前不久，土耳其“红苹果”无人战斗机完成首次内置弹舱实弹测试。此前，该机已先后完成超视距空空导弹实弹打靶、双机自主编队飞行等多项验证。这次实弹测试成功，标志着“红苹果”无人战斗机在“能飞”“能打”的基础上，正在补齐“隐身打击”的能力短板。

从国外引进无人机，到自主研发TB-2无人机出口多国，再到攻关隐身无人战斗机，土耳其无人机工业走出了一条颇具特色的发展之路。此次重要技术突破的背后，折射出土耳其无人机工业怎样的发展路径？在全球隐身无人战斗机的竞争格局中，土耳其扮演着什么样的角色？从试验走向实战，该机还需跨越哪些技术与产业门槛？请看本文解读。

“红苹果”完成首次内置弹舱实弹测试——

土耳其无人战斗机研制迈出新步伐

■赵 薇 李永科 朱 宁



资料图片

“红苹果”无人战斗机。

自筹资金，以外贸收益反哺新机研制

今年7月25日，一架“红苹果”无人战斗机从土耳其西北部乔尔卢飞行训练与测试中心起飞，飞抵靶区空域后开启机腹内置弹舱，投放TEBER-82制导炸弹命中地面目标。数日后，该机再度升空，投放TOLUN-P滑翔制导炸弹，同样精准命中预定靶标。土耳其拜卡公司随后披露，两次投弹均由“红苹果”量产型S2号机完成。此前，该机实弹投射试验全部采用翼下外挂模式，这是首次从机腹内置弹舱投放制导弹药，标志着“红苹果”成为继“安卡”-3之后，土耳其第二款实现内置弹舱实弹投射的喷气式无人战斗机。

作为土耳其“作战无人飞机系统”项目的核心型号，“红苹果”无人战斗机定位于隐身多用途，兼顾对地打击与空空作战，采用低可探测气动外形与S型进气道，机腹设有内置弹舱，同时保留机翼外挂点。这套“双挂载”设计方案，依靠内置弹舱支撑隐身作战，将弹药收纳于机体内，仅在投弹瞬间短暂开启舱门，在携弹状态下维持较低的雷达特征。该机能够根据战场环境，灵活选择作战配置——在高威胁环境中，依托内置弹舱携带弹药，维持隐身突防能力；在低对抗场景下则牺牲部分隐身性能，启用外挂提升载弹量。凭借这一设计优势，“红苹果”无人战斗机能够深入防空密集区域执行打击任务。

不过，内置弹舱的工程实现难度远高于外挂构型。舱门开合会破坏机体外形的连续性，舱门、挂架与弹射机构需在极短时间内协同动作，既要保证飞行稳定，又不能削弱隐身性能。对于主打空战的“红苹果”无人战斗机而言，内置弹舱的价值尤为关键。2025年11月，该机进行超视距空空导弹打靶时，翼下外挂载荷增大了雷达反射截面积，隐身能力受到影响。而今年7月的这次试验成功，标志着该机初步具备了隐身条件下的火力投射能力。试验使用的两款制导炸弹均由土耳其本土企业研制，弹体小巧、打击精度高，适配容积有限的机腹内置弹舱。

“红苹果”无人战斗机并非土耳其首款实现内置弹舱实弹投射的隐身无人机。早在2025年1月，土耳其航空航天工业公司研制的“安卡”-3无人机，就已完成内置弹舱实弹投射。两款机型由不同企业研发，技术路线各有侧重——“安卡”-3无人机为飞翼布局，侧重于纵深突防能力；“红苹果”无人战斗机采用鸭式布局，突出空战能力。土耳其隐身无人机领域由此形成“双线并进”的研发格局。

两条技术路线背后，是两种不同的研发模式。“安卡”-3无人机由土耳其航空航天工业公司牵头研制，国防工业局拨款支持。“红苹果”无人战斗机则由土耳其拜卡公司自筹资金研制。该公司自2003年开展无人机研发以来，所有项目均依靠自有资金推进，研发资金主要来自TB-2无人机的出口收益。2025年，公司总收入25亿美元，其中88%来自出口海外。以外贸收益反哺高端隐身无人战斗机研制，这种模式在土耳其并不多见。

加速转型，重塑无人机市场竞争角色

当前全球可实现内置弹舱弹药投射的隐身无人机并不多，典型型号包括俄罗斯S-70“猎人”、美国XQ-58A“女武神”，以及土耳其“安卡”-3与“红苹果”。上述机型虽然均跨过了这一技术门槛，但研发模式各不相同。

美俄隐身无人机项目采用国家主导模式，研发全程由国防经费支撑。俄罗斯S-70“猎人”由俄罗斯苏霍伊设计局牵头研发，定位为苏-57隐身战斗机配套的“忠诚僚机”，由俄国防部直接立项，属于典型的军方采办模式，研发成本与项目风险均由国家承担。美国XQ-58A“女武神”源自美国空军研究实验室主导的“低成本可消耗飞机技术”项目，用于验证美军的“忠诚僚机”作战体系。项目经费同样来自国防预算，同时采用更为灵活的科研采办机制，在“买得起”和“用得起”之间寻求最优平衡。

