

# 主要航空发动机制造商 2021年态势分析

## Analysis of Major Aero Engine Manufacturers' Operation in 2021

■ 范灵 / 中国航空工业发展研究中心

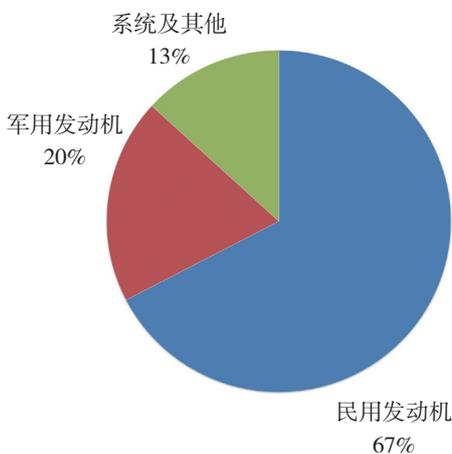
在经历了2020年新冠肺炎疫情打击之后,发动机制造商的业绩在2021年似乎开始复苏,经营状况也有所改善。

**波**音公司和空客公司于2022年初相继公布了2021年的民用飞机订单和交付数量,飞机订单和交付情况体现了各方对后疫情时代航空出行增长的信心。但新冠肺炎疫情给全球航空供应链带来的问题并不会突然缓解,作为航空供应链上重要的一环,发动机制造商的产品交付量没有明显复苏,销售收入有升有降,而经营利润基本处在向好的态势,GE公司的GE9X发动机、罗罗公司的“超扇”发动机、俄罗斯联合发动机公司(UEC)的PD-14发动机均稳步发展。

### GE公司——一分为三

GE公司于2021年3月宣布,将GE金融旗下飞机租赁业务(GECAS)出售给竞争对手、全球最大的独立航空租赁公司AerCap。GE金融一度与美国最大的银行比肩。2008年金融危机让GE金融陷入困境,在将GECAS出售之后,剩余的业务不再作为一个独立部门体现。2021年11月,GE公司宣布将公司重组为3个上市公司,分别专注于航空、医疗健康和能源。通过这些交易,GE公司将成为一家专注于航空发动机业务的公司。

虽然巨舰暂时搁浅,但GE公司手中仍有航空发动机这个王牌。多年来,GE公司都是航空发动机市场



GE航空2021年业务结构

中的老大,2021年GE公司实现销售收入741.96亿美元,经营利润57.78亿美元,其中GE航空实现销售收入213.1亿美元,比2020年略有下滑,经营利润同比增长了134%,达到28.82亿美元,但仍然只有2019年的40%左右,利润率为13.5%。民用发动机是GE航空的主要收入来源,实现销售收入143.6亿美元,同比略有下降,军用发动机收入、系统和其他收入同比均略有下降。2021年,GE公司交付民用发动机1487台,其中LEAP发动机845台;交付军用发

GE航空发动机交付量

	2019年	2020年	2021年
民用发动机(含通航)/台	3048	1720	1487
其中LEAP发动机/台	1736	815	845
军用发动机/台	717	683	553

动机553台。

在GE公司群星璀璨的发动机家族里，GEnx发动机是公司历史上销售最快的大推力涡扇发动机，10年已销售2700多台。2021年10月，该发动机取得了出色的耐久性试验结果，在模拟的恶劣环境中完成了3000多循环的吸尘测试。2021年11月，GE9X发动机也成功完成了吸尘测试。

GE公司和赛峰集团于2021年6月公布了可持续发动机革新技术（RISE）计划。作为RISE计划的一部分，新开发的技术包括混合电推进系统、可持续航空燃料（SAF）和氢燃料，将在2030年代中期正式投入使用。而在超声速市场方面，由于Aerion公司缺乏资金停止运营AS2超声速飞机项目，GE公司停止双轴中等涵道比“亲和力”（Affinity）发动机的研发工作。

涡桨发动机方面，2021年9月，GE公司研制的“催化剂”（Catalyst）涡桨发动机安装在一架比奇“空中国王”350飞机上在德国柏林成功进行了首次飞行测试。该发动机主要用于公务/通用航空市场，竞争对手是普惠加拿大公司著名的PT6A系列发动机。Catalyst发动机可以说是一台“欧洲”发动机，它的设计和制造完全是在欧洲进行的，总装在GE公司的捷克布拉格工厂进行。

