

元宇宙——

美军提升训练水平的“助推器”

■高华宇

近年来，元宇宙概念逐渐升温，除了受到科技公司与投资者的追捧外，越来越多的国外防务公司也注意到了这一领域。鲜为人知的是，早在“元宇宙”一词出现前，美国国防部已经开始相关技术研发布局。近年来，元宇宙概念下的众多新技术，包括增强现实（VR）、虚拟现实（AR）、头显技术和3D建模，以及人工智能虚拟环境等在军事领域得到广泛应用，美军在借助这些技术提升军事训练水平的同时，也面临新技术带来的困境。



美陆军空降兵头戴基于增强现实技术的眼镜进行测试。



美空军士兵借助元宇宙相关技术进行训练。

科技支撑——
元宇宙是什么

20世纪90年代，美国科幻小说家尼尔·斯蒂芬森在其科幻小说《雪崩》中首次提到元宇宙的概念，“元宇宙是指一个脱胎于现实世界，又与现实世界平行、相互影响的虚拟世界”。外媒对元宇宙的解释是“一个持久化和去中心化的在线三维虚拟环境，人们借助虚拟现实眼镜、增强现实眼镜、手机、个人电脑和电子游戏机等可进入这个虚拟世界”。

“中国信息通信研究院”于2023年11月发布的《元宇宙白皮书》中提到，“元宇宙不是一项新技术，而是区块链、虚拟现实、宽带通信和人工智能等现有技术发展到一定阶段后‘新的组织聚合方式’，并催生3D虚实融合的数字体验。”从技术角度看，元宇宙是基于多种信息技术有机结合、沉浸式、自主化、虚实融合的数字网络空间。

美国对元宇宙的研究开始较早，主要集中在相关重要技术领域研发上，例

如，美军将包括沉浸式技术、基于区块链的分布式技术，作为元宇宙概念下的两大技术主攻方向。近年来，美国国会通过立法、报告等形式，将先进通信、以扩展现实（XR）为代表的沉浸式技术列入十项重大技术领域，将虚拟现实、5G/6G、区块链等列为支撑元宇宙发展的三大核心技术。

“赋能”训练——
元宇宙军事应用初现规模

美军较早将元宇宙概念引入军事训练，将其作为模拟训练的“赋能器”，追求打造一个完全模拟现实场景的沉浸式“虚拟战场系统”。20世纪70至80年代，美国国防部高级研究计划局提出“虚拟战场网络模拟器”项目，并移交美国陆军继续开发。该项目借助计算机生成虚拟战场，通过模拟双方交战情形进行军事推演，开辟了分布式/网络化仿真训练先河，最终形成基于网络的仿真互联互通系统。该项目开发的交互式模拟协议至今仍在使用，直接或间接地推动了元宇宙相关技术的发展。

目前，美军各军种均借助元宇宙概念下的技术提升军事训练水平。例如，美陆军开发的综合训练环境采用虚拟现实、增强现实和人工智能等技术打造，是一个跨陆、海、空、天和赛博空间的一体化训练系统。这套训练系统可以让美陆军士兵在真正踏入战场之前，在模拟战斗场景下进行多次训练。该系统突破了地域限制、图形限制和作战阶段限制，能够模拟任意地域环境，使士兵快速进入作战状态，进行任务规划，在重复训练中完善作战行动。

美空军认为，军事元宇宙的目标是融合数字工具和物理资产，提升美空军在未来冲突中的作战能力。据美空军调查，在美空军和太空中年龄介于18到34岁的人员中，有85%自认为是游戏玩家。美空军认为应积极利用他们的游戏技能，通过军事元宇宙相关技术，打造精确逼真的数字孪生环境，为士兵提供虚拟训练环境。近年来，元宇宙的虚拟现实和增强现实技术已经纳入美空军常规军事训练。今年4月，美国两家公司完成战斗机飞行员与人工智能操控战斗机之间的空战测试，这项测试是向战斗机飞行员

提供与虚拟对手作战训练的第一步。

美太空军表示，将创建专用军事元宇宙，以数字技术实现协同训练，对卫星建立数字化模型，为太空作战提供虚拟演习环境。据报道，美太空军将采用元宇宙相关技术规划发射场运作，进行模拟发射训练等。此外，美海军陆战队也加快对元宇宙相关技术的应用。

