

欧美发动机制造商应对波音777X发动机选型竞争

Occident Engine Manufactures Reply B777X Engine Type Selection Competition

中航工业燃气涡轮研究院 姚艳玲



姚艳玲

助理工程师, 2009年毕业于南京理工大学, 现为航空发动机高空模拟航空科技重点实验室研究人员, 从事航空发动机高空模拟试验研究和高空模拟试车台建设工作。

进入2010年代, 全球大型客机市场的竞争更加激烈。2013年2月8日报道, 罗·罗公司为空中客车公司最新飞机项目——A350XWB宽体飞机研发的遑达XWB发动机日前获得欧洲航空安全局(EASA)发动机型号认证, 将实现A350XWB飞机在今年晚夏季首飞的目标。型号认证涵盖了为A350-800型和350-900型飞机提供动力的遑达XWB发动

技术先进、更经济、更安静和更清洁的动力是波音公司的选型标准, 也是国际民航组织(ICAO)、欧洲航空研究咨询委员会(ACARE)等机构制定民机产业政策的主线。

机。为更大尺寸的A350-1000型飞机提供动力的更大推力的遑达XWB发动机目前尚处于研发之中。

在2011年6月的巴黎航展上, 波音公司向业界宣布, 为了应对空客公司A350-900/1000双发宽体客机所带来的市场竞争, 波音公司正在研究波音777X项目, 计划于2012年年底启动。波音777X是在波音777-200LR/300ER飞机基础上研发的下一代宽体客机, 包括353座的波音777-8X和407座的波音777-9X。

要求的配套发动机将具有强劲的动力和良好的经济性且绿色环保, 将在2020年之前投入运营。而超远程的777-8LX作为波音777X系列中潜在的第三个成员, 可能会在2020年以后投入运营。波音777-8X和波音777-9X的出现, 将使波音在323座级的787-10X到467座级的747-8之间的系列产品更加丰富, 将更有力地提升波音公司在宽体客机市场

的竞争力。波音777X将大规模采用新型复合材料, 有效减轻飞机的整体净重, 所需的发动机尺寸减小到325cm, 推力减少到440kN, 而燃油消耗量也进一步降低^[1]。

波音此举战略意在继续保持该公司在这一座级市场的领先地位, 这将进一步加剧大型宽体客机领域的竞争, 同时也为新兴国家进入宽体客机领域设置了更高的技术标准。

波音777X项目概况

波音777项目于1990年正式启动, 1995年投入市场, 一直都是波音公司最盈利的机型之一, 所以对其进行升级的时机对于波音来说将是一个非常关键的决定。波音公司必须保证在不影响当前机型需求的前提下, 推出升级版的飞机来与空客公司竞争。

波音公司的竞争对手空客公司推出的A330/A340在与波音777的

竞争中处于不利地位,因此该公司推出了将于2017年投入市场的A350-1000。为有效应对竞争,波音公司近年来一直在研究波音777的后续发展,称为“波音777X”的新项目将在现有波音777基础上改进升级,采用全新设计的复合材料机翼以实现减重的目标,换装新一代发动机。波音公司在2012年3月披露了波音777X的性能参数。波音777X已完成了第一轮风洞试验,已于2012年底正式启动研制,2015年将确定飞机外形,2017年底或2018年实现首飞,2019年左右投入市场。波音777X共有777-9X、777-8X和777-8LX 3种型别。

波音777-8X和777-9X的经济性将比现有机型提高15%,其载客量和航程均比空客A350XWB更具优势,可进一步巩固波音在宽体客机市场中的地位。

波音777X与目前的波音777将保持60%的系统适用性,波音777-9X每座燃油消耗将比目前的777-300ER减少21%,每座运营费用降低16%。燃油消耗的减少和航程的增加,对该机实现洲际直航将更加有利。

目前,波音777X的最终方案尚未确定,但波音已开始向GE、罗·罗和普惠公司征求动力方案,3家发动机制造商近期也纷纷公布了其配装波音777X飞机的400~445kN推力级别的发动机细节。

备选发动机技术方案

波音777X最大的改进之处就是采用新一代发动机,波音公司早在2011年就发动机需求发布了信息征询书,要求三型飞机的发动机具有通用性,希望各大发动机制造商提出各自的发动机方案。