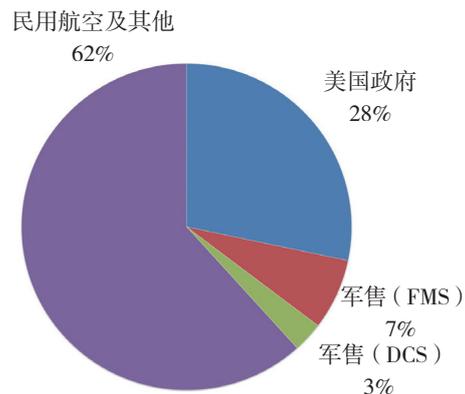
作为美国空军自适应发动机过渡项目（AETP）的一部分，2021年5月，GE公司完成首台XA100自适应循环发动机的测试，2021年12月完成第2台XA100发动机的测试，展示了GE公司为第六代战斗机提供变循环推进系统的能力。XA100自适应发动机有3项关键技术：一是自适应循环技术，可以根据战斗机状态

切换大推力模式和长续航模式，有效平衡推力和耗油率之间的关系；二是三涵道设计，可以提高战斗机作战能力与热管理能力；三是广泛应用陶瓷基复合材料、聚合物基复合材料和增材制造技术。这些革命性的创新将发动机推力和燃油效率分别提高了10%和25%，显著减少了碳排放。

### 雷神技术公司——扭亏为盈

联合技术公司和雷神公司在2020年正式合并成立雷神技术公司，当年因新冠肺炎疫情导致亏损严重。雷神技术公司在2021年实现扭亏，全年销售收入为643.88亿美元，经营利润49.58亿美元。其中涉及发动机业务的主要是普惠公司，实现销售收入181.5亿美元，同比增长8%，经营利润4.54亿美元，同样实现扭亏，利润率为2.5%，低于雷神技术公司的其他所有部门。

美国政府是普惠公司的重要客户，2021年销售给美国政府共计51.4亿美元的产品，占比28%，比2020年的比例（31%）有所下降，军贸方面通过对外军事销售（FMS）收入为12.73亿美元，比2020年有所上升，直接商业销售（DCS）收入为5.41亿美元，比2020年有所下降。民用航空及其他产品销售收入为111.96亿美元，同比增长14%。普惠公司最大的商业客户是空客公司，其销售额在2021年占普惠公司总销



普惠公司2021年客户结构

售额的31%。

2021年12月，普惠公司推出新一代齿轮传动涡扇（GTF）“优势”发动机，自2024年1月起可配装于A320neo系列飞机。该发动机起飞推力为151kN，是自A320neo交付以来推力最大的GTF系列发动机。与上一代发动机相比，其燃油消耗和二氧化碳排放量降低了17%，可使用100% SAF，帮助航空业实现2050年净零排放的承诺。自2016年年初投入使用以来，PW1000G发动机已配装超过1100架飞机，累计节省超过20亿L的燃料，减少超过600万t的碳排放。

2021年，普惠公司的V2500发动机实现了累计飞行2.5亿h；由PW812D涡扇发动机提供动力的达索“猎鹰”6X公务机实现首飞；PW812GA发动机为湾流公司新的G400公务机提供动力；普惠公司获得了大量的F135发动机合同，里程碑包

普惠公司发动机交付量

	2019年	2020年	2021年
民用发动机/台	746	546	623
军用发动机/台	215	241	218
普惠加拿大/台	2355	1650	1825

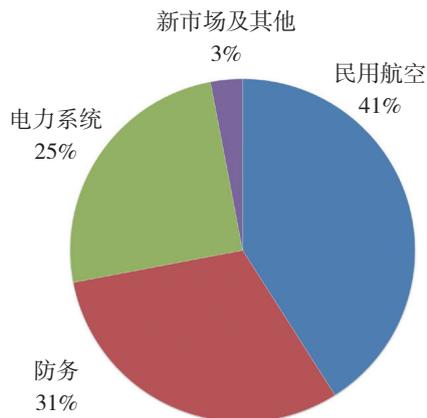
括交付了第800台生产发动机；重要的开发项目仍在继续，包括开展自适应循环发动机XA101验证机测试。

PW1000G发动机维修（MRO）网络是普惠公司EngineWise服务解决方案的一部分，向发动机运营商提供多种售后服务，为其带来长期、可持续的价值。2021年7月，普惠公司西棕榈滩发动机中心完成改造，成为其PW1000G发动机MRO网络的一员。

