

民用航空发动机维修市场发展分析

Analysis of Commercial Aero Engine MRO Market

■ 王翔宇/中国航发研究院

受成熟期发动机维修需求的推动，未来10年全球民用航空发动机维修市场将持续蓬勃发展。为缓解维修产能与零部件供应压力，原始设备制造商（OEM）也放宽了对独立维修（MRO）供应商以及零部件制造人批准（PMA）件限制的态势。但随着新一代发动机逐渐占据市场主导，OEM对维修市场的支配将会越发牢固。

蓬勃发展的全球民用发动机维修市场

根据《航空周刊》的数据，未来10年全球商用机队规模将以2.8%的年化增长率进一步发展，在役商用飞机数量从2019年的33312架增长到2028年的42679架，随之而来的则是累计8620亿美元的维修需求。其中，民用发动机维修市场的年化增长率将维持在6.5%，到2028年市场价值接近400亿美元，10年累计超过3000亿美元，占据航空维修市场35%的份额，较2019年的水平将提升5个百分点以上。

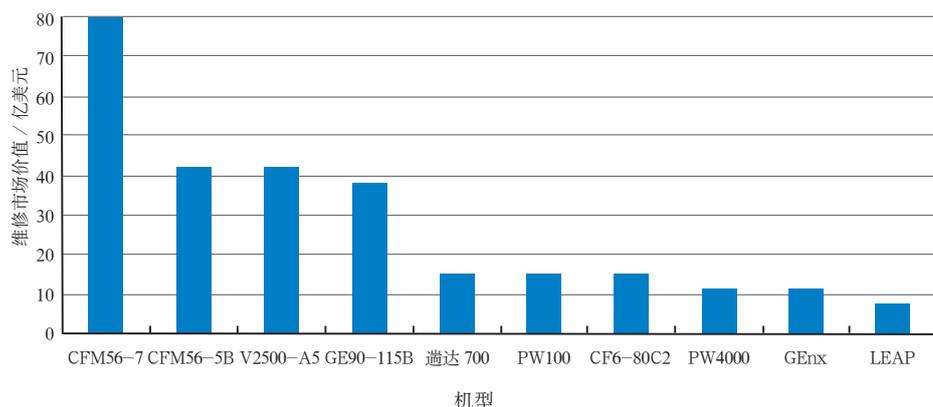
毫无疑问，以CFM56和V2500为代表的成熟窄体机动力产品将是未来民用航空发动机维修市场的主体。随着更先进的LEAP和PW1000G系列发动机逐渐占有市场，未来10年CFM56发动机机队规模将以3.3%的速率持续下降，不过考虑到其仍旧有超过24000台的巨大市场存量且有近60%的发动机尚未开始第一次返厂大修，CFM56发动机在今后相当长的一段时间内仍将是维修市场上最为核心的一型产品。预计到2028年，配装波音737NG的CFM56-7B和配装A320ceo的CFM56-5B的维修市场需求分别为600亿美元和290



亿美元，约占整个发动机维修市场的1/3，平均每年将有超过2000台CFM56发动机返厂大修。而同样是A320ceo选用的V2500发动机则将表现出与CFM56-5B非常接近的市场发展走势，虽然其机队数量衰减的速率略快于CFM56，但其累计的维修市场价值接近300亿美元，占比在10%左右。

与窄体机发动机相比，宽体机发动机市场活跃度明显偏弱，在役数量还不到窄体机发动机的4成，但高昂的单价意味着不菲的维修费用，事实上其维修需求价值是窄体机发动机的70%以上，同样是一个

极为重要的市场。GE90、遛达700、CF6-80和PW4000是目前在役数量最多的4型宽体机发动机，也构成了相应的维修市场主体。GE90-115B可为波音777-200LR/300ER提供动力，正处于成熟期巅峰，配装的机队规模接近1400架，未来10年将累计产生280亿美元左右的维修市场需求。遛达700、CF6-80和PW4000在整个发动机维修市场的需求占比均为4%左右，未来10年累计返厂大修数量为3800台左右，这一数字与GE90-115B差距不大，然而由于产品相对老旧、残值折损较大，其维修市场价值仅为GE90-115B的一半。