1 GE的GE9X发动机方案

GE公司是世界最负盛名、竞争力最强的航空发动机制造企业。GE航空集团董事长大卫·乔伊斯2012

年2月7日在西雅图介绍说,作为波音777-300ER/200LR和777货机的唯一发动机供应商,GE公司将继续研究波音777X飞机使用的下一代发动机,即为777X推出了GE90-115B发动机的替代型发动机,即在GE90的基础上推出设计推力为400~444kN、额定推力为442kN的GE9X发动机。GE9X发动机直径为325cm,涵道比为10:1,总压比为60:1,高压压气机压比为27:1,而目前采用的GE90-115B总压比仅为42:1,高压压气机压比为23:1。GE公司已对此进行了4年的研究,在2012年已出资5000万美元进行GE9X先进技术的研究。GE公司已经对新材料性能进行了一系列试验,发动机部级和整机试验按照计划节点向前推进。GE公司预计最早在2014年对第一款GE9X发动机高压气机台架和核心机进行试验,计划在2015年完成发动机最终设计冻结,2016年进行发动机整机测试,2017年在GE的747-400飞行试验台上进行测试,以确保发动机在2018年完成适航认证工作,最终实现在2020年左右投入市场的目标。

GE9X发动机(图1)设计将从GENx和LEAP-X项目中提取先进技术,并融入其他新技术。GE9X发动机的关键特性包括^[3]:(1)风扇直径

与GE90-115B(325cm)的相近;(2)第4代复合材料风扇叶片和复合材料机匣;(3)全新空气技术驱动的高压压气机具有27:1压比;(4)第三代双环腔预混旋流(TAPS III)燃烧室;(5)陶瓷复合材料(CMC)的高压涡轮;(6)增强钛铝(TiAl)低压涡轮叶片。

GE9X采用第四代复合材料风扇叶片三维气动设计技术,这是在GENx发动机上已经应用的技术设计。尽管,引入了GENx的复合材料风扇低压系统,其风扇尺寸(325cm)不是很大,但性能更好,重量轻,耐久性好、效率高、噪声低。GE9X基于eCore技术而设计,且采用尺寸相对更小的核心机,因此较GE90-115B发动机有更大的涵道比,约能达到10:1。前五级压气机将采用整体叶盘结构,总压比可达到60:1。同时,高压压气机会采用全新的气动设计技术,高压压比将达到27:1(GE90-115B发动机高压压气机压比为23:1),其气动性能和制造技术较GENx发动机均有一定的提高。

GE9X发动机还将采用第三代双环腔预混旋流燃烧室和重新设计的燃油混合器,对防止自动点火装置进行一些修改设计。其低压涡轮叶片采用增强钛铝(TiAl)金属间化合物。由于陶瓷基复合材料(CMC)比

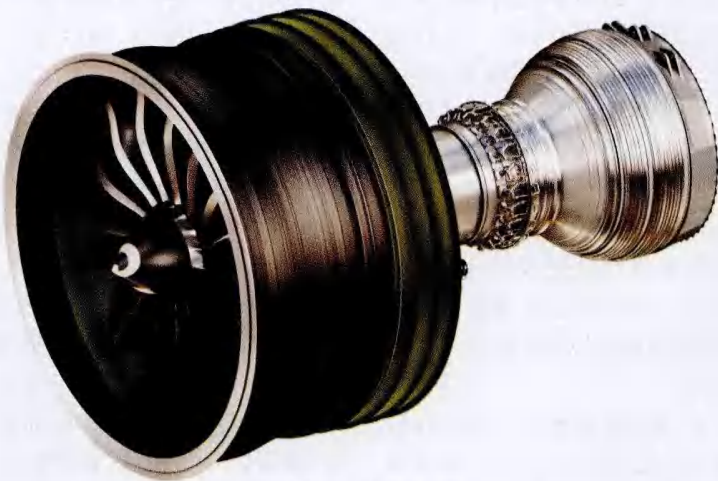


图1 GE9X发动机

传统的热端部件合金更轻、需要更少的冷却空气,因此GE公司表示,GE9X发动机将比LEAP发动机采用更多的陶瓷基复合材料。目前,CMC的研制和制造工作正在如期进行,并将于2015年在首台核心机试验中使用。

