

Tech-X发动机及其先进技术分析

Analysis on Tech-X Engine and Its Advance Technology

李杰¹ 巨亚斌²/1 西安航空动力股份有限公司 2 中航发动机有限责任公司

摘要: Tech-X发动机是GE公司研发的用于超大航程公务机的新一代高涵道比涡扇发动机。本文就Tech-X发动机的性能指标和先进技术创新进行了概括性分析,供相关人士参考。

Abstract: The Tech-X is a high bypass turbofan engine currently under development by GE Aviation. It is being developed in parallel with the larger CFM International LEAP-X, and includes many similar technologies, like blisks and NO_x reducing combustors. GE sees potential in using the engine both on large cabin business jets and regional aircraft, where it will replace the CF34 in GE's production line.

关键词: Tech-X发动机; 特点; 参数; 先进技术

Keywords: Tech-X engine; characteristics; performance; advanced technology

0 引言

Tech-X发动机是GE正在研发的用于超大航程公务机的新一代高涵道比涡扇发动机,其设计推力为10000~20000磅(44~89kN)级别。GE研发Tech-X发动机的目的是希望在大机舱公务机和支线飞机领域将其作为CF34发动机的替代型发动机。

Tech-X发动机采用和融合了众多创新性先进技术和先进材料。Tech-X发动机的核心机是由LEAP-X发动机的eCore核心机技术发展而来。该发动机所采用的先进技术的主要来源是GE公司为商用和军用发动机的研究和获得而获得的新技术。

1 Tech-X发动机的研发进展

Tech-X发动机的研发始于2009年,当时庞巴迪公司正在研制新型超大航程大机舱公务机“环球”7000和“环球”8000。2010年10月庞巴迪公司宣布,选用GE公司正在研制的Tech-X发动机

作为其“环球”7000和“环球”8000公务机的动力装置。

Tech-X发动机的核心机由LEAP-X发动机的核心机技术发展而来,采用了贫油燃烧室和52英寸(约1320mm)金属风扇整体叶盘,如此大尺寸的整体叶盘在发动机中的应用尚属首次。风扇整体叶盘的应用将大大改进风扇的整体气动性能。核心机的测试始于2010年,采用10级高压压气机和2级高压涡轮的eCore2核心机于2011年制造完成并开始试验。根据GE的计划,Tech-X发动机整机预计在2013年完成组装,于2014年开始进行相关测试和取证,预计2015年取证,而装配Tech-X发动机的庞巴迪“环球”7000公务机将于2016年投入运营。2011年5月16日,Tech-X被重新命名为GE Passport。

2 Tech-X发动机的基本性能参数

Tech-X发动机为新一代高涵道比

涡扇发动机。表1给出了Tech-X发动机的基本性能参数。

用于“环球”7000公务机的Tech-X发动机的启动发动机推力为16500磅(71.2kN)。

Tech-X发动机的污染物排放将比CAEP/6规定的所有排放物(氮氧化物、烟尘、烃类、一氧化碳)的标准低50%,或不少于50%的余度。其燃油消耗预计将比现在使用的同等推力级别发动机中最好的还低8%。

3 Tech-X发动机的结构特点

Tech-X发动机采用双转子结构,

表1 Tech-X发动机的基本性能参数

发动机推力	10000~20000磅(44~89kN)
发动机涵道比	6.5:1(推测值)
发动机总压比	22:1
发动机推重比	未知
发动机长度	90英寸(2286mm)
发动机直径	52英寸(1320mm)
发动机净重	3700磅(1678 kg)

如图1所示。风扇为1级轴流式,与LEAP-X发动机的风扇不同,Tech-X发动机风扇的结构为金属制造的整体叶盘,低压压气机为3级轴流式,高压压气机为10级轴流式;燃烧室为环形贫油低污染燃烧室;高压涡轮为2级轴流式,低压涡轮为4级轴流式。

Tech-X发动机为一体化设计的推进系统(IPS, Integrated Propulsion System),包括了发动机短舱和反推系统,如图2所示。

Tech-X发动机的启动飞机机型是庞巴迪“环球”7000公务机,目前已确定选用Tech-X发动机作为动力的还有庞巴迪“环球”8000公务机。未来,Tech-X发动机也将与其他型号航空发动机的研发道路相同,逐步形成系列化,毫无疑问Tech-X发动机将根据不同的用途推出不同推力级别的衍生型号。

