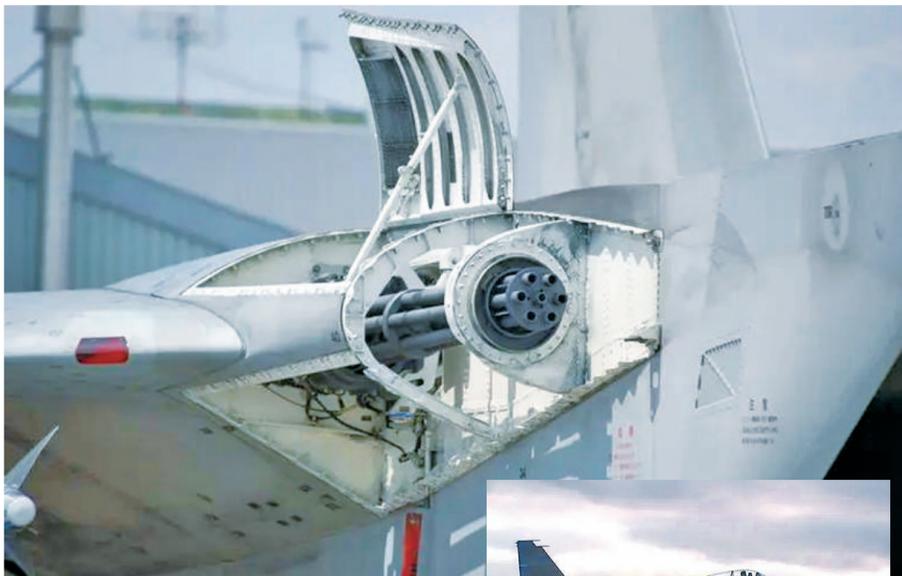


战斗机航炮还有用吗

■王奕阳

据外媒报道，2024年以伊冲突期间，以色列F-35I战斗机首次公开使用GAU-22/A航炮击落2架伊朗“见证者”-136无人机，这场拦截作战引发全球对航炮战术价值的再思考。

现代空战中，战斗机武器配置是军事科技研究的焦点之一。随着空战范式从“近距离格斗”向“超视距打击”跃迁，作为曾经的主力武器，航炮的战略价值正经历深刻重构。现代战场数据显示，第4代中距空导弹的最大射程已达180千米，而典型航炮的有效杀伤半径仍维持在2千米以内。这种数量级的差距，迫使各国重新评估航炮在战斗机武器系统中的定位：是坚守“最后防线”的必要装备，还是“技术冗余”的历史遗产？



上图：F-15战斗机上加装的航炮。
右图：F-15战斗机航炮发射瞬间。

近距离空战的主导优势

自1910年莱特兄弟首次在飞机上安装机枪以来，在很长一段时间内，航炮都是空战的核心武器。第二次世界大战期间，B-29轰炸机装备的M24型20毫米航炮曾单日击落27架日军飞机，印证了航炮作为“空中利刃”的重要地位。

1967年越南战争中，美军F-4“鬼怪”战斗机因未配备航炮，在与米格-17战斗机的对抗中损失惨重，迫使美军为该机的后续型号加装M61A1“火神”六管速射航炮。该航炮射速约6000发/分钟，备弹480发。数据显示，越战期间美军“麻雀”空空导弹的命中率仅有9.8%，而“火神”航炮在5千米内的有效毁伤率达61%。自此以后，航炮成为美军战斗机的“标配”，印证了“导弹主导攻防，航炮兜底生存”的战术逻辑。苏联的米格-25高空高速截击机的所有型号均未

配备航炮，在1982年第5次中东战争中，叙利亚装备的米格-25P战斗机暴露出致命的作战缺陷。该机装备的空空导弹射程较短，在高空不足以与具备超视距打击能力的F-15C战斗机对抗；而在中低空，该机未装备航炮，也无近距作战优势可言，最终在战场上陷入“打不过、逃不掉”的困境。

超视距作战的“最后防线”

现代空战以超视距导弹为主，但电子干扰使导弹的命中率大大下降。俄罗斯“高加索-2020”战略演习期间，苏-35S战斗机在电子干扰条件下发射R-77-1空空导弹的命中率从78%降至29%，而该机配备的GSh-30-1航炮在2千米内的命中率高达67%。为确保作战效果，演习后俄军为该机加装了“智能火控补偿系统”，用于自动切换导弹与航炮的作战优先级。

美军空“红旗军演-2022”中，F-35A战斗机发射AIM-120D空空导弹的命中率受电子干扰降至33%，但其航炮在3千米内的击杀贡献率达58%。此后，美军要求F-35A战斗机在挂载导弹的“野兽模式”下，加装GAU-22/A航炮吊舱，作为近战备用武器。

