

装备领域数字化建设的一种推进思路

曹 丹, 李 强, 徐 宇, 余飞祥
(中国航发四川燃气涡轮研究院, 成都 610500)

摘 要: 新质生产力已在实践中逐步成型, 展现出对高质量发展的强劲推动力和支撑力。作为新质生产力的核心代表, 数字化技术已在多个行业应用并发挥积极作用。装备制造领域关乎国家安全, 其数字化建设刻不容缓。秉持目标导向与问题导向相结合的原则, 聚集系统性破解发展痛点和实现未来作战目标需求, 提出了一种从战略引领、组织匹配、核心资源和实施落地4个维度统筹推进装备领域数字化建设的总体思路, 同时剖析了各个维度的业务痛点与发力点, 为装备领域数字化建设提供了具有参考意义的实践路径。

关键词: 数字化建设; 数字化转型; 装备制造; 企业战略; 组织机构; 数字经济; 能力评价

中图分类号: P391.72 文献标识码: A 文章编号: 1672-2620(2025)04-0118-05

DOI: 10.3724/j.GTER.20250047

A promotion approach for digital construction in the equipment field

CAO Dan, LI Qiang, XU Yu, YU Feixiang

(AECC Sichuan Gas Turbine Establishment, Chengdu 610500, China)

Abstract: New quality productive forces have been formed in practice and demonstrated strong driving and supporting forces for high-quality development. As a core representative of new quality productive forces, digital technology has been applied and has played an active role in many industries. The field of equipment manufacturing is of utmost importance for national security, and digital construction is imperative. Adhering to the goal orientation and problem orientation, aiming at systematically addressing development pain points and meeting the needs of future operational objectives, a comprehensive approach was proposed to advance the digitalization of equipment in four dimensions: strategic guidance, organizational alignment, core resources, and implementation. At the same time, the business pain points and areas of focus for each dimension were analyzed to provide a practical path with reference value for digital construction in the equipment field.

Key words: digital construction; digital transformation; equipment manufacturing; corporate strategy; organization; digital economy; ability evaluation

1 引言

当前数字化技术蓬勃发展, 在影响经济社会和居民生活方式的同时也深刻影响着未来军事竞争模式。数字化必然是未来战争的重要演进方向, 未来战场谁掌握了数据和模型, 谁就掌握了全域协同决策优势和指挥优势, 谁就将赢得战场主动权^[1]。西方发达国家正在持续加快数字化转型, 扩大战略竞

争优势。近年来, 美国先后发布了《数字工程战略》^[2]《国防部数字现代化战略》^[3]《数字系统工程转化战略》^[4]3个战略性文件, 全面指导武器装备数字化建设, 应用数字工程技术实现装备敏捷采办、夯实工业基础、促进武器装备变革, 通过在下一代军用运输机、自适应车辆制造计划等型号预研项目中引入数字化技术, 实现了数字化关键技术

收稿日期: 2025-01-02

作者简介: 曹 丹(1984-), 男, 安徽桐城人, 高级工程师, 主要从事数字化建设与运维工作。

引用格式: 曹 丹, 李 强, 徐 宇, 等. 装备领域数字化建设的一种推进思路[J]. 燃气涡轮试验与研究, 2025, 38(4): 118-122. CAO Dan, LI Qiang, XU Yu, et al. A promotion approach for digital construction in the equipment field[J]. Gas Turbine Experiment and Research, 2025, 38(4): 118-122.

与型号预研的相互促进^[5-12]。俄罗斯自主研发了CML-Bench数字孪生平台,并在TV7-117ST-01发动机改进设计项目中成功应用了该平台^[13]。

在西方发达国家大力推进武器装备数字化建设态势下,我国武器装备数字化建设刻不容缓。在内需层面,装备领域数字化建设是贯彻落实习近平强军思想和新时代军事战略方针的必然要求,是加快推动武器装备现代化建设转型的重要手段,是支撑构建武器装备现代化管理体系的必由之路。本文分析了现阶段装备领域数字化建设的形势要求,提出了加快推进装备领域数字化建设的总体思路,并从战略引领、组织匹配、核心资源、实施落地4个维度阐述了装备领域数字化建设面临的主要问题及应对策略。

2 推进思路

在国家的大力支持下,我国主要武器装备领域的信息化和数字化能力持续提升,航空航天等军工集团均形成了一套产品研发体系^[14],为数字化转型提供了技术和实践准备,但距离未来作战需求仍有很大的提升空间^[15]。因此,仍需结合实际审视当前痛点,坚持目标导向和问题导向,系统性解决发展痛

