 DOI: https://doi.org/10.12349/tie.v3i8.11547

# Research on a Digital Operational and Maintenance Management Solution for Airbus A320 Series Aircraft Avionics Systems

**Nan Xu**

Chengdu Tianfu Route Squadron, Southwest Route Center, Beijing Aircraft Maintenance Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

**Abstract**

The Airbus A320 series aircraft serves as the primary model for domestic civil aviation passenger transport. As the core carrier of flight control, navigation, communication, and status monitoring, the avionics system's maintenance quality directly impacts flight safety and operational efficiency. Traditional avionics maintenance relies on manual records, scheduled inspections, and post-failure troubleshooting, presenting practical challenges such as fragmented data, delayed diagnostics, and cumbersome workflows. Based on frontline aviation maintenance scenarios and the structural characteristics of the A320 avionics system, this study identifies operational shortcomings of conventional maintenance models. It establishes a digital maintenance management framework tailored to this aircraft model, designs a full-chain digital maintenance solution encompassing data collection, intelligent monitoring, fault diagnosis, and workflow control, and defines implementation processes and optimization measures for solution deployment. This approach effectively enhances the maintenance efficiency, fault prediction capability, and operational standardization of the A320 avionics system, providing practical reference for the digitalization of aviation maintenance.

**Keywords**

Airbus A320; avionics system; digital maintenance; aircraft maintenance management

# 空客 A320 系列飞机航电系统数字化运维管理方案研究

徐楠

北京飞机维修工程有限公司西南航线中心成都天府航线大队，中国 · 四川 成都 610000

**摘　要**

空客A320系列飞机是国内民航客运主力机型，航电系统作为飞机飞行控制、导航通信、状态监测的核心载体，其运维质量直接影响航班运行安全与出勤效率。传统航电运维依赖人工记录、定期检修与故障事后排查，存在数据零散、排查滞后、运维流程繁琐等实操问题。本文立足民航一线运维工作场景，结合A320航电系统结构特点，梳理传统运维模式的实操短板，搭建适配该机型的数字化运维管理框架，设计数据采集、智能监测、故障排查、流程管控的全链条数字化运维方案，明确方案落地的实施流程与优化举措，有效提升A320航电系统运维效率、故障预判能力与机务作业规范性，为民航机型数字化运维落地提供实操参考。

**关键词**

空客A320；航电系统；数字化运维；机务管理

## 1 引言

空客 A320 系列飞机由于性能稳定、适用性强，被众多的民航航司所使用，机队保有量一直保持在高位。该机型航电系统集成度高、设备模块多、数据交互复杂，传统的定期检修和事后维修模式已经不能满足高频次、高强度的民航运行要求了。人工运维存在着故障排查效率低、运行数据不能重复利用、检修流程不统一等诸多问题。依靠数字化技术重新塑造航电系统运维流程，创建起一体化运维管理体系，可以准确地克服传统运维的不足之处，规范机务作业流程，缩减航电故障出现次数和飞机停场时长，推进民航机队高效、安全地运行。

【作者简介】徐楠（1983–），男，中国江苏人，本科，工程师，从事空客系列飞机电子设备维修研究。

## 2 空客 A320 航电系统组成与运维实操现状

### 2.1 航电系统核心组成与运行特点

空客 A320 航电系统为模块化集成结构，由飞行控制、导航系统、通信系统、显示系统、告警系统、数据记录系统等模块构成，各个模块互相联系、互相配合来完成整个飞行过程的工作 [1]。飞行控制模块可以接收操控指令，控制机载设备来实现飞行姿态的调节。导航和通信模块对飞机航线定位、空地信息传输和飞行数据交换起着保证作用。显示与告

警系统利用机载屏幕来显示设备运行参数，把异常故障信息及时推送给用户。整套系统具有参数多、实时性强、联动性强的特点，单次飞行会产生大量的运行数据，设备工况微小的变化都会引起飞行隐患，对运维监测的准确性、及时性要求很高。

### 2.2 现有航电运维常规作业流程

目前 A320 航电系统运维采用的是计划检修和故障维修相结合的方式，形成了固定的作业流程。根据民航检修标准，逐项检查日检、周检、月检等定期检修工作中每一个航电设备的外观、线路连接、参数显示、设备运行状况。航班运行过程中出现航电故障告警的时候，机务人员依靠机载告警信息和人工排查经验，找到故障模块以及故障原因，从而对设备进行检修、更换部件、重新检测功能 [2]。检修完毕后用纸质台账或者简易电子表格记录检修内容、故障位置、处理方式和设备状态，完成运维闭环作业，整个流程以人工操作为主，数字化介入程度低。

