

罗罗凭借“珍珠” 10X继续发力大型超远程公务机动力市场

Rolls-Royce Chasing the Power Plant Market of Large Ultra-Long-Range Business Jet with Pearl 10X

■ 付玉 罗彧 / 中国航发研究院

在市场和自身发展的双重驱动下，罗罗公司在4年内推出3型“珍珠”发动机，今年5月推出的“珍珠”10X发动机更是取代了普惠公司的产品，成为达索公司“猎鹰”10X的唯一动力装置。“珍珠”系列发动机有望助力罗罗公司重回大型超远程公务机动力市场的领军地位。

罗公司于2021年5月发布了“珍珠”10X发动机，作为达索公司全新旗舰型“猎鹰”10X公务机的独家动力装置。“珍珠”10X是“珍珠”发动机系列的第三个型号，也是首款为达索公务机提供动力的罗罗发动机。罗罗公司有望凭借该系列发动机，重新夺回失去的市场份额。

疫情带火的大型超远程公务机及其动力市场

持续了一年多的新冠肺炎疫情对全球航空市场造成了巨大的冲击，在当前航空出行面临各种限制、隔离和保持社交距离的情况下，高净值人士安全出行的需求使公务航空迎来了发展的小高峰，亚太地区的公务机机队规模甚至出现了1.8%的逆势上扬。根据2020年10月中旬霍尼韦尔公司发布的全球公务航空展望报告显示，2021—2030年，全球新公务机交付量将达到7300架，总价值达到2350亿美元。其中，大型机及超远程公务机获得了运营商的持续青睐，预计未来5年内，大型公务机将占领新公务机采购支出

的70%以上。庞巴迪、湾流和达索三大公务机制造商一直处于制造最大、最快和航程最远的公务机竞争中，并分别推出自己的旗舰产品“环球”7500、“湾流”G700以及“猎鹰”10X来争取14000km航程范围的公务机市场份额。随着“猎鹰”10X的正式发布，大型超远程公务机市场目前已经改头换面，新的竞争格局正在形成。

这一巨大的市场也同样吸引了

发动机制造商的关注，并纷纷加入到该领域的竞争中。2010年，GE公司的“通行证”(Passport)发动机被选为庞巴迪的“环球”7000/8000的动力装置；2014年，普惠加拿大公司研制的PW800发动机被选为“湾流”G500/G600的动力装置；罗罗公司曾是公务机动力市场的王者，尽管其推力为65~72kN的BR700系列发动机一直占据着较大的市场份额，但该系列发动机在“猎鹰”5X、“环

