

空中屏显高度速度跳变故障简析

王彦¹ 田高峰²

1 空装驻大连地区军事代表室 辽宁大连 116038; 2 大连长丰实业总公司 辽宁大连 116038

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12745

[摘要] 飞机环控系统是飞机不可或缺的系统, 可为飞机上产品散热使其可以良好工作, 而环控系统好坏也会严重影响飞机飞行, 本文就选取一个因环控系统不良导致大气数据计算机功能失效, 致使飞机无法完成任务而返航的故障进行分析。

[关键词] 环控系统; 散热; 大气数据计算机; 故障

大气数据计算机已成为一种重要的飞机机载电子设备, 其重要任务是实时处理飞机的大气数据信息, 即自由气流的静压、总压、高度、升降速度、指示空速、真空速、M数、大气密度比、总温、静温和攻角等参数, 是飞机控制系统、导航系统、火控系统、发动机系统、飞行仪表显示及告警设备不可或缺的信息对大气数据计算机故障进行分析研究可以实现更好的大气数据计算机系统管理, 保障飞行安全, 提高其生存能力。本文针对某型飞机在飞行过程中发生屏显显示高度和速度跳变导致飞机立即返航故障进行机理分析, 找出这则故障产生的原因。

一、具体故障现象

2023年10月25日, 某部队反馈工厂修理的某型飞机空中飞行过程中屏显显示高度和速度跳动, 机内检测与告警综

合测试系统打印打气机故障和导航备份。部队机务人员地面检查发现大气数据计算机电源壳体表面温度较高, 进一步检查发现大气数据计算机和电源安装托架下方的空调软管中段弯折, 用手测试冷却通风口无风敢。

二、产品排故过程及原理分析

故障件返厂后, 工厂立即安排相关人员开展现场调查, 共同对故障原因进行了研讨分析, 具体情况如下:

(一) 外观目视检查

分解大气数据计算机检查发现, 产品内部无多余物, 电路板元器件外观良好、无烧蚀损坏等情况; 分解大气数据计算机电源发现, II3 电源滤波板 C1 电容 K 50-29 B 63 B-470 M K 阳极端开裂。

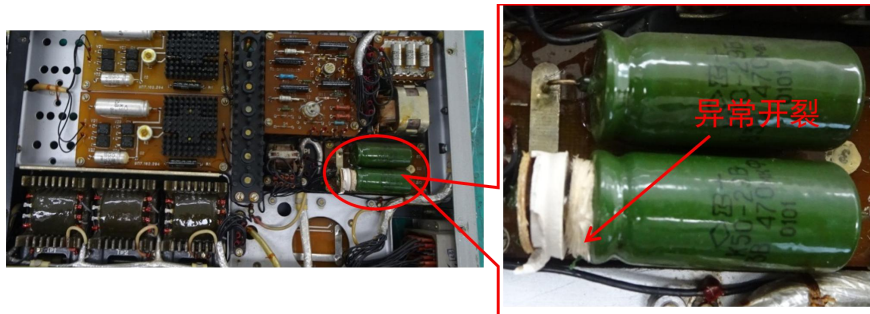


图1 II3 电源滤波板 C1 电容损坏情况

(二) 通电检查

1. 按大气数据计算机工艺规程要求, 对大气数据计算机进行通电检查, 产品输入参数及特性、输出参数及特性以及产品一次性指令的发送等性能均合格; 连续通电 30min 后, 再次对产品各项性能进行检查, 均符合技术要求。

2. 按大气数据计算机电源工艺规程要求, 对大气数据计算机电源进行通电检查, 接通电源后, 刚开始产品输出性能参数都合格, 但随着通电时间加长, 发现产品 X1: 5 脚和 X1: 6 脚 (即 5V 输出电压) 在 4.9V~5.1V 之间不停跳变, 且产品散发出烧焦味道, 立即断电后检查, 电容 C1 电容 K 50-29 B 63 B-470 M K 阳极端开裂, 且其壳体表面有明显灼热感。

