



固体火箭发动机有望实现重复启动



测试中的固体火箭助推器。

固体火箭发动机具有结构简单、推重比高等优点,缺点是推力不易控制、重复启动困难。近日,国外一家航天科技公司研究利用纳秒脉冲等离子体放电技术(NPPD)攻克这一工程难题。

NPPD是一种由极短高压脉冲产生的低温等离子体,已被证明可增强燃烧效果。研究团队设计的概念验证推进装置,通过电子控制的等离子脉冲实现燃烧过程的可调控,所需能量极少。这一推进装置使用的燃料通用性强,结构紧凑,适用于多种航天器。

目前,这一技术仍处于试验阶段,未来一旦投入应用,有望使固体火箭发动机具备轨道机动和深空航向修正所需的可重复启动能力,将提高卫星等航天器的太空机动能力。

FPV 无人机控制站更便携可穿戴



新型 FPV 无人机控制站可挂在操作员身上。

国外一家防务公司近日推出 FPV 无人机使用的可穿戴式便携控制站。其体积较以往地面控制站缩小一半,作用范围可达25千米。

目前大多数 FPV 无人机的地面控制站需要专用车辆或固定操作位置,限制了操作员的活动范围。新型可穿戴式控制站外形小巧、携带方便,可挂在操作员身上,或灵活布置在其他位置。

为减轻执行任务中的操作员负荷,这家公司为可穿戴式控制站重新设计了天线,使其波束宽度更宽,另外增加双接收器,采用加固接头,以提高工作效率和耐用程度。此外,新型控制站在护目镜、终端无人机与无线电设备之间引入新的天线接口,以减少连接错误。

(子渊)

电磁轨道炮的现状与未来发展

■王奕阳 张承旺 周家伟



图①:美国海军在靶场对电磁轨道炮原型机进行测试。
图②:通用原子公司在地面试验场测试3兆焦耳电磁轨道炮。
图③:安装在舰艇甲板上的电磁轨道炮。
图④:日本的舰载电磁轨道炮原型机。



据外媒报道,今年初美军重启电磁轨道炮实弹射击测试。同一时期,通用原子公司对外展示最新研制的电磁轨道炮系统。这些动向被认为是美军着眼未来战争、突破传统火力打击与防空反导能力的选择。

近年来,随着高超声速武器等新型打击手段的快速发展,传统火炮在速度、射程方面暴露出明显不足。为此,多国将目光投向电磁轨道炮技术。电磁轨道炮如何使电能瞬间转化为毁灭性动能?它具备哪些作战优势?本文对此进行解读。

颠覆传统的新型武器

电磁轨道炮又称磁轨炮,是指采用电磁轨道发射技术对制导炮弹进行加速的定向能武器。不同于传统火炮将火药燃气压力作用于弹丸的发射过程,电磁轨道炮是利用发射系统产生的精确可控的电磁力,对携带电枢的金属弹丸进行加速。由于采用电磁加速,轨道炮发射的弹丸可以超声速或高超声速飞行并击中目标,理论上很难被拦截。

与传统火炮相比,电磁轨道炮具有速度快、毁伤性强、成本低等优势。美国海军曾重点发展的电磁轨道炮项目,炮口动能达64兆焦耳,可将弹丸加速至2500米/秒以上,有效射程突破300千米,远超当前主流大口径舰炮射程,大大拓展了火力打击范围。

除速度快、射程远外,电磁轨道炮的打击效能同样高效。传统火炮的高爆弹是通过释放化学能产生冲击波和破片进行面杀伤,电磁轨道炮则依赖超高速弹丸撞击目标时释放的巨大动能,实现“点穴式”穿透。这种动能杀伤机制不仅对弹药结构要求低,高达6至8马赫的末端速度,还将极大压缩对手的拦截窗口。

此外,电磁轨道炮还具有显著的效费比优势。传统火炮必须携带并储存大量易燃易爆的发射弹药,不仅占用空间,还存在殉爆风险。电磁轨道炮的弹丸由高密度金属制成,存储、运输和装填过程

更为安全便捷,具备对远距离滩头阵地或海上舰队实施高强度、持续性火力压制的潜力。

最后,电磁轨道炮打破了传统火炮的弹道射击限制。传统大口径火炮需要较大仰角才能实现大射程,电磁轨道炮凭借极高的初速和低伸的弹道特性,能够在较小仰角下实现超远射程。例如,土耳其的“SAPAN”电磁轨道炮项目设定的炮口初速为3500米/秒,理论上可将弹丸投射至数百千米外的目标区域,使得搭载平台从敌方防区外实施精确打击成为可能,极大地拓展了战术纵深。

全域作战的“多面手”