### 2.3 传统运维模式的实操短板

传统的手工运维模式在长时间的使用中出现很多不适应的情况，不能满足大规模机队运维的要求。常规定期检修只能发现明显的故障，不能对航电设备的隐性损耗、参数变化等进行监测，大部分设备故障都是在故障发生之后才进行维修，被动运维的特点比较明显。人工排查依靠机务人员作业经验，不同人员的排查流程、判断标准、处理方式不一样，容易造成排查遗漏、判断偏差等问题。运维数据记录零散无序，纸质台账容易丢失、无法追溯，各种运行数据、检修数据、故障数据不能整合利用，不能支持故障趋势分析和运维预判工作的开展。

## 3 空客 A320 航电系统数字化运维整体架构设计

### 3.1 架构设计核心实操目标

本次数字化运维架构设计以民航一线实操场景为出发点，抛弃了理论化框架的搭建，从四个方面入手来构建方案。一是可以对航电系统的全部设备运行数据进行实时采集和动态更新，解决数据零散滞后的问题。二是创建智能监测和预判体系，提早察觉设备隐性的毛病以及参数出现异常状况，从而达成由被动维修向主动预判运维的转变 [3]。三是统一机务运维作业流程，对检修、排查、维修、复测全流程的操作标准进行规定，降低人为作业误差。四是创建数据化的运维台账体系，对故障信息、检修记录、设备状态实行全过程的可追溯管理，给后续的运维改进赋予数据支持，全方位地契合 A320 机队大规模运维的需求。

### 3.2 多层级数字化运维整体架构

根据 A320 航电系统结构特点和运维作业流程，创建起数据采集层、智能分析层、作业执行层、管控管理层四级相互联动的数字化运维架构。数据采集层依靠机载采集设备和空地传输模块，对航电各个模块的运行参数、设备工况、告警信息、飞行状态数据进行全方位的采集。智能分析层配备有数据分析算法以及故障识别模型，对数据展开整理工作，并且能够对异常进行甄别，还能实现故障的定位，而且可以做趋势分析。作业执行层是面向一线机务人员的标准化运维任务、故障处理方案、作业操作流程的推送。管控管理层面向航司运维管控部门，对机队航电状态进行监测、运维进度进行控制、作业质量进行检查、数据进行统计分析，从而形成一个完整的数字化运维体系。

### 3.3 架构模块适配性优化设计

根据 A320 航电系统模块化运行、多设备联动的特点，对数字化架构各个模块做针对性的适配优化。数据采集模块匹配航电各个子系统的数据接口，适应各种设备参数输出格式的不同，保证数据采集的全面性不漏项。智能分析模块集成 A320 专用故障库，根据机型常见故障特征改进识别算法，提高故障定位精度。作业执行模块简化操作界面，符合机务人员的操作习惯，降低复杂的操作流程。管控管理模块适应航司机队管理模式，可以对单架飞机或者批量机队的运维数据进行查询、统计和复盘，完全符合民航运维操作环境。

### 3.4 数字化运维系统运行逻辑

整套数字化运维体系是数据采集、分析、推送、作业、执行、数据归档闭环运行的体系。飞机飞行时，机载设备不断采集航电系统各种运行数据，经由空地数据链路立即传送到地面运维平台。平台智能分析模块对标准参数阈值做实时比较，出现数据异常或者设备隐患时，立刻发出故障预警并启动运维工作。运维人员接收到任务之后，依照系统推送的标准化流程执行故障排查和维修工作，并且把作业进程和检修成果上传到系统当中。系统对所有运维数据进行自动归档，按照更新后的设备运行状况不断地迭代改进故障识别模型和运维标准，从而达到运维作业动态循环、持续优化的目的。

## 4 空客 A320 航电系统数字化运维核心实施内容

### 4.1 全维度航电数据数字化采集传输

依靠空客 FOMAX 数据传输体系和机载传感设备，对 A320 航电系统进行全面的飞行控制、导航通信、显示告警、数据记录等各个方面的数据采集工作。统一各种设备的数据传输接口，规范数据输出格式，解决各个模块之间数据不能互通、格式不统一的问题。搭建稳定的空地实时传输链路，保证飞行数据落地就上传，杜绝数据延迟、数据缺失的问题 [4]。采集内容有设备实时运行参数、历史波动数据、故障告警记录、线路工况数据等，构成完整的航电系统运行数据链条，给智能分析和运维预判赋予全面的数据支撑。

### 4.2 航电故障智能监测与精准定位

以 A320 航电系统常见的故障案例为基础建立专门的故

障识别数据库，并用机器学习的方法创建出智能监测系统。系统对实时运行数据和标准工况参数进行实时比对，准确找到参数偏离、设备工作状况异常、线路接触不良等所有隐性或者显性的故障。根据航电多设备联动容易造成故障的情况，对算法逻辑进行优化，利用多维数据交叉验证的方法来准确找到故障的具体模块、故障点和故障原因，避免人工排查出现的误判和漏判情况。

