

有望用于下一代民机的若干新兴技术

Emerging Technology for Making Next Generation Civil Aircraft

陈石卿

摘要:介绍了美国航空航天局的航空环保计划所开创的一些有望用于窄体及宽体民机的高效先进技术。重点涉及先进技术计划及所要达到的目标。

关键词: 民用飞机; 新兴技术

Keywords: civil aircraft; emerging technology

0 引言

当前,飞机制造商正在期望用一系列新兴的技术来研制噪声更小、油效更高以及氮氧化物(NO_x)排放量更低的下一代民用飞机。

美国航空航天局(NASA)正致力于这些新技术的开发研究,它的航空环保计划(ERA)在探索一系列可望到2020年达到成熟并可在之后5年进入服役的飞机技术和发动机技术。

ERA的目标是:与具有现代工艺水平的飞机相比,下一代飞机的油耗降低50%,氮氧化物(NO_x)排放量比现行标准削减75%,噪声比美国联邦航空局(FAA)的第4阶段认证水平低4.2分贝。

此项于2009年制订并在2010年出台的计划现正处于第一阶段中期。该计划将持续到2015年,将对波音737及空客A320的后继机市场产生重要影响,并且适用于常规构型的飞机或先进构型的飞机。

1 新兴技术

1.1 降低方向舵阻力的技术

近年在空气动力学方面取得的一些进展将在ERA计划中得到验证。例如,在降低气动阻力方面,除了用常规的自然

层流控制外,也将应用主动流动控制、被动流动控制或混合层流控制技术。NASA与波音公司将试验一种先进的射流控制系统,通过该系统可以提高方向舵的效率、减小垂尾的尺寸从而降低阻力。

根据ERA计划,拟对用射流控制系统代替传统的机械作动器控制方向舵效率进行评估。评估的方法就是采用主动层流控制。此法在贝尔XV-15之类的试验机上进行过试验,就是用射流改变局部的气流及压力梯度以控制活动面的运动。

NASA重点关注的降低表面摩擦力的两种主要方法是主动流动控制及层流控制的方法。主动流动控制在方向舵上的应用是将射流系统置于方向舵铰链附近,在飞机起降或出现发动机停车时启动这种控制系统。

研究射流控制系统的目的是提高技术成熟度,以便用于任何宽体飞机及窄体飞机的铰接方向舵。研究的目的之一是确定减少垂直方向舵尺寸的极限值。

1.2 降低噪声技术

应考虑从机体、发动机以及发动机-机体的气动声学等三个方面降低噪声。根据ERA计划,NASA正在与湾流公司合作研究降低机体噪声的试验

方法,特别是来自襟翼、机翼滑轨以及起落架的噪声。另外,NASA与湾流公司还合作进行飞行试验,用专门安装在“湾流”G550上的仪器收集详细的噪声源数据。

降噪技术的试验包括在襟翼及主起落架上的试验,二者均在18%缩比模型上进行。而在“湾流”G550上进行的飞行试验,将收集机翼及襟翼上的表面稳态压力数据以及襟翼前缘、前起落架及主起落架非稳态压力数据。

1.3 降低油耗技术

ERA计划资助用自然层流翼型的翼套套在经过改型的“湾流”Ⅲ上进行飞行试验,将于2013年开始此项飞行试验,将在翼套上放置微米尺度的粗糙物以便进行被动层流控制,目的是通过层流控制、改善发动机性能以及减重来降低油耗。

1.4 复合材料结构减重技术

波音公司开发的PRSEUS(挤压杆缝合的高效整体结构)轻质复合材料结构方案有望大幅度减轻下一代飞机的重量。这种结构由碳/环氧壁板组成,壁板采用高温、真空而非热压罐固化方法制成。在实际制造条件下,将复合材料框架及桁条缝合在蒙皮上而形成破损

安全结构。缝合后,将预先固化的碳纤维杆置入桁条槽孔中,使结构锁紧在一起从而形成独立的自承重的预成型件。

由于这种结构不用热压罐就可以制成的较大尺寸的构件,因此PRSEUS可广泛用于任何形状的机身及机翼。这种构件的重量轻、有损伤容限能力,且结构件数少,框架及桁条可以提供连续的载荷路径,而尼龙线缝合可防止裂纹扩展。2011年中期将对 $3425\text{mm} \times 1905\text{mm} \times 2286\text{mm}$ 的曲面壁板进行试验,并在年末对6米宽的双层壁板的翼身融合(HWB)结构进行试验,其中将引入PRSEUS壳体及地板结构,试验将在兰利中心的复合载荷设备上进行。

