

2020年11月18日, 耄耋之年的中国工程院院士、“飞豹”战机总设计师陈一坚, 荣获第十四届航空航天月桂奖终身奉献奖。

在这样一个高光时刻, 我们将目光再次投向这位航空总师, 再次翻开“飞豹”尘封的记忆。1988年12月, “飞豹”一飞冲天、首飞成功。自此, 我国有了国产歼击轰炸机, 也是拥有完全自主研制、比肩世界先进水平的战机。

十年制成, 十年试飞, 陈一坚将自己的人生与“飞豹”融为一体。“飞豹”研制历程用“过五关、斩六将”形容毫不为过——没有国外原准机参照, 没有成熟的科研基础, 项目多次面临“下马”困境。陈一坚带领团队成员白手起家, 顽强拼搏, 艰苦攻关, 自主创新造出具有世界先进水平的战机, 书写了新中国航空工业史上的奇迹。

“飞豹”横空叩天阙

——记“飞豹”战机总设计师陈一坚

■杨元起 陈磊

军工科普

汽车发动机为何难造

■穆晓磊 王庆



发动机犹如汽车的“心脏”, 直接决定汽车动力性能。众所周知, 汽车发动机制造难度大, 科研经费投入大。那么, 发动机为何如此难造? 又需要破解哪些核心技术问题?

18世纪中叶, 瓦特发明了蒸汽机。此后, 人们开始设想把蒸汽机安装到车上, 为车辆提供动力。不久后, 法国人居纽成功把蒸汽机安装到车上, 人类便拥有了第一辆蒸汽驱动的三轮汽车。在200多年发动机发展历程中, 其工作原理从未发生变化, 都是把内能转化为机械能。这一原理看似简单, 具体到发动机内部, 其核心技术却又异常复杂。

研究结果显示: 发动机性能取决于能量转换效率, 转换效率越高发动机性能越好, 而转换效率主要受材料调配比例、金属铸造、机械加工、装配方式等因素影响。这些工艺步骤, 都需要进行无数次试验, 任何步骤出现疏漏都会导致发动机项目研发失败。发动机启动后, 外壳要承受巨大压力和高温, 这对缸体材质提出特殊要求, 铸铝或铸铁成为缸体材料的首选。发动机缸体制造方法利用了铸造工艺: 把金属融化成液体倒入模具浇铸成形。这个过程, 降温处理是一个难点, 凝固时的残余应力、排气、脱模等环节不能有丝毫差错。

当缸体成型后, 零散部件需要与高精度零件组合, 在加工高精度零件时, 不同的方向和走线会使零件寿命产生巨大差异。特别是加工发动机活塞, 更需要千万次来回做功, 在保证极低误差要求下, 气缸才能实现较高密封性。

一些零件安装必须用特定工具完成, 工人拧螺丝的顺序、力道都有讲究, 还要与高精度仪器配合默契。在装配过程中, 哪怕缝隙里出现一个细小颗粒, 经过发动机上万次运行研磨后, 都会造成发动机的致命损伤。

上图: 第80集团军某旅官兵检修发动机。

军用轮胎如何防爆耐磨

■朱强 刘建元



在战争影片中, 我们经常看到这样的场景——军用车辆在枪林弹雨中穿梭, 即使轮胎被子弹或弹片击中, 车辆依然能够正常行驶。那么, 军用轮胎是怎样防爆耐磨的? 身上又有哪些“黑科技”?

早期的军用轮胎设计很简单, 外形与普通民用轮胎大致相同, 就是把普通民用轮胎尺寸放大、胎体加厚。如果把普通民用轮胎比作气球, 那么军用轮胎就是加厚版的气球, 一旦碾上尖锐物品, 也难逃爆胎的厄运。

