

军工T型台

第十五届中国航展上,我军新亮相的歼-35A战机低空通场,歼-20战机表演高难度动作。各种战机呼啸而过,展示着速度与力量。

其中,受邀参加此次航展的俄罗斯飞行员谢尔盖·博格丹驾驶苏-57战机,展示了“落叶飘”“钟摆机动”等高难度飞行动作,令人叹为观止。那么,战机是如何做出这些战术动作的呢?

这与战机的设计息息相关。人类追求翱翔蓝天的

梦想始终未变,从莱特兄弟发明第一架飞机到现在,飞机机翼的设计不断发展演化。其中尤以战机机翼的变化更为多变复杂,仅机翼的形状,就先后出现了平直翼、后掠翼、三角翼等。

梳理战机机翼的发展史可以发现,机翼的设计思路始终服务于飞机整体性能和作战用途,与当代飞行器技术发展水平息息相关。本期“军工T型台”,让我们一起关注战机机翼“更高”“更快”“更强”的发展之路。

冲上云霄:战机机翼演变史

■侯融 孟庆昌 杨笑吟



11月16日,在第十五届中国航展上,歼-35A战机进行飞行展示。

新华社发

更高——

提高升力实现飞天梦想

作为托举飞机翱翔蓝天的关键部位之一,机翼的作用,最直接地体现在让飞机有效地克服重力上。

1903年,莱特兄弟给滑翔机装上发动机,制造出世界上第一架飞机——“飞行者一号”。在莱特兄弟给飞行器加装动力之前,人类实现飞天梦想的努力,一直在围绕“翅膀”做文章。

达·芬奇就曾设计过一种扑翼机,他设想人趴在扑翼机上面,用手脚带动一对翅膀飞起来。古代的中国人、希腊人、巴比伦人和印度人也做过类似的尝试。但受限于材料、工艺等,这类形似的模仿,并未从真正意义上让人类实现飞天梦想。

直到“空气动力学之父”乔治·凯利通过不断研究和试验,首次将机翼剖面设计成“上凸下平”的不规则水滴状,才把飞行从冒险的尝试引导向科学的探索,人类对机翼“升力”的探究有了突飞猛进的发展,滑翔机的实用性大幅提高。

乔治·凯利的这种设计,让机翼上下表面空气流速产生显著差异。当飞机前进时,机翼上方的空气流速较快,形成低压区;而机翼下方的空气流速较慢,形成高压区。这种压力差,是飞行力学中机翼产生升力的关键所在。

由此开始,一直到现代飞机发明初期,机翼的设计都围绕如何提高升力来展开。这些早期的翼型大多是平直翼,即机翼前缘和机身垂直,机翼从里到外一样宽。这种类型的机翼结构简单,容易制造。但受限于材料和工艺技术,使用平直翼的早期飞机,安全性和稳定性并不能得到很好的保证。

为了加强稳定性,早期飞机机翼布局曾向双翼、三翼拓展,但多翼设计的缺点非常明显,比如结构复杂、制造难度大,飞行阻力大、速度难提高等。直到出现铝合金航空材料,单翼机安全性和稳定性才有所改善,开始逐渐取代了多翼机,但平直翼的主流地位始终没有改变。

变化,率先在战斗机领域发生。随着动力系统不断迭代,空战对飞机飞行

速度的要求不断提高,平直翼的缺点越来越突显:虽然提供的升力很大,但同时也带来了非常大的阻力,飞行速度受到严重限制,亟需新的翼型设计来推动战机的发展。

更快——

与激波角力,突破音障直至数倍于声速

空气动力学研究表明,飞机在飞行时,会对前方的空气产生压力。低于声速飞行时,前方空气在压力波的推动下,会有序流向两侧,让开飞机。然而当飞机越来越接近声速的时候,这些压力波就会挤到一起,让机翼表面的局部气流超过声速,出现激波。此时,飞机被激波干扰,飞行阻力剧增,速度难以提升。人们曾以为声速是飞机速度不可逾越的障碍,将这种现象取名为音障。

想要突破音障,飞机气动外形是绕不过去的坎,许多科学家把解决方案“压宝”在机翼的优化上。正是由此带来的各种想法不断碰撞,让现代飞机开始蜕去平直翼的雏形,迎来了一个奇妙想迭出、接续挑战音障的快速发展时代。

较早做出改变的是德国空气动力学家阿道夫·布兹曼,他提出的后掠翼设计,可以把垂直于飞机飞行方向的气流分解变小,推迟激波阻力的产生。这项成果率先应用于德国ME-262战机,战机性能得到显著提高。

有的科学家选择了梯形翼设计,这种翼型结合了平直翼和后掠翼的优点,以适用于不同的飞行需求。梯形翼具有较好的升力特性,在低速飞行时,能够提供足够的升力,改善飞机的起降性能。在超声速飞行时,梯形翼短粗的机翼形状,有效减少了激波阻力。其典型代表是苏联的米格-21战机,该型飞机具有较高的操纵性和机动性。在越南战争期间,米格-21与美国F-4“鬼怪”战机多次交锋,其利用优秀的机动性,采用快速接近、近距离格斗的战术,取得了不错的战果。但由于梯形翼上的气动分布不均匀,翼根处承受的弯矩较大,所以需要更强的结构来支撑,降低了燃油效率。

