

奋进中的AES100先进民用涡轴发动机

AES100 Advanced Civil Turboshaft Engine in Progress

■ 李概奇 杨锐 王旭 刘青海

中国航发 1000kW 级先进民用涡轴发动机 (AES100) 于 2016 年 7 月立项, 目标是利用 8.5 年的时间, 研制出我国第一型完全独立、自主创新的先进民用涡轴发动机, 基本建立民用涡轴发动机研发体系。

作 为我国第一型具有国际竞争力和完全自主知识产权的 1000kW 级先进民用涡轴发动机, AES100 拥有高效率、低油耗、长寿命、高可靠性、大功率储备及良好可发展性, 能满足 5 ~ 6t 级双发直升机和 3 ~ 4t 级单发直升机的动力需求, 市场前景广阔, 对支持国家通用航空产业发展和航空应急救援体系建设, 掌握通用航空动力自主发展权, 提升我国航空发动机及直升机产业在国际航空产业链中的地位, 积极参与市场竞争

具有重要战略意义。

技术特点

AES100 严格按照适航规章 CCAR-33 部要求研制, 采用了中等热力参数、高部件效率及低成本、长寿命、高可靠性技术路线。

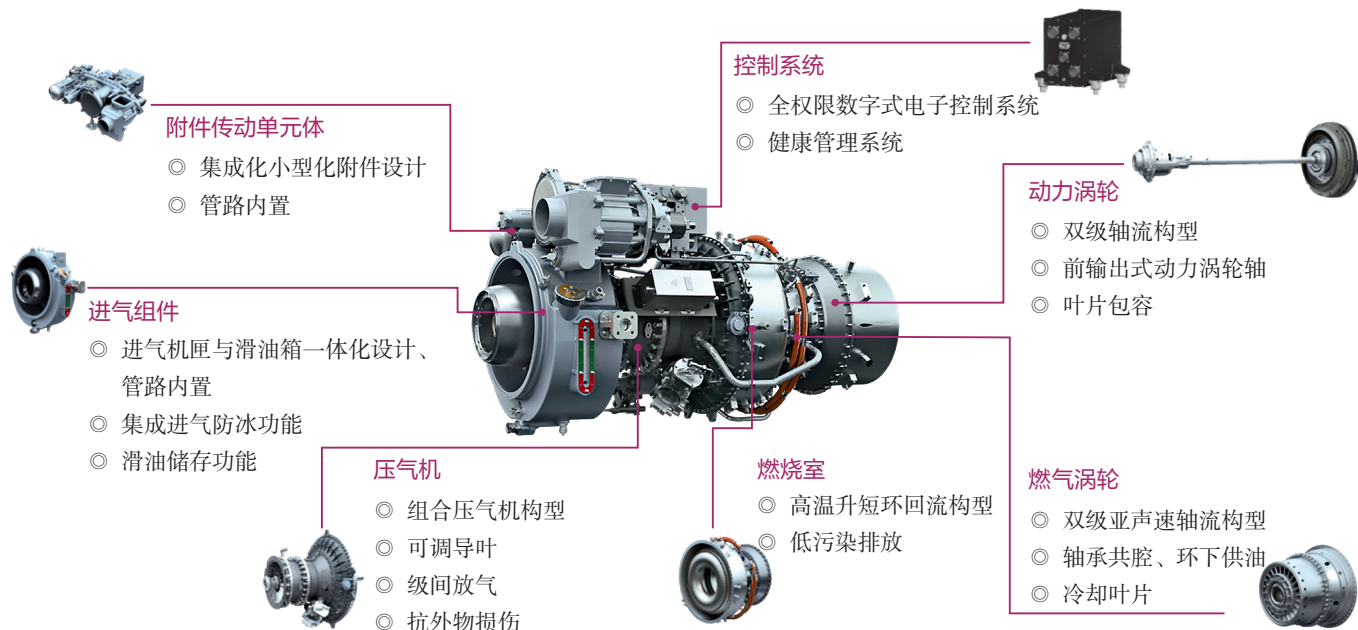
总体布局

AES100 具备了当代先进涡轴发动机气动和结构布局特征, 由“轴流+离心”组合压气机、环形回流燃烧室、双级燃气涡轮、双级动力涡轮、附件传动等部件以及全权限数字式电子控制 (FADEC) 系统和健康管理