点以实现未来作战目标。现阶段数字化推进工作已经实现点状突破,但要系统性实现目标,仍需充分统筹战略、组织、资源、执行各方面的要素,总体思路如图1所示。通过战略层面的顶层筹划实现内外一体化,内部实现数字化战略与各项业务战略相融合,外部满足相关方要求和作战场景需求,通过流程打通信息渠道并监督实施落地。在各个建制单位的数字化战略目标确定后,需要匹配调整相应的组织机构,重新设计职位体系并明确职责,提升战略实现效率。战略执行的各个阶段均需要资源的保障与支撑,既要重视人、财、物等传统资源,也要重视实现数字经济与实体经济统筹发展的数据、模型等战略资源。在实施落地的过程中,既要重视计划管理保证落实的广度,也要抓住重点项目的深度。通过战略引领、组织匹配、核心资源和实施落地“四维发力”,加快推进装备领域数字化建设。

3 战略引领维

战略引领方面主要的痛点在于数字化规划如何承接上级要求并与单位内部综合规划对齐以及逐层级分解实施,造成这一痛点的主要原因在于在战略制订和实施方面缺少刚性的流程。现阶段单位战略

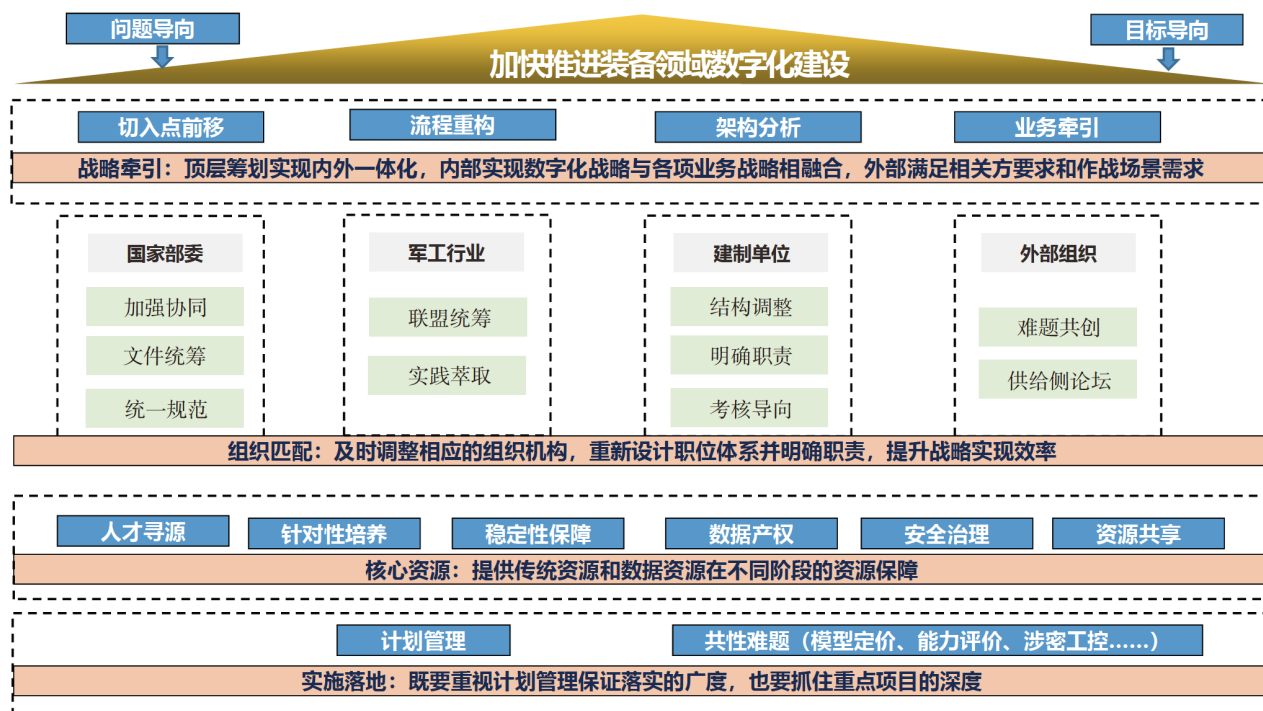


图1 “四维发力”推进思路框图

Fig.1 “Four dimensions” overall promotion thinking flowchart

制订主要依靠规划的编制与分解,规划体系主要由一个综合规划和多个子规划组成,规划编制往往五年一次大更新、两年一次中期回顾,在频次上无法满足现阶段外部环境变化。同时,规划的修订往往采用自下而上的形式进行编写,受限于执行层的战略敏感性,往往很难做到形势前瞻和需求适配,使规划的目标产生偏差,在执行过程中也会遇到较大阻力。

