

民用航空发动机维修市场特点探析

Analysis of Commercial Aero Engine MRO Market

■ 王翔宇/中国航发研究院

通过对民用航空发动机维修产业价值、成本结构和市场模式的研究，可以为我国如何打通发动机研发、制造、维修的全产业链，在激烈的维修市场竞争中占据一席之地提供参考依据。

维护、修理和大修 (Maintenance, Repair and Overhaul, MRO) 可用“维修”一词来概括，

用来指代使航空装备保持或恢复到预期工作状态的所有活动，也可以说是用以确保航空装备能够按照适航安全性和可靠性要求持续稳定运行的手段和过程。从民用航空制造到航空运输再到航空售后服务，维修作为整个航空产品产业链下游及售后服务的核心环节，主要服务对象为各航空公司：一方面，维修的直接花费占据其运营开支的15%以上，降低维修成本对于提升企业竞争力具有重大意义；另一方面，更短的维修时间与更长的维修间隔也意味着飞机能够更多地投入商业运营，为航空公司带来更多的收益。

为了更好地应对日益激烈的行业竞争、满足航空公司的需求，航空维修市场呈现出越来越专业化和规模化发展趋势，相关航空装备制造企业结合自身业务优势，发力航空维修市场，从而挖掘出更有潜力的利润增长点。民用飞机在2007年左右（金融危机前）处于生产交付的高峰期，这些飞机陆续进入大修期，给当前的民用航空维修市场



维修中的GE90

带来了上升空间。据奥纬 (Oliver Wyman) 公司相关数据，2017年全球民用航空MRO市场规模达到756亿美元，未来每年还将以3.8%的增速继续发展，到2027年预计超过1000亿美元。通常，民用航空MRO市场分为机体维修（整机结构修理、内饰翻新等）、部件修理（除发动机外的其余部件，包括机轮/刹车、液压传动、飞行控制、电器设备等）、航线维护（过站检查、例行监测）以及发动机维修这四大MRO业务板块。

众所周知，航空发动机作为飞机的“心脏”，对于安全可靠的飞行起到决定性作用。尽管以部件的形式依附于飞机而存在，但是航空发动机属于一个跨专业、多技术的融合产品，涉及气动热力学、燃烧学、传热学、结构力学、控制理论等众多领域，由数以万计不同用途的零部件组合在一个尺寸和重量都受到严格限制的壳体内，要在高温、高压、高转速、高载荷下，高可靠性地长期工作，其设计生产上

的难度不言而喻。而从全产业链的角度来看，维修是设计生产的延续，相比飞机其他部件，航空发动机维修还呈现出较为明显的差异性特点——它们可能体现在产业价值、成本结构、市场模式等多个方面。从某种意义上说，这些特点也正是对准入资本和技术门槛高、维修条件和流程复杂、从业人员技能要求高等民用航空维修市场普适特点的进一步深化。

产业价值

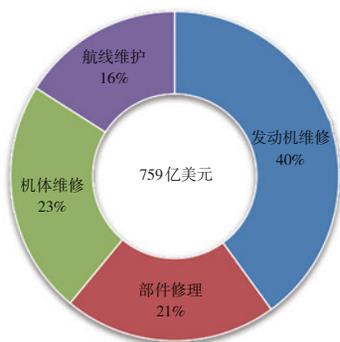
民用发动机维修的市场价值在2017年超过300亿美元，占MRO市场40%的份额，而机体维修、部件修理和航线维护则分别为23%，21%和16%。奥纬公司预测，未来10年

发动机维修的平均年增长率将达到4.9%，不但超过了MRO市场的总平均增长率，也大幅领先于机体维修（1.4%）、部件修理（4.0%）和航线维护（3.5%），这意味着其相对市场份额会进一步扩大。与机体维修和航线维护的劳动密集型相比，发动机维修则为技术/航材密集型，产业附加值高，既占据了市场份额的大头，又贡献了可观的利润，而这一点是其他飞机部件无法比拟的。例如，飞机的机轮刹车（起落架）系统在飞机部件修理中占比最大，但一般也不超过MRO市场总额的5%。

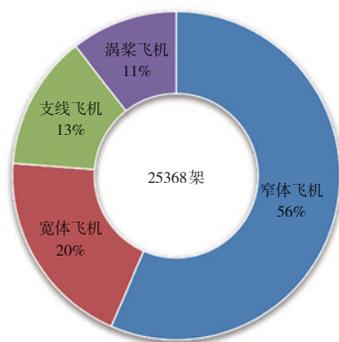
通过机型划分可将发动机维修和部件修理做进一步比较。尽管诸如A320和波音737这样的窄体飞机在役数量达到14332架，比其余飞

