



方大集团
FANGDA GROUP

HNA 海航航空

航空器维修成本分析与管控分享

曲道威

2025年9月11日



目录/Contents

01

维修成本概述

02

航空器维修成本结构分析

03

维修成本关键影响因素

04

成本管控核心战略

01

维修成本概述

一、维修成本概述

航空器维修成本结构复杂，是一个涉及技术、管理和经济的综合性问题。现代航空公司的维修管理已从简单的“故障修复”转变为“全生命周期的资产性能与成本管理”。成功的成本控制不在于一味地削减开支，而在于通过精细化的数据分析、优化的维修策略和先进的技术手段，创新的航材保障方式先进的库存管理。在确保最高安全水平的前提下，实现维修资源效率和效益的最大化。

一、维修成本概述

全球维修成本占比趋势 (2020-2024)

机型	2020年占比	2024年占比	增幅	核心驱动因素
波音737-800	12%-15%	15%-18%	↑3%	机队老龄化 (机龄 > 12年)
空客A320	10%-13%	12%-15%	↑2%	燃油效率优势部分抵消成本上升
空客A330	14%-18%	16%-20%	↑2%	机队老龄化, 结构腐蚀增加
波音787	16%-20%	18%-22%	↑4%	碳纤维结构维修成本高40%

成本结构变化核心动因

- 发动机维修占比跃升: 35% ~ 40% (2020) → **39% ~ 45%** (2024)
- 航材价格涨幅: 因供应链短缺上涨**15% ~ 30%** (俄乌战争、相互制裁)
- 误拆率问题: 航电系统误拆率达**25% ~ 35%** (中国航司)

世界机队维修成本 (全成本)

- 根据IATA统计, 飞机维修成本约占航司运营成本的13% ~ 20%;
- 窄体机小时成本\$734-1041元/FH, 宽体机小时成本\$1423-1729/FH;

