莱茵金属展出为无人机群无线充电设备

莱茵金属加拿大公司（Rheinmetall Canada）和Quaze公司在2023年国际防务安全装备展（DSEI 2023）上推出创新的无人机无线充电解决方案。为莱茵金属公司Mission Master UGV开发的无人机群战术监视（DSTOW）模块提供了一种独特的解决方案，可实现无人机的连续、无人值守和不间断操作。

尽管最近的无人机技术在情报/监视/侦察作业方面取得了长足进步，但这些飞行器的航程和续航时间仍然有限，而且需要频繁更换电池或长时间充电，需要大量人工干预。目前的技术一次只能为一架无人机充电。为了解决这些问题，莱茵金属公司和Quaze公司共同开发了DSTOW模块，这是一种可同时为多架无人机供电的无线充电解决方案。该技术采用感应式充电，无须精确对准，无人机的大小也不重要。

DSTOW是为莱茵金属公司的Mission Master系列无人地面运载工具开发，与所有Mission Master配置兼容。它无需使用笨重的电源线，无论设备或气候如何，都能不间断地供电。即使被水、沙、灰尘、雪或冰覆盖，无线充电技术也能发挥作用，能让无人机在充电面上方4英寸（10厘米）处充电。

通过无人机旋转和中继过程的自动化，DSTOW可使充满电的无人机保持在空中，提供持续监视——这在现代战场上是一个至关重要的优势，因为实时的持续信息对态势感知至关重要。DSTOW系统还包括自动起降功能，可实现不间断操作。该系统的用户界面设计用于控制多架无人机自动运行，从而可以用一台设备同时操作多架无人机。莱茵金属公司的专用平板电脑和集成士兵系统都与DSTOW系统兼容，可以轻松控制任务主控车辆、无人机及其集成有效载荷。

DSTOW可为《蓝色无人机系统许可清单》（“蓝色无人机”是通过美国国防部审核的军事化商用无人机——译者注）上的所有无人机充电，从而实现完全无人干预的操作。它能在充电功率允许情况下为尽可能多的无人机充电。例如，如果表面功率为500W，DSTOW既可为一架功率500W无人机充电，也可为500架1W功率微型无人机充电。此外，由于该技术可以提供高压充电，因此该系统可以支持使用高压系统的大型无人机。（逸文）

美国空军的合作式作战飞机项目将长期保持竞争模式

据air and space forces网站9月18日报道，美国空军战斗机和先进飞机项目执行官戴尔·怀特准将在航空、航天和网络会议新闻发布会上表示，空军希望尽可能地保持其合作式作战飞机（CCA）项目的长期竞争，但最终会选择一家承包商将获胜要素集成到战斗系统中，而非由政府进行集成。

美国空军已计划从2024至2028财年为合作式作战飞机投入58亿美元，目标是到2030年部署至少1000架无人驾驶飞机，但尚未宣布发布提案或确定承包商的时间表和机制。在选定承包商之前，美国空军将保持持续竞争模式，以选取能够提供更优能力的方案。美国空军部长弗兰克·肯德尔透露，合作式作战飞机将分两次增量进行开发，第一个为基本型，旨在快速实现飞行能力，第二个将更加复杂，旨在具备执行复杂任务的能力。他还表示，一架有人机至少可与2架合作式作战飞机协同，最多可达5架。

目前合作式作战飞机尚无具体的目标成本，其权衡需要考虑到多方面因素，其中能力与成本的权衡占比很大。在能力方面，正在寻找航程、有效载荷和能力之间的“最佳平衡点”。在成本方面，美国空军认为在未来强对抗环境下将遭受更多损失，因此合作式作战飞机这样的平台具有很强的实用性，其损失也比有人机F-35战斗机更可接受。目前该项目正在测试包含自主和人工智能元素的试验版本，以探索潜在的策略以及成本和能力之间的曲线拐点。美国空军采购主管安德鲁·亨特指出，为实现负担得起的质量，合作式作战飞机必须在最初阶段就将批量生产考虑在内。

（般榕）

德国国防军成功完成海上激光武器试验

据莱茵金属公司官网和MBDA官网9月22日报道，继2022年6月激光武器演示器集成后，德国护卫舰萨克森号上的激光武器演示机（LWD）试验已成功完成。

高能激光海军演示器工作组（ARGE）由德国MBDA公司和莱茵金属公司组成，负责LWD的开发和建设，并支持联邦国防军装备、信息技术和服役支持办公室（BAAINBw）计划和组织的试验。

试验期间，在持续近一年的六次演示中，LWD的战斗力在越来越复杂的场景中得到了证明，在现实的操作条件下，针对不同的目标类型。这包括LWD的所有方面：从探测和跟踪（包括高度敏捷的目标）；传感器、指挥和武器交战系统以及效应器的相互作用；可能的交战规则；当然还有用高能激光束成功地与目标交战。

