B737NG飞机氮气发生器系统降级灯亮故障与S1051电门交联机理分析

刘争光 杨粤
深圳航空有限责任公司，中国·广东 深圳 518128

摘要：本文依据FIM 47-31 TASK 819和AMM 21、27、47章资料，梳理NGS低、高流量工作模式与冲压进气门三种工作模式的控制逻辑，揭示进近阶段S1051电门压缩量不足使“襟翼未收上”地信号丢失，ACAU误判为空中且襟翼收上，左冲压进气门脱离全开位，NGS高流量模式散热不足而触发过温降级的跨章节故障机理；简要说明S1051电门对升降舵感觉、备用液压、动力转换组件等其他系统的影响；结合机队故障实例、FIM分阶段隔离程序和MEL 47-01/47-01-01保留政策，给出排故思路与维护建议，为航线维修人员处理此类跨系统故障提供参考。

关键词：B737NG；氮气发生器系统；降级灯；47-30028；S1051电门

Analysis on the Cross-linking Mechanism Between the Nitrogen Generation System Degraded Light Fault and the S1051 Switch on the B737NG Aircraft

Liu Zhengguang, Yang Yue
Shenzhen Airlines Co., Ltd., China Guangdong Shenzhen 518128

Abstract: Based on FIM 47-31 TASK 819 and the aircraft maintenance manual chapters 21, 27 and 47, this paper describes the low and high flow operation of the NGS and the three operating modes of the ram air inlet door, and reveals the cross-chapter failure mechanism in which, during the approach phase, insufficient compression of the S1051 trailing edge flaps up switch loses the flaps-not-up ground signal to the air conditioning accessory unit (ACAU). The ACAU then mistakenly assumes that the airplane is in the air with the flaps up, the left ram air inlet door leaves the full open position, and the NGS in the high flow mode suffers insufficient cooling, which triggers the overtemperature condition and the degraded indication. The influences of the S1051 switch on other systems, such as the elevator feel system, the standby hydraulic system and the power transfer unit, are briefly described. The phased fault isolation procedure of the FIM, a fleet case and the MEL 47-01/47-01-01 references are also presented for line maintenance personnel.

Keywords: B737NG; Nitrogen generation system; Degraded light; 47-30028; S1051 switch

0 引言

排故实践表明，部分案例反复更换氮气部件无效，真正原因隐藏在21章空调与27章飞控的交联链路中——左侧冲压进气门作动器的控制信号来自空调附件组件（ACAU），而ACAU的襟翼位置信号源自襟翼控制组件（FCU）内的S1051电门。本文依据FIM 47-31 TASK 819和飞机维修手册（AMM）相关章节，分析该故障的系统机理、隔离方法与维护要点。

1 系统理论基础

1.1 氮气发生器系统及其冷却需求[2]

NGS利用左侧气源总管引气，经NGS关断活门、臭氧转换器、热交换器、过滤器后进入空气分离模块（ASM），产生富氮空气输送至中央油箱，富氧空气排出机外（如图1所示）。NGS有低流量和高流量两种工作模式：爬升与巡航阶段高流量活门关闭，以节省引气并保护热交换器和ASM；下降（进近）阶段高流量活门打开，增大氮气流量对油箱加压，减少进入通气油箱的环境空气。

NGS热控制单元部件安装在左侧冲压空气管道舱内，热交换器冷却空气经混合导管取自左侧冲 压空气进气口，通过引射作用抽吸环境空气，将引气冷却至160±10° F。NGS冲压空气活门为电控气动蝶阀，由NGS控制器（NGSC）根据系统温度信号控制，与空调冲压进气门的控制相互独立。NGS持续监控系统温度，当系统温度在一段时间内持续高于175° F（79.4° C）时，NGSC判定过温，在轮舱操作性指示面板点亮蓝色DEGRADED（降级）灯，同时将维护信息47-30028（NGSRAV FAIL CL/HX