电磁轨道炮的潜在应用场景涵盖海基(舰载)、陆基(车载)和天基(空间部署)等方向,其中海基和陆基方向的发展最为明显。未来的电磁轨道炮有望从单一的动能打击武器,发展为多平台部署的通用型作战系统。

海基应用方面,电磁轨道炮凭借超远射程和高动能,被视为未来海战的重要武器,它通常由大型水面舰艇搭载,扩展舰艇的火力覆盖范围。美国海军研究办公室主导研发的电磁轨道炮项目,已经验证了连续发射和弹丸超高速稳定飞行能力,证明该系统的海上应用可行性。日本防卫省也在积极开展舰载电磁轨道炮技术研究,计划未来应对饱和式反舰导弹攻击。

陆基应用方面,电磁轨道炮主要承担火力支援、防空反导及战场压制任务。与海基应用相比,陆基应用对武器系统的体积和散热要求较低,但对持续射速要求较高,同时强调战术灵活性。今年初,印度国防研究与发展组织成功测试陆基电磁轨道炮。其配备紧凑型脉冲电源,可在野外快速充电,实现无电网环境下的高射速运作。英国BAE系统公司也曾开展针对陆地防御的电磁轨道炮演示项目,重点验证对高速目标的拦截能力。

在空基和天基应用方面,电磁轨道

炮技术追求较高的功重比,发展相对缓慢。近年来欧洲多国联合推动的多项机载轻型电磁轨道炮项目,重点应对高密度储能电池与耐热导轨材料在极端飞行环境下的适应问题。这些项目为打造空天电磁防御网,提供了重要的技术储备。

除此以外,电磁轨道炮在被动防御领域也展现出不可忽视的战略价值。尤其是在对高超声速武器及弹道导弹进行末端拦截作战时,传统防空导弹往往因反应迟滞或拦截角度不佳难以奏效,电磁轨道炮凭借极高的飞行速度,能够实施多次拦截,成为一大技术探索热点。

技术攻坚与未来图景

尽管电磁轨道炮具备传统火炮无可比拟的战术优势,但从实验室走向实战部署,仍面临着一系列亟待突破的技术瓶颈。

一是硬件损耗高。导轨烧蚀与绝缘

材料退化是制约电磁轨道炮寿命的两大难题。在连续发射过程中,弹丸与导轨之间摩擦产生的高温高压,极易导致导轨表面出现严重磨损与侵蚀。日本舰载电磁轨道炮在海上测试时,暴露出炮管内壁磨蚀快等问题。这种严重的烧蚀情况使得导轨寿命达不到实战要求的万发级别,而频繁更换导轨在战时是不可承受的后勤负担。

二是能源供应问题。高能脉冲电源的小型化和高效散热系统的设计,是限制电磁轨道炮工程部署和平台集成的关键瓶颈。电磁轨道炮需要瞬间释放巨大电流,对供电设备的储能密度和充放电速度提出极高要求。而庞大的模块化电容器和复杂的液冷系统,将制约武器系统的机动性与持续作战能力。

为突破上述限制,未来电磁轨道炮将朝着轻量化集成、多武器组网方向演进。同时,电磁轨道炮还将与智能化弹药及定向能武器深度融合,配备带有末端制导模块的智能弹丸,实现对高速移动目标的精准拦截。

Token:衡量算力的尺度

■于 斌



你看到的是一句话,Token看到的是一串词元。

随着AI技术,特别是大语言模型的广泛运用,“Token”一词越来越频繁地出现在人们的日常生活中。前不久,国内三大电信运营商相继推出面向个人、家庭以及企业的“Token套餐”,将AI算力以类似“手机流量包”的形式进行标价和收费。那么,什么是Token,它的出现对于生活在AI时代的人们意味着什么?

Token一词的本义是“符号、标记、信物”,在AI领域,Token被解释为“词元”,是指大语言模型在处理信息时能够独立读取的最小语义单元。

人类能够读懂的文字信息需要翻译成计算机能够读取和理解的语言,这种语言的最小单位就是Token。值得注意的是,这里的Token不是人们理解的“字”或“词”,而是依照计算机编码规则,将人类语言切割后形成的可被计算机理解的“语义积木”。在中文里,1个Token大约对应1.5到2个汉

字;在英文里,1个Token大约对应4个字母,也就是0.75个单词。一个高频词如“人工智能”,可能对应一个Token,而一个复杂的词语如“不高兴”,可能被拆分“不”和“高兴”对应两个Token。另外,标点符号、空格甚至表情符号也会被算作一个Token。同样,大语言模型在输出结果时也是以Token为单位输出,再编译为人们能够读取的文字、图片、视频等信息。

