

# 深海大洋里的核能引擎

■ 賈軒聞 焦偉軒

## 軍工科普

在深海与远洋的舞台上，核动力系统堪称现代海军装备最强劲的“动力源泉”。这项将原子能转化为澎湃动力的尖端技术，不仅彻底改写了海战规则，更成为大国战略威慑的物理载体。

核动力系统本质是一套精密的能量转化装置，其核心在于实现“核能—热能—机械能”的三阶转换。以压水堆为例，铀-235核燃料在反应堆中通过受控链式反应释放热能，1克铀完全裂变释放的能量理论上相当于2.9吨标准煤。主循环泵驱动高压水流经堆芯，将水温加热至327℃形成过热蒸汽。这些高温蒸汽经蒸汽发生器完成热交换，产生280℃的饱和蒸汽推动汽轮机。

现代核动力系统的汽轮机采用三维气动设计的钛合金叶片，转速可达每分钟6000转，通过行星齿轮减速器将动力输出至七叶大侧斜螺旋桨。核动力装置的热效率可达33%，相比常规船用蒸汽轮机提升约50%。美国“福特”级航母的A1B反应堆单堆热功率达700兆瓦，可连续运转20年无需换料，其能量密度是柴油动力的约200万倍。俄罗斯“亚森-M”级核潜艇配备的KTP-6反应堆，采用自适应循环设计，可在-50℃至50℃环境中稳定运行。其特制破冰舱柱配合泵吸倒转装置，可在3米厚冰层下实现垂直上浮。艇载“锆石”高超音速导弹的冷发射系统，正是依赖核动力系统提供的瞬时高压蒸汽完成弹射。

新一代核动力系统正沿着模块化与智能化的技术轴线快速演进。法国Nuward小型堆采用一体化紧凑设计，系统体积缩减60%，为战术舰艇核动力开辟新路径。

在安全防护上，非能动安全系统

正在成为主流，重力驱动应急冷却装置、负温度系数堆芯设计、堆芯捕集器等创新，可将堆芯熔毁概率降至千万年一遇。

从深海到远洋，核动力技术推动着海军装备的革命性进化，重塑着现代海战形态。当第四代核动力系统与人工智能、高能武器深度结合时，必将给海上主战舰艇带来更长时的续航、更澎湃的动力以及更具颠覆性的作战能力。



“亚森-M”级核潜艇。

资料图片

# 研制武装直升机有多难

■ 刘珍蓝 虎骑圆

“咣!”随着一声巨响,一架“虎”式武装直升机在澳大利亚北领地布拉德肖训练场“硬着陆”。

这是发生在“护身军刀2025”多国联合军演中的真实一幕。这次事故,是该次演习一连串不和谐“音符”之一,也让人们再次把目光投向武装直升机的结构强度、可维护性以及运行可靠性等问题。

武装直升机,即配有有机载武器和火控系统,用来对地面、水面目标进行攻击或空战的直升机。

在直升机上加装武器开始于20世纪40年代,德国率

先在Fa-223运输直升机上加装了一挺机枪。到了20世纪60年代初,美国在越南战争中大量使用直升机并根据战场使用情况,决定研制专用武装直升机——AH-1G,该型武装直升机于1967年开始装备部队并投入实战。

武装直升机的研制过程充满了重重险阻,每一个环节都考验着一个国家的工业实力、科技水平和创新能力。当前,世界上能够独立自主研制武装直升机的只有少数国家。那么,研制武装直升机到底有多难?需要解决哪些难题?本文为您一探究竟。



米-28“浩劫”武装直升机。

资料图片

## 第一步:攻克动力系统难题

武装直升机要想在低空灵活穿梭、执行各种任务,离不开一颗强劲的“心脏”,即涡轴发动机。它需要在有限的空间和重量限制下,输出强大且稳定的功率。例如,AH-64“阿帕奇”武装直升机所配备的T700涡轴发动机,单台功率高达1490马力,才足以让这架满载武器装备、重达数吨的直升机在空中灵活自如地飞行。

