

航空发动机军民融合发展研究

Research on Civil-Military Integrated Development of Aero Engine

■ 秦亚欣/中国航发研究院

军民融合是指逐步采用共同的技术、工艺、人才、设备和材料等，以满足军用和民用两种需要的过程。推进航空发动机军民深度融合发展，是贯彻落实国家军民融合战略的要求，也是推动航空发动机事业发展的必然选择。

党的十八大以来，习近平同志开辟了军民融合式发展的新境界，对其赋予了新时代的内涵，把军民融合上升为必须坚定实施的国家战略写入党章，是从国家安全和发展战略全局出发作出的重大决策。将军民融合与创新驱动相结合，提出军民融合创新体系，审议国防科技工业、军事后勤、基础设施等重要领域军民融合指导性文件，如图1所示，反映了军民融合在当前党和国家事业全局中的战略地位。航空发动机事业作为国防科技工业的一部分，是军民融合深度发展和深化国防科技工业改革的重点领域。坚决落实好军民融合发展战略，既是航空发动机事业的重要政治任务，也是实现转型升级的必由之路。

航空发动机军民融合发展的主要特点 专业化分工

航空发动机技术难度大、产品高度复杂，任何一家公司完全具备所有零部件/子系统的研制与生产工作既不经济也没有必要。世界主要航空发动机强国都采取了主承包商-供应商的发展模式，极大地拉长了航空发动机的产业链，为军民融合提供了巨大的发展空间。

航空发动机产业链可分为4个层次：发动机主承包商、子系统供应商、小部件及零组件供应商、原材料供应商。发动机主承包商负责为飞机提供完整的发动机或动力装置，具有研制、生产发动机整机的能力，负责发动机设计、总装、市

场开发、销售以及售后服务，代表性的企业有美国的GE公司、普惠公司，英国罗罗公司等。子系统供应商具备发动机大部件/组件和关键分系统的研发和制造能力，通过与主承包商建立风险合作关系，在关键分系统和部件设计方面具备核心竞争力。这类供应商生产大型复杂分系统和重要结构件，如压气机、涡轮、短舱、风扇等系统，代表性的企业有美国的柯林斯宇航公司、德国的MTU公司等。

主承包商以及整个行业对于产品质量和安全的有效控制，是专业化分工的产业结构可以运行的基本前提。航空发动机主承包商将核心能力定位于设计、工程和系统集成，主要进行总体设计、系统集成、市



图1 国家部委军民融合政策体系

场销售和售后服务等，并研发、制造少数关键分系统和零部件，其余大量的分系统和部件均转包或分包给其他专业化公司。作为供应链系统的搭建者、维护者，主承包商通过对资源进行协同组织和管理来实现系统集成。

参与主体网络协同

航空发动机军民融合涉及政府、军方、军工企业、科研机构、小型企业等多方主体。在多方主体协同互动过程中，形成了以军工企业为核心、市场为导向，开放式、多层次、立体化协同互动的军民融合网络。各参与主体依托信息网络，以现代计算机技术、大型服务器和数据库技术为支撑，可将产品研制的多个参与方、多个研制阶段和项目管理的多个要素综合集成，并实现多方的信息交流和协同工作。信息化的项目管理平台可随时提供全面反映进度、风险等各种信息的数据，减少人工采集整理数据的片面性和误差，对项目管理进行业务流程的梳理再造，解决多等级、多层次的沟通困难问题，消除信息传递失真等弊端，并提高数据追溯和分析能力，提升工作效率和管理效率。

工业界深入参与维修保障

在航空发动机领域，全生命周期费用组成中维修价值是设备原值的4倍，是航空发动机公司重要的收入来源。美国军方实行捆绑式采购政策，从主承包商购买的服务与其他业务合并，这样在增强作战能力的同时减少了装备成本，改善了服务。当前，基于性能的保障是美国国防部首选的产品保障策略，它将保障作为一个经济可承受的一体化性能包来购买，以使系统的战备完

好性达到最优。F-35是美国第一个在型号研制中全面应用基于性能的保障策略的武器系统；洛克希德-马丁(洛马)公司作为产品保障集成方，承担系统总体性能和集成责任，将基于状态的保障子合同进一步下放给各原始设备制造商；洛马公司供应链拥有自主式保障系统各种资源，提供客户保障服务，实施一体化供应链管理。

全生命周期竞争性采办

在航空发动机军民融合的实现路径上不仅仅是采用军转民、民参军，而是涵盖了从航空发动机的解决方案分析、技术开发、工程与制造研制、生产与部署、使用与保障等5个阶段的全生命周期的竞争性采办。每一个阶段都力争高效率和高效益，竞争性地实现航空发动机军民融合发展。

在美国第四代战斗机动力的研制过程中，对选用新技术的验证，除了做尽可能模拟真实工作条件的部件试验外，国防部还要求参加竞争的发动机承包商制造1~2台验证机。到了20世纪90年代，已经发展到要通过竞争性的飞行验证来最后选择一个方案进入工程研制。第四代战斗机的动力通过YF-22和YF-23各自装备YF119和YF120发动机的地面和飞行验证，最后选出F-22/F119进入全面研制阶段。

我国航空发动机军民融合发展形势与要求

发展形势

航空发动机技术的发展，一直在挑战工程科学技术的极限，航空发动机技术、产品及产业的发展水平是国家综合国力、工业基础和科

技水平的集中体现，是国家安全和强国地位的重要战略保障。习近平同志高度关注航空发动机的发展，多次作出重要指示批示。2016年，中央决策启动实施“两机”专项，组建中国航空发动机集团有限公司(中国航发)，开启了我国航空发动机事业振兴发展的新篇章。

