

韩国航空发动机产业能力分析

Analysis of the Korean Aero Engine Industry Capability

■ 廖忠权 / 中国航发研究院

韩国的航空发动机产业从发动机的修理起步，通过许可证生产和转包生产，以及研发能力和生产设施的建设，逐步形成了一条能基本进行航空发动机研制生产的产业链。在此基础上，韩国开始自主研发先进航空发动机，借助产品研制投资增强国家产业能力。

韩国航空发动机产业规模小，从业人数非常少，根据全国航空工业1.4万人左右的总从业人数判断，航空发动机产业从业人数不会超过7000人。在过去较长时期里，航空发动机业务主要集中在维修和部件生产，年产值在3~5亿美元，不足韩国航空产业年产值的10%。近年来，航空发动机产值处于快速增长中。

产业布局

韩国的航空发动机产业颇有特点，即“麻雀虽小，五脏俱全”，已经具备了必要的产业链环节。2023年，韩国决定成立一个国家航空航天管理机构——航空航天厅，以改变过去数十年没有国家专门管理机构的局面。目前，韩国已有两个国家级航空科研机构，韩国航空航天研究院(KARI)和韩国国防发展局(ADD)；有一家整机制造企业韩华航空航天公司，也是韩国唯一具备航空发动机整机组装能力的企业；还有几家与航空发动机相关的配套企业，建有压气机、燃烧室和涡轮实验室，以及高空台等配套基础设施。

国家管理机构

2022年11月，韩国总统尹锡悦



韩国航空航天研究院

宣布《未来航天经济路线图》，旨在将韩国建成航空航天经济强国，路线图中包括建立航空航天厅。2023

年2月，韩国政府拟定《成立及运营航空航天厅特别法》草案，计划在2023年12月成立航空航天厅，旨在效仿美国国家航空航天局(NASA)。

国家研究机构

KARI成立于1989年，现有员工1000余人，其中与航空相关的约150人，总部位于大田市，并在罗老岛、高兴郡和济州岛设有试验设施。航空业务年均总经费为3300万美元，政府直拨经费约为35%，即1200万美元，主要负责支持包括燃气涡轮发动机、电推进系统和超声速动力等动力系统在内的未来飞行器相关关键技术研究，协助韩国政府制定国家航空航天发展政策，规划航空项目，对重要飞机型号开展方案评估，开展科技情报收集和航空航天



韩华航空航天公司航空发动机生产车间

科普，以及大型基础设施的规划和管理工作。

ADD是韩国效仿美国国防预先研究计划局（DARPA）成立的先进技术研究机构，是国防部直属装备研究中心，对包括航空发动机在内的先进装备技术开展预研和攻关。

整机企业

韩国航空产业集群集中，地域分布主要汇集在东南部的庆尚南道和釜山地区，两地占据了韩国航空生产能力的92%。仅庆尚南道一地就拥有接近80%的产值，号称“韩国航空硅谷”。航空发动机头部企业

韩华航空航天公司的总部就位于庆尚南道昌原市。

韩华航空航天公司（原三星特克温公司），是韩国唯一的航空发动机整机制造企业，公司最初从发动机基地级维修起步，逐步过渡到研制发动机及相关零部件，向包括韩国在内的全球各国提供航空发动机相关产品和服务。目前主营业务包括：制造航空燃气涡轮发动机和工业燃气轮机；开发小型涡轮发动机、辅助动力装置和压气机；开展航空发动机和工业燃气轮机的维修。

新进入者

值得一提的是，韩国航空发动机产业的新进入者也在增加，典型代表就是斗山重工集团。

斗山重工是韩国著名的电力设备集团，有较强的燃气轮机开发能力，已成功开发了国产大功率重型燃气轮机。2023年8月，公司与ADD签订合同，为ADD正在开发的航空发动机生产涡轮叶片等高温部件，预计将在2027年前交付，这标志着斗山重工集团将业务从燃气轮机领域扩展到了航空发动机领域。

