中国航空报 CHINA AVIATION NEWS
2018年11月10日 星期六
责任编辑：李梦依 联系电话：010-85672315 美术编辑：钟军

航空工业一飞院研发中心　详细设计评审会　科研攻关现场　首飞现场

从专项到体系，为祖国海天织就攻防天网

——航空工业空警2000研制回顾

本报记者　刘文波　李梦依

今年11月11日，是我国第一架自主研制的大型空中预警飞机——空警2000首飞15周年纪念日。回忆起当年的首飞情景，航空工业第一飞机设计研究院的很多工程技术人员眼睛里依然闪着泪花：“真是太激动了！从此我们不再受制于人！”

作为现代化空中作战体系的核心，战略性空军的体现，国家综合实力和科技水平标志性装备的空警2000飞机，她的诞生，使我国跻身世界上少数几个具备大型预警机自主研制能力的国家行列，标志着我国空中预警体系的建设取得了跨越式发展。

这架被称作“争气机”的大型预警机空警2000，牵动着党和国家领导人的心，也被解放军指战员热切期盼。大型预警机从开始立项研制，到实现载机首飞，再到完成全状态首飞并交付部队试用。短短几年的时间，中国的科技人员就攻克了重重技术难关，掌握了这项世界先进的武器装备，在中国航空工业史上创造了奇迹，也为我国大飞机的研制奠定了技术基础和人才储备；在之后的15年里，大型预警机不断完善，保卫海空，造福民生。

15年前，不少航空人为了她默默无闻地焚膏继晷、戮力攻关。15年后，记者终于有机会，走进他们，倾听他们的感人故事，记录他们的艰辛探索，感受他们“航空报国”的万丈豪情。

超常规组织架构 形成航空装备研制全新模式

作为航空武器装备的重大专项，空警2000的研制，是在世纪之交的特殊环境下超常规启动的。短短几年的时间，就实现了重大突破。

世纪之交，国际形势风云变幻，波诡云谲。面对错综复杂的国际形势和周边局势，党中央、国务院、中央军委英明决策：集中力量把我军的武器装备搞上去，提升我军武器装备的现代化水平，以捍卫国家主权，保护国家利益和资源安全。于是，作为现代化高技术条件下信息化作战不可缺少的重要军事装备——大型预警机的研制被提上了议事日程。

预警飞机就是装有远程警戒雷达，主要用于搜索、监视空中或海上目标，指挥引导己方飞机执行各种作战任务的特种飞机，它可以凭借强大的侦测力量和信息处理能力，将来犯之敌尽瞄眼底，更能指挥协调空中作战和精确打击，被誉为现代战争的“兵力倍增器”，是现代化战争中作战指挥系统的重要组成部分，是实现一体化、信息化作战的必备武器，是高技术条件下一体化联合作战必不可少的“神兵利器”，一直是各军事强国着力发展的重点，此前世界上只有美、俄、以色列等少数国家具备研制能力。

“想成为天空的主人，重要的不是你拥有多少利剑，而在于你拥有多强的耳目。能够通过雷达远程探测、指挥协调飞机空中作战的预警机，就充当着‘耳目’的角色。是现代战争中必不可少的‘空中司令部’，是未来战争的关键所在。”这是对于空中预警体系的国际共识。

这是新时期国防科技领域一项具有里程碑意义和重要战略意义的重大工程。在面临技术封锁、资料短缺、经验不足的条件下，航空工业、中国电科和中国空军一起，边设计、边试验、边生产、边试飞、边试用、边交付，开始了我国第一架大型预警机从无到有的研制历程。

21世纪初，我国大型预警机开始立项研制。

很显然，没有超常规的体制创新，不可能完成这一超常规的任务。

总装成立预警机建设领导小组。空警2000在国内飞机研制中首次采用双总师制，分别在航空和电子领域挑选帅才担任总设计师，由当时的中航一集团和中国电科共同承担研制任务，中航一集团承担航空总师，中国电科承担任务总师。603所（一飞院前身）吴光辉作为该型号的航空总设计师，中国电科陆军任任务电子系统总设计师。

大型预警机的研制首次采用航空、电子双总师制，双方的技术体系不同，技术标准各异，对技术的需求认知也存在偏差……双方的协调和磨合就显得异常重要。

大型预警机的研制，是一个多项工作并行交叉的系统工程，航空系统内部除设计、制造、试飞三大家外，还有几十个成品配套研制单位。涉及的单位众多，同样，协调工业也异常复杂。

