



# C919 首飞：“大国重器”锻造“黄金龙骨”

■文 / 萧啸

C919 放飞的不仅是航空产业的梦想，更承载着建设创新型国家和制造业强国的发展理念；C919 所代表的，也不仅是当下中国民用飞机制造的最高水平，更体现着中国工业制造的综合能力。



4月28日，工人正在进行C919驾驶舱风挡装配操作

2017年的春夏之交，关心中国高端科技发展的人们发现，“大国重器”接踵而至。

4月20日，我国自主研发的首艘

货运飞船天舟一号飞天；

4月26日，我国第一艘国产航母下水；

5月3日，我国研发成功世界首

台10比特光量子计算机；

5月5日，中国人自己的大飞机C919首飞成功；

.....

几乎每隔几天就有一个“惊喜”。在这片拥有五千年文明、经历过积弱积贫、正在走向复兴梦想的大地上，“大国重器”再次引爆了人们的自豪感。

其中，被网友亲切地称为“胖9”的C919，尤其引人注目。

## 大鹏一日同风起

5月5日15时19分，上海浦东国际机场屏住了呼吸。

经过78分钟的飞行，我国首款国际主流水准的干线飞机C919，完成了预定试飞科目，轻盈地舒展双翼，稳健地降落在上海浦东国际机场第四跑道上，首飞圆满成功。

“飞机状态良好，操控稳定，我给他打99分。”执行C919首飞任务的机长蔡俊说。

这标志着萦绕中华民族百年的“大飞机梦”取得了历史性突破。

中国商用飞机有限责任公司研制的C919，设计定位航空运输市场最主流的150座级单通道市场，标准航程4075公里，增大航程5555公里，相当于北京到新加坡的距离。首飞成功，意味着我国实现了民用飞机技术集群式突破，成为世界上少数几个拥有研制大型客机能力的国家。

大鹏一日同风起，扶摇直上九万里。对于一架全新型号的飞机来说，首飞具有特殊的意义，一切设计、图纸中的设想成为能飞起来的现实，这是新型号飞机诞生最重要的里程碑之一。

5名机组成员担任起C919的首飞任务，他们是机长蔡俊、副驾驶吴鑫、观察员钱进、试飞工程师马菲和张大伟。

“下午两点，C919准时从浦东机场正常起飞，首先飞机逐渐爬升到3000米高度，对系统进行功能性检查，

接着我们将速度降低到每小时120海里，开始进行不同襟翼卡位构型状态下的飞行试验，然后是感受性飞行，体验飞机俯仰、低头等姿态的操控感受。之后，我们在高空模拟假想跑道，模拟进近、着陆和复飞过程，三个动作要一气呵成……”机长蔡俊如此回忆首飞的测验项目。

当天的首飞，对C919的操稳特性、起飞着陆性能、动力装置和驾驶设备等工作情况进行了验证。共有15个试验点，由5个阶段组成：地面检查；爬升；平飞；模拟进近、着陆和复飞；着陆。按照惯例，为确保安全，C919首飞全程没有收起起落架，并保持襟翼放下。

“首飞结束后，我们要回到培训中心，下一步对飞机进行系统检查，更新部分设备与软件。”蔡俊说，今后需要做的工作还有很多。

据悉，C919研制过程中共有6架飞机投入试飞任务，每架飞机将承担不同的任务，例如失速、动力、性能、操稳、飞控、结冰、高温高寒等科目试飞。同时，有两架地面试验飞机分别投入静力试验、疲劳试验等工作。

第二架C919飞机正在总装过程中，计划在今年下半年完成首次飞行。

上海浦东国际机场，在现场许多人见证了历史性时刻。其中，有参与C919型号研制的专家，也有C919的用户、供应商。

“C919是中国民机的新高度，它不只是一个机型的成功，更代表着一种能力，我们民族的能力！”我国自主研发的运十飞机的副总设计师程不时，在现场如此感慨。程不时已经87岁，他特意带来了年轻时用过的一把小提琴。在现场，当媒体记者请他为C919首飞演奏一首小提琴曲时，他选了《我爱你中国》。

C919全球首家用户中国东方航空公司的董事长刘绍勇也在现场。在他看来，好的开始是成功的一半，C919集成了当今国际、国内民航制造领域的最高科技应用，还具备一定的后发优势，设计起点很高。

