

诺格公司称数字工程技术使首批B-21轰炸机具有很高设计成熟度



2021年2月22日，美国诺格公司概述了B-21“空袭者”轰炸机项目五年来的发展，表示B-21项目于2018年11月在公司设在佛罗里达州墨尔本有人驾驶飞机设计卓越中心(Manned Aircraft Design Center of Excellence)完成关键设计评审(CDR)仅两年后，就将其数字设计变成了现实，目前有两架试验机正在制造之中。

诺格公司引述美空军快速能力办公室主任兰德尔·瓦尔登于2021年1月接受美国《空军杂志》采访时透露的消息，表示目前首架B-21试验机“看起来已开始真的像一架轰炸机”。瓦尔登在这次采访中确认有2架B-21飞机正在诺格公司设在美国加利福尼亚州帕姆代尔的飞机集成卓越中心(Aircraft Integration Center of Excellence)进行制造。诺格公司称，基础设施投资为该型轰炸机的设计和装配带来了巨大好处。诺格公司高技能的员工队伍利用诸如高度沉浸式虚拟环境、增强现实和虚拟现实等先进技术，促进了数字工程创新，推进了该型可生产、可持续、可维护轰炸机的制造工作。例如，诺格公司最近进行了一次系统集成演示，进一步促进了B-21硬件和软件的成熟，得到了美空军的赞扬。

如，诺格公司最近进行了一次系统集成演示，进一步促进了B-21硬件和软件的成熟，得到了美空军的赞扬。

根据美空军于2019年4月在美国标准技术研究院(NIST)上进行演讲的材料，截至当时，美空军已有30个采办项目正在落实数字工程。这就表明，至少在目前这个时间点，美军实施数字工程已不存在所谓的“试点计划”(Pilot Program)，而是正在采办项目中的部分阶段甚至寿命周期大规模铺开，并正在飞行员训练、软件开发、基地运行、事务工作各个领域全面推进。因此，主战装备、平台中心战时代的那种跟踪思路——平时安排技术预研，再去跟进装备，是完全不适用于应对数字工程革命的，是将己方逐渐置于危险的思维方式和行为模式。尽快利用商用和国防工业界已有的相关标准架构，尽快完善基本规范、标准、接口，尽快分阶段落实，最终尽快大型铺开，才有可能赶上这场数字工程革命的节奏。(张洋)

巴航工业新的无人机系统和军用运输机项目

巴航工业公司国防与安全部首席执行官杰克逊·施耐德在一次独家采访中表示，无人机系统和混合动力军用运输机将有可能在今年加入到该公司庞大的国防装备平台组合中。

2020年4月，波音公司与巴航工业公司的商业合资计划宣告破裂。但如今，巴航工业公司仍然专注于扩大其国防产品组合，包括与瑞典萨伯集团合作设计的双座版本的“鹰狮”JAS 39战斗机，以及一种预警机、一种轻型攻击机和一种小型卫星。

(1) 无人机系统或于2021年上马 在2021年晚些时候，巴航工业公司可能会重新上马一个为巴西军方研制的大型无人机项目。早在2011年，巴航工业公司与AEL系统公司(以色列埃伯特系统公司的子公司)宣布建立合资企业哈比亚公司，负责该大型无人机项目的研制工作。但由于政府无法继续资助，该项目在哈比亚公司(Harpia)成立五年后停滞。“我们必须进入这个市场，也许我们将在10个月内宣布一些好消息。”施耐德说。

根据之前哈比亚公司公布的概念图，该无人机是单发、双尾撑布局。这种中空长航时的无人机，主要用于监视巴西偏远的西部边界，提供超视距的控制。施耐德表示，未来项目可能会避免局限于提供一种新无人机的单一平台解决方案，也避免仅仅瞄准国防市场应用。

(2) 混合动力军用运输机 STOUT 开始研制 自从52年前成立以来，将军方项目应用于商业市场(反之亦然)一直是该公司的一贯做法。巴西空军成立巴航工业公司是为了向商业航空出售C-95军用运输机，即EMB 110。之后，为商业市场设计的EMB 120也作为C-97军用运输机出售给巴西空军。