美国科学家则试图通过三角翼来克服后掠翼升力不足的问题。他们设计的三角翼战机F-102,在大迎角飞行时能保持较好的升力系数,还可以把战斗机的所有部位收进机头产生的激波之内,从而有效克服音障。这一翼型同时兼顾了一定的亚声速机动性,有较好的操纵性,能够应对复杂的空战环境。例如,苏-15战机能在空战中灵活地做出滚转、爬升、俯冲等各种机动动作。但三角翼的缺点也比较明显,起飞和降落时的低速性能较差,在起飞或降落时,飞机需要较高的速度,才能获得足够升力。这导致其飞行时需要较长的跑道,对飞行员的技术要求也比较高。

还有一种创新的机翼布局形式是前掠翼。该设计于1942年被提出,旨在改善战机跨声速和超声速飞行时的机动性能,尤其是大迎角飞行时的稳定性和操控性。相对于传统的机翼布局,前掠翼可以更有效地利用材料,减轻结构重量,合理分配机翼和前起落架所承受的压力,提高战机的载弹量。20世纪90年代末开始试飞的苏-47战机,就是一架典型的前掠翼战机。它配合先进的飞控系统,展现了出色的低空高速机动性。但前掠翼高速飞行时,机翼的弯曲变形会使外翼迎角增大,造成机翼弯曲变形加剧,以至于机翼会因为扭转刚度不够而折断,对材料以及加工工艺提出更高的要求。

历经百余年发展,如今很多战斗机的速度早已突破了音障甚至数倍于声速,飞机形状及其机翼的演变变化,在这其中扮演着重要的角色、发挥着重要的作用。

更强——

注重综合性能优化,让机翼功能更加复合

平直翼和后掠翼的优势不同,为什么不设计一个可以随时变换的机翼呢?

随着这种设想的出现,20世纪60年代,美国研制出第一种实用变后掠翼战机F-111A超声速战斗轰炸机。变后掠翼的设计可以兼顾高、低速性能:在起飞、着陆和低速飞行时,减小后掠角,使机翼前缘升力增加,提高飞机的升力

系数,缩短“起—落—滑—跑”的距离;在高亚声速和超声速飞行时,增大后掠角,减小飞行阻力,提升飞机的加速性能。这样一来,就能有效解决飞机高、低速矛盾,使飞机在较宽的速度范围内保持良好的气动性能,适应不同的飞行任务。

变后掠翼也存在一些缺点,其机翼转动机构复杂,增加了机身重量,且活动外翼的载荷集中在枢轴上,对枢轴的强度和可靠性要求高,还需要一套强有力的驱动装置和协调机构,导致维护难度大、成本高,故障率增加,维修成本变高。

但不可否认的是,这种融汇多种功能优势的复杂翼型设计,代表着当前机翼发展的主流方向。世界各国目前服役的主要战机,也多采用类似的多结构复杂机翼。

美国“猛禽”F-22战机,机翼为大后掠角梯形翼,飞机在超声速飞行时阻力小,激波强度弱,可实现1.8马赫左右的超声速巡航。其双垂尾布局提高了飞机的纵向稳定性和操纵性,减小雷达反射截面积,提高了隐身性能。

我国“威龙”歼-20战机采用单座双发、鸭式布局,机翼为大后掠角三角翼带小前翼,即鸭翼。鸭翼布局使飞机在大迎角状态下,鸭翼和主翼能同时产生升力,提高飞机的升力系数和机动性,在近距空战中具有较大优势。

俄罗斯苏-57战机采用单座双发、中央升力体加大三角翼布局,增加可动边条翼。大三角翼在超声速飞行时具有较小的阻力和较好的结构强度,可动边条翼在大迎角状态下能产生升力,提高飞机的机动升阻比,增强飞机的机动性。

这些战机的机翼外形,有着各不相同的设计思路,但其提升机动能力、隐身能力等作战性能的“总目标”没有改变。

在可预见的将来,随着航空技术的不断发展,现代战机的机翼设计必然更加注重综合性能的优化:既可以采用更加复杂的翼型设计来优化飞行性能,也可以采用翼身融合技术来减小阻力、提升隐身性能,还能使用先进的复合材料来减轻机翼重量、提高机翼强度……这些技术的应用,都会牵引现代战机的机翼设计,朝着更加灵活机动、增加隐身性能、提高武器挂载能力等方向纵深发展。



修理车间内,郑成继(右一)正在讲解修理技巧。

张浩摄

保障达人

隆冬时节的一个夜晚,陆军某旅修理车间依然灯火通明。车间里,修理技师、三级军士长郑成继,正在专心绘制自行火炮液压系统原理图。

今年担任火炮修理集约化组训教员以来,郑成继主动发挥专业特长,不仅手绘了12张系统原理图,还制作了一套液压系统模型,提高了战友们对液压系统的了解与维修能力。

在战友眼中,郑成继是一位全能型的维修能手。事实上,他不是一开始就“全能”的。

2004年,郑成继入伍来到部队。凭借对修理专业的热爱和刻苦学习的精神,他成功考上军校,学习火炮修理专业。学成归来后,郑成继长期在基层维修一线。这些年,他积累了多种火炮故障检测及排除的实修技能,多次在比武中摘金夺银。

