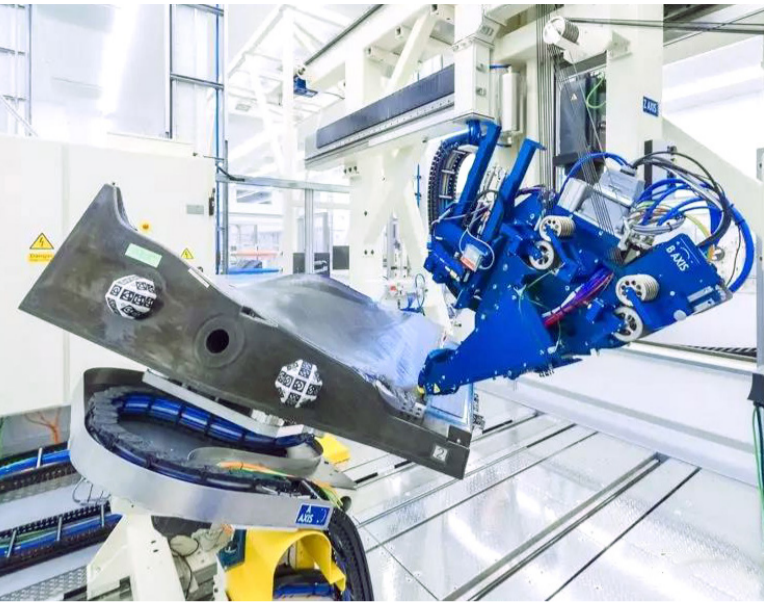


# 罗罗推进新型发动机风扇和机匣制造



1月9日，英国航空发动机制造商罗罗宣布在英国布里斯托尔开设了一家新的复合材料工厂，计划研发复合材料风扇叶片和机匣，以进一步减少下一代民用航空发动机UltraFan发动机的重量，降低发动机油耗和排放。

与首台遄达发动机相比，新的发动机设计可将油耗和二氧化碳排放降低至少25%，而该工厂生产的风扇叶片和风扇机匣将成为UltraFan发动机的特征之一。同时，新工厂将采用低能耗、低排放的制造工艺，并采用最先进的自动化制造方法和材料。它将最大限度地利用原材料减少浪费，罗罗公司承诺到2030年实现运营和设施零排放。

罗罗公司在向近零低碳经济的过渡中扮演着至关重要的角色，并采取了三部分的环境方针：减少现有技术对环境的影响；开拓航空动力电气化；与业界合作，以加速使用可再生燃料。该工厂将专注于碳纤维复合材料，这些材料在航空航天工业应用中可以显著减轻发动机重量。用碳纤维复合材料制成的罗罗公司风扇系统预计可使每架飞机减轻近700千克。

之前，在遄达系列发动机风扇叶片上，虽然罗罗公司采用了很多新的技术来提升风扇系统的性能，包括三维气动方法设计技术、DB/SPF（扩散连接/超塑性成形）

加工带中间桁条的空心叶片制造技术等，但在材料上一直采用钛合金Ti6/4。这是因为虽然碳纤维复合材料有密度小、强度高、抗颤振性能好的优点，但是其缺点是不耐冲击，而且也不耐摩擦：纤维和纤维之间依靠树脂粘接，这种粘接在巨大的冲击力下并不牢靠，容易分层脱离，裂纹扩展特别快，短时间内就会造成零件解体，从而使整个发动机停车，这和金属材料缓慢发展裂纹完全不同。经过多年来技术的突破，复合材料风扇叶片设计和制造技术已经获得很大的发展，罗罗竞争对手GE及其合资的CFM国际公司旗下的新研发动机已经全部采用了复合材料风扇。

罗罗也计划在新的工厂中对复合材料风扇叶片采用先进的制造技术：首先预填充数百层碳纤维材料，以及先进的韧性增强树脂材料。然后施加热量和压力，同时每个风扇叶片的前缘添加薄且坚固的钛金属，从而为风扇叶片提供极好的保护，防止腐蚀、异物和鸟击。

从2020年1月起，该工厂将开始为UltraFan发动机演示样机制造风扇叶片和机匣。用于UltraFan发动机演示样机的复合材料风扇系统正在成形，很多零部件已完成空气动力学性能，鸟击、结冰和进水测试以及地面和飞行测试正在开展。（何屹）

# 英国发动机制造商致力于解决航空业碳排放问题

据外媒报道，英国罗罗公司和反应发动机公司目前正在加速新型航空客机发动机的研制，计划通过技术提升来增强发动机效率，减少碳排放。

罗罗公司布里斯托尔研发工厂表示：“我们与巨型机器人合作，铺设了数千条碳纤维带，形成了一个直径约3.7米的圆柱体，它将构成罗罗发动机公司Ultrafan的机匣。而且我们已经达到了生产能力要求。”罗罗公司还在耗资2500万英镑的工厂中开发了机器人，该机器人可以用碳纤维制成风扇叶片。