土耳其的情况则较为复杂。“安卡”-3由国家项目拨款推进，“红苹果”的研制资金则全部由土耳其拜卡公司自筹。不同于美俄依托国家财政支撑的研发模式，土耳其拜卡公司的研发资金来源于外贸收益，研发风险也由企业自行承担。放眼全球军工领域，企业仅凭自有资金，在缺少国家拨款和先期军方合同的条件下攻关喷气式隐身无人战斗机，这种情况实属少见。自筹资金的模式，不仅支撑“红苹果”无人战斗机实现内置弹舱实弹投射，更标志着土耳其军工产业的转型——由“内需驱动”走向“市场驱动”。

这种转型正在重塑土耳其在全球无人机市场中的角色。此前，可实现内置弹舱投弹的隐身无人机技术被少数国家掌握，其余多数国家只能外购成品或者寻求技术转让。土耳其也曾是无人机技术的引进方，先后引进了以色列“苍鹭”等无人机。依托外贸积累的技术与资金，土耳其拜卡公司在启动“红苹果”无人战斗机研制项目之初便瞄准国际市场，现已成长为全球重要的无人机出口厂商。

“红苹果”无人战斗机的出口动向，正是土耳其市场角色转变的直观体现。2026年5月，印尼与土耳其拜卡公司签署协议，订购12架“红苹果”无人战斗机，同时保留48架增购选项，预计自2028年起启动交付。巴基斯坦也在积极对接引进事宜。一系列外贸进展表明，土耳其高端无人机研发已不再停留于技术验证阶段，其产品正稳步进军国际军贸市场。

倘若“红苹果”无人战斗机能够从试验验证阶段走向规模化生产，并持续斩获海外订单，土耳其将在隐身无人机赛道完成身份转换：从技术引进方转变为产品供应方，由行业外围者成长为深度的市场参与者，进而在全球高端无人装备市场站稳脚跟。

走向实战，仍需破解多种现实难题

内置弹舱实弹投射试验的成功，为“红苹果”无人战斗机贴上了“隐身打击”的标签。不过，从试验验证走向实战应用，该机投入战场仍面对多重工程难题。

“红苹果”无人战斗机有效载荷1.5吨，受机腹弹舱容积的限制，现阶段仅可搭载小型弹药。若后续搭载更大尺寸空面武器或者多枚空空导弹，弹舱空间将明显不够。舱门开启会增大机体雷达反射截面积，要在开舱投弹的短暂窗口控制暴露风险，需要舱门时序、飞行姿态、投弹后机动规避等环节的精密配合。超视距空战中导弹发射需要数据链连续提供信息支持，对机载雷达的持续跟踪能力和数据链抗干扰性能提出严苛要求。此外，“红苹果”无人战斗机的AI系统虽然已在模拟对抗中，完成从目标探测到模拟“击杀”的作战流程，但真实空战包含电磁干扰、通信中断、多目标交织威胁等复杂态势，难以通过简化后的仿真环境完整复现，其自主决策能力的可靠性仍有待于进一步检验。

除了技术门槛，产业层面的挑战同样不容忽视。英国Aeralis公司的破产提供了一个值得参照的案例。该企业曾凭借“积木造机”的模块化设计理念广受关注，试图以同一机身衍生教练机、攻击机、无人机等多种构型。但英国军方始终未拨付整机研发经费，其主要出资方卡塔尔相关投资机构又在2026年中东局势趋紧后撤出后续资金，企业终因资金压力宣告破产。这一案例表明，武器装备创新不仅仅依赖技术突破，更需要可持续的资金支持。

相较于纯概念驱动、缺乏稳定现金流支撑的Aeralis模式，土耳其拜卡公司依托TB-2的外贸收益反哺“红苹果”无人战斗机研制的模式更为稳健，但仍存在明显短板与不确定性风险。目前“红苹果”无人战斗机整机国产化率很高，但核心动力装置仍采用国外发动机。受地区冲突持续影响，国外发动机的生产与供应稳定性难以得到保障。为了摆脱这一制约，土耳其计划为该机换装国产新型发动机，但这款新型发动机仍处于研发阶段，按规划最早将于2027年初交付并开展预集成测试。在国产动力完成替代前，“红苹果”无人战斗机的量产节奏与批量交付能力，将持续受制于外部供应链的影响。

印尼的采购订单，在一定程度上印证了“红苹果”无人战斗机的市场潜力，同时也带来新的考验。订单能否如期交付，取决于发动机供应的稳定性与产能保障能力。出口业务的营收状况，将直接决定土耳其拜卡公司能否持续投入资金推进机型的迭代研发。倘若出现交付延期、订单缩减等状况，企业依靠“外贸反哺研发”构建的商业循环将遭受直接冲击。