TAPS燃烧室是一项富有创新性的技术,它的概念设计源自GE公司同美国航空航天局(NASA)共同资助的“先进亚声速技术”(AST)和“超高效发动机技术”(UEET)项目,早期曾在GE90(DAC构型)和CFM56-7B(SAC构型)发动机上进行过阶段性试验,并最终随GENx机型进入成熟产品服役阶段。当前用于GENx-1B/2B机型上的TAPS燃烧室为第一代产品,而第二代TAPS II燃烧室将随LEAP-X正式推出。与TALON X燃烧室选择在RQL燃烧方式上进行不断改进不同,TAPS燃烧室直接基于贫油燃烧技术设计,通过油气预混、分级燃烧等方式降低发动机 NO_x 和碳氢化合物的排放量,同时改善燃烧室出口温度(T_4)场的均匀性,减少了温度的高低变化,降低了温度,对下游、高压涡轮叶片的耐久性和将来的维修性都有很高的改进。研究中的TAPS III的环保性能则更令人满意,达到欧洲航空研究咨询委员会对未来的民用客机提出的环保性指标:对于2020年投放市场的机型,相比2000年设计水平, CO_2 排放需降低50%, NO_x 排放需降低80%,同时飞机噪声等级需降低50%^[4-5]。

TAPS的关键是空气和燃油在燃烧之前如何进行预混。来自高压压气机的空气通过2个紧邻燃油喷嘴的高能旋流器直接进入燃烧室。旋流器使油气进行更均匀、更贫油的混合,其燃烧温度比以前的喷气发动机设计要低。

在LEAP发动机中,CMC仅应用于高压涡轮静子叶片围带,未来这种材料有望应用在GE9X的旋转部

件上。CMC材料的热稳定性,对于保持涡轮叶尖间隙很有帮助。

GE9X发动机涡轮的设计采用第三代设计工具,应用了可减少叶片数的长寿命叶型。高压涡轮叶片数比GE90-115B的少20%。

GE公司正在研究加强涡轮的温度控制,以作为一种提高耐久性和部件寿命的方法。如高压涡轮叶片采用能承受更高温度的材料,且叶片可在低的工作温度下运行。该发动机其他部件的工作温度也将受到控制。

波音期待深化与GE公司的合作。选定GE作为波音777X的引擎开发商,可进一步强化波音与GE长期以来的合作关系,凭借GE在波音777系列机种开发期间累积的经验,将可让这款双引擎广体客机的效能获得有效提升,满足未来20年、甚至更长远的航空业营运需求。

2 罗·罗的RB3025发动机方案

据航空业界观察者预测,GE公司有可能将以GE9X发动机维持其对波音777X飞机的独家动力供应,之前波音777-300ER、波音-200LR和货机都独家采用了GE公司的GE90发动机。为应对竞争,罗·罗公司为波音777X飞机推出全新发动机方案——RB3025,可以同时用于波音777-9X和波音777-8X 2款飞机,通过简单地调整发动机转速即可实现大小不同的推力要求。

从1994年遛达700系列发动机在空客A330机型上应用开始,20年来罗·罗公司的产品相继被波音777、787、A380等主流远程宽体客机所选用,并成为当今唯一一家能够独立研制并为几乎所有大型客机提供发动机的主制造商。

近年,罗·罗公司为增强发动机技术核心竞争力,在未来发动机发展规划方面,罗·罗公司倾向于通过增大发动机涵道比、使用轻质复合材料、改善燃烧室设计、提高整机热效率来完成传统双/三转子构型发动

机的持续改进。其中,涵道比的增大有效提高了发动机的推进效率,而且外排气流流速的降低有助于抑制整机噪声。高强度轻质复合材料在风扇单元体的应用降低了整机重量,进而提高了发动机功重比;高压比压气机设计需要高效燃烧室和热端部件冷却设计与之配合,同时采用耐高温涡轮叶片材料以延长零部件使用寿命,最终提高整机热效率^[6]。