随着C-95和C-97机队即将退役，出现了新的运输机概念取代它们，即短距离起飞多功能运输机(STOUT)。该运输机概念在2019年11月由巴西空军司令安东尼奥·莫雷蒂·贝穆德斯将军公布，并且在同年12月，巴航工业公司和巴西空军签署了一份谅解备忘录，开始研究这种飞机。 该运输机采用T尾布局，机身长度与EMB 120相当，但机身更宽。STOUT飞机将使用混合电推进系统，其四个螺旋桨推进由机翼内侧的两个燃气发电机供电。巴西空军希望该飞机可以在亚马逊地区的简易跑道上起降，载重量达到3000千克。 但是，巴西空军对STOUT的研究支持仅为概念研究，其最高优先的项目是36架“鹰狮”F-39E/F和28架KC-390的生产交付。不过在这点上，巴航工业公司将继续采用军民两用的发展模式。施耐德说，巴西空军对飞机能够在亚马逊地区简易跑道上起降的设计

要求，可能同样适用于某些商业市场，比如那些由许多岛屿组成的国家。 施耐德表示，STOUT的混合电推进也可能为城市间交通提供一种更环保的选择。如果无人机系统和STOUT项目投入生产研制，巴航工业公司将在未来五年获得两个新的国防装备平台。 当前，巴航工业公司正在生产第一批“鹰狮”F-39E，另外还有为巴西、葡萄牙和匈牙利生产的KC-390，以及A-29轻型攻击机。 2019-2020年，巴航工业公司与波音公司曾计划计划建立一架合资企业，在国际市场(尤其是美国)推销KC-390。虽然波音公司于2020年4月停止了KC-390的商业合作计划，但一项2016年的KC-390销售协议仍然有效。施耐德说，目前两家公司仍在商讨KC-390未来的营销关系。(孙玉凯)

要求，可能同样适用于某些商业市场，比如那些由许多岛屿组成的国家。

施耐德表示，STOUT的混合电推进也可能为城市间交通提供一种更环保的选择。如果无人机系统和STOUT项目投入生产研制，巴航工业公司将在未来五年获得两个新的国防装备平台。

当前，巴航工业公司正在生产第一批“鹰狮”F-39E，另外还有为巴西、葡萄牙和匈牙利生产的KC-390，以及A-29轻型攻击机。

2019-2020年，巴航工业公司与波音公司曾计划计划建立一架合资企业，在国际市场(尤其是美国)推销KC-390。虽然波音公司于2020年4月停止了KC-390的商业合作计划，但一项2016年的KC-390销售协议仍然有效。施耐德说，目前两家公司仍在商讨KC-390未来的营销关系。(孙玉凯)

美空军成功试验F-15E挂载15枚“杰达姆”制导炸弹



3月2日，美空军第53试验联队第85试验与鉴定中队宣布，已完成F-15E战斗机对“联合直接攻击弹药”(JDAM，即“杰达姆”)的挂载能力扩容试验，每架该型战斗机最多可挂载的“杰达姆”

数量由9枚增至15枚。

第85中队发布的照片显示，F-15E在单侧的进气道下方和保形油箱侧方外挂点上即可挂载6枚“杰达姆”。这使得美空军的战斗机队具备了更强的作战



灵活性。F-15E可批量挂载“杰达姆”，伴随F-22A和F-35A战斗机前出，着陆后卸载JDAM并将其挂载在隐身战斗机的内埋弹舱。

美空军目前一般使用2架C-130

运输机为战斗机部队提供伴随弹药保障，其中一架搭载地勤人员和专用设备，另一架装载“杰达姆”组件。抵达前沿机场后由运输机搭乘的地勤人员完成“杰达姆”的卸载、组装和挂载。F-15E具备15枚“杰达姆”的挂载能力后，仅需1架运输机搭乘地勤人员，且F-15E挂载的是已组装完毕、随时可用的“杰达姆”。