LWD已经在萨克森号上进行了100多次试射，并证明激光能够成功地与海上环境中的目标交战。试验结束时，LWD的能力在联邦国防军装备、信息技术和服役支持办公室（BAAINBw）、德国海军和陆军以及联邦国防军国防规划办公室（PlgABw）的高级代表面前成功展示，其中还包括击落一架无人机。此外，英国、荷兰和挪威海军的代表也参加了演示活动。

经过近一年的测试，BAAINBw和德国国防工业已经获得了关于高能激光效应器的操作可能性、性能能力和发展潜力的宝贵知识。该演示机目前正在接受详细检查，之后将被转移到位于梅彭的联邦国防军91技术中心。测试结果和随后的分析将用于下一阶段可能的风险最小化，即开发可操作的激光武器系统。

研制第一种激光武器的先决条件大体上已经确定。两家公司都在各自的职责范围内启动了开发阶段的内部准备工作。

作为火炮系统和制导导弹的补充，作战激光武器系统特别适合在近距离对抗无人机、无人机群、快艇以及可能的导弹的威胁。未来，它还可能进行性能升级，用于摧毁超声速导弹、火箭、迫击炮和炮弹。（防务小研）

美国F-35战斗机项目全寿命周期费用分析

张海涛

2023年5月30日，美国政府问责局（GAO）发布《F-35联合攻击战斗机：需要采取更多行动来解决成本增长并支持发动机现代化决策》（F-35 Joint Strike Fighter: More Actions Needed to Explain Cost Growth and Support Engine Modernization Decision）报告，指出F-35项目采办总经费最新估算为4162亿美元（当年币值），机队服役期使用与保障成本最新估算为12656亿美元（当年币值），全寿命周期费用预计将接近1.7万亿美元（当年币值）。

项目研制经费显著增长

根据美国国防部最近一次（2021年12月）发布的选择性采办报告（Selected Acquisition Report，SAR），F-35项目采办总经费最新估算为4162亿美元（含发动机），较2012年最新采办基线估算值增长205亿美元。其中，研制经费763亿美元，采购经费3359亿美元，军事建设（Military Construction）经费40亿美元。

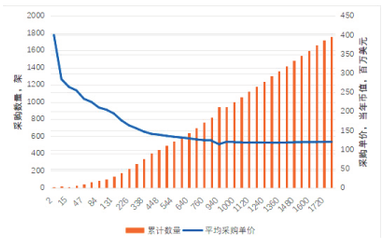
与2012年最新采办基线相比，F-35项目研制经费显著增长，从552亿美元增长至763亿美元，增长接近40%；如剔除通货膨胀（Inflation）、价格调整（Escalation）等因素影响，统一折算至2012年币值，分别为762亿美元和597亿美元，同样增长明显，主要原因是第4批次（Block 4）升级费用165亿美元计入项目研制经费。

F-35 Block 4主要基于敏捷软件开发技术，升级后具备延伸对面打击范围的能力，并可降低采购和服役期的使用与保障成本，具体改进的能力包括13项电子战升级、11项雷达和光学系统性能增强、8项后勤和支持措施变革、7项人机交互和网络系统改进、7项驾驶舱和导航系统升级以及7项新武器系统，主要聚焦换装全新的APG-85有源相控阵雷达、第二代光电瞄准系统、新型武器挂架、新的航电系统架构以及提升F135发动机能力。其中，APG-85有源相控阵雷达采用氮化镓技术，大大增加了雷达探测距离和分辨率，全面提升了其对空、对面、压制和破坏地面防空以及电子战能力，按照美军说法比现在的APG-81的能力提升一倍；第二代光电瞄准系统结合了红外成像与红外搜索跟踪、空对空跟踪红外成像、宽域红外跟踪系统等，分辨率达到4K，放大倍率也进一步提升；内埋弹舱设置了新型武器挂架，使载弹量由4发增加到6发，并可挂载最新的AIM-260新型空空导弹，大大提高了在空对空战斗中的整体杀伤力；新的航电系统主要采用“技术刷新-3”（TR-3）配置，机载计算机处理能力提高大约37倍，内存增加约20倍，进一步提高了计算机的处理能力，可兼容更多的机载软件，加强了系统的稳定性，强化了战斗机的适航性，释放了战斗机更多的战术能力等；F135发动机的升级主要是使其推力增加10%，航程增加10%等。

采购经费控制效果显著

与2012年最新采办基线相比，F-35项目采购经费变化不大，从3357亿美元增长至3359亿美元；如剔除通货膨胀、价格调整等因素影响，统一折算至2012年币值，分别为2667亿美元和2482亿美元，在采购数量均为2456架的情况下，采购经费与采购单价实质上是下降了。

主要原因是采购批量的逐步增加以及美国防部与承包商在研制阶段实施降成本攻关等。一是学习曲线正常下降，随着产量的增加，机体与发动机生产工时逐步降低，从而降低了人工成本，同时生产错误和设计更改的减少降低了返工、报废成本，这些是F-35生产成本降低的主要原因；二是