机在役数量之和还多，但其对应的发动机维修市场价值仅占市场总价值的1/3左右，而宽体飞机则以20%的在役数量贡献了超过一半的发动机维修市场价值。从某种意义上讲，可以用发动机自身的价值对这一现象进行解释，一台宽体飞机配装发动机的平均出厂售价将近3000万美元，是窄体机的2.5倍左右，在此基础上拥有如此之高的维修价值也就不足为奇了。与此相反的是，部件维修市场中窄体机和宽体机的价值关系与其在役数量关系基本一致，呈现出明显的“以量取胜”，宽体机高昂的单价特征在部件维修市场中并没有得到明确的体现。

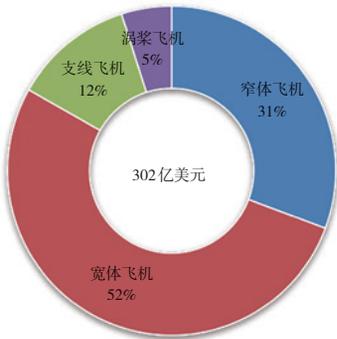
从纵向来看，一台民用发动机服役时间接近30年，除日常维护外，根据原始设备制造商(OEM)的要求，一般5年左右就要进行一次返厂大修（机体大修间隔为10年左右），每次大修的费用至少需要几百万美元，粗算起来，在发动机的全生命周期内其维修费用与购买费用基本持平。发动机作为一个非常精密的现代工业产品，其内在的风扇、压气机、燃烧室和涡轮等各个单元体，既存在密切的联系，又像积木模块（大量可更换的时寿件）一样，具有相对独立性，这使得各部分的维修互相之间干涉较少，发动机在大修之后的价值和性能仍能保持在接近出厂时的较高水准，这也可以认为是付出高昂维修花费的应得结果。换言之，从横向看，发动机维修所额外附加的保值能力也是部件修理或机体维修难以提供的：飞机出厂交付时发动机占全机价值的20%左右，而飞机即将退役时尽管全机的价值大大下降，但发动机在其中的占比



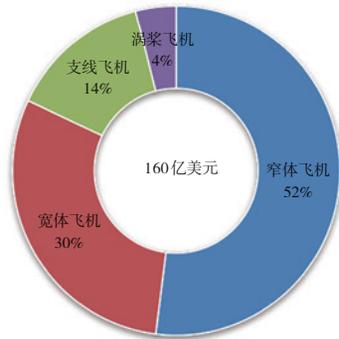
民用航空 MRO 产业价值分布



不同飞机机型的在役数量分布 (截至2017年)



不同机型对应的发动机维修市场价值分布



不同机型对应的部件维修市场价值分布

民航维修市场产业价值情况 (来源: ASRA 报告、奥纬公司报告)

反而上升到50%以上。这样的结果就使发动机在二手市场与租赁市场的交易比飞机其他部件要活跃得多。

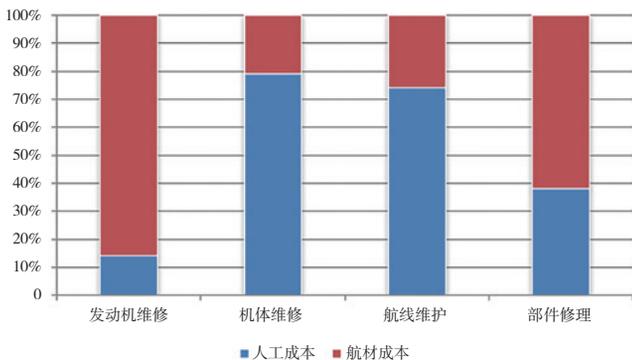
成本结构

人工与航材是民用航空维修经营成本的核心组成部分。发动机维修中用来拆解、检查、修理、组装以及测试所产生的人工费用仅占总费用的15%，剩余部分均由航材产生，而在机体维修和航线维护中二者的对应比例则是相反的，人工费用成本占到了70%以上。飞机上其余部件的维修则是劳动密集和航材密集兼而有之。比如，起落架系统、辅助动力装置（APU）和航电系统，与发动机维修类似，属于航材密集型，而控制系统和燃油系统则需要更多的人工花费。平均而言，部