基础设施

韩华航空航天公司从1979年开始为美国制造的发动机建立大修线，为GE公司的J85、J79和霍尼韦尔公司的T53、T55等军用发动机提供维修服务。进入21世纪，韩国引进F-15K战斗机进行许可证生产，配套建立了配装F-15K战斗机的普惠F100涡扇发动机的大修线、总装线和试车台。

KARI自1995年开始逐步构建压气机、燃烧室、涡轮，以及航空发动机整机试验和评估设施，并建有一座小型高空台。此外，ADD也

韩华航空航天公司发展历程

时间/年	事件
1977	三星精密工业公司成立
1979	三星精密工业公司开始从事航空发动机业务
2000	三星精密工业公司改名为三星特克温公司
2015	<p>韩华集团收购了三星特克温公司，改名为韩华特克温公司，业务集中在发动机领域。</p> <p>韩华特克温公司与GE公司签订了航空维修项目战略合作备忘录（MOU）；与联合技术公司（现雷神技术公司）旗下联合技术航空系统（UTAS）公司签订航空发动机零部件供应协议。</p> <p>通过前期的合作，韩华特克温公司由普惠公司的供应商转为风险合作伙伴，2015年12月以风险合作伙伴的身份加入PW1100G发动机项目，并成为普惠公司全部GTF发动机项目的风险合作伙伴</p>
2016	<p>普惠公司的子公司联合技术国际亚洲有限公司与韩华特克温公司签署协议，同意韩华特克温公司收购普惠下一代动力工厂（NGPF）新加坡制造有限公司30%的股权。根据合资协议，普惠公司保持对关键部件的采购控制，同时与韩华特克温公司共担所需的资本投资。韩华特克温公司同时还从普惠公司购得一份认购期权，用于最早在2023年购买额外股权。该协议增加了韩华特克温公司的项目份额，还开创了双方的制造合作关系</p>
2017	韩华特克温公司开始在越南首都河内成立海外生产基地，2018年12月竣工，总投资2亿美元
2018	<p>3月，韩华特克温公司更名为韩华航空航天公司。</p> <p>韩华航空航天公司在越南和乐高科技园区成立发动机零部件工厂——韩华航空越南发动机工厂，此项目是为了提升公司的成本竞争力及生产能力</p>
2019	<p>韩华航空航天公司收购美国航空发动机零件商艾达克公司（EDAC），成立韩华航空航天美国公司，扩大了产品组合。EDAC一直在为GE、普惠等公司提供整体叶盘（IBR）零部件。</p> <p>1月，韩华航空航天公司与普惠公司达成一份价值17亿美元，为期40年的协议，为普惠公司提供发动机零部件。11月，韩华航空航天公司与GE公司签署了一份价值3亿美元的协议，为GE公司提供发动机零部件；同月，韩华航空航天公司与罗罗公司签订一份价值10亿美元的合同，为罗罗公司提供发动机零部件</p>
2021	韩华航空航天公司从GE公司获得一份3.2亿美元的订单，将为GE公司提供72种发动机零部件，用于GENx发动机、GE90发动机及LM2500燃气轮机



配装F100发动机的F-15K战斗机

拥有一座高空台，用于中等推力军用涡扇发动机试验、核心机试验以及火箭发动机试验。

发展现状

在役飞机/直升机动力均为国外发动机

韩国在2019年之前，都没有自主研发过航空发动机，所有在役飞机和直升机均采用国外发动机，例如，KUH-1通用直升机的动力是美国GE公司的T700涡轴发动机、LAH轻型攻击直升机的动力是法国赛峰直升机发动机公司的阿赫耶（Ariel）涡轴发动机，而T-50/FA-50轻型战斗机采用的是GE公司的F404涡扇发动机。韩国航空工业公司在研的

