



■ C919起飞了

桑裴 摄



■ 吴光辉

桑裴 摄

口述者简介

吴光辉,1982年毕业于南京航空学院飞机设计专业,获工学学士学位;2008年毕业于北京航空航天大学飞行器设计专业,获工学博士学位。2008年3月至今,任中国商用飞机有限责任公司副总经理、党委委员,COMAC C919大型客机总设计师,研究员。曾获国防科技成果一等奖,国防科工委个人一等功,全国科技进步成果一等奖。

2007年获党中央、国务院、中央军委“高新工程重大贡献奖”并颁发金质奖章,获国务院颁发的“政府特殊津贴”。

2011年获国家科技进步特等奖。2017年当选中国工程院院士。中共第十七次代表大会代表,第十一届和第十二届全国政协委员。

习近平主席在2018年新年贺词中,说到“科技创新、重大工程建设捷报频传”时,为“C919大型客机飞上蓝天”点赞。我们听了,都非常振奋和激动,同时也感到国家重托的千钧压力!

搞大飞机,是很多很多人参与的宏大工程,有行政指挥系统,有设计师系统,有生产制造系统,有供应系统,还有适航管理系统等等。今天我想从设计师系统这个角度,围绕大飞机的“质量和安全”这个重点,来介绍C919大飞机怎么从2008年开始,一步步艰难走来,怎么从国务院最早交任务时,专家委员会写在纸上的要求,变成一架飞上蓝天的大型客机。

质量与安全意识植入“神经中枢”

我们知道,在研制过程中,总设计师系统包括设计团队和技术线、工程线,是C919大飞机研制的神经中枢,是它的灵魂。飞机研制是一个非常庞大非常复杂非常严密的高端制造工程。特别在前期研发设计工作中,要对大飞机的各项技术设计作出决策,更是责任如天。

说到“质量和安全”,其实对所有的交通工具来说,都是“命门”。然而,汽车也好,火车也好,如果行驶途中发现一些问题,还可以立马停下检查,但是飞机上天后,万一发生安全方面的问题,可是没法停的,那是要引发大祸的。对大飞机来讲,安全性是第一位的,必须确保,因为没有安全性,一切都无从谈起。大型客机的首飞和试飞,一直到航线运营,

要求,自始至终受到国家的高度重视,得到“举国之力和全国之智”的支持。

2008年,我作为C919大型客机总设计师,组织带领设计团队开展了C919总体技术方案的论证工作。当年7月开始,我们商飞公司组织了以上海飞机设计研究所为核心,全国13个省市,包括航空、航天、电子、冶金材料等行业和部门以及有关高等院校等47家单位468位专家组成的联合工程队,在张彦仲院士为组长的20名院士和专家组成的咨询组的指导帮助下,集中攻关,开展联合论证工作。

通过联合论证工作,我们完成了飞机初步总体技术方案的设计。这次大型客机联合工程队为期半年的论证工作,人员之多、时间之长、规模之大,在国家重大项目论证和中国民机发展史上是一次重大创新。

2009年开始,我们组织开展了联合概念定义(JCDP)工作,12月,C919大飞机基本总体技术方案通过了工信部组织的评审,项目正式转入初步设计阶段。

2011年12月7日至9日,工信部在上海组织召开了C919大型客机项目初步设计评审会议。12月9日,评审专家委员会宣布评审结论,一致认为中国商飞公司开展C919大型客机项目初步设计阶段研制工作完整、有效,飞机总体技术方案可行。

按照C919大型客机总体技术方案,C919飞机为单通道150座级中短程商用干线客机。基本型全经济布局168座,混合级布局为158座,基本型航程为4075公里(2200海里),增大航程型航程为5555公里(3000海里);飞机采用综合化、模块化、开放式航电系统和先进的电传操纵及主动控制技术。

确定的总体技术方案显示,C919大型客机具有显著的安全性、经济性、舒适性和环保性。

安全标准贯穿于顶层设计全过程

安全性能对C919大飞机来说,一

直是放在第一位的要素,也是中央领导一直叮嘱和强调的要求。2007年底,国务院领导在调研大飞机项目时就提出要研制一款具有安全性、经济性、舒适性的世界先进的大型客机。当时,就把“安全性”放在第一位。