除上述作战训练应用外，美军的元宇宙应用领域不断拓宽，开始向军事教育、装备采办、征兵和医疗等领域延伸。例如，美陆军国家模拟中心使用增强现实技术构建多区域虚拟战斗场景，并将参训人员的个人信息和历史战斗记录导入虚拟战场中；元宇宙中的互动式虚拟课程可帮助士兵掌握装备维护和修理技能。美海军借助增强现实设备协助完成各种船舶系统的维修工作。美国国防部借助数字工程技术，提高武器系统的设计研发速度，还利用相关技术对数十亿个可能场景进行快速评估，确定新一代洲际导弹的设计方法和部署方式等。此外，美军还将元宇宙技术用于征兵工作，让电子竞技成为有效的征兵手段。

认知错觉——
军事元宇宙的“副作用”

美军在元宇宙空间大张旗鼓，持续向广度和深度迈进，但其中遇到的问题也不容忽视。一个典型问题是，虚拟训练环境容易造成认知错觉。元宇宙世界里的军事训练是在虚拟环境下进行，其战争推演、军事训练等虚拟活动，虽然能够从生理层面带给受训者一定的感知刺激，却容易在心理层面使受训者产生错觉。

以无人作战的军事训练为例，长期在虚拟环境下开展训练，受训者容易产生游戏心态。由于虚拟环境下的视听感受与真实战场情景存在脱节问题，导致受训者逐渐疏离现实的人与社会，久而久之，对剥夺他人生命的行为产生麻木心态。随着元宇宙技术的不断成熟，虚拟世界、现实世界的交互将越来越紧密，形成虚实难分的混合世界。到那时，军事元宇宙创建的虚拟环境，不仅会对士兵的认知心理造成区分困境，对于未来的军事训练也是一个重大挑战。

前沿技术

英展示无线电定向能武器



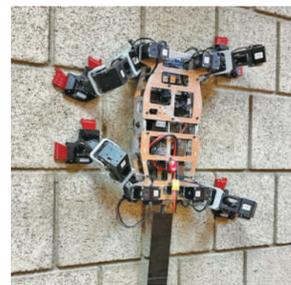
英国无线电定向能武器。

据外媒报道，近日，英国国防部展示了一款可以对抗无人机群的定向能武器——RFDEW系统。

RFDEW系统由移动电源提供电力，通过发射无线电波，干扰或破坏无人机的电子元件，使其损坏并坠落。该系统主要利用探测传感器发现并跟踪目标，可同时打击多个目标，作战半径约1千米。

与传统的防空武器相比，RFDEW系统的单次发射成本比较低，且自动化水平高，单人即可完成操作，投入使用后，可进一步提升反无人机效率。目前，这套系统正在进行野外测试。

美攀岩机器人可垂直攀爬墙壁



美卡内基梅隆大学推出的攀岩机器人。

近日，美国卡内基梅隆大学推出一种四足攀岩机器人，能在粗糙的建筑物外墙等垂直表面完成攀爬。

与依赖吸力装置实现攀爬的机器人不同，这种四足攀岩机器人使用柔性材料制成的微型棘爪，每个棘爪上装有直角排列的两排棘刺。在深度感应摄像头和微处理器的辅助下，这些棘刺能牢牢抓附在垂直粗糙的表面不脱落。行走时，其一边两只“脚”先迈出，另一边两只“脚”再迈，形成一种被称为定向向内抓取的攀爬策略，从而稳固地攀爬在垂直粗糙的墙体表面。

据介绍，这种四足机器人由卡内基梅隆大学与美国国家航空航天局合作开发，未来可能用于行星探测任务。

澳国防军推出
机动式野战医院

澳大利亚国防军机动式野战医院。

据外媒报道，澳大利亚国防军近日推出一种机动式野战医院，目的是在战场上为伤员提供及时有效的医疗救援。

该野战医院通过两个6米长的标准集装箱运输部件和设备，可以在1小时内组装完毕，3小时内实现全面手术能力。

据介绍，该野战医院用于支持旅级地面机动部队作战行动，可进行基本或紧急手术、复杂创伤处理等治疗。部署期间，医院内可同时治疗2台手术，容纳2名重伤员和5名轻伤员。临床医生除了负责医治病人外，还负责设施清洁消毒工作。

澳大利亚国防军相关人士表示，“该野战医院将为战场上受伤的士兵提供紧急救治，减轻其送往后方医院接受治疗前伤情恶化风险。”目前，该野战医院正在测试中。

(贾昊整理)

