737NG后缘襟翼不对称关断故障剖析

赵丹 侯升斌
深圳航空有限责任公司西安分公司，中国·陕西 西安 710000

摘要：本文结合一起襟翼卡死约 8 度的排故实例，依据 AMM 27-51、27-58、27-59 章梳理后缘襟翼的作用与位置指示原理，重点剖析波音文件 737NG-FTD-27-17002《Flap System Shutdowns Due to Sensed Asymmetry》的根因结论：襟翼位置指示器内部同步器电刷与滑环间电弧造成的指示滞后或卡滞，以及传感器至 FSEU 线路约 80 欧姆附加电阻，均可被 FSEU 误判为左右襟翼差值超限而触发锁存式关断；该文件建议将更换襟翼位置指示器作为不对称事件后的首选措施，必要时传感器与指示器一并更换。参照 FIM TASK 27-88-00-810-808 的隔离程序，本文提出量线定位、清洁连接器、优先更换指示器的排故策略，为航线维修提供参考。
关键词：B737NG；后缘襟翼；襟翼不对称；737NG-FTD-27-17002；FSEU

Analysis of the 737NG Flap Asymmetry Shutdown Fault

Zhao Dan, Hou Shengbin
Shenzhen Airlines Co., Ltd. Xi'an Branch, China Shaanxi Xi'an 710000

Abstract: This paper describes the function of the trailing edge flaps and the principle of flap position indication based on AMM chapters 27-51, 27-58 and 27-59, and focuses on the root cause conclusions of Boeing Fleet Team Digest 737NG-FTD-27-17002 "Flap System Shutdowns Due to Sensed Asymmetry": electrical arcing between the brush and slipring inside the flap position indicator synchros causes a lagging or stuck indication, and an additional resistance of approximately 80 ohms in the wiring between the flap position transmitter and the FSEU can also cause the FSEU to measure an erroneous flap position. Both conditions can be detected as a flap asymmetry shutdown which is latched by the FSEU. The digest recommends replacing the flap position indicator as the first maintenance action after any flap asymmetry event, and replacing both the transmitter and the indicator if the event is NFF after troubleshooting. Referring to the structured fault isolation procedure of FIM TASK 27-88-00-810-808, this paper proposes the troubleshooting strategy of wiring measurement, connector cleaning and priority replacement of the indicator, and summarizes the key points of the transmitter and indicator replacement, providing a reference for line maintenance personnel.
Keywords: B737NG; Trailing edge flap; Flap asymmetry; 737NG-FTD-27-17002; FSEU

0 引言

本文结合实例与 AMM 27-51、27-58、27-59 章内容，分析后缘襟翼的作用与位置指示原理，重点剖析该文件的调查结论，并借鉴 FIM TASK 27-88-00-810-808 的隔离结构提出改进策略。

1 故障现象与排故经过

1.1 故障现象

机组反馈五边进近时襟翼卡死在大约 8 度位置，无法正常收放，遂按程序使用备用襟翼放至 40 度后落地。查询故障历史，上一航段记录有维护信息 SL3 PROX RETRACT（3 号缝翼收上接近传感器信号不一致）。航后地面依据 AMM 27-88-11 执行襟翼收放测试，多次测试正常，故障未复现。

1.2 排故经过

由于地面无法复现，排故沿襟翼信号链逐段推进。首先依据 AMM 27-58-00 更换襟缝翼电子控制组件（FSEU），测试正常；随后 TMC 译码显示左侧襟翼位置传感器反映滞后，依据 AMM 27-58-01 更换该传感器；鉴于地面无法复现且怀疑感测链路末端，依据 AMM 27-58-02 更换襟翼位置指示表，测试正常，后续航班未再反馈故障。整个排故未拆修扭力管、角齿轮盒等机械传动部件，而是按“FSEU—传感器—指示表”顺序分段隔离电信号链。值得注意的是，本案顺序与波音 FTD-27-17002“优先更换指示器”的建议相反，反映出按 FIM 惯性排故的路径

依赖[1]。

2 后缘襟翼系统的作用与位置指示原理

2.1 后缘襟翼的作用与操纵

后缘襟翼（TE Flaps）每侧大翼三块，经扭力管、角齿轮盒等传动机构驱动。正常方式下，襟翼手柄（九个位置）经钢索将机械信号传至襟翼控制组件，B 系统液压经优先级活门、流量限制器驱动襟翼动力驱动组件（PDU），全程收放约 38 秒；备用方式下，襟翼预位电门（P5）置于 ARM 位后旁通活门旁通切断液压、备用泵启动，由 PDU 电动电机驱动襟翼，放出 40 度约需 2 分 39 秒。襟翼倾斜、不对称与非指令运动（UCM）监控仅在正常方式有效，备用方式下均不工作，这是本案能以备用襟翼安全落地、而正常方式下襟翼被锁定的原因。襟翼在 30、40 位且空速超限时，FSEU 控制卸荷电磁活门使襟翼自动收到下一低档，防止舵面过载，如图 1 所示。