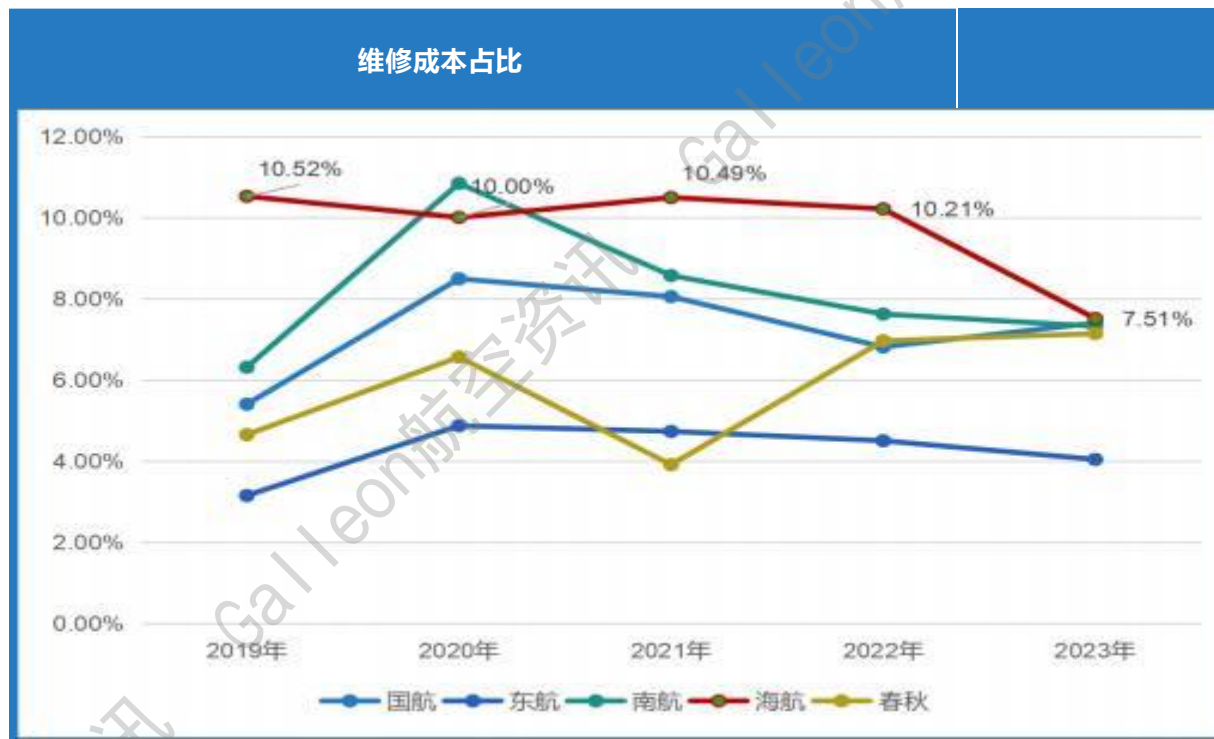
一、维修成本概述

国内主要航空公司维修成本对比

1. 维修成本占运营成本比例

2019年，因各航司口径存在差异（受租赁会计准则等因素影响），维修成本比例差异较大；2020年—2022年，受疫情影响不进行对比；2023年，国内几家航司（除东航外）维修成本比例基本持平。

航司	维修成本占比				
	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
国航	5.40%	8.49%	8.05%	6.81%	7.40%
东航	3.15%	4.87%	4.73%	4.50%	4.04%
南航	6.31%	10.84%	8.57%	7.62%	7.32%
海航	10.52%	10.00%	10.49%	10.21%	7.51%
春秋	4.65%	6.56%	3.91%	6.96%	7.14%



(数据来源：各航司公布的财报数据，不含动机成本)

02

航空器维修成本结构分析

二、航空器维修成本结构分析

典型窄体机维修成本构成 (737/A320)

成本类别	占比范围	国际先进水平	优化方向
发动机维修	35%-39%	热部件寿命延长技术	小时包修协议/梯次换发
部件修理	28%-32%	误拆率<15%	排故准确率提升/部件共享
定检与大修	8%-10%	模块化维修	C检工作包拆分
航线维护	12%-15%	数字化工卡	流程标准化
间接成本	8%-12%	自动化管理	数字化工具应用



成本占比国际对比

区域	维修成本占比	标杆企业案例
中国航司	12%-20%	预测性维护体系
欧美航司	7%-10%	汉莎技术精益管理
中东航司	9%-11%	阿联酋航空MRO共享

二、航空器维修成本结构分析

直接维修成本 (Direct Maintenance Cost - DMC)

工时成本

- **内容**：支付给维修技术人员（机械员、工程师、检验员）的工资、福利、加班费和培训费用。
- **特点**：工时成本高度依赖于地区的劳动力价格、维修基地的所在地以及工作的复杂性。定检等大工作量工作工时成本占比很高。

航材成本

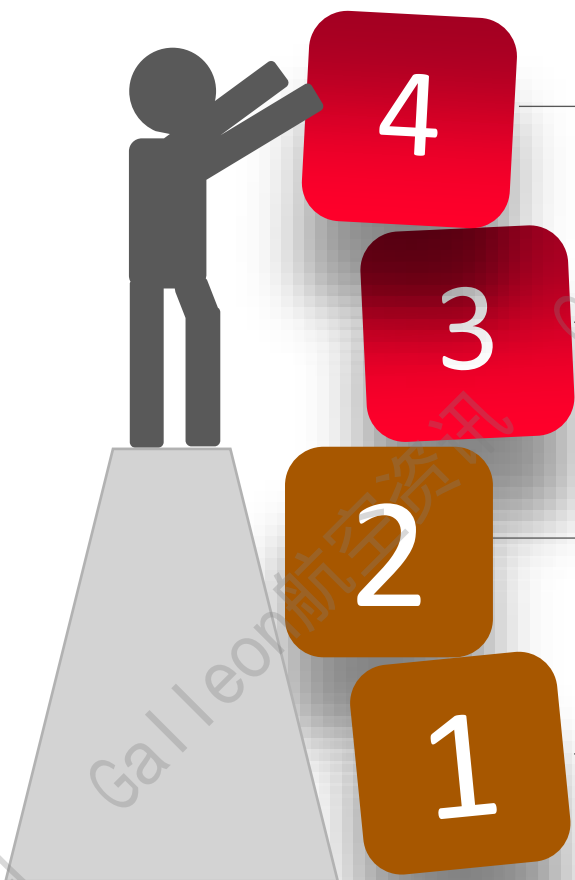
- **内容**：维修过程中更换的零部件费用，包括新件、修理件。
- **周转件 (Rotables)**：高价值、可多次修理的部件，如APU（辅助动力装置）、起落架、液压泵等。其成本涉及采购、修理和库存管理。
- **消耗件 (Consumables)**：低价值、一次性使用的部件，如螺钉、垫片、保险丝等。

