空中勇者！试飞员首秀大飞机

——揭秘国产大型客机C919首飞机组

本报记者 叶薇 裘颖琼

梦圆起航！我国首款严格按照国际适航标准并以市场成功为目标的大型客机C919计划今天下午首飞。

飞机预计飞行90分钟，蓝天将留下C919的英姿，见证我国几代航空人的梦想。带领C919翱翔蓝天的，是一支由五人组成的“特种尖兵”，这也是我国民机首批试飞员和试飞工程师团队。

首飞当天，五个人身穿清一色的橙色飞行连体衣。橙色，代表高风险试飞科目。把危险试遍，就是他们的职责所在。C919第一次飞到万米高空，这对首飞机组来说，是风险，更是荣耀。

首飞机长是阿拉上海人

一头利落的短发，棱角分明的脸，1米8的个头，首飞机长蔡俊的派头不输好莱坞航天大片《壮志凌云》中的飞行员“阿汤哥”。蔡俊是弄堂里长大的地道上海人。几年前，他从航空公司跳槽，在面对更高薪和更有成就感的工作选择时，他选了后者。

“在上海工程技术大学读航空经营管理，到大三时考上中国民航飞行学院，然后在航空公司飞了十多年，觉得没有挑战性了。听说商飞正在组建试飞队伍，就来应聘试飞员，体验不一样的人生。做试飞，更有成就感。”

6年前，蔡俊从飞行员变成了试飞员。表面看只是一字之差，实则大相径庭。飞行员驾驶设计成熟的飞机，而试飞员驾驶的是尚未定型、需要对各种极限条件下的飞行数据进行全面验证的飞机，危险性不言而喻。

挑战并不仅仅限于飞行方面。到商飞后，蔡俊先到美国国家试飞员学校进行了为期一年的学习培训。老师都是来自世界各地具备丰富试飞经验的教员，口音多种多样，所有学员都要英语流畅，体检合格，且至少要有750小时的飞行经验和在有效期内的商用执照。“一大堆英文专业词汇弄得我晕头转向，还要把物理、数学都‘捡’起来。8小时上课，回来先睡上2小时，然后再窝在宿舍上网查资料，‘啃’书本，经常复习到凌晨一两点。试飞员不是这么好当的，需要一直保持学习状态。”

蔡俊是试飞中心公认的心理素质强手。他参加ARJ21最小机组试飞时，需要佩戴心跳测试仪、眨眼测试仪等设备。试飞中，通过飞行员心跳数等数据的收集，掌握飞行员在驾驶ARJ21–700时的身体机能反应。“我上机前每分钟心跳快到90了，结果一坐上驾驶舱就迅速恢复到70多。”也许，对蔡俊来说，驾驶舱就是他最平静的地方。“不能想太多，只想该想的东西。”蔡俊调侃道。

尽管自认为心态淡定，但临近首飞，蔡俊还是有些紧张，嘟囔自己充分休息放松，但大脑却不肯轻易停歇，还在飞行的每一个细节里流连徘徊。

首飞机组经过层层选拔

机长蔡俊和副驾驶吴鑫，飞行时间均超过1万小时，均为75后，年龄相差一岁。去年10月首飞机组选拔，在5名专家各有2票的投票环节中，蔡俊获得4票，吴鑫获得3票，以前两名身份入选首飞机组。2名试飞工程师的选拔，则主要是内部竞争。因为国内有资质、经验的试飞工程师，几乎都在试飞中心的运行部和工程部。尽管如此，选拔依然极其严格。先由两个部门的部长推荐，经资质委员评定后，上报给试飞中心批准，再报商飞总部评定。观察员钱进有30多年的飞行经验，飞行时间超过2万小时，是我国的功勋飞行员。观察员被称为“第三只眼”，由经验丰富的老试飞员担任，从专业角度来观察飞机和试飞员的一举一动，查找问题。

