个维度是在中国共产党领导下，新中国在国家层面坚持自力更生、奋发图强、自主创新、改革开放，大力发展大型民用飞机产业。

第二个维度是在中国共产党领导下，全国人民为实现让中国的大飞机自由翱翔蓝天的梦想，共同披荆斩棘，奋斗不息。

第三个维度是一代又一代中国大飞机人肩负党和人民厚望，为发展中国大型民用飞机产业传承辟新，寻优勇进。

爱我所爱、无怨无悔

在中国共产党领导下，中国大飞机人坚持自力更生、自主创新、努力实现向以客户为中心的观念转变，永不放弃落实国家发展战略的奋斗。

他们坚决执行党和国家第一代领导集体的战略决策，实施七〇八工程，起步创建大型民用飞机产业基地、自主创新研制运 10 飞机和涡扇 8 发动机，将中国第一款大型远程喷气客机运 10 送上祖国的蓝天。

他们继往开来，面向世纪之交凸显的市场需求，成功自主创新研制生产中国第一款新型涡扇支线飞机 ARJ21，投入航线运营，填补运 10 研制被搁置后制约中国大型民用飞机产业生存和发展的自主创新研制生产喷气运输类飞机全面、全程实践的空白，进一步夯实了发展我国大型民用飞机产业的基础。

他们坚决执行党中央、国务院实行航空工业体制改革、实施大

型飞机重大专项的战略决策，投身建设实施大型客机项目的主体和统筹干线飞机与支线飞机的发展、实现我国民用飞机产业化的主要载体中国商用飞机有限责任公司，克难攻关成功自主创新研制生产中国新一代先进 150 座级大型客机 C919，在深化改革中赋予 ARJ21 新型涡扇支线飞机旺盛的生命力。

他们实现中国人自主创新研制生产的喷气客机飞出国门，持续投入国内航线和国际航线的定期航班商业运营，创造安全高效运营纪录；大型远程宽体客机 CRJ929 不断取得长足进展。

大飞机创业精神，是以共产党员为先锋和模范的中国大飞机人爱我所爱、无怨无悔、冲锋不息、顽强拼搏的强大精神支柱，是支撑他们为发展中国大飞机事业继续越雄关、跨天堑、砥柱中流、追梦蓝天的宝贵精神财富。

我们向中国大飞机事业波澜壮阔的历史致敬，为中国大飞机事业绚丽美好的未来壮行！

不忘初心，牢记使命，更加紧密地团结在以习近平同志为核心的党中央周围，坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习和坚决执行习近平总书记关于中国大飞机事业一

系列重要指示，一以贯之、锲而不舍地落实党中央、国务院重大战略部署，坚定不移地沿着通过实践检验的中国商用飞机产业成功高质量发展的道路，不动摇、不懈怠、不折腾地砥砺奋进，是我们义不容辞的历史责任。

我们一定要深刻领悟“两个确立”的决定性意义，增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，恪守习近平总书记指明的我们谋发展的根本遵循，不负习近平总书记“大飞机事业一定要办好”的嘱托，坚持与时俱进在实践中开辟探索真理的道路，在实现中华民族伟大复兴的新征程上，树雄心立壮志，弘扬大飞机创业精神，着眼长远战略，根据实际情况制定切实目标，选择正确技术路线，一茬接着一茬干，一件事接着一件事办，时刻用前进的目标激励自己，用比较的差距鞭策自己，坚持安全第一，质量第一，奋勇攀登世界科技巅峰，推动中国大飞机事业从胜利走向更大的胜利，让辉煌更加辉煌，为实现第二个百年奋斗目标、实现中华民族伟大复兴的中国梦不断再立新功！■

人民
日报
海外版

时代回响

手握入场券 中国大飞机将书写更多精彩故事

手握入场券，中国大飞机将书写更多精彩故事

民用客机能否投入商业运行，不是制造商说了算，也不是运营商即航空公司说了算，而是要经过适航审定。此次取得的型号合格证就是大飞机进入航空市场的入场券。

拿到入场券后，国产大飞机要想在航空市场上站稳脚跟，还要看其具备怎样的优势。

C919 装备了先进系统及先进材料。据中国商飞介绍，C919 机翼设计采用自主研发的超临界机翼设计，可减阻 5%；使用铝锂合金、复合材料等先进材料，结构重量更轻，极大提高了飞机的安全性、经济性和环保性。同时配备了先进的机载系统和发动机，性能优越。

对于乘客而言，C919 宽大的机身将提供更多乘坐空间。同时，其采用高效空气过滤系统，为乘客提供高品质新鲜空气，客舱照明采用人性化情景照明设计，打造温馨体贴的舒适环境。

C919 对标的是空客 A320 和波音 737 系列机型，采用单通道窄体布局，158 座至 192 座，航程 4075 公里至 5555 公里。同时，C919 具备安全可靠的性能，背靠广阔的中国市场，潜力无限。