“世界民航飞机市场广阔，中国本身就是一个庞大的市场，安全、经济、舒适、环保的飞机是会受到市场青睐的，我相信C919一定能成为一款明星机型。”刘绍勇表示，他期待着C919能够顺利完成各项取证，早日交付东航投入商业运营。

目前，C919机型已获得全球23家用户的570架订单。国内外航空公司客户有9家，订单量达152架，包括德国普仁航空、泰国都市航空这样的国际客户。国内外金融租赁公司客户14家，订单量达418架，包括美国通用电气租赁等国际客户。

## 攻克百余项核心技术

“十年磨一剑”，对于C919来说毫不夸张。

2007年2月，我国大型飞机研制



C919机头内部（4月28日摄）



重大科技专项立项。2015年11月2日，C919总装下线。再到本次首飞，十载岁月悄然流逝。

大型客机是航空制造的“高端产品”，因其技术集成要求高、生产工艺十分复杂等因素，历来是检验一个国家航空制造业综合实力的“试金石”。

据中国商飞介绍，C919研制团队采取了集群式的技术突破路径，建成总装移动生产、中央翼、中机身、水平尾翼、全机对接等5条国际先进生产线，攻克了100多项核心技术、关键技术。

当国人为此欢呼雀跃的同时，也有质疑声传出：C919不少零件是买来的，尤其是没有装配国产发动机，能不能算自主研制？我们是不是“主要造了个壳子”？

其实，这是一种误解，总体集成正是大飞机制造的核心技术之一。系统集成并不是简单把先进部件进行组装而已，对于大飞机这样复杂的产品来说，没有整体设计，即使把全世界最好的发动机、机身、飞控、电传等等组合起来，也得不到一架能飞的飞机。作为航空制造业的一大难点，集成技术的突破正是中国航空制造业取得巨大进步的标志。

“C919是我国自主设计的干线飞机，就飞机整体设计而言拥有完全自主知识产权。”C919总设计师吴光辉

介绍说，这主要体现在三个方面——

第一，根据市场需求，设定设计方案。他们经过市场调研发现，150座级的客机是市场上的主流机型，市场前景最看好。

第二，零部件供应需符合设计方案。C919的供应商来自全球，其中不乏空客和波音的供应商，而需要什么样的零部件，对其有怎样的技术要求，是由中国商飞决定的。

第三，系统集成掌握在自己手中。大型客机是复杂的系统集成工程，不同的系统集成在一起需要满足哪些要求，这种控制方案掌握在设计团队手中。“C919上有几百万个接口，这关系到液压、航电等多系统之间的关联，绝不是简单的拼接，如何关联，就取决于飞机的设计方案。”吴光辉说。

实际上，全球采购是民机制造的一大特点，波音、空客的供应商也来自于全球。

C919的机头、机身、机翼以及翼吊发动机等设计，由上海飞机设计研究院的团队完成。2008年，中国商飞公司成立，上海飞机制造厂重组为上海飞机制造有限公司，成为中国商飞公司的总装制造中心。仅机翼部分，他们就绘制了2000多份图纸，经过不断比对筛选才确定了最终方案。

据介绍，C919机体从设计、计算、试验、制造等均为中国自主进行。飞机设计研制中有多项重大技术突破，如超临界机翼、新材料应用等。

吴光辉特别提到了超临界机翼的设计。“飞机设计，气动先行。机头、后体的设计也关系到飞机阻力的减小，但机翼的设计决定了飞机的性能，是最为关键的。”吴光辉介绍说，我国第一次自主设计超临界机翼就达到了世界先进水平，得到了国际同行

的认可。

中国空气动力学专家张锡金也表示，这是中国人第一次设计超临界机翼，“心里没有底”。机翼设计完毕后，在国内外进行风洞试验，试验结果比预想的还要好，“大家的心才定了。”

在新材料应用方面，C919通过大量的研发和验证试验，建立了铝锂合金的材料规范体系、设计许用值体系和制作工艺规范体系。机身蒙皮、长桁、地板梁结构上应用第三代铝锂合金，用量达到机体结构重量的7.4%。同时，复合材料用量达到机体结构重量的11.5%，国内首次在民用飞机的主承力结构、高温区、增压区使用复合材料，实现了机体结构的整体化、轻量化。钛合金则应用在中央翼缘条、发动机吊挂、球面框缘条、襟缝翼滑轨、垂尾对接接头等部位，用量达到机体结构重量的7.3%。