与以前的材料相比，用碳纤维

制成的风扇机匣和叶片将使重量减轻20%。这一点对于航空航天行业来说很重要，这意味着飞机的效率越来越高。目前航空航天行业承受着减少碳排放的巨大压力，而且航空交通发展却非常迅速。罗罗公司预计，未来20年全球将需要37000架新客机。

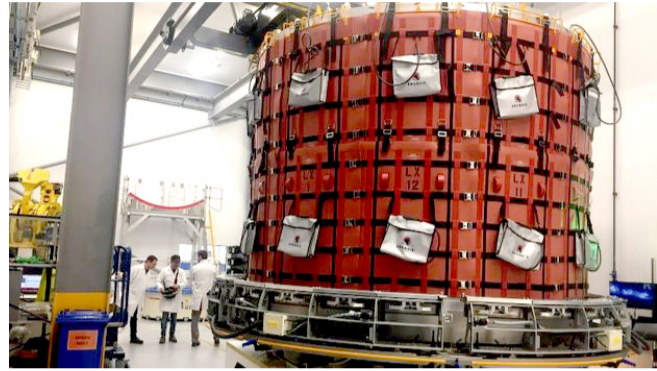
罗罗公司未来项目主管艾伦·纽比表示：“我们已经走了很长一段路，但挑战在于将排放量的降低与航空交通量的增长脱钩。”罗罗的Ultrafan发动机还采用了齿轮传动结构，从而使Ultrafan发动机的风扇尺寸更大，发动机效率进一步提高。这是一项创新

技术，已在尺寸相对较少的美国普惠公司PW1000G发动机上使用，并在窄体客机发动机市场取得了很大成功。罗罗公司和其他航空航天业者还在研究飞机的电动和混合动力推进系统，不过在目前的技术条件下，对于长途客机，目前喷气发动机是唯一的选择。克兰菲尔德大学推进工程中心的动力和推进系主任伯利克·皮利迪斯表示，更轻的发动机意味着飞机结构可以更轻，风扇机匣减轻20%将对飞机设计产生很大的变化。

不过值得一提的是，英国反应发动机公司正在寻求逐步改变推进方式。

该公司正在开发一种名为“佩刀”的火箭发动机，该发动机将用于高速飞机和航天器动力。该公司计划让飞行器达到5倍音速以上，在这种速度下，进入发动机的空气可以达到1000摄氏度。显然，该温度会损坏发动机，因此，反应发动机公司开发了一种特殊的冷却系统，该系统是由厚度小于1毫米的微型管制成的，可以通过系统输送高压冷却剂，能够在0.05秒时间内将1000摄氏度总温的来流空气冷却到零下150摄氏度而不会结冰。

反应发动机公司计划2020年开始制造“佩刀”发动机，并于2021年对其进行测试。反应发动机公司的预冷器也可以在常规喷气发动机上使用，使发动机效率更高，这一想法已在罗罗公司进行了测试。根据皮利迪斯的说法，距离客机动力发生根本变化还需要30年。到那时，他认为将从目前的设计（基本上是发动机悬挂在机翼下方的吊舱式）过渡到“混合机翼”设计。在这种设计下，飞机机翼将和发动机融合在一起，发动机位于飞机顶部，并且甚至可能由氢燃料驱动，而氢气有可能成为一种极低排放的燃料。（周何聪）



新型罗罗发动机3.7米宽的巨型风扇机匣。



罗罗Ultrafan发动机碳纤维复合材料叶片和钛合金前缘。

# 普惠GTF发动机为加拿大航空空客A220提供动力

近日，加航首架由普惠GTF发动机提供动力的空客A220飞机进入服役。此次进入服役是加航的一个重大里程碑，标志着其成为加拿大境内首家空客A220运营商。为空客A220飞机提供动力的普惠PW1500G发动机的总装也在加拿大完成。

普惠公司首席商务官瑞克·德·鲁表示：“加航的首架空客A220飞机进入服役，为其带来了拓展航路网络与向广大乘客提供更为宁静舒适的飞行体验。我们继续致力于支持航空业在加拿大的发展，并以能够自加航在80多年前成立伊始即与之合作至今而自豪。”

空客A220飞机使用GTF发动机作为唯一动力来源，与现代飞机相比带来两位数的运营成本降低。该机提升燃油效率20%、缩小75%的噪音轨迹，

氮氧化物排放比国际民航组织（ICAO）航空环境保护委员会第六次会议（CAEP6）标准低50%。

加拿大航空成立于1937年，拥有45架由GTF发动机提供动力的空客A220飞机订单。加航目前运营有12架由普惠PW4000发动机提供动力的波音767飞机。（辛文）