《人民日报》海外版（2022 年 10 月 12 日 第 11 版 记者 徐佩玉）

人民
日报

C919 大飞机迎来发展里程碑

C919 取得型号合格证是一个重要的里程碑，意味着在全球航空运输市场需求最强劲的窄体客机领域，中国终于拥有了一款自己的产品。

我国民航运输业拥有巨大的内需市场和强大的发展潜力。根据《中国商飞公司市场预测年报（2021—2040）》，未来 20 年，全球将有超过 41429 架新机交付，价值约 6.1 万亿美元（以 2020 年目录价格为基础）。中国航空市场将接收 9084 架新机，价值约 1.39 万亿美元（以 2020 年目录价格为基础）。中国航空市场新接收的飞机中，窄体客机达到 6295 架。作为民航运输市场的主流机型，窄体客机在中国民航机队的占比约为 80%，在全球机队的占比约为 70%。

C919 设计之初的切入点就是民航运输市场用途最多、保有量最大的 150—200 座级的窄体客机，用于满足民航最大的窄体客机市场。

在 C919 大型客机项目的带动下，国内一批航空产业园区、航空示范园区在各地建立，一批具有国际竞争力的商用飞机产业集群和创新型企业茁壮成长，有力拉动了基础研究和相关产业升级。

《人民日报》（2022 年 10 月 2 日 第 4 版 记者 余建斌）

新华
每日电讯

从一个机型到一个产业： C919 成为我国航空产业发展“新引擎”

C919 的“引擎”作用还体现在对科技创新的孵化、推动上。C919 坚持自主创新、开放合作，先后攻克了一批新技术，锤炼了一批人才队伍，带动了一批产业发展，形成了支撑国产商用飞机发展的能力平台。

在 C919 项目的推动下，中国商用飞机目前已建成 2 个国家级创新平台、5 个省部级创新平台、一批公司级试验室及研究机构。

C919 成为创新“策源”点，不仅孵化、衍生出一批科技创新成果，也形成了科技创新集聚效应。

以中国商飞在上海建设的大飞机创新谷为例，以 C919 大型客机技术攻关和科技创新为牵引，累计有 100 余个科研项目入谷，集聚众多创新人才，建立了多专业融合、多团队协同、多技术集成的协同创新平台。

创新驱动，未来可期。以 5G、大数据、云计算、人工智能为代表的信息技术催生数字经济到来，为大飞机的研制、生产和运营带来新机遇。2018 年起，中国商飞开始探索 5G 赋能大飞机智能制造，让飞机建造效率更高、质量更优，飞机设计能力不断提升。

《新华每日电讯》（2022 年 10 月 1 日第 6 版 记者 贾远琨）

新华社

C919 “领证”意味着什么？ 旅客啥时能坐上？

杨桢梅表示，在适航取证过程中，民航局通过资料评审、试验目击、制造符合性检查和审定试飞等评判方式，进行高温、高湿、高寒、大风和结冰天气等各种极端自然环境的验证，对 C919 的安全性、可靠性、环保性等进行了全面考核。

杨桢梅说：“最终确认飞机型号设计符合中国民用航空规章的要求，C919 飞机是安全的，也是环保的。”

旅客何时能坐上 C919 飞机？

从产品到商品，取得型号合格证的 C919 进入商业市场，还有哪些重要环节？

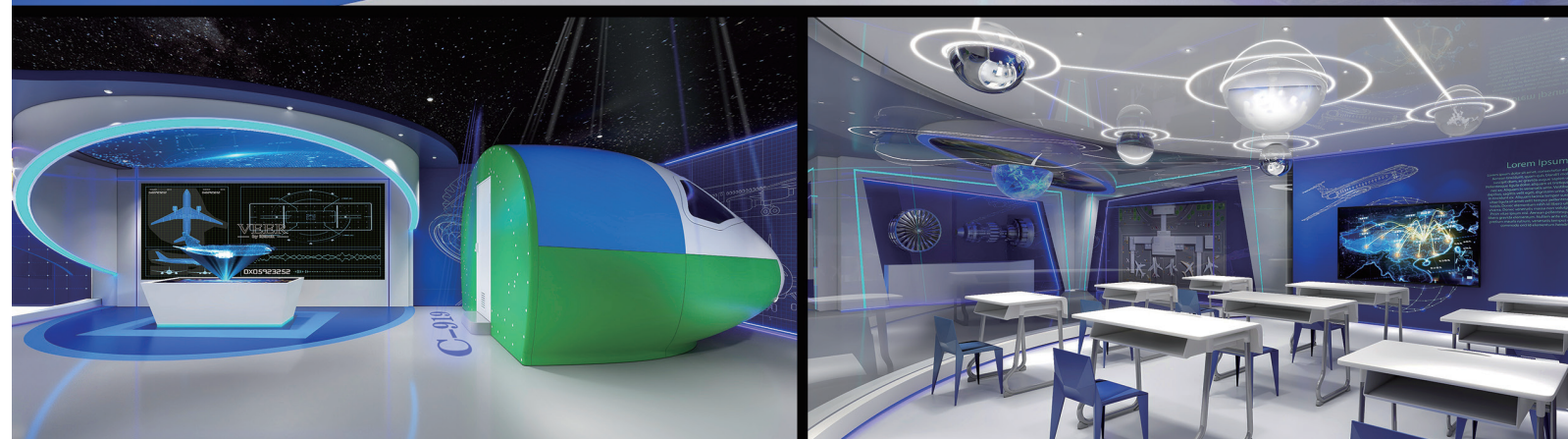
“通常情况下，民用飞机从适航取证到进入商业载客运行，还需要完成飞机交付用户和运行准备等工作。”杨桢梅说，从经验来看，不同的机型所经历的时间有所不同。

