

军工T型台

2024年10月,法国达索公司对外宣布,其即将推出“阵风”战斗机的无人僚机,用以未来辅助“阵风”战斗机执行打击任务。有消息称,该无人僚机采用涡扇发动机提供动力,以使无人僚机具备长时间的续航能力和优异的高空性能。

对于无人装备而言,动力装备的重要性不言而喻。动力装备宛如无人装备的“心脏”,在无人装备中主要负责动力生成、传递以及作战能量的供应,其选型

是否合适与无人装备研制工作的成败息息相关。

从“单一能源主导”到“多源协同”,从机械时代到智能时代,能源动力技术的一次次进步,支撑着无人装备从实验室走向战场,从概念验证迈向大规模应用,正在对无人领域的战场规则产生不容忽视的影响。

今天,让我们一同走近无人装备动力技术演进史,一同了解其从单一化到多元化、从高耗到低效能、从依赖化石能源到拥抱清洁能源的跨越式发展过程。

无人装备能源动力技术进步或将重新定义无人战场规则——

无人装备“心脏”加速演进

■夏潇潇 陈国兵 侯融



混合运用多种能源提供动力的美国C-Enduro无人水面艇。

供图:阳明

无人装备发展初期,热能动力装置“一枝独秀”

20世纪下半叶,世界各国开始对无人艇、无人水面艇等无人平台进行探索,各型无人装备开始在远程打击、侦察探测等领域发挥重要作用,无人装备的研发处于新兴阶段。

这一时期,凭借成熟的技术体系和稳定的输出功率,内燃机等热能动力装置成为新兴无人装备动力源的绝对主力。当时无人装备常用的热能动力装置,主要有活塞发动机、涡轮增压发动机、火箭发动机3类。

在这3类常用热能动力装置中,活塞发动机最为常见。

在密闭的容器内,汽油、煤油等燃料与空气混合,燃烧膨胀做功最终产生动力。这类发动机具有耗油低、故障率低和质量轻等优点,是无人装备发展早期普遍采用的动力源方案,广泛应用于地面无人车、无人水面艇和中小型无人机的制造中。

美军大名鼎鼎的“捕食者”无人机,就是采用这类发动机的典型代表。

搭载罗塔克斯914增压汽油活塞发动机,即使在气象条件较为复杂的沙漠与高原环境,“捕食者”也能安全稳定运行。

另外一种涡轮发动机,多用于无人直升机的动力源,主要包括涡喷、涡扇、涡桨和涡轴发动机等。这类发动机可以提高无人机的载荷能力、巡航速度和滞空时间,如美国MQ-8B火力侦察兵就使用了涡轴发动机。

火箭发动机主要用于高速、超高速无人机。这类无人装备自带推进剂,推进剂在火箭发动机内转化为动能,形成高速射流排出产生推力。例如,美国研制的超声速AQM-37系列无人靶机,主要用于军事演习中模拟空对空目标,空对地弹药以及导弹等,采用火箭发动机提供动力,飞行速度可达3~4马赫,射程超过180公里,可以模拟高速飞行目标,满足军事训练和武器测试的需求。

与此同时,热能动力装置的缺点也不容忽视。

以活塞发动机为例,原动机和驱动轮之间通常采用齿轮传动等刚性连接装置,导致活塞发动机结构设计灵活性差,且发动机在运行时必须不间断开机,噪音大、红外特征明显、隐蔽性差。

大部分热能动力装置还存在热效率低的通病。大量能量以废热形式散失,这些明显的热信号容易被敌方声呐

或红外探测设备锁定,限制了其作战的隐蔽性。

例如,美军AQM-34无人侦察机,主要执行侦察、监视和电子战等多种任务,曾被大量投入越南战场。但该无人装备动力系统的红外特征明显,在战场上容易被红外制导导弹发现并击落。