外包服务成本

- **内容**：航空公司将部分或全部维修工作外包给第三方维修机构（MRO）所产生的费用。
- **常见外包项目**：发动机大修、部件修理、大型定检、特殊改装、航线维修业务等。
- **特点**：可以将固定成本转化为可变成本，避免自建维修能力的大量投资，但需要对MRO的服务质量和价格进行严格管控。

二、航空器维修成本结构分析

间接维修成本 (Indirect Maintenance Cost - IMC)



航材库存持有成本 (Inventory Holding Cost)

资金占用利息、仓库管理费、保险费用、存货损耗和到寿报废风险。高价值的周转件,库存会占用大量流动资金。

培训与资质成本 (Training & Certification Cost)

为保持维修人员资质 (如机型执照、授权) 所产生的培训费用

设施与设备成本 (Facilities & Equipment Cost)

机库、车间、仓库的租金或折旧、维护费用; 专用工具、维修设备 (如高空作业车、测试平台) 的采购、校准和维护费用。

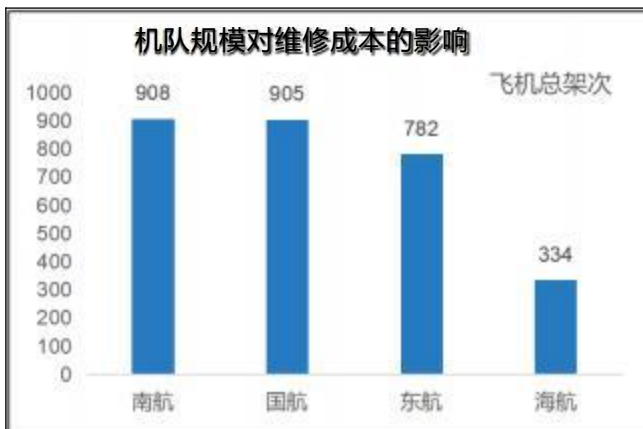
维修管理 overhead (Overhead Cost)

维修管理、计划、工程、质量、培训、行政等人员的工资和部门运营费用。

03

维修成本关键影响因素

三、维修成本关键影响因素

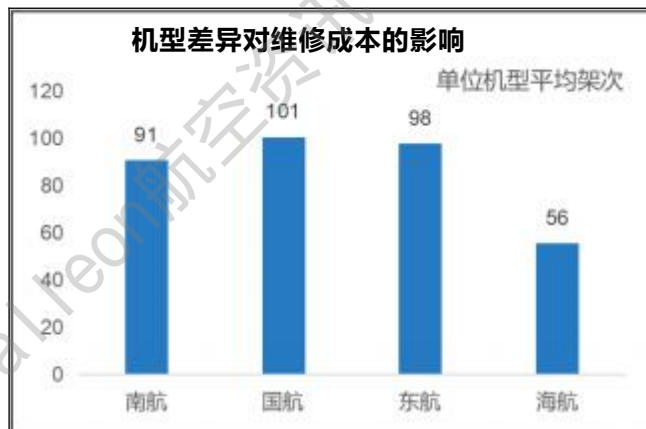


机队规模对维修成本的影响:

机队规模越大，固定资产（航材投资、工设备投资等）摊薄，维修成本越低；

以发动机资产为例，发动机价值约为飞机价值的20%，备发率一般为5%-10%（包修协议一般约定10%的备发率）；

规模效应：规模越大，资产的利用率越高，固定资产摊薄；规模越大，可提高和供应商的谈判能力，维修成本越低。



机型差异对维修成本的影响:

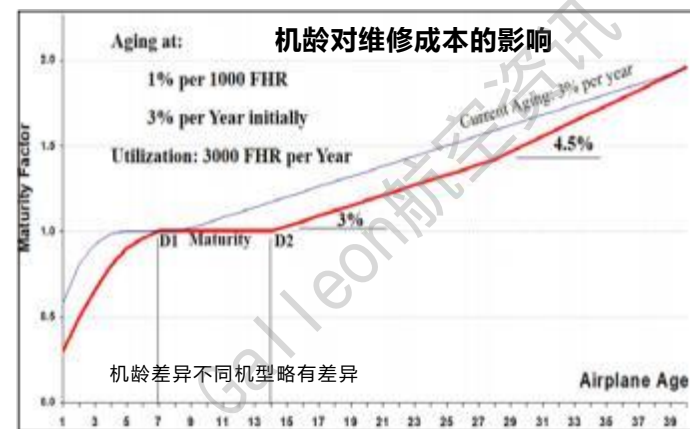
机型差异越小，维修成本越低；

A32(CFM56-5B)备发约\$1500万/台；

73M(LEAP-1B)备发约\$1500万/台；

787(GENX-1B)备发约\$3000万/

330(TRENT700)备发约\$2100万/台。



机龄对维修成本的影响:

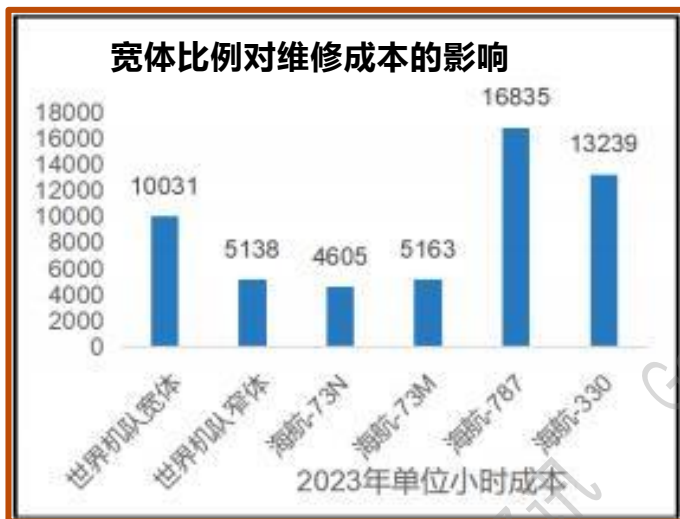
0-6年：年轻期，成本较低；

6-12年：成熟期，成本稳定；

12年以上：老化期：成本每年增长3%，结构检、起落架更换、发动机大修LLP更换等；每增加1000FH，维修成本约增长1%。

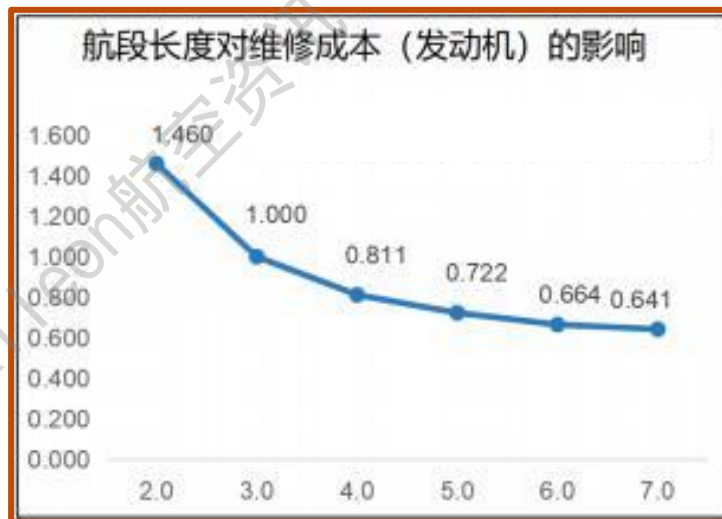
17年以上：老龄期：成本每年增长4.5%，老龄结构问题；

三、维修成本关键影响因素



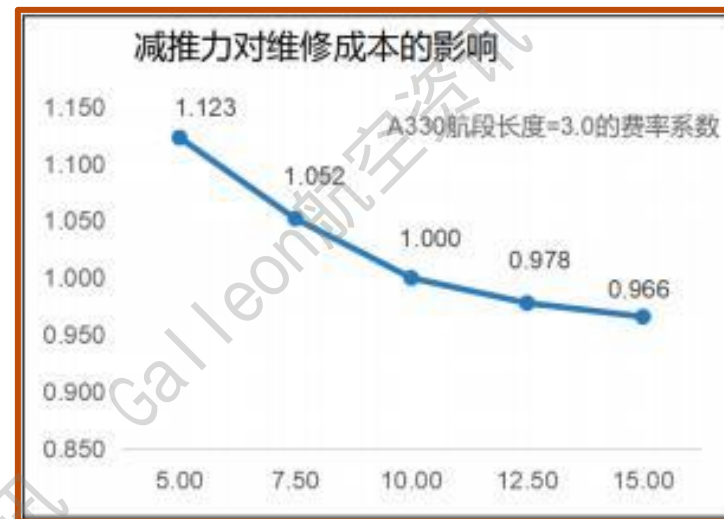
宽体机维修成本约为窄体机的2-3倍。

世界机队单位小时维修成本（窄体约\$734 - \$1041/FH，宽体约\$1423-1729/FH）



航段长度对维修成本的影响：

330发动机航段长度为3时小时费率为3325元，航段长度为5时小时费率为2400元。



减推力对维修成本的影响：

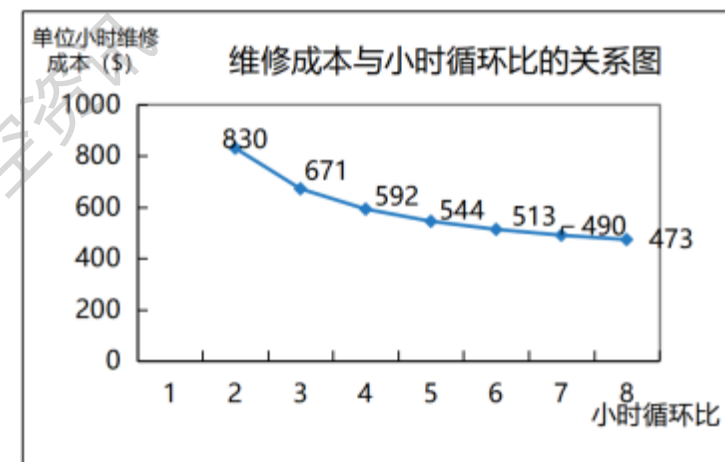
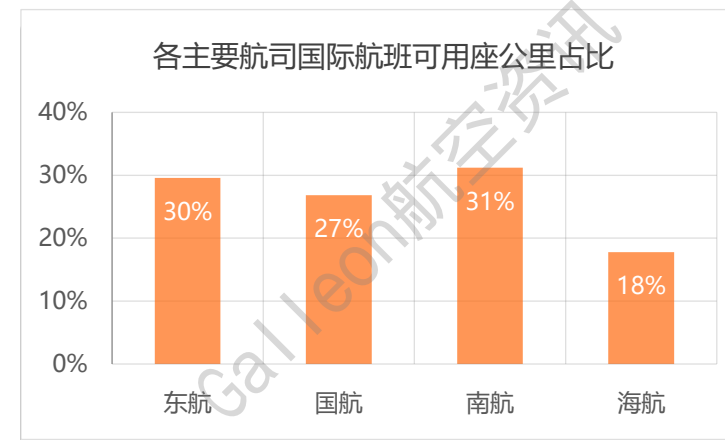
使用“所需最低推力”延长在翼时间、降低发动机维修成本；

330发动机航段长度为3减推力为10%时小时费率为3325元，航段长度为3倍推力为5%时小时费率为3733元。

三、维修成本关键影响因素

航线网络结构对维修成本的影响

航司	管控架次	维修布局	基地数量	国际可用座公里占比
东航	804架	全国21个机场设有17个分子公司及基地，在14个机场共19个机库，均具备当地过夜机型航线、定检、孔探、NDT、金工、工程、计划、质量和培训等全能力。	17个基地	29.57%
国航	930架	全国共有2个航线中心，10个航线维修基地，在14个机场共12个机库，均具备当地过夜机型航线、定检、孔探、NDT、金工、工程、计划、质量和培训等全能力。	12个基地	26.85%
南航	917架	全国有23个维修单位，共有19座维修机库，15个维修基地，4个维修厂，均具备当地过夜机型航线、定检、孔探、NDT、金工、工程、计划、质量和培训等全能力。	15个基地	31.20%
海航	348架	全国9大基地，海口、北京、成都等共有3个维修机库。	9个基地 47个过夜点	17.78%