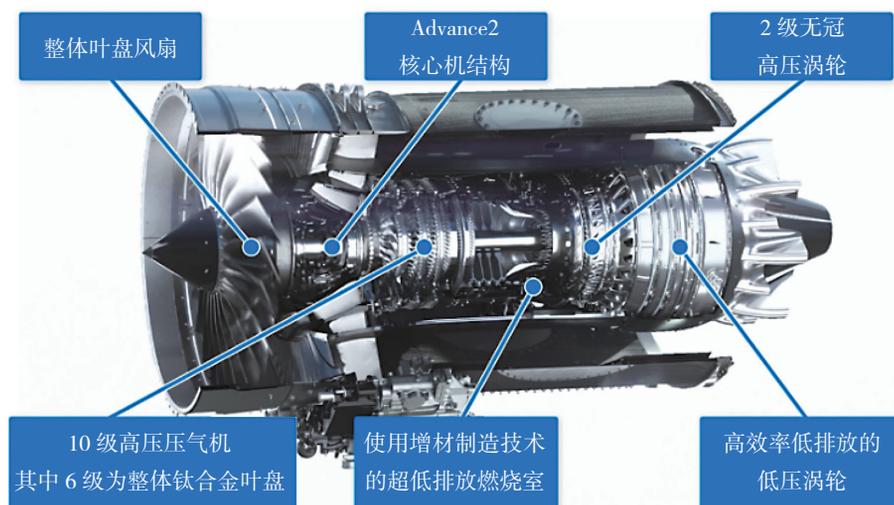
3种大型超远程公务机参数对比

	“环球”7500	“湾流”G700	“猎鹰”10X
Ma0.85的最大航程/km	14260	13890	13890
最大速度	Ma 0.925	Ma 0.925	Ma 0.925
客舱高度/m	1.88	1.91	2.03
客舱长度/m	16.61	17.35	16.7
客舱宽度/m	2.44	2.49	2.77
发动机	GE“通行证”	罗罗“珍珠”700	罗罗“珍珠”10X
发动机推力/kN	84.2	81.2	80.1
最大载客量/人	19	19	19
价格/美元	7300万	7500万	7500万
服役时间/年份	2018	2022	2025

球”7000 / 8000等项目竞争中接连失利，领先地位一度岌岌可危。经过6年的潜心研制，罗罗公司于2018年推出首款“珍珠”系列发动机“珍珠”15作为“环球”5500和“环球”6500的动力装置；2019年推出“珍珠”700作为湾流公司G700的动力装置；2021年5月新推出的“珍珠”10X替代了普惠公司的发动机，成为达索“猎鹰”10X的唯一动力装置。大型超远程公务机动力市场有可能从三足鼎立逐渐转变为二分天下的新局面。

“珍珠”10X发动机介绍

罗罗公司于2018年推出了“珍珠”系列首款发动机“珍珠”15，该系列发动机使用了罗罗公司Advance2预研项目的核心机，并融合了BR700发动机的成熟技术，兼备创新性与可靠性，其耗油率、噪声水平、污染物排放等与BR700系列发动机相比均有所改善。



“珍珠”10X发动机设计特点示意图

罗罗公司此次推出的“珍珠”10X发动机与其上一代民用航空发动机相比，燃油效率提升了5%，污染物排放降低了5%，推力超过80kN，动力与效率的融合使飞机能够以接近声速的速度进行超长距离的飞行，实现卓越的机场可达性。“珍珠”10X

发动机还将为航空业的零碳转型做出贡献：短舱制造商势必锐（Siprit）公司采用了先进的数字技术来设计制造全新可组装的超薄短舱，优化了飞机性能，减小噪声影响；“珍珠”10X发动机正在进行100%使用可持续航空燃料（SAF）的测试，从而减少碳足迹的形成。“珍珠”10X发动机助力“猎鹰”10X成为世界上最环保的民用飞机之一。

此外，作为罗罗公司智能发动机愿景的一部分，该系列发动机将集成新一代发动机健康管理系统和先进远程发动机诊断功能，并通过双向通信实现对发动机监控功能进行远程配置。罗罗公司将设计一个“珍珠”10X发动机的数字孪生体，通过9000多个参数来跟踪其性能。“珍珠”10X发动机还将获得罗罗公司 Corporate Care 增强版服务支持，该服务涵盖了包括发动机短舱、排气装置和反推装置等整个推进系统的维护工作，能够以可预测的固定价格全面转移发动机在翼维护风险，进一步增强了可靠性。

BR700系列发动机与“珍珠”系列发动机参数对比

	BR700/710	BR725	“珍珠”15	“珍珠”700	“珍珠”10X
推力/kN	65.6 ~ 69.3	71.6	67.3	81.2	80.1
涵道比	4.2 : 1	4.4 : 1	4.8 : 1	—	—
增压比	—	—	24 : 1	24 : 1	—
总压比	24 : 1	—	43 : 1	—	—
风扇直径/mm	1219	1270	1129, 插入式叶片	1315, 整体叶盘	整体叶盘
高压压气机	10级轴流式	10级轴流式, 5级整体叶盘	10级高压压气机, 6级整体叶盘	—	10级高压压气机, 6级整体叶盘
高压涡轮	2级轴流式	2级带冠轴流式	2级无冠高压涡轮	2级无冠高压涡轮	2级无冠高压涡轮
低压涡轮	2级轴流式	3级轴流式, 混合排气以降低噪声	3级无冠低压涡轮	增强型4级低压涡轮	增强型4级低压涡轮