总的来说,热能动力装置为无人装备的初期发展奠定了基础,但其高能耗、低隐蔽性的缺点,也迫使科研人员不断寻求更清洁、高效的替代方案。

伴随电池技术进步,无人装备迎来爆发式发展

21世纪初,电池技术的突破大大加快无人装备的发展进程,无人装备的动力源有了电力驱动这个新选项。

凭借低噪声、零排放等特性,电力驱动使无人装备在侦察、监视等任务中展现出独特优势。

不过,无人装备的续航能力受限于电池的能量密度和功率密度。由于电池储存的能量有限,以及野外作战环境下无人装备的能量补给困难等,电力驱动目前主要应用在轻型、小型和微型无人装备上。

在这些无人装备中,人们最常看到的是镍氢电池、锂离子电池和锂聚合物电池等可充电电池。这类电池往往能够输出相当可观的功率,受到使用者的青睐。

以锂聚合物电池为例,该电池采用聚合物电解质取代了传统浸泡在电解液中的多孔隔膜。这种固态聚合物设计让用户可以自由选择电池形状,以满足不同应用领域的特殊需求。

西班牙的“罗德”轮式机器人,是较早采用电力驱动的无人装备。据悉,为该机器人供电的蓄电池可连续供电2小时,机器人最高时速可达6.5公里。

曾在伊拉克战争中为美国海军搜索和清扫水雷的美国REMUS-100无人潜航器,同样采用电力驱动作为动力源。如果该无人潜航器以每小时3公里的速度前进,潜航器中搭载的锂电池能保证其连续航行9小时。

此外,在电力驱动范畴内,还有一种特殊的能源装置——燃料电池值得人们关注。

燃料电池虽然名字里包含“电池”这两个字,但其运作原理与常规电池十分不同。

常规电池储存电能时,一般通过燃料燃烧产生热能后,用机械装置将热能转化为机械能,再利用该能量驱

动发电机产生电势和电流,而后存储到电池中。

燃料电池则无需中间步骤,能够直接将储存在氧化剂和燃料中的化学能,通过电极反应转换为电能,具有能量转换效率高、环境污染小、噪声低等优点。

围绕燃料电池,一些国家做出了较多尝试。

在“赫尔墨斯”系列无人侦察机的基础上,以色列探索发展以燃料电池为动力的高空长航时无人机;采用燃料电池的美国海马无人潜航器,最大航速为6节,可在半径90公里的范围内连续工作近百小时,满足执行长时段的远程情报收集、监视和侦察任务……不过,受限于技术水平,目前燃料电池的成本还比较高,且体积较大,不适用于小型无人装备的应用设计。

电力驱动也极大拓展了无人装备的应用场景。

美国“悬停灯”无人机通过缆绳连接地面电源,虽然机动范围被限制在缆绳长度内,但实现了72小时滞空监控。

英国“鸬鹚”太阳能辅助电动无人机,被应用于执行生物多样性调查的任务。在亚马逊雨林,依靠电力驱动的无人机有效避免了燃油对环境造成的污染。

与热能动力系统相比,电力驱动具备独有的优势,但我们仍要看到其续航能力与环境适应性不强的局限性,由此,这也催生了第三代混合动力技术。

“混合动力+能源智能再生”,引领发展新方向

随着无人装备在情报侦察、环境勘测、跨境救援等领域的推广运用,一些复杂任务对其续航能力、环境适应性、隐蔽性等提出了更高要求,传统单一能源动力模式逐渐难以维系。

在这种背景下,混合动力与能源智能再生技术的进步打破了无人装备对单一能源的依赖,无人装备能源动力系统开启从“单一能源主导”向“多源协同”的转变。

混合动力并非新概念,早在热能动力时代,就有常规舰艇混用内燃机和柴油机的先例。

电力驱动技术发展成熟后,越来越多无人装备在设计时,就将目光投向了油电混合动力。这种多能源协同机制不仅能大幅提升动力系统综合效率,还可以通过智能能量管理算法,实现不同能源的实时优化配置,使无人装备的续航时间延长至传统系统的数倍。

