

飞机承载着人类翱翔蓝天的梦想,它可以跨越高山大河,跨越大漠戈壁,快速抵达目的地。硝烟弥漫的战场上,飞机像是一座座空中堡垒,上演一幕幕惊心动魄的空中搏杀。1951年9月25日,抗美援朝战场上,志愿军飞行员李永泰驾驶米格-15与敌机展开殊死搏斗,最终安全返航。经检查,飞机中弹30余发,负伤56处。在后来的作战中,他又驾机击落敌机4架,被誉为“攻不烂、打不垮的空中坦克”。

王牌飞行员危中取胜、险中求生,这些速度与激情的背后,无不依赖战机有一副“硬身板”。回眸历史,让我们一起来看看战机是如何迭代发展,又是如何做好自身防护的?

西安某航修厂总工程师吴雪猛漫谈战机防护与维修保养——

# 战机如何拥有一副“硬身板”

■本报特约记者 占传远 通讯员 张俊龙 梁静

战机的软肋在哪里

## 引擎中弹、油箱爆炸是战机坠毁的“元凶”

翻开战机家族名册,要说“皮糙肉厚”的成员,人们必定谈及这款战机——伊尔-2。

二战苏德库尔斯克会战,伊尔-2机群创下了2个多小时内击毁德军270多辆坦克的战绩,也留下某架伊尔-2被敌机重创约600个弹孔依旧能安全返航的传奇。凭借“皮实”,伊尔-2屡建奇功,成为一代名机。

米格-15负伤56处,伊尔-2弹孔密布……这些战备受重创,却能有惊无险地安全返航。这不禁让人好奇:战机的软肋在哪里?

问题的背后,蕴藏着战机设计的大学问。一位国外专家曾提交了一份关于“飞机应该如何加强防护,才能降低被炮火击落几率”的建议书。

根据战机遭受攻击后的战伤数据,这位专家研究发现:一场空战下来,机翼被击中后,飞机依然可以安全返航,而引擎中弹,飞机大多会失控坠毁。

1956年,美国试飞员汤姆·阿特里奇驾驶F-11战机进行对地攻击的机炮测试。他驾驶战机俯冲攻击,发射机炮炮弹;继续俯冲准备第二波攻击,结果战机挡风玻璃突然爆裂,引擎出现奇怪响声。他立即回航。降落时,战机几乎是硬生生地摔在跑道上并起火,阿特里奇一条腿骨折,侥幸逃生。

事故调查发现,引擎的叶片里残留几颗扭扭的机炮炮弹,战机是被自身打出去的机炮炮弹击中的。虽然机炮炮弹速度很快,但受到周遭空气阻力后速度骤减,打完一轮炮弹的战机在进行第二波攻击时,正好撞上飞行的炮弹,导致引擎受损。

正反事例都说明,引擎是战机防护的重中之重。伊尔-2设计师伊留申早有见之明。他吸取以往战机被击落的失败案例,对飞行座舱、油箱和发动机等部位增加了装甲厚度。同时,采用木制机身不至于使飞机增重太多,使得飞机能够兼顾机动性和防护性。

众所周知,油箱是飞机的关键部位之一。为了避免油箱被击中后起火爆炸,科学家研制出灭火抑爆阻燃海绵材料,使得油箱被击中后不易发生二次爆炸。

另外,作为战机的“中枢神经”,过去飞机操纵系统一旦受损就会导致整机“瘫痪”。如今,设计师将系统从集中式分布改成分散式多备份分布,让战机“瘫痪”的概率大大减小。

## 战机如何做好日常防护 “勤洗澡”“敷面膜”,让战机“强身健体”

回顾战机发展史,从莱特兄弟第一架飞机升空至今,战机防护能力的跃升都离不开飞机制造材料的改进升级。

从1903年到1919年,飞机大多是木质结构,以木材、蒙布、金属丝、钢索等材料作为飞机大梁和骨架。莱特兄



图①:国营112厂工人修理志愿军空军的米格-15战机。

图②:志愿军飞行员李永泰驾驶弹痕累累的米格-15返航。

弟的“飞行者一号”飞机就是木质骨架的双翼机。

一战后,随着铝、钢材料的投入使用,全金属结构飞机代替木制飞机成为主流。二战时期,飞机材料再次升级换代,钛合金逐步在航空发动机和机体结构上应用,极大满足了高温使用要求。

