

浅谈公务机飞机维修计划与控制

刘英刚

北京航空有限责任公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11764

[摘要] 本文旨在深入探讨公务机飞机维修计划与控制的关键要素、流程及优化策略。通过对维修计划的制定依据、控制方法以及实际案例分析,揭示如何确保公务机维修的高效性、安全性与经济性,为公务机运营企业及相关维修机构提供理论与实践参考,以提升整体维修管理水平与运营效益。

[关键词] 飞机维修; 计划与控制; 定期维护检查

中图分类号: S219.07 **文献标识码:** A

A Brief Discussion on Maintenance Planning and Control of Business Jet Aircraft

Yinggang Liu

Beijing Airlines Co., Ltd.

[Abstract] This article aims to explore in depth the key elements, processes, and optimization strategies of maintenance planning and control for business aircraft. By analyzing the basis, control methods, and practical cases of maintenance plans, this study aims to reveal how to ensure the efficiency, safety, and economy of business jet maintenance. It provides theoretical and practical references for business jet operation enterprises and related maintenance institutions to improve the overall maintenance management level and operational efficiency.

[Key words] aircraft maintenance; planning and control; scheduled maintenance checks

引言

生产计划与控制(PPC)是指保持飞机处于适航和完好状态并保证航空器能够安全运行的飞机维护计划。在飞机维修管理体系中PPC是重要的组成部分,直接影响飞机的持续适航、可用率,甚至公司的运营成本。在民航维修行业,这一概念经过多年归纳总结和发展已经演化为系统的、完善的计划与控制理论。PPC通过平衡工作量和现有资源来获得最大收益,其基本目标包括获得最小的飞机停机时间,即最大可用率;资源的最大化利用;最小的维修成本。PPC的工程师需要考虑诸多因素,如人力、设备、工具、环境、资源等,这是因为在实际生产中,许多情况是互相制约的,如为了减少停机时间就可能提升成本。公务机飞机维修计划与控制是保障飞机持续适航、安全运行的核心环节,合理的维修计划能够有效降低维修成本、减少停机时间,同时确保飞机各项性能指标符合适航标准^[1]。

1 公务机飞机维修计划的制定依据

1.1 适航法规与标准

国际民航组织(ICAO)及各国航空当局制定的适航法规,如FAR(美国联邦航空条例)、EASA(欧洲航空安全局)法规和CCAR(中国民航规章)等,规定了公务机飞机维修的基本要求,包括定期检查间隔、部件更换标准等。维修计划必须严格遵循这

些法规,确保飞机合法运营^[2]。

1.2 飞机制造商建议

公务机飞机制造商依据飞机的设计特性、结构强度、系统复杂性等因素,提供了详细的维修手册(MM)、维修计划文件(MPD)等。这些文件包含了飞机各部件的维修任务、检查周期、润滑要求等推荐信息,是制定维修计划的重要依据。例如,湾流公司的G650ER公务机,其AMM 05-20-00中明确规定了发动机高压涡轮转子叶片的检查间隔基于飞行小时^[3]。

1.3 运营数据与经验反馈

公务机运营企业积累的飞行数据、故障记录以及维修历史等运营数据,对维修计划的优化具有重要价值。通过对这些数据的分析,可以发现特定飞机型号在实际运营中的薄弱环节与高发故障区域,从而针对性地调整维修计划。例如,若某型公务机在特定航线运营中频繁出现空调系统故障,可适当缩短空调系统的检查周期或增加深度维护项目。

2 公务机飞机维修计划的主要内容

2.1 航线维护计划

航线维护主要在飞机每日飞行任务前后进行,包括航前检查PF、航后检查AF以及过站检查TR。每一日历日的第一次飞行前执行航前检查,标准绕飞机检查,目视检查飞机内部和外部是

否有明显缺陷;是否存在油液渗漏;设备是否工作正常;附件连接是否牢固;按需做勤务工作,这些工作都在航班的起始站进行。过站检查是标准绕飞机检查,目视检查飞机内部和外部是否有明显缺陷;是否存在油液渗漏;设备是否工作正常;附件连接是否牢固;按需做勤务工作;机内清洁工作;排除空中和地面故障,这些工作都在航线上每一航站进行。在航后检查中执行规定的航后项目,标准绕飞机检查,目视检查飞机内部和外部是否有明显缺陷;是否存在油液渗漏;设备是否工作正常;附件连接是否牢固;按需做勤务工作;排除空中和地面故障,飞机落地后且距下次起飞间隔超过5小时,需执行航后检查^[4]。