就像人脑在记忆信息时有长度限制,超出部分会被遗忘一样,大语言模型每次能够记住和处理的最大Token数量也是有限的。AI在处理任务时,能够接收并处理的Token序列的最大长度,叫做上下文窗口,它是大语言模型的记忆单位。想象一下,当你和AI正在一块黑板上对话:这块黑板的大小是固定的(比如只能写4000个字)。你写的问题、AI写的回答,以及你们之前的聊天记录,都会写在这块黑板上。当黑板被写满时,为了写下新的内容,最早写在黑板左上角的内容就会被擦掉。对大语言模型来讲,上下文窗口就是这块黑板的最大容量。如果一个大语言模型的上限是8K Token,意味着你的提问加上AI的答复,占用的Token总和不应超过8000 tokens。一旦超过,大语言模型会截断超出部分,导致回复不完整或丢失上下文。相应的,上下文窗口越大,AI就能一次性“阅读”和“思考”越长的内容。

Token这种计量属性,使其成为描述算力性能的标尺。它首先被用来衡量模型处理能力。用户每次调用AI服务,计算量都是按Token算的——输入多少、输出多少。这不仅关系到计算系统的工作量,还关乎计算成本和收费。100 tokens和10000 tokens背后对应着真实的算力、电力和硬件成本差别。从云厂商、模型公司到应用开发者,整个产业链都以Token为核心进行结算。因此,就像信息时代计算网络流量一样,算力运营商推出“Token套餐”,以Token衡量服务量,并对应收费。

另外,Token也被用来衡量AI的响应速度。大语言模型生成内容时是一个一个Token往外“蹦”,随着Token调用量的增长,消耗的算力和时间也呈线性增长。这就是为什么有时AI回复长文时,人们感觉它是在“打字”,因为它正在实时计算下一个Token。每个Token都需要独立计算,所以内容越长,消耗的时间和资源就越多,响应速度就会变慢。可以说,处理Token的能力是衡量AI的关键指标。

在AI时代,一个行业、一个领域甚至一个国家每天的Token调用量,已经成为衡量其算力应用规模和算力强弱的关键性指标。可以说,Token既是AI理解世界的“语言”,也是衡量算力的标尺,还是驱动AI产业发展的“燃料”。未来,它将成为人们工作和生活中不可或缺的数字工具。

据外媒近日报道,在去年底举行的多国年度海上演习中,美军利用无人机和无人水面艇组成的无人作战集群,击沉一艘作为靶舰的退役护卫舰。这是美军首次公开确认无人机与无人艇参与实弹演习并击沉目标,被视为海上无人作战模式的重要尝试。

美军海上无人集群实弹击沉靶舰

■宁国强



无人集群首次参战

此次演习中,“库珀斯敦”号濒海战斗舰作为无人系统母舰,共发射4架无人机和1艘无人水面艇,对一艘退役的佩里级护卫舰发起3次打击。整个打击过程从侦察、识别到攻击,全部由无人作战集群自主协同完成。岸上的作战中心负责远程指挥,无人系统作战协调人员实时监控每个无人平台的作战运行状况。

报道称,支撑此次无人打击行动的核心技术是一套“可部署数据中心”,安装在“库珀斯敦”号濒海战斗舰上。该数据中心采用人工智能与机器学习技术,包括计算机视觉模型和海上感知技术。该设备首次在海上进行边缘计算测试,即在舰艇本地处理大量数据,而非将数

据传回本土数据中心。边缘计算对于带宽有限、通信条件复杂的海上作战意义重大。

此次演习暴露出美军一些技术问题。受通信干扰和复杂电磁环境影响,无人机飞行一度因安全风险被暂停数天。舰上缺乏专职机器人操作专家,未来需要设立类似“机器人联络官”的岗位。此外,舰载基础设施如电池充电站、机库空间等也需提前纳入规划。

作战模式初步形成

报道称,此次演习直接推动了美海军无人系统采购与条令改革。美国国会2027财年国防法案草案中已提议拨款1000万美元,专项推进“可部署数据中心”项目,边缘计算技术有望成为未

来舰艇标配。战术层面,无人作战的指挥节点可设于岸上任何地点,舰员配置、指挥链与通信带宽都需要重新构建。

通过此次演习,美海军无人作战模式取得以下突破:一是验证了无人集群从侦察到打击的全链条实战可行性;二是确立“岸上指挥、海上执行”的作战模式,提高指挥生存能力;三是加速了人工智能在复杂海况下的目标识别训练,获取了密集编队的实测数据。

此次演习表明,美海军的无人系统正逐步从“辅助侦察”转向“直接打击”角色。演习为无人系统跨境融入海上作战体系提供了实践参考,也揭示了通信协调、舰载整合、人员配置等方面仍需解决的现实问题。

上图:作为无人系统母舰的“库珀斯敦”号濒海战斗舰。