“珍珠”10X发动机的设计制造特点

Advance2核心机成果集成

“珍珠”系列发动机之所以能够快速进入市场服役，是因为它使用了罗罗公司 Advance2 预研项目的核心机。Advance 核心机计划于 2013 年首次公布，但其相关新闻报道早在 2010 年就曾出现，该计划的目标是实现民用发动机的技术突破，充实技术储备。其中，Advance2 核心机为双转子技术方案，号称开启了双转子喷气发动机的新时代，包括 3 个型号，总增压比提升至 50 : 1，涵道比增加到 6.5 : 1，涵盖推力级 44.5 ~ 89kN，由 2 种不同的核心机和 3 种低压系统组成，燃油消耗比上一代产品降低了 10%。该方案由罗罗德国公司牵头，计划用于取代目前罗罗公司公务机发动机市场的 BR725 发动机，其外形尺寸与 BR725 相同，可以实现原位替代，以便对市场需求迅速响应。此外，该核心机还可用于支线客机和部分窄体客机，若配以大型发动机的先进风扇技术，可满足 150 座级的民机市场动力需求。

增材制造技术的应用

“珍珠”10X 发动机的全新特征之一是采用先进的增材制造技术来制造燃烧室隔热瓦。该燃烧室隔热瓦由罗罗公司在英国罗瑟汉姆 (Rotherham) 的增材制造工厂设计制造，是罗罗公司第一批串行生产的增材制造零件。该零件厚度为 1.4mm，每台“珍珠”10X 发动机大约包含 64 块燃烧室隔热瓦，共有 6 种不同的设计。传统上，隔热瓦通过铸造或钻出数百个孔来进行冷却，但这限制了更多的能够增强冷却效



Advance2 核心机应用的新技术

果的几何图形的引入。通过增材制造技术，“珍珠”10X 发动机采用了全新的扇形散热孔，冷却空气通过该散热孔能以最有效率的方式吸收热量，并在隔热瓦表面形成均匀的空气保护膜，实现高效率的燃烧室冷却、更低的排放并减少涡轮的“热点”。增材制造技术应用释放了设计与制造的自由度，新的几何形状的应用使“珍珠”10X 燃烧室隔热瓦的冷却效率提高了 20%。

此外，“珍珠”10X 发动机的燃烧室隔热瓦使用的是激光粉末床熔融技术，这是罗罗公司首次使用该项增材制造技术，与之前使用的电子束粉末床熔融技术相比，用于成型的粉末层材料厚度仅为 30 ~ 50 μm，比之前的粉末层更薄，成型更加稳定，成本更低，工程过程易于理解，结果可预测。

结束语

虽然疫情对航空业造成了毁灭性的

打击，但公务机市场表现却一枝独秀，部分地区甚至呈现逆势上扬的态势。罗罗公司此时推出“珍珠”10X 发动机，既是对市场的回应，更是自身发展的内在需求。罗罗公司尽管屡次受挫，但实际上早就瞄准了下一代大型超远程公务机动力市场，通过开展 Advance 核心机预研计划实现技术突破，通过增材制造等先进技术实现快速交付，并通过云计算、物联网以及智能发动机等先进的数字化技术对发动机进行高效率的精准维护。罗罗公司目前为超过 3600 架现役公务机提供动力，尽管“珍珠”系列发动机交付量占比还不高，但作为罗罗公司兼具创新性与可靠性的新一代产品，该系列发动机能够为罗罗公司重返该市场领军地位做出有力支持，其未来前景值得进一步关注。

航空动力

(付玉，中国航发研究院，工程师，主要从事航空发动机科技情报研究)