此次试验是美空军近期举行的武器和战术会议提出的“敏捷战斗运用”(ACE)概念落实举措之一，旨在进一步提升该军种在前沿地区的快速出动能力，并降低后勤保障负担。预计该试验将在一个月内形成实战能力。

(廖南杰)

数字化转型

——数字工程支撑下的航空装备方案论证

刘亚威

美军《数字工程战略》旨在构建数字工程生态系统，将以往以静态文档为中心的采办流程转变为以不断演进的数字模型为中心，完成以模型和数据为核心谋事做事的范式转移。数字工程是一种集成的数字化方法，使用系统的权威模型源和数据源，以在寿命周期内可跨学科、跨领域连续传递的模型和数据，支撑系统从概念开发到报废处置的所有活动。美军在其航空装备方案论证中，已经开始利用基于模型、数据驱动的手段和工具，建立数字工程方法和流程。值得注意的是，这种转型，离不开“工程强韧系统”和“计算研究与工程采办工具和环境”的支持，美空军开展“数字战役”，推动“数字采办”，这些由国防部层面统一支持开发的支撑平台和工具是关键。

经济可承受性之间进行权衡。公共模型还可以将输出内容导入空军SIMAF(Simulation and Analysis Facility，“仿真与分析设施”的英语缩略语)飞行模拟器，实施“真实-虚拟-构造”仿真，并且，SIMAF中考虑物理行为可以实现对互操作性的评价。

数字工程转型中的重要支撑平台和工具

1. 工程强韧系统 “工程强韧系统”(ERS)计划是美军7个科技优先计划之一，其目的是在一个与采办和作战业务流程相一致的框架内，开发一个现代计算工程

并且在权衡过程中提供包括寿命周期成本在内的寿命周期“情报”，通过权衡分析实现有充分依据的决策，在更少时间内“可视化”更多设计的权衡，从而达到量化并降低采办风险的目标。

2. 计算研究与工程采办工具和环境 “计算研究与工程采办工具和环境”(CREATE)项目是美军高性能计算现代化计划的核心方向之一，目标是开发和部署基于物理特性的高性能计算软件产品，通过高逼真度虚拟样机的构建和改进，支撑飞行器、舰船、地面车辆和射频频天线系统等国防部平台的设计和实现。其中，用飞行器的

空军针对一款潜在的下一代运输机C-X进行了设计权衡空间分析，通过连接物理特性模型与交战模型构成公共模型，将性能、效能和成本数据有融合到了一个设计权衡空间，分析出了充分定义且可追溯的设计方案，加入了备选方案分析的概念表征和技术描述文件中。

空军使用自己的集成计算机辅助设计工具构建物理特性模型以评价设计参数，如机翼展弦比、机翼后掠角、起飞重量、机翼负载、载荷重量、载荷舱尺寸等。权衡分析中使用了三个的候选运输机构型——一个传统机身和机翼，一个混合翼身和一个集成翼身。每个构型分析5000个设计以形成输出模型一般在1%~2%的实际预测值之内，不会降低设计权衡空间分析的完整性。典型的输出包括最大载荷范围、空速、平均燃油消耗率、航程、最大燃油载荷、起飞距离、降低距离、空重、最大推力、寿命周期成本和每飞行小时成本，与交战模型所需的输入相匹配。

空军使用移动性平台分析工具对空、海和陆地的军用货物部署进行建模，形成交战模型，典型的输出包括燃油效能、总机队燃油使用、平均出击、平均燃油使用、平均延迟天数、

终得到9个候选设计(3个构型×3个场景)。空军随后将这些技术和经验集成到了计算研究与工程采办工具和环境之中，目前已经使用该工具开发代理响应面模型支撑早期备选方案分析。

2. 情报、监视和侦察多解折度分析 针对在条例、组织、训练、装备、领导和教育、人员、设施和政策(DOTMLPP-P)框架下，在空、天和赛博领域内执行作战相关的情报、监视和侦察设计权衡空间分析，空军开发了提供DOTMLPP-P框架的多解折度分析能力(ISR-MSA)工具环境，以处理影响兴趣平台互依赖性和互操作性的系统之系统(SoS)、网络、模块化开放式架构、非装备备选方案等。为了使该环境提供从需求到能力的可追溯性，空军将其与计算研究与工程采办工具和环境进行了集成，使其能够利用兴趣平台的物理特性模型进行权衡分析。

