

座舱压力控制浅析

陈屹

(春秋航空维修工程部 上海 200051)

摘要: 在航空领域座舱压力系统直接关系到飞机及旅客的安全,也是各个航空公司维修部门重点监控的工作。在整个系统中,外流活门是座舱压力控制系统的执行部件,控制座舱的内外压差,因此发挥着至关重要的作用。本文将浅析座舱增压系统原理,通过具体案例分析座舱压力相关故障,并提出建设性维护意见,以提高机队运行品质,提高飞机安全性及保障效率。

关键词: 座舱压力; 外流活门; 故障处理

1 座舱压力控制的概述

空客 A320 系列飞机通过客舱增压控制计算机 (CPC) 调节外流活门的开度来调节座舱内外压差,平衡客舱内的空气流动速率,以达到合适的座舱高度,让客舱内保持一个压力稳定、氧气充足的环境,保证机组及旅客的舒适度,同时也确保飞机不因内外压差过大而造成机体机构损伤。其主要部件有两部 CPC 计算机、两个安全活门、一个外流活门 (内部有三个马达、两个自动控制系统交替切换、一个人工操作系统),以及驾驶舱控制面板等^[1] (图 1)。

1.1 基本功能

根据飞行特点,座舱压力控制共分为四个基本阶段:

- (1) 在地面,完全打开外流活门,与大气环境保持一致;
- (2) 起飞时,增加客舱压力,抵消快速拉升带来的压力波动;
- (3) 飞行中,一般情况自动调节压力变化率以提供舒适的环境;
- (4) 降落时,稳定逐渐释放剩余的客舱压力。

1.2 控制方式

座舱压力控制分为自动操作、半自动操作、人工操作。

(1) 自动操作:座舱压力控制系统有两套相互独立的自动控制系统,接收来自 FMGC、ADIRU、EIU 和 LGCIU 的信号,分别由 CPC1 和 CPC2 控制,通过相应的自动控制外流活门到指定位置,实现调节座舱压力的

需要 (图 2)。系统每次只有一个 CPC 独立工作,另一个处于热备用的状态,当检测到系统故障或飞机完成降落 70s 后自动进行控制系统的转换,工作的系统在下 ECAM 页面显示为绿色 SYS1 或 SYS2。

(2) 半自动操作:在自动状态下,如失去 FMGC 的数据,CPC 将使用来自 ADIRS 的修正气压和 LDGELEV 选择器的着陆机场标高,以控制外流活门的开度。

