

世界航空发动机企业发展分析及对标研究

Development Analysis and Benchmarking Research of World Class Aero Engine Corporations

■ 何龙江 / 中国航发动研所 杨恩泉 / 中国航发

GE、普惠、罗罗、赛峰和霍尼韦尔等5家公司是业内公认的世界一流航空发动机企业，也是各种企业实力排行榜上的常客，它们取得成功的关键因素值得探讨和借鉴。

航空发动机具有研发难度大、研制周期长、产品附加值高的特点，是技术密集型的大国重器。当前形势下，航空发动机企业均加快了发展战略、发展模式和产业布局的调整，相关领域的科技和人才竞争日趋激烈。本文通过对标研究，深入分析GE航空集团等为代表的世界一流航空发动机企业发展脉络，探寻可供借鉴的新思路和新举措。

的核心竞争力内涵。通过研究模型确定的各项指标，全面分析标杆企业的发展重点，为对标研究确定值得学习借鉴的典型做法。

对标企业的选择

对标研究确定了“比什么”后，还需明确“跟谁比”。标杆企业的概念相对模糊，没有统一标准和评价体系。基于技术创新能力和战略影响力的维度，目前国际上公认的第

三方评价标准主要包括美国防务新闻“世界百强军工企业”、英国《飞行国际》杂志的“全球航空航天100强”、科睿唯安德温特的“全球百强创新机构”、世界知识产权组织“PCT专利申请排行榜”、美国《财富》“世界500强”、欧盟委员会“全球企业研发投入排行榜”等6项相对权威的评价标准。通过对这6项评价标准综合比较，选取GE航空集团、普惠公司、罗罗公司、赛峰集团和霍尼韦

对标指标体系

对标研究的核心内涵是确定指标体系，即“比什么”。指标体系要体现行业特征，兼具科学性、系统性和可操作性。随着智能智慧化新业态的科技革命和产业革命发展，以及前沿颠覆性技术的出现，航空发动机企业敏锐地觉察到了历史机遇，纷纷加快发展战略、发展模式和产业布局调整步伐，注重在技术创新能力和战略影响力方面深耕布局运作，不断增强企业核心竞争力。

本文从技术创新能力和战略影响力两个维度构建了对标研究指标体系模型（见表1）。模型梳理形成一级指标，在一级指标下细化分解形成二级指标，围绕体系、技术、产品等关键环节，系统展示了企业

表1 指标体系模型

研究纬度 \ 指标体系	一级指标	二级指标
技术创新能力	研发投入	投入金额及强度 投入领域占比
	研发能力	研发机构体系
	成果专利	专利数量质量
战略影响力	产业结构	领域开发拓展
		主业收入占比
		技术服务收入
	核心技术及产品	核心技术特点
		产品结构
		核心产品指标
	人力资源竞争力	员工数及研发占比
		人均价值创造
	国际竞争力	国际化战略
		海外布局
市场竞争力	国际业务收入	
	市场占有率	

表2 对标企业部分指标榜单

标准排名 企业	世界百强军工企业	全球航空航天 100强	全球百强创新机构	全球企业研发投入 排行榜
GE航空集团	29	5	连续9年入选	44
普惠公司	17	4	—	61
罗罗公司	29	9	—	141
赛峰集团	56	8	连续9年入选	146
霍尼韦尔	25	15	—	65

注：信息来源于有关网站披露数据，GE航空集团和普惠公司数据为其母公司排名

尔等5家世界一流航空发动机企业作为对标企业（见表2）。

研究分析企业指标榜单可知，对标选取的5家航空发动机企业在技术创新和战略影响力方面具有全球竞争优势，体现了当前航空发动机领域最高技术水平和最新发展方向，是全球航空发动机研制行业的第一梯队，满足对标研究标杆企业标准。

对标企业发展分析

技术创新能力

技术创新能力是企业提高市场竞争力关键，对于航空发动机企业尤为明显。

从研发投入来看，最近几年全球经济增长疲软，如GE航空集团、普惠公司等企业的政府研发投入呈缩减趋势，但是企业自筹研发投入相对稳定，自筹研发经费占研发总投入的70%左右，研发投入强度在5%~10%之间。这些企业有着深厚的技术基础，仍高度重视预研工作，坚持预研先行，加大独立于产品型号的基础研究力度，为发动机的顺利研制提供充分的技术储备和积累。据罗罗公司统计，在没有成熟核心机技术基础的情况下研制一台新型航空发动机的研发费用将比充分继承成熟核心机技术基础的情况下高