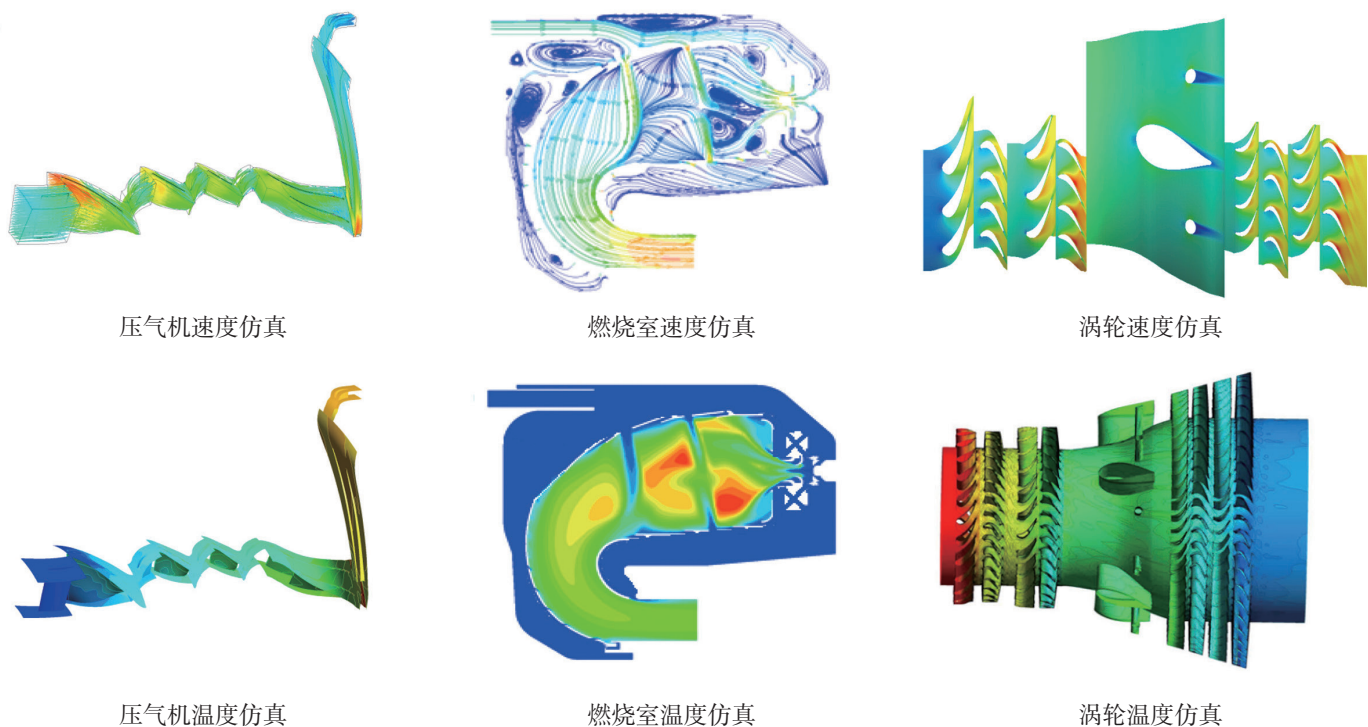
系统组成。发动机寿命、耗油率等技术指标达到当代国际同类涡轴发动机先进技术水平; 发动机配有独立的健康管理系统, 目标价格与国际同功率级发动机相当, 运营维护成本低, 全生命周期经济性好, 适航取证后可在我国广阔领域安全可靠使用。

发动机性能

根据民机经济性要求高的特点, 发动机须满足从巡航到起飞状态宽广工作范围内有良好气动性能和稳



AES100 先进民用涡轴发动机总体布局



AES100先进民用涡轴发动机流场三维仿真示意图

定性的要求。为此，压气机采用了“驼背形”流道、宽弦叶片、“子弹头”叶型等三维先进气动设计，实现了宽转速范围的高部件效率和喘振裕度。燃烧室创新地采用了多级涡流器 and 高质量小流量雾化喷嘴，获得了高品质的出口温度场分布。燃气涡轮导向器采用了弯扭叶片构型，工作叶片采用了高效率气膜冷却，通过多学科耦合优化，获得了高效率涡轮部件。压气机、燃烧室、涡轮等部件高效率设计，确保了发动机宽广工作范围的低耗油率。

寿命和可靠性

压气机采用整体叶片盘，应力低、可靠性高；采用了双级燃气涡轮结构，既保证了涡轮高气动效率，又大幅降低了涡轮叶片和轮盘负荷，提高了燃气涡轮蠕变寿命和低周疲劳寿命；新颖的轴承共腔结构，缩

