

★ 军工T型台

当一架战机以超音速的速度呼啸而过时,或许很少有人会注意到机身上那些形状各异的大嘴——进气道。

正是这些看似简单的开口,承载着人类超越速度的智慧。作为发动机的“呼吸系统”,进气道肩负着在战机高速飞行中捕获空气、驯服激波等重任,其性能优劣直接

决定战斗机的速度极限、机动能力与隐身性能。

进气道设计技术的持续发展,不仅推动了航空技术的进步,也见证了人类对速度与效率的不懈追求。

本期,让我们一起回顾战斗机进气道的演变史,看看它如何从一个普通的空气通道,一步步演变为如今智能高效的“呼吸系统”。

进气道:战机“呼吸系统”演变史

■张小博 马海航 朱鹏豪



F-35 战机(上)和 F-22 战机(下)进气道的设计不同。

供图:阳 明

亚音速时期的经典布局

战机进气道的诞生,离不开第一架喷气式飞机的问世。

从飞机诞生之日起,提高飞行速度、飞行高度和载重量就一直是人们研制新飞机所追逐的目标。然而,到了20世纪30年代,飞机的速度一直徘徊在每小时700千米左右,这差不多是装有活塞式发动机和螺旋桨的飞机的极限。用苏联著名飞机设计师雅科夫列夫的话说,飞机速度的突破已经到了“山穷水尽”的地步。

喷气时代的到来,使飞机的发展“柳暗花明”。喷气时代的标志,便是用涡轮喷气式发动机作为新型动力装置。

涡轮喷气式发动机的原理为:空气从飞机进气道进入发动机,先经压气机压缩后进入燃烧室与燃料混合燃烧;膨胀的燃气进入涡轮并推动其旋转,使与涡轮同轴的压气机正常工作;从涡轮流出的燃气经尾喷管膨胀后向后高速喷出,从而产生巨大的反作用力推动飞机前进。

1939年,世界上第一架喷气式飞机——HE-178首飞成功。随着越来越多的喷气式飞机翱翔蓝天,科研人员不得不面对一个全新的挑战:飞行的速度越来越快、飞行高度越来越高,如何保证飞机不受飞行环境的影响,仍能自由顺畅地工作?

在这样的背景下,进气道的作用凸显出来。

战斗机发动机如同一个高速运转的熔炉,需要持续、稳定且足量的空气作为原料。打个比方,这就像运动员在高原跑步,尽管体能训练得很好,但是氧气不足,还是会在跑步时感觉力不从心。

而进气道,正是为发动机运输这些空气原料的通道。

作为连接飞机外部环境与发展机内部燃烧过程的关键桥梁,进气道的设计是空气动力学、结构力学、材料科学等的综合体现。

一方面,在战机起飞、爬升等状态下,进气道尽可能平稳地将大量空气运输至发动机燃烧室,发动机燃烧燃料时需要大量氧气,这些氧气就来自进气道吸入的空气;另一方面,进气道能在战斗机不同的飞行状态下,提供发动机所需要的精确空气流量,保证喷气式发动机中压气机部件能够稳定工作。如果空气流量不足,这会导致发动机推力下降甚至熄火,而流量过大则可能造成阻力增加或发动机喘振。

在亚音速时代,战斗机进气道总体

呈现结构轻便、制造简单的特点:为了减小阻力,进气道内部的设计尽量保持平直,减少弯折,最大程度减小气流摩擦和分离带来的能量损失。

进气道入口边缘设计得圆润厚实,圆钝的边缘能平稳地引导气流,避免在战机起飞等大功率状态下,气流在入口处发生分离,发动机“喘不上气”……

一般而言,亚音速进气道主要有两种经典布局——

机头式进气道。这是亚音速时代最为普遍的一种进气道设计方式。进气道位于战斗机最前端,正对气流方向,运输空气的路径短,效率高。在所有飞行姿态下,发动机都能获得持续均匀的空气供应。