而对我们设计团队来说,大飞机的质量和安全,自始至终就摆在至关重要的位置上。

首先,从对C919大飞机的定位上,就注定了它很高的安全性。它的定位是世界先进的大型客机,那么在质量和安全性上,当然就瞄准了国际上最新的适航标准及安全标准。

如果用机动车污染物排放标准来打比方,我国民航当时施行的适航标准是“国四”标准,而我们从2008年开始推进C919项目时,就按照“国五”、“国六”标准来设计,除了满足中国民航局适航要求外,还要满足国际适航规章的要求,因此,我们一直在追踪国际上最新的国际最新的适航标准,才可能为我们的C919大型客机赢得今后二十年甚至三十年的生命周期。

当然,将标准升一个级别,绝不是一件容易的事,它是要整体提升的,确实是“牵一发而动全身”。C919飞机仅设计类标准就超过2000项。因此,开展大型客机国家重大专项标准化示范项目的建设,是建立我国民用飞机技术标准体系的起点,将大大提高我国民用飞机设计研发的技术水平。在保证大型客机项目顺利研制的过程中,中国商飞公司承担着我国有关大型客机国家重大专项标准化示范项目的创建工作。

在这里,我还想透露一点,在这些年来的研制过程中,我们在追踪、瞄准国际最新适航标准及安全标准时,也没有将“标准”固化,只要符合国际航行的需求,有利于安全,即使国际适航标准尚未制定,我们也要做。比如:我们在C919设计初期就增加了燃油惰化性要求和最小炸弹威胁的预案考虑。这些新要求都是高于当时国际适航标准的。

在C919研制过程中,党中央的关注和支持一直是我们向更高目标攀登

的强劲动力。2014年5月23日,习近平总书记视察了中国商飞公司,登上了C919样机,并作了重要讲话,他说:“我们要做一个强国,就一定要把装备制造搞上去,把大飞机搞上去,起带动作用、标志性作用。”他还说:“我寄厚望于你们!中国大飞机事业万里长征走了又一步,我们一定要有自己的大飞机。”2015年11月2日,当C919大飞机在上海总装下线时,习近平总书记又在第一时间作出重要指示:向广大参研单位和人员表示热烈的祝贺。希望大家继续弘扬航空报国精神,坚持安全第一、质量第一,脚踏实地、精益求精,扎实做好首飞前的准备工作,为进一步提升我国装备制造能力,使自己的大飞机早日翱翔蓝天再作新贡献。

在这个关键时刻,总书记再一次告诫我们“坚持安全第一、质量第一”,为我们夺取C919首飞的圆满成功,把准了力点,作出了导航。

为了确保C919达到世界先进水平,我们研制团队不仅在飞机定位、适航标准上,往最新版本的标准靠,而且在设计手段、验证手段方面,也按国际上近年推出的飞机及复杂系统的验证流程(4754A)来执行,一直做到现在,基本与国际最新最先进的飞机的做法一样。这样做,虽然增加了一些流程和成本,但是可以保证我们的研制流程是符合质量和安全要求的,有些是高于现今通行标准的。

用户代表全程参与大飞机研制

“开门研制”是C919大飞机研制的一个重要特点。这次,我们在研制过程中,一直同用户紧密结合起来。过去,我们造飞机,更多关注飞机的性能、技术先进性,对用户的需求关注不够。

C919大飞机是国家重大专项,体现了国家战略和国家意志,大飞机梦是中国梦的重要组成部分,我们深感使命光荣,责任重大,但同时研制大型客机又是市场行为,必须严格遵循科学技术

规律、市场经济规律、航空产业发展的规律,注重发挥市场机制在有效配置人才、技术、资金等方面的重要作用,使大型客机满足市场要求,具有商业竞争力。

我们造出来的飞机能否适应市场要求,能否受到用户欢迎,设计团队从一开始做技术方案时,首先就走访了国航、东航、南航和海南等航空公司,我们全都去了,认真听取未来用户的意见。比如对客舱的布局,对货舱的要求,对驾驶舱设施的意愿,我们在顶层设计上,都非常重视客户的意见和建议,特别是对首家用户,更视为“定制对象”,在设计全程都用心倾听他们的意见,对他们的每一条建议都进行深入的分析研究。

东方航空公司是C919大飞机的首家用户。在C919研制过程中,东航就有一个团队,每两周到我们研发中心来一次,由东航研究院副院长、东航飞行管理部原总经理带队,飞行员、机务人员、乘务员都有代表来,有时来五六位,有时来七八位。他们每次来不谈商务,只谈技术,大都围绕飞机安全性、先进性、舒适性的提升畅所欲言。这个地方怎么弄,那个地方怎么弄,飞行员、机务人员、乘务员都从各自的角度,结合各自不同的经验,提出自己的意见和建议,供我们设计团队参考。