短了发动机轴向长度，简化了发动机机构型；轴承环下供油技术改善了轴承润滑冷却效果，提高了轴承寿命；部分零部件采用了整环结构，无余量整体精密铸造成形，大幅减少零件数量；附件传动机匣采用了管路内置和成附件集成化方案，使外部管路减少了50%以上，提高了可靠性。

安全性

发动机动力涡轮通过叶片脱落包容性设计，避免因负载丢失导致涡轮破裂击穿机匣，提高了发动机安全裕度；采用双通道全权限数字式控制系统和多余度设计理念，具有燃气涡轮转速和动力涡轮转速双重超转保护功能，提升了系统的安全性；燃油系统、滑油系统以及成附件均采用了防火设计，确保发动机在意外失火危险状态下的安全。

创新研发了健康管理系统，拥有机载发动机监控装置（EMU）和地面分析系统两个部分，具有性能预测、寿命管理，振动诊断，润滑系统磨屑检测等功能，可有效地提高使用安全性和维修性。

研制进展

经过6年来参研单位的共同努力，AES100项目研制已取得重要进展。

关键技术

突破了压气机和涡轮部件高效率先进气动叶型、高品质燃烧室温度场控制、高收油效率轴承环下供油、低振动响应轴承共腔等关键技术；创新开展了结冰、包容、防火、最大不平衡、吞雨、吸冰、喘振、动应力测量等一系列适航关键技术研究，填补了我国涡轴发动机适航符合性验证技术研究的诸多空白。



AES100为“彩虹”倾转旋翼无人机提供动力（摄影：李欣泽）

性能

开展了压气机、燃烧室、燃气涡轮等部件多方案性能试验研究，完成了多份发动机地面台架性能试验和多轮次高空台试验，验证了发动机宽广疆域和严酷环境下的优良性能和工作稳定性。试验结果表明发动机部件效率和整机耗油率等气动性能指标均达到同功率级涡轴发动机国际先进水平。

寿命

寿命是衡量民用发动机先进性和经济性的重要指标。目前AES100单台整机已完成了超过3000h首翻期寿命科研试验，验证了发动机结构完整性和耐久性，为掌握长寿命发动机的运行规律和材料工艺稳定性积累了宝贵经验。

试制

开展了高集成度进气机匣和热端机匣、小尺度复杂结构精密铸造

叶片等关键制造工艺攻关；实施了低成本工程，通过设计和制造协同及工艺优化，努力降低制造成本；开展了工业化鉴定等民机制造符合性工作，确保制造稳定性和产品质量。

试飞

在完成首飞前各项试验验证基础上，AES100于2021年7月实现双发配装直升机首飞，填补了我国自主创新民用涡轴发动机飞行试验的空白，标志着我国民用涡轴发动机自主研发迈出了坚实的一步。目前正在开展科研试飞工作，以进一步完善飞发匹配特性。

适航

在中国民航局和中国民用航空适航审定中心的关心支持下，完成了型号合格证（TC）申请、审定基础确定，审定计划制订及批准等适航相关工作，目前发动机已进入适航计划实施阶段，并完成了部分适

航验证工作。在材料适航方面，按适航要求系统开展了涡轴发动机材料标准编制，材料过程控制和材料性能数据测试等开拓性工作，为建立我国民用涡轴发动机材料适航体系打下了坚实基础。

发展前景

AES100的立项研制，将进一步开拓、发展和完善我国民用涡轴发动机研发体系和适航体系，有望未来为我国通用航空动力打造出一张中国民用航空发动机品牌。

AES100优良的综合性能获得了多家用户的青睐，签订了合作意向书。2022年7月，与首家先锋用户航天科技彩虹公司签订了发动机采购合同，标志着中国航发民用航空发动机市场开拓迈出了重要一步。

以AES100涡轴发动机为基础衍生的涡桨、涡扇发动机，地面燃气轮机和混合动力系统正在同步发展，将形成家族化、系列化融合发展的良好局面，促进我国民用航空发动机产业化发展。

结束语

民用航空发动机研制是极其艰难和复杂的系统工程，在AES100后续适航取证工作中，还会遇到不少未知的技术挑战，但研制团队将按适航要求加快设计验证迭代，完成好发动机寿命、结构完整性及叶片包容、进气防冰、管路防火等整机、零部件适航验证工作和发动机试飞工作，向着2024年适航取证目标积极迈进！

航空动力

（李概奇，中国航发专职总师，自然科学研究员，主要从事航空发动机总体和燃烧技术研究）