



上图:6G 将支持更多人形机器人协同工作。
右图:6G 时代正在加速到来。

6G,不只是更快的5G

■朱 聪 孙英杰

现代通信技术已深度融入日常生活,彻底改变人类世界的连接方式。1G、2G 让移动通话、收发短信成为现实;3G、4G 将移动互联网接入手机,让浏览网页、视频通话和移动支付成为现实;5G 让高清视频、智能驾驶、远程医疗及万物互联有了强大的网络支撑。如今,6G 作为下一代移动通信技术正在从前沿研究走向产业布局。根据“十五五”规划纲要,“十五五”期间 6G 发展被明确列为国家战略任务,目标是到 2030 年启动商业应用,2035 年实现规模化商用部署。6G 与 5G 相比有哪些不同,将如何影响社会发展与人们的生产生活?

不只是“通信更快”

要理解 6G,首先要跳出一个常见误区,即认为 6G 只是比 5G 通信速度更快的新一代网络。过去几代移动通信技术的核心任务,是将信息传得更远、更快、更稳定,而 6G 不仅负责通信,还将支撑感知、计算和智能协同。

其中,通信是负责将信息传递出去,感知是让网络能够获取周围环境和设备状态,计算是使数据不必传送至远端,而在靠近现场的地方完成分析,智能协同则是让人、机器、车辆、设备和系统之间更快配合。由此可见,6G 要解决的并非“能不能连上”或“传得快不快”,而是如何让更复杂的终端系统在同一网络中高效协作。

从“连得快”走向“协同好”

与 5G 相比,6G 的连接范围更广。当前的移动通信主要以地面网络为主,城市、交通干线和人口密集地区往往是建设重点。然而,许多通信需求并不在地面,例如高空平台、海上船只

等都需要稳定的通信连接。6G 追求更立体、更连续的通信网络,目标是构建空、天、地、海一体化通信体系。其中,“空”主要指低空飞行器、无人机等平台,“天”包括卫星等空间网络,“地”是地面移动通信网络,“海”则指向海上和水下通信需求。这些网络未来将不再各自独立运行,而是尽可能协同工作,使通信能力从城市延伸到更广阔的空间。

6G 还将更充分地利用频谱资源。频谱可理解为无线通信的“道路”,道路越宽,同一时间可传输的信息量越大。为支撑更大容量的数据传输和更多设备接入,6G 将继续开发更高频段资源,包括毫米波、太赫兹。它们的带宽更大,但也容易受距离、遮挡和环境影响。6G 并非一味追求频段,而是在频段覆盖、信息容量、传输速率和稳定性之间求取平衡:低频负责广覆盖,中频兼顾容量和覆盖,高频支撑热点区域的大容量传输。换句话说,6G 不仅追求网速越快越好,还将根据不同场景选择不同频段,使信息传递更快、更通畅。

此外,6G 将推动通信、感知、计算

和智能化进一步融合,实现“通感算一体化”。过去,网络主要负责传输信息、感知环境、处理数据、辅助判断往往由其他系统完成。未来的网络不仅要数据传出去,还将在更靠近现场的地方处理数据,帮助系统更快作出反应。由此可见,相比 5G,6G 带来的改变不只是性能提升,还是网络本身承担的角色发生了转变。

6G 这样改变生活

网络升级带来的改变,最终将体现在具体应用中。那么,6G 将会为人们的生活生产方式带来哪些改变?

对普通人来说,6G 带来的变化不只是网速更快,更直观地感受是那些对网速要求高的软件运行起来更流畅、更稳定。例如,远程医疗将不仅支持线上问诊,还能支持医学影像实时传输、远程诊疗辅助等复杂场景。智能出行不仅是车辆联网,还让车辆、道路、平台和行人之间能更快交换信息,提升交通运行效率。此外,沉浸式交互、智能家居、可穿戴设备等智能应用也将获得更成熟的发展条件。

坦克也怕这道“坎”

■张诗宏 吕 洋

左图中,几名身着迷彩服的士兵正指挥吊车,将一个个混凝土浇筑的反坦克拒马整齐码放在道路中间。这些看似简易的反坦克装置像一道沉默的屏障,令坦克头疼不已。

反坦克拒马的名字,来源于古代防御器械“拒马”。古代的拒马是把木桩交叉捆绑,形成三角锥或立体斜十字形状的障碍,以抵挡战马冲击,或用尖刺扎伤马匹、绊倒骑兵。反坦克拒马最早出现在第一次世界大战时期,但真正将其大规模投入使用的,是在二战时期。捷克斯洛伐克军队为阻止纳粹德国坦克部队入侵,在边境部署了大量的“捷克刺猬”。这是一种典型的反坦克拒马装置,由工字钢焊接成立体斜十字状。一旦坦克强行通过,它会将坦克前部顶起,使得履带离地悬空,无法继续前进或后退。还有一种三角锥状的反坦克拒马,由水泥浇筑而成,重量非常大,是边境防御的“重器”。