2.2 襟翼位置指示系统的组成

襟翼位置指示系统由两个襟翼位置传感器、P2 板襟翼位置指示器、飞机线路和 FSEU 组成。两个传感器分别位于左右大翼襟翼传动系统的 1 号和 8 号传动装置处，每个内部有三个同步器，各以 28V AC、400Hz 激励，分别向 FSEU、飞行控制计算机（FCC）与失速管理偏航阻尼器（SMYD）提供位置信号；传感器在襟翼收上位输出 0 解算度，40 位输出 270 解算度。P2 板襟翼位置指示器位于中央仪表板，左右两根指针分别独立显示左右大翼襟翼位置，表面标有各档位刻度及手柄止动参考标记，每根指针各由一个同步器驱动，指针无内部限动。

2.3 同步器指示原理

襟翼位置传感器与指示器内部采用联动的三相电磁线圈（同步器），经 FSEU 构成闭合回路。襟翼运动时，传感器把传动杆的转动转化为内部线圈的偏转，由于传感器线圈与指示器线圈联动，两者之间形成电位差，电位差在回路中形成电流，驱动指示器线圈转动；当指示器线圈转到与传感器线圈对应位置时，电位差与电流消失，线圈停止运动，带动指针停在对应位置，实现襟翼位置指示。FSEU 则持续测量传感器与指示器同步器静子间的电压，解算出左右侧襟翼位置并驱动指针。这一“传感器—FSEU—指示器”闭环是理解本案故障的关键。

2.4 不对称监控与保护

FSEU 比较左右两侧传感器数据，当左右襟翼位置差值超过 9 个解算度时判定为襟翼不对称，随即使旁通活门通电置于旁通位，切断襟翼液压，襟翼停止运动；不对称锁存后，须同时满足左右差值小于 7.5 度、飞机在地面、空速小于 60 节三个条件才允许复位。不对称状态下 P2 板左右指针显示传感器实际数据，呈现“剪刀差”。当同一块襟翼内端与外端不对齐（倾斜）时，FSEU 将一侧指针信号偏移 15 度给出提示。不对称、倾斜、UCM 三种监控共