诚然，C919没有装配国产发动机，因为我国还不具备生产适合民用大型客机发动机的能力。但应该看到，国际民用飞机制造商的发动机也是采购自供应商。

“当然，能用中国的发动机当然最好，但先有大飞机，才能带动民航发动机产业的发展。没有大飞机就没有需求，就不会有平台，这是产业龙头和产业链的关系。”有关人士表示。

在科技界眼中，C919是如此的振奋人心、提振士气——通过C919的设计研制，我国掌握了民机产业5大类、20个专业、6000多项民用飞机技术，带动新技术、新材料、新工艺群体性突破。

同时，在研制C919的过程中，我国建成了民用飞机模拟飞行国家重点实验、国家商用飞机制造工程技术研究中心、民机先进结构与材料工艺





实验室等一批国家、省市级重点实验室和工程中心；建成了C919铁鸟飞行试验台、综合航电试验室、全球快速响应中心、民用飞机数字仿真试验室等专业试验机构，基本形成飞机级、系统级、部件级等相关试验验证能力，为我国大型客机研制提供了强有力的支撑。

在C919身上，洋溢着开放、创新、自信的时代气质。首飞直播时，外国网友惊叹居然有驾驶舱的实时画面，有人甚至呼吁波音和空客下一次的新机型首飞时也“搞一个”。

### “永不放弃”的精神传承

上海飞机制造有限公司厂区，停放着一架白色涂装的客机——1980年首飞的运-10。

飞机前的石碑上，镌刻着四个字——“永不放弃”。

对于中国航空界来说，运-10意味着一段刻骨铭心的记忆。当年，运-10首飞成功后，曾经飞遍了祖国的山川、海洋、沙漠，甚至还七上青藏高原。然而，由于种种原因，运-10未能实现量产。

如今，我国的民航旅客周转已经从90年代初期的230.48亿人公里，急速攀升到2015年的7270.7亿人公里，翻了30倍，年复合增速达到15%，但在这期间，我们所乘坐的飞

机都是“进口货”。

“常常想起2014年珠海航展期间，中国商飞举办‘大飞机之夜’晚会，运十副总设计师程不时用小提琴独奏《天鹅之死》那凄婉的乐声。”在C919首飞现场，有人充满深情地写下了这样的文字。程不时则表示，我们买飞机的钱，用崭新的百元面额钞票堆起来，已经比上海的百座金茂大厦要高……

令人欣慰的是，我们自己的大飞机终究起飞了。腾空而起的C919，承载着国人对“大国重器”的执著追求，也承载着航空人攻坚克难、永不放弃的精神传承。

上海飞机设计研究院C919型号副主任设计师张淼，对于这种精神传承的感受尤为强烈。张淼的父亲是中国空气动力学专家、原上海飞机设计研究院特聘专家张锡金，之所以给他起名为“淼”，就是因为“这个字符合空气动力学的原理”，希望孩子长大后也学习飞机设计。

“上世纪70年代，我们研制飞机的条件非常艰苦，一台手摇计算机已经是宝贝了，数据整理来不及，就把财务室的8把算盘借过来，晚上整理，白天上班再把算盘还回去。”张锡金回忆说。

世易时移。如今，张淼等人研制C919的技术条件、生活条件，早已不是父辈当年的情况。但不变的是，攻坚克难、永不放弃的精神传承。

正是在这种精神资源的滋养下，一批又一批青年科技人才茁壮成长。从20世纪初的70后，到现在的“80后”“90后”，C919首飞的背后，站着一大群青年才俊。来自中国商飞的数据显示，该公司35岁以下年轻人占70%以上。

张驰便是其中之一。1987年出生的张驰，如今是中国商飞北京民用飞机技术研究中心未来产品与技术研究团队的副组长。他和他的团队，负责C919的“未来机型”。他们给自己起了一个颇为梦幻的名字——梦幻工作室，负责“灵雀”项目。

“灵雀”项目，说通俗些，就是设计研发缩小版的大飞机，这种“灵雀”飞机更具有未来感，无人驾驶，体积小，一台飞机的成本只有C919的百分之一不到。但它，却承载着中国大飞机梦的未来。

张驰的团队，全部由30岁左右的青年人组成。他们正在为解决机票贵、飞机油耗大这样的世界性难题而做研发。攻坚克难、永不放弃，已经深深地融入了他们的血脉。

“真正的创新，不惧怕失败。”张驰说，梦幻工作室已经从2012年至今做了9架缩比试验机了，也出现过小飞机起飞后失控、地面调度不成功的案例，“没有失败的，就不是创新，那叫模仿。我们不干这个。”