“一共有14名候选人参加选拔试飞员，评审组由国际知名试飞专家和国内专家组成，分面试考核、模拟机实操考核、心理素质考核三个环节，所有的选拔过程全程监控。”蔡俊回忆说，模拟机考核部分自己最紧张。“随机抽两个人搭配操作，考核三个动作，没法提前练习，只能靠平时积累。

C919采用是全电传控制、侧杆操控。电传操纵系统是将飞行员的操纵信号变换成电信号，并通过电缆直接传输到舵面。“两个手指头轻轻一动，就可能让飞机姿态有较大幅度改变，这需要试飞员会用‘暗劲’，动作要像绣花一样精细。”

竞争者中，还有国内首架支线飞机ARJ21的首飞机长赵鹏。面对“大咖”，蔡俊却直言“没太大压力”。“赵鹏试飞经验很丰富，输给他我也心服口服。但我和吴鑫也有优势。”这种优势，除了他和吴鑫都拥有超过1万小时的侧杆飞行经验，更重要的是，他们是陪着C919一路成长起来的。在他们眼里，C919不是一个冰冷的钢铁躯体，而是一个有生命力的伙伴。

蔡俊参与过飞行员操作手册的编写工作，甚至是从第一版开始的。飞机怎么操作，故障该怎么处置，编写手册时，技术人员都会征询他的意见。吴鑫则更多地参与驾驶舱评估工作，飞机的各个画面、每一个操纵杆布局是否合理，座舱的设置是否让飞行员舒适、操作方便等，都和设计师反复商量、推敲。

“我们的大部分工作不在试飞中心，而是在上飞院，那里是飞机的研发大脑。”蔡俊介绍，“主要任务是帮设计人员优化设计，比如设计师设计一个驾驶舱的按钮，试飞员一试，发现离得太远，够起来费力；又或者按钮按压的方式不方便等，这些信息要反馈给设计师改进。”

在液音、空客成熟的设计团队中，一般都有飞行员参与其中，飞行员实际操作的感受和经验是工程师所欠缺的。在ARJ21之前，我国没有专门针对民机的试飞团队，所以ARJ21前期的试飞任务多由军机试飞员完成。C919的研发则逐渐重视飞行员的经验价值，试飞员经常会给团队提建议。

刀尖舞者与空中编导的对话

谈到自己的工作，蔡俊变得很严肃。“一点都没有浪漫主义色彩，开不得半点玩笑。尤其是我们试飞员，最讲究团队合作，绝不是个人英雄主义。”

如果说试飞员是“刀尖上的舞者”，那么试飞工程师就是这出空中舞剧的“编导”。双方的配合至关重要。

在试飞前，试飞工程师要编写试飞大纲、测试任务书等，具体怎么飞，要飞哪些试验点，飞行时候的气象要求、机场要求以及相关保障，全部都要写清楚。而到了飞行过程中，试飞工程师还要与飞行员并肩作战，有时甚至要直接站在驾驶室内，实时为飞行员提供讯息与指导。试飞结束后，试飞工程师还需要对试飞的各项数据进行专业分析，航后讲评并编写最后的试验报告。

首飞机组中的试飞工程师马菲和张大伟同为试飞中心首批送去南非培训的试飞工程师，两人在写毕业论文时，就一起进行任务设计。2012年，两人还一起参与了ARJ21的阀良跟飞任务，结下了深厚的“革命友情”。

“试飞工程师的工作是‘润物细无声’的，一点点小小的改变，日积月累，改变的是整个事业发展的轨迹。”马菲说。

首飞时，试飞工程师坐在客舱的监控台，进行任务指挥、安全监控、与试飞员具体沟通。两人如何分工？张大伟主要向试飞员“下达”任务，在每一个试验点前，他都会告知试飞员如何操作、具体要点、安全须知、风险预案，尽管这些试飞员已经背得滚瓜烂熟了，但每一次告知，都相当于一道“确认”步骤，确保机上五个人对试验点的理解是一致的。马菲则主要记录试飞员做得怎么样，他的一个操作飞机会有什么样的反应，是否会产生故障，飞机有没有发出预警等。对此，两人将这种分工合作，形象比喻为“输入和输出关系”。