F-35A战斗机累计批量平均采购单价变化。

降成本专项攻关对降价起到积极的作用，如美国防部额外拨款给洛马和普惠公司1.7亿美元和1.31亿美元专门用于研究降低制造成本，预计在寿命周期内节约40亿美元的生产成本；三是先进制造技术助力成本降低，如美国防部将在F-35战斗机进气道机器人钻孔技术、座舱盖自动化热成型技术、光电瞄准系统技术、高保真度紧固件测量技术等4个关键制造技术领域投资约1380万美元，预计将节约1.716亿美元的生产成本。

根据美国防部2021年12月最新估算，从2006年采购开始至2044年采购结束，F-35A战斗机采购数量总计1763架，采购经费总计约2137亿美元（当年币值），年均投资额接近55亿美元。从F-35A累计批量采购成本来看，平均采购单价预计为1.21亿美元（含发动机，折算至2012年币值为8820万美元），且随着批量逐渐增加，采购单价整体上呈现逐渐下降趋势，符合批量采购阶梯降价规律，且在达到1000架左右时，采购单价基本稳定在1.2亿美元左右。

当前国外战斗机价格构成中电子设备约占50%～66%，换装新式航电的第三代战斗机同样价格不菲。根据美国国防部说法：“F-16C/D第50批次和F-15E的采购单价分别在6000万美元和8000万美元左右，1架F-35A的战斗力超过2架F-15或4架F-16，而价格仅仅是三代机的1倍，从性价比来说实在是再廉价不过。”

参考美国兰德公司在F-35项目立项论证时采用的经济可承受性与任务需求评估方法，战斗机效能可简单按照（作战半径×空机重量）计算，简单测算表明，F-35A战斗机效费比要优于F-16C/D和F-15E战斗机。

使用与保障成本预计达到1.27万亿美元

根据美国防部2021年12月最新估算，F-35战斗机机队（2456架）在70年服役期内的使用与保障成本估算为12656亿美元（当年币值），折算至2012年币值为6598亿美元。

估算的边界条件如下：

1. 退役/处置费用为8.1亿美元（当年币值），折算至2012年币值为2.62亿美元。

2. 保障策略：

（1）设计、开发、交付和维持一个单一的、集成的全球维持产品、流程和业务实践系统，使F-35战斗机能够以可承受的成本实现作战效能。

（2）配套产品全球采购，满足作战人员定义的战备状态和成本目标，确保在业务需求随时间变化时具有响应能力和灵活性。

（3）关注全寿命周期，包括降成本，提供关键的可承受性优势，并随着飞机成熟度的提高，进一步支持高作战效能。

（4）创建一个互惠互利的平台，通过相关的衡量标准和激励措施来运营、管理和支持全球体系，进一步提高响应能力并提高可承受性。

（5）利用全球资源基础（政府和商用领域），利用利益相关者的能力、人力资本、最佳实践等，随着F-35机队的发展和成熟，进一步提高稳定性和可扩展性。

3. 机队规模：2456架。

4. 服役年限：70年（2011年至2081年）。

5. 单机预期使用寿命：30年。

结束语

高端航空装备耗资巨大，F-35战斗机全寿命周期费用甚至将超过1.7万亿美元，同时其在研的CH-53K重型直升机和B-21轰炸机的全寿命周期费用预计将接近690亿美元和2030亿美元，对于战技指标逐步提升、技术跨代的航空装备，其全寿命周期费用增长是必然趋势。同时，美军在科研阶段专门投资开展降成本攻关，增加研制经费投入，目标是降低后期采购和使用保障成本，小投入大回报，值得参考借鉴。另外，在装备低成本发展趋势下，衡量装备是否“低成本”，不仅要比较成本/价格绝对值的高低，也可使用效费比理念，深入研究科学合理的、定量的费用与效能评估方法，构建效费比评估模型，作为衡量“低成本”的标准。

F-35项目采办总经费变化趋势

	2001年10月原始基线	2012年3月最新基线	2021年12月最新估算
研制经费	344	552	763
采购经费	1966	3357	3359
军事建设经费	20	48	40
项目采办总经费	**2330**	**3957**	**4162**
研制数量	14	14	14
采购数量	2443	2456	2456
总数量	**2457**	**2470**	**2470**
项目采办单位成本（PAUC）	0.95	1.60	1.69
平均采购单位成本（APUC）	0.80	1.37	1.37

采用兰德公司的简单评估方法对比F-35与美空军四代机

	F-35A	F-16C/D第50批次	F-15E
空机重量（kg）	13290	8316	14515
作战半径（km）	1093	925	1851
采购单价（万美元）	12100	6000	8000
效费比（美元/km/kg）	**8.33**	**7.80**	**2.98**

F-35机队服役期使用与保障成本构成

类别	金额（2012年币值，亿美元）	占比
基层级人员成本	1428	21.64%
直接使用成本	851	12.90%
维修成本	2217	33.60%
持续保障成本	932	14.13%
持续的系统改进成本	427	6.47%
其他	743	11.26%
合计	**6598**	100.00%