当前，国际形势变幻莫测，世界正处于新冷战的边缘。以美国为首的西方国家单边主义、保护主义抬头，霸权主义和强权政治突出，加大对我国防范遏制。美国高关税壁垒、制裁中兴、华为，动用国家权力对我国高科技企业实施政治追杀。在错综复杂的国际环境下，航空发动机研制依赖进口的软硬件随时可能被封锁遏制，受制于人的风险十分突出，加速实现航空发动机自主研发和制造生产形势逼人。

推进航空发动机军民融合发展，是贯彻落实国家军民融合战略的要求，也是推动航空发动机发展的必然选择。中国航发正着力构建“小核心、大协作、专业化、开放型”科研生产体系，目的就是聚集资源促进航空发动机核心技术和能力提升，开放合作形成产业生态系统，在航空发动机领域对贯彻落实军民融合战略进行探索实践。充分利用全国科技和人才资源，提高协同创新效率，推动航空发动机技术和产业发展，以保障“两机”专项和重点产品科研生产任务的实施。云计算、大数据、人工智能、数字化转型、物联网、3D打印以及智能制造等先进科技正深刻地促进社会生活和工业生产的改变，航空发动机研发、生产、维护要与新技术、新业态深度融合，积极吸纳一切技术创

新的成果，努力提高航空发动机研制水平。

发展要求

可以围绕“通融新深”落实航空发动机军民融合深度发展：

- 统筹资源——聚焦军用航空发动机发展，吸纳优质社会资源，强化军企、民企合作共赢，通过梳理需求、专题调研、发布信息和搭建平台等举措，逐步形成“非核心业务领域充分放开、吸纳优质社会资源进行能力补充、互利共赢”的发展模式；

- 融合渗透——促进技术、产品、人才、能力、信息等要素的交流融合，在航空发动机军企、民企，军用、民用之间实现最大限度的共享共用和渗透兼容；

- 创新模式——探索军民融合新模式、新路径、新方法、新领域，加快建立军民融合创新体系，建立主承制商全面负责制，形成供应商培育、遴选和竞争机制，促进专业化分层分工，形成强核心、大协作、军民融合的格局，避免低水平同质化发展现象；

- 深度发展——以规范的流程和标准约束军民两方，以打通军民两大体系之间的封闭隔阂为目标，使军民优质资源能够伸向彼此体系内部，最终达到航空发动机领域军民深度融合发展的目的。

落实航空发动机军民融合深度发展的启示

加快航空发动机军民融合深度发展，是一项异常复杂的系统工程，应循序渐进，找准航空发动机产业发展的战略方向，不断提高产业资源的集约化运用，持续提升产业运行效

率，最终形成全要素、多领域、高效益军民深度融合格局。

推动专业化整合

打破原有军工体系的界限，推动军工产业结构由内向封闭式向开放融合式发展转变、由自成体系垄断封闭发展向基于专业化的分工竞争转变。在大系统、关键系统、关键基础等产业链层次不断合并同类项，形成具有国际竞争力的骨干供应商，将分散投资、分散生产转向集中投资、集中生产，形成规模化、集约化的科研生产格局，淘汰过时产能，开展高水平竞争。在专业化整合过程中，充分发挥市场在资源配置中的作用，放开政策性空间，利用资本平台，引入产业核心资本，支持军工企业和军工科研院所等企事业单位股份制改造、混合所有制改革、资产证券化、并购重组等，释放创新活力，增强供给侧内生动力，扩大军民融合广度和深度。

主承制商负责掌控航空发动机全产业链

随着航空发动机技术难度的增大、复杂程度的增加，航空发动机发展的产业链进一步细化，主承制商要重视发挥核心技术优势，在运营层面加强对全产业链的掌控，只生产其最终产品所有零部件中附加值最高的30%，其余70%的都转包出去，尽可能控制制造与采购总成本，使其全产业链控制能力大大增强。基础原材料和标准化零组件等一般能力全面向社会放开，通过市场竞争选拔配套企业；非核心分系统、重要零部件等重要能力可按照相对控股、参股或项目合作等方式向社会开放，保证战略控制力；整机研发生产和核心分系统等核心能

力要在确保控制力的前提下，通过股份制改造和资本市场吸收各类资本共同参与。

打造航空发动机特色产业集群

充分利用地方政府的优惠政策，吸引航空发动机配套企业聚集，将其建成集军民航空产品研发、生产、维修、教育和培训的综合性产业基地，打造基础设施齐全、交通运输便利、企业关联紧密的航空发动机特色产业集群。放开思路，将部分优质民营企业纳入发动机研制生产体系。一方面，充分利用民营企业在技术、资源、人才等方面的优势；另一方面还要出台支持、保护性政策，保护民营企业的积极性，保证其合理的收益，促进军民融合进入良性发展。

重视跨行业协同

未来航空发动机技术将向多学科交叉、跨行业联合的方向发展，特别是随着未来高超声速飞行器、空天入轨飞行器的发展，航空发动机与航天动力技术的结合是必然趋势。为此，应高度重视航空发动机行业与飞机、航天等单位的联合和协同，在组织管理方式上必须实现跨行业的密切合作。

结束语

围绕“通融新深”四部曲，推进专业化整合，重视行业协同，主承制商发挥“链长”作用，充分利用地方政策，打造航空发动机特色产业集群，在全国范围内调动相关资源，集中力量办大事，是落实航空发动机军民融合发展战略的必由之路。

航空动力

（秦亚欣，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机战略与规划研究）