研制过程中，各种协调工作都是由不同的会商来解决的。“每月一次的双总师协调例会，航空和电子系统的总师主持召开会议，主要解决技术问题；一旦遇到问题就随时召开的专项会，研制过程中遇到的问题随时随地及时解决；还有具有综合性质的三办会，空军、航空系统、电子系统办公室联合召开会议，协调处理计划管理和技术问题，从而更快地把总师系统的决策、行政计划和管理结合在一起。为了更便捷地沟通，航空系统和电子系统还采取特殊措施，开通点对点的信息传递路径。”回忆起当时的情形，不少设计人员还历历在目。

沟通并不是一帆风顺的，数不清的通宵协调会都是在争论中度过，达不成共识绝不散会。一飞院型号现场办公室非常坚持原则，以至于被人称为“阎王办”，遇到原则问题、质量问题、安全问题，绝不妥协和让步。但是，无论怎样争论，参研的各部门和各单位，都是奔着一个共同的目标——早日研制出具有我国自主知识产权的大型预警机，正是这一共同的信念和目标，使得大家可以彼此包容和理解，最终形成了一个以航空安全为准的工程研制标准。

从不认识到磨合，从认识到理解，不知道经过了多少次面红耳赤的争吵和讨论，参研多方打破了行业和部门的界限和壁垒，渐渐达成了默契，形成了以大协作精神为基础的中国大型预警机独特的研制模式。

2003年，空警2000实现了载机首飞，随后完成全状态首飞并交付部队试用，中国成为世界上少数能够独立研制大型战略预警机的国家之一。

之后，首架空警2000交付部队。再然后，所有架次交付部队。

她的横空出世，实现了我军信息化装备建设的历史性跨越。温家宝总理闻讯欣然批示：“意义重大，特此祝贺！”

超常规不超程序，自研制以来，研制全线统一标准，统一要求，严把质量，死守节点，在每一个研制节点，无重大质量问题，无重大安全事故，无未完成工作项，交出了一份份满意的答卷。

超常规的集智攻关 实现超常规的研制速度

面对一压再压的研制节点，所有参研人员和单位都明白，没有超常规的攻关，是不可能完成任务的。型号动员会上，一飞院管理层向大家喊出了“使命高于一切，责任重于泰山。苦干实干科学干，拼死也要拿下‘撒手锏’工程。”“超常规不超程序”，将全体职工的心紧紧凝聚在为国家、为民族而战的使命上。

就是从那个时候起，一飞院全线又一次开启了6 1 1工作制——每周工作6天，每天工作11小时，并抽调精兵强将迅速成立了一系列各项目攻关团队和党员突击队，有针对性地进行项目攻关。

这是一张一飞院人再熟悉不过的照片：一个普通的午夜，一飞院的设计大楼灯火通明，每扇窗户都亮着灯，每一个窗户里边，都有几个人在加班攻关，这就意味着有2000多人在挑灯夜战……他们中间有博士、有硕士、有学士，有才高八斗的院士，有普普通通的设计员，有白发苍苍的老专家，还有身怀六甲的孕妇……为了一份崇高而伟大的使命和责任在挑灯夜战。

在型号攻坚的过程中，总师吴光辉多次上机跟飞，与机组交流实际体验，找到问题排除故障，首飞时伴随首飞机组完成了任务；身患胆结石的专业室主任，从会场下来直接去医院做手术，手术完第三天就回到工作岗位；负责发电机的老专家，退休了还在坚守岗位；试飞中，液压管出现断裂问题，负责该技术的副总师就在飞机地面开车环境下，独自躺在起落架舱里，手持摄像机全程拍摄液压管路工作情况，迅速分析并找到原因，排除故障；试飞保障团队、试飞员和使用部队的组建也历经了从无到有，从学习到使用，互为学员互为教员的过程……

再苦再累，大家心里只有一个共同的目标。

然而，空警2000是我国实现一体化、信息化作战，实现攻防兼备的重要‘撒手锏’，使命之重、进度之紧、难度之大前所未有。她的研制有很多特点：设计、试验、生产、试飞、成品研制高度交叉并行；型号研制与保障条件建设并行；时间进度任务难度的矛盾冲突，等等，不一而足。

2009年10月1日，国庆60周年大阅兵

对于这样一个复杂的系统工程和异常紧张的研制节点，仅仅有辛苦的付出是远远不够的，还必须有创新突破的研制方法和研制思路。

详细设计发图的战幕即将拉开之际，研制工作遇到了第一个拦路虎：缺乏原机数据资料。由于种种原因，科研样机迟迟到不了。总师系统不等不靠，多方协调，组织测绘人员上北京、赴长春、下当阳测绘。科研样机抵达阎良后，又组织各专业大规模介入测绘，获取飞机改装所需的各种数据。这一次，一飞院采用国际先进的激光跟踪仪测量外形数据，即在同一坐标系中完成超大复杂物体的外形测绘。两年时间，在不同地点、不同飞机上，测绘人员共进行了5次大型实体外型测绘，获取了50万个测量点的测量数据，最终完成了型号设计所需的全部测量任务。