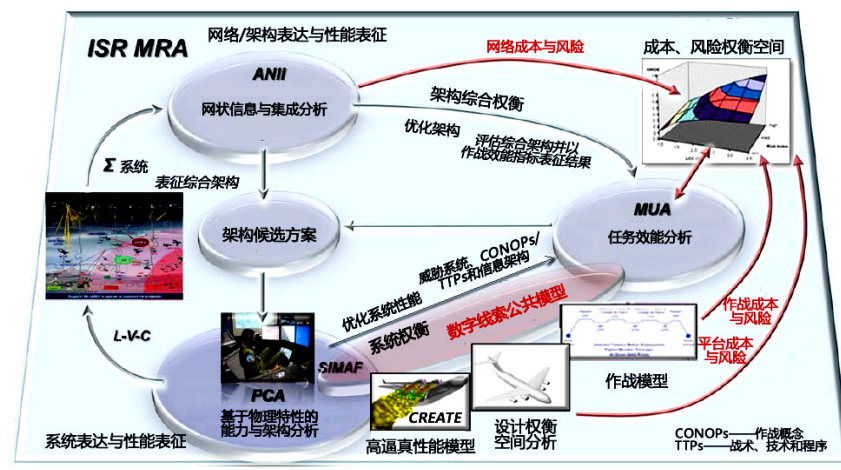
ISR-MRA环境中拥有基于物理特性的能力和架构分析、网状信息和集成分析以及任务效能分析这三大主要功能。空军SIMAF飞行模拟器的核心能力就是基于物理特性的能力和架构分析(PCA)功能，它包括平台表达、性能表征、系统和传感器构型及

个战役和任务层级的评估工具，允许评估集成信息架构的任务效能和战役效能，MUA和ANII之间的迭代循环，帮助理解网络拓扑结构权衡空间(不同网络拓扑参数和方案下，众多任务/任务线的任务效能敏感度)，并针对成本驱动因素来平衡任务效能。

空军将计算研究与工程采办工具和环境与ISR-MRA环境集成，进行了互操作性研究，使用一个下一代加油机通用构型执行了众多的建模和迭代循环。首先，与对C-X的分析一样，建立了一个参数化的设计权衡空间，只不过使用了不同的任务场景和交战模型，从而评价可行性、任务效能和经济可承受性。然后，权衡分析得出的最佳构型在“茶肆”工具中建模，如在一个固定的马赫数和高度，在不同角度和速度下进行横滚、俯仰和偏航机动。之后，使用空军的系统辨识软件SIDPAC对输入角度、速度和输出载荷进行建模，输出一个降阶的代理响应面模型，它可以立即用作交战模型和飞行模拟器的飞行模型，即公共模型。最后，通过SIMAF飞行模拟器的PCA功能，将飞行模型导入ISR-MRA环境中，评价互操作性和互依赖性。

总结

美军国防采办系统，包括国防部层面的采办里程碑决策，各军种层面的系统工程技术评审，项目层面的成本分析、需求论证、成本/进度/性能权衡，都在充分利用数字工程生态系统提供的能力，构建基于模型、数据驱动的方法和流程。目前，通过若干开发了十几年的数字化支撑平台和工具，美军航空装备采办正在加速向数字工程转型，而方案论证只是其中一个缩影。而且值得注意的是，在美军方案论证中，成本和经济可承受性一直是与性能、效能、进度、风险并列的顶层权衡分析指标，利用数字工程，军方和工业界合力完成对成本和风险和性能、经济可承受性、风险和风险缓解策略的分析，包括对边界条件、不确定性和风险的概率性分析，以及对总拥有成本的成本评估与计划评价/成本评估数据组织体(CAPE/CADE)一致分析。数字工程能力，将是美军实现“第三次抵消”战略以及空军实现“更佳购买力”、“数字化百系列”构想的坚实基础。