2021年10月，普惠公司和GE公司赢得美国国家航空航天局（NASA）的合同，旨在开发提高未来民用涡扇发动机核心机热效率技术。该合同是NASA混合热效率核心机项目（HYTEC）的一部分，致力于开发出一种“高功率密度”核心机，其燃料效率比当前高出5%~10%。普惠公司将在其位于加利福尼亚州卡尔斯巴德新开设的陶瓷基复合材料（CMC）卓越中心开展这项工作，负责发展先进的高压涡轮技术，以减少下一代单通道飞机的燃料消耗和降低排放。

## 罗罗公司——多点开花

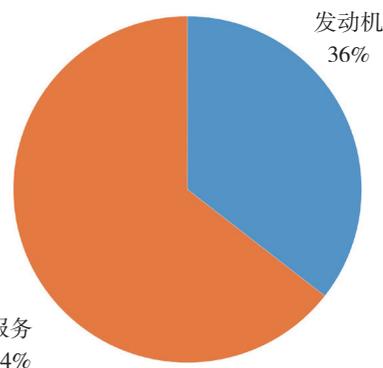
2020年受新冠肺炎疫情冲击，罗罗公司遭遇了前所未有的困境，一度陷入财政危机，生产延误、飞机停



罗罗公司2021年业务结构

飞、订单锐减等一系列问题集中爆发。自2021年以来，罗罗公司通过改革重组，一举扭亏为盈。罗罗公司出售了两家子公司来减轻财政负担、换取研发经费。一家是位于西班牙的ITP公司，最终以17亿欧元的价格出售给贝恩资本公司。另一家是位于挪威的卑尔根公司，最终以6300万欧元的价格出售给英国兰利集团。罗罗公司2021年实现销售收入109.47亿英镑，经营利润4.14亿英镑。

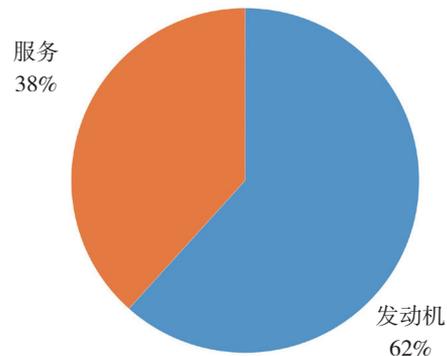
由于重组计划的成功实施以及市场的逐步复苏，罗罗公司民用航空业务实现收入45.36亿英镑，同比下降10%，经营利润亏损1.72亿英镑，而其他所有部门均有盈利。与2020年相比，大型发动机长期服务



罗罗公司民用航空2021年业务结构

合同（LTSA）飞行时数增长了12%。“超扇”发动机是罗罗公司遛达系列发动机的继任者，2021年3月罗罗公司在英国德比工厂开始正式组装首个“超扇”发动机验证机（UF001）。2021年8月，“超扇”发动机的动力齿轮箱创造了新的动力传输记录，该齿轮箱是罗罗公司与利勃海尔公司合作开发的。2021年空客推出A350货机成为公司遛达XWB发动机重要的新机会，目前遛达XWB已经获得58台订单助力A350F。公务机方面，达索公司“猎鹰”10X选装“珍珠”10X发动机，湾流公司G800选装“珍珠”700发动机。

罗罗公司正积极通过电气化、混合动力、SAF等方式通往净零碳排放之路。2021年5月底，罗罗公



普惠公司2021年业务结构

罗罗公司民用航空运营情况

	2019年	2020年	2021年
大型发动机交付量/台	510	264	195
公务机发动机交付量/台	219	184	114
发动机总体交付量/台	729	448	309
大型发动机LTSA飞行小时	15.3 × 10 <sup>6</sup>	6.6 × 10 <sup>6</sup>	7.4 × 10 <sup>6</sup>
大型发动机LTSA主要翻新次数	306	272	208
大型发动机LTSA检查及维修次数	660	559	402
大型发动机LTSA总计次数	966	831	610

司宣布正式启用全球最大、最智能的室内航空发动机试车台，用来测试“超扇”发动机、未来混合动力和全电动飞行系统以及SAF。2021年9月，罗罗公司“创新精神号”全电动飞机成功首飞，以480km/h的飞行速度，创造了电动飞机飞行新纪录。此外，罗罗公司与意大利飞机制造商泰克南公司合作为维德勒航空公司开发面向通勤市场的全电动客机，计划于2026年投入商业运营。2021年11月，“1号发电系统”（PGS1）混合动力验证机在地面试车中产生了超过1MW的功率，为未来可能出现的兆瓦级混合动力飞机做好准备。罗罗公司2021年已在遄达1000、遄达XWB、“珍珠”700上进行了100%SAF的测试，验证了该燃料可在大型民用和公务机的现役发动机上使用，并推出了SAFinity服务，为业内首创。