对于飞机而言，总体气动布局的重要性不言而喻。预警机是用飞机把大型雷达带到空中，发挥雷达的威力。头顶多了一个庞然大物，势必会影响飞机的阻力和重心，阻力、重心的变化，对飞机在空中的平衡带来了影响。比如说，由于加装了圆盘，引起重心上移，飞机在改变姿态、改变航向时，就会出现航向稳定问题，这对飞行安全造成巨大威胁。为了解决航向稳定性问题，一飞院经过多次试验和计算，对后机身进行改进，增加安装了腹鳍，改变了飞机的气动布局，问题得到了圆满解决。

强劲的雷达需要大功率的电源支撑，运输机配备的电源域量不大，不能满足预警机上的用电设备需求，所以要增加发电功率。国内最大的电机为60千伏安，空警2000所使用的电机是它的几倍。对航空工业来说，这是我国第一次研制这么大供电量的电气系统，这不是一个简单的数量叠加，而是技术上的跨越。全世界掌握大功率航空用电机研制技术的只有美、俄等国。经过无数次的研究和试验，我国终于研制成功了大功率发电机，成为世界上少数掌握大功率发电及供配电系统技术的国家。

雷达在空中飞的时候需要解决两个问题：一是冷却问题，二是制热问题。这就需要我们研制大流量液冷系统，这也是国内首次用大流量液冷系统解决制冷制热问题来保证雷达的正常工作。液冷系统是全新研制的任务支持系统。液体冷却在飞机系统中的应用国内尚无先例，工作得从零开始。历时近一年半，一个技术先进、功能齐全、规模最大，也是国内唯一的飞机液体冷却实验室在一飞院建成并通过专家组验收后投入使用。一系列的试验表明，液冷实验室的功能和技术指标完全达到了设计要求。

电磁兼容问题也是一大难点。预警机上有那么多大功率的用电设备，种类多、仪器多，电磁波环境非常复杂。通过频率的隔开、时间的错开以及从位置、距离上的分布这三方面着手，在细节上采取屏蔽措施，从而解决电磁兼容的问题。

在空警2000的研制中，总体气动、结构强度、液冷系统、电气系统、飞控系统、电磁兼容，这六大关键技术一一被攻克。

在研制工作中，除了各项具体的技术问题，另一项重要的选择同样举足轻重。该型号的研制节点和有限经费不允许制作物理样机，因此用电子样机代替物理样机成为研制工作的关键，但在国内的飞机研制中，采用电子样机还是一项颇具创新且并不确定的工作。一飞院大胆走创新之路，采用国际先进的计算机三维数字化设计、电子样机、VPM产品数据管理技术。科研人员在突破全机电子样机制作、协调、管理的关键技术后，建立了该型号全机电子样机。用全机数字样机取代物理样机进行转阶段评审，实现了国内飞机研制生产方式的创新变革。采用三维设计和全机数字样机技术后，一飞院缩短了60%的设计周期；提高了设计质量，减少了40%的设计反复；西飞公司与一飞院紧密结合采用一体化设计生产技术，对关键大部件进行全数模生产，大大缩短了试制周期，提高了制造质量，减少了试制返工，其直接和间接的经济效益是巨大的。

一系列关键技术的突破性进展，为大型预警机的研制铺平了道路。

空警2000创造了世界预警机发展史上的9个第一，突破100余项关键技术，累计获得重大专利近30项，是世界上看得最远、功能最多、系统集成最复杂的机载信息化武器装备之一。

2009年10月1日，国庆60周年大阅兵，空中受阅梯队以高难度的编队，气势恢宏地飞过天安门上空，接受了党中央和全国人民的检阅。在这支由15个型号、151架各型战机组成的空中梯队中，身躯庞大，背上背着一个大圆盘的空警2000作为领队飞机，在8架歼击机的护卫下，米秒不差地飞过天安门上空。

实至名归，空警2000飞机荣获国务院颁发的国家科学技术进步特等奖。

美国知名智库詹姆斯敦基金会发表评论：“中国采用相控阵技术的空警2000比美国的E-3C预警机整整领先一代”。

谁也没想到，短短几年时间，中国的科技人员从零起步，攻克了重重技术难关，掌握了这项世界先进的武器装备研制技术，在中国航空工业史上创造了奇迹。

超常规的思维 创建大国空中预警体系

大型预警机的交付使中国一跃成为世界上少数有能力研制大型预警指挥机并形成装备的国家之一。它改变了我军作战指挥模式单一的状况，形成了地面指挥与空中指挥相结合的指挥方式，大大提高了我军装备体系的作战能力，实现了我军信息化武器装备的跨越式发展。

