

首款国产大飞机发动机 技术特点及其市场前景浅析

Technical Characteristics and Marketing Prospect of C919 Aeroengine

西安航空动力股份有限公司 闫国志 李 杰



闫国志

西安航空动力股份有限公司副总经理,研究员级高级工程师,长期从事航空发动机外贸转包生产工作。

据 2010 年新加坡航展最新消息:中国首款国产大飞机 C919 今年开始接受预订,目标是在年底前获得 100 架新机订单,并在未来 20 年内售出超过 2000 架,预期买家大部分来自中国内地,这可令中国航空业减少对波音和空客的依赖。首款国产大飞机的标配为 168 个座位,计划于 2014 年首飞,2016 年适航取证。

32 航空制造技术·2010 年第 14 期

未来 20 年 C919 飞机群整体需要 5000 台份发动机, LEAP-X1C 有可能将占到 2500 ~ 3500 台份;而 SF-A 和 SF-B 将占到 1500 ~ 2500 台份。这样的市场预测值对于 LEAP-X1C 与 SF-A 和 SF-B 来讲都是相当可观的。

中国的大飞机项目首批会生产 5 架飞机进行试飞,其中 1 架将装配中航工业商用飞机发动机公司(中航商发)的发动机进行试飞,届时中国大飞机有望拥有一颗“中国心”。由于发动机技术的难研发性,实现民用飞机发动机的国产化,打破国际上 GE、罗·罗和普惠 3 家的技术垄断,其重要性并不亚于国产大飞机项目。

C919 启动发动机 LEAP-X1C 简介

2009 年 12 月 23 日美国通用电气(GE)公司宣布,其与法国赛峰集团的平股合资公司 CFM 国际公司被选定为中国正在研制的民航大飞机 C919 提供飞机发动机。CFM 国际公

司将通过为 C919 单通道飞机推出首款采用下一代技术的飞机发动机,该发动机就是 CFM 公司正在研发的新型 LEAP-X1C 发动机,为世界第 1 种第 3 代民用航空发动机,是 C919 的唯一国外启动发动机。

CFM 计划在 2012 年进行验证型发动机试车,并争取在 2016 年取证,其时恰逢 C919 客机定型投产。目前,LEAP-X 发动机的核心机和风扇已经完成气动性能试验,开始进行整机测试。

中国商飞为 C919 选择了由 GE 和法国赛峰提供的整套的一体化推进系统(IPS)。其中,CFM 将提供飞机发动机部分,奈赛公司(Nexcelle)将提供发动机短舱和反推力装置(奈

赛公司是 GE 下属的 MRAS 公司和法国赛峰集团 Aircelle 公司建立的一家平股合资公司)。

中国自主研发用于 C919 的商用发动机简介

由中国自主研发的用于 C919 的商用发动机分为 2 款:SF-A 和 SF-B。SF-A 发动机由隶属于中国航空工业集团公司的中航商发设计、研制,是一款推力范围为 117600 ~ 127400N 的大涵道比涡扇发动机,可满足大型客机的动力需求。根据规划中初定的时间表,预计 SF-A 发动机将于 2016 年取证。其模型已于 2009 年 11 月 3 日在上海 2009 中国国际工业博览会上进行了展出。

SF-B 将是一款全新型的第 3 代商用航空发动机,预计 SF-B 发动机将于 2020 年取证。

LEAP-X 发动机技术特点

LEAP-X 发动机是 CFM 国际公司研发的新一代发动机。与主流发动机 CFM56 系列相比,LEAP-X 燃油消耗可减少 16%,二氧化碳排放量可减少 16%,氮氧化物排放量不足其 60%,且更为安静。

LEAP-X 发动机采用 SNECMA 公司研制的先进碳纤维复合材料风扇叶片以及 GE 公司研制的先进陶瓷基复合材料涡轮部件。

风扇叶片也是发动机整体技术

水平的重要标志之一。为了改善进气效率(加大进气流量、降低进气噪声等),新一代涡扇发动机的风扇叶片采用宽弦、3D 气动设计,且数量大幅度减少,采用复合材料制造。LEAP-X 是 CFM 公司正在研制的新一代涡扇发动机,风扇叶片数量只有 18 片,直径为 1.8m,总重为 76kg,而且空气动力性能大幅优化。