在采用该布局的战机中,其中较为著名的代表机型是苏联的第一架喷气式战斗机米格-9。

该战机将进气道布设在飞机头部,能够获得平顺充足稳定的气流,保证发动机的进气效率,避免其喘振停车,使发动机发挥出最好的性能。

不过,这一布局方式使飞机无法在机鼻安装大型雷达。此外,如果遇到特殊情况飞机极端抬头,气流可能无法顺畅地进入进气道。

机身两侧进气道。随着发动机推力不断加大,进气道的长度不再是主要考虑因素,进气道逐渐从机头位置向后移动。

机身两侧进气道通常位于驾驶室后方,位于机身中部或者前机身两侧。此时发动机多采用后置方案安装在机身尾部,座舱也可以前移至机头,使得整个战机的气动外形更加流线化,提升了战斗机的机动性。例如采用了该种进气道的米格-15战斗机,凭借优异机动性在抗美援朝战场上大放异彩,开辟出享誉战史的“米格走廊”。

亚音速时代的进气道以简洁、高效、可靠的特点,服务于喷气式战斗机的“童年期”。然而,当飞行员们渴望突破音障,追求更高速度时,简单的亚音速进气道变得力不从心:当战机接近或超过音速时,进气道前方会产生强烈的正激波。

挑战催生变化。在这一背景下,性能更为多样的超音速时期的进气道应运而生。

超音速时期的简约设计

到了20世纪五六十年代,超音速战机逐步成为空战场上的主角。

为了满足不同飞行速度下发动机

的进气流量需求,超音速时期的战机进气道设计也随之做出了改变:进气道增加了相应的空气流量调节装置。

这一调节装置,可以类比为人们通过调节呼吸,以满足身体氧气需求的过程。

按照调节装置形状的不同,超音速战机最早装备的进气道,一般可以分为两种——

锥体调节式进气道。这种进气道的中心有一个尖锥,在调节装置的驱动下可以前后移动,改变进气道与尖锥之间的进气面积,进而改变进气道的进气量。

采用这种进气道的典型代表是美国的SR-71“黑鸟”侦察机。凭借飞行速度达到3马赫、飞行高度达到30000米,该侦察机成为冷战时期美国执行侦察任务的利器。

斜板调节式进气道。这种进气道布局了一片或多片倾斜的矩形板,工作原理与锥体调节式类似,通过斜板的上下移动来改变进气道的进气量。

采用这种进气道的典型代表是俄罗斯的苏-27“侧卫”战斗机。该战机凭借优异的气动性能、近格斗性能,成为俄罗斯战机设计史上一颗耀眼的明星。

与亚音速时期的进气道相比,超音速时期的这些调节式进气道,解决了战机在超音速飞行时气流速度不稳定和压力过大等问题,但与之相应,调节装置也带来了结构复杂、重量较大、故障率高等新的问题,增加了战机维护保障的工作量。

后来,得益于计算流体力学(CFD)和试验技术发展,研究人员设计出了既满足超音速飞行时的气流要求,又不需要调节装置的进气系统——这就是目前最先进的第三代进气道。

一般而言,第三代进气道主要包括后掠双斜面(CARET)超音速进气道和无附面层隔道(DSI)超音速进气道。

应用双斜面超音速进气道的代表战机,是世界上第一款五代机——美国F-22战机。该进气道利用相关技术设计出2个三维斜面,沿着进气道的分布合理分配气流速度,进而使超音速气流以较小的损失减速至亚音速气流。

应用无附面层隔道超音速进气道的代表机型,则是美国的另一款五代机——F-35战机。在设计时,该进气道进口处设有一个“鼓包”,这个“鼓包”既可以将超音速气流以较小的损失降为亚音速气流,还可以将低速的空气“推离”进气口,保证后方发动机高效工作。