4.5代战斗机KF-21目前动力也是采用GE公司的F414涡扇发动机。

成为风险合作伙伴

韩华航空航天公司立足国内研发环境和自身技术积累，具备较强的发动机部件开发能力，参与了GE90、GEnx、PW1000G等先进航空发动机的研制，为GE公司、普惠公司和罗罗公司提供零部件，并已经成为其风险合作伙伴。韩华航空航天公司既是GEnx发动机的风险合作伙伴，也为GE公司的LM2500航改燃气轮机提供低压涡轮模块；还拥有普惠公司PW1200G发动机项目1%的股份，PW1900G发动机项目3%的股份，以及PW1100G发动机项目2%的股份。

从韩华航空航天公司承接的国际转包任务看，公司已具备较强的发动机零部件研制生产能力，但承接的任务多是冷端部件，如发动机低压压气机叶盘。据此判断，目前该公司的技术能力优势还是偏重冷端部件和其他零部件，在热端部件尤其是核心机领域的能力偏弱。

开启自主研发之路

韩国通过发起国家和民间研究开发计划开展技术研究，例如，韩国直升机开发计划（KHP）开展了发动机和辅助动力装置的开发，研究了发动机核心机部件的设计、分析和试验相关的技术；通过与美国、英国和俄罗斯的技术合作，获得压气机、燃烧室、涡轮，以及航空发动机整机设计和性能评估试验技术。2010年以后，开展了高增压比压气机技术、低排放燃烧室技术和涡轮冷却技术等发动机相关技术研究，并力图提高航空发动机高空试验的可靠性。

近年以来，为了成为航空航天强国，韩国在此前积累的航空发动机技术和管理经验的基础上，开始自主研发先进航空发动机。目前，韩国有3型涡扇发动机正在研发中。

24.5kN（2500kgf）推力级的小涵道比涡扇发动机，自2019年开始研发，计划于2025年完成，2026年开始配装在ADD和KARI开发的KUS-LW忠诚僚机上飞行测试。

44.1kN（4500kgf）推力级的大涵道比涡扇发动机，计划研发周期为2024—2030年，之后将安装在KUS-FC隐身无人侦察机上。

93.2kN（9500kgf）推力级的小涵道比涡扇发动机，研发周期为2024—



配装F414发动机的KF-21 战斗机

2037年，尺寸和特性将与KF-21 战斗机目前的动力F414发动机相似，研发成本约38亿美元，包括开发发动机、建造测试和评估设施以及建立涡扇发动机适航认证系统的费用，将由韩国国防部（MND）采购部门国防采办计划局（DAPA）和韩华航空航天公司联合开发。

研发此3型涡扇发动机将提高韩国的国防工业能力，并将拓展韩国有人战斗机和无人机的出口市场，目前这些飞机受到出口许可证和导弹技术控制制度的限制。

发展高超声速动力技术

KARI正在推进高超声速动力技术发展，通过涡轮冲压发动机技术的开发、超燃冲压发动机技术的开发等研究为高速发动机实用化制定了框架。

在高超声速动力方面，从2005年开始，KARI对超燃冲压发动机和组合循环发动机进行了设计和试验研究，制造了超燃冲压发动机和组

合循环发动机的地面试验用缩比模型，在国内外的试验设备中都进行了设计验证试验，目前正在推动超

燃冲压发动机实用化。

布局电推进

KARI自2010年开始开展电推进系统研究，2011年集成韩国开发的太阳能电池、燃料电池、锂电池和主动电力控制的电推进系统应用在平流层太阳能无人机EAV-2上；2012年EAV-2H电推进无人机开展了25h以上的验证飞行；2015年平流层太阳能无人机EAV-3在18.5km高空连续飞行12h。KARI于2016年开始进行小型混合电推进系统研究；2018年开始48kg级倾转旋翼无人机用混合电推进系统研究，无人机利用该系统比单纯采用锂电池的飞行时间延长一倍，达到1h；近些年还开展了有人/无人两用私人飞机（OPPAV）的电推进系统和150kW级电推进系统研究。