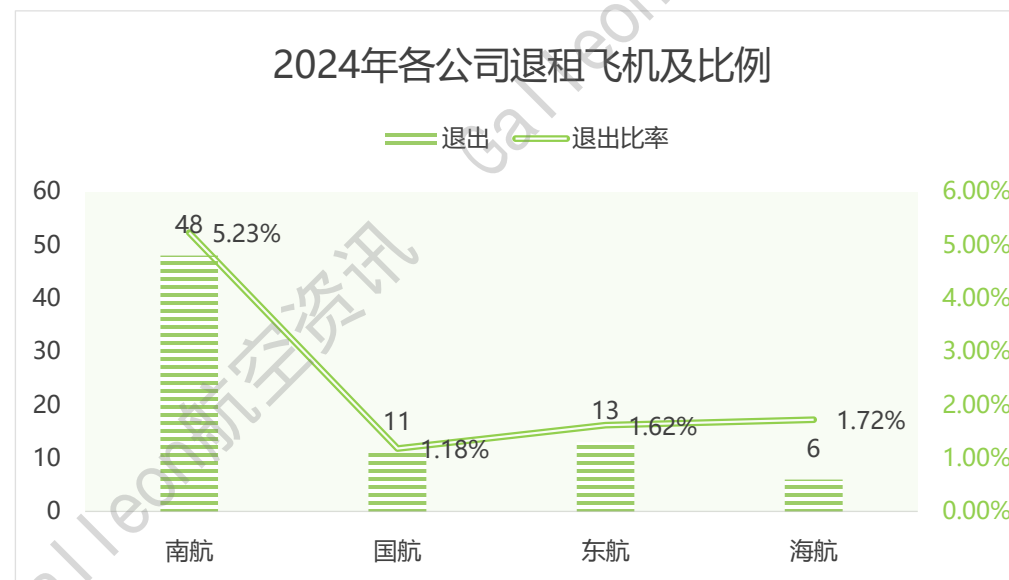
航段越短，维修成本高。

三、维修成本关键影响因素

飞机退租:

飞机退出需执行退租检、大项维修成本补偿等成本高，以737-800为例，每架飞机退租费用约 1500万-2500万元（不含退租补偿费），其中退租检工时费用约500万-700万元。

航司	飞机架次	引进架次	退出架次	退出飞机架次占比
南航	917	57	48	5.23%
国航	930	36	11	1.18%
东航	804	35	13	1.62%
海航	348	14	6	1.72%



数据来源：各航司公布的2024年财报数据

04

维修成本管控核心策略

四、维修成本管控核心策略

1. 优化机队结构，以降低维修成本

➤ **目标：打造精简、高效、灵活的机队**

核心措施：

① 减少机型种类

效益：降低维修人员培训成本与复杂度；大幅减少航材库存与工具投入；统一维修计划，提升效率。

② 选择主流成熟机型

效益：享受 competitive 的第三方维修（MRO）和二手航材（USM）市场；全球运维经验共享，问题解决更快；更高的资产残值。

四、维修成本管控四大核心策略

2. 优化维修方案和维修计划

- **维修方案动态优化**，基于历史数据和运营数据的大数据分析，故障后果分级重构任务间隔，动态调整维修工作项目执行间隔，避免过度维修。
 1. 采用厂家的OMP方案（波音和空客都在推广）
 2. 对SB/RCB（ME）项目进行定期回顾，估价收益与成本平衡。
 3. 定期回顾MPD/MRBR项目缩短控制间隔的恢复可能性。
- **制定个性化的维修方案执行计划**:(M TOP/M POS)
 - A/C检工作包拆分：将40%非核心项目转入航后维护
 1. C检工作包拆分一部分到A检执行：
 2. 将A检中非核心项目转入航后维护
- ▷ **南航、西部实践**：减少30% 停车场时间，提升飞机可用率