值得注意的是,这两种进气道虽然设计结构不同,但均具有结构简单、重量轻、工作稳定可靠、迎风阻力小、隐身

效果好、维护费用低等特点,成为当前战机进气道发展的主流方向。

更智能高效的发展方向

战机进气道不仅仅是一个简单的空气“入口”,更是飞机推进系统高效、稳定、安全工作的核心关键子系统之一。

随着航空技术的持续发展,宽速域、广空域、高智能、强隐身战机或将陆续迈上航空舞台。作为飞机的“呼吸系统”,进气道的未来发展也必将与之契合,向着更加智能高效的方向不断前行。

一是高超音速进气道。在航空领域,高超音速飞行一般指速度超过5倍音速的飞行。高超音速飞行条件下,进气道需要通过复杂的气动设计来实现超高速气流的低损失减速,同时,进气道的材料和结构还需具备承受高温高压的能力。

例如,美国X-43A无人飞行器在试飞中创造了9.7马赫的飞行速度,这一次试飞,为飞行器开展宽速域发动机应用和未来更高马赫数下进气道的技术探索,都提供了启示。

二是智能化进气道。随着人工智能等技术的发展,未来的进气道也有望变得更智能。当传感器实时监测到进气口的气流状态和发动机的工作状态,利用人工智能与控制技术,系统可以同步开展智能化进气道设计,实时、精确、智能地调整进气道的几何形状,自动优化气流分布,以更好地满足宽速域、广空域下进气道与发动机的“相容性”,帮助发动机更高效地运转。

三是高隐身化进气道。在未来战场上,战机进气道的隐身性能同样重要。随着雷达隐身技术成为现代战机的关键需求,进气道设计成为降低雷达反射截面积的重点。

据悉,通过持续优化进气道空气动力学特性,引入等离子体等先进隐身技术最新研究成果,研究低散射率的新型材料和结构,未来或能在实现轻量化设计的同时不断提升进气道的隐身能力,拓展战机的战场生存力。例如,近期受关注的美国六代机F-47,或以其先进的进气道隐身设计,推动整个战机隐身性能的提升。

从亚音速进气道到超音速进气道,再到未来满足各种极限要求的智能化进气道,战斗机进气道正朝着更高性能、更隐身化、更轻量化等方向发展,以满足未来先进航空飞行器和空天飞行器的需求。

★ 保障达人

黧黑油亮的双手拿着修理工具,仔细排查着结构精细的装备部件,不时传来工具触碰装备的清脆声音。

在第74集团军某旅维修车间,修理技师、一级军士长崔凤龙正和战友排查车辆故障位置。

半小时后,随着最后一颗螺栓精准入位,车辆故障部件被顺利更换。“赶紧发动试一下。”崔凤龙说。随后,发动机传来隆隆的轰鸣声,战车再次恢复动力。

提起崔凤龙,战友们的看法一致:“只要有崔班长在,我们心里就踏实。”每当遇到装备故障难题,大家总是第一时间想到他。

这样的信任,源于崔凤龙一次次在最短时间内排除车辆故障,保障任务的顺利完成。旅里各种型号的车辆需要维修时,他往往能从容应对。

崔凤龙的徒弟罗超,曾向他请教提高维修技能的诀窍。

崔凤龙回复了14个字:“多看、多思、多总结,眼勤、脑勤、手更勤。”

这14个字,是崔凤龙多年来总结的维修诀窍。

在崔凤龙的左上衣口袋里,总是装着一个小小本。每次遇到不懂的问题,他都会记在本上,并画上一个问号;每当攻克一个难度系数较高的故障后,他都会在本上详细梳理记录自己的维修心得,总结成一套规范的故障流程,而后和大家分享。

27年辛苦付出的浇灌,结出了收获的果实。

那年,某野外综合训练场,一场红蓝实兵对抗演训即将打响。

就在这时,该旅某连一辆战车突然熄火,故障迟迟无法定位。接到求援信号后,崔凤龙和战友们立即提上工具箱赶往现场,一头钻入车舱展开抢修,查部件、测电路……最终“抢”在战斗打响前排除了故障。战车在规定时间内汇入铁流,并在战斗行动中首发命中“敌”重要目标,受到上级嘉奖。