2.2 定期检查维护计划

定期检修依据飞行小时数、飞行循环数或日历时间分为不同级别,如湾流G650ER主要包括了A检和C检。A检的间隔是600飞行小时,通常是较为基础的定期检查,主要检查飞机的外部结构、系统油液、电气线路连接等,一般在机库内进行,停机时间较短。随着检修级别的升高,检查范围与深度逐渐增加。C检的间隔是12个月,涉及对飞机结构件的详细检查与无损检测,部分部件的拆卸与维修,停机时间较长。较高级别的C检例如8C检与波音等型号的飞机的D检类似,是最为全面深入的检修,相当于对飞机进行一次“大修”,包括机身结构的拆解检查、大面积的防腐处理、所有系统的深度维护与部件更换等,停机时间可达数月之久^[4]。

2.3 发动机与部件维修计划

发动机作为飞机的核心部件,其维修计划具有特殊性。发动机维修计划通常基于发动机制造商推荐的热循环数、飞行小时数以及监控参数(如排气温度裕度、振动值等)来制定。当发动机达到规定的维修间隔或监控参数超出阈值时,需进行相应级别的维修,如热端部件检查、整机大修等。通过发动机状态监控系统监控发动机主要参数,如排气温度TGT、高压转速N2、振动指数Vibration等,及时发现潜在故障,实时调整发动机与部件维修计划,减少维修时间和成本。例如,监测到发动机高温预警,可及时调整发动机冷却系统维修计划。系统可预测故障趋势;监测到发动机振动指数高,提前发现部件磨损,及时更换部件,避免故障扩大。

2.4 飞机的其他关键部件维修计划

对于飞机的其他关键部件,如航空电子设备、起落架、液压系统等,也需根据其各自的可靠性指标与使用特点制定独立的维修计划,确保部件的持续可靠性。如起落架翻修,在10000飞行小时或者16C检完成^[5]。

3 公务机飞机维修计划的控制方法

3.1 维修进度控制

采用项目管理工具,如湾流飞机使用CMP系统,湾流开发CMP系统最初用于为每架飞机提供所要求的计划检查,维修及部件更换的跟踪和记录^[6]。

-CMP对即将到期项目的提示

-CMP工卡

-维修记录的上传与确认

CMP也可根据运营人的检查和维修计划,飞机停场要求和人员工具设备可用情况,为运营人提供客户化检查大纲,满足运行规范的要求。包括:为每架飞机建立一个维修计划控制系统并由经验丰富的CMP管理员进行监控,使飞机始终满足型号设计要求。

CMP系统可以对维修任务的进度进行可视化管理,明确各维修任务的开始时间、结束时间、持续时间以及相互依赖关系,实时跟踪维修进度,及时发现并解决维修延误问题。

3.2 维修质量控制

飞机维修质量直接影响飞行安全、飞机性能和使用寿命。高质量维修能及时发现并解决飞机故障,避免潜在安全隐患,保障航班正常运行。同时,良好的维修质量有助于提升航空公司的声誉和竞争力。建立完善的质量管理体系,从维修人员资质认证、维修工具设备校准、维修材料检验到维修过程的质量监督与检验,实施全过程质量控制。在维修过程中,严格执行维修手册规定的工艺标准与操作流程,对关键维修步骤进行双重检查或多人复核。例如,在发动机装配过程中,对关键的螺栓拧紧力矩进行精确测量与记录,并由质量检验员进行抽查复核,确保装配质量符合要求。同时,采用先进的无损检测技术,如超声波检测等,对维修后的结构件与部件进行质量检测,确保无内部缺陷残留。

3.3 维修成本控制

通过精细化的维修计划与资源管理实现维修成本控制。在制定维修计划时,综合考虑维修任务的必要性、维修级别与间隔的合理性,避免过度维修或不必要的部件更换。合理的维修计划能够减少不必要的维修工作和停机时间,降低维修成本。如果维修计划过于保守,可能会导致过度维修;而维修计划不合理,可能会使飞机在运营过程中出现故障,引发额外的维修费用和运营损失。积极采用先进的飞机维修技术,如无损检测技术、状态监控技术等,实现对飞机故障的早期诊断和预警,提前采取维修措施,避免故障的恶化和扩大,降低维修成本。同时,引入精益维修的先进管理理念,优化维修流程,消除浪费和不必要的环节,提高维修工作的精细化管理水平,实现维修成本的有效控制。例如,对于一些可修复的部件,优先选择修复而非直接更换新件。实际工作中可能遇到需要修理的部件无CAAC维修能力,这种情况下可以试着联系附件修理厂家增加维修能力,可以大大节省航材成本。很多时候部件修理费用远低于购买交换件的费用,但是部件修理的周期较长,这就更需要精细化的维修计划。在资源管理方面,优化维修人员的排班与分工,提高人工效率;合理采购维修材料与工具,降低采购成本;建立维修设备的共享机制,减少设备闲置与重复购置成本。此外,通过与维修供应商建立长期合作关系,争取更优惠的维修价格与付款条件,也有助于降低维修成本。