(3) 人工操作:当自动控制失效时,驾驶舱控制面板人工操

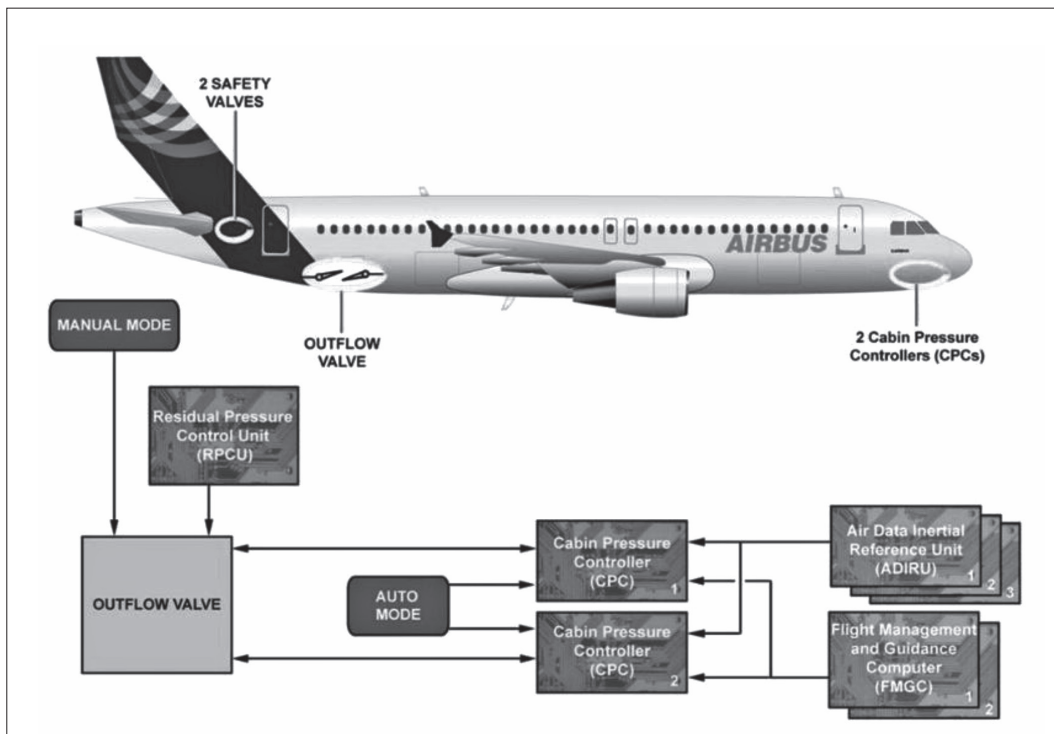


图 1 座舱压力控制概况

纵模式通过按压 25vu 上的 MODE SEL 选择电门在 MAN 模式下，拨动 MAN V/S CTL 按钮人工控制外流活门的开度，实现座舱压力控制。在人工方式下，CPC1 有一个自带电源的备用系统，并备有一个压力传感器，以产生超压警告和 EIS 指示的压力输出^[2]（图 3）。

2 故障案例分析

A320 飞机座舱增压故障主要分为供气故障、密封性故障和排气故障^[3]（图 4）。

C 航空某 A320 飞机空中出现 CABPR1+2FAULT 警告客舱增压故障，并有外流活门故障的三级信息，执

行人工控制模式，飞机正常落地后按照 TSM 更换外流活门及两部 CPC 计算机，后续涉及更换的部件均送往修理厂进行检测。收到部件修理厂检测报告：CPC1 送修测试发现 IC 芯片有故障，但此故障只针对存储信息功能，无关具体控制；CPC2 送修监测有故障信息，清除后判定未 NFF；外流活门组件送修功能测试自动方式 1+2 通电测试均卡阻，分解发现轴承卡滞。该轴承在变速箱中，卡滞会直接导致传动齿轮和作动器输出轴转动出现卡滞，作动器输出轴连接传动臂驱动活门，卡滞会造成驱动臂转矩变小，从而无法驱动活门到指令要求的位置，造成外流活门卡阻故障。后要求航达出具了情况说明，表明外流活门变速箱内部轴承腐蚀，导致轴承卡滞。后续经查 CMM 后了解，人工控制的转矩载荷大于自动控制，所以人工控制在当时故障情况下能够控制外流活门。

针对此次故障分析，外流活门因轴承卡滞导致 CPC1 出现警告，系统自动转换到 CPC2，后续读取飞行数据查看，30s 后 CPC2 也失效。机组随后人工控制座舱增压，后续重置座舱增压系统恢复自动控制，可以理解为人工控制的较大转矩克服卡滞阻力。由此，此次故障的原因为外流活门变速箱内部轴承卡滞，进而引起外流活门卡阻失效。

根据航空公司反馈，数个外流活门变速箱中发现了数滴到数升不等量的水。进水的原因可能是变速箱不是密闭的，在航班运行过程中客舱压力变化时，变速箱需要一个特定通气以保护变速箱不会发生机械损伤。由于这个通气及飞行过程中的温度变化，少量的水可能通过凝结进入变速箱。这点少量