2028年全球民用航空发动机维修市场机型分布预测

随着50座级支线飞机逐步淘汰，CF34-3发动机维修市场严重下滑，但70/90座级飞机选用的CF34-8/10发动机维修需求持续增长，整体上CF34系列发动机维修市场空间仍将保持在每年15亿美元左右。与此同时预计到2028年，用于支线航空运输的涡桨飞机维修市场价值为45亿美元，其中的17亿美元由涡桨发动机产生。事实上，当前89%以上的在役涡桨发动机均为普惠加拿大公司研发生产的PW100，距其最早投入市场已经有35年的时间，但在涡桨飞机整体不景气的大背景下，PW100仍会作为不可替代的动力产品，继续老而弥坚地活跃在市场上，《航空周刊》认为其市场保有量将从2019年的5000余台发展到2028年的5700台以上。

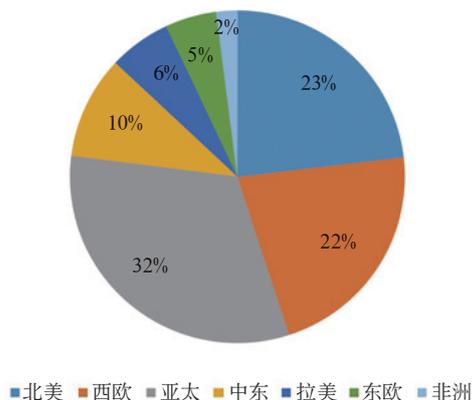
亚太地区发动机维修市场需求强劲

未来10年，航空产业高度成熟的北美和西欧仍将是民用航空发动机维修最大的区域市场，二者合计占比将达到45%，但平均年化增长率不到1%，更多地表现出了存量市场特征。中东地区则集中了全球最大规模的宽体客机机队，目前每年的发动机维修

市场需求在30亿美元以上。随着波音777X的交付使用，相应的GE9X发动机维修市场需求也将同步增长，此外配装A350XWB的遼达XWB和配装787的GEnx的交付量也都在500台左右，接近全球交付总量的1/3。这些都将进一步巩固中东地区在宽体机发动机维修市场的主导地位。

得益于近期良好的业绩表现，亚太地区航空公司更新航线和机队的热潮已经席卷而来，其中廉价航空公司业务需求的迅猛壮大更是为窄体机发动机维修市场后续发展提供了强劲的动力。以V2500发动机为例，全球在役的6000余台中有超过2400台在亚太地区，其中每年的返厂大修数量更是在400台以上，相当于全球总量的40%。预计到2028年，亚太地区发动机维修市场价值将占据全球的1/3，超过北美和西欧的市场份额。

数据显示，2023年前将有1782台窄体机发动机和316台宽体机发动机在国内交付，分别相当于同期亚太市场的32%和23%，可以称得上是其最活跃的组成部分。《航空周刊》预测，10年后国内航空维修市场将从69亿美元增长到114亿美元，届时相应的发动机维修市场价值达到40亿美元，

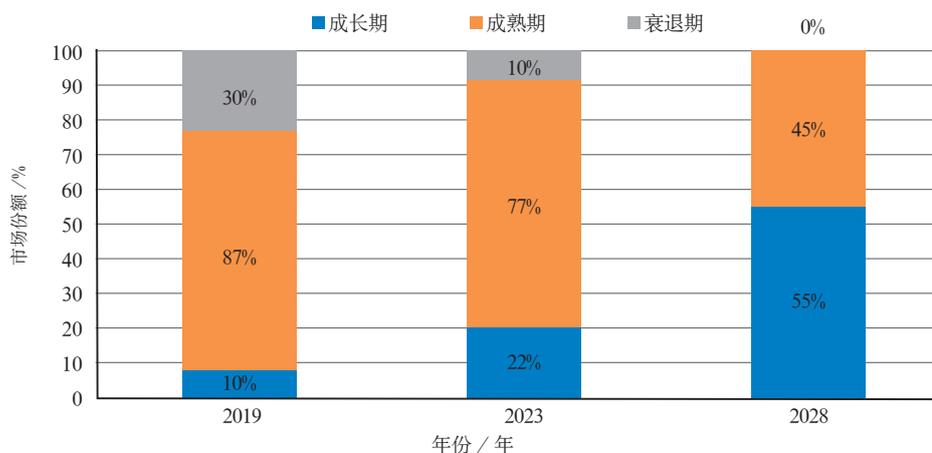


2028年全球民用航空发动机维修市场区域分布预测

为全球维修市场的12%，较当前水平上升了4个百分点。如此巨大的市场需求催生了国内航空维修产业能力的快速提升，不过出于核心技术保护和封锁，目前国内民用航空发动机的热端部件和控制系统等部件的大修多数仍在新加坡进行。