随着科技快速进步, 军用轮胎迎来了“脱胎换骨”的改变: 材料技术升级, 用复合材料替代橡胶材料, 并加厚了轮胎的侧面厚度; 胎体帘线采用特殊材料, 强度是普通钢丝的5-6倍, 提升了轮胎的耐用性和坚固度, 拥有良好的防弹性能; 增加了内衬层, 在轮胎内部保留质地软、密度高、粘性强的胶质物。当轮胎完整时, 这些胶质物可以在轮胎内部自由流动。轮胎一旦被扎破, 胶质物会迅速堵住漏洞, 使战车依然能够正常行驶。

此后, 轮胎设计师又研制出了无气轮胎, 彻底解决了车辆爆胎问题。目前, 无气轮胎有2种: 一种是弹簧无气轮胎, 它的内部材料是橡胶, 用弹簧作为支撑, 弹簧能替代空气承担缓冲和减震作用; 另一种则是无气蜂窝轮胎, 轮胎内部就像一个蜂窝, 通过网状结构为车辆提供支撑力。由于两种轮胎都是无气设计, 自然不必担心爆胎漏气的问题, 无气轮胎已成为未来军车重点发展方向。

上图: 陆军某试验大队对某型车辆轮胎进行测试。

军工英才

“他带着大家白手起家, 搅拌水泥、砌筑砖墙的全是飞机设计师”

上世纪70年代末, 世界各军事强国纷纷推出新型歼击轰炸机, 中国“飞豹”战机项目也在这一时期上马。1981年, 由于国家财政紧缩、军费削减, “飞豹”战机由重点型号降为“量力而行”项目, 几乎处于停滞状态。

为保住“飞豹”战机项目, 总设计师陈一坚全力以赴: “我理解国家的难处, 但部队期盼到这个地步, 我们干不出来太丢脸了!”

“他在‘量力而行’后面加上了‘有所作为’四个字, 大家的信心一下子就上来了。”“飞豹”副总设计师高忠社回忆说, 陈一坚鼓励身边工作人员, 艰苦奋斗照样可以设计飞机。

在国家停拨研制经费后, 其他配套单位也停止研制, “飞豹”设计团队绝大多数是刚毕业的大学生。参与过飞机设计全过程的, 仅有陈一坚等几个人。当时, 不少人质疑: “能设计先进战机吗?”

面对外流的流言蜚语, 陈一坚毫不动摇, 带领“飞豹”设计团队继续开展攻关。他们靠手摇计算机和计算尺处理成千上万组数据, 用铅笔和尺子在图板上一点点画出了数万张图纸。

1982年, “飞豹”战机项目的命运出现转机——“飞豹”战机重新列入国家重点型号, 转入全面详细设计阶段。

这也许是世界上最简陋的“航空试验室”之一——临时搭建的芦席棚、露天运动场。夜晚, 设计人员借着路灯完成当时国内最庞大、最复杂的飞机地面模拟试验。不远处, 是设计院职工自己动手建成的强度试验室。时任航空工业集团某所所长任长松回忆说: “试验室建成后没有院墙, 他带着大家白手起家, 搅拌水泥、砌筑砖墙的全是飞机设计师。”

为了破解地面试验中出现的技术问题, 陈一坚牵头成立机头、气动布局、动力路线等6个攻关组。最初全机设计超重, 他提出“为减轻一克重量而奋斗”的口号, 梳理150多个减重办法, 超额减重10多公斤; 挂架与武器不匹配, 他带领强度设计师通过计算确定载荷范围, 研究改进挂架, 首创翼尖侧向挂架、投放副油箱设计; 年轻技术人员提出伺服颤振问题, 他坚持“宁信其有, 再麻烦也要改”, 扩展模拟台、反复试验、修改设计, 成功排除重大技术隐患……

“凡涉及关键问题, 他都要亲自赶赴现场。”环控救生专家莫文炜回忆说,



火箭弹发射试验有一定危险性, 可陈一坚总是等到红色信号弹发射后才撤离现场。

一次偶然机会, 陈一坚发现了国外更先进飞机的设计规范。他暗下决心, “飞豹”战机的设计规范要与国际接轨。改变沿用几十年的老规范, 谈何容易。面对“后果自负”的质疑, 陈一坚说: “如果不去尝试, 就会永远穿新鞋、走老路, 花了那么多的钱, 制造不出来先进飞机, 技术上没有进步, 是对国家和人民不负责任。”