几年来,我们一直在倾听他们的意见,采纳他们的建议,不断对一些技术软件和设施细节进行改进。比如C919驾驶装置是采用传统的操纵盘,还是操纵侧杆,就颇费周折。这个难题有点像开汽车,是选择手动挡还是自动挡?我们设计团队从一开始就有两种意见。一种意见是坚持操纵盘,这样更适合经验丰富的资深飞行员的驾机习惯,而且操纵盘同副驾驶的操纵设施还可联动;另一种意见,力主选择侧杆,因为在同航空公司年轻飞行员,大致是30岁到40岁的飞行员接触中,几乎众口一词都选择侧杆。

在研制过程中,我们又得悉侧杆

式装置也可联动的最新技术信息,这就促使我们最后选择了侧杆的方案。现在看来,这个选择完全正确,符合国际民航的技术趋势,得到业内好评。

听取用户代表的意见后,我们对大飞机好几个设施都作了更改。比如驾驶舱的门锁是密码锁,不能轻易打开,一旦客舱发生情况,驾驶舱内也可反锁。但假如再出意外,两名飞行员都不行了,密码锁又怎么解开呢?自然还有解码装置。这是互相制约的一个安排。问题是这个装置安装在什么地方呢?经我们同东航代表反复探讨,终于找到了一个既隐蔽又方便使用的位

置。这样的例子很多。就说机上的氧气瓶吧,首先,它是必备的;其次,也存在一定的安全隐患。比如充氧操作不当容易起火,或者发生氧气泄漏。那么,氧气瓶在机舱内放在什么位置较为妥当呢?东航的代表向我们提了合理化建议,最后在设计中,我们将氧气瓶的放置点安排在一个通风较好且开舱容易的位置。

在C919设计研制过程中,让航空公司代表深度参与,不断提出改进建议的做法是非常正确的。因为他们公司的好几百架飞机,经过多少万个小时的使用、维护,都积累了相当丰富的经验,他们是最有发言权的,认真听取客户的意见特别是首家客户的建议,不仅是为了市场销售,更重要的是为了确保飞行安全。从这个角度讲,我们同客户,同首家客户的目标是一致的,因为首家客户飞好了,后边就好了;它飞不好,后边也不会好!

新材料为大飞机安全再加把“锁”

100多年来,材料的更新一直伴随并推动着飞机的升级发展。航空结构材料百余年来大致经历了五个发展阶段。1903年,飞机问世之初,主要是木、布结构;第二阶段,飞机的结构材料以铝和钢为主;第三阶段是上世纪

五六十年代,铝、钛、钢三位一体成了飞机的主要结构材料;第四阶段是上世纪70年代之后,出现了复合材料;第五阶段是本世纪初至今,进入了复合材料为主的时代。同时,在中短程飞机中,性能不断改进的铝合金和钛合金,则有不可或缺的地位。

而C919机身大部段,经总设计师团队的分析、比选和反复试验,决定采用第三代铝锂合金材料。这样的选择最后证明是正确的,特别是用于C919这一型号的机身,是相当合适的。当然,这种新材料在民机大规模应用还是首次。为此,我们会同中航工业洪都航空,经过近三年2500件试验件的试验,终于完成稳定工艺条件下20批次的材料性能数据测试,逐步建立起型号材料规范体系和设计用性能数据库系

这些测试的数据和结果,为新材料投入大飞机应用奠定了基础,也为C919大飞机的安全性增加了“砝码”。由于C919机身大部段采用了铝锂合金新材料,从而使飞机这部分的结构减重6%,以后随着进一步改进并完善,有望达到减重10%。飞机自重减轻,当然有利于提升安全性,且能提高经济性,还有利于减排、环保。

我们C919大飞机的机头也是“过硬”的。长度为6.66米的机头部段,包括座舱前风挡、前起舱、壁板、机头地板和应急出口等几大部件。这个机头,选用了4块钛合金蒙皮来增加强度,效果甚佳。在抗鸟撞实验中,可以承受2公斤重的飞禽以每小时800公里的速度撞击机头,经查验,没有发现机头有明显缺损。

开展充分地面试验排除飞行隐患

C919飞机有一个亮点,就是它对它第一架飞机2017年5月5日首飞全程,包括第二架飞机2017年12月17日首次飞行的全程进行了直播,在飞行过程中没有发生过一起故障,甚至连告警信息也没有。其原因,就是我们