韩国航空航天工业公司（KAI）



KAI的eVTOL概念设计图

KAI电动航空技术及应用发展规划

时间/年	研究内容
2021—2025	研究电驱动核心技术，包括分布式电推进技术、参与或合作开展eVTOL研制项目、扩大与韩国院校的研究合作
2025—2029	研制eVTOL原型机，从物流货运无人机开始，然后是载人型号
2029以后	研制氢燃料电池电动飞机原型机

发布了电动航空技术及应用发展规划，2025年以后的工作包括：进入城市空中交通（UAM）市场，全面掌握电动垂直起降（eVTOL）技术，建立生产体系并生产整机，成为eVTOL整机原始设备制造商（OEM）；eVTOL军用改装的产业化；eVTOL民用应用的推广；进入电动飞机市场，扩大电动飞机业务，目标是中型商用飞机和小型客运飞机。



世界航空发动机供应链

综合分析

基础薄弱，长期未能实现自主研发

在2019年以前，韩国都没有自主研发过燃气涡轮发动机。建国之初，航空工业基础非常薄弱，直到20世纪70年代，国家开始大力扶持，包括航空工业在内的国防工业开始获得较快发展，但航空工业发展不均衡、配套体系不全的问题始终存在。韩国虽然研制了KT-1教练机、FA-50战斗机及KUH-1直升机，但在航空发动机研制方面一直未能突破。这是由于航空发动机技术复杂、研发风险高、研发经费巨大，发展难度超过飞机，这些因素使得韩国在建国后数十年里都没有自主研发过航空发动机。

产业集中，小而全

韩国航空发动机工业规模虽小，但具备相关的研究机构、主机厂和包括高空台在内的实验室等基础设施，拥有整机集成能力以及培育发动机开发能力的基本硬件基础。韩国包括发动机在内的航空产业采取的是高度集中的产业集群模式，便于形成集群配套优势。不仅如此，相关科研机构也采用的是集群模式。例如，KARI所在的大田市是韩国

第6大城市，有59所高级教育机构，高校学生人数超过11万；该地区也是韩国的科技中心，有大约70家科技研究所，近800个高科技企业，这也使得KARI可以充分利用该地区的科技资源。

国际合作，培育能力

韩国长期可以从美国获得价值不菲、技术先进的军援装备，可以方便地采购包括发动机在内的航空装备，获得包括GE公司的F100和F404涡扇发动机在内的生产许可证，也获得了GE公司提供的F414发动机，这有助于韩国获得一些先进的发动机技术。此外，韩国长期为GE公司、普惠公司和罗罗公司提供发动机零部件转包服务，并成为风险合作商，这有助于韩国累计技术和学习西方的管理经验；而且韩国还可以通过国际合作从西方采购国内暂时不具备研发能力的子系统。

自主研发仍处于起步阶段

通过对航空发动机产业、产品、技术和基础设施的分析可知，韩国具备研制航空发动机的初步能力，这也是其决定自主研发3型燃气涡轮发动机的基础，但由于韩国毕竟从未自主研发过先进的燃气涡轮发动机，经验并不丰富，而且研发人

员非常有限，势必面临难以预见的不确定因素。

结束语

韩国提出建设成航空航天强国，并开启自主研发航空发动机之路，具有其凭借的基础。除了高度集中的航空产业集群，还建设了一条规模不大，但满足基本需求的航空发动机产业链，而产业链则是产业持续发展并最终开发出整机产品的基础。世界所有航空发动机强国都有一条完善或相对完善的发动机产业链，进而形成涵盖国内国外供应商的供应链，而世界领先的发动机制造商也都汲汲于构建、完善和优化自身的供应链。

此外，韩国在通过国际合作学习经验和技术的同时，在国内建设了生产线和包括高空台在内的各种实验室，更通过发起技术开发计划培育进行技术积累，这是在培育内生能力。一个国家自主研发航空发动机乃至建设航空强国，最终凭借的还是产业基础和技术积累所形成的内生能力。

航空动力

（廖忠权，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机前沿技术探索 and 产业发展研究）