即便如此,郑成继还是常常感到本领恐慌。如今,新式战车、火炮接连列装部队,武器装备的知识和维修体系都在持续变化。“唯有通过不断学习,才能迎接这些变化和变化。”郑成继说。

为了迅速掌握新装备的修理技能,郑成继下决心“从头学起”。白天,他一头扎进操作车间,结合修理任务熟悉装备元件;夜晚,他挑灯研读技术手册,深入理解装备理论原理。遇到棘手的问题,他主动向厂家专家咨询,在短时间内把新装备性能摸了个“门清”。

一分耕耘,一分收获。某次实弹射击演习,一门新装备火炮在射击前出现异常情况,分队火炮技师未能找出故障问题,急得汗流浃背。郑成继闻讯火速赶到现场,检验后确定为某元件发生故障,需要对火炮后部进行分解更换。凭借丰富的知识储备和工作经验,不到20分钟,郑成继就让这门火炮重获“新生”,确保了实弹射击的顺利进行。

单丝不成线,独木不成林。郑成继在提升个人能力的同时,也不断培养帮带新同志。在郑成继随身携带的工作笔记本上,记满了他对装备维修要领、故障诊断技巧以及各种“疑难杂症”的总结和理解。后来,这本内容丰

维修能手的能力升级之路

陆军某旅修理技师郑成继

■胡广象 孙宇翔

富、条理分明的笔记本,成为战友们广泛参阅的“维修宝典”。在郑成继的影响下,许多战友迅速成长为技术能手,在修理岗位上挑起大梁。

除了在本职岗位上表现出色,郑成继还积极投身科研工作。目前,他设计的车载火炮某系统保护罩已经投入生产;参与研发的一项野战液压系统维修储油加注设备,正在申请国家实用新型专利。

“只有不断学习新知识新技能,更新知识结构,实现能力升级,才能积蓄能打胜仗的底气。”总结自己多年的维修经验,郑成继说。

俄罗斯BMPT坦克支援战车——最早的坦克“保镖”

■周刚 冯佳琦

军工档案

提到陆军装备的各类战车,人们往往想到的是坦克、火炮等火力重器,但有一些看似不起眼的支援类战车,在战场上发挥的作用同样不容小觑,比如坦克支援战车。

“坦克支援战车”概念的提出,最早可以追溯到20世纪70年代的阿富汗战场。由于坦克、步兵战车的主炮仰角小,不能消灭高处的敌人,苏联国防部下令研发一种新型装备,来对付高处的单兵目标,以弥补火力方面的不足。依照需要,车里雅宾斯克一家坦克厂设计出了“781项目”和“782项目”,但后续研究工作因苏联的解体被迫中止。

20世纪90年代,第一次车臣战争期间,由于装甲车辆在巷战中既没有得到持续的火力掩护,也没有可扫射较高火力点的战斗支援保障,俄军的地面装甲部队惨败而归。

为避免重蹈覆辙,俄军将之前搁置的“坦克支援战车”项目提上议程。1997年,俄军授意乌拉尔车辆制造厂开启新一轮的研究工作,研究目标主要有两点:一是火炮要具备大仰角,以便对付居高临下的敌军步兵;二是火炮要具备抵御反装甲火箭筒的设计,防护能力强。最终,满足要求的BMPT坦克支援战车问世。

在设计上,该战车采用了T-72主战坦克的底盘,全身外挂爆炸反应装甲,车体后部还有格栅式挡板,整体防护水平与主战坦克相当。此外,该战车还具有较强的机动性。由于使用了T-90坦

克的W92S2柴油发动机,其最大功率达1000马力,在无障碍越野路上时速可达60公里/小时,能翻越高达1.5米的路障,可灵活应对战场上出现的复杂情况。

火力配置方面,BMPT坦克支援战车的炮塔上配备了三门2A42型30毫米自动化火炮、一挺PKTM型7.62毫米机枪,火力凶猛,在对付轻装甲目标及轻装步兵时具备较好的压制能力。同时,它还装有一套9M120 Ataka型超声速激光制导反坦克导弹系统,其中的4具反坦克导弹发射器,可根据任务需要发射空袭装甲目标或高爆炸破甲弹。另外,车体两侧各有一具AG-17D型全自动榴弹发射器,主要打击敌方中、近距离火力支援人员及无装甲目标。

作为坦克“保镖”,BMPT坦克支援战车具备火力强悍、防护全面、机动灵活等优点,能在复杂环境尤其是在城市战斗中“扫除”敌方步兵、轻型装甲车,还可以在在一定程度上为己方坦克提供多维防护,分担坦克战场压力……凭借诸多良好表现,该战车的后续型号至今仍仍在俄军服役,并为其他国家战车研发提供了思路与借鉴。



俄罗斯BMPT坦克支援战车。资料图片