涡轴发动机的研制难度极高,堪称航空领域最伟大的发明之一。

研制涡轴发动机,首先要面对的是高温高压环境下的材料难题。发动机内部的涡轮叶片在工作时,要承受高达1500℃以上的高温 and 巨大的离心力。在如此恶劣的条件下,一般的金属材料根本无法胜任,需要具备高强度、耐高温、抗疲劳等特性的新型合金材料。

其次,发动机的增压比也是关键技术指标之一。为了获得更大的推力,航空发动机内的空气需要经过多级压气机叶片压缩,提高增压比,这就需要高效可靠的风扇叶片和压气机。在实际制造过程中,研究人员需要不断地进行试验和改进,才能找到最合适的叶片,确保发动机的性能达到设计要求。

除了发动机本身的研制,如何将发动机与武装直升机进行匹配,也是一大挑战。

不同型号的武装直升机在设计用途、机身重量、飞行性能要求等方面存在差异,这就需要发动机能够根据直升机的特点进行定制化匹配。例如,俄罗斯的米-28“浩劫”武装直升机机身较为庞大,强调强大的火力和防护能力。其配备的两台TV3-117VM涡轴发动机,在提供强大动力的同时,还需确保与直升机的传动系统、燃油系统等各个子系统协同工作,才能实现高效稳定的飞行。

在发动机与直升机的匹配过程中,需要考虑诸多因素。传动系统要能将发动机的动力高效地传递给旋翼和尾桨,同时要保证在高速旋转和复杂工况下的可靠性和耐久性。燃油系统则要根据发动机的油耗特性,合理设计油箱容量和供油方式,确保直升机在长时间飞行和各种飞行姿态下,发动机都能获得稳定的燃油供应。发动机的安装位置也至关重要,既要考虑机身的重心分布,保证直升机的飞行稳定性,又要便于维护和保养。

为了解决这些问题,研究人员往往需要进行大量的计算分析、模拟仿真以

及飞行试验,不断调整和优化各个系统的参数和布局。这个过程不仅耗费时间和精力,还需要具备深厚的航空工程知识和丰富的实践经验。

## 第二步:攻克机体结构难题

武装直升机在执行任务时,常常需要在复杂的气象条件和地形环境中飞行,同时还会面临敌方地面火力的攻击,因此对机体结构的强度和轻量化都有较高的要求。

要打造坚固耐用的机体结构,首先需要选用合适的材料。现代武装直升机广泛采用高强度铝合金、钛合金以及碳纤维复合材料等先进材料。由法国和德国联合研制的“虎”式武装直升机,机身结构大量使用了碳纤维复合材料。这种材料重量轻、强度高、耐腐蚀,让武装直升机在减轻自身重量的同时,能承受更大的载荷和外力冲击。

结构设计方面,武装直升机需要采用合理的布局和构型,以确保在各种工况下的结构强度和稳定性。

旋翼系统是直升机的关键部件之一。旋翼桨叶不仅要承受巨大的离心力、气动力和挥舞力,还要在高速旋转过程中保持良好的动力学性能。为了满足这些要求,旋翼桨叶通常采用复杂的结构设计,内部有多个加强筋和承力构件。在制造过程中,需要严格控制材料的铺层方向和工艺参数,以保证桨叶的强度和刚度。此外,直升机的机身框架也需要进行精心设计,合理分布各个部件的载荷,避免出现应力集中现象。

武装直升机在作战中常常面临着坠毁风险,因此抗坠毁设计成了机体结构设计的重要环节。

抗坠毁设计的目标,是在直升机发生坠毁事故时,最大限度地保护机组人员的生命安全。这需要从多个方面进行综合考虑。

首先,机身结构设计要采用能量吸收结构,通过合理设计机身的变形模式,使直升机在坠毁时能够将大部分能量通过结构的变形吸收掉,减少对机组人员的冲击。意大利阿古斯塔公司研制的A-129“猫鼬”武装直升机,其机身结构采用了减震防撞技术,受到撞击时会发生塑性变形,有效吸收能量。

