

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	校对	批准/日期
TIP737-2022-27-032	陈焕彬	赵金良	曾晶/2022. 8. 19

标题 关于左右 PFD 指示抖杆速度不一致的故障分析

一、适用性

737

二、背景描述

2022 年 7 月有飞机反映 PFD 指示的抖杆速度比左右不一致，且随襟翼位置变化而变化，但左右空速和高度的差值在范围内，且无驾驶舱警告，自检无故障信息。经过多方验证确认为 AOA 角度差所致，特做分析。

三、解释说明

一)、背景描述

2022 年 7 月 28 日, B-54*6 飞机执行北京-三亚航班空中机组反映巡航阶段右侧 PFD 没有指示抖杆速度，左侧 PFD 有指示抖杆速度，后续左侧 PFD 指示的抖杆速度比右侧 PFD 指示的抖杆速度高 20 节，进近完成着落形态后左侧 PFD 指示的抖杆速度比右侧 PFD 指示的抖杆速度高 5 节，左右空速和高度的差值在范围内，无驾驶舱警告。

二)、处理经过

2022 年 7 月 28 日检查 AOA 外观无损伤，转动无异常；完成 ADIRS、SMYD、CDS 和 FSEU 自检测试，当前状态测试正常，历史无故障信息；完成后缘襟翼卸载系统自检测试正常，襟翼位置传感器调节和测试正常；进入 A/T BITE TEST 页面读取 AOA 角度差值为 0.88；完成 AOA 系统测试（备用方法），测试正常。

2022 年 7 月 29 日完成测量两侧 AOA 的阻值正常，译码发现两侧 AOA 差值 0.8-1 度左右，相对于其他飞机略大。使用专用工具量角器完成 AOA 系统测试，设置 AOA 角度，在 CDU 和 DFCS 页面读数和两部 SMYD 读数均满足手册要求。

2022 年 7 月 30 日参考机组反馈故障现象出现时的 36100ft 高度和 254kt 空速进行模拟打压验证（置空）：

1) 将左右 AOA 都设置 0 度，襟翼设置在收上位，右侧 PFD 没