BLKD，NVM 代码 77）发送至 BDU 显示。

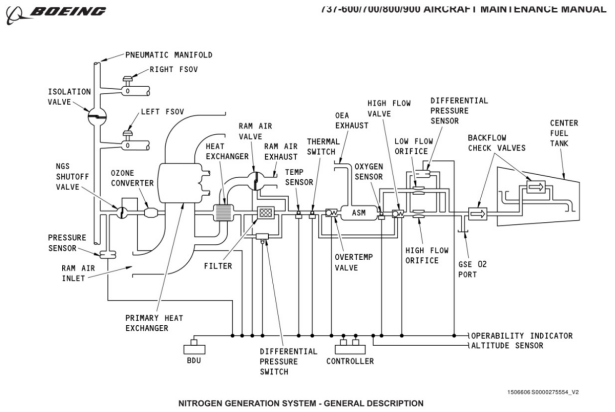


图 1 氮气发生器系统原理图（资料来源：B737NG AMM 47-00-00 P5）

1.2 冲压进气门组件的三种位置与三种工作模式[3]

冲压空气进气口位于翼身整流罩内、空调舱前方，冲压进气门组件由进气调节板和折流门两部分组成。折流门为弹簧加载结构，用于防止冰、石块等异物进入进气口：地面时折流门放出以保护进气口，空中则收起顺平。作动器经机械连杆同时驱动调节板与折流门，内部 S1 至 S4 限动电门按位置顺序转换控制信号，其中 S3 接通时点亮 RAM DOOR FULL OPEN 灯。

冲压进气门按飞行阶段有三种工作模式，对应三个典型位置。其一，地面模式：作动器运动至全收起位，调节板关闭、折流门放出，S3 接通点亮全开灯，地面冷却依靠空气循环机（ACM）叶轮风扇抽吸。其二，空中襟翼未收上模式（起飞、进近）：ACAU 逻辑控制作动器，作动器运动到 S2 位，折流门放出，调节板打开，全开灯保持点亮，防止低空异物进入冲压进气道。其三，空中襟翼收上模式（巡航）：S1051 地信号移除，调节板由组件 / 区域温度控制器（P/ZTC）按 ACM 压气机出口温度调制开度，全开灯熄灭（如图 2 所示）。

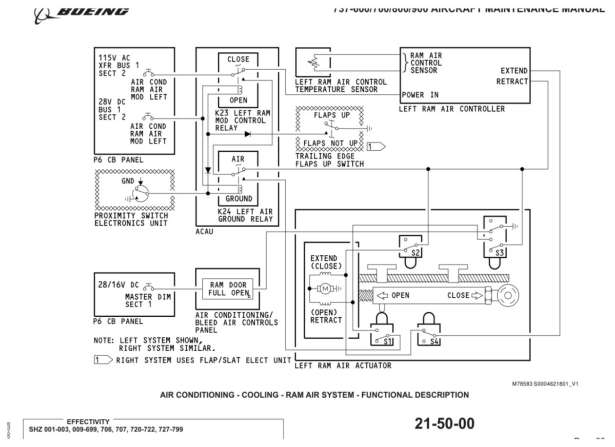


图 2 冲压空气系统功能描述图（资料来源：B737NG AMM 21-50-00 P33）

1.3 S1051 电门及其对其他系统的影响

S1051 为后缘襟翼收上电门，位于 27 章襟翼控制组件（FCU）内，FCU 同时设有襟翼 UP 电门（S245）、襟翼放下电门（S246）和襟翼着陆警告电门（S138）。后缘襟翼未收上时 S1051 接通，向相关系统提供“襟翼未收上”地信号；襟翼到达收上位时电门被凸轮压缩，地信号移除。按 AMM 27-51-00，S1051 的信号服务五个系统：升降舵感觉系统（FEEL DIFF PRESS 灯接通逻辑）、右升降舵调整片电磁活门、备用液压系统自动操作、动力转换组件（PTU）自动操作，以及空调系统——控制左侧冲压进气门作动器。一个襟翼位置电门同时服务五个系统，S1051 或其线路异常会在多个系统以不同形式暴露；本文侧重其在空调与氮气侧的影响，其余系统不再赘述。