马菲和张大伟在阀良完成ARJ21的跟飞工作后，就立即投入到了C919试飞内容、首飞大纲、首飞风险评估单的制作设计中。张大伟告诉记者，“针对C919首飞任务的任务大纲，前前后后改了不下10册。”

高密度训练只为完美首秀

从今年3月开始，C919飞机在上海浦东国际机场开始实施地面滑行试验。浦东国际机场平均每天有1300多架飞机在此起飞或降落，因此浦东机场4号跑道对C919飞机开放的时间窗口只有每天早晨6:00到8:30。“我们一般是凌晨3时后起床，5时后开准备会，6时后开始试验，后面还有各种分析会。”这种密集的训练一直持续到首飞前夜。

“抬头”“高度1500、1700、1800英尺”“双发失效”“很好，再来一次，这次加点侧风”……这一幕发生在4月28日下午1时30分，首飞机组正在工程模拟机上进行首飞前的特情训练。每一个可能遭遇的风险点，都要让机组熟悉感受，并根据预案完成一次整体操作。20分钟后，如此的反复起降，让人看得有些枯燥，但他们还是不厌其烦地操练着。

这样的“枯燥”操练对于首飞机组来说，几乎是每天的必修课。工模训练、铁鸟（飞控液压系统综合试验台架）训练、航电试验、航前会、航后讲评，首飞前的一周内，机组人员只在5月1日下午放了半天假后，又开始轮番训练。

“训练的强度不大，但临近首飞脑袋里总觉得绷着一根弦。”说这话时，试飞工程师马菲下意识地揉了揉太阳穴，“首飞前要完成的试验科目有上百个量级，试验点就有上千个量级。”

作为首飞机组，成员们个个技术过硬、经验老到。但刚开始，无论是设计人员，还是机组人员，都经历了一段和飞机的磨合期。

在C919–101架机“预滑行”阶段，作为一架新飞机，它也出过毛病。有一次，试飞员一踩刹车，飞机就抖得厉害。遇到这种情况，考验的就是试飞员的应变能力。当时蔡俊第一时间将飞机慢慢停稳，再尝试了几次，发现问题依然存在。机组人员经过一番讨论，果断决定暂停试验，先解决问题防止弄坏飞机。下飞机后，他们第一时间向设计人员反映问题，经过检查发现是轮盘上几个方向的刹车压力上得不一致，才导致飞机出现“颤动”。

C919首飞只是短短90分钟，但背后凝聚着几代航空人的辛勤付出。对首飞团队而言，不论是在空中舞台“表演”的，还是在幕后作为编导的，都将因他们“第一代”的身份而成为“艰难困苦的开拓者”。

C919客机机舱结构示意图

新民图表 制图 戴佳嘉
图片来源 IC

C919首飞机长蔡俊

沪语致意本报读者和新民邻声用户

大家好，我叫蔡俊，我是C919首飞机长，我是阿拉上海人，很高兴能在新民晚报新民邻声上看到我们国产大飞机C919的报道。能够在上海浦东国际机场首飞，我觉得分外自豪，我充满信心！让我们一起为国产大飞机加油！谢谢广大的新民晚报读者和新民邻声用户！

首飞的背后，是工作人员海量精确的计算——

从起飞到着陆，每个动作数据说话

2017年5月5日，我国按照国际民航规章自行研制、具有自主知识产权的大型喷气式民用飞机，也是继运–10后自主设计并研制的第二种国产大型客机C919计划首飞。这一天，让太多人熬红了眼。