LEAP-X 核心机拥有 8 级压气机、1 个单级高压涡轮和先进的第 2 代双环预混旋流器燃烧室(TAPS II)。这是美国 GE 公司被称为“eCore”的发动机核心机研发项目的首次应用。它的结构更简单紧凑、重量更轻,压气机和涡轮承载能力更强、效率更高;发动机的调节和控制系统更先进。

目前 LEAP-X 核心机单级高压涡轮的设计压比是 16。2011 年中期将开始测试压比为 22 或 23 的 2 级高压涡轮,初始设计将在 2010 年的年底结束。CFM 公司还需要对从 2 种不同类型的核心机中获取的大量数据进行分析,从而最终确定是采用单级涡轮还是 2 级涡轮。

按 CFM 公司的传统,LEAP-X 发动机仍由 SNECMA 公司负责开发与 GE 研制的核心机相配套的低压部分,包括进气道、风扇、低压压气机、低压涡轮、附件机匣和调节系统等。

2009 年 6 月,在 GE 公司位于

俄亥俄州 Peebles 的室外试验台,对 LEAP-X 发动机的风扇和压气机进行了首次测试(安装在现有的 CFM56-5C 发动机上)。在被运到 Peebles 之前,风扇和压气机已在 SNECMA 位于法国 Villaroche 的基地完成了气动及性能试验。目前已成功完成了广泛的侧风试验,正在进行声学试验以测量在多种不同运行条件下的噪声水平。LEAP-X 的压气机的压比有了大幅度增加。

LEAP-X 是为未来 10 年进入服役的下一代中短程客机而研制的一款新的发动机,其核心目的是采用先进的复合材料和合金制造技术,减轻发动机重量从而降低油耗。首台全尺寸验证机预计 2012 年开始试车。

事实上,CFM 公司发动机的各方面性能一直处于行业领先地位,与其背后的“科技含金量”是密不可分的,这就是 GE 公司和 SNECMA 公司双方各自在高科技研究领域的巨大投入。

SNECMA 公司在 20 世纪 90 年代与法国国家航空航天科技研究院(ONERA)和法国国家科技研究中心(CNRS)合作,研究先进集成燃烧系统,目标是对环境进行最大限度的保护,减少发动机在工作过程中的氮氧化物、碳黑等污染物排放,降低噪声,减少燃油消耗;研究机械工程先进计算方法,为未来发动机设计开发作准备,内容包括固体力学、振动学、结构动力学、复合材料建模、接触摩擦损伤等,以便精确预测结构在常温或高温环境下的使用寿命。

除了 SNECMA 研发的碳纤维风扇,GE 还对陶瓷基复合材料技术进行了 25 年多的研发。这种超轻的材料适合在高压涡轮内极其高温状态下工作。

LEAP-X 将采用一个比 CFM56 发动机大 16% 的风扇,直径为 1.8m,现有的民航主流 CFM56 系列发动机风扇直径为 1.55m。为了大幅度地





试车台上的LEAP-X发动机

减重, LEAP-X 发动机的风扇叶片边缘将采用钛合金, 叶片本身将采用利用 3-D 组合碳纤维转化浇铸方法生成的复合材料, 这是一个巨大的技术进步。LEAP-X 发动机的 18 个 1.8m 叶片总重为 76kg, 而 CFM56 系列发动机的 24 个 1.5m 叶片总重 118kg。这一技术进步来源于 SNECMA 公司 20 世纪 90 年代进行的“高效、静音复合材料风扇叶片”(MASCOT) 研究项目提供的技术储备, 当时研究了大直径复合材料风扇叶片的空气动力学、声学、力学原理, 以提高发动机性能, 降低燃油消耗, 减少噪声和污染排放等。结果表明, 应用该技术制作的叶片不仅重量轻, 而且结构牢固, 抗大体积鸟撞击能力强, 制造成本却相对较低。