与GE公司终止“亲和力”发动机开发不同，罗罗公司正拓展未来的超声速市场，2020年就已经与博姆（Boom）公司就“序曲”（Overture）客机达成合作协议。2021年8月，罗罗公司成为普渡大学高超声速地面测试中心（HGTC）的创始成员，该测试中心将支持美国国防战略，并汇集众多航空航天公司，以提升测试能力。

### 赛峰集团——低碳转型

2021年赛峰集团实现销售收入152.57亿欧元，同比下降7.5%。经营利润18.05亿欧元，同比增长7.1%。其中航空航天推进板块实现销售收入74.39亿欧元，同比下降2.9%，经营利润13.42亿欧元，利润率18%，超过了赛峰集团的其他所有部门。

赛峰发动机业务的发展得益于CFM系列发动机，包括LEAP发动机和CFM56发动机。受疫情影响，2021年LEAP发动机交付845台，虽然比2020年增加了30台，但仍然大幅低于2019年的1736台。CFM56交付量按计划逐步减少，2021年交付107台。

CFM56和LEAP发动机是赛峰集团民用售后市场的核心业务，未来10年这些发动机的备件市场依旧强劲。售后市场业务模式将从基于使用CFM56发动机的在役机队的飞行时间和材料模式逐渐转变为基于每飞行小时费率（RPFH）的模式。

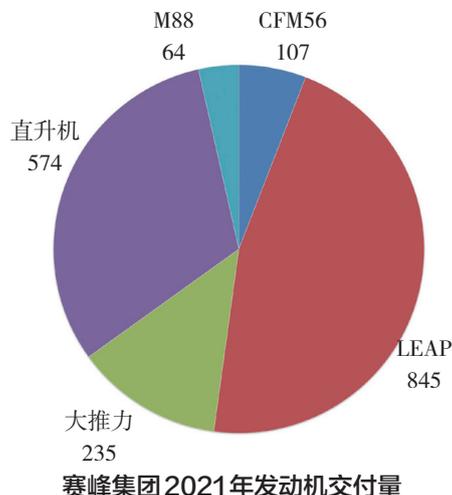
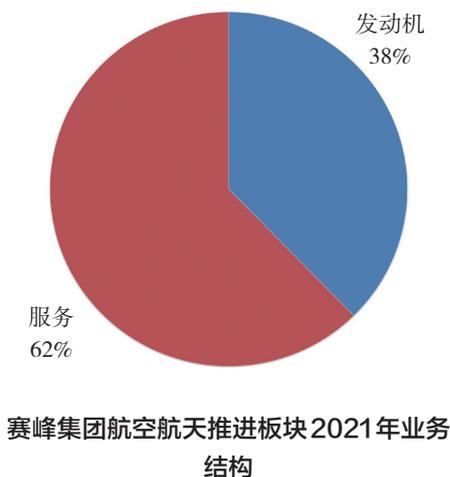
赛峰直升机发动机公司的阿拉诺1A（Arrano 1A）涡轴发动机于2021年6月获得美国联邦航空局（FAA）认证，将为新型空客H160中型双发直升机提供动力。2021年10月，赛峰集团在美国得克萨斯州开设第二条生产线组装阿赫耶2E（Arriel 2E）发动机，该发动机为美国陆军的UH-72B拉科塔直升机提供动力，同时也安装在空客公司H145直升机上。2021年10月，赛峰集团增材制造区投入使用，约10个增材制造部件通过适航认证和投入使用。

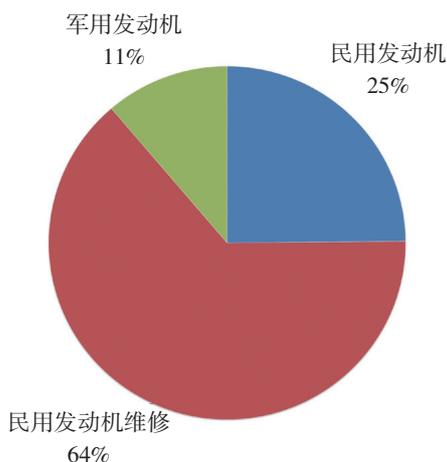
赛峰集团致力于推动SAF，实现低碳燃料转型。2021年4月，空客A319neo的LEAP-1A发动机进行了100%SAF飞行测试；2021年11月，空客H225完成直升机史上首次使用100%SAF的飞行测试，该机选装赛峰集团马基拉2（Makila 2）发动机；2021年12月，美联航首次使用100%SAF进行航班载客飞行，采用的是由LEAP-1B提供动力的737MAX飞机。