目前,正在设计的RB3025发动机方案为:采用罗·罗传统的三轴设计,推力级别为445kN,风扇直径为337cm,涵道比为12:1,总压比高达62:1,如果得以实现,将成为目前商用涡扇发动机中最高的总压比。罗·罗公司表示该发动机比GE90-115B耗油率改善10%,比遛达800发动机改善15%。RB3025采用基于遛达1000(图2)的核心机、贫油燃烧室、复合材料风扇和先进材料等先进技术,同时基于Advance3技术研发项目的成果。罗·罗公司将在未来1~2年时间里与波音公司合作根据飞机方案优化设计发动机,研发过程总共需要约6年时间。缩比尺寸叶片将安装在遛达1000发动机上,并在2013年内完成地面测试。

RB3025发动机由遛达1000和遛达XWB发动机衍生而来,同时还大量借鉴“Advance3”环境友好型发动机(EFE)发展项目的相关技术,主要包括遛达1000衍生核心机、贫油燃烧室、复合材料风扇等,其核心机高压部件及燃烧室也将采用更为先进的材料。

“Advance3”项目是针对由遛达1000衍生而来的环境友好型发动机(EFE)技术,旨在研发适用于宽体客机的三转子发动机,“Advance3”的研究重点是先进低压系统(ALPS)验证机技术、先进低排放(贫油)燃烧室系统(ALECSYS)、下一代复合材料风扇(LCFS)、低重量管路布置(LCDE)和叶尖主动间隙控制

技术^[7-8]。

RB3025 发动机的先进低压系统 (ALPS) 由复合材料风扇和复合材料机匣组成, 因此该发动机也将成为罗·罗公司首型风扇叶片和风扇机匣同时采用复合材料的大型涡扇发动机。其中, 复合材料风扇叶片直径为 337cm, 叶片数量仅为 18 片。而罗·罗公司目前最先进的遑达 XWB 发动机风扇的直径为 300cm、叶片数为 22 片, 而且是钛合金空心风扇叶片。两者相比, RB3025 的性能将有很大提升和改进。罗·罗公司宣称, 该发动机是他们迄今为止研制的风扇直径最大的发动机, 设计尺寸是该技术等级下的最优设计, 同时考虑了安装和运输方面的要求。

基于罗·罗公司第五阶段燃烧室的设计特征, ALECSYS 技术在改善燃烧组织形式和冷却效果基础上, 利用多点喷射燃油喷嘴和贫油燃烧主动控制, 实现了整个飞行包线内燃烧室的低排放稳定运行, 而在先进高温系统 (AHTS) 热端部件的热防护中,

通过与波音公司的信息共享, 罗·罗公司已经确定了 RB3025 发动机的大量设计细节, 双方将于今后 1~2 年内开展发动机的优化设计工作, 并于 2014 年开始 ALPS 试验, 另外还将开展先进低排放燃烧系统的贫油燃烧验证机研究。

在研究中的 RB3025 发动机上, 一种名为“智能发动机”的实时自监测控制技术格外引人注目。该技术通过安装在发动机内部并与电子发动机控制单元 (EEC) 相关联的微型探头, 实现了压气机、燃烧室、涡轮等关键零部件的可视化监视, 进而可以对外物入侵、鸟击、叶片断裂、滑油泄漏等失效的严重程度进行探视, 从而减少了孔探的工作强度和时间。这种自监视技术已经在遑达 900 发动机压气机单元体得到了模拟应用, 其最终研发目标是成为发动机状态监控的一部分, 在未来 10 年内实现整台发动机的自动孔探与记录功能。

3 普惠的齿轮传动方案

2008 年 7 月在范堡罗航展期

年度 50 大最佳发明”, 多项航空科技成果入选, 其中包括 PW1000G 齿轮传动风扇发动机、波音 787 客机、太阳能飞机, 足见 GTF 发动机在航空科技发展历程中的重要地位。该发动机的独特之处在于通过一个齿轮箱使得风扇和涡轮叶片以不同的速度旋转, 从而确保发动机的效率最高, 与目前的发动机相比燃油消耗减少 16%, 因此普惠公司认为 GTF 也是宽体客机最佳动力之一^[9]。

普惠不仅期待在酝酿中的新一代单通道客机市场竞争中向 CFM 国际公司 (CFMI) 的统治地位挑战, 希望成为低推力级别强有力的竞争者, 抢占窄体客机发动机市场的制高点, 也想在未来宽体客机动力市场分得一杯羹。特别是近期, 随着波音公司 777X 客机换代项目的启动, 普惠公司正在积极探寻制造装备于远程宽体客机的高推力齿轮传动发动机的可能性。