好几倍。

从研发能力来看，5家航空发动机标杆企业对研发机构的建设各有千秋。GE航空集团善于利用全球研发中心进行新技术、新材料的基础研发，其在海内外先后共设有9个研发中心（如图1所示），除纽约全球研发总部外，依次分布于中国、印度、以色列、德国、巴西以及美国。罗罗公司注重依托大学的技术创新能力与世界顶级大学建立协同创新中心（UTC），自身很少从事基础理论研究，公司依据不同的技术成熟度和制造成熟度等级分类组织研发工作，其中技术成熟度在4级以下的基础理论和概念研究依托于世界

顶级大学的协同创新来完成，技术成熟度在5~6级的研发主要由先进制造技术联合体解决，技术成熟度在7级以上的产品开发由公司自己承担。罗罗公司对协同创新中心还建立了市场化竞争淘汰机制，促使学校长期保持高产出态势。罗罗公司先后加入了多个先进制造技术联合体（或研究中心），形成了自己庞大的研发网络。

从成果专利来看，标杆企业高度重视知识产权的申报和保护，知识产权管理水平遥遥领先。知识产权是连接创新与企业发展的桥梁，GE航空集团的员工入职培训第一课就包括知识产权教育。GE航空集团的知识产权管理覆盖了产品研发全过程，在总部和各业务部门均设立了专业的知识产权工作团队，公司拥有大量的知识产权专家，为产品研发方向的确立提供支持。

战略影响力

在产业结构方面，5家标杆企业的发动机相关业务收入和利润均占公司较大比重，且发动机的维修服务等服务性收入占比也很高，对于民用



图1 GE航空集团全球研发中心

发动机而言，发动机后期的服务性收入甚至超过了销售收入。

在核心技术与产品方面，标杆企业长期保持具有市场竞争力的基础就是重视已有成熟技术的传承和研发，基于技术成熟市场成功的核心机，大量使用公司储备的设计技术和产品设计经验来实现新产品的衍生发展。为了不断改进产品性能、降低设计成本，标杆企业高度重视复合材料和增材制造技术的应用。例如，GE航空集团目前最倚重的核心技术之一就是高温陶瓷基复合材料(CMC)应用技术(如图2所示)，公司为全球首家将CMC技术应用到民用航空发动机燃烧室、导向器、涡轮叶片等热端部件上的标杆企业。截至2019年在大型涡扇发动机上已累计安全使用2.3万亿小时。增材制造技术在航空发动机上的使用日渐成熟，GE航空集团是全球最早实现增材制造工业化的企业之一，已应用于包括LEAP发

表3 对标企业指标数据

企业	指标	员工数	收入/亿元	人均收入/万元
GE航空集团		52000	2293.4	441
普惠公司		42200	1458.1	345
罗罗公司		36000	993.7	276
赛峰集团		24536	816.9	333
霍尼韦尔		—	980.4	—