“每辆战车的状态都可能影响大局。修不好装备影响战斗进程,那就是我们修理兵的失职!”崔凤龙说。

最近几年,崔凤龙时常有一种本领恐慌感。

前几年,该旅陆续换装了一批新装备。为早日摸透新装备的维修要领,他带领战友们天天围着装备转、盯着问题看,与工具器械为伍,和底盘机油做伴。常常为了解决一个故障,他们一干就是几个小时。“只有不断学习,才能完

第七十四集团军某旅修理技师崔凤龙——这是我热爱的战位

■杨 鹏 陈 奕

成新任务,迎接新挑战。”崔凤龙说。

单丝不成线,独木不成林。在崔凤龙的帮带下,一批批修理技术骨干拔节成长,在各自岗位挑大梁、担主力,为单位遂行多样化军事任务提供了坚实保障。

“这是我热爱的战位。”崔凤龙对徒弟们说,为战车“护航”,是他的热爱所在,也是一名修理兵执着的追求。



崔凤龙正在检修装备。

支 琳 摄

半路夭折的武库舰

■姚 克 梁 铎

★ 军工档案

在世界诸多海军舰艇中,有一种以“强大的火力”著称的军舰——武库舰。

武库舰又称“火力舰”,作为一种搭载了大量导弹的大型水面作战平台,武库舰宛如海面上的一座“浮动的导弹武器库”,以强大火力对陆、海目标实施“饱和式打击压制”作为主要作战方式。

武库舰的问世离不开当时的时代背景。

冷战结束后,为了解决有限军费开支与保持强大海上军事能力的矛盾,以及减少航母舰载机飞行员的战斗减员,美国海军于1992年率先提出了“武库舰”这一概念。

武库舰的核心设计理念为“以最低的成本搭载最大数量的导弹”,一经提出就饱受关注,在当时曾被视为改写现代海战样式的海战兵器。有媒体将其喻为“制海权理论的颠覆者”,甚至预言武库舰将取代航母成为舰队核心。

按照设计理念,武库舰取消雷达、声呐等传统舰载设备,配备500个以上垂直发射单元,同时可以装载对地攻击巡航导弹、反舰导弹甚至弹道导弹等。据估算,武库舰的火力密度相当于多艘巡洋舰的总和,造价却大大降低。

不过,随着论证不断深入,武库舰

的致命缺陷逐渐暴露:没有雷达探测能力,完全依赖外部设备指引,在电子对抗环境下生存难度极大;舰体防护标准仅相当于商船级别,面对反舰导弹攻击时的损管恢复能力几乎为零……多重困境夹击下,这个曾一度引发世界轰动的项目,最终被降级为技术验证计划,此后便销声匿迹。

颇具意味的是,美军半路夭折的武库舰设计理念,竟在苏联的基洛夫级核动力巡洋舰上得到了体现。基洛夫级核动力巡洋舰满载排水量达2.8万吨,装备了涵盖防空、反舰、反潜等多种用途的20种导弹系统,总载弹量高达400枚。然而,苏联解体后,由于经费短缺,俄罗斯海军始终未能完成该舰电子系统的升级,导致其无法满足信息化战争的需求。

目光回到现在,我们依然能感受到武库舰设计理念带来的影响:美国“幽灵舰队”计划中的大型无人舰能够搭载32枚反舰导弹,并通过卫星链路融入整体作战体系;俄罗斯“奥兰”无人艇则试验了蜂群式导弹饱和攻击战术……尽管这些方案需克服自主决策、战场生存等挑战,但正如当年FAMAS步枪引领无托化潮流,武库舰的设计理念仍在持续影响着未来海战形态的演变。

下图:借鉴了武库舰设计理念的前苏联基洛夫级核动力巡洋舰。

资料图片