普惠公司表示, 将 PW1000G 发动机结构缩放, 可以达到未来宽体客机所需的推力级别。针对波音 777X, 他们提出了 PW1095G 或 PW10100G 齿轮传动涡扇 (GTF) 发动机, 并将把 PW1000G 的所有新技术都转移过来, 其推力范围在 338~489kN 或 356~467kN 之间, 具体的推力级别将由发动机的最终构型而定。

在 PW1000G 发动机本体构型上, 风扇传动齿轮系统 (FDGS) 的引入解除了风扇与低压转子的转速限制, 在增大核心机压比的同时降低风扇叶尖速度, 从而使燃油经济性和噪声表现得到改善; 因此, PW1000G 也被业内称为“2.5”轴发动机。

当前, 日益苛刻的燃油消耗率 (TSFC) 要求迫使发动机制造商选用高涵道比和风扇叶片直径设计, 并不断提高整机压比和涡轮前温度以实现更高的热效率, 这些都使 RTM 复合材料风扇叶片制造技术、3D 压气

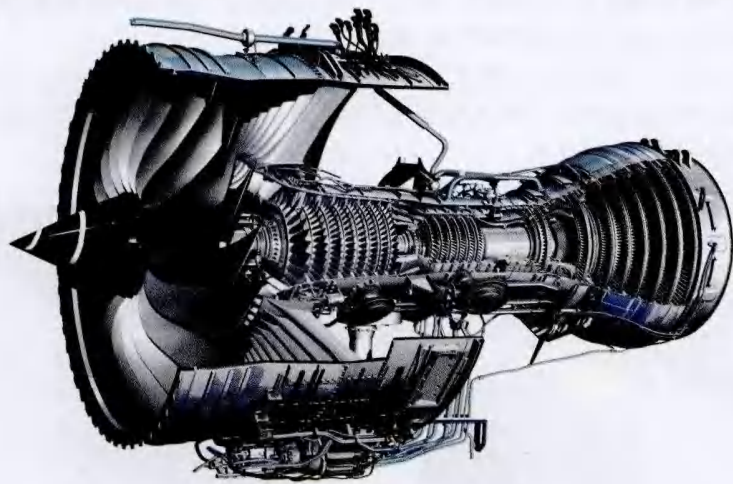


图2 罗·罗公司的遑达1000

CMC 高压喷嘴和先进间隙控制技术的采用极大程度降低了发动机二次空气系统高压涡轮单元体冷却气流的分配量, 从而提高了整机的运行效率。叶尖主动间隙控制技术有助于提高发动机的效率和可靠性。

间, 普惠公司正式将新一代齿轮传动涡扇发动机 (GTF) 命名为“静洁动力 PW1000G”, 涵盖了推力级别为 63~106kN 的新型齿轮传动风扇发动机, 从而开启了一个全新的产品序列。美国《时代周刊》揭晓“2012 年

机叶型、CMC 低压涡轮叶片的使用成为必然。FDGS 系统的出现不仅改变了传统发动机架构,也为这些新技术的充分使用提供了平台,同时还为齿轮传动发动机未来的技术升级留足了空间。

新发动机齿轮系统的传动比约为 3.5:1,风扇直径很可能比 GE90-115B 发动机稍大,涵道比高达 15:1,同时将采用先进的短舱、轻型风扇设计、压气机气动设计、核心机技术,先进的涡轮设计、冷却技术和低压系统技术等,能够使发动机效率得到极大的提高。另外,随着发动机尺寸的加大,齿轮传动结构的优势也将成比例的增加。GTF 系统允许发动机更短、级数更少,能够优化高压压气机和低压压气机之间的压力分配,使发动机的性能达到最佳。同时,普惠公司还计划借助波音 777X 发动机的研制工作来解决大型齿轮系统的热抑制问题。

在 GTF 发动机中,普惠公司融入了大量成熟的其他先进技术。其中包括:下一代 TALON(先进低氮氧化物技术)的低排放燃烧室,先进的高压压气机,成套高压涡轮,以及材料、控制和发动机健康监控等技术^[10]。