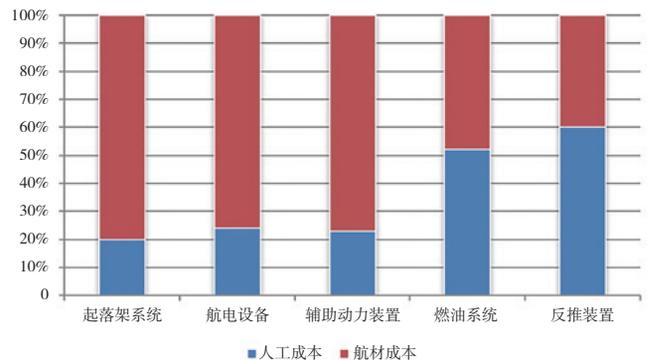
件维修中人工成本和航材成本约为1：2的关系。进一步，从民用航空MRO市场航材供应链构成关系图，可以发现相比其他MRO市场，发动机维修供应链最大的特点在于多了翻修件供应商，其占比接近20%，超过了分销商、备件商和零件制造认证（PMA）件供应商三者份额之和。

民用航空MRO中涉及的航材可分为OEM件和非OEM件两大类。不论是飞机部件修理还是发动机维修，OEM件占据了市场总需求的1/2以上，这一比例在飞机的个别部件上甚至达到了80%。以发动机风扇或涡轮叶片为例，一片叶片动辄数万美元，而一台发动机上的需求量不下数十片。反过来，发动机维修如此之大的市场体量，降低对OEM件

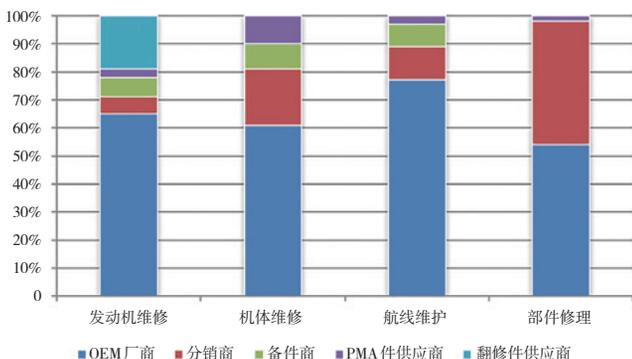
的依赖可以显著降低航空公司的运营成本，其立竿见影的效果是其他部件修理很难达到的。正因如此，以PMA件、二手件和翻修件为代表的非OEM件在发动机维修市场受到了更为明显的关注与推广，其中PMA件可为航空公司降低约二成的成本，而二手件和翻修件则降得更多。在技术指标合格的前提下，非OEM件（特别是翻修件）逐渐成为各航空公司发动机维修时的重要选择。尽管目前占比还比较低，但它却是抵制OEM厂商完全控制发动机MRO市场的关键力量，同时也正是由于二手和翻修航材市场的发展，一些MRO市场研究机构在其分析报告中开始将零件翻新修理的费用作为发动机维修成本的第三大类，与人工成本和航材成本并列考虑。



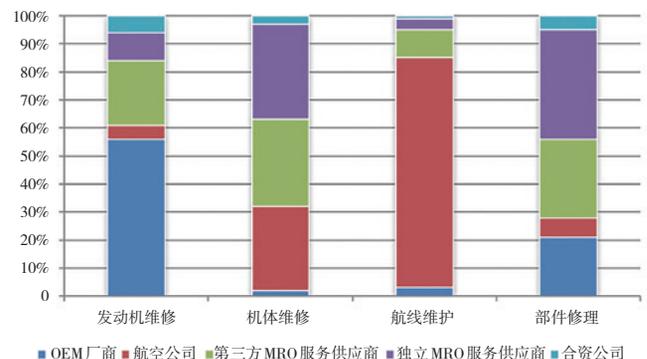
民用航空MRO成本结构分布 (来源：ASRA 报告)



几种典型飞机部件MRO成本结构分布 (来源：ASRA 报告)



民用航空MRO市场航材供应链构成关系 (来源：ASRA 报告)



民用航空MRO市场模式分布图 (来源：ASRA 报告)

市场模式

民用航空 MRO 市场的主体包括 OEM 厂商、航空公司、MRO 服务供应商(包括独立供应商和第三方供应商,后者往往由航空公司控制,为其母公司及其他客户提供维修服务)以及由 OEM 厂商和航空公司组建的合资公司。从民用航空 MRO 市场模式分布图不难看出,机体维修和航线维护一般由航空公司和 MRO 服务供应商完成,二者占据了 90% 以上的市场份额。对于技术要求高、设备资金投入大的发动机维修和部件修理,OEM 厂商的市场占有率得以显现。比较而言,部件修理中独立 MRO 服务供应商的表现更为强势,以接近 40% 的市场份额领先于 OEM 厂商。而民用发动机维修中 OEM 厂商则占据了绝对主导地位,其市场份额超过了 1/2,独立 MRO 服务供应商的市场占有率受到了很大挤压,相比部件修理,其市场份额下降了 3/4。