例如,美国MQ-25“黄貂鱼”无人

加油机,使用涡扇发动机和电池组共同供电,高速巡航时由燃油驱动,隐蔽突防时切换为电动模式,噪声可降低约70%。

又如,乌克兰的马古拉V5无人水面艇,采用的也是油电混合动力,巡航速度可达22节,冲刺时更能达到42节。在接近目标前,它使用噪声较大的发动机驱动,接近目标后,便会切换至电池驱动实现静音航行。

相较于将热能驱动和电力驱动等成熟技术进行混合设计,将风能、太阳能、波浪能等新兴能源技术整合叠加到现有动力系统中,则更具试验和探索性质。

例如,英国C-Enduro无人水面艇,除传统的柴油发电机外,还搭载了720瓦功率的风力发电机和12块太阳能电池板,双直流电机驱动下,其最高航速可达7节,可持续自主航行3个月,具有较好的综合动力性能。

在发展方向上,能源再生技术的持续突破也正在重构能量补给体系——借助压电材料,仿生扑翼飞行器将机械振动转化为电能;水下潜航器利用洋流温差发电装置实现自持供电;地面无人车配备可折叠太阳能薄膜在驻车时自主蓄能……

更具革命性的是,无线充电矩阵与空中能量中继技术的突破,使无人集群能在任务途中通过电磁共振或激光传输方式完成“空中加油”,构建起立体化能源补给网络,如韩国科学技术院研发20m激光无线充电系统,可为5公斤级无人机实时补能,传输效率大幅提升。

多元融合不仅体现在技术层面,还将催生全新的装备运用概念——具备生物降解特性的柔性电池与氢燃料电池结合,进而实现一次性侦察设备的零污染自毁;微型核电池与超级电容联合后,深空探测器将获得数十年时间的持续供电;能量信息一体化技术的成熟,让动力系统本身成为数据中继节点,在传输电能时同步完成信息交互……未来这些领域中任何一项内容取得应用突破,都将引领无人装备又一次飞跃发展。

从内燃机的轰鸣到氢燃料电池的静谧,从系留缆绳的束缚到激光补能的自由,无人装备能源动力系统的每一次跃迁,都在对无人战场规则做出重新定义。

未来,随着核聚变、量子电池等颠覆性技术成熟,“无限续航”的无人装备或将彻底改写战争形态:平流层太阳能无人机构建全天候通信网络,核动力潜航器掌控深海航道,沙漠中的氢能无人车组成机动补给链——到那时,越来越多的机器战士将深入各领域战场。

保障达人

阳春时节,西南某地,南部战区空军地导某旅一场实战化训练正如火如荼展开。

指挥方舱内,模拟打击训练任务即将开始,指挥员席的电脑突然黑屏。几名年轻通信兵第一次碰见这样的情况,瞬间不知所措。

“快喊‘老胡’!”大家提议。

不一会儿,“老胡”赶到现场,大步登上指挥方舱,根据故障现象和经验果断判定故障点,带领年轻战友迅速解决了故障。

大家口中的“老胡”,是该旅某营通信技师——胡靖松。“老胡”这个亲切的称呼,代表着大家对他专业能力的认可。在战友心中,面对通信领域的诸多特情,胡靖松总能“对症下药”,高效处置解决故障。“在任务一线看到‘老胡’的身影,就知道在通信保障这块是托底放心的。”一名战士说。

这份认可和信任的背后,是胡靖松在专业领域数十年如一日的辛勤耕耘。刚开始学习通信专业时,摆在他面前的是陌生的装备和一沓沓厚厚的随车资料。翻开资料,一连串复杂的专业术语和技术参数让他犯了难;打开装备操作面板,眼前不停闪烁的通信设备指示灯和数不清的开关按钮看得他眼花缭乱……站在新装备前,他心情复杂。