全生命周期下发动机维修市场的新格局

航材与人工是航空发动机维修经营成本的核心组成部分，其中航材成本更是占据了市场总价值的8成以上。在全球石油价格持续低迷、航空货运需求不断增长的背景下，诸如CFM56-3、PW4000-94以及CF6-80C2这样的衰退期发动机产品的退役时间被大幅推迟，这也意味着成熟期发动机返厂大修高峰到来时考验的不止是已经趋于饱和的维修产能，市场上剩余机时（Green Time）发动机与二手件的供需矛盾将会格外凸显。有数据显示，到2023年仅CFM56发动机的航材备件需求就是10年前的4倍以上。为那些即将停产的成熟期发动机提供足量的原厂件对于OEM来说是一个巨大的挑战，成长期发动机要尽快投入市场、占领市场必然导致新老产品线产能



全生命周期发动机维修市场份额预测

的此消彼长，更何况很多成长期发动机还在磨合之中，遑达1000发动机的风扇叶片问题、PW1000G发动机封严和冷却问题以及LEAP发动机的涡轮叶片问题都在消耗着已经十分紧张的维修资源。

2018年7月，国际航空运输协会（IATA）和CFM国际公司达成协议，后者将允许独立MRO供应商免费使用发动机维修手册、允许使用PMA件或工程委任代表（DER）修理且不影响发动机保修，以及不再和航空公司签署排他性航材服务协议，确保非OEM能在发动机维修市场中拥有公平竞争的机会。过去的10多年时间里，OEM越发加强了对不断增长的、利润丰厚的发动机维修市场的控制，“产品+服务”的一揽子模式大行其道，甚至“摧毁了整个的发动机PMA件产业”。若CFM国际公司和GE公司真能够遵守该协议，PMA件能够在很大程度上补充发动机零部件的市场供应，独立MRO供应商的市场空间得以释放，航空公司在维修成本管理中也会有更多的选择余地。

当然，如果据此就认为“独立

MRO供应商的发展黄金期来到了”的想法似乎有点过于乐观。售后服务市场已经逐步超过发动机销售成为了OEM的业务收入大头，面对成熟期发动机前所未有的维修需求，OEM不可能无动于衷。据统计，目前美国联邦航空局许可的PMA件有95%是飞机机体部件，发动机PMA件占比微乎其微，OEM的掌控能力可见一斑。给独立MRO供应商和PMA件放开一个口子绝不意味着OEM会放弃对“产品+服务”模式以及OEM件的倡导与推广，这更多的还是发动机OEM应对维修市场产能短缺、零部件供应不足的一种权宜之计。

可以说维修市场供不应求的局面形成，既是过去10年成熟期发动机海量交付的必然后果，也与OEM将主要精力转移到成长期发动机密不可分。考虑到以LEAP和GE9X为代表的新一代发动机产品在可靠性和耐久性上的不断提升，未来发动机全生命周期内返厂大修的次数很可能从3次降为2次，在市场空间缩减的同时，高企的技术门槛让非OEM进入维修市场变得更

加困难。通过短则8~9年、长则10~15年的按小时包修服务协议（CPFH），OEM几乎已经锁定了这些成长期发动机维修需求的黄金阶段。甚至可以说，如果独立MRO服务供应商/PMA件供应商不能抓住IATA和CFM国际公司达成协议的机遇期积极布局，未来其在新一代发动机维修市场的境遇可能会更加困难，当下看似红红火火的成熟期发动机维修市场对它们来说也仅是“回光返照”而已。

结束语

受成熟期发动机维修需求的推动，未来10年全球民用航空发动机维修市场将持续蓬勃发展。为缓解维修产能与零部件供应压力，OEM也表现出了放宽对独立MRO供应商以及PMA件的限制。但随着新一代发动机逐渐占据市场主导，OEM对售后服务的支配只会越发牢固。而国内发动机维修市场虽然也在快速发展，维修产能不断提升，但以热端部件和控制系统为代表的深度维修技术受制于国外的长期存在，整体上的维修能力与机队规模并不匹配，同时由于很多航空公司粗放的成本管理以及过于谨小慎微的经营策略，迷信原厂件的安全保证，放弃了很多物美价廉的独立MRO供应商服务，加深了对OEM维修的依赖。当务之急是尽快将具有国内自主知识产权的航空动力产品投放市场，这是打破OEM垄断、构筑更加开放竞争的维修市场环境的基础与保证。

航空动力

（王翔宇，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机发展战略研究）