(三) 机理分析

大气数据计算机所提供的众多大气数据信息中, 其最基本的信息是飞行高度、指示空速、真空速、M 数, 以及大气温度和大气密度比等六个飞行参数, 其余信息都可由这六个信息演变而来, 而这些基本信息又可根据静压、总压、总温和攻角四个原始参数经过解算装置的运算而求得。准确地测量这些原始参数, 对保证大气数据计算机精确。可靠地工作是十分重要的。

飞机飞行过程中, 飞机与其周围的大气是紧密联系的。

飞行高度和飞行速度变化后, 飞机周围的大气压力、大气温度和大气密度这些大气参数也随着变化, 因此通过测量大气参数及其变化规律, 就可以测知大气数据计算机基本信息的大小。大气数据计算机输入信号有: 空速管系统提供飞机迎面气流总压和静压信号 (压力); 总温传感器提供飞机迎面气流的大气温度信号 (大气静温); 无线电高度表提供无线电高度表测量的飞机真实高度 (真高度); 惯导系统提供由惯导系统测量的垂直加速度。输出信号有: 经大气数据计算机内部解算, 输出一帧 16 组的 8 进制 ARINC-429 串行数据大气数据信息 (包括绝对气压高度、相对气压高度、表速、真空速、马赫数、气压惯性垂直速度、外界气温、在接“稳定几何高度”指令形成的几何高度偏差等等); 一次性开关指令信号 (包括在地面上压力固定值的一次性指令信号、M 数固定值的一次性指令信号、表速固定值的一次性指令信号、绝对气压高度固定值的一次性指令信号、大气系统良好一次性指令信号、大气数据计算机电压良好一次性指令信号等等)。

利用大气压力随高度变化的特性, 通过测量飞机所处的大气压力 (静压 P_s), 可以间接测量飞机的飞行高度。但是大气压力是大气的一个状态参数, 它的数值大小和变化与许多因素有关, 包括纬度、季节、气候、昼夜、高度等, 高

度只是其中一个因素。显然,在实际情况下,大气压力并不是高度的单值函数,为了实现利用大气压力测量高度,国际上统一采用标准大气。

而平显上的高度信息则分为气压高度和无线电高度(飞机几何高度),两种高度信息均为 ARINC-429 串行数据码,无线电高度表输出的高度信息串行码输出给大气数据计算机。由大气数据计算机完成气压高度信息和无线电高度信息合并,以不同的地址码区别,输出给平显显示,具体工作情况如下:

在大气数据计算机和无线电高度表均正常的情况下信息显示如下:

1. 当无线电高度表高度小于 8000m 时,优先显示无线电高度。
2. 当无线电高度表高度大于 8000m 时,优先显示气压高度。
3. 当气压高度大于 8000m 时,由大气数据计算机断开无线电高度表供电,显示气压高度。
4. 当无线电高度表故障无高度信息输出时,显示气压高度。
5. 当大气数据计算机故障无高度信息输出时(无线电高度表良好),平显上不显示高度信息。

通过研究大气数据计算机电源电路原理可知,大气数据系统正常工作时,由机上三相交流 115V/400Hz 先通过电源内部变压器变压后,再经二极管矩阵全波整流,Π3 电源滤波板滤波后,提供 32V 直流电压给 Π1 稳压电路板,最后 Π1 稳压电路板经稳压后输出一个稳定的 5V 电压信号输出给大气数据计算机,给大气数据计算机内部芯片提供电源,同时也发出一路 5V 一次性 B Π 良好信号给大气数据计算机。大气数据计算机将接收到的全压信号、静压信号、总温信号以及场压信号后进行内部解算,将解算出的气压高度信号和真空速信号给屏显显示;同时将“大气数据系统正常”+27V 离散量送给机内检测与告警综合检测系统。

从系统原理上来看:大气数据系统内部各产品及其与相关系统之间采用模拟电压、ARINC-429 串行数据总线和一次性指令等形式进行信号传输。在小高度状态,为保证真高度稳定,自动飞行控制系统向大气数据系统提供“真高度稳定”一次性指令信号,并在大气数据计算机内贮存下来,同时形成几何高度偏差和给定几何高度输出给自动飞行控制系统,用于确保飞机真高度不变。

