

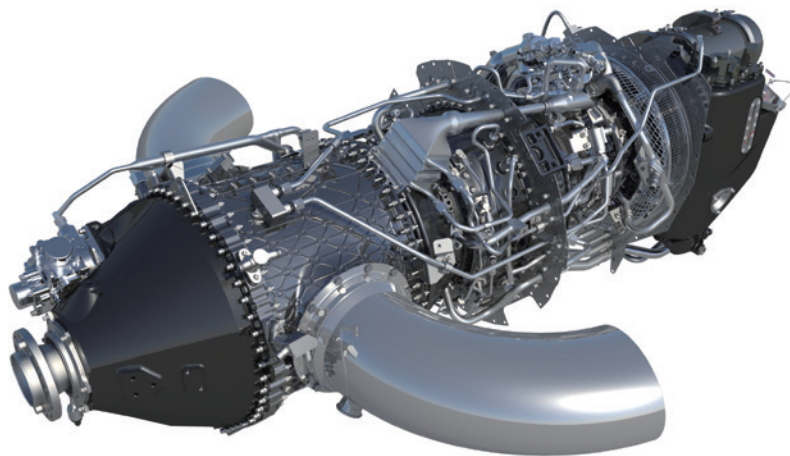
GE公司研制全新的 Catalyst 涡桨发动机

GE Aviation Developing New Catalyst Turboprop

■ 温杰

2018年3月7日，GE公司将研制中的先进涡桨（ATP）发动机正式命名为“催化剂”（Catalyst），旨在表明全新的涡桨发动机正在成为促进涡桨飞机发生变革的催化剂。这种新型发动机不仅具有更大的巡航功率、更高的燃油效率，还将全面改善飞行员的驾驶体验，有望开创涡桨飞机设计和使用的新时代。

在 2008年收购了捷克的瓦尔特飞机发动机（Walter Aircraft Engines）公司后，GE公司组建了GE公务和通用航空业务部门，推出了基于M601涡桨发动机的H80衍生型发动机，但其长期愿景是在欧洲启动先进涡桨发动机（ATP）研制计划，为公务和通用航空市场提供一种全新的高性能涡桨发动机。



Catalyst 涡桨发动机的外形图

研制发展背景

从2012年开始，GE公司的涡桨发动机研制团队认为，涡桨发动机市场期待拥有新技术和新价值的发动机。随后，研制团队开始走访飞机制造商和运营商，全面论证和评估一款全新的通用飞机对于涡桨发动机的设计要求。在收集了来自世界各地的客户反馈后，研制团队初步确定了未来市场对ATP发动机的性能需求。

根据设计要求，研制团队首先提出了ATP发动机的技术规范和总体构型，在此基础上先后优化设计了4种方案，并启动了初始设计工作。同时，研制团队参照GE公司在商用发动机上的研发流程，确定了切实

可行的交付标准。作为全新涡桨发动机系列的一部分，ATP发动机包括735 ~ 1176kW的系列发动机，并将其第一个型号临时称作GE93。

在此期间，美国公务机制造商德事隆（Textron）集团发出了为其全新设计的迪纳利公务机寻求动力的需求建议书。为此，GE公司进一步优化了设计方案，参与项目竞争。2015年11月16日，德事隆集团在美国公务航空协会（NBAA）年会上正式宣布选择GE公司的ATP设计方案，作为新一代迪纳利公务机的动

力装置。同日，GE公司宣布正式启动661 ~ 1250kW的ATP发动机研制计划。

2017年年初，GE公司与捷克政府达成协议，在布拉格建立一个涡桨发动机研制、测试和生产的总部，在满负荷生产后将雇用500名员工。

2017年12月22日，第一台ATP发动机在位于布拉格的GE航空捷克工厂进行了首次点火试车。2018年3月7日，GE公司将ATP发动机正式命名为“催化剂”（Catalyst），意在表明这项计划将成为推动涡桨飞机

研制与发展的“催化剂”。GE航空集团副总裁兼公务和通用航空业务总经理布莱德·莫提耶在布拉格研发中心强调，这种全新研制的涡桨发动机不仅是为了提供更快或更省油的方法，而是让飞行员感觉到更像是在操纵一架喷气式飞机。

主要设计特点

Catalyst发动机是公务和通用航空市场30多年来第一种全新设计的涡桨发动机，充分借助了GE公司在大型商用发动机上经过验证的技术和数十亿小时的发动机使用经验，并拥有98项专利技术。基于CT7涡轴发动机坚固耐用的模块化结构，Catalyst发动机以更低的运营成本实现更好的性能。

Catalyst发动机是一种逆流式发动机，空气从发动机后部进入发动机，向前流入，依次进入压气机、燃烧室和涡轮，从喷管排出燃气。同时，低压涡轮输出功率，驱动五桨叶复合材料恒速螺旋桨系统。