普惠公司的富油-快冷速混-贫油(RQL)TALON 燃烧室采用先进的燃油/空气喷嘴和混合器,金属衬壁(浮壁),以及先进的冷却控制,使得发动机在起飞、高海拔巡航和着陆时都具有更低的氮氧化物排放。

高压压气机具有结构紧凑的特点,采用了整体叶盘与悬臂式的静子叶片结构。

高压涡轮应用了先进的气体动力学、先进的冷却控制和密封技术。

普惠公司正在研究轻型材料风扇叶片和复合材料风扇叶片,新型风扇叶片将会被用在生产型齿轮传动风扇发动机上;并研发了新型热防护涂料,可以显著提高发动机的耐久

性和在役飞行时间。

据报道,普惠公司还将可变面积外涵喷管(Variable-Area Nozzles, VAFN)技术应用于 GTF 发动机。VAFN 被认为是与核心机、风扇齿轮驱动系统同样重要的关键部件。最新设计的可变面积外涵喷管可以根据飞机飞行状态调节外涵气流流量,随着飞机爬升到一定高度,喷管形态可以调节至适合高空飞行的最佳状态。而且,大型涡扇发动机推力越大、涵道比越高,可变面积外涵喷管的优越性越明显。普惠公司的设想中用于波音 777X 的新型发动机涵道比高达 15:1,该技术可以显著提高大涵道比发动机的燃油效率、降低机场噪声,还能改善发动机的喘振裕度,降低风扇发生颤振的概率。此外,VAFN 不会给发动机带来任何的机械负担。

普惠公司已经针对风扇传动齿轮系统在 PW1000G 系列发动机上开展了大量的试验研究工作,目前完成了超过 6000h、80000 个循环的试验,实现了超过 460h 的飞行测试。测试结果证明了齿轮结构的高可靠性、低油耗、低噪声和低排放等特点,并且能够确保该结构可用于推力级别达 445kN 的发动机(图 3)。



图3 试验中的GTF发动机

目前,普惠公司用于波音 777X 飞机的齿轮传动涡扇发动机正在概念设计阶段,而普惠公司也正与波音公司开展交流,力图在未来 3~4 个月内确定发动机基本构型。

前景看似乐观,但是依然存在较大的变数。波音公司与 GE 公司的关系非同一般,从 LEAP-1B 发动机获选为波音 737MAX 的唯一动力即可看出,普惠公司欲将 GTF 应用于波音 777X 项目上面临不小的压力。波音公司在波音 777-300ER/200LR 和 777F 发动机选型上与 GE 公司签订了排他性协议,在 777X 项目上是否会采取类似的协议还有待观察。

GE/罗·罗/普惠 3 家动力方案的竞争力分析

为了满足波音对 777X 巡航状态耗油率的要求,即比 20 世纪 90 年代中期的波音 777 基准飞机的耗油率低 22%,波音 777X 的发动机需要更大的风扇,总压比要比高达 800 发动机高 50% 以上。3 家发动机制造商均提出了具有自身特点的竞争机型^[11]。

(1) 技术水平——GE9X、RB3025、PW1000G 发动机方案技术水平相当。

首先,从技术水平来看,GE公司的GE9X发动机综合了目前该公司最先进的研究成果,能够大大改善燃烧、噪声和排放,满足波音777X对动力装置的性能要求,确保发动机耗油率降低达10%以上。罗·罗公司的三转子RB3025发动机基于遛达1000和遛达XWB发动机,并大量采用“Advance3”环境友好型发动机(EFE)发展项目的技术,能够提供低的单位推力和高的推进效率,将比GE90-115B发动机耗油率降低10%以上,比遛达800发动机耗油率降低15%以上。而普惠公司的GTF发动机采用了独有的风扇驱动齿轮系统,确保发动机尺寸更短,级数更少,能够优化高压压气机和低压压气机之间的压力分配,确保发动机处于最佳的性能,并带来2位数的燃油效率提升和50%的噪声降低。因此,3家发动机制造商推出的发动机方案均采用各自最先进的民用发动机技术,具有自身独特的技术特点,能够满足波音777X飞机对动力的需求,技术水平相当,不分上下,但均无明显突出的技术优势。