如今,兼具强度高、性能好、重量轻等特点于一身的复合材料成为战机制造的首选。

为了达到给战机“强身健体”的目的,设计师还在机身涂层涂料上下了不少功夫。对战机而言,自然界隐藏着很多“无形杀手”,无处不在的水汽、烟尘、雾霾极易侵蚀战机体身。研究表明,未加防护的战机暴露在高温、高湿、高盐雾环境中,8天就会出现点状腐蚀凹坑;4个月,战机表面形成鼓包;2年,表面出现分层剥离现象……一旦如此,战机极易发生机身断裂。

因此,人们想出给战机“洗澡”这个方法。战机执行完任务后,机务人员用淡水将机身上下进行冲洗,去除机体表面盐碱等有害物质。这样的操作,有军迷起了一个生动形象的名称——“鸟浴”。

当然,对提升飞机防护能力来说,远不止“冲冲澡”那么简单。多层涂装、“整容”手术、材质升级……飞机设计师往往对战机的“皮肤”格外关照,费尽心思想出各种“美容妙方”加以防护。

其中,最常见的是给飞机敷上一层“面膜”,零件涂底漆、面漆、防腐剂等多层涂料是常规方法,最后还要给飞机加上外层涂装。这样,战机从上到下,防腐耐磨、阻燃隐身、低可见度等功能一应俱全,真正实现战机“颜值和实力并存”的目标。

## 受伤的“战鹰”如何重回蓝天 比的是抢修速度,决定的是空战胜负走向

现代战争,战争手段越先进,航空装备的技术含量越高,参战飞机的损伤比就越大。

伊拉克战争、阿富汗战争中,美英

等西方国家以绝对空中优势力量,迅速地摧毁了对方的军事目标,为赢得战争胜利创造了有利条件。

回顾战史,一系列战例表明,在战争中能否快速抢救受损飞机,保持己方持续有效的空中战斗力,是影响战争走向的重要因素。

第四次中东战争,以色列空军凭借过硬的战场抢修技术,在开战第一周修复了100多架飞机,最终实现以少胜多。英阿马岛战争中,英军参战飞机40%战伤,其中90%的战伤飞机经过抢修后快速投入战斗,为赢得战争最后胜利发挥了重要作用。

可以说,对战伤飞机实施抢救,能有效弥补战场损耗,是保证航空兵部队持续作战能力的重要途径。

因此,早在上世纪40年代,飞机战伤抢修就成为航修人的研究项目。数十年来,世界各国高度重视飞机战伤研究,通过实弹打击、模拟仿真等方式做了大量试验论证。

从1993年起,我国正式开启对飞机战伤抢修的相关研究工作。与此同时,飞机战伤抢修相关的组织指挥、后勤保障、抢修队伍建设也开始起步。

一般情况下,战伤抢修的第一步是战伤评估。通过对飞机战伤程度、修理周期和内容等方面作出评估,进而确定抢修级别,区分情况后给出就地快速修复或者周期较长的后方基地抢修方式。

高新技术快速发展,为战机抢修工作提供了硬核支持。比如,在飞机部件上,设计师设计出测量热应力和材料应变参数的传感器,并存有预先编制程序,能够检测零部件性能参数变化,以保证能够实时感知处理;飞机战伤仿真系统能运用计算机模拟飞机在实战条件下的损伤情况,对战伤抢修也有着极为重要的意义。

## 甩掉导弹有多难 没有永远的明星,只有彼此的克星

“天下武功,唯快不破。”如今,导弹



图①:国营112厂工人修理志愿军空军的米格-15战机。

图②:志愿军飞行员李永泰驾驶弹痕累累的米格-15返航。

金波供图

是空战的致命武器,导弹是飞机飞行速度的数倍,被导弹锁定的飞机,逃脱的机会十分渺茫。

有锋利的“矛”,必然催生更坚固的“盾”。激烈的空战犹如“矛”与“盾”的对决,彼此围绕对方的优点与缺陷,不断升级自身能力。

二战末期,空空导弹的研发工作逐渐展开。上世纪50年代中期,雷达与红外制导的空空导弹实现量产。这种导弹能够在夜间和视野较差的环境中发挥特殊作用,成为F-4、米格-21等当时世界主流战机的不二选项。

导弹虽然飞行速度快,但能量消耗得快。现代战机能够靠强劲的发动机持续提升高度和速度,且拥有感知导弹发射的能力。因此,战机可以通过引诱导弹消耗燃料的方式,让导弹的能量低于自身,形成速度和高度差,成功甩掉“尾巴”。