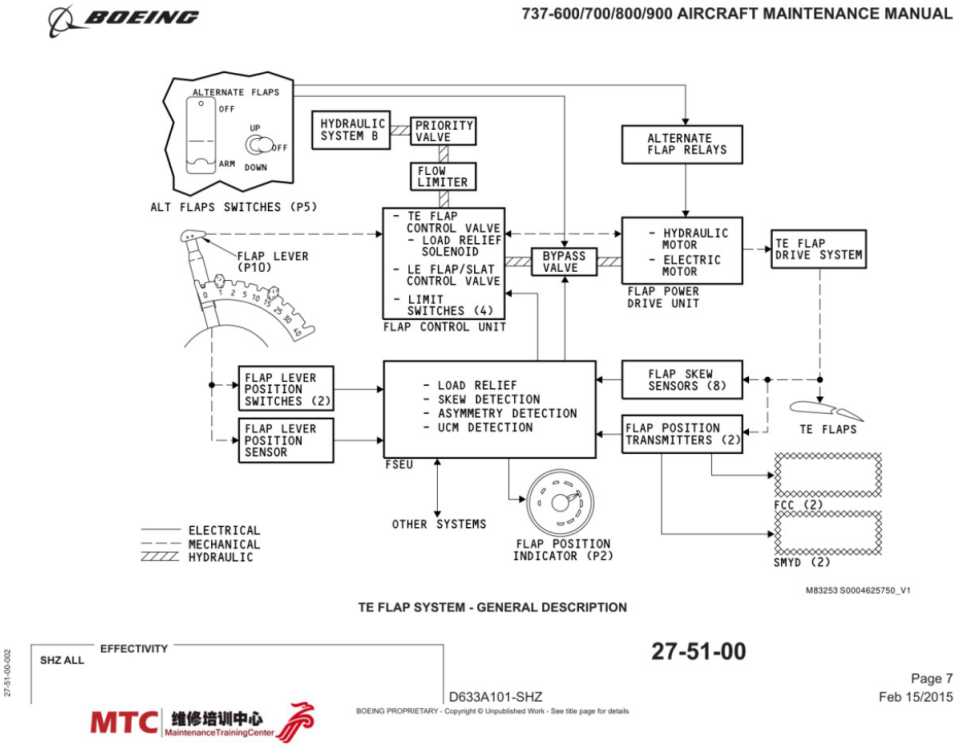


图1 后缘襟翼系统原理图（资料来源：B737NG AMM 27-51-00 P7）

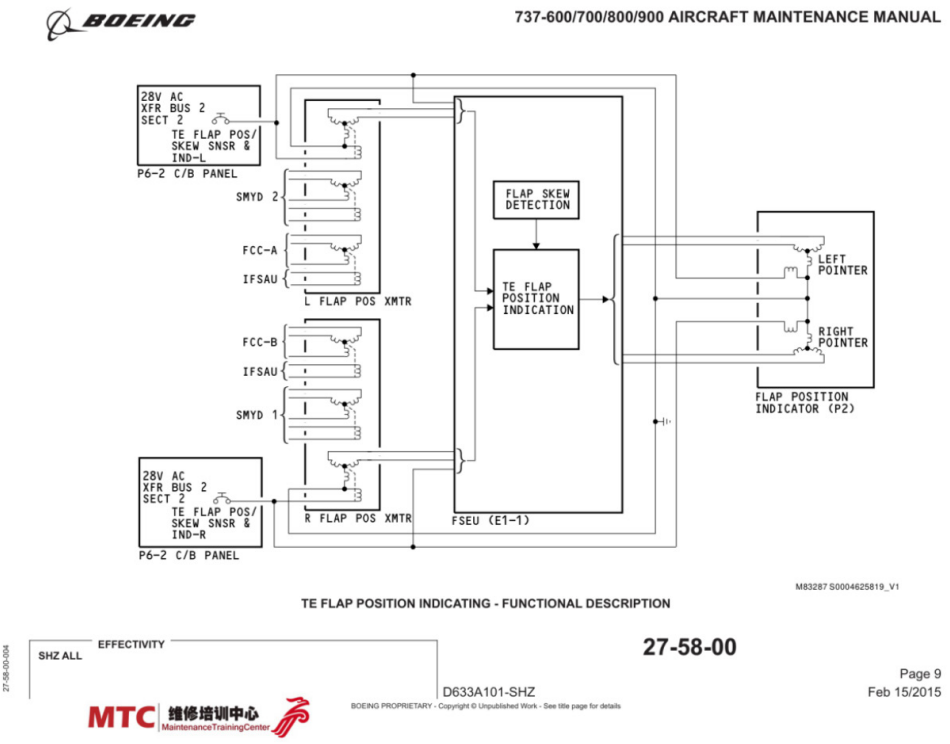


图2 襟翼位置指示功能描述图（资料来源：B737NG AMM 27-58-00 P9）

同构成后缘襟翼的保护链，如图 2 所示。

3 737NG-FTD-27-17002 文件剖析

3.1 Background

737NG-FTD-27-17002《Flap System Shutdowns Due to Sensed Asymmetry》于 2017 年 10 月 9 日发布、2018 年 6 月 29 日更新，引用服务信函 737-SL-27-196。文件明确：737NG 后缘襟翼位置与指示系统由一对襟翼位置传感器（PN 18-1738-10/-12）、襟翼位置指示器（PN 2061-15-1）、飞机线路和 FSEU（PN 285A1200-1/-2）组成；传感器与指示器通过 FSEU 直接相连，FSEU 监控同步器静子连接间的电压，分别测量左右机翼襟翼位置并比较差值，差值超过 9 个同步器度即触发襟翼不对称关断，该关断由 FSEU 锁存，仅飞机接地后可复位。文件特别强调：此类故障在地面几乎从不复现，多数运营人按 FIM 建议更换传感器后放行，因故障间歇、放行后不复现而认定传感器为故障件；且此类事件仅涉及襟翼放下位置与指示系统，不存在任何真实机械襟翼不对称。这两点正是本案排故初期偏离方向的原因。

3.2 Status 根因结论

第一，襟翼位置指示器故障可引起襟翼不对称关断，且指示器同步器内部状况使其比以往认为的更易引发关断。调查发现同步器电刷与滑环之间发生电弧，原因虽不明确，但推测系机身振动使电刷瞬时抬离滑环形成气隙；电弧侵蚀电刷并增大其与滑环间的摩擦，两者均可导致指示同步器滞后或卡滞，被 FSEU 检测为错误的襟翼位置测量，该状态持续足够时间即可超出 9 个同步器度裕度而触发关断。第二，传感器与 FSEU 之间线路电阻增加同样可引发关断：同步器静子线路附加约 80 欧姆或更大电阻会使 FSEU 测得错误襟翼位置，附加电阻源于传感器连接器或其他暴露连接器的腐蚀。该文件将故障源从 FIM 清单内的传感器、FSEU 扩展到清单外的指示器与线路腐蚀，解释了“换传感器后仍复发”的现象[2]。