中航商发与 CFM 在 LEAP-X1C 发动机上的合作

2009 年 12 月 21 日, 中航商发与 CFM 国际公司签订了谅解备忘录, 计划在国内合资建立用于 LEAP-X1C 飞机发动机总装和试车的生产线。根据谅解备忘录, 中航商发与 CFM 国际公司将在国内共同装配生产 LEAP-X1C 发动机, 具体合作内容包括建立世界水平的装配线和试验设施, 以及为实现该目标所需的技术和质量管理体系。

由于 LEAP-X 发动机是 CFM 国际公司研发的新一代发动机, 与主流发动机 CFM56 系列相比, LEAP-X

采用了许多先进技术和先进材料。LEAP-X 与现有最新的 CFM56 喷气发动机相比, 力争将发动机单体的燃烧耗削减 16%, 其中 7% 将通过优化涵道比实现, 7% 将通过革新

压缩机、燃烧器及 CFD (计算流体力学) 等核心技术实现, 而剩余的 1.5% 将通过改进发动机系统实现。在涵道比方面, 则力争从目前 CFM56 的 5.5 左右提高至 9 以上, 这也是一个惊人的数字。

中航商发与 CFM 国际公司在国内合资建立 LEAP-X1C 飞机发动机总装和试车的生产线的目的之一是希望通过市场来换技术。但从中航工业与 GE 公司在 ARJ21 支线客机发动机上的合作来看, 通过市场来换技术的难度很大, 特别是发动机的核心技术, 是不可能通过市场来换取的。

未来 20 年 C919 飞机所需发动机预测

根据预测, 在未来 20 年内 C919 飞机售出量将超过 2000 架, 预期买家大部分来自中国。

由于 C919 飞机为双发单通道飞机, 这意味着在未来 20 年内用于 C919 装机的发动机至少在 4000 台份以上。考虑到航空公司机队备用发动机和备件的需求, 则对发动机的整体需求会超过 5000 台份。

LEAP-X1C 与 SF-A 和 SF-B 在 C919 市场上的份额预测

目前已经确定, LEAP-X1C 是 C919 的唯一国外启动发动机, 计划在 2012 年进行验证型发动机试车, 并争取在 2016 年取证。

C919 的国内启动发动机为 SF-A, 根据规划中初定的时间表, 预计 SF-A 发动机将于 2016 年取证。

由此可看出, 2 型发动机的取证时间是相同的, 都是为了赶上 C919 客机的定型投产时间表。但由于 LEAP-X1C 是新一代发动机, 其减排性和燃油消耗都优于现有成熟的 CFM56 发动机。而 SF-A 是中国首款自主研发的用于大型商用飞机的发动机, 其性能指标据推测将与成熟的 CFM56 发动机类似。因此, SF-A 与 LEAP-X1C 相比在技术上无任何优势可言, 在 C919 飞机发动机装机竞争上也将处于下风。为此, 中航商发将研发一款全新型的第 3 代商用航空发动机 SF-B, 预计 SF-B 发动机将于 2020 年取证。SF-B 与 LEAP-X1C 相比在技术上是旗鼓相当的, 但由于 SF-B 发动机的研发进度落后于 LEAP-X1C, 在 C919 飞机发动机装机的竞争上也将缺乏优势。

但是, 作为中国首款自主研发的大型商用飞机发动机 SF-A 和全新型的第 3 代商用航空发动机 SF-B, 与国外通常的做法类似, 将获得中国政府的相应支持。考虑到未来 20 年内 C919 飞机的预期买家大部分来自中国, SF-A 和 SF-B 都将会获得其应有的市场份额。乐观估计, 未来 20 年 SF-A 和 SF-B 有可能获得 C919 飞机 30% ~ 50% 的发动机装机市场份额。相应地, LEAP-X1C 将占到 C919 飞机 50% ~ 70% 的发动机装机市场份额。

结束语

由上分析可知, 未来 20 年 C919 飞机群整体需要 5000 台份发动机, LEAP-X1C 有可能将占到 2500 ~ 3500 台份; 而 SF-A 和 SF-B 将占到 1500 ~ 2500 台份。这样的市场预测值对于 LEAP-X1C 与 SF-A 和 SF-B 来讲都是相当可观的。

(责编 良辰)