C919大型客机是国家重大专项的一个重点;从2017年5月5日首飞圆满成功,更成为社会关注的热点;同时,广大受众对它的安全性和适航取证的关切,也使之成了公众关注的焦点。鉴此,2018年1月5日,中国商飞公司副总经理、C919大型客机总设计师吴光辉院士在商飞公司总部会议厅,从设计师系统这个角度,紧扣C919大型客机的“安全性设计”这个重点,接受了媒体的访谈。

扩展了地面试验的范围,并延长了地面试验的时间。

在研制过程中,我们总设计师系统和其他系统协同,将前期工作做得很细。我们把所有系统的工作,都尽可能在地面完成;将所有的问题,都尽可能在地面试验中发现并解决;将所有上天后可能存在的隐患尽可能在地面试验中排除。

这里,我举个例子:我们在对C919顶层设计中,制订了设计理念,对驾机无忧操作就增加了安全性措施。

按照设计通则和飞行规律,对每一个飞行设备都有一个安全性分析,都会考虑到在每一百万小时飞行中,只能允许有一次灾难性的故障发生。针对这个万一发生的故障也必须在设计中有个防范的预案。

就说发动机吧,我们在设计中,当然配备两台发动机。这样一来,如果有一台发动机发生故障,另一台发动机会正常工作,保证飞机能够继续安全飞行。但万一两台发动机都意外发生故障又怎么办呢?我们在飞机上还配备有冲压涡轮发电机和一套辅助动力装置,在关键地方加了一个蓄电池,使得我们的飞机在突发意外时,还会有电,飞机系统还能运转。

这是一个案例,从中可以看出,我们在顶层设计中,一般会采用几套系统,但这样做又会增加成本,增加飞机自身重量,我们又必须在确保安全需求的前提下,辩证地看待这个问题,把握好这个度。

再有,我们在设计中,对机上零部件都有个“时寿件”的规定,就是说它们都有一定的使用寿命,我们再加一个安全系数的规定,保证它们在使用时限还没到期,就必须置换更新,以确保飞行安全。

C919大飞机,不包括机载系统,仅它自身的部段、部件,如果全部拆成零件,总共约有100万个小零件。而我们在研制中要对每一个零件,哪怕是一颗螺丝、一块芯片,都要验证它是否符合质量合格、性能可靠。在我们C919的

飞行控制系统中,每一个小设备都必须经过四五十项质量和安全测试,全部通过,才能贴上合格的标签。

这么严苛的要求,对民用客机来说,都是必须的。民航飞机一旦投用,将搭载成千上万的乘客,将承受成千上万条生命的信任。安全飞行必须放在首位。如果没有安全的前提,任何精妙的设计、漂亮的外观、舒适的设施都将归零。

正因为民用客机“人命关天”的特殊要求,也逼使民用客机的制造业,要上到高端装备制造“宝塔尖”的位置。它是世界上最复杂最高端的工业系统,它代表着一个国家装备制造业的水平。

扎实的前期工作和充分的地面试验,使C919的研制取得巨大成效,确保了它从下线,到滑行,到首飞,到二次试飞,以至于第二架飞机的首飞都非常完美,没有缺憾。

由于在C919驾驶舱里安装的显示屏是可以实时播发的,所以在它首飞和试飞时,我们在地面管控中心都能实时看到显示的数据。如果显示屏里出现绿色数据是表示飞行中的正常值;如果出现黄色数据,是表示出现了小故障;如果出现琥珀色数据,则表示发生了较大的故障。但让我们欣慰的是,在首飞和第二架大飞机的首飞中,全程只见绿色数据,黄色数据和琥珀色数据一次也没有出现过。

C919飞机的试飞将按预定计划进行,试飞阶段我们将先后投入6架试验飞机,经过不同条件下的反复试验试飞,充分收集试验数据,确保飞机满足适航要求,达到安全指标。C919大型客机也受到了用户的欢迎和信任,迄今已接到订单785架。

我们C919大型客机完全是正向设计,完全是自主研发,拥有完全自主的知识产权,并且是按照国际民航业界最新的设计理念、最新版的适航要求和安全标准来设计研制的,所以我从设计目标、设计要求的角度再说一句:C919是安全可靠的飞机。



■ 国产大飞机(C919)首飞成功

本报记者 刘歆摄



■ C919大飞机总装下线

本报记者 陈梦泽摄