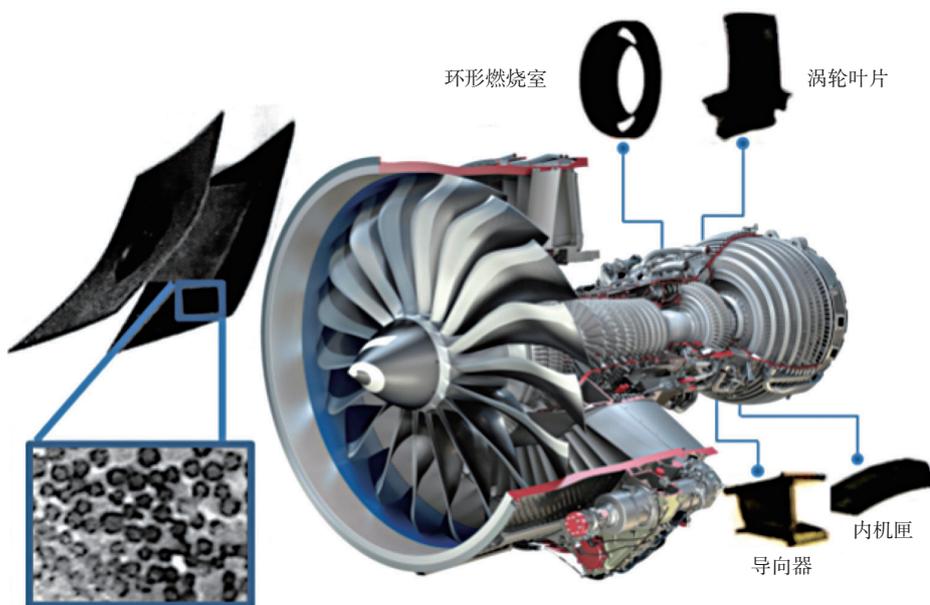
注：数据来源于各企业2019年年报，汇率换算以2019年12月31日为基准

动机燃油喷嘴等零部件上，产品耐用性提高了4倍。罗罗公司2019年完成了遑达XWB-84发动机低压涡轮密封件的增材制造，零件质量减轻40%以上。为了降低研制风险，提高市场竞争力，强强联合也是标杆企业常用的战略手段。例如，罗罗、赛峰和德国MTU联合研制第四代先进涡轴发动机RTM322(配装NH-90直升机)和MTR390(配装HAD“虎”直升机)，取得巨大成功；赛峰集团和GE航空集团平股合资的CFM国际公司研制

的CFM56发动机缔造了一个时代传奇，运营30多年来累计交付数超2.8万台。

在人力资源竞争力方面，标杆企业的员工总数相对精干，人才队伍结构合理，技术研发人员占比达到40%，航空防务版块及整体平均营业销售收入和员工人均收入相对较高。由表3可知(霍尼韦尔仅披露了航空航天板块的销售收入，没有披露板块员工数)，标杆企业人均收入均在270万元人民币以上，GE航空集团人均收入达到441万元，员工价值创造能力很强，经营财务业绩优秀。

在国际竞争力方面，标杆企业非常重视国际化经营发展，在全球多个国家地区布局产业。罗罗公司在全球拥有20余家维修中心，通过自营或者成立合资公司，同时拥有70余家遍布全球的发动机备件、租赁和库存授权服务中心，提供了强大服务基础设施，其国际化经营收入占比超过营业收入的50%。赛峰集团为了满足客户多样化的维修服务需求，在全球授权40余个航空维修中心，构建了18个修理和大修中心(MRO)以及90个驻场修理所组成的大型维修服务网络，通过遍布全球的供应商服务网络快速响应客