要充分发挥好规划的引领作用,需要在以下4个方面加以发力:①切入点前移,按照《质量管理体系要求》(GJB 9001C-2017)^[16]的要求,规划形成之前应切实做好内外部环境分析和相关方需求分析,需将以“自下而上”为主的方式改为“自上而下统筹并进”,从源头扎实开展分析工作,在保证规划目标准确性的同时增强与其他规划之间的协同性。②参照先进企业DSTE方法论结合研究院所实际建立与组织能力相匹配的战略开发与执行流程组,加快规划迭代频次,细化规划分解路径,加强落实过程中的监控与调整。③优化规划与流程之间的架构设计,加强架构分析粒度,衔接战略目标与业务执行过程,确保目标与执行的一致性。④摒弃“技术自恋”,持续践行IPD思维,始终以“以用户需求为初心、以业务应用为牵引”,务实开展规划编制与执行。

4 组织匹配维

组织匹配方面主要的痛点在于:①原先的组织结构难以满足数字化建设的需求,且鲜有单位能够根据数字化需求做到及时的适应性调整,导致让战略目标实现的组织效率大打折扣。②多方需求交织在一起,而大部分单位缺乏统筹能力,不利于数字化与业务融合。③数字化建设职责的不清晰也给推进工作带来了潜在影响。④装备领域数字化的密级程度较高,对供给侧和民间资源的利用不充分。

解决组织方面存在的问题需要从以下4个方面进行发力:①在国家部委层面,期待政策制定方进一步加强协同,积极与上级沟通做好相关政策文件的关联统筹,确定统一的数字化领域顶层架构、专业规范和标准。②在行业层面,建议行业主动组织建立类似数字化建设联盟的组织,根据行业特点统筹抓总,在能力较强的单位率先形成行业最佳实践,逐步带动行业整体数字化能力提升。③在建制单位层面,及时对组织机构进行调整,提升数字化专业地位,明晰数字化管理和技术部门或团队职责,将数字

化建设的落实情况纳入考核范围。④加强与产业链以及民间组织的交流,可选取非涉密的技术难点进行共创,定期召开供给侧论坛,从而有效利用装备领域单位之外的智力资源。

5 核心资源维

核心资源方面主要的痛点在于传统资源和数据资源两个方面。传统资源痛点聚焦于人力资源方面,主要表征为数字化专业顶尖人才和复合型人才数量难以支撑未来需求、从业骨干人员梯队尚未形成、数字化从业人员稳定性差、激励措施不明显等方面。此外,还存在一些诸如工业软件缺少自主创新产品、大型软硬件项目资金不足等方面的资源制约点。数据资源痛点聚焦于数字模型的共建共享方面,主要表征为模型建设单位考虑知识产权和商业秘密保护因素,对以模型为代表的重要数据共享存在顾虑,导致仿真推演阶段的完整性和有效性受到影响。

应对资源维存在的突出问题需要从以下6个方面发力:①科学做好“人才寻源”工作,综合研究现阶段数字化专家的成长经历,找出具备发展潜力的“苏炳添”们,加大资源投入,针对性培养数字化顶尖人才队伍。②建制单位需有意识、有计划地招聘计算机相关专业人员(优先考虑双学位)进入主业部门工作,在每个主业部门均形成有数字化人才的良好土壤,减小数字化与业务融合的难度,为培育适宜数量的复合型人才创造条件。③加强激励措施和党建工作,在履职待遇、发展路径、职称评定、评奖评优等方面给予数字化人才绿色通道,及时解决数字化人才在工作和生活中存在的急难愁盼问题,提升数字化人才的稳定性。④探索行业级别自主软/硬件建设统筹和资源共享新方法,最大程度地减少建设资金投入浪费。⑤将数据作为法定财产类型推动国家立法,由主管部委组织各行业领域专家代表建立“装备领域数字模型/数字经济委员会”,围绕模型的全生命周期和全流通链条制定装备领域相关模型的知识产权保护条例并强制下发执行,全面提升装备领域建制单位的知识产权意识和基本知识。在建章立制的基础上,建立模型利用典型案例库,每年向各军工集团发送简报以塑造合法氛围,待形成规模后逐步落实监督与通报机制以避免出现劣币驱逐良币的情况。⑥在数字模型建立之初强制确定权利主体归