2 S1051 电门与 NGS 降级灯亮的交联机理

2.1 正常控制逻辑

左侧冲压进气门作动器由 ACAU 和 P/ZTC 控制，右侧系统则经襟缝翼电子组件（FSEU）传递襟翼信号。ACAU 的接口信号来自 PSEU 空中 / 地面感觉系统和 FCU 的 S1051 电门：地面及空中襟翼未收上阶段，S1051 接通提供“襟翼未收上”地信号，ACAU 经 K10、K15 等继电器逻辑控制作动器，使冲压进气门保持全开；襟翼收上后地信号移除，控制权移交 P/ZTC（如图 2 所示）[3]。NGS 仅装于左侧，其冷却空气正来自左侧冲压空气源[2]，这一布置决定了飞机进近阶段 S1051 信号质量直接关系 NGS 散热。

2.2 故障机理

进近阶段，NGS 高流量活门打开进入高流量模式，冷却空气需求为全飞行剖面最大[2]。若 S1051 电门压缩量不足或触点接触不良，后缘襟翼放出过程中电门不能可靠接通，“襟翼未收上”地信号丢失；ACAU 在空中 / 地面信号仍为空中的状态下误判“襟翼已收上”，按巡航逻辑将左冲压进气门调离全开位，全开灯随之熄灭。此时左侧冲压空气流量下降，经引射进入 NGS 热交换器的冷却空气不足，NGS 系统温度持续高于 175° F（79.4° C），NGSC 判定过温，点亮降级蓝灯并记录 47-30028。该机理与 FIM 47-31 TASK 819 的可能原因清单相吻合：左冲压进气门作动器列为第（6）项、S1051 电门列为第（8）项。此类故障的迷惑性在于，代码表面指向氮气系统部件（RAV 关位失效、热交换器堵塞）或 ASM 性能衰退，按常规思路更换氮气部件往往无效，真正的根源在 27 章电门校装与 21 章冲压进气门位置的交联环节。

3 故障隔离与机队实例

3.1 FIM 47-31 TASK 819 分阶段隔离程序

FIM 按信息出现阶段分流隔离。初始评估执行 BDU

电气测试（NGS BITE，47-31 TASK 801），并经 BDU 故障历史菜单（AMM 47-31-02-740-803）查看历史代码。相关跳开关为 NITROGEN GEN CONT（C01657）和 NGS ALT PWR（C01680）[1]。

信息在下降阶段出现时，重点检查 S1051：放出后缘襟翼至 1 度，将飞机置空中模式，确认左调节门收回至顺平位且折流门放出、P5-10 空调面板左侧 RAM DOOR FULL OPEN 灯点亮；若折流门放出且而全开灯不亮，则更换 S1051 电门[1]。

需要指出的是，FIM 上述 S1051 检查以襟翼 1 度为单点测试，而实际进近与下降阶段襟翼是从 1 度逐步放到 15 度甚至更大角度，电门在凸轮在行程中段才可能接触临界或压缩量不足的缺陷。现场多次在 1 度位测试正常，却在襟翼作动到 10 度左右时故障复现，说明仅按 FIM 做 1 度单点测试并不足以覆盖此类间歇性、随位置出现的缺陷。排故时应将襟翼手柄从零逐步全程作动至 15 度以上，持续观察左折流门位置与 RAM DOOR FULL OPEN 灯的随动关系，在故障出现的角度区间验证 S1051 信号连续性，方能准确锁定电门。