其次,座椅系统也是直升机抗坠毁设计的关键。高性能的抗坠毁座椅可以在短时间内为机组人员提供良好的支撑和约束,减少人员的位移和受伤风险。座椅通常配备有特殊的缓冲装置和安全带系统,能够根据坠毁时的冲击

力自动调整缓冲力度,保护机组人员的头部、颈部和脊柱等关键部位。

此外,直升机的燃油系统也需要抗坠毁设计。研发人员通常采用自封式油箱、燃油切断装置等设计,防止在坠毁时燃油泄漏引发火灾。

## 第三步:攻克航电系统难题

航电系统就像武装直升机的“智能大脑”,负责信息的采集、处理、传输和显示,对其作战效能和飞行安全起着至关重要的作用。现代武装直升机的航电系统集成了多种先进设备和系统,包括火控雷达、光电系统、通信导航系统、电子战系统等,每种系统的研发都面临着较高的技术挑战。

以火控雷达为例,武装直升机的火控雷达需要具备高分辨率、高精度目标探测和跟踪能力,同时要能在复杂的电磁环境和低空杂波环境下正常工作。为了满足这些要求,火控雷达通常采用先进的相控阵技术,通过成千上万个微型探测阵元组件组成阵面,实现对目标的快速搜索、跟踪和识别。AH-64E“阿帕奇”武装直升机配备的AN/APG-78“长弓”毫米波火控雷达,能够在恶劣气象条件下对地面目标进行精确探测和跟踪,大大提高了直升机的作战能力。

将这些设备和系统进行集成,构建一个高效、可靠的航电系统,更是一项艰巨的任务。航电系统的系统集成,需要解决不同设备之间的电磁兼容、数据通信、信息融合等问题。

电磁兼容是航电系统集成中面临的首要问题。武装直升机上各种电子设备在工作时会产生不同频率的电磁辐射。如果这些电磁辐射相互干扰,就会导致设备性能下降甚至无法正常工作。为了确保航电系统的电磁兼容性,需要在设备设计阶段就采取一系列的电磁屏蔽、滤波等措施,对设备的电磁辐射进行严格控制。同时,在系统集成过程中,还需要进行大量的电磁兼容性测试,通过调整设备的安装位置、布线方式等,消除设备之间的电磁干扰。

数据通信是航电系统实现信息共享和协同工作的基础。武装直升机上各个航电设备需要通过数据总线进行数据传输,将采集到的信息实时传递给其他设备和机组人员。目前,常用的数据总线标准有多种,这些数据总线在数据传输速率、可靠性等方面都有严格的要求。在航电系统集成过程中,需要确保各个设备与数据总线的兼容性,并且要对数据传输的准确性和实时性进行

严格测试和验证。

## 第四步:攻克武器系统难题

武装直升机作为一种强大的武器攻击平台,需要配备种类丰富、性能优良的武器系统,以满足不同作战任务的需求。如何将各种武器系统与直升机进行完美适配,也是其建造过程中的一大难题。

不同类型的武器,如机炮、火箭弹、导弹等,在尺寸、重量、发射方式等方面存在差异,这就要求直升机在设计阶段充分考虑武器的挂载和发射需求。

机炮后坐力较大,需要在直升机的结构上进行专门加强,以确保射击时机身的稳定性。火箭弹和导弹的挂载点需要具备足够的强度和刚度,才能承受武器发射时产生的冲击力。同时,武器的发射系统还需要与直升机的火控系统进行精确匹配,才能实现快速、准确的目标瞄准和射击控制。

以俄罗斯米-28N“夜间猎人”武装直升机为例。它配备了一门30毫米2A42机炮,该炮射速高、威力大,能够对地面轻型装甲目标和有生力量造成有效杀伤。为了适配这门机炮,米-28N直升机在机鼻下方专门设计了一个稳定的机炮安装座,并对相关的结构部件进行了加强处理,使直升机能够承受持续射击产生的后坐力冲击。此外,机炮的供弹系统、射击控制系统等都与直升机的火控系统紧密集成,确保飞行员能够在复杂的飞行状态下准确地操控机炮进行射击。

