

何晓晓

2020年8月，美空军参谋长查尔斯·布朗在名为“加速改变或失败”的演讲中指出，要更快地将作战能力交给部队，否则将无法保持美空军的全球主导地位。传统意义上的军备竞赛更多指向了装备建设方面，以装备的升级换代和批量生产为典型代表。这种不平衡的发展导致新装备和现有的训练技术直接出现了“代差”，即训练技术不能全面支持装备发挥能力。近些年，美空军作战测试训练基础设施（OTTI）升级更加关注“合成”，也就是加强了虚拟和构造仿真应用。这种发展特点一方面弥补当前装备体系面临的训练能力差距，另一方面也是隐蔽其下一代装备研制，让其部分作战试验变得不再可见。

大国竞争下训练体系结构的演变

美空军总部负责作战的副参谋长兼训练和准备办公室（AF/A3T）长期在作战训练基础设施（OTI，有时也叫 OTTI）方面制定投资计划，以便更好地模拟未来作战环境中的作战行动，为战斗机飞行员提供一个能够充分代表大国挑战的训练环境。美空军综合测试和训练能力须跨越多代飞机和相关训练系统，以便在无缝连接的虚拟环境中进行高保真的测试和训练。

OTTI 中的要素主要包括训练系统 / 模拟器、靶场、空域、威胁环境生成器、假想敌部队、嵌入式训练能力、体系支撑、网络安全、吊舱 / 武器系统接口设备、演习演训活动等。

对 OTTI 优先事项的描述主要是能力升级，每种能力等级的定义不公开，但从新闻采访中可以判断 4 级能力基本上是具备复制威胁的能力。OTTI 优先事项包括以下 8 个方面：

(1) 合成（指仿真）能力升级到 4 级：为航空兵和太空军队升级到 4 级合成训练能力。空军生命周期管理中心架构与集成部门（AFLCMC/XA）在努力牵头，但需要大量的行业共同参与。在 2022 财年获得支持，资金来源于未来几年国防计划（FYDP）。FYDP 每年编制一次，通常在规划、计划、预算和执行（PPBE）过程的规划阶段完成。

(2) 内华达试训靶场（NTTR）和阿拉斯加靶场综合体（JPARC）升级到 4 级：NTTR 高级雷达威胁系统（ARTS）部署 V1 和 V2 版本，后续优先考虑部署 ARTS V3。计划中威胁系统的详细信息没有公开。一般而言，这些系统将代表地对空导弹系统威胁、干扰器以及潜在的主要对手使用的其他综合防空系统。升级到 4 级威胁能力的资金已落实。

(3) 6 个主要训练靶场（PTR）升级到 3 级：为 6 个 PTR 提供资金升级 ARTS V2。升级到 3 级威胁的资金已落实。上述靶场（含 NTTR 和 JPARC）的现代化改造主要是为了确保精英部队（Pacing unit）具有日常频繁使用 3 级现场训练环境的机会。



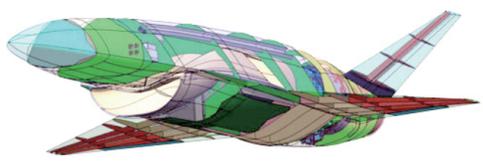
模拟训练一张图

——浅析美空军训练基础设施及模拟训练技术发展

在这些升级后训练靶场附近基地的战斗机中队将能够每天进行高级训练。美空军投资策略将目前 30 多个靶场内的分散投资转变为更小范围内的集中投资。副参谋长兼训练和准备办公室除了制定靶场升级优先级外，还为每个靶场升级所需研发内容和采购成本进行了初步估算。据估计，研发威胁系统所需的成本约 12 亿美元，该价格不包含最终部署系统的价格。NTTR 和 JPARC 两个靶场将升级为最先进的能力，以支持大规模部队演习。估计为这两个靶场采购设备升级将耗资约 10 亿美元。

同时启动 ADAIR-UX 计划，该计划是无人平台、自主性、网络 / 数据链路、人机界面、传感器 / 射频发射器五个技术组件的集成。用无人驾驶、半自主敌机增强假想敌陪练能力，与此同时让美空军熟悉自主装备的操作使用。在自主平台使用中探索建立作战概念（CONOPS）、战技术程序（TTP）和信心，最终加速未来自主装备如期进入美军作战体系。