在同级别涡桨发动机中，Catalyst发动机是第一种采用两级可变静子叶片和冷却高压涡轮叶片的涡桨发动机，号称拥有业内最高的总增压比，燃油消耗率降低20%，巡航功率增加10%。从使用维护来看，它的平均大修间隔时间（MTBO）延长了33%，达到4000~6000h。从外形尺寸来看，Catalyst发动机的长度不大于1.83m，直径为483mm，净质量为270kg。

压气机源于GE公司的T700/CT7涡轴发动机，采用了与GE9X发动机相同的三维空气动力学设计，有4个轴向级和一个离心级，采用全钛合金制造，具有质量轻的结构特点。

随着设计优化，其压气机由最初的一级可调静子叶片改为两级可调静子叶片，可以更好地调整压气机工作状态，增大级增压比。与同级别涡桨发动机相比，Catalyst发动机的总增压比几乎增加了1倍，达到了16:1，这将有助于飞机在完成同一任务时消耗更少的燃料，获得更多的动力，飞行更远的距离。

燃烧室采用了类似于HF120发动机的单环形回流式燃烧室。制造过程中，GE公司广泛采用了增材制造技术，可以针对回流式燃烧室的结构优化设计，将燃烧室长度最小化，有效地改善了装配方式，减轻了发动机的质量。

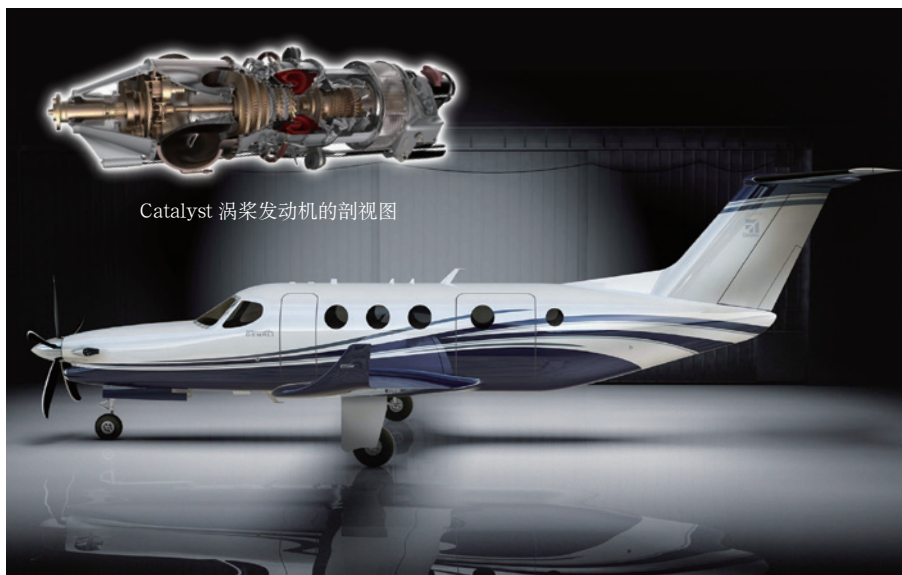
涡轮采用了两级高压涡轮和三级低压涡轮。低压涡轮采用对转方式。基于CT7系列发动机的使用经验，Catalyst发动机的两级单晶高压涡轮将成为同级别涡桨发动机中第一个采用冷却涡轮的高温部件，允许涡轮前温度超出149℃，从而获得更大的推力，提高燃油效率。

按照设计，迪纳利涡桨飞机采用Catalyst发动机驱动五桨叶复合材料恒速螺旋桨系统，航程超过2778km，航速超过518km/h，拥有一流的低运营成本。

同时，Catalyst发动机中还设置了多种传感器，可以收集各种数据，不再需要频繁检查高温部件，延长了MTBO，甚至可以基于发动机运行的地区和工作方式，为发动机创建个性化的维修计划。

集成控制系统

针对公务和通用航空市场的需求，GE公司在Catalyst发动机上的第二个突破性创新是首次采用了全权限数字式电子和螺旋桨集成控制（FADEPC）系统，将成为传统涡桨飞机机械液压多杆控制系统的替代产品，从而使飞行员能够像驾驶喷气式飞机一样操纵涡桨公务机，大大改善了飞行驾驶的体验。为此，莫提耶表示：“仅仅是简化驾驶舱这一项技术就会成为改变未来飞机设计理念的催化剂。”