也正是从这一天开始,胡靖松暗暗下定决心:一定要学懂通信专业,吃透装备技战术性能。

泛黄的笔记本上,一个个用红色记号笔划掉的问题,见证了他那段“与时间赛跑”的日子。蹲在机房里学线路、记端口,待在自动化方舱内反复练习操作,学软件,扎进资料堆里铆足劲一个字一个字地研读,一个词一个词地理解理论知识……经过一段时间的反反复复学习、摸索和训练,从理论原理到设备操作,胡靖松对通信专业越来越熟悉,笔记本上列出的一个个疑点难点问题也被一一破解。

辛勤耕耘带来了收获。

这些年,胡靖松的“徒弟”越来越多,凭借过硬的专业能力不断创造佳绩:2018年的一次通信专业比武中,他带领的班组夺得了第一名;2023年,他带领数名专业骨干首次走出国门参加某联合训练,总结的多项经验做法被战区空军推广运用……

2023年12月,站在“走还是留”的

始终保持“初学者”的姿态

李鸿飞 袁海

南部战区空军地导某旅通信技师胡靖松

十字路口,胡靖松在自愿留队申请书上签上了自己的名字。“我还有很多东西没有学会,还有很多新同志没有教会,我不想走!”他说。

面对未来装备的加速迭代,胡靖松始终保持着“初学者”的姿态,脚踏实地钻研琢磨的那股劲,时刻准备迎接新挑战的到来。



上图:胡靖松正在检修装备。李金鹏摄

深海之下,潜艇如何“抗压前行”

■韩壮 宋润鹏

军工科普

电影《蛟龙行动》中,潜艇“龙鲸号”遭遇敌情时紧急下潜,在神秘的大海与敌人展开对抗。

潜艇不断下潜的过程,也是水压不断增大的过程。根据帕斯卡定律,液体内部的各个方向都存在压强,且随着深度的增加,压强也随之变大。那么,深海之下,潜艇如何“抗压前行”?

提高潜艇抗压能力的首要因素,是其独特的结构设计。

从潜艇的外形来看,仔细观察各国潜艇,会发现其外形结构基本一致:呈圆形或水滴形。这种类似鸡蛋壳的弧形结构设计,不仅能减少潜艇水下航行的阻力,降低与水摩擦产生的噪音,提高潜艇的隐蔽性,还能将外部水压均匀分布到艇体表面,避免局部应力集中导致潜艇变形或破裂。

同时,潜艇内壁通常采用类似“钢筋骨架”的复合网状结构,有效分散压力,增强艇体的抗压能力;潜艇耐压艇体内部还设计了多个独立的耐压舱室,这些舱室相互隔离,即使其中一个舱室受损,也不会影响整个艇体的结构安全。

除了结构设计,潜艇外壳采用的高强度耐压材料也至关重要。

现代潜艇通常使用钢材或钛合金材料制造耐压艇体。这两种材料不仅强度高,还具有很强的耐腐蚀性,能够在深海中保持性能稳定。

由多层高强度钢板与钛合金材料复合而成的潜艇耐压艇体,一般可保证潜艇安全下潜到300米至1200米的深度。例如,冷战时期苏联研制的M级685型攻击核潜艇,其外壳采用钛合金材料,最大潜深可达1250米。

此外,精密的压载水舱系统是潜艇在深海中保持平衡的重要装置。当潜艇需要下潜时,压载水舱中会注入海水,增加潜艇的重量,使重力大于浮力而下沉;而需要上浮时,潜艇则会用高压气体将压载水舱中的水排出,减轻自身重量,使重力小于浮力而上浮。压载水舱系统不仅帮助潜艇在深海中保持浮力平衡,还能在一定程度上缓解水压对艇体的冲击。

潜艇的抗压能力,体现了结构设计、材料科学与工程智慧的结合。随着更多新型材料的问世、人工智能和自动化技术的发展,以及先进制造技术的不断进步,未来潜艇的抗压能力有望进一步提升,更好应对深海中的复杂环境。



苏联M级685型攻击核潜艇在水中前行。

资料图片