(7) 研发混合训练：与海军对接其研发完成后的成果，促进海军和空军生命周期管理中心模拟器部门（WNS）会面，探讨未来演习的分布任务作战



Blue Force Technologies 发布的 ADAIR-UX 概念。

(4) 虚拟测试训练中心（VTTC）升级到 4+ 级：为高级训练和战术开发继续完善设施。

(5) 优化空域：与 FAA 协商动态空域测试试点，优化空域以支持 3 级以上的训练。美空军已为动态空域测试试点提供资金保障。

(6) 优化假想敌部队（ADAIR）：与空战司令部（ACC）合作，匹配当前计划提供符合部队要求的敌方空军，确定假想敌部队质量和数量方面的要

(8) 定制赛博网络环境：在 2022 财年之前将联合信息作战靶场（JIOR）交付到 ACC。另外将网络测试和训练范围（CTTR）升级到 4 级。

当前模拟器大规模运用的问题

随着大国直接对抗的可能性增加，美国国防部加强了对联合作战训练能力的支持力度。当前的训练方法和能力受到靶场容量不足、威胁复制不准和战术安全泄露的限制，不符合复杂战场高端训练的要求，未来大部分高级训练或许迁移到合成环境。在 OTTI 优化事项中，美空军除了对传统物理靶场的升级外，还重点加强了建模与仿真技术的融合应用。

美空军参谋长查尔斯·布朗是建模与仿真技术的积极推动者，正在考虑扩大该技术的使用范围，以实现更广泛的训练战略转型。美空军已经将虚拟、增强和混合现实技术纳入其本科飞行员训练和维修训练中，同时正在仔细权衡当前建模与仿真技术的真实能力。美空军长期使用模拟器开展飞行员飞行训练和任务训练。AFLCMC 是美空军模拟器的管理部门，新机模拟器的开发工作由 AFLCMC 型号项目办公室指导工业部门开发，在研制过程中作为型号专有产品，往往不考虑跨型号的互操作性需求，在研制过程还要实时集成空军实验室人机功效部门研究完成的先进技术技术。模拟器研制完成后，交付给 AFLCMC 模拟器部门（WNS）管理，该部门管理美空军 75 个项目的 2383 台模拟器 / 设备。尽管美空军拥有数千台模拟器和训练环境，但在设计之初没有考虑模拟器、训练环境的标准规范，计算机系统和软件不能够交换和使用其他模拟器的信息，达不到训练灵活性要求。所以，美空军针对此问题开展了系列工作增强其模拟器之间的互操作性。

模拟训练的内在联系

在 OTTI 的合成测试训练能力方面，美空军为了达到某个目的，做了一系列的事情，包括以下几个方面：

- (1) 合成测试环境：持续开发联合仿真环境（JSE），该仿真环境用于 F-35 及其他新机或升级改进型号的开发测试与作战试验。
- (2) 通用合成训练环境（CSTE）：正在设计开发工作。
- (3) 模拟器同步和分布式训练：

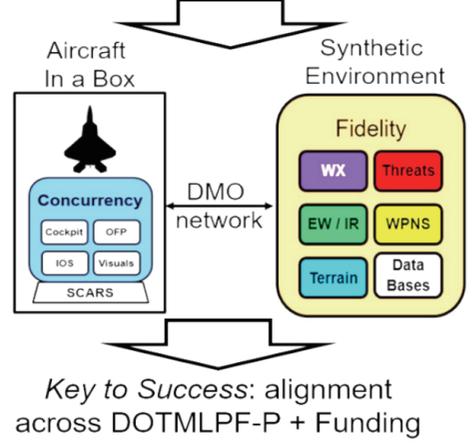
变化需要解决联网、封闭系统和专用任务等问题。

为了加强模拟器顶层设计，解决系统间缺乏通信的问题，主要工作是确保模拟器通用架构和通用合成训练环境架构兼容。模拟器通用架构标准（政府参考架构）指导通用合成训练环境的设计，在通用合成训练环境的设计过程中迭代 SDK 工具，供第三方开发人员在使用特定框架或平台生成应用程序时使用。最后基于成熟的模拟器通用架构在标准化新研模拟器的同时不断改进升级现役模拟器。

模拟训练的主要行动

- 1. 模拟器通用架构要求标准
2016 年，美空军创建了模拟器通用架构要求标准计划，目标是规范其模拟器平台的要求，并将全国各地的模拟器站点与奥兰多的“核心”安全运营中心连接起来。据美国国防部宣布，

Future Strategy: leverage JSE-AF capabilities and modular framework → maximize reuse and tailor for OTI