属,应用信息技术(数据加解密技术、数字签名技术、区块链技术等)将权利主体以不可篡改的形式融入模型本身,从而奠定合法持有者利用数据获取经济利润的基础。

6 实施落地维

实施落地方面主要的痛点在于能力和文化两方面。从业人员在管理和技术方面的能力以及初步形成的体系能力往往不足以满足未来的实施落地需要。变革文化与传统经验在推进过程中时常产生冲突,导致各个环节的主动意识、支持力度和实施效果参差不齐。

在实施落地方面最重要的发力点就是抓好针对性培训、提升计划管理能力和解决共性难题,应用项目管理等成熟的科学管理方法做好任务分解可保证每项任务的高效完成,共性难题需要找准问题定义、加强顶层引领、发挥标杆效应。与此同时,企业文化部门要联合CIO和信息部门全力营造各业务口数字化转型的氛围,使用变革管理方法推进装备领域数字化建设。

共性难题方面,需要通过收集、分析和研究的方式逐一突破。通过参加装备承制单位的调研和行业学会论坛的热点议题讨论,知识产权保护、能力审视不足和保密法规约束的问题普遍存在且给推进工作带来了较大影响,下文就模型定价、数字化能力评价和工控网络建设3个方面提出几点看法:

在模型定价方面,一是做好与知识产权保护工作的统筹,可以组建类似“装备领域数字模型/数字经济委员会”的虚拟组织,助力科学梳理数字模型在全生命周期管理和全价值链条的关联,形成关系矩阵一体化推进。将模型计价作为全生命周期管理和全价值链条的交集环节,建立模型计价流程与标准操作指导手册,同时明确在模型交易成熟期对交易纠纷背书和仲裁的法定程序。二是理清大型复杂模型的权责边界与利益分享机制。模型的经济价值并不同于传统观念的买卖逻辑,在实践中存在很多由多方主体相互协作完成的模型,对于这些模型的利益比例分配需要确定牵头主体,具体分配比例可由相关方协商,参考厂所利益共享、区块链POW/POS共识机制等算法来确定。三是厘清数据模型主流定价策略并不断完善。现阶段的策略首先是共时维度,引入数据分层分类策略,能够反映数据本体不同

维度的真实价格。其次是历时维度,引入数据产品生命周期策略,能够反映各环节的成本付出。最后可针对数据服务的特殊场景,利用新技术手段构建自动定价模型,如基于机器学习、查询、博弈论、元组等的定价,侧重于反映特定市场场景构建下的综合因素对数据价格的影响^[17]。明确策略后应在与利益相关方达成全员共识的基础上形成书面文件。四是借鉴科技成果转化的经验建立数据模型信息平台。在前期数据量不足的时期,平台可作为交易试点的信息积聚地。在中期收集一定数量“一事一议”的实践案例后,组织攻坚团队开展数据分析,针对不同场景应用不同定价策略,对成本、利润、行业属性、时效性、颗粒度、数量、范围等要素建立细分计价模型集并不断迭代。在后期,将不同场景模型集进行抽象与亲和,最终为模型交易市场提供数据估价指标和数据质量标准。

在数字化能力评价方面,着重发挥第一批数字化能力试评价的试点价值,以评价促进建设,提升数字化能力水平和军地数字化联合作战能力,推动装备领域数字化转型。一是领导挂帅,组建团队深入研究总体方案和评价标准等顶层文件,结合自身承担的研发设计任务争取推荐名额。二是加强行业内部试点单位交流,缺乏评价经验是客观存在的问题和挑战,通过跨单位的学习和交流可以厘清数字化能力建设指标的内涵与外延。三是对于现阶段不完全符合标准的项目,要在未来的数字化建设工作中重点关注并形成明确行动项。四是通过评价工作培养数字化评价专业人才,积极承担后续数字化能力评价现场技术审核工作,助力军工行业数字化发展,吸收标杆单位优秀做法反哺自身体系,提高数字化建设能力和管理能力。

在工控网络建设方面,结合实际需求加快工控网络和办公网络的双向互联进度,同时加快核心软硬件的替代进度。一是我国工控产业综合竞争力不强,核心部件、核心设备仍然依靠国外厂商提供,导致信息安全核心元器件、核心设备乃至产业发展受制于人,嵌入式软件、总线协议、工控软件等核心技术受制于国外,缺乏自主的通讯安全、信息安全、安全可靠性测试等标准。我们对于国外设备的技术细节和运行机制缺乏足够的深度认知,在不了解防护对象的情况下进行安全防护工作十分困难。因此,加快工控设备、工控协议和标准的自主化进程应该