随着导弹技术越来越先进,战机防护手段不仅有能量上的消耗,还有电子上的干扰。

战机一般采用机载电子战设备或由战机群中电子战飞机发射出的干扰信号干扰导弹,原理好比在平缓旋律的音乐中插播刺耳的噪音。

然而,战机发动机散发的热量,像是暗夜中一颗清晰明亮的光点,成为难以隐藏的缺陷。导弹设计师注意到了这一点,对应的红外制导导弹则应运而生。

没有永远的明星,只有彼此的克星。被红外制导压制的战机,又利用比自身红外特征更明显的假目标迷惑导弹。例如,发射热诱弹使导弹无法识别飞机;利用红外干扰机增强战机自身红外辐射干扰,降低导弹打击精度,从而增加逃脱概率。

事实证明,强劲的对手,往往是武器装备改进升级的“磨刀石”。在战机的发展进程中,“矛”与“盾”的较量时刻上演,只有持续创新才能打造出适应未来战场的坚甲利器。

## 军工科普

声”,战机在低空飞行时暴露出“动态减速”机动稳定性不足、气动舵门控制效率不够等问题。对此,苏霍伊设计局工程师们根据普加乔夫在空中的操作感受,加紧对战机进行改进。最终,他们采取增设涡流发生器、推力矢量技术等方法攻克了难题。

“普加乔夫眼镜蛇机动”问世,开创了战机“动态减速”机动的先河,开启了现代空战新模式,为之后战机的迭代发展和战法研究提供了新的方向。

左图:苏-27战机飞出“眼镜蛇机动”。 资料照片

## 军工圈

抗美援朝期间,庆华工具厂生产了35.8万支50式冲锋枪被送往前线,帮助志愿军立下了赫赫战功——

# 保家卫国的“功勋枪”

■雷柱 田展东



黑龙江中北部小城北安,坐落于小兴安岭南麓,素有“北国枪城”之称。城东的庆华军工遗址博物馆,是庆华工具厂(简称庆华厂)所在地。上世纪50年代初,一列列满载50式冲锋枪的火车,从这里驶向了抗美援朝战场。

庆华厂原为沈阳51兵工厂下辖的枪厂。抗美援朝战争爆发,为了避免军工厂遭破坏,国家作出“工厂进山,设备进洞,南厂北迁”的重大决策。枪厂迁址北大荒腹地的边陲小镇北安,并重新命名“庆华工具厂”。自此,庆华厂开启了38年为国造枪的光荣历程。

落户北大荒,对庆华人而言,是一段艰难创业的岁月。北安寒冬,滴水成冰。皑皑白雪覆盖着日伪时期遗留下来的东大营。1600多名庆华厂工人,在这里建起了新中国第一座枪厂。

火车站到东大营距离多公里,在那个运输工具匮乏的年代,庆华厂工人们用绞盘拽、爬犁拉、人抬肩扛的“土方法”,硬生生地将上千台机器和堆积成山的钢材搬进了营地。

他们一边修建厂房,一边修复设备。经过45天紧急抢建,庆华人在东大营新建临时厂房3万多平方米,安装调试机器设备1400多台,设立了8个生产车间。至此,一条完整的枪械生产线初步建成。

“立刻试制生产50式7.62毫米冲锋枪!”没过多久,庆华厂便接到上级命令,要求研制和生产国产冲锋枪,快速投入抗美援朝战场。

当时,苏联援助志愿军的波波沙冲锋枪在战场上大放异彩,这款枪火力猛、威力大,深受志愿军官兵的喜爱。在此之前,我国军工企业曾仿制并少量生产过这种枪,毛主席还亲自为其命名:50式冲锋枪。

虽然有一定造枪经验,但在短时间内实现大批量生产,难度空前。缺设备、少图纸、无专业技术人才……一系列难题成为横亘在庆华人面前的“拦路虎”。

“抗美援朝,保家卫国!”1951年4月,庆华厂召开誓师大会,“只要能把手里的刀磨快,就是用刀削,也要把50式冲锋枪生产出来!”

科研人员展开发关,他们重新完善图纸几千张,设计工艺上千道,为大批量生产创造了条件。他们还在一些细节上进行改进,比如:全枪采用焊接、铆接等一次成型工艺;放弃弹鼓,采用35发弧形弹匣,确保整枪重量轻、兼容性好、供弹故障率低。

“车间就是战场”“宁可后方多流汗,不让前方多流血”……一时间,庆华厂内,大幅标语悬于空中,高产红旗

插在机台,车间与车间、班组与班组之间开展了轰轰烈烈的劳动竞赛。工人们加紧生产,眼熬红、手磨烂,不完成任务不下“火线”。

经过90天昼夜奋战,1951年6月,第一批由庆华厂生产的2000多支50式冲锋枪检验合格后,连夜秘密装上军列,紧急运往前线。

50式冲锋枪凭借可靠的性能,强大的火力,配合志愿军擅长打近战、打夜战的战术特点,在抗美援朝战场上立下了赫赫战功,志愿军官兵们称之为“功勋枪”。在上甘岭战役中,志愿军第135团7连排长孙占元率领全排使用14支50式冲锋枪,连续夺取敌人2个火力点,仅孙占元一人就毙敌16人。