仿真训练相关项目直接的联系。

该工作是延续性内容，通过现有技术能力继续支持模拟器训练和分布任务作战（DMO）联网工作。目前部署的模拟器及其网络通常是专用的，不支持高端、多领域培训的性能需求。合并作战空军（CAF）和机动空军（MAF）分布任务作战标准，以创建全空军的 DMO 标准。

(4) 模拟器通用架构要求标准（SCARS）：目标将传统专用模拟器转换为政府所有的模块化开放系统体系结构。

(5) 政策研究：通过机制研究解决长期存在的“烟囱”发展问题。

以上五个方面共同构成了美空军仿真训练的核心。目标是创建一个合

该计划包括了模块化、开放系统架构，以及一套空军模拟器通用标准。模拟器通用架构要求标准将规范模拟器的通用性要求，使美空军能够更好地管理其模拟器、改善网络安全并加强训练。合同周期为 10 年，于 2021 年启动，到 2030 年 6 月结束。

通用技术标准是众多系统组件之间互操作性的关键要素。因为现役模拟器已经在技术上落后，且技术状态和好性不一致。通过网络远程统一维护升级是维护“生态”的关键，也是应用开发的优先事项，实施一系列必要的网络安全控制。2021 年 11 月，位于奥兰多的一支美空军团队对亚利桑那州戴维斯-蒙森空军基地的 A-10

训练系统项目在向基于云的环境和 VR 模拟器发展。F-35 训练系统项目也在考虑减少飞行员的实战训练时间，并将更多的时间转移到模拟器上，以降低维持成本。另一方面，采用 SCARS 通用标准将减少审批文件（ATO），减少训练系统授权官员的数量。

2. 通用合成训练环境（CSTE）
中队级单位为活动强大 / 持久的综合训练能力，支撑对等 / 近对等冲突条件下的战备活动，需要有能力每周 / 每月在常驻地进行合成高端训练，而不是每年进行几次现场演训活动。当前，威胁环境的技术更新周期时间表不确定，而且往往赶不上主要对手的能力变化速度。换句话说，目前模拟器使用的合成训练环境不能“升级”到 A2/AD 状态。除了有助于空勤人员提升之外，这种合成环境也将给指挥官一个全谱系任务准备、计划、执行、讲评并“综合”决策的选择。

为了解决这些不足，美空军 OTTI 正在计划开发通用合成训练环境（CSTE）。美空军于 2021 年 10 月举办通用合成训练环境工业日，将在 2022 财年启动资金支持。该环境可以承载高保真的计算机生成部队能力，将当前模拟器从数十种专有环境中分离出来，重组为一个以数据为中心的模块化开放系统，再对现役模拟器的合成环境更新替代。通用合成训练环境改变数据架构和降低基础设施获取风险，提供一个平台无关的分布式合成训练环境，能够随时与其他军兵种和盟军训练系统集成和互操作，解决当前一系列 OTTI 差距。

未来该环境需要能够以小时或天的顺序进行更新，而不是以月或年的顺序进行更新。通用合成训练环境的更新方式与智能手机更新软件的方式相同，将允许操作系统推送更新和新应用程序。虽然这个解决方案似乎是目前最好的办法，但实际实施起来并不容易。这将需要国防工业行业和互联网行业的积极参与，由政府成立一个行业联盟共同探索出在同时存在大量非专有和专有模型，又要同时满足多级安全需求的前提下，如何通过模仿当前智能手机中类似的功能来避免潜在的挑战。

小结

美空军发现长久以来轻车熟路的训练方式面对对等 / 近对等威胁来说不再是行之有效的路径，在一个不相关、不现实的威胁环境中训练是在自欺欺人。所以要更新上世纪 90 年代的训练技术能力和训练管理方式，以满足 2020 年的全新需求。在大国竞争模式下，OTTI 的持续升级是装备建设主线外的提升战斗力的重要方式。一方面在装备发展的同时“预置”好训练条件，更有利于战斗力生成。另一方面是在进入有刚性任务节点的备战状态