### “大国重器”锻造“黄金龙骨”

C919从一开始就不缺少雄心——它对标的是波音737和空客320机型，旨在加入全球市场竞争。

根据预测，未来20年仅国内航空运输市场就需要干线客机5952架，价值近9000亿元。这意味着，只要能够研制出客户认可的产品，C919的发展前景十分可观。

来自中国商飞的统计数据显示，C919大型客机市场订单已达到570架。随着首飞的成功，预计订单还会进一步增加。

C919的首飞受到了美、英、德等西方国家媒体的关注。

英国路透社认为：“未来几十年中国商飞可能打破波音与空中客车的双雄局面，不论是在中国自身庞大的航空市场，或是更长期的海外市场。C919 将是迈向这个目标的第一步。”

德国《世界报》发表文章称：“今后，中国航空公司不会仅仅依靠空客和波音。”

而美国有线电视新闻网则评价称：“这款飞机的首飞是中国民用航空工业发展里程碑式的进步。不过，C919 还要经过很长的路才能开始载客，与美国和欧洲的‘同行’竞争。”

外媒的观点并不一致。有的认为 C919 将对波音、空客两强发起挑战，有的则认为 C919 的研制水平还不行，无法在国际市场上与西方竞争。

而在 C919 研制人员看来，不管别人说什么，C919 的发展关键是走好自己的路。

他们很清楚自己与业界龙头的差距。运-10 项目于 1970 年立项时，空客 A300 的研制也刚刚起步，而当 C919 项目奋力追赶时，空客已领先我们 30 多年。期间，空客的空中巨无

霸 A380、波音的梦想客机 787 均已问世，而 C919 仅与空客 A320、波音 737 相当。

这是不言自明的——要实现中国民机产业追赶乃至超越国际业界龙头，仍需要航空人持续不断地攻坚克难。

就眼下而言，在成功首飞后，C919 急需突破两道难关。

第一道难关是进度风险。C919 大型客机首飞后，即将开展的试飞和适航取证，对我国来说是全新的课题，其进度存在一定的风险。在 C919 之前，有一款被称为国产大飞机影子工程的 ARJ21 飞机，它在试飞过程中就碰到了进度风险。

第二道难关是市场风险，特别是国际市场的风险。飞机投入市场必须取得适航认证，但我国民用飞机想拿到美国、欧洲的适航认证并不容易。同时，波音公司研制的新型 737MAX 系列客机、空客研制的新型 A320neo 系列客机，与 C919 飞机的市场定位有些重合，C919 面临着不小的市场压力。

尽管前方还有不少难关，但有一点毫无疑问——C919 这一“大国重器”必将在史册上留下浓重一笔。

因为，C919 放飞的不仅是航空产业的梦想。凝聚着 22 个省市、200 多家企业、近 20 万人的共同托举之力，这架大飞机承载着建设创新型国家和制造业强国的崭新发展理念。C919 所代表的，也不仅是当下中国民用飞机制造的最高水平，更体现着中国工业制造的综合能力。

上世纪 80 年代，运十副总设计师程不时曾乘坐运十从上海转场至成都。途中，他从窗户向外看，长江犹如一条蜿蜒的巨龙摆动，是中华民族流域文化的自然演绎。“我当时想，如果没有长江，很多支流虽然也可以孕育生命，但不会孕育流域的文明和繁荣。正如中国的产业，如果没有航空工业等国之重器的打造，就不会有中国工业发展的‘黄金龙骨’。”

如今，C919 有望成为“黄金龙骨”。因为，它意味着更有科技含量、更有市场竞争力的支柱产业体系。

寻找新动能，打造新引擎，以创新引领产业结构升级，是当下中国经济矢志努力的转型目标和变革方向。“如果中国能够在航空领域真正成功，那它基本上可以说会无所不成。”国外的观察家的这一判断，也从另一个维度揭示了大飞机等“大国重器”具有的战略意义。

C919 的未来究竟会怎样？也许，我们可以借鉴潘建伟团队在解释量子计算机“魔幻”前景时的表述——正如古代发明算盘的人不会想到今天的计算机一样，他也难以准确地预测未来量子计算机的巨大能量。

一切，只能拭目以待。**科技**



5月5日，中国首款国际主流水准的干线客机 C919 在上海浦东国际机场首飞