在下一代欧洲战斗机发动机方面，2021年4月，赛峰集团和德国MTU公司就建立一家平股的合资公司达成协议，合资公司命名为欧洲军用发动机团队（EUMET），西班牙ITP公司是该合资公司的主要合作伙伴。赛峰集团负责发动机的总体设计和集成。

### MTU公司——售后扩张

2021年MTU公司实现销售收入41.88亿欧元、同比增长5%，营业利润4.68亿欧元、同比增长13%，净利润3.42亿欧元、同比增长16%。军民用发动机收入和2020年基本持平，其中民用发动机收入10.66亿欧元，同比增长1%。A320neo飞机的





MTU公司2021年业务结构

PW1100G-JM发动机是MTU公司民用发动机业务的主要收入来源。军用发动机业务收入4.82亿欧元。发动机原始设备制造商(OEM)业务利润为3.2亿欧元,利润率20.7%。维修业务27.41亿欧元,同比增长9%,其中60%来自于MTU公司的核心MRO业务,40%来自于PW1000G发动机的维护工作。民用维修业务的主要收入来源是V2500发动机和PW1100G-JM发动机。2021年,公司获得了价值46亿美元的MRO新订单,民用维修业务利润1.49亿欧元,同比增长9%,利润率5.4%。

MTU公司与几家主要发动机制造商都有合作,与普惠公司合作的主要是干线飞机和支线飞机发动机,MTU公司的市场份额约为15%~18%。2021年,MTU公司获得新一代PW300发动机(PW307)的MRO许可证,该发动机为达索“猎鹰”8X提供动力。MTU公司认为氢燃料是未来航空发动机的极好选择,2021年11月与欧洲航空安全局(EASA)建立伙伴关系,共同研究氢燃料电池的认证,包括新标准、法规和验证程序。

UEC发动机项目

	发动机	飞机型号
民用航空	SAM-146	SSJ100
	PD-14	MC-21
	PS-90A	图-204/214、伊尔-76/96
军用航空	AI-222-25	雅克-130
	RD-33/93	米格-29
	AL-31F	苏-27/30/33/34
	AL-41F-1S	苏-35
	NK-32	图-160
直升机	TV3-117	米-17/28/35、卡-32/52
	VK-2500	米-17/28/35、卡-32/52
	TV7-117V	米-38

### UEC——进口替代

UEC成立于2007年12月,整合了俄罗斯全部的航空发动机及燃气轮机资产,包括土星科研生产联合体、彼尔姆发动机公司等原俄罗斯航空发动机行业研制生产巨头,员工总数近8万人。UEC正在研发用于MC-21干线客机的PD-14发动机、下一代军用发动机以及直升机发动机等。

由于现实原因,俄罗斯无法使用部分国外发动机。PD-14已于2021年2月获得俄罗斯航空运输局的量产批准,公司计划在2024年将产能提升至每年50台。

基于PD-14发动机的制造经验,UEC正在开发PD-8和PD-35发动机。PD-8发动机计划安装在SSJ100飞机上,2021年10月第二台PD-8发动机完成核心机测试,第一台PD-8原型机正在制造。PD-35则是超高推力发动机,为远程客机开发,其核心机已经开始测试。

UEC在2021年莫斯科航展上展示了VK-650V和VK-1600V两种涡

轴发动机,分别为阿赫尤(Arrius)和阿蒂丹(Ardiden)的可选替代产品。目前,VK-650V发动机已完成首轮地面测试,开始进行原型机的工程评估,发动机认证计划于2023年进行。VK-1600V发动机大约70%组件采用3D打印技术制造,计划于2023年获得认证,2024年批产。

### 结束语——一起向未来

工业偶像GE公司一分为三,雷神技术公司实现扭亏,罗罗公司多点开花,赛峰集团积极推动SAF,MTU公司售后市场强劲,UEC发动机进口替代计划稳步发展,这一年航空发动机制造商们一起发掘新机会,开创新可能,2021年碳减排已经深入人心,奔向零碳的赛道已铺好,发动机制造商在新发动机项目、全电和混合电推进、可持续航空燃油/氢能等新技术领域积极布局,共同构建可持续发展的未来。 **航空动力**

(范灵,中国航空工业发展研究中心,高级工程师,主要从事航空产业及企业发展研究)