4 公务机飞机维修计划与控制的优化策略

4.1 基于可靠性的维修计划优化

采用以可靠性为中心的维修理念,通过对公务机各系统与部件的故障模式、影响及危害性分析,确定其关键程度与可靠性要求。根据可靠性数据与分析结果,动态调整维修任务的间隔与内容。基于可靠性的维修计划优化是提高飞机维修质量与效率的有效途径。通过运用可靠性分析方法,合理调整维修周期、优化资源分配,能够在保障飞机安全运行的同时降低维修成本。随着技术的不断发展,可靠性维修计划将不断完善,为航空业的发展提供有力支持。例如,对于可靠性较高、故障后果较轻的部件,适当延长其维修间隔;而对于关键且故障率较高的系统,增加状态监测项目,实施视情维修,从而在保障安全的前提下降低维修成本与停机时间。

4.2 维修资源整合与共享

公务机运营企业可整合内部维修资源,建立集中化的维修管理中心,实现维修人员、工具设备、维修技术资料等资源的共享与统一调配。同时,加强与其他公务机运营企业或专业维修机构的合作,开展维修资源的跨企业共享与合作维修项目。例如,多家公务机企业可共同投资建设大型维修机库与先进检测设备,通过共享这些设施降低单个企业的投资成本与运营成本。

4.3 信息化管理系统的应用

引入先进的飞机维修控制系统(CMP),实现维修计划制定、维修任务分配、维修进度跟踪、维修质量记录与分析等维修流程的信息化管理。CMP系统可实时采集飞机的运行数据、维修数据并进行大数据分析,为维修计划与决策提供数据支持。例如,通过对发动机运行参数的实时监测与数据分析,提前预警潜在故障,优化发动机维修计划;同时,维修人员可通过移动终端设备访问CMP系统,获取维修任务信息、维修手册内容及技术支持,提高维修工作效率与准确性。

5 案例分析

以某公务机运营公司为例,运营一支由多种型号公务机组成的机队。在维修计划与控制方面,最初采用传统的维修计划模式,主要依据飞机制造商建议与适航法规制定维修计划,维修管理较为分散,缺乏系统性优化。随着机队规模的扩大与运营成本的增加,公司开始引入基于可靠性的维修计划优化策略。通过对机队各型公务机的运行数据与故障数据进行深入分析,确定了不同型号飞机的关键系统与高风险部件,并建立了相应的可靠性监测模型。例如,针对某型公务机的航电系统,根据其故

障分布特点,将原来固定周期的检查方式改为基于状态监测的视情维修,通过安装传感器实时监测航电系统关键参数,当参数出现异常变化时及时安排针对性维修。经过一段时间的实践,该型公务机航电系统的维修成本降低了约20%,停机时间缩短了约15%。同时,公司建立了统一的维修管理信息系统,实现了维修资源的集中管理与共享,维修计划的制定与调整更加灵活高效,整体维修管理水平得到显著提升。

6 结论

公务机维修计划与控制是一个复杂而系统的工程,涉及适航法规、飞机制造商建议、运营数据等多方面的因素。通过科学合理地制定维修计划、严格有效地实施维修控制,并采用基于可靠性的优化策略、维修资源整合共享以及信息化管理等手段,可以实现公务机维修的高效性、安全性与经济性目标。公务机运营企业与维修机构应持续关注行业技术发展与管理创新,持续优化维修计划与控制流程,以适应不断变化的市场需求与运营环境,保障公务机飞机的安全、可靠运行并提升企业的竞争力与经济效益。在未来,随着新技术如人工智能、大数据分析在航空维修领域的进一步应用,公务机维修计划与控制有望迎来更加智能化、精准化的发展阶段,为公务机产业的持续繁荣提供有力支撑。

[参考文献]

- [1]张维龙.浅论飞机维修生产计划与控制优化[J].航空维修与工程,2014(6):65.
- [2]中国民用航空总局.民用航空器维修单位合格审定的规定(CCAR-45R3),2005-09-27.
- [3]湾流G650ER飞机维修手册Aircraft Maintenance Manual(19),2024-10-30.
- [4]湾流G650ER飞机持续适航维修方案(CAMP),Continuous Airworthiness Maintenance Program,2024-08-15.
- [5]湾流G650ER飞机维修审查委员会(MRB)报告Maintenance Review Board (MRB) Report (11),2024-10-30.
- [6]湾流G650ER飞机维修控制系统CMP,2024-10-30.

作者简介:

刘英刚(1979--),男,汉族,内蒙古呼伦贝尔市人,本科,工程师,从事飞机维修计划与控制研究。