记者了解到，C919 飞机目前已有 28 家客户，累计订单 815 架。中国商飞公司正在为交付用户和支持运行做积极准备。杨桢梅表示，航空公司在接收飞机后，将按相关要求完成运行合格审定，此后就能投入商业载客运行。

新华社微信公众号（2022 年 10 月 2 日 记者 周园、贾远琨、狄春）

内蒙古首家国产大飞机 C919主题航空科普教育馆 将于2023年落户镶黄旗机场

内蒙古特航科技有限公司
哈尔滨莱特兄弟科技开发有限公司



内蒙古
镶黄旗新宝拉格
通用机场

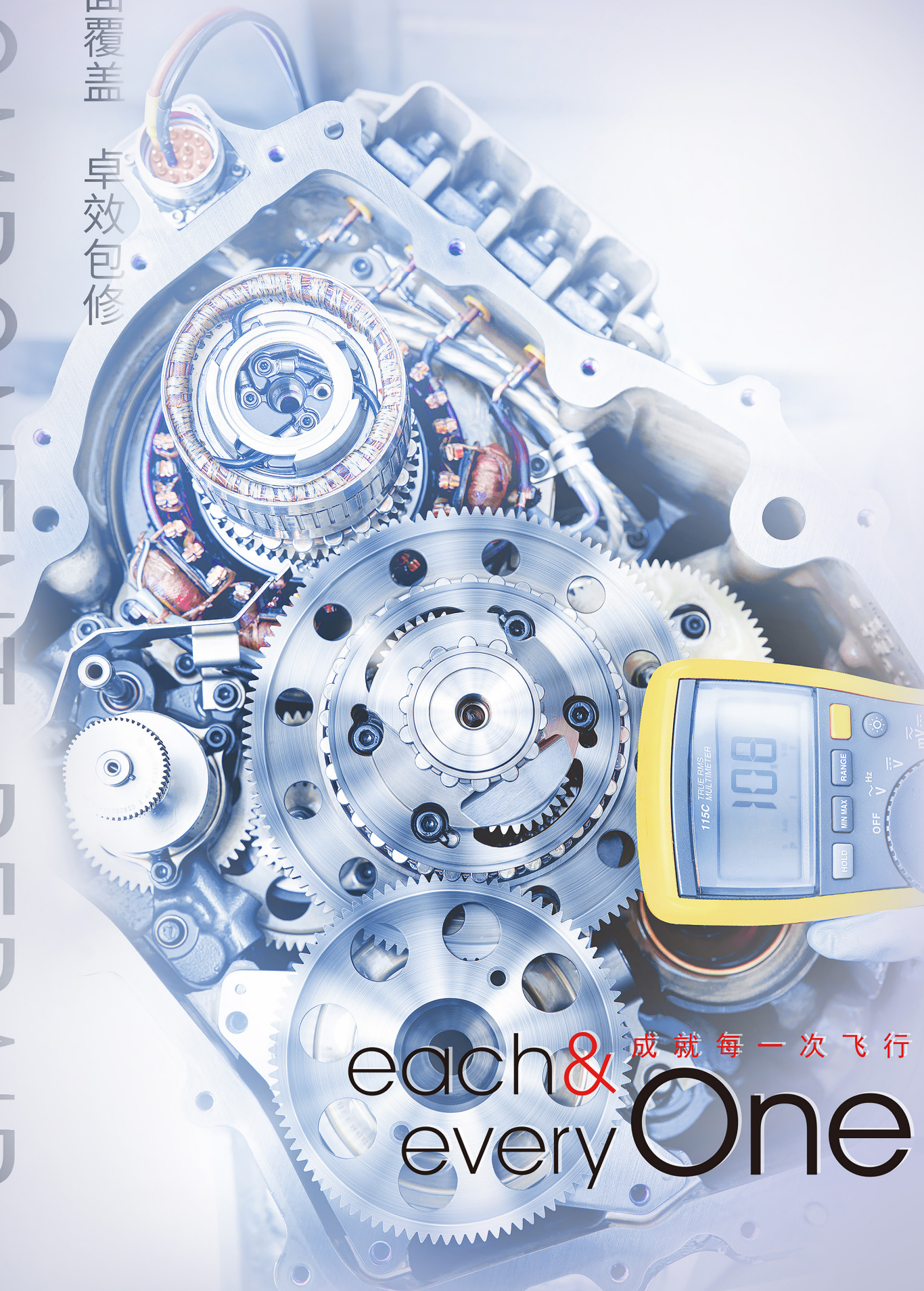


COMPONENT REPAIR

全面覆盖

卓效包修

Ameco



each & every One 成就每一次飞行