4 Tech-X发动机先进技术分析

GE公司在Tech-X发动机的设计中融入了众多先进的创新性技术,如直径尺寸达52英寸(1320毫米)的风扇整体叶盘、复合材料风扇机匣、复合材料



图1 Tech-X发动机结构图



图2 带发动机短舱和反推系统的Tech-X发动机

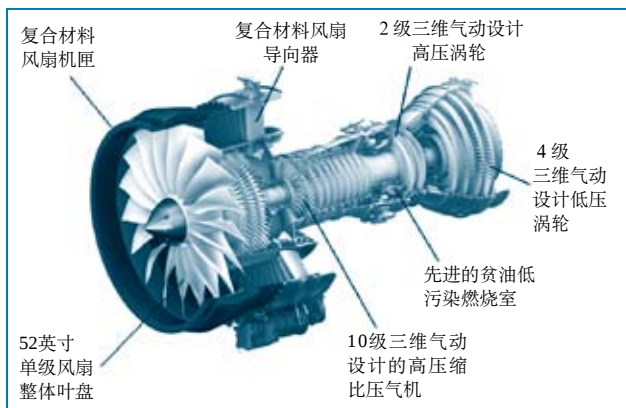


图3 Tech-X发动机部分先进的创新性技术示意图

风扇后导向器、三维气动设计的高压缩比压气机、先进的环形贫油低污染燃烧室、三维气动设计涡轮叶片、大量使用复合材料的发动机短舱等。图3是Tech-X发动机部分创新性关键技术示意图。以下分别就Tech-X发动机融合和创新的先进技术进行逐一分析。

4.1 直径尺寸达52英寸的风扇整体叶盘

Tech-X发动机的风扇采用的是金属制造的整体叶盘,并且达到了52英寸。风扇的叶形为弯曲前缘后掠大流量宽弦叶片,这为风扇整体叶盘的制造增加了难度,但保持了好的气动性能和高抗外来物打击的能力。而钛合金整体叶盘采用线性摩擦焊工艺的可能性最大。由于采用了整体叶盘结构,Tech-X发动机的风扇气动性能更好、气流损失更小。

Tech-X发动机的涵道比尚未公布,但由其1.32米直径的风扇上可以推知其涵道比应在6.5以上,小于LEAP-X发动机的涵道比。LEAP-X发动机的风扇直径为1.8米,涵道比超过9。

4.2 复合材料风扇机匣

与GENx和LEAP-X发动机相同,Tech-X发动机也采用了复合材料风扇机匣。复合材料风扇机匣包容性能及强度均优于金属机匣,而且不易被腐蚀、便于维护。复合材料风扇机匣为发动机带

来的减重效果也十分明显,如GENx发动机的风扇机匣采用复合材料,比金属机匣轻154千克,可使一架飞机减轻重量363千克。

4.3 超高压比核心机

Tech-X发动机的核心机为超高压比核心机,其压比是目前CFM发动机的两倍,

拥有10级压气机、2级高压涡轮和先进的贫油低污染燃烧室。Tech-X发动机的高压压气机与LEAP-X发动机相同都是采用了三维气动设计的高压缩比压气机。

Tech-X发动机核心机的结构简单、紧凑、重量轻,压气机和涡轮承载能力强、效率高;发动机的调节和控制系统也非常先进。

4.4 可变面积风扇外涵喷管

与LEAP-X发动机相同,Tech-X发动机采用了可变面积风扇外涵喷管。通过调节发动机外涵道的面积,控制外涵气流速度,在不同飞行状态下都可使发动机始终处于最佳工作状态,同时还可以有效降低噪声和振动。

除此之外,Tech-X发动机的风扇出口导向器也采用了复合材料,将复合材料在发动机上的应用又推向了一个新高度。

4.5 Tech-X发动机的先进贫油低污染燃烧室

尽管GE在目前发布的关于Tech-X发动机的报道中只是称,Tech-X发动机的燃烧室是先进的贫油低污染燃烧室,并没有明确说采用的是第二代双环预混旋流器燃烧室。但依据Tech-X发动机的核心机是由LEAP-X发动机的核心机发展而来,而且LEAP-X的TAPS II燃

烧室的氮氧化物排放量比CAEP/6的标准低50%,可以判断出,Tech-X发动机的氮氧化物排放量要想比CAEP/6的标准低50%,或不少于50%的余度,其燃烧室应与LEAP-X发动机的燃烧室相类似,同属双环预混旋流器燃烧室,而且双环预混旋流器燃烧室就是先进的贫油低污染燃烧室中的代表之一。