土耳其智能水雷：
海底“新刺客”

■锐士

水雷具有隐蔽性好、作用期长、成本低、威力大等特点，自诞生以来逐渐成为海上攻防作战中的重要武器。近年来，随着技术发展，水雷的智能化趋势愈加明显。近日，土耳其一家公司展出两款智能水雷——“马拉曼”智能伪装沉底水雷和UCA空射智能水雷，引起外界关注。

“马拉曼”是一款小型智能化沉底水雷，可由潜艇、军舰和飞机布设。该水雷长1.8米，直径533毫米，重量大于600千克，作战深度超过100米，装药为塑料粘结水下炸药。它可以通过更换外壳与海底地貌融为一体，隐蔽性强，适合长期布设于重要航路的水下，作为战略预置手段。UCA空射智能水雷由MK-84航空炸弹加装可折叠翼滑翔组件而成，战斗部集成GPS定位系统、引爆装置和水声敌我识别系统等，弹体使用雷达吸波材料，具备一定的隐身能力。UCA空射智能水雷采用战斗机投放，最大射程超过70千米，可在对方防空火力

圈外进行远程布设。

两款智能水雷均采用独特的智能化算法，集成先进的传感器和远程通信技术，能通过高精度声呐捕捉并分析过往舰船的水声特征，识别并攻击目标。另外，它们还具备远程操控能力，操作人员可实时监控水雷状态，根据战场变化远程调整任务参数，或直接控制攻击。这种“人在回路”的设计可有效降低误伤风险，尤其是对民用船只造成的潜在威胁。未来，这两款智能水雷可秘密部署在敌方港口附近和重要航道的水下，达到隐蔽作战目的，这对于压制敌方海上力量，保护己方安全具有重要意义。

土耳其的两款智能水雷被西方评论人士认为是“世界首创”的“游戏规则改变者”。然而，考虑到水下环境的复杂性，这两款智能水雷的可靠性有待于进一步检验。另外，智能水雷也会带来一系列国际法律和伦理挑战。如何保证其完全可控、避免误伤，也是研发团队需要解决的问题。



炫目尾焰

■王笑梦

上图中，一架英国皇家空军“狂风”GR.4A战术侦察机开启加力燃烧后，两股蓝紫色与橘红色相间的尾焰瞬间从发动机尾喷口喷出。与此同时，伴随着巨大的轰鸣声，战机迅速升空。

“狂风”GR.4A是在“狂风”GR.4战斗机轰炸机基础上改装而来的战术侦察机，配备两台专门研制的RB199涡轮风扇发动机。该发动机能够满足“狂风”家族不同机型的动力需求，有“风之心”的称号。

“狂风”GR.4A战术侦察机的尾焰，是发动机的加力燃烧室燃烧的结果。加力燃烧室又名复燃室，是军用喷气式发动机的重要组成部分，通常安装于发动机的低压涡轮后部。当未燃尽的空

气进入加力燃烧室后，在这里与喷出的燃油形成油气混合气，油气混合气经过燃烧并做功，使发动机推力大幅提升。此时，燃烧产生的尾焰顺着发动机尾喷口喷射而出，形成耀眼的光芒。

在正常飞行状态下，战机尾焰无法通过肉眼观察到。当打开加力燃烧时，发动机尾焰呈现蓝紫色或橘红色，这是由于燃烧效率不同所致。当燃烧较充分时，火焰呈蓝紫色；而当燃烧不充分时，火焰呈橘红色。同时，受吸入空气量的影响，同一架战斗机的两台发动机喷出的尾焰可能呈现不同颜色。

加力燃烧使发动机的推力得到显著提高。涡喷发动机的地面测试表明，开启加力燃烧与关闭加力燃烧时

相比，发动机的最大推力提升25%至50%，超音速飞行时推力提升可达100%，涡扇发动机的提升效果更明显。因此，加力燃烧主要用于起飞阶段为战斗机提供短距起飞所需推力，或为高空高速飞行提供最大推力。不过，开启加力燃烧也会对战机造成较大负担，发动机耗油量迅速攀升，同时还会造成发动机剧烈震动，可能损坏其零部件。因此，战斗机飞行员通常只在必要时开启加力燃烧，且持续时间仅几分钟。

图文兵戈



土耳其“马拉曼”智能伪装沉底水雷。