### 4.3 运维作业流程数字化标准化管控

用数字化平台重新创建出 A320 航电维修全过程作业标准，取代原来的、随意的、纸质的台账记载方式。系统自带民航检修标准以及 A320 机型专属运维规范，自动生成日检、周检、月检标准化作业清单，对各项检修工作操作步骤、核查标准、注意事项进行详细说明。故障发生之后，平台会自动对应上同类故障的历史处理方案，把标准的维修流程以及部件更换标准推送给用户。机务人员全部线上完成任务接收、作业执行、进度上报、结果核验，所有的操作步骤都可以被追踪到，从而杜绝简化作业、违规操作、漏检少检等现象的发生，全面提高运维作业的规范性。

### 4.4 运维数据数字化归档与复用

建立 A320 航电系统专用的数字化运维台账，把所有的运维数据进行系统的归档和高效的复用。系统会对每一架飞机航电设备的运行数据、故障记录、检修过程、部件更换信息、复测结果等重要数据进行保存，进而产生单机型特有的运维档案。支持按飞机编号、故障类型、检修时间、设备模块等多方面进行检索查询，解决传统台账查询麻烦、追溯困难的问题。

## 5 数字化运维方案落地实施流程

### 5.1 前期设备适配与系统部署

方案落地前完成机载设备核查、接口适配和地面平台部署工作，保证数字化系统与 A320 机型高度匹配。逐架核查机队航电机载采集设备运行状态，更换老化失效的采集部件，统一数据传输接口规格。搭建地面数字化运维平台并进行调试，将 A320 航电系统标准参数、检修规范、故障案例、作业标准等基础数据录入到平台上。进行系统兼容性测试，检验空地数据传输稳定情况，数据采集是否完整，故障识别是否准确，找出系统运行中的漏洞，保证平台可以完全适应 A320 航电系统运维作业的要求，为之后的常态化运行做好铺垫。

### 5.2 人员实操培训与流程适配

对一线机务人员和运维管控人员进行专项实操培训，保证全体人员会使用数字化运维作业流程。对机务操作人员开展平台基础操作、任务接收、故障处理、数据上报等实操培训，规范线上作业流程。对管控人员进行数据统计、状态监测、任务核查、台账管理等各方面的培训，提高数字化管控能力。根据原有运维作业习惯来改进平台的操作流程，削减重复的步骤，减小人员的适应难度。采用实操演练、现场答疑、模拟作业等手段，消除人员操作误区，使数字化作业流程尽快地取代传统的手工模式。

### 5.3 分阶段试运行与问题整改

采用分阶段试运行的方式开展方案的执行工作，先进行部分 A320 机型的试运行，然后再逐步推广到全机队。对试点阶段系统运行过程中出现的所有问题、数据异常情况、作业适配漏洞做全链条记录，整理出一线机务人员的实际操作反馈。根据试运行过程中出现的数据采集偏差、故障识别失误、流程适应性不强等各方面问题，对系统的算法进行改进，参数阈值进行调整，作业流程进行优化。经过持续整改优化之后，逐步扩大运行范围，实现全机队数字化运维全覆盖，保证方案落地稳定、适配性好、操作高效。

### 5.4 常态化运行与动态迭代优化

方案全面落地之后进入常态化运行阶段，创建起常态化的运维改良机制，促使系统同作业流程不断更新。每天对数字化平台运行情况进行监测，保证数据采集、传输、分析、推送等各个环节的稳定。定期统计运维数据，对故障识别准确率、作业完成速度、故障处理合格率进行分析，找出存在的不足。根据航电设备升级、民航运维标准更新、机队运行状态变化等不断变化的情况，不断对系统算法进行改进，及时更新故障数据库，完善作业标准，使数字化运维方案始终适应 A320 机队最新的运维要求，不断提升运维质量和效率。

## 6 结论

空客 A320 系列飞机航电系统结构复杂、运行参数密集，传统的手工维护方式存在着排查滞后、流程杂乱、数据利用率低等许多实际操作上的问题，不能满足现代民航高效安全运行的要求。本文根据机型实操的特点来建立四级联动的数字化运维架构，设计出数据采集、智能监测、流程管控、数据复用的全链条数字化运维方案，制定出分阶段落地流程。该方案可以有效地对机务运维作业流程进行规范，准确地找到航电设备的隐性故障，并且可以缩短故障处置和飞机停场的时间，将运维工作由被动维修转变为主动预判。常态化落实应用可以持续改进 A320 机队航电系统运维质量与运行稳定性，给民航同类型机型数字化运维改造提供可操作的参考。

## 参考文献

[1] 张炯,董西路.航电系统数字化综合验证平台的设计[J].计算机仿真,2014,31(6):32-35.

[2] 徐小龙,曹全新.民机航电系统总装中一种新型培训平台探索与研究[J].电子技术与软件工程,2017,(7):124-125.

[3] 陆屹,董磊,郭勇.基于模型的复杂航电系统联合设计[J].飞机设计,2021,41(4):8-14.

[4] 尹伟,韩光辉,肖前远,等.面向民用飞机的复杂航电系统软件研制与管理方法[J].航空工程进展,2023,14(4):158-167.