在结构特点上,TAPS燃烧室燃油喷嘴的主燃级燃油喷射采用的是气动雾化式。其通过主混合器空气旋流器的高压空气气流与主燃级燃油的射流相垂直,目的是使主燃级燃油的雾化更充分,混合度更高;其进入燃烧室燃烧可在燃烧室内形成稳定的主燃级燃烧回流区。这种混合形式的燃烧模式在现代商用航空发动机燃烧室中采用较多,特别是用于具有多燃级燃烧的主燃级燃烧中,以便实现贫油燃烧,从而达到低污染排放的目的。

由于燃油预先与空气混合后喷入燃烧区进行燃烧,燃烧区也处于贫油状态。从燃烧室的燃烧区分布来看,TAPS燃烧室的燃烧分区更合理,可实现发动机全工况的贫油燃烧。就燃油燃烧效率而言,TAPS燃烧室的燃油燃烧效率更高,火焰温度更低,燃烧室出口温度场也更均匀,污染物排放更低。

4.6 新一代低刚性高载荷高压涡轮

LEAP-X采用的新一代高压涡轮叶片属于低刚性高载荷涡轮叶片。



图4 陶瓷基复合材料低压涡轮导向器叶片

Tech-X发动机的核心机由LEAP-X发动机的核心机发展而来,因此可以推测Tech-X发动机的高压涡轮沿用了此项新技术。

4.7 新一代三维气动设计低压涡轮

GE公司在LEAP-X发动机的低压涡轮上采用了新一代三维气动设计。低压涡轮转子叶片材料使用了先进的耐高温、重量轻的钛铝金属间化合物材料。低压涡轮导向器叶片材料为陶瓷基复合材料(CMC),其质量仅为传统材料的1/2甚至更轻,但可以耐1200℃以上的高温,并且不需要冷却,易于加工(见图4)。一般来说,一项新技术开发成功后不会只用于一个机型,一定会推广应用,由此可以推测Tech-X发动机的低压涡轮设计中也会沿用这些新技术。

此外,据一些业内人士推测,GE公司也可能将整体叶盘技术应用于Tech-X发动机的涡轮设计中。

4.8 一体化集成推进系统

与LEAP-X发动机相同,Tech-X发动机和短舱作为一体化推进系统,拥有先进的进气道、声学处理和电动反推力装置,可以充分发挥其气动性能、重量和声学优势。Tech-X发动机的短舱上还应用了更多的复合材料,如复合材料进口整流罩(Composite Inlet Cowl)、复合材料核心机整流罩(Composite Core Cowl)和复合材料转向套(Composite Translating Sleeve)等。

4.9 其他创新性技术

Tech-X发动机上采用的其他关键创新性技术还有:先进的冷却技术、新的耐高温材料、先进的控制诊断技术以及全新的性能保持技术等,而且GE公司还在研究将发动机全权数字控制系统用到发动机短舱中,而非常规的装在发动机中,这样将更加便于更换和维

修,同时还可以使发动机全权数字控制系统在更低的温度下运行,进一步提高其可靠性和延长寿命。

5 结束语

Tech-X发动机不但传承了LEAP-X发动机的核心机技术,还融合了众多其他先进技术,包括先进的空气动力学设计、使用更轻耐久性更强的材料和更前沿的环保技术,使得Tech-X成为发动机技术上的又一次重大突破。本文就Tech-X发动机和其先进技术做一概括性分析,以供相关人士参考。

AST

参考文献

- [1] 李杰. LEAP-X发动机的创新性技术[J]. 航空科学技术, 2011, (4): 16-18.
- [2] 李杰, 巨亚斌. 复合材料在GE新一代商用发动机上的成功应用与发展[C]. 第17届全国复合材料学术会议论文集, 北京, 2012.
- [3] 李杰. 复合材料在新一代商用发动机上的应用与发展[J]. 航空科学技术, 2012, (1): 22-26.
- [4] 李杰. TAPS燃烧室燃油喷嘴结构设计特点分析及思考[J]. 航空科学技术, 2010, (1): 12-14.
- [5] 李杰. 现代航空发动机分区燃烧策略分析[J]. 航空科学技术, 2011, (3): 17-20.
- [6] Dubois T. Progress continues on turbofan programs and demonstrators[Z]. Aviation International News, March 2009.

作者简介

李杰, 高级工程师, 从事外贸技术与管理工作。

巨亚斌, 工程师, 从事外贸转包项目技术与管理工作。