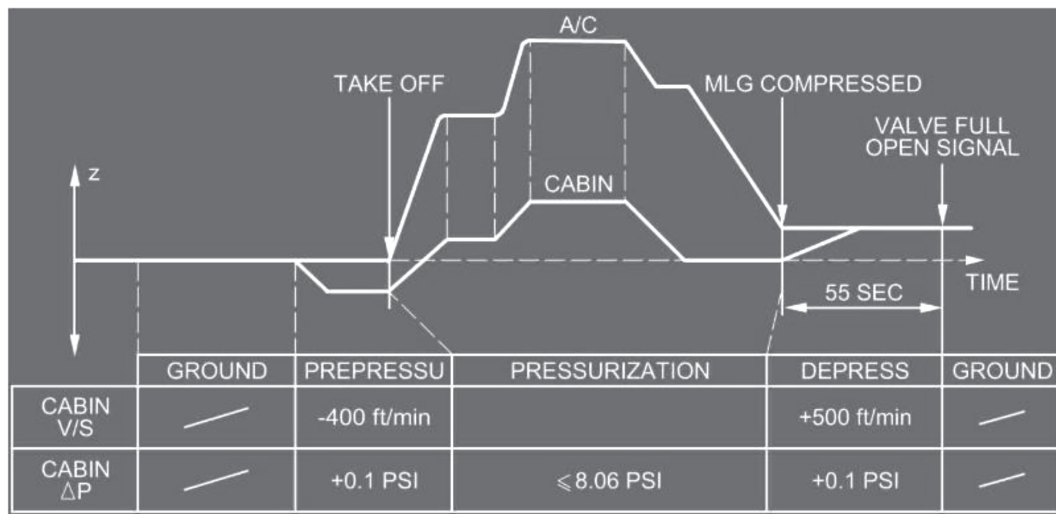


图 2 座舱压力控制的基本功能

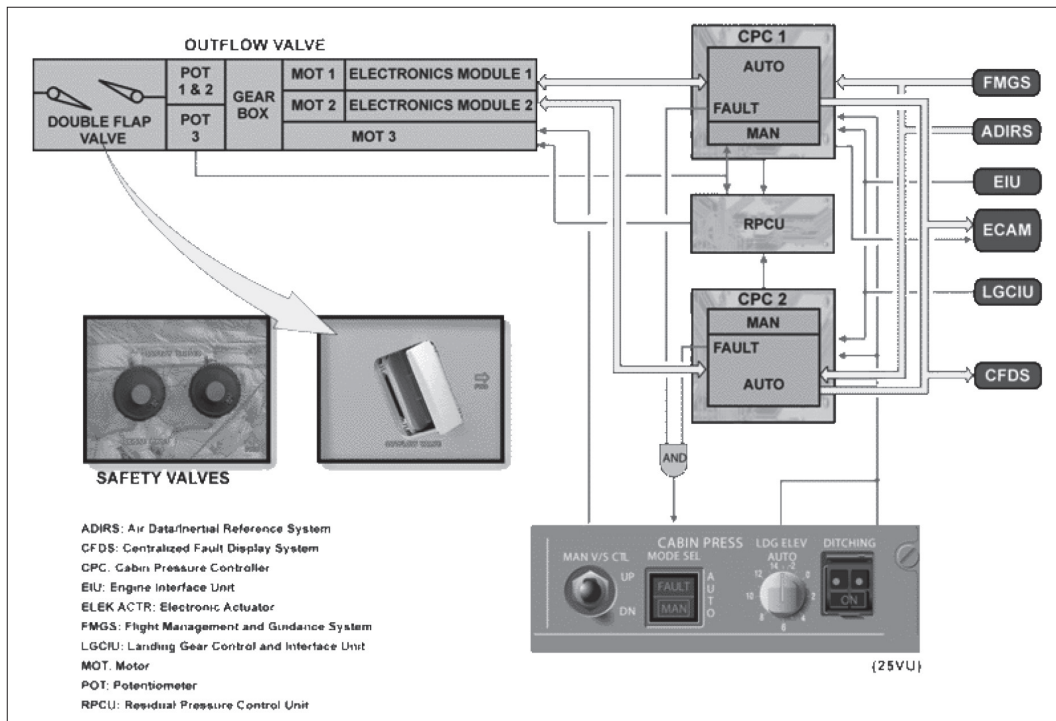


图 3 外流活门的操作流程

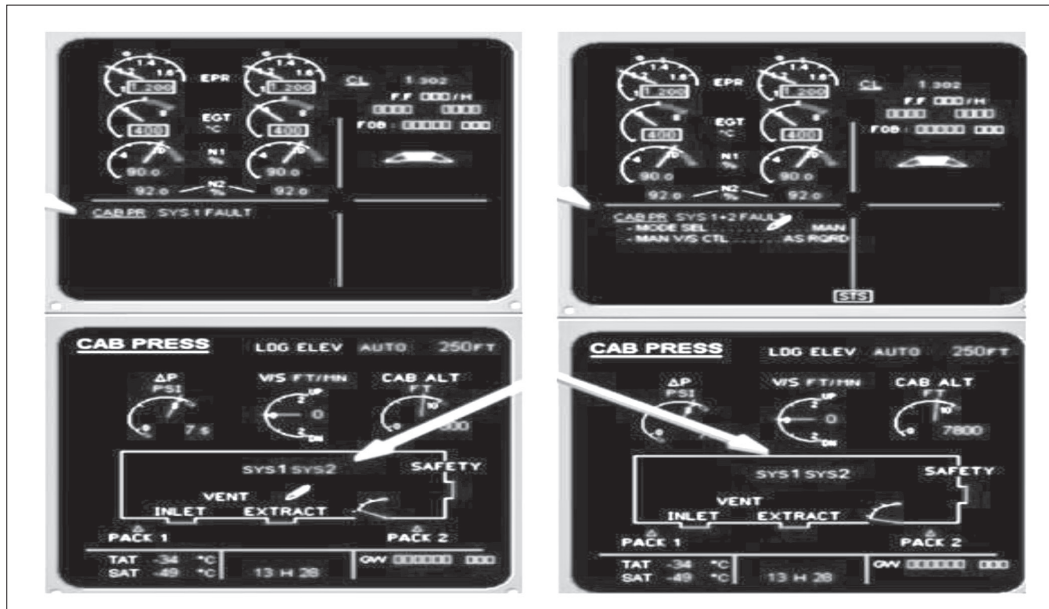


图4 座舱压力常见的故障警告

的凝结水，即使结冰也不可能降低变速箱性能。大量的水不可能是通气凝结所致，化学分析表明，这些大量的水为清洁水，这可能是在洗飞机的过程中冲洗变速箱所致。此外，即使变速箱中的齿轮被润滑，但是由于液体的作用轴承滚动部件也可能被腐蚀。NORD-MICRO 对已经存在腐蚀轴承的部件进行了各种测试，包括高低温测试，结果表明变速箱性能在可接受范围内，因此 NORD 不会进行相应地产品改进升级。

3 维护提示

客舱增压系统整体而言可靠性较高，其控制逻辑紧密，多系统控制，所以客舱压力无法保持的故障少之又少，但是不可否认 CPC 计算机及外流活门等部件故障导致客舱压力故障的情况却比较多。

针对 ECAM 警告 CAB PR1+2 FAULT 或是单独系统的警告，且座舱压力不能保持，但没有相关故障信息，其可能的原因有 CPC 失效、管路漏气、引气供气排气、相关活门或结构损伤等方面；也需考虑检查各部件之间的线路导通性。如果有相关警告，根据手册完成相关针对性地排除故障。

厂家及空客的调查已经表明，外流活门变速箱的确实会因变速箱通气而进入少量水份。尽管厂家和空客认为少量的水份进入变速箱不会影响变速箱性能，但是从实际运行情况发现，即使是少量的水也会导致变速箱内部腐蚀，并且会导致外流活门卡阻故障。因此，为了降低安全风险，排除变速箱腐蚀可能导致的安全隐患也成为手册外，需要重视其他检查项目。