四、维修成本管控核心策略

3.开展预测性与智能化维修，提升维修效率

➤ 飞机健康管理系统 (AHM) / 预测性维护

利用机载传感器和实时数据链（如ACARS）收集飞机各系统（发动机、航电、液压、起落架等）的性能参数。

预测故障：通过大数据和AI算法分析数据趋势，提前预测部件失效，在故障发生前有计划地安排更换，避免空中停车（IFSD）等严重后果和AOG（飞机地面停场）带来的巨额损失。

优化备件库存：精准预测备件需求，实现“Just-in-Time”的航材供应链，减少资金占用和仓储成本。

减少不必要的拆换：避免根据保守的“硬时”而将仍可使用的部件拆下，节约部件成本和人工成本。

四、维修成本管控核心策略

4.开展数字化与自动化维修

➤ 数字化维修解决方案

电子化工卡 (e-Task Card): 在平板电脑上显示工卡，实现无纸化办公。可与航材系统、工具管理系统联动，自动确认件号、预留工具，减少错误和等待时间。

增强现实 (AR) 智能眼镜: 维修人员通过眼镜看到虚拟的维修指引、图纸、3D模型，复杂线缆连接等，大幅缩短排故和培训时间，降低对专业人员的依赖。

➤ 自动化检测技术应用

无人机/机器人进行外观检查: 使用配备高清相机的无人机自动扫描机身、机翼、尾翼表面，通过图像识别软件自动识别损伤（如凹坑、划痕、雷击点），比人工检查更快、更全面、更安全。

自动化孔探仪: 机器人孔探仪可以更精确可重复地对发动机内部进行检测，缩短检查时间，将飞机更快地投入运营；提高检查质量，避免漏检导致的结构性问题。

四、维修成本管控核心策略

5. 供应链与采购模式创新，通过改变“拥有”模式来转移风险和成本。

➤ 开展航材交换和资源共享

- **航材交换**：航材交换是航空业一项至关重要的供应链创新，它通过一个高效的“以坏换好”系统，完美地平衡了成本、效率和风险，是保障机队高效运行的关键环节之一。
- **航材共享**：通过航材共享机制，减少航材储备，减少资金占用成本。

➤ 采用多种采购与保障模式

- **小时费率 (Pay-by-Hour, PBH)**：将发动机、APU甚至起落架等高价部件的保障风险完全转移给供应商或OEM。航空公司按飞行小时支付固定费用，将不确定的大修成本变为可预测的运营成本。
- **增加PMA件采购**：对于非关键系统，在确保质量的前提下，采购PMA件可以节省50%甚至更多的成本。
- **加大二手可用件 (USM) 采购比例**：对于非关键系统、老旧机型或即将退租的飞机，在确保质量的前提下，采购USM可以节省50%甚至更多的成本。

四、维修成本管控核心策略

6. 打造专业的飞机退租团队

打造一支专业、高效、能打硬仗的飞机退租团队是航空公司资产管理能力的终极体现，直接关系到数百万甚至上千万美元的经济利益。

核心职能	负责部门/角色	关键职责
项目领导与协调	退租项目经理	总指挥 ：制定计划、跟踪进度、管理预算、主接口租赁公司、组织会议、解决争议、最终交付。
技术文件审计	技术记录工程师	核心中的核心 ：提前数年审核AD/SB/SL清单、飞行循环/小时、孔探报告等适航性文件的完整性和准确性，确保“机龄真实可追溯”。
物理检查与维修	退租检维修团队	执行者 ：根据退租工作范围（RWP）执行定检、改装、喷漆、客舱整新、油箱检查等，确保飞机技术状态达标。
商务与合同谈判	资产管理/法律/财务	谈判专家 ：解读租赁协议、谈判退租检工作范围（RWP）和维修储备金（MRO）结算、处理商务索赔与反索赔。
航材与物流保障	航材计划/采购	后勤支援 ：保障退租检所需时寿件（LLP）、缺件清单（MEL/CDL）部件、二手件（USM）的供应，处理多余航材。