新规范确立了, 困难与考验接踵而来。选择新规范, 意味着运算量呈现几何级增长, 非用计算机不可。当时, 全国最先进的计算机仅有3台。陈一坚和设计人员在北京苦等了40多天, 终于拿到了计算机。

“勒紧裤腰带”买来的先进计算机, 一开始无人会用。陈一坚买来书籍, 资料, 白天在研发现场指挥, 到了夜深人静的时候, 他又开始从头学习计算机知识。50多岁的陈一坚靠自学, 编写出简单的飞机设计运算程序。

那段时间, 他既是“飞豹”总设计师, 又是航空工业部计算机辅助飞机设计、制造及管理系统的主任工程师。与40多位高校教授和科研人员联手, 用了5年时间研制出当时集成度最高的计算机辅助飞机设计系统, 该成果荣获国家科技进步二等奖。

他带领团队兼顾先进性和可行性, 尽可能地用最先进的技术用在“飞豹”上, 再把运用新技术的风险降到最低。飞机惯导系统研制成功后, 飞机设计状态已经冻结。原设计中并没有惯导系统, 改装意味着技术风险, 还要重新设计总线、接口。

“惯导系统对于长距离飞行十分重要, 现在赶上了不装岂不可惜, 出了问题我负责。”陈一坚下定决心, 组织设计团队重新设计系统。在“飞豹”服役后, 先进的惯导系统便于飞机控制, 受到部队飞行员的普遍好评。

在国外航空界, 有这样一条“铁律”: 如果一架飞机运用新技术突破40%, 研制成功概率不足50%。而“飞豹”战机运用新技术的比例正是40%。

明知山有虎, 偏向虎山行。在飞机设计阶段, 他对同事们动情地说: “不能让‘飞豹’一服役就落后, 这个风险需要我们这一代人承担起来。”

当时, 他们只听说过歼击轰炸机的概念, 没有样机, 没有参考型号, 甚至没有可用的设计规范。我国航空工业用的还是上世纪五六十年代的老旧规范, 与“飞豹”设计要求有很大差距。

火箭弹发射试验有一定危险性, 可陈一坚总是等到红色信号弹发射后才撤离现场。

一次偶然机会, 陈一坚发现了国外更先进飞机的设计规范。他暗下决心, “飞豹”战机的设计规范要与国际接轨。改变沿用几十年的老规范, 谈何容易。面对“后果自负”的质疑, 陈一坚说: “如果不去尝试, 就会永远穿新鞋、走老路, 花了那么多的钱, 制造不出来先进飞机, 技术上没有进步, 是对国家和人民不负责任。”

新规范确立了, 困难与考验接踵而来。选择新规范, 意味着运算量呈现几何级增长, 非用计算机不可。当时, 全国最先进的计算机仅有3台。陈一坚和设计人员在北京苦等了40多天, 终于拿到了计算机。

“勒紧裤腰带”买来的先进计算机, 一开始无人会用。陈一坚买来书籍, 资料, 白天在研发现场指挥, 到了夜深人静的时候, 他又开始从头学习计算机知识。50多岁的陈一坚靠自学, 编写出简单的飞机设计运算程序。

那段时间, 他既是“飞豹”总设计师, 又是航空工业部计算机辅助飞机设计、制造及管理系统的主任工程师。与40多位高校教授和科研人员联手, 用了5年时间研制出当时集成度最高的计算机辅助飞机设计系统, 该成果荣获国家科技进步二等奖。

他带领团队兼顾先进性和可行性, 尽可能地用最先进的技术用在“飞豹”上, 再把运用新技术的风险降到最低。飞机惯导系统研制成功后, 飞机设计状态已经冻结。原设计中并没有惯导系统, 改装意味着技术风险, 还要重新设计总线、接口。

“惯导系统对于长距离飞行十分重要, 现在赶上了不装岂不可惜, 出了问题我负责。”陈一坚下定决心, 组织设计团队重新设计系统。在“飞豹”服役后, 先进的惯导系统便于飞机控制, 受到部队飞行员的普遍好评。