陶瓷基复合材料(CMC)技术:碳化硅基上的碳化硅纤维(SiC/SiC)耐高温1600℃,密度小,比金属轻约1/3

图2 GE航空集团CMC应用

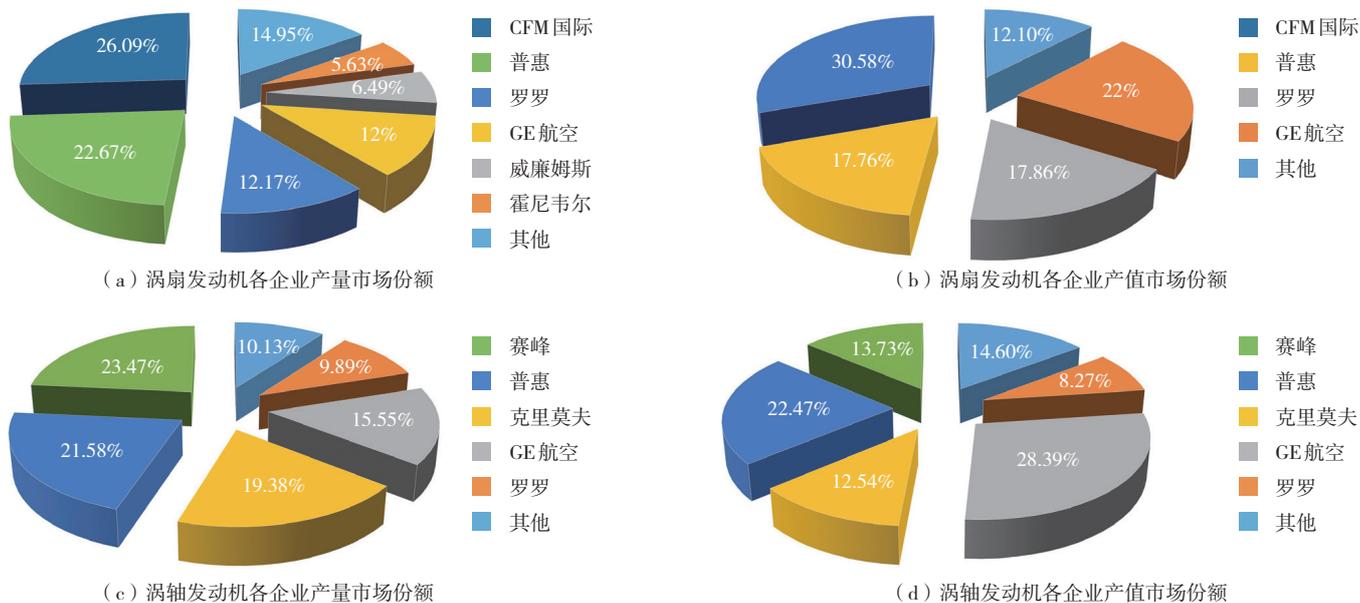


图3 各航空企业市场竞争力分析

户需求。罗罗公司为了与GE航空集团竞争，走上了并购扩张和联合发展之路，通过与普惠公司联合成立国际航空发动机（IAE）公司，凭借其RB211三转子发动机成熟设计技术应用，成功研制出V2500发动机，终于拿下空客A320系列和麦道MD-90系列客机的发动机市场，通过收购美国艾利逊公司和不断完善全球供应商服务网络终于牢牢掌控国际支线/公务航空发动机市场，罗罗公司国际化营业收入占比超过80%。

在市场竞争力方面，GE航空集团、普惠公司、罗罗公司、赛峰集团占据干线客机发动机100%的市场份额以及西方国家军机发动机80%左右的市场份额。其中，在宽体客机动力方面，GE航空集团和罗罗公司成为势均力敌的龙头企业；在窄体客机方面，普惠公司研发的GTF发动机成为动力市场的一匹黑马。截至2019年年底，GTF发动机订单超过1万台，并交付了近1400

台发动机，为满足不断增长的GTF发动机全球维修服务需求新增40余家维修服务中心。据美国预测国际（Forecast International）研究，未来10年间，全球航空发动机整机制造产量和产值市场的80%以上将被GE航空集团、普惠公司、罗罗公司、赛峰集团四巨头及其合资公司垄断（如图3所示），而德国MTU公司在售后服务市占比不低。分析各发动机企业市场竞争力数据可知，在涡扇发动机方面，赛峰集团和GE航空集团合资的CFM国际公司及普惠公司占据了近50%的市场份额。在涡轴发动机方面，赛峰集团和普惠公司也占据了发动机产量市场近50%的份额。

结束语

世界航空发动机标杆企业高度重视公司的技术创新能力和战略影响力，其典型经验和发展方向值得学习和借鉴。

在技术创新能力方面，应持续

加强研发投入和研发能力建设，充分利用全球研发中心、大学UTC协同创新中心、产学研联合体等技术创新平台或机构的创新研发力量，高度重视知识产权申请、开发、运营、保护和管理工作的。

在战略影响力方面，应重点关注以下发展模式和举措：一要牢牢掌握核心技术，提高核心产品竞争力，坚持产品系列化发展；二要发挥新型举国体制优势，吸纳整合外资、民营民口等各方资源，丰富全球供应链体系；三要拓展海外市场，通过研发具有竞争力的拳头产品、强化国际对等联合研制、运作全球投资并购、布局全球维修售后服务网点等途径提升国际竞争力和竞争水平；四要建设高水平人才队伍，优化人力资源结构，提高研发设计人员占比，改革人才激励机制，增强人力资源全球竞争力。

航空动力

（何龙江，中国航发研研所，高级工程师，主要从事航空发动机战略发展研究）