1.5 燃烧室技术

ERA计划中关于燃烧室方面的技术改进目标是,将 NO_x 的排放降低到低于CAEP6目标标准的25%。NASA有一个团队正在与GE及普惠公司合作研究燃烧室的设计,同时研究改进燃油空气混合器以及贫油直喷燃烧室,并计划在2015年将环形燃烧室 NO_x 的排放量减少80%。

燃烧室小组的工作重点是燃油喷射器的设计、主动燃烧器以及先进火焰筒,以便改善排放状态。

主动燃烧器方案的研究目标是推出可以仔细控制燃烧稳定性的产品,引入智能燃油空气管理系统。先进火焰筒的研究重点放在以碳化硅纤维增强的陶瓷基复合材料的应用,降低燃烧室对冷却空气的需求。

发动机其他方面的改进包括对核心机的研究,目标是将油耗降低50%。核心机研究的难点在于如何提高热效率及推进效率并对排放没有负面作用。关键是综合应用先进材料及冷却方法(如用气膜冷却)来提高发动机效率而不产生更多的 NO_x 。

NASA也在试验主动控制用的等离离子作动器,以便作为潜在的改进低压涡轮效率的途径。

根据ERA计划,还有两项陶瓷基复合材料试验,一项是关于不加冷却的高压涡轮静子,重点是验证不同的制造技术并探索设计问题,涡轮静子用叫做Hi-Nicalon SiC/SiC耐高温材料预浸带铺层制成。另一种制造方法是在2011年进行的化学气相沉积浸渗与熔渗相结合的铺层方法,预计工作温度为 1316°C ,下一步将提高到 1482°C 。到2020年,陶瓷基复合材料将获得广泛应用。

ERA计划的研究还包括对超高涵道比发动机的进一步研究,其中包括正在开发并将在2013年服役的PW1000G齿轮传动涡扇发动机。到2020年,齿轮传动涡扇发动机技术将更向前推进一步。NASA与普惠公司正在合作研究第二代齿轮传动涡扇发动机,目前一个直径为0.559米的样件正在 $2.74\text{m} \times 4.57\text{m}$ 的风洞中进行试验,并计划在2014年与FAA联合试验验证该发动机。

除齿轮传动涡扇发动机外,GE和CFM公司正在与NASA合作开发研究直接传动的开式转子的效益,重点在验证叶片设计。该叶片设计可使一系列对转转子噪声降到最小,同时还能使超高涵道比发动机的油耗降低25%~27%。2011年5月~10月,研究重点将放在GE公



GE公司的第二代开式转子叶片将进一步降低噪声

司的第二代开式转子叶片的设计。

飞机与发动机一体化方案被认为是唯一能满足NASA性能目标的方案。ERA的计划对飞机与发动机的一体化方案的气动声学进行了重点研究。目标是直接降低二者的交互作用,或者用发动机与飞机一体化的方法来降低净辐射噪声。

2 方案竞争

ERA计划最主要的部分是对先进的一体化飞行器以及组件技术方案的竞争,要从中选出一种方案作飞行验证试验。波音、诺斯罗普·格鲁门以及洛克希德·马丁公司已赢得了合同,2011年年底将从中选出两家合格者。

波音提出的是翼身融合方案,由齿轮传动涡扇发动机驱动,或者由以LEAP-X为基础的开式转子驱动。洛马的方案看起来更先进,它的特点有层流控制、经改进的盒式机翼以及在尾部安装发动机。

2012年ERA的重点放在五个方面:一是全尺寸方案的评估;二是满足22.68吨商载以及8000nm航程的客机,货机则要求45.36吨商载;三是制订15年的评估技术成熟路线图;四是重点放在2013~2015年ERA第二阶段的关键技术验证,目标是可用于近期单通道方案或者用于现行波音737/支线喷气机的改型;五是缩比尺寸试验机的方案设计,可用来验证噪声、排放以及燃油消耗目标。

AST

参考文献

- [1] Norris G, Angeles L. Next generation aircraft building blocks [J]. A.W&S.T, 2011 173(14):36-41.
- [2] Norris G/ Angeles L. Next Steps [J]. A.W&S.T, 2011 173(14):40-42.