但是，空警2000研制成功并交付部队，其意义要深远得多。

习近平总书记在党的十九大报告中，明确提出了未来战争就是“祖国和人民的利益在哪里，保障就要在哪里”，这绝不仅仅是一型飞机所能完成的。建立我国完善的空中预警体系，这是每一个航空人的宏伟愿景，也是使命所在。在这条道路上，空警2000的研制成功，是一个重要的里程碑。

其实，中国早在1960年代就开始了空中预警机的概念研究，这应该是我国空中预警体系建设的发端。1970年代，我国制造出了以图-4为搭载平台的空警一号，但该机的技术水平有限，无法用于实战。

此后多年，由于受到西方封锁，中国始终没有办法引入先进的预警机技术。后来，国家终于做出决策，自主研制大型空中预警指挥机。

21世纪初期，在错综复杂的国际形势和周边局势威胁下，在捍卫国家主权、保护国家利益和资源安全的重要使命下，中央领导就研制预警机做出明确指示：“研制部门要争口气，否则迟早要被别人‘卡脖子’。”

就是凭着这种为国家争气、为民族争气的拼搏精神，航空、电子两大方面军只用了短短几年的时间，就完成了大型预警机的研制重任。中国人自行研制的大型预警机，将对空预警机和对地侦察机的双重功能融于一身，是一款“空地海并重”的预警机，其战术性能和技术性能均达到了国际先进水平。

大型预警机交付部队后，曾在多次军事演习中出色地完成了任务。在2008年四川汶川大地震期间，大型预警机对数量众多的救援飞机进行监管，协调各类飞机进入狭小空域，为抗震救灾做出了重要贡献。在举世瞩目的2008年北京奥运会期间，大型预警机奉命参加了奥运安保工作，并以100%的出勤率和完好率，出色完成了奥运安全保卫任务，使用部队首长评价说，大型预警机的投入，使北京奥运的安保工作“耳朵更灵、眼睛更亮”，在整个安保工作中发挥了极为关键的作用。

空警2000的成功研制和部署使用，不仅使中国在武器装备体系功能上弥补了空中预警探测的空白，而且在防空作战指挥上也实现了从“平面”到“立体”的跨越。中国空军的作战模式发生了革命性的变化。改变了我军作战指挥模式单一的状况，形成了地面指挥与空中指挥相结合的指挥方式，大大提高了我军装备体系的作战能力。

在空警2000技术的基础上，中国空军和国内相关单位继续向纵深发展，又研制了空警200等型号的预警机，尤其是根据应对新世纪威胁的需要，采用了数字雷达技术，发展出第二代空警500预警机，将中国预警机的水平又向前推动了一大步，初步构建了我国的空中预警体系。

我国目前在预警机领域的研制能力完全达到了世界先进水平，空中预警体系是未来战争体系的核心。航空工业利用自身优势，主动肩负起航空体系研究的重任，掌握主动权，紧抓顶层设计。航空工业一飞院未来也将着重建设空中投送等几大体系规划，助力提高我军装备体系的作战能力，实现我军信息化武器装备的跨越发展。

这一项目，不仅获得了国防建设所急需的关键大型装备，也锻炼了一支能打硬仗的技术队伍，培养出了大批技术专家、业务骨干、管理人才，成为带动预警机发展的生力军；建设了一批技术先进的基础设施，从整体上提高了航空、电子行业的技术实力。同时，也为后续型号研制积累了宝贵经验。空警2000的研制成功，还为我国民用大飞机的研制奠定了技术基础和人才基础。

装备现场领导小组召开的第十二次工作会，也是装备领导小组的最后一次协调会上，总装的领导给双总师单位办公室颁发了牌匾，牌匾上写着：“空警2000型号研制先进单位”。也是在这次会上，大家提炼出了预警机精神：“自力更生、奋发图强的坚定信念；勇攀高峰、敢超一流的进取意识；攻坚克难、百折不挠的顽强斗志；同舟共济、团结协作的全局观念；淡泊名利、无私奉献的高贵品质。”这一精神已经融入每一个参与空警2000研制人员灵魂深处，成为大家共同守望的内心信念。

随着空警2000的成功交付和装备部队，大型预警机重大专项顺利完成，装备领导小组完成了光荣而艰巨的历史使命，随即解散。然而，建设我国未来空中预警体系的大工程才刚刚走上正轨。

航空人依然任重而道远。

地址：北京市朝阳区京顺路5号曙光大厦C座四层（100028） 社长：刘弘毅 总编：魏轶群 总编室主任：刘文波 84024254 广告/发行部：64074020 传真：64023116 投稿邮箱：news@cannews.com.cn 每周二、四、六出版 全年定价290元 广告经营许可证：京东工商广字第0113号 中国青年报印刷厂印刷