在那段峥嵘岁月里,50式冲锋枪是志愿军官兵的生命依托,官兵们甚至编写了顺口溜:“50式冲锋枪,我的好战友。打近战,打夜战,杀敌是能手。”

一列列运送特种钢材的火车进厂,一列列满载冲锋枪的军列随之驶向战场。据统计,截至1953年,庆华厂向志愿军供应了多达35.8万支50式冲锋枪。

值得一提的是,每把合格出厂的50式冲锋枪,都会被打上“三角66”的标志。“三角66”作为庆华厂的厂徽,不仅是一个标识,更是一种高质量制造的品牌象征。

品质,是一家企业发展的生命线。严格把控质量关,是庆华厂建厂之初就立下的铁律,在生产50式冲锋枪时体现得尤为淋漓尽致。

每把抽检的50式冲锋枪,都必须通过连续射击1万发子弹枪械无故障这道关卡,达不到射击寿命的,整批枪都要入库封存。此外,枪械还要在雨天和模拟沙漠环境中进行射击,确保运往前线的50式冲锋枪足够“抗造”。

1952年秋,志愿军某部全体官兵给庆华厂寄来了感谢信,并请求将造枪工人的照片邮寄回来,让他们看看这些“功勋枪”背后的“无名英雄”。

斗转星移。70年后的今天,“无名英雄”的照片再次浮现在世人面前。在庆华军工遗址博物馆里,一张张泛黄的老照片仿佛无声地诉说着,老一辈军人为国造枪、艰苦奋斗的励志故事。

上图:抗美援朝战场上甘岭阵地上,志愿军官兵高举50式冲锋枪庆祝胜利。 资料照片

## 抗美援朝·功勋兵工厂

# 小小副油箱诞生记

■范宁 王庆

提起航空工业集团沈飞,人们会说它是歼击机的摇篮,但许多人都不知道,沈飞大批量制造的第一个产品竟然是小小的副油箱。

抗美援朝期间,苏联援助我国100架米格-15战机,但这些战机没有配备副油箱。缺图纸、少材料,在这种艰难条件下,国营112厂(沈飞前身)毅然受领了这项艰巨任务。时任国营112厂厂长熊焰立下“军令状”——3个月内完成制造3000多个副油箱的任务。

时间紧,任务重,工人们和技术人员喊出了“一切为了前线的胜利”的口号,争分夺秒地投入到试制副油箱的任务中。

他们从苏联获得了样品开展仿制设计,经历了一轮艰苦攻关,他们成功绘制出米格-15副油箱的图纸。当时,制造战机的铝材原材料极度匮乏,他们利用白铁皮代替铝板,通过“白铁皮加焊锡焊接”方法成功解决了原材料和加工工艺难题。经过反复试验,工厂成功制造出了第



一个米格-15战机的国产副油箱。

副油箱生产工艺敲定后,工人们马上投入到紧张生产中。他们与时间赛跑,按时完成了生产3000多个副油箱的任务。之后,国营112厂又陆续生产了近万个副油箱,为支援中国人民志愿军空军前线作战提供了有力保障。

上图:工人们制造副油箱的场景。 金波供图

## 军工档案



# 试飞员普加乔夫的“眼镜蛇机动”

■王旭 王欣

的超机动动作便有了一个闻名遐迩的名字——“普加乔夫眼镜蛇机动”。

彼时,美苏两国军备竞赛步伐提速,苏联苏霍伊设计局加快对苏-27超机动性能的研究,以期通过展现苏式战机的优异性能,敲开世界军贸市场的大门。这项性能研究的试飞任务落到苏霍伊设计局首席试飞员普加乔夫的身上。

该项飞行试验的重点在于对战机进行“动态减速”机动,就是现在所说的

“眼镜蛇机动”。苏-27系列战机采用了中等展弦比的大边条机翼、中等后掠机翼等特殊结构,具备飞出“动态减速”机动的基本条件。

在这之前,没有任何一个国家的战机,没有任何一名飞行员完成过这样高难度动作。试飞充满了未知的风险与挑战,普加乔夫迎难而上,毅然接受了这次危险的试飞任务。

普加乔夫首次试飞便遭遇“潜航