(2)技术风险——GE9X最低, RB3025次之, PW1000G最高。

从技术风险来看,GE公司的GE9X发动机作为GE90-15B发动机的替代型号,很好地延续了GE90发动机的技术优势,并将大量采用在系列客机动力型号中表现优异、经过成熟发展的eCore技术、复合材料风扇低压系统以及双环腔预混回流燃烧主技术,能够将GE9X发动机的技术风险降到最低。罗·罗公司多年来始终关注并占据着双发宽体客机动力的最大市场份额,拥有宽体客机动力的丰富研制经验。同时, RB3025发动机将采用遛达系列核心机、成熟的三转子技术和基于Advance3的准货架产品的研究成果,能够有效降低产品的技术风险。

普惠公司的PW1000G齿轮传动

涡扇发动机虽然经过了多年的研制,开展了大量的试验研究,并验证了齿轮传动涡扇发动机的优越性,但是齿轮传动系统在大推力发动机上的可靠性和耐久性尚待进一步验证,且至今尚无装备、服役的先例,具有一定的技术风险。但随着PW1000G发动机研制试验工作的进一步推进,以及未来在窄体客机和支线客机上服役,这项技术的风险程度也会逐渐降低。

(3)市场占位——GE和波音公司紧密合作,罗·罗公司维持宽体市场份额,普惠公司开拓宽体客机市场。

从市场营销考虑,GE公司和波音公司在波音777-200LR/-300ER飞机上已经取得了巨大成功,深受客户好评,且2家公司始终致力于提升GE90发动机性能方面的紧密合作。因此,考虑到波音公司和GE公司多年的亲密合作,大部分业内人士更看好GE公司,猜测该公司凭借GE9X发动机会继续保持波音777X的独家供应商地位。然而,罗·罗公司长期占据着大型宽体客机动力市场的最大份额,且遛达1000发动机在波音787飞机上也取得了一定的成功,此次推出的RB3025发动机在宽体客机777X上也必将具有强劲的竞争力。而普惠公司在近几十年丢失大片商用飞机阵地之后,能否依靠GTF技术重重在民机领域崛起,我们仍将拭目以待。

结束语

波音777X项目的推出是波音公司产品发展战略的重要一环,一方面是出于与空客公司相抗衡的考虑;另一方面是希望达到保持领先地位,打压民机领域新进入者的目的。面对竞争日益激烈的全球民用飞机市场,尤其是在宽体客机领域,打破波音和空客公司垄断地位的任务仍然任重道远。

技术先进、更经济、更安静和更

清洁的动力是波音公司的选型标准,也是国际民航组织(ICAO)、欧洲航空研究咨询委员会(ACARE)等机构制定民机产业政策的主线。波音公司推出下一代777X飞机,为GE公司、罗·罗公司和普惠公司提供了机遇与挑战。虽然GE公司曾与波音公司开展过长期的紧密合作,但罗·罗公司和普惠公司均推出了具有自身技术优势的动力方案,使得下一代777X飞机的动力选项面临激烈的竞争。GE公司期待继续与波音公司紧密合作,罗·罗公司始终瞄准宽体客机的动力市场,而普惠公司也试图借波音777X换发的契机使GTF发动机挤进宽体客机的市场。

波音777X项目的启动必将对全球民用飞机市场带来深远影响,引发大型民用发动机领域新竞争。然而,在波音公司尚未决定波音777X飞机的动力是否选择多个选项的情况下,或许不同动力方案的技术水平和技术风险会主导波音公司的决策,而不同发动机制造商的市场占位也会左右波音公司的抉择。因此,与很多人预测的结果一样,分析表明,如果波音公司决定采取唯一动力选项,GE公司的GE9X将可能最后胜出;如采取选择多个动力选项,考虑到与GE公司长期的紧密合作,波音公司也可能将GE公司的GE9X列为第一备选方案,在罗·罗公司的市场公关、销售策略足够高明的情况下, RB3025发动机可能会占据一定的市场份额,而普惠公司的GTF发动机由于技术风险相对较大可能会遭到波音公司的“弃用”。随着波音公司777X飞机方案的推进,哪一个或哪几个动力选项会受到波音公司的青睐将值得高度关注。

本文共有参考文献10篇,因篇幅所限,未能一一列出,读者如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 夏宛)