放眼当下，各国在战斗机加装航炮上态度不一。土耳其TF-X“可汗”战斗机取消航炮，专注超视距作战；俄罗斯苏-57战斗机、美国F-35战斗机保留航炮，作为超视距作战的“最后防线”。而随着超视距打击技术的不断成熟，空战在一定程度上出现“导弹依赖”现象，忽略了航炮的近距攻防作战价值。

航炮“边缘化”趋势难挽回

在海湾战争中，美军F-117A战斗机执行了1270架次任务，未发射一发航炮。在2011年空袭利比亚中，北约

战机投放的精确制导弹药占总投弹量的98%。反观航炮的使用，仅限于驱离低空无人机。此外，在近年来的多场地区冲突中，航炮的使用率接近于零。

航炮的“零使用”现象，本质上是战争形态跃升的必然结果——当超视距打击精度突破90%阈值，定向武器效能将不断缩水。未来空战武器的进化方向，将聚焦于电磁频谱控制力与能量投送效率的指数级提升，而航炮的淡出似乎无法避免，直至淹没于空战范式迭代的浪潮中。在此之前，航炮作为“战术备份”与“威慑符号”仍将发挥有限作用。在一些特殊情境下，航炮的价值不仅在于物理毁伤能力，还在于将构建起“可调节、可逆、可解释”的危机管控机制。其作用方式和效果与“鸣枪示警”类似，在非战争军事行动中起到示警和威慑作用。例如，在领空遂行驱离非法闯入、展示拒止态度、避免冲突升级等。

美陆军轻型坦克项目下马

■云山锐士

4月30日，美国国防部发布《陆军转型与采购改革》备忘录，启动美国陆军新一轮“转型”。其中，服役仅1年的M10“布克”轻型坦克项目下马的消息引发热议。

自20世纪90年代M551“谢里登”轻型坦克退役后，美陆军长期未装备轻型坦克，步兵部队的机动直瞄火力主要依靠空中支援。近年来，随着美国军事战略重心调整，美陆军推出“多域作战”概念，强调快速部署能力和复杂环境战斗能力，并借此提出“机动火力防护”项目，计划于2035年前生产504辆轻型坦克，装备12个独立轻型坦克营，以增强步兵旅地面伴随支援火力的机动性和持续性。2023年6月，美军

新一代轻型坦克亮相，代号M10“布克”。2024年6月，首批24辆“布克”轻型坦克正式服役，交付第82空降师进行作战测试。

作为美陆军步兵旅的主战装备，“布克”轻型坦克的设计初衷是在多域作战条件下执行联合作战进入行动。因此，战略投送能力是其重要技术指标。根据最初设计要求，该车战斗全重不超过35吨，一架C-17运输机可同时运载2辆。然而，在研发过程中美陆军多次修改技术指标，最终导致该车定型后的战斗全重高达42吨，一架C-17运输机只能运载1辆，与70多吨的M1主战坦克的空运效率相当，美陆军官员曾指出“这既违反了空运原则，也违反了

轻坦原则”。另外，其原型车的功率远低于设计标准。为达到设计标准，该车不得不换装功率更大的发动机，导致其最大行程由480千米缩短到305千米。可以说，超重的“布克”仅有轻型坦克之名而无其实，在战场上处于“跑不快、走不远”的尴尬境地。

“布克”轻型坦克的主炮为M35型105毫米线膛炮，存在穿甲能力弱、适配弹药型号少、战斗射速低等缺陷。该炮仅配备M900系列穿甲弹和AMP多用弹，发射贫铀弹芯的M900A1尾翼稳定脱壳穿甲弹时，2000米距离的穿甲厚度约450至500毫米，难以穿透现役主战坦克的正面装甲；面对防护性能较好的装甲目标时，其威力亦有不足。AMP多

用途弹具备破甲、碎甲、反步兵能力，但功能“全而不精”。美陆军对其评价为“既不足以摧毁加固目标，又不及30毫米链炮对付软目标有效”。总之，主炮落后的技战术指标使其在未来战场上面对先进主战坦克和轻型坦克时，难以获得火力优势，无法为步兵提供可靠的火力支援。

“布克”轻型坦克的原型车重达38吨，美军采取减少负重轮、使用空心负重轮等措施为其减重，但这样一来，车体仅能抵御14.5毫米穿甲弹在500米距离上的直射。另外，该车还存在最大行程短、越野行驶时车内噪音大、平均故障间隔里程短、火炮射击后烟雾倒灌等问题，影响作战能力的发挥。此外，受重量限制，该车未配备主动防护系统，难以应对反坦克导弹和无人机的打击。

“布克”轻型坦克项目下马早已有迹可循。2020年4月其原型车下线，两年后俄乌冲突爆发。期间，各类无人装备、先进反装甲武器摧毁了大量坦克和装甲车辆，其中包括M1主战坦克、M2步兵战车、“斯特赖克”装甲车等美制装备。这场地区冲突被认为“改变了地面作战形态”，反无人机打击、提升主动防护能力成为坦克装甲车辆面对的问题。在这一背景下，“布克”轻型坦克在火力、防护力和机动性方面都难以适应战场需求，面临“入伍即落伍”的尴尬。美媒甚至称其是美陆军不需要的“废柴”，其项目下马也被认为是美陆军战略调整的“止损”行为。