4 工作建议

4.1 对客舱释压出现影响较大的部件

根据空客厂家的数据，对客舱释压造成比较大影响的部件，如外流活门，客舱压力控制计算机 CPC 增加备件，减少因备件不足造成飞机对于此类部件故障时的长时间保留，以减少因其故障导致释压情况出现的可能性。根据调查结果：一是推动厂家进行产品升级，预防变速箱内部腐蚀；二是推动空客进

行共同研究，建立间隔合理的 MPD 项目，以便加入维修方案。

4.2 监控故障件检测项目

一是引进 MRO 使用的电流检测方式，定期在翼检测外流活门，视检查结果拆下送修；二是探索相关参数，如马达瞬时电流、电压等，加入报文进行实时监控。

5 结语

A320 机型因密封性导致的座舱释压故障发生率非常低，相关拆换件也较少，重点关注供气及排气失效，尤其外流活门故障需引起重视。根据运行经验，目前执行的 A320 座舱压力性能检查，后期应根据机队状况，评估是否调整间隔或执行季节。技术支援在日常监控中，应关注 A320 机队引气和增压系统的 ECAM、CFDS 实时报文信息，及时处理座舱增压系统的 CFDS CLASS 3 信息。

参考文献：

- [1] 孔爱平. 空客 320 飞机空调增压系统原理与故障处理浅析 [J]. 西藏科技, 2020 (09): 68-70.
- [2] 王利军. 民用飞机上复合材料的应用与维修 [J]. 航空维修与工程, 2007 (02): 28-29.
- [3] 李世林, 罗文东. A320 飞机座舱增压系统技术分析 [J]. 内燃机与配件, 2021 (07): 160-161.

作者简介：陈屹（1986.03-），男，汉族，上海人，硕士研究生，工程师，研究方向：飞机的维修控制。