归根结底，内置弹舱投弹能力仅仅是高端隐身无人机的“入场券”。从试验验证到具备实战能力，考验的不只是单一技术指标，更是产业层面的可持续发展能力。发动机国产化进度、外部风险下的供应链韧性、外贸市场的持续“造血”效能，将最终决定“红苹果”无人战斗机的研制进度。

（作者单位：陆军工程大学）

军工T型台

近期，世界各国军工领域新闻不断，西班牙展出新型护卫舰模型，克罗地亚从韩国采购K239火箭炮系统，阿塞拜疆启动无人艇本土生产。本期邀请国防大学副教授赵旺对这3则新闻进行点评。

西班牙展出新型护卫舰模型



F-110 Flight Ⅱ/IAMD型护卫舰模型

新闻播报：在8月19日至20日举办的丹麦国防工业日活动现场，西班牙纳凡蒂亚造船集团首次展出F-110 Flight Ⅱ/IAMD型护卫舰的缩比模型，其中Flight Ⅱ为国内型号、IAMD为出口型号。

赵 旺：纳凡蒂亚造船集团将F-110 Flight Ⅱ/IAMD定位为面向欧洲市场的综合防空和导弹防御护卫舰，以西班牙海军新一代多用途护卫舰F-110 Flight Ⅰ基准型为基础升级改造，主要有两个变化。一是防空反导能力增强。F-110 Flight Ⅱ/IAMD型护卫舰在前甲板布置48单元MK41打击型垂发系统，在靠后的上层建筑内布置16单元战术型垂发系统，垂发单元总数达到基准型的4倍，满足了现代高强度海战需求。该舰采用增强型S波段固态多功能雷达，集成先进战斗管理系统，搜索跟踪能力和作战管理能力明显提升。二是平台“底座”升级。F-110 Flight Ⅱ/IAMD舰长约150米，满载排水量6700吨，最高航速29节以上，可容纳船员人数增至约170人，为该舰集成更多先进技术和作战系统提供平台支持。综合看，F-110 Flight Ⅱ/IAMD基于基准型升级研发，将大量运用先进成熟技术，有助于降低研发风险、更好地融入北约作战体系。但也要看到，该舰尚处于概念展示阶段，项目进展还存在诸多不确定性。

克罗地亚采购K239火箭炮系统



K239火箭炮系统

新闻播报：9月10日，克罗地亚国防部与韩国韩华航空航天公司签署合同，以约4.35亿欧元的价格引进18套K239火箭炮系统及配套弹药、支援车辆、训练设备和培训服务等。

赵 旺：引进先进装备替换服役超30年的老旧火箭炮，是克罗地亚军队现代化重要举措之一。2024年，克罗地亚议会国防委员会批准采购8套“海马斯”系统和394枚射程约80公里的制导火箭弹。受成本、交付时间及美国陆军战术导弹出口限制等因素，克罗地亚决定从韩国增购K239火箭炮系统。该系统由K239L发射车和K239T运弹装填车构成。发射车装有两个独立的模块化弹箱，最多可装配12枚射程约80公里的制导火箭弹或者2枚射程达290公里的CTM-290战术导弹，单车载弹量是“海马斯”的两倍。运弹装填车携带4个弹箱，可满足发射车两轮弹药补充，每轮弹药补充耗时很短。按计划，这批K239火箭炮系统将于2028至2029年完成交付，届时克罗地亚列装的现代火箭炮系统总数将增至26套，精确打击能力得到显著提升。值得关注的是，此次军购是克罗地亚与韩国签署的首份重大防务合作协议，使其成为继波兰、爱沙尼亚、挪威之后第四个引进K239火箭炮系统的欧洲国家。

阿塞拜疆启动无人艇本土生产



SALVO无人艇

新闻播报：9月6日，阿塞拜疆总统阿利耶夫视察海军，现场观摩了由阿塞拜疆国防部所属MIRAS公司与土耳其DEARSAN造船厂在本土联合生产的两型无人水面艇。

赵 旺：此举标志着阿塞拜疆海军无人装备建设逐渐从引进成品转向本土生产。其生产的两型无人水面艇分别为SALVO和KAYRA。SALVO是一型可重复使用无人艇，最大航速超过35节，搭载12.7毫米遥控武器站，可根据任务需求选配近程防空导弹、反舰导弹、反坦克导弹、小型巡航导弹等武器，用于执行侦察监视、近海巡逻、海上搜救以及水面作战等任务。KAYRA无人艇采用复合材料艇体，长约7.6米，最大速度超过60节，最大航程约555公里，主要用于执行情报监视侦察，打击敌方舰船、海军基地、港口、沿岸基础设施，以及破坏敌方交通线等任务。这两型无人艇在阿塞拜疆本土生产，意味着阿、土两国防务合作正从武器贸易向联合生产延伸，为阿塞拜疆后续规模化列装海上无人装备奠定基础。

（孙楠整理）

专家连线