时钟拨回到4月27日，刚刚清洗和补漆完的C919–101架机回到了试飞中心机库，在这里静候它最重要的“首秀”。首飞当天的细则是如何制定的？时间怎么来把控？本报记者走进试飞中心，独家探访了首飞背后的“幕后工作者”。

编写任务——首飞完成15个试验点

从起飞到着陆的每一个动作，对于试飞员来说，早先就有一套设定好的“剧本”，这套“剧本”就是任务单，它的编写则是根据任务大纲来设计的。

“任务大纲要列出试飞员要完成的试验点，任务单则是将试验点设计成一套连贯动作。”负责编写首飞任务大纲的工程部部长由立岩向记者解释道，在C919–101架机的首飞任务中，共要完成15个试验点——在地面完成舵面操纵检查，确认飞机的各个活动面输入和响应功能是否正常。在飞机爬升过程中，试飞机组检查机组和地面、机组内部通讯是否正常。抵达空域后，要完成安全着陆所必须的检查，如三向配平、感受性飞行、空速检查、模拟进近着陆复飞等。最后返场着陆，试飞员再次进行舵面操纵检查，采集舵面偏度数据，通过事后数据分析与飞行前的数据进行对比。

感受性飞行，就是在某一高度、速度下，襟缝翼在某一卡位的构型状态下，保持稳定平飞，试飞员柔和操作侧杆调节飞机姿态，初始感受并评价飞机的操纵特性；三向配平则要求试飞员在保持稳定平飞后，松杆飞行10秒钟，观察飞机状态，评价飞机操控稳定性及配平特性；在着陆前，C919–101架机还要先在空中进行一次“模拟进近着陆复飞”，这几个动作要一气呵成。对于试飞员来说，就是将飞机从10000英尺降至8500英尺后，“假想”身下有一条跑道，来感受正常着陆的状态。随后，模拟遇到特殊情况后，飞机再次复飞的状态。成功完成这个试验点后，101架机才能真正返场着陆。

这些动作看似不复杂，但对于一台试验飞机来说，都是高风险的。在首飞前，针对C919飞机构型状态情况、飞机地面滑行情况，共梳理出偏出跑道、冲出跑道、擦机尾、失控、载荷/速度超限、空中相撞、双发失效共7个不同的风险源。针对不同的风险源，也做好了相应的应急保障措施。而为了保险起见，新飞机首飞一般是不收起落架的。

此次国产大飞机C919首飞亮相，身边还有一架机型为EMB135的东航公务机进行“伴飞”。伴飞飞机要承担三大任务——提前半小时起飞后，在近12000英尺高空为C919侦查首飞空域的天气情况；等C919飞到10000英尺高空进行试验动作时，监测它的动作是否到位，尾翼、起落架是否正常。同时，伴飞飞机还是C919的“空中摄影摄像师”，为其留下珍贵的影像资料。不过，伴飞也增加了技术难度和风险，要对两架飞机进行编队，控制好合适距离，离得太远拍不清楚，离得太近又怕互相影响。

时间控制——对浦东机场影响降至最小

迄今为止，世界上任何一个国家都不曾在类似上海浦东国际机场这样繁忙的大型航空枢纽开展过研发飞机的首飞活动，其难度之大、任务之重可想而知。

要兼顾首飞和浦东机场的商业运行，无前例可循，管理上只能摸着石头过河。试飞中心副总工程师、运行部部长邓小洪告诉记者，为了将影响降至最小，首飞当天要申请多少时间，浦东机场要求精确到分钟，这就需要精细算出。

这些会“说话”的数据来自于平时积累的地面试验和滑行试验。邓小洪说，第一次滑行试验没谱，就把时间预留得充足些。随着试验次数的逐步叠加，时间愈发控制精准，误差也仅在几分钟内。到了4月23日高滑抬前轮试验时，第一次抬前轮时间比约定时间晚了2分钟，第二次早了5分钟，最终整个滑行时间提前3分钟结束。