反坦克拒马的一大优势,是极低的成本与极高的实用性。无论是焊接金属支架还是混凝土锥体,普通工厂甚至工地就能批量生产,不需要复杂的技术,也没有高昂的造价。更重要的是,它能很好地适配现代边境防御需求:反坦克拒马一旦布设,就能快速切断道路交通,使装甲车无法快速突

进,从而为防守方部队争取更多时间。它几乎无法被“软摧毁”,既不怕子弹射击,又怕普通爆炸冲击,除非动用重型爆破器材,否则很难在短时间内清除。

面对反坦克拒马,现代军队并非束手无策,最直接的方法是进行爆破。工兵使用炸药将其炸开,或用推土机强行推开。不过看似简单的操作,实则充满风险。爆破作业需要工兵近距离接近反坦克拒马,极易成为敌方狙击手和炮兵的目标;使用推土机强行清除,不仅速度慢,自身目标大,还会在道路上留下明显的痕迹,暴露己方进攻路线。更棘手的是,反坦克拒马往往与地雷、铁丝网、反坦克壕沟搭配使用,在清除过程中,工兵很容易陷入敌方火力网,延误战机。

现代战争中,进攻方装甲部队的推进速度至关重要。反坦克拒马的出现,迫使装甲部队停下来,花费时间开辟通道。这一延迟足以让防守方部队组织起反击,使进攻方的快速穿插变成缓慢攻坚,甚至陷入防守方的包围。以低成本障碍换取宝贵的作战时间,正是反坦克拒马至今仍被倚重的原因。



图文兵戈

据外媒报道,截至今年 5 月,美军已在多艘阿利·伯克级导弹驱逐舰上部署激光武器系统。美军加快部署舰载激光武器系统,将其作为应对无人机蜂群攻击的重要手段,标志着美军舰载激光武器系统正在从技术验证走向实战应用。

当前,美海军部署的舰载激光武器系统主要分为两类。一类是光学炫目拦截器(ODIN),这是一种“软杀伤”低功率激光武器,核心作用是致盲来袭无人机和光电制导型导弹,使其失去目标。目前,这类激光武器已安装在 9 艘阿利·伯克级导弹驱逐舰上。

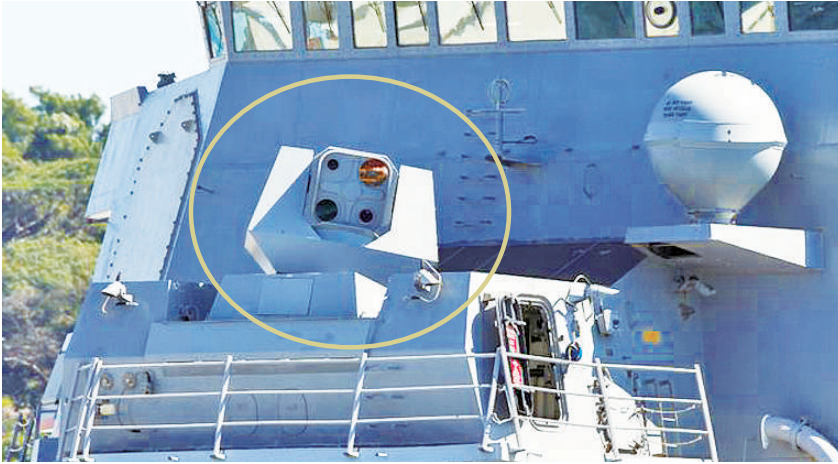
另一类是高能激光与集成光学炫目监视系统(HELIOS)。这是一种“硬杀伤”激光武器,功率 60 千瓦,未来可能升级至 150 千瓦,不仅能破坏来袭武器的传感器,其高能激光束还能烧穿目标,摧毁无人机、快艇等。装备这种激光武器的舰艇只有阿利·伯克级“普雷布尔”号导弹驱逐舰。

目前,“普雷布尔”号导弹驱逐舰上的激光武器系统已完成测试,开始实战部署。2025 年 2 月,该激光武器系统一次拦截 4 架无人机,首次实现多目标实战拦截,证明了该系统应对蜂群攻击的能力。在近期美以对伊朗军事打击行动期间,“普雷布尔”号导弹驱逐舰被部署在伊朗附近海域。舰上的激光武器系统曾击落伊朗“沙赫德”无人机,这是该型舰载激光武器的首次实战击落记录。