除了武器系统的适配,不断研发创新武器装备,提高武装直升机的作战效能,也是建造过程中的重要任务。随着科技的不断进步,现代战争对武装直升机的武器系统提出了更高的要求,如更远的射程、更高的精度、更强的杀伤力以及更好的抗干扰能力等。

随着无人机技术的发展,一些国家开始探索将无人机与武装直升机进行协同作战,研发出能够搭载和发射无人机的武装直升机武器系统。利用无人机的侦察和攻击能力,拓展武装直升机的作战范围和效能,这为未来武装直升机的发展开辟了新的方向。

建造武装直升机是一项复杂而艰巨的系统工程,涉及动力系统、机体结构、航电系统和武器系统等多个关键领域。每一个领域都面临着诸多技术难题和挑战,需要汇聚大量科研力量、投入巨额资金,并经过长时间的研发和试验。这不仅考验着一个国家的工业基础和科技实力,更反映了其在航空领域的创新能力和综合竞争力。

## DP-28轻机枪——从“唱片机”到战场利器

■ 路浩毅



DP-28轻机枪。

资料图片

第二次世界大战,是人类历史上规模最大的战争,也是军事科技飞速发展的时期。这一时期,形形色色、威力巨大的武器“你方唱罢我登台”,在历史上留下浓墨重彩的一笔。其中,就有苏联的DP-28轻机枪。这款轻机枪以其独特的造型、坚固的结构和强大的火力,赢得了前线士兵们的赞誉。

DP-28轻机枪的故事,始于20世纪20年代。那时,苏联轻武器设计师捷格加廖夫正致力于研发一款既具备步枪的快速反应能力,又便于携带的手持机枪。经过数年努力,终于在1928年,一款采用圆盘式供弹具、火力凶猛的轻机枪DP-28,正式列装苏联红军。由于该枪射击时弹盘会旋转,苏军士兵亲切地称之为“唱片机”。

DP-28轻机枪全长1270毫米,枪管长605毫米,采用导气式工作原理和鱼鳃板式闭锁结构。其最引人注目的特点,便是它那巨大的转盘供弹机构。这一设计不仅大幅降低了全枪的高度,使得机枪在射击时更为稳定,同时也为射手提供了持久的火力支援。弹盘可容弹47发,用卡箍固定在枪身上方,子弹初速达到840米/秒,有效射程800米。尽管装填过程稍显繁琐,一旦装满弹药,DP-28便能以每分钟550至600发的射速,向敌人倾泻出

如暴雨般的子弹,其火力之猛,让敌人胆寒。

DP-28轻机枪的机械结构相对简单,易于制造和维护。枪身由大量冲压件组成,降低了生产成本,使得这款机枪在二战期间得以大量装备苏联红军及其盟友。即使在战争初期,苏联的枪械工厂被迫搬迁到条件艰苦的乌拉尔地区,DP-28的年产量仍然达到了6万多挺,充分满足了前方战场的需要。

DP-28轻机枪采用了独特的后座式枪机设计,通过长杆连接枪机和枪管,有效减少了射击时的后坐力。这一设计不仅提高了射手的射击精度和稳定性,也使得DP-28在连续射击时,依然能保持较好的射击效果。此外,DP-28的扳机为扳动式,操作相对简单,使得射手在紧张激烈的战斗中依然能够迅速而准确地做出反应。

二战期间,DP-28轻机枪成为苏军士兵的得力助手,在莫斯科保卫战、斯大林格勒战役等一系列关键战役中,立下了赫赫战功。二战结束后,其强悍的火力仍在延续。在上甘岭战役中,志愿军步兵45师135团3营7连排长孙占元,正是凭借着这款机枪,和战友完成了夺回597.9高地2号阵地的艰巨任务。

如今,DP-28轻机枪虽然已经退出了历史舞台,它的故事和传奇依然被人们铭记。在中国人民革命军事博物馆中,那挺曾在上甘岭战役中立下赫赫战功的DP-28轻机枪,静静地陈列在那里,仿佛在诉说着那段烽火连天的岁月。

## 軍工檔案