在国外航空界, 有这样一条“铁律”: 如果一架飞机运用新技术突破40%, 研制成功概率不足50%。而“飞豹”战机运用新技术的比例正是40%。

明知山有虎, 偏向虎山行。在飞机设计阶段, 他对同事们动情地说: “不能让‘飞豹’一服役就落后, 这个风险需要我们这一代人承担起来。”

当时, 他们只听说过歼击轰炸机的概念, 没有样机, 没有参考型号, 甚至没有可用的设计规范。我国航空工业用的还是上世纪五六十年代的老旧规范, 与“飞豹”设计要求有很大差距。

今天, 我国军用飞机设计依旧在采用陈一坚探索出的设计规范, 计算机辅助设计系统成为战机设计不可或缺的手段, 惯导系统成为现代国产战机的标配……可以说, “飞豹”战机身上, 实现了当时中国军机设计的多个创新。

“飞机研制是团队工作, 我的背后是一个团队, 是一个国家”

从1988年首飞到1998年正式定型, “飞豹”战机又经历了一段漫长的“煎熬期”, 仅试飞就1600多次。

“飞机的机身和零件你都摸过没有?” 一次试飞前, 陈一坚询问后来成为新“飞豹”总设计师的唐长红。得到肯定回答, 陈一坚满意地笑了: “我们研制的飞机就像自己的孩子, 对它倾注感情才能负起全责。”

陈一坚与飞机结缘, 始于年少。那时候, 他经常和家人跑到山上躲避空袭。日机肆无忌惮地在我国领空飞行轰炸, 他第一次感受到有防空防的切肤之痛。“狼烟四起曾相识, 泪如倾, 气填膺。”陈一坚将这种情感用一阙《江城子》道尽。

1948年, 厦门大学开始招生, 陈一坚将3个志愿全填上了新设置的航空专业。“我就是认准了要学航空、造飞机——如果我们没有飞机, 将来还会受人欺侮。”3年后, 陈一坚又转入清华大学学习。

毕业后分配到国营122厂, 他与同事们夜以继日地维修抗美援朝战场上受损的飞机。平时工作三班倒, 只学过英语的他, 仅用几个月时间, 就学会了查阅俄文图纸和资料, 开始上手仿制飞机。

安-225首席设计师巴拉布耶夫——

造一架梦想大飞机

■李泽晖



安-225首席设计师巴拉布耶夫曾说: “梦想意味着人类的思想和愿望无止境, 它指引着我们勇往直前。只要我们还生活在这个地球上, 它就不会离我们而去。如果造一架大飞机的话, 就叫它梦想吧。”

巴拉布耶夫口中的梦想大飞机就是安-225运输机。回溯其诞生的源头, 安-225托举的是苏联探索浩瀚宇宙的宏大梦想。

20世纪70年代, 苏联开始研制“暴风雪”号航天飞机。这架航天飞机体型庞大、运输困难, 基于保密安全需要, 空运是最稳妥的方式。苏联政府找到安东诺夫设计局科研人员征求意见, 专家提出了两种方案: 将航天设备固定到机背上, 或将航天飞机分解放置于运输机内部货舱。第一种方案难点在于高载重情况下运输机如何保持稳定性和操纵性; 第二

种方案则对运输机结构提出更高要求。1982年1月, 临时用来运输“暴风雪”号航天飞机组件的VM-T重型运输机首飞成功, 这给安东诺夫设计局专家们带来新的思路。年底, 当时苏联最大运输机安-124首次试飞成功, 标志着高载重问题也有了解决方案。

1985年春, 安-225运输机研制工作正式启动。安-225运输机沿用了安-124大部分设计方案, 整个机身横截面大小与安-124大致相同, 只是将安-124机身延长、翼展增加, 整机结构加固。此外, 和安-124一样, 安-225头部保留可向上打开的货舱门, 前起落架保留了可“下跪”的巧妙设计, 方便货物从前部坡