独立 MRO 服务供应商一般使用自己的技术对发动机进行维修,而健康状况监测、时寿件的管理与更换、零件的升级与可靠性保障这些典型的发动机维修业务很大程度上是对其研发生产的延续,OEM 厂商对于自己产品的认知与理解具有无可替代的优势,对于发动机 MRO 整体市场份额的垄断与利润甚至在航材供给之上,技术壁垒终究还是制约 MRO 服务供应商的核心因素。目前,发动机 OEM 厂商已经将“卖售后服务”与“卖产品”作为并重的战略发展方向,同时力推“产品+服务”这一市场模式,将二者打包捆绑起来,OEM 厂商可以通过产品自身发力,提升用户的产品黏性,大大加强其在 MRO 市场的控制力与

话语权,有效地限制打击独立维修商的市场空间,尽可能挖掘维修服务带来的高附加值潜力,独享全产业链的利润。可以说,随着航空产业新技术日新月异的变革、壁垒门槛的高企,在发动机维修领域 MRO 服务供应商面临着比飞机其余部件维修领域更为严峻的市场压力。这种情况下,除了发挥成本优势、以低廉的报价匹配优质的维修服务外,MRO 服务供应商也在积极寻找开拓个性化维修市场以应对来自 OEM 厂商的蚕食。随着航空发动机维修模式从故障维修到定时维修再到视情维修的演变,以“小(维修规模不大,便于随市场需求变化实时调整)、快(尽可能减少客户排队等待的时间)、灵(灵活满足客户的多元需求)”为特色的一站式服务供应也成为其主流发展方向。

结束语

发动机维修占据了民用航空 MRO 市场近一半的份额,并以超过 MRO 平均增长值的速度不断发展。维修航材与维修技能是发动机维修产业的核心,也是其技术密集特征的本质体现。与飞机其余部件维修相比,这种技术密集所带来的门槛壁垒更高,更向 OEM 厂商倾斜。在航空原始设备销售萎缩的大环境下,发动机售后维修服务逐渐成为 OEM 厂商的另一个重要业务点。在激烈的发动机维修市场博弈中,无论是在供应侧(航材方面),还是在服务侧(技能方面),OEM 厂商都以其技术优势取得了领先甚至是支配性的地位,尽管这是发动机 MRO 的受众,也就是航空公司最不愿意看到的。在可以预见的未来,一方面航空发动机维修的巨大市场价值

将进一步凸显,另一方面这种 OEM 厂商独大的局面也很难被彻底打破。

改革开放以来,我国迅猛增长的经济形势带动了民航运输业蓬勃发展,但与之不匹配的是民机制造业起步较晚,技术基础较弱,目前尚没有成熟的民航大飞机/发动机产品(C919/CJ1000 仍在研)投入市场,完整自主的民航维修产业体系更是无从谈起。有鉴于此,国内各家航空公司往往与其 OEM 供货厂商或者 MRO 服务供应商成立合资公司从而实现降低维修成本、提升企业利润的目的,但并不具备经营控制权与技术控制权,相当于变相的外包。这种以市场换利润的做法只是当下的权宜之计,面对国内巨大的 MRO 市场空间,一些零散的装备制造企业从未放弃进入民航发动机维修市场的努力,但在国际 OEM 厂商设置的高技术壁垒下困难重重,而打破这一壁垒的第一步就是具有自主知识产权的民航发动机的研制生产。

随着国家对航空发动机产业的日渐重视、中国航发集团的成立以及“两机”重大专项的实施,我国民用发动机维修业也迎来了新的历史契机。未来,在我国“长江”系列大型民用发动机生产交付的同时,如何提早布局发挥中国航发集团作为 OEM 厂商的固有优势与支点作用、尽早摆脱国外 OEM 厂商的技术封锁控制、打通发动机研发制造及维修的全产业链条、带动整合国内现有发动机维修资源在激烈的维修市场竞争中占据一席之地,成为了当前一项迫切的研究课题。

航空动力

(王翔宇,中国航发研究院,工程师,主要从事航空发动机发展战略研究。)