是国内所有相关企业和从业人员努力的方向,而在资源有限的情况下急需在组织层面多下功夫,做好科学策划,统筹多方力量,瞄准目标有序发力。二是目前的工控安全大多将工控系统割裂成生产安全和信息安全两部分,然而工控系统本身确是一个内部紧密结合、具有关联作用的整体。一般的信息安全厂商和设备厂商都从各自的技术理解出发过分强调了某个方面的安全,未能将功能安全、信息安全、过程安全和运行管控有机结合,造成了工控系统安全防护内部的矛盾和防护措施单一的问题。因此,需要以实现工业系统可用性为目标,综合运用功能安全和信息安全技术手段,保障工业控制系统在生命周期内动态监控与安全可靠运行。

7 结束语

在外部形势严峻的态势下,我国装备领域的数字化建设迫在眉睫。以航空航天等为代表的现代化装备领域是多要素、多系统、多信源、多学科耦合形成的复杂系统,其数字化建设工作道阻且长,建议相关方根据行业特点与使能点,充分审视战略、组织、资源和执行等层面的问题,建立系统性的推进框架,结合内生需求精准发力,协同内、外部资源打造装备领域数字化建设生态环境,满足运营态势掌控、决策高效执行、行动准确敏捷、支援保障精准的要求。

参考文献:

- [1] 黄维娜,黎方娟,祁宏斌. 航空发动机数字工程初步研究与发展思考[J]. 航空学报,2024,45(5):529693.
HUANG Weina, LI Fangjuan, QI Hongbin. Preliminary investigation and thoughts on aero-engine digital engineering development[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2024, 45(5): 529693. (in Chinese)
- [2] GRIFFIN M D, BALDWIN K. Digital engineering strategy[R]. Washington DC: Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense for Systems Engineering, 2018.
- [3] NORQUIST D L. DoD digital modernization strategy [R]. Washington DC: Office of Prepublication and Security Review of Department of Defense, 2019.
- [4] BRAY W P. Digital systems engineering transformation strategy[R]. Washington DC: United States Navy and Marine Corps, 2020.
- [5] 崔艳林,王巍巍,王 乐. 美国数字工程战略实施途径[J]. 航空动力,2021,(4):84-86.
CUI Yanlin, WANG Weiwei, WANG Le, et al. US digital engineering implementation strategy[J]. Aerospace Power, 2021, (4): 84-86. (in Chinese)
- [6] 刘秀罗,吴 枫,王 佳,等. 美军数字工程战略及进展研究[J]. 国防科技,2022,43(3):27-35.
LIU Xiuluo, WU Feng, WANG Jia, et al. A study on the U.S. digital engineering strategy and its progress[J]. National Defense Technology, 2022, 43(3): 27-35. (in Chinese)
- [7] KOBRYN P, TUEGEL E, GEFEREY Z, et al. Digital thread and twin for system engineering: EMD to disposal[R]. AIAA 2017-0876, 2017.
- [8] HUTCHISON N, TAO H Y S, PEPE K, et al. Workforce and evaluation and training for digital engineering in the US department of defense[J]. INCOSE International Symposium, 2021, 31(1): 1271-1284.
- [9] KRAFT E M. Decision analytics in a lifecycle digital engineering environment[R]. AIAA 2019-1364, 2019.
- [10] KRAFT E M. Digital engineering enabled systems engineering performance measures[R]. AIAA 2020-0552, 2020.
- [11] VINODINI S, LEONARD B. MBSE digital systems model for AF DCGS[R]. AIAA 2018-1217, 2018.
- [12] GLAESSGEN E H, STARGEL D S. The digital twin paradigm for future NASA and U.S. air force vehicles [R]. AIAA 2012-1818, 2012.
- [13] Working Group TechNet. Planieropria roadmap "Tech-Net"[R]. Petersburg: Working Group TechNet, 2021.
- [14] 邱明星,宋柳丽,史妍妍. 研发体系建设与型号研制的相互融合[J]. 航空动力,2018,(4):63-66.
QIU Mingxing, SONG Liuli, SHI Yanyan. Concurrent management of RDS building & project development [J]. Aerospace Power, 2018, (4): 63-66. (in Chinese)
- [15] ROPER W. There is no spoon: The new digital acquisition reality[J]. Defense AR Journal, 2021, 28 (4): 488.
- [16] GJB 9001C-2017,质量管理体系要求[S].
GJB 9001C-2017, Quality management systems requirements[S]. (in Chinese)
- [17] 赵精武,周瑞钰. 数据要素市场如何进行数据定价 [N]. 学习时报,2023-02-17.
ZHAO Jingwu, ZHOU Ruiyu. How to price data in data factor market[N]. Study Times, 2023-02-17. (in Chinese)