3.2 机队故障实例

B5413 飞机自 5 月至 8 月间歇性出现 NGS 降级蓝灯亮，代码 47-30028，期间先后更换 NGS 热交换器、RAV、ASM 等部件，隔日故障再现，说明常规换件未触及症结。航后依据 FIM 检查：襟翼手柄放出 1 度时 RAM DOOR FULL OPEN 灯亮、左侧冲压进气门作动正常，量线 ACAU B 插座 33 钉对地阻值在襟翼 UP 位为无穷大、1 度位为 2.3Ω，单点测试符合手册。但模拟进近将襟翼手柄从 1 度逐步放至 15 度时故障再现，约在 10 度位置全开灯由亮转灭、冲压进气门向关闭方向作动，检查发现 S1051 电门本体压缩量偏小。由此判定：电门压缩量不足使“襟翼未收上”地信号随振动间歇丢失，ACAU 误判襟翼收上，冲压进气门脱离全开位，进近阶段 NGS 高流量模式散热不足触发降级。最终依据 AMM 27-51-63 重新调节 S1051 电门，故障消除并撤除 MEL 47-01-01 保留。该案例说明，FIM 的襟翼 1 度单点测试在现场多次“正常”，而故障实际出现在襟翼作动至 10 度左右的中段行程；仅做单点量线或单点测试不足以暴露压缩量临界、随振动出现的间歇性缺陷，必须将襟翼全程作动并持续观察，才能在对应角度区间复现并锁定故障。

3.3 MEL 保留政策

NGS 失效可依据 MEL 47-01 保留：修复期限 A 类，须将 NGS 关断活门置于关闭位解除工作，10 个飞行日内完成修复；NGS 降级工作可依据 MEL 47-01-01 保留（修复期限 C 类）。办理保留仅为临时放行措施，时间充裕时仍应彻底排故，避免带故障运行。

4 维护建议

一是关注 S1051 电门校装。凡涉及襟翼系统拆装、调校的工作，完成后按 AMM 27-51-63 复查 S1051 电门压缩量；对间歇性、随振动出现的 NGS 或空调指示异常，优先验证电门在进近对应襟翼度数下的信号连续性。

二是树立跨章节思维。47-30028 的处理不应局限于 47 章换件，应同步评估 21 章左侧冲压空气流量与 27 章 S1051 信号链路状态。

三是用足 BITE 与历史数据。充分利用 BDU 故障历史菜单与 NGS BITE 测试区分当前、历史代码，结合 WQAR 数据确认故障与进近阶段的相关性，提高隔离效率。

四是一体化检查。左侧冲压进气道清洁时，同步检查同舱 NGS 热交换器和冲压空气活门状态，避免单系统视角漏判。

5 结语

NGS 降级蓝灯亮与代码 47-30028 表面指向氮气系统部件过温，但 FIM 可能原因清单中亦包含左冲压进气门作动器与 S1051 电门。进近阶段 S1051 电门压缩量不足会使“襟翼未收上”地信号丢失，ACAU 误判为空中且襟翼收上，左冲压进气门脱离全开位，而此时 NGS 正处于高流量模式、冷却需求最大，散热不足触发过温降级。FIM 47-31 TASK 819 按信息出现阶段分流隔离的思路与机队 B5413 案例均印证：处理此类跨章节故障，应先甄别信息出现阶段与襟翼状态，验证 S1051 信号连续性，再按“电气链路—气动链路”顺序排查氮气部件，并合理运用 MEL 47-01/47-01-01 保留。深入理解 21 章、27 章与 47 章的交联关系，有助于避免盲目换件、缩短排故时间、减少航班延误。

参考文献：

[1] BOEING. 737NG Fault Isolation Manual, Task 47-31 Task 819, NGS BITE Message NGSRAV FAIL CL/HX BLKD—Fault Isolation[Z]. D633A103-SHZ, 2026.

[2] BOEING. B737-600/700/800/900 Aircraft Maintenance Manual 47-00-00 Inert Gas System—General Description[Z]. D633A101-SHZ, 2015.

[3] BOEING. B737-600/700/800/900 Aircraft Maintenance Manual 21-50-00 Cooling—Ram Air System[Z]. D633A101-SHZ, 2015.

作者简介：刘争光（1993.11-），男，汉族，河南省商丘人，本科，助理工程师，研究方向：从事 B737NG，A320 机型航线维护和故障处理研究。