Catalyst 涡桨发动机的剖视图

迪纳利涡桨公务机将装配一台 Catalyst 发动机

GE公司利用其在发动机集成和控制方面的专业经验研发了单杆控制系统，使FADEPC成为飞行员通过油门杆来控制发动机的关键，可以显著减少工作量。

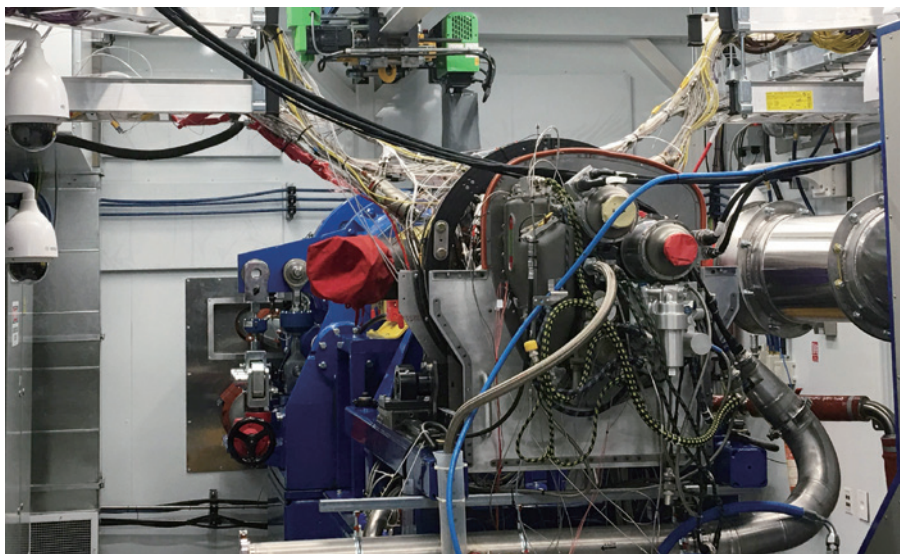
作为控制发动机和螺旋桨桨距的一体化控制系统，FADEPC可以根据飞机工作情况来改变发动机运行状态，最大限度地提高发动机性能，杜绝发动机超限。如果飞机上有防冰系统或环境控制系统，相应的扭矩和螺旋桨转速将会发生变化。FADEPC、两级可调静子叶片和三级对转低压涡轮可以在非设计状态下及时调整发动机的工作状态，保持性能参数处于最佳，由此使巡航功率提高10%。

FADEPC从本质上使得飞行员能够专注在更高端的任务操作上，可以使飞行像推拉杆一样简单。这样，飞行员将有更多的时间驾驶飞机，眺望窗外，体验飞行的乐趣，而不是一直把注意力放在监控和调整发动机上。

更为重要的是，FADEPC获得的数据还成为GE公司针对Catalyst发动机实施数字发动机计划的重要推动因素。在发动机离开生产线后，各种测试传感器用于收集发动机的性能数据以及主要特性和关键裕限。这些信息将构成创建数字孪生发动机的基础，在发动机投入使用后，通过数字发动机控制器收集的运行数据，可以评估实际工作中的性能和维修需求。

运用先进技术

GE公司在Catalyst发动机的研制过程中广泛采用了增材制造技术，简化了制造过程，以实现更先进的零



2017年12月22日，第一台ATP发动机在位于布拉格的工厂进行了首次点火试车

件设计，并减少了零件数量。随着复杂性的降低，加快了生产速度，减少了燃油消耗和质量，并通过更少的接缝和更严格的公差来提高耐久性。

其中，855个常规制造零件已减少到12个3D打印零件，包括框架、燃烧室衬套、滑油箱、排气管、轴承座、流路中的固定部件和热交换器，将发动机质量减轻了5%，并将燃油消耗率降低了1%。另外，整体式滑油箱取代了45个传统零件，只需4天就可以打印出来，而最初需要14天。

Catalyst发动机号称是世界上第一台“数字原生”（Digital Native）航空发动机。设计师使用先进的3D建模，并在此基础上为发动机配备了完备的传感器，通过收集各种数据，可以随时掌握发动机零部件的性能特征。

目前，捷克技术大学和GE公司正在使用第一台Catalyst发动机发展新型涡桨发动机的预防性健康监测

系统，通过数字化技术创建更高标准的个性化服务和保障，有望彻底改变发动机的使用和维护方式。具体而言，该系统可以在每次飞行过程中收集性能数据，并判断当下的飞行环境、飞行期间发动机及其附件以及控制系统的健康状态。

截至2018年6月初，第二台Catalyst发动机（编号005）已完成前几个小时的试车，随后于夏天运送到加拿大进行高空台测试，进入取证测试阶段。按照计划，GE公司将在2018年年底把3台Catalyst发动机送往堪萨斯州的威奇托，为2019年年初的迪纳利原型机的首飞做好准备。

目前，GE公司已经将Catalyst发动机列入其不断增长的涡桨发动机业务。从发展来看，该型发动机还可以作为其他一些应用的基础平台。针对不同用途，它可以经过改进，用作直升机的涡轴发动机，也可用作商用飞机的辅助动力装置（APU），甚至有望成为未来混合动力电动推进系统的核心。

航空动力