3.3 Interim Action 与 Final Action

临时措施包括：按服务信函 737-SL-24-207，在便利的维修机会及任何襟翼不对称事件后，检查并清洁襟翼位置传感器连接器 D40034、D40024、D229 和 D275；在任何襟翼不对称事件后，将更换襟翼位置指示器作为首选维修措施；对排故后 NFF（未发现故障）的事件，可考虑传感器与指示器一并更换。最终措施为波音据此修订 FIM 与 AMM。部件清单另给出传感器、指示器与 FSEU 的现行件号。

4 FIM 排故程序的局限与改进思路

4.1 以 TASK 27-88-00-810-808 为参照的隔离结构

FIM TASK 27-88-00-810-808（缝翼收上接近传感器不一致）提供了规范的隔离结构：Description 列明适用

维护信息并给出骚扰性故障判定方法；Possible Causes 列出传感器、FSEU、目标块、作动器与线路五类；Initial Evaluation 先执行 FSEU BITE；Fault Isolation Procedure 按“测量 FSEU 插钉间阻值（20～100 欧姆判据）→分段查线路→更换传感器→更换 FSEU”逐段推进；Repair Confirmation 以 BITE 信息消失为准。其先量线定位、再按序换件、最后确认的思路，对襟翼不对称类感测故障具有借鉴价值。

4.2 FIM 覆盖的不足

但针对襟翼不对称关断，FIM 的可能原因清单以传感器、FSEU 和线路为主，未提及 P2 板襟翼位置指示表故障；且此类事件地面几乎不可复现，按清单更换传感器后地面测试必然“正常”，故障件无从确认，导致同一飞机间隔性重复发生。FTD-27-17002 的调查恰好补上这一盲区：指示器同步器电弧侵蚀与线路附加电阻均属“空中激振才显现”的缺陷，地面静态测试难以暴露，这是本案“地面测试正常却不敢放行”的困惑所在。

4.3 改进的排故策略

一是事件后首先执行传感器至 FSEU 的量线检查，并按 737-SL-24-207 检查清洁上述连接器；二是将更换襟翼位置指示器列为首选措施，替代“先换传感器”的惯性；三是地面无法复现时，结合 TMC 译码与 FSEU BITE 历史数据缩小范围，本案 TMC 显示左侧传感器反映滞后，与 FTD 所述“滞后或卡滞”特征吻合，最终同步更换传感器与指示表消除故障；四是凡拆装过襟翼传动系统的工作，完成后必须按 AMM 27-58-01-820-801 重新校准传感器与指示器的对准标记，防止引入人为偏差。

5 传感器与指示表更换施工要点

按 AMM 27-58-01 更换襟翼位置传感器与指示表，施工要点如下：准备阶段将襟翼放至 40 度；断开旁通活门插头并插入失效安全销 SPL-1676；使用 3/8 英寸方形工具人工转动 PDU 驱动后缘襟翼，直至传感器校准窗口对准，力矩不大于 350 lbf·in、转速不大于 1000 转 / 分；安装新传感器时新件同样置于校准位。主要风险：襟翼全放下时梯架推行有刮碰风险；工作期间禁止操作液压与舵面，操作舵面时须戴耳机与机上沟通并做好监护[3]。

6 结语

后缘襟翼不对称关断本质是“感测”故障而非机械故障：FSEU 以 9 个解算度为门限比较左右传感器信号，指示器同步器电刷电弧造成的滞后或卡滞、传感器至 FSEU 线路约 80 欧姆附加电阻，均可被误判为差值超限而触发锁存式关断。波音 FTD-27-17002 明确了根因，建议不对称事件后优先更换襟翼位置指示器、排故 NFF 时传感器与指示器一并更换，并按 737-SL-24-207 定期检查清洁传感器连接器。排故实践应跳出 FIM“先换传感器”的惯性，采用量线定位、清洁连接器、优先更换指示器的策略，严格按 AMM 完成传感器校准，避免盲目换件。

参考文献：

[1] BOEING. Fleet Team Digest 737NG-FTD-27-17002, Flap System Shutdowns Due to Sensed Asymmetry[Z]. 2017.

[2] BOEING. 737NG Fault Isolation Manual, TASK 27-88 TASK 808, Slat Retract Proximity Sensor Disagree Problem—Fault Isolation[Z]. D633A103-SHZ, 2026.

[3] BOEING. B737-600/700/800/900 Aircraft Maintenance Manual 27-58-00, TE Flap Position Indicating[Z]. D633A101-SHZ, 2015.

作者简介：赵丹（1987.07-），女，汉族，山东菏泽人，本科，助理工程师，研究方向：从事飞机维修研究。