美海军接收首批生产代表型“下一代干扰机”中频段吊舱

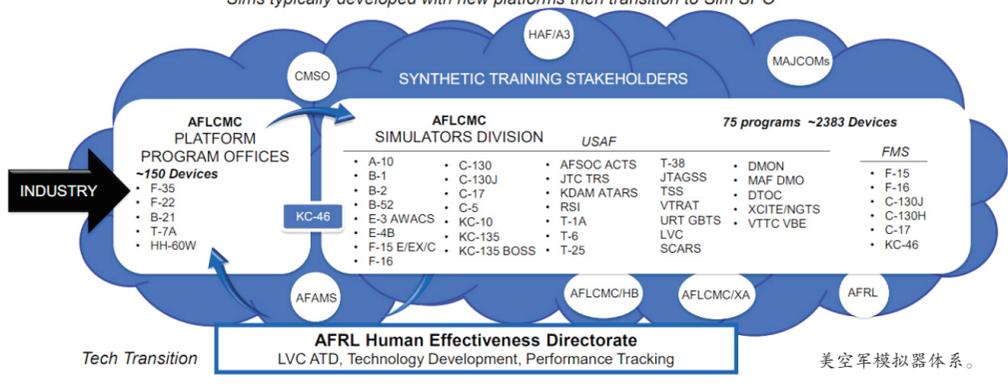


美海军航空系统司令部 8 月 8 日宣布，首批 2 部生产代表型 AN/ALQ-249 “下一代干扰机”中频段（NGJ-MB）吊舱已于 7 月 7 日交付位于马里兰州帕图森河航空站的海军航空作战中心飞机部。

这 2 部吊舱组成了一套完整的 NGJ-MB 舰载配置，将由美海军机载电子攻击系统计划办公室吊舱团队负责完成研制试验，并使用作战代表型软硬件启动作战试验。（廖南杰）



Typical Air Force Simulator Program Lifecycle



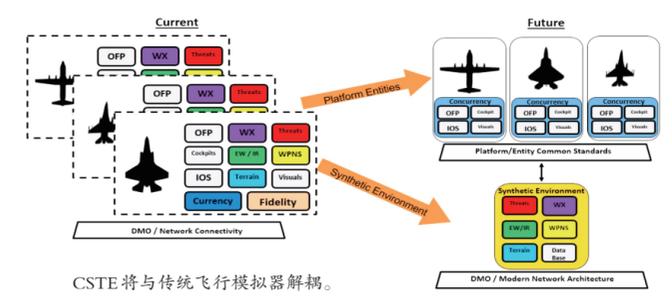
成环境，构建一个变化更新的生态系统，使训练系统能够更好地联系在一起，可及时应对新出现的威胁，使空军能够更好地在所需水平上训练大量飞行员。

美空军未来战略是从技术上和编程上将“数字飞机模型”（Aircraft In a Box, AIB）与合成环境（Synthetic Environment, SE）分离。利用 JSE 中 F-35 飞机数字模型在功能和模块化框架的成功经验，最大限度地复用和定制 OTI。在此发展战略下，框架最终状态会分成数字模型和合成环境两大部分独立发展，中间的网络交互依靠分布任务作战网络实现。其中模拟器通用架构是实现数字模型的基础。为了实现以上目标，需要在条令、组织、训练、物资、领导和教育、人员、设施和政策保持一致性（DOTMLPF-P）以及持续的资金投入。

如何利用数字化更好地支撑仿真训练一直存在争论。美国防部和空军的愿景都是用建模与仿真技术标准支持国防领域的互操作性和标准化，尽可能采用商业、工业和开放标准，代替政府制定标准。这一过程中主要的挑战是要有能力模拟整个空军作战过程，让空军仿真训练真正进入“游戏行业”，也就是多人网游的功能，这一

模拟器通过网络进行了漏洞扫描，这也是对空军模拟器的首次远程执行漏洞扫描。未来的目标是用模拟器通用架构标准连接和集成美空军位于世界各地的模拟器站点。

这次成功经验是模拟器通用架构标准的重要里程碑，证明设计的可行性



CSTE 将与传统飞行模拟器解耦。

并具备大规模推广应用架构和标准的条件。美空军为了满足不同空军参谋长查尔斯·布朗“加速变革”的战略指导要求，更准确、更真实地支撑训练，正在努力缩短仿真软件更新周期。AFLCMC 的 C-17 的模拟器每年都有更新。与此同时，该部门也正在研究人工智能和虚拟现实在其训练系统中的作用。F-16

时，更需关注训练技术这种“临阵磨枪”的软实力，同步统筹“升的快、产的足、修得好、玩得溜”。模拟训练和虚实结合方式的应用成为为了各军事强国的发展方向，通用技术标准、通用合成环境的应用有助于提升训练的灵活性、真实性、经济性，在此类环境中

模拟出部队在实战中可能出现的真实反馈。限制模拟器或者仿真训练发展的不仅仅是技术问题，更多的是管理问题，趁着问题还没那么严重的时候，早发现早治疗，由行业国家队引领相关企业投入到此领域，避免日后病急乱投医。