# 土耳其配装国产发动机的TF-X将于2029年首飞



土耳其TF-X“国产作战飞机”（MMU）将在2029年配装国产发动机首飞。根据“TR发动机”总经理Osman Dur透露，开发发动机的相关工作正同相关研究机构一道全力推进。“TR发动机”是一家新的涡轴发动机研发中心。该发动机测试定于2026年或2027年完成。

MMU是具备与洛马公司F-35战斗机相似特征的第五代战斗机。该机将于10年内取代土耳其空军的F-16战斗机。TF-X项目的重要性日益增强，尤其是美国对安卡拉采取强制性措施，停止向土耳其交付F-35战斗机后。TF-X的样机首先于2019年6月的巴黎航展上展出，随后于9月伊斯坦布尔展出。（黄涛）

# 2019年：大功率燃氢燃气轮机已经初具规模

2019年以来，三菱日立动力系统公司（MHPS）、通用电气（GE）发电公司、西门子能源公司和安萨尔多能源公司等开发可燃烧100%氢燃料的大功率燃气轮机的努力已进入高速发展。部分原因是由于新的减碳政策在全球范围内应用使得传统天然气发电用大型燃机市场不断萎缩，而氢经济的蓬勃发展将是这些工业巨兽重新找到新的市场立足点。

电力行业正在为大规模的脱碳做准备，一些主要的电力设备制造商正在开发可使用高氢含量燃料运行的燃气轮机。专家指出，氢作为储量最丰富的且重量最轻的元素，它具有普通燃料中最高含量的能量含量，这意味着它可以用作各种应用中的能量载体，包括发电、工业、运输。随着全球制氢工业逐步的发展和完善，氢开始被能源行业越来越多地看作转型中的关键环节，预计在未来几年将达到大规模商用应用的技术成熟度和规模经济。

## 三菱为“氢能社会”做准备

MHPS公司作为日本制造业巨头三菱重工与日立之间的合资企业，一直呼吁为实现日本成为“氢能社会”的雄心做出努力，并在2011年地震和海啸导致福岛核电站泄漏后，正式向外界宣布了这一雄心。日本政府与企业的合作包括三个阶段：首先，它将扩展其现有的燃料电池计划，以帮助降低制氢和燃料电池的价格；然后设想大规模引进氢能发电和氢供应基础设施；最后，它将在整个制造过程中建立零碳排放供应系统。

在2019年3月，MHPS公司推出了电力行业增加氢气使用量的市场方案，并称燃氢燃气轮机是“全球使用可再生能源在2050年实现无碳-氢能社会”的关键因素之一。MHPS总裁兼首席执行官保罗·布朗宁表示，尽管天然气发电将继续发挥重要作用，以应对可再生能源的不稳定性，但下一阶段的发展将涉及使用氢存储电能。这种技术可以利用过量的电力分裂水分子来生产氢气，从而将“可再生氢”存储起来，并在后续需要用电的时候用于联合循环-燃氢燃气轮机。

自1970年以来，MHPS公司已经制造了29台燃氢燃气轮机，它们燃烧的燃料氢含量在30%~90%之间，总测试时间超过350万小时。该公司设法解决的一个主要挑战是如何在氢气燃烧中减少NOx排放，同



时又不降低效率。而且由于与天然气相比，氢气的火焰传播速度更快，MHPS公司还试图降低较高氢气含量燃料中容易出现的燃烧振荡和“回火”（逆火）风险。

目前的一个可行的解决方案就是基于该公司之前的干式低NOx（DLN）技术开发一个新型“扩散燃烧室”，该燃烧室将通过注入蒸汽或水来达到低NOx的目标，但它仍将保留相对宽的稳定燃烧范围，即使燃料特性波动高达90%。MHPS公司透露，该技术已经对含氢30%的燃料进行了试验，在联合循环输出功率高达700MW，透平进口温度为1600℃的情况下，与传统的天然气联合循环发电机组相比，碳排放减少了约10%。

MHPS公司目前还在试行一个项目，到2023年将瓦腾福电站位于荷兰的1.3GW马格南联合循环电站中三个机组之一转换为燃氢机组。该项目主要是针对一台440MW功率的M701F燃气轮机进行改造，通过使用新的燃烧技术达到“保持和天然气发电同样NOx排放的前提下，燃烧100%的氢燃料。”并且无需蒸汽和水注入。布朗宁表示，在未来10年内将实现燃烧100%的氢燃料的目标。当被问及该技术将如何与电池存储的发展竞争时，布朗宁说：“我们认为，如果想在较短的时间内存储电能，锂离子电池可能是正确的选择。”