情报、监视和侦察多解折度分析流程。

工具的集成平台，平台包括模型、仿真和相关能力，以及设计权衡空间评估与可视化工具。“强韧”表明其在各种任务背景环境中是可靠的和有效的，通过重新配置/替换而很容易适用其它任务环境，可预测功能性能降低并且可缓解。

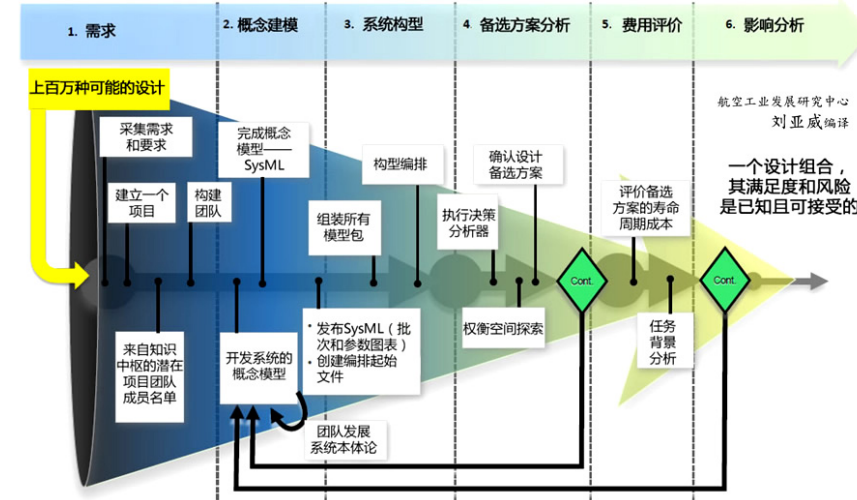
工程强韧系统平台主要由需求生成、备选方案分析、虚拟样机与评估这几部分功能组成，能够全面探索并识别关键性能参数，快速分析上百万种可能的设计，提供虚拟作战环境和样机的构建与响应能力。该平台使用高性能云计算资源，通过建模仿真展现基于物理特性的交互并预测装备系统功能性能，分析可能影响任务执行的背景环境，对这些建模仿真生成的数据进行评估并执行系统总体方案的权衡分析，以确定一个系统提供所需能力的风险，以及确定系统是否可以保留并表现出足够的强韧性来保证系统的采办和部署。工程强韧系统能够加强需求生成和备选方案分析流程，

物理特性建模工具包括三个，分别用于快速概念设计、固定翼飞行器(包括高超音速)以及旋翼飞行器。

以固定翼飞行器物理特性建模工具“茶肆”(Kestrel)为例，它可输出一个高逼真度的物理特性模型，全面仿真从亚声速到超声速飞行的固定翼飞行器，包括复杂机动、推进装置影响、移动控制面、气弹影响、多体相对运动以及引入真实内循环和外循环控制率的能力。该工具拥有一个模块化架构，可以综合流体/结构相互作用、推进装置集成和武器集成，带来：多学科、多物理、多逼真度建模仿真能力，快速和高效生成降阶模型的能力，在详细设计工程中处理系统集成的能力，以及充分利用高性能计算资源的可扩展性。

美空军装备方案论证转型试点案例分析

1. 下一代运输机C-X分析 在工程强韧系统平台的支持下，



工程强韧系统支撑数据驱动决策。

总延迟天数、高峰飞行器使用等。为了评价任务效能，共建立了三个任务场景——一个在突尼斯的跨大西洋部署、一个在澳大利亚的跨太平洋部署和一个在夏威夷的国内人道主义救援。每个场景分析2500个不同的C-X设计，构建数据集以创建回归和代理响应面模型，通过降阶模型探索优化最

其交互。在网状信息和集成分析(ANII)功能中，对蓝军系统正确通信以支撑规划任务所需的架构和网络拓扑结构进行建模。两个功能形成一个迭代循环，允许对架构和系统特性进行权衡，以定义可用的蓝军信息架构(集成的系统和网络拓扑结构)，支撑众多任务线。任务效能分析(MUA)功能是一