依据外场给出屏显显示高度和速度跳动、机内检测与告警综合检测系统打印大气机故障和导航备份等故障现象,可以追溯出大气数据计算机或电源可能存在故障点,结合厂内通电试验时大气数据计算机性能良好,大气数据计算机电源输出电压异常的现象,判断故障点应为大气数据计算机电源。

从故障现象来看:分解后通电检查,发现电容 C1 电容 K 50-29 B 63 B-470M K 壳体表面有明显灼热感、同时阳极端已开裂,锁定故障点应为 C1 电容失效,焊下电容后测量其容量仅为 32nF,已不满足使用要求。该电容为大气数据计算机电源 5V 输出 Π1 稳压电路板的 32V 直流电压滤波电容,该电容失效导致 32V 输入电源电压下降,最终导致 Π1 稳压电路板无 5V 输出电压,最后因大气数据计算机内部芯片无 5V 供电电源而无法工作。

进一步更换该电容,通电 40min 后检测电源输出 5V 以及其他电压信号正常稳定,再次验证了故障点为电容失效。该

电容为俄制铝电解电容器,电容来量允许偏差为+50%~-20%,电容动态效果好,滤波性能佳。

从外场检查情况来看:故障发生后,飞机落地检查时发现大气数据计算机电源特别烫手(约 80℃~90℃),进一步检查发现安装大气数据计算机和电源的托架下空调管已弯折(见图 2),用手测试冷却通风口无风感,考虑到该空调管主要用于给大气数据计算机和大气数据计算机电源散热,进而推断最大可能原因为,空调管弯折导致大气数据计算机电源散热不良,引起 C1 电容一直在极限温度下工作(电容工作温度为-60℃~85℃),长时间超温使用后发生电容阳极端开裂失效,引发后续一系列故障现象。



图2 托架下方空调管异常弯折情况

该托架安装在 9 框设备舱顺航向右侧上方且靠近内侧壁板位置,空间狭小、位置隐蔽,在该部位开展其他施工时误碰托架空调管导致弯折的可能性较小。结合现场调查了解的该托架在厂期间及外场使用时未进行机上排故更换等情况,分析认为空调管弯折最大可能原因为飞机装配车间装配不当所致,后续各项调试试验也因短时间内无明显故障现象,最终问题在外场暴露。

三、产品故障最终结论及预防措施

综合上述情况分析认为,导致本次故障发生原因为:电源安装托架的空调管路通风不畅,使电源散热不良,飞机长时间工作后,导致大气机电源内部 5V 电源板滤波电容阳极端开裂,功能失效,无法向大气数据计算机内部芯片提供稳定 5V 工作电源,造成大气数据计算机解算出的信号输出不稳定,最终使该故障发生。

依据该故障对产品制定预防措施,防止类似故障再次发生。大气数据计算机电源组件修理要求:1. 监控大气数据计算机电源组件输出电压的稳定性;2. 仔细检查大气数据计算机电源组件内部电源输出端滤波电容的外观,发现外观有漏液的或者发黑的一律更换掉;3. 必要时拆焊下电源输出端电容,检查其容量、漏电流以及损耗角正切是否合格,不合格的要及时更换掉。大气数据计算机托架修理要求:1. 检查托架上冷气口是否弯曲,否则矫形;2. 检查托架冷气口胶垫是否破损,否则换新;3. 检查托架冷气口与机上连接状态,是否存在异常弯折情况,否则重新安装。

【参考文献】

[1] 肖建德. 大气数据计算机系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.

[2] 飞行大气参数. HB6127-1986, 1997

作者简介: 王彦(1984-10), 男, 汉, 辽宁大连, 本科, 工程师, 研究方向: 飞机飞控修理; 田高峰(1983-6), 男, 汉, 山西朔州, 本科, 高级工程师, 研究方向: 飞机飞控修理。