相比常规防空武器,激光武器系统的主要优势是成本低。一枚舰载近程防空导弹的成本在 100 万至 200 万美元之间,而激光武器的单次发射成本只有几美元,尤其在应对蜂群攻击时,这一成本优势更加显著。另外激光能高效应对高机动目标,附带损伤更小。

不过,激光武器系统并非万能。其自身的缺陷主要有几项:一是激光束功率不足,需要持续照射目标才能达到作战效果;二是受雨雾等恶劣天气影响大,射程和威力会大幅衰减;三是激光束一

次只能聚焦一个目标,应对饱和式攻击时较为吃力;四是持续发射会导致激光束附近空气出现“热晕效应”,使光束散焦。此外,舰载激光武器系统受舰上电力与冷却条件限制,功率难以大幅提升。



安装在阿利·伯克级导弹驱逐舰前甲板的光学炫目拦截器(ODIN)。

日本国产无人潜航器服役

■张昕宇

近期日本海上自卫队宣布正式接收国产 OZZ-5 型自主式无人潜航器,标志着这款水下装备正式进入作战序列。作为日本近岸防御体系的核心水下节点,OZZ-5 不仅将填补日本海上自卫队在无人反水雷装备领域的空白,还预示着日本水下作战能力正从“有人主导”向“有人/无人协同”转型,将对西太平洋地区水下安全格局产生一定影响。

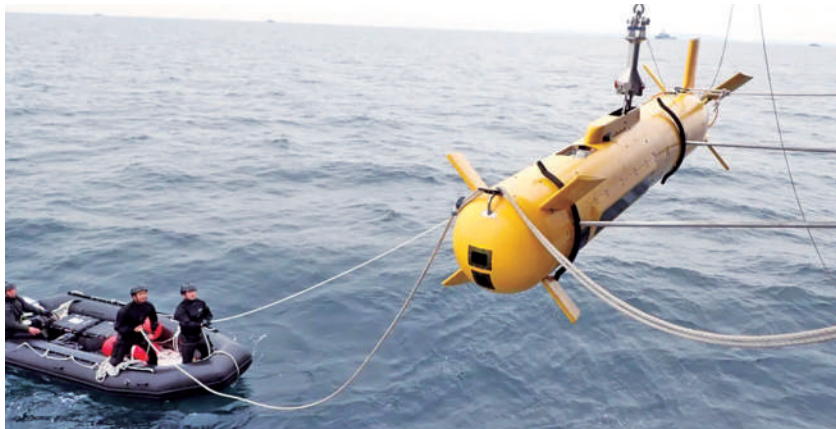
OZZ-5 是三菱重工与法国泰雷兹集团合作开发的一款专用反水雷无人潜航器。它采用圆柱形设计,全长 4 米,直径 0.5 米,排水量约 1 吨,最大潜深 200 米,最高航速 7 节,巡航速度 4 节,采用锂离子电池推进系统,单次任务续航时间达 9 小时以上。

OZZ-5 反水雷无人潜航器搭载法国泰雷兹集团研制的高频合成孔径声呐和日本电气公司开发的低频合成孔径声呐,高频声呐能够生成高分辨率水下图像,精准识别水雷外形和结构特征;低频声呐可以穿透海底沉积物,探测传统声呐难以发现的深埋式水雷。双频声呐组合使得 OZZ-5 能够在复杂的水文环境下有效探测多种水雷目标,探测距离约 0.7 千米。

OZZ-5 属于完全自主式无人潜航

器,搭载了先进的惯性导航系统和水下避障系统,能够在预设区域内自主航行、自主搜索目标并自动避障。它还可以对探测到的水下目标进行自动分类和识别,提高了任务效率。OZZ-5 是日本海上自卫队“三步走”水下无人作战计划的关键组成部分。该计划的第一步是整合进口装备与自主开发无人潜航器;第二步是实现有人平台与无人平台协同作战;第三步是在 2035 年前组建独立的无人潜航器作战中队,构建水下自主作战网络。未来,OZZ-5 将与日本在研的大型无人潜航器、潜艇等协同作战,执行通信中继、目标指示、反潜警戒等任务,形成“有人指挥、无人执行”的水下作战模式。

然而,OZZ-5 也存在一些明显的技术局限性。其中,续航能力不足是其最大短板。9 小时的续航时间使其只能在近岸和浅海区域执行任务,难以进行远洋行动。另外,水下通信能力有限。目前 OZZ-5 只能在浮出水面时通过卫星通信系统与母舰进行数据传输,水下通信距离短、速率低,限制其实时作战能力。此外,在电池技术、深海导航和自主决策等领域,日本高度依赖美欧技术,这制约了 OZZ-5 自主化水平的进一步提升。



日本 OZZ-5 型自主式无人潜航器准备进行水下测试。