从重量失控引发部署困境，到火力、机动、防护的尴尬平衡；从战略环境剧变带来需求错位，到最终下马及时“止损”。“布克”项目成为美军现状的一个缩影，个中滋味也许只有当局者最清楚。



美军新一代轻型坦克M10“布克”。

欧洲研发月球导航定位系统

据外媒报道，西班牙一家科技公司开发出一款用于月球表面的定位、导航与授时系统，旨在为人类月球探索活动提供精确的月表位置信息。

这款名为Lupin的月球导航系统由欧洲航天局主导开发，功能类似GPS。该系统通过接收绕月卫星发出的位置、时间等信号，能够让月球探测车和宇航员在月球表面完成实时定位。该项目负责人表示，这套月球导航系统有助于欧空局实现在月球上驻留的目标，并为未来的火星探测提供技术支持。

目前的月球导航技术面临诸多难题。月球探测器的月表活动往往依赖地面终端提供复杂的计算和数据传输，不仅速度慢，还存在一定误差。另外，月球地形因陨石撞击或月尘移动等因素不断变化，且缺乏实时观测手段，使宇航员在月表定位难度增大。



装备Lupin月球导航系统的探测车模型。

该公司希望整合现有的月球地形图与绕月卫星获取的最新数据，聚焦月球南极和“背面”等光照不足、难以探测的区域。探测车借助这套月球导航系统能快速安全地绘制月球表面地图，为欧空局宇航员若干年后登上月球开展工作做好准备。

航天器“降温”有了新方法

据外媒报道，国外科学家正在为航天器寻找新的降温办法，解决其再入大气层时的高温难题。这种方法被形象地称为让航天器“出汗”。

航天器再入大气层时，与空气剧烈摩擦会产生极高的温度，影响航天器的使用寿命。传统的隔热材料在应对这一极端情况时短板明显。新研究提出一种“出汗”降温法，是在航天器表面安装一层特殊设计的微通道，当航天器再入大气层时温度急剧升高，微通道内的冷却液受热蒸发并带走热量，从而使航天器表面的温度降低。

报道称，这种方法可在短时间内使航天器表面快速降温，从而保护其关键部件。同时，这种降温系统还可以根据温度变化自动调节冷却液的蒸发量，实现智能化温度控制。

目前，科学家正在实验室中通过模拟航天器再入时的高温环境，不断优化



采用传统设计的美国“猎户座”返回舱的隔热罩。

微通道结构和冷却液的选择。虽然距离实际应用可能还有一段距离，但这种创新思路为解决航天器再入大气层时的降温问题提供了新方向。

(禹化龙)



前沿技术



原地起降

■西南

你见过垂直起降固定翼无人机的起飞和降落过程吗？它们不用借助跑道滑行，在原地就可以进行垂直起飞和垂直降落。

上图中，便是一架正在降落的垂直起降固定翼无人机。该机采用固定翼设计，机身尾部1/3位置处安装大展弦比机翼，尾部采用罕见的椭圆形尾座（图中操作人员手扶的部分），这其实是一个包裹着螺旋桨的涵道结构。该机在起飞和降落阶段，机身呈垂直飞行状态；抵达一定高度后，再转为水平飞行状态。该机能够自由切换飞行姿态的秘密，就在于这个椭圆形尾座。它可以充当无人机的垂尾和平尾，这种无人机也被称为尾座式垂直起降飞行器。

尾座式垂直起降技术并不新鲜，早在20世纪50年代已经在有人战斗机上进行测试。由于在战斗机垂直起降过程中飞行员视野受限、操作难度大，该技术被弃用。而这种技术与无人机结合后，解决了无人机尤其是舰载无人机面临的诸多问题。

现役的舰载无人机包括固定翼无人机和无人直升机两种，固定翼无人机采用弹射起飞和甲板阻拦钩回收方式，发射方式复杂，阻拦钩回收存在一定风险，且起飞降落都需要较大的甲板空间。无人直升机无需复杂的发射和回收技术，但滞空时间短、飞行速度慢。尾座式垂直起降无人机既拥有无人直升机的垂直起降功能，又兼有固定翼无人机的高速、平飞特性，可以从军舰后部的直升机甲板或舰上较宽敞的甲板平台上灵活起飞，执行多种任务。

不仅如此，这种无人机构载自主飞行系统，能够自主规划飞行路径，识别目标，还可携带不同的任务载荷，执行搜索、监视、侦察等任务，或电子战系统或武器系统模块，在战场上执行电子压制和打击任务。其未来发展值得关注。



图文兵戈