## 西门子的突破

德国西门子公司将在两年内推出25~50兆瓦的燃氢技术。正如西门子工业涡轮机械公司工业市场经理迈克尔·韦尔奇指出，各制造商正在开发的燃氢燃气轮机中，至少有60%使用DLN燃烧器技术。然而，对于西门子来说，它要解决的技术问题仍是关于NOx排放的挑战和回火风险控制，此外就是应对高温氢燃料燃烧所需的燃烧室和材料，西门子已经取得了一些成果，它在新型燃烧室制造中使用了增材制造（3D打印）技术。

韦尔奇表示：“现状在无需焊接，就可以将一个零件集成到整个结构中，我们将重量和制造时间减少了四分之三以上，这使我们能够获得所需的新型轮廓。这也使我们能够进行以前无法完成的测试，并改变之前不得不遵循的燃烧科学。”该团队已经在2019年2月前就完成了所有改进，已在德国进行了100%氢燃料燃烧用燃气轮机原型机的试验。不过韦尔奇也指出，虽然技术突破是显著的，但西门子的4MW至560MW燃氢燃气轮机的测试“还没有非常好的低排放技术能力，但常规发电能力却很高。”

当被问及氢能商业化的整个行业前景时，韦尔奇说，最初的重点可能是小于70兆瓦的发电装置。以氢为重点的脱碳政策

推动也可能促进技术发展，2019年1月，EUTurbines（由欧盟组成的整个燃气轮机和蒸汽轮机行业的协会）与日本承诺在2020年提供燃氢20%的燃气轮机，以及在2030年提供燃氢100%的燃气轮机。

## GE和安萨尔多持续推进燃氢能力

意大利安萨尔多表示，目前的燃烧室测试证明100%的燃氢能力是可行的。该公司已经具备了燃料灵活的先进燃气轮机燃烧系统。例如，最新的F级GT26燃气轮机和H级GT36燃气轮机SEV顺序燃烧系统平台，具有燃烧最大范围的天然气和氢气混合燃料，GE公司也为重型燃气轮机开发了两种燃烧器配置从而提供燃烧高氢燃料的能力：B型和E级燃气轮机的单喷嘴静音燃烧器，E级和F级燃气轮机的多喷嘴静音燃烧器。这些也已经安装到超过1700台重型燃气轮机。

GE公司已经提供了适用于航改燃气轮机和重型燃气轮机的燃烧系统，该系统能够在氢气含量增加的情况下运行。航改燃气轮机可以配置一个环形燃烧器（SAC），该燃烧器可以使用多种燃料，包括天然气和氢气的混合燃料。GE公司表示，这种燃烧系统已经配置在了超过2500台航改燃气轮机上。GE公司也为重型燃气轮机开发了两种燃烧器配置从而提供燃烧高氢燃料的能力：B型和E级燃气轮机的单喷嘴静音燃烧器，E级和F级燃气轮机的多喷嘴静音燃烧器。这些也已经安装到超过1700台重型燃气轮机。

值得注意的是，在美国能源署的资助下，GE公司还开发了基于“混合燃料和空气的小尺寸横流冲击射流”的低NOx燃氢燃料系统。目前该先进的预混功能已成为GE的DLN2.6e燃烧系统的要素，并在9HA燃气轮机上得到了应用。GE公司还拥有数个使用高氢含量的项目，其中之一是韩国的大山精炼厂，该厂使用6B.03燃气轮机为700兆瓦燃料运行了20年。意大利国家电力公司（ENEL）在2010年在意大利的富西纳电厂则使用了一台11.4MW的GE-10燃气轮机，以97.5%的氢燃料运行。目前，GE公司仍在继续发展氢燃烧技术，该公司认为氢是未来的潜在燃料。

现在，该公司正致力于在下一代燃烧系统的开发中使用增材制造。这些努力使DLN2.6e燃烧系统获得了大约50%氢燃料的燃烧能力。（何屹）

# 美军第五代无人隐身靶机完成发动机运行测试



1月14日，美国加利福尼亚州的塞拉技术服务局（STS）表示已经完成了对第五代空中目标无人机（5GAT）的发动机运转测试。5GAT即为美军的新型无人隐身靶机。

5GAT项目合同由美国陆军工程承包办公室主管，同时由国防部办公室，作战测试与评估主管管理。该隐身无人靶机使用两台GE J-85军用涡喷发动机，加力燃烧推力约为2×2吨，同时采用碳纤维复合材料，用于控制无人靶机的重量，提高无人靶机的隐身性能。

STS公司于2017年3月被授予5GAT演示样机的设计、制造、装配、集成和地面/飞行测试的主要合同，并自2008年以来在开发5GAT新型无人隐身靶机概念的设计过程中，为美国政府提供专业知识咨询。

据该公司称，这架5GAT飞机旨在满足美军在空中可能遇到的对手的特殊需求。5GAT是无人战斗机大小的飞机，通过将其模拟对手隐身飞机，可以用于美军的空对空和地对空武器评估、飞行员作战训练和地面防空部队训练。（喻茜）