从在浦东机场“散步”到滑行试验，再到如今首飞，对于还是试验飞机的C919–101架机，更是开创历史先河，首次引入“民航指挥员”系统。以往，试验飞机在试飞员和飞机都满足放飞条件后，就可以开始操作。如今，还需要多一道向机场塔台申请“准许”的步骤。

为了让这一连套的步骤能按部就班，空军上海基地、华东空管局、浦东机场和试飞中心早期就开始进行演练，从沙盘模拟，到用其他真机来做C919的“替身”进行演练，最终找出一套适合C919首飞的空中交通管制指挥方案。

观云测雨——首飞天气条件严苛

要控制好首飞时间，天气，也是一个至关要素。选择合适的天气，就能为试飞员排除很多“意外”风险。要挑出哪一天合适首飞，让场务部部长杨政带领的气象台团队曾经极为头疼。因为条件十分严苛。“首飞当天，要求1500米以下净空没有云。4000米以下云量不能超过半天云，无云条件最佳，能见度五公里。此外，干跑道、无雨，所有条件缺一不可。”

针对这一特殊任务，国内首个民机试飞气象保障系统在去年建成，承担重大试验科目气象预报、重要天气数据采集等工作。试飞中心气象台通过综合分析美国、日本、欧洲等多种数值气象资料，联合上海市气象局、华东空管局气象中心等专业气象服务单位建立了气象会商机制，准确预报了滑行期间的气象情况，也为C919飞机首飞日期的选定提供了可靠的依据。

在首飞当天，还有另外一台“神器”能随时查询首飞空域当下一秒的温度、湿度、风速、能见度、云底高。这台“神器”脱胎于曾经参与过ARJ支线客机外场试验中的气象设备，当时已经能做到每分钟一计。气象团队拿来了这套设备，并与设备供应商不断沟通，经过一次次设备提升，如今实况观测设备可以做到每秒一计“随时看”。

本报记者 裘颖琼

首试架机团队，消灭“管理模糊地带”

去年年初，试飞中心成立了C919–101架机团队。人不多，队长、副队长和7名组员，共9人，分别来自项目管理部、安全质量适航管理部、测试工程部、机务工程部和场务保障部等业务部门和核心管理部门。

谁也想不到，就是这样一支精简的小团队，在成立不到几个月的时间内，不仅管起没人管的“模糊地带”，还让许多“扯皮”的问题得以解决，为C919成功首飞扫除多个“障碍”。

101架机管理团队队长由立岩告诉记者，“在国外，一架试飞飞机就有一个架机团队。所有架机团队成员的工作，就是围绕一架飞机转，朝着特定目标组织技术活动。”团队成员们要做的，就是根据分工，寻找101架机的问题，并“追着”相关部门处理直到解决。

作为团队里唯一的女生，唐茜入职不久就从“娘家”——场务保障部来到架机管理团队，负责场站管理。刚开始的时候，每涉及到自己部门，就忍不住想为他们开后门、找理由。直到后来，她发现被指出的不足，都通过架机团队协调解决了。这对她触动很大，她很快转变立场，该把“枪口”对准自己部门的时候，毫不含糊。

对于职责不明确的事情，架机团队也总是第一个主动牵头。在成立两个月后，队长由立岩发现，试飞员的伞包、头盔等应急救生装置，谁都知道要有，但谁去置办并没有明确。站在工程部部长这一身份，他也会有“这不是我部门职责”的想法。但一想到自己也是架机团队队长，他将机务部、场务部、工程部、运行部四个部门召集起来商量，梳理出了“工程部提需求、机务部采购、场务部保管”的解决方案。

首次尝试在C919型号上成立架机团队，在试飞中心总工程师王伟看来，既是管理模式的创新，也是组织手段的创新：打破了部门之间的围墙，扯皮的少了，一起想办法解决问题的多了。

本报记者 裘颖琼