道进入货舱。另外, 安-225在设计制造方面还有不少创新——升级动力系统, 起飞时6台涡扇发动机可为安-225运输机提供140吨的总推力; 双垂尾设计和宽阔的后掠式水平尾翼, 有效防止外部载荷过重扰乱垂尾周围气流。

1988年11月30日, 第一架样机在基辅机械厂组装完毕, 仅用3年半时间就完成了从研制到生产的全部工序。

1989年巴黎航展, 安-225驮着“暴风雪”号航天飞机惊艳亮相, 吸引了全世界的目光。观众惊呼: “苏联飞机如同他们的领土一样庞大。”

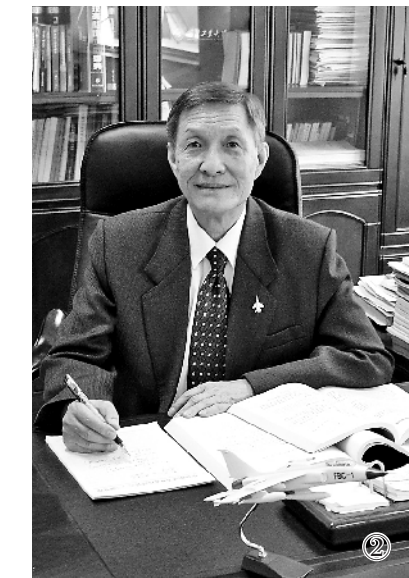
安-225的辉煌历程, 与其研发周期一样短暂。随着苏联解体, 安-225被划

归乌克兰所有。“暴风雪”号航天飞机发射计划中断, 安-225过于高昂的维护费用使乌克兰政府无力承担。直到20世纪初, 民航市场激活了安-225的商业潜力。2001年, 安-225获得乌克兰民用型号合格证, 正式投入商用。

如今, 这架承载着辉煌与梦想的大飞机, 在运输救灾物资和紧急撤离人员等方面发挥着独特的功用。

左上图: 安-225运输机。

资料照片



图①: “飞豹”战机。

图②: 陈一坚在航空工业集团某所工作时留影。

金波供图

航空报国, 是他一生的执着追求。他至今难忘, “飞豹”项目启动不久, 随队前往德国“狂风”战机制造总部, 外方展示歼击轰炸机时用一道玻璃遮挡在前面。

1998年, “飞豹”正式定型, 前后花费不到10亿人民币。研制费用如此之低, 国外媒体评价“不可理解, 无法想象!” 陈一坚自豪地说: “我们是用落后世界30年的技术手段, 研制出超前30年的飞机。”

1999年, “飞豹”项目获国家科技进步特等奖, 陈一坚当选中国工程院院士。面对赞誉, 他淡然地说: “飞机研制是团队工作, 我的背后是一个团队, 是一个国家。”

退休后, 他仍然关心祖国的航空事业, 将大部分时间用来培养年轻人。

2003年, 陈一坚受邀回到阔别40多年的清华园。面对年轻学子, 该讲些什么呢? 看到校园里恩师徐舜寿的塑像, 他若有所思: 当年跟徐舜寿在排排简陋平房研制歼教-1的时候, 他的年龄与这些学生相仿。徐舜寿让他参与到总体、气动、强度和结构等飞机设计全过程, 完成了飞机设计师的启蒙。从事飞机设计工作大半生, 陈一坚先后参与强-5、运-7、“飞豹”等10多个型号的设计和研制, 见证了我国航空工业的换羽腾飞。

“你们既然投身航空事业, 就必须有思想准备, 把毕生精力献给这项伟大事业。”时隔多年, 陈一坚的话一直激励着年轻航空人不断奋力前行。

如今, 在广大中国航空科研人员的接力奋斗下, 歼-20、运-20等一系列国产新型战机飞向蓝天。“献身航空的报国精神、百折不挠的拼搏精神、科学严谨的求实精神、敢为人先的创新精神、激情和谐的团队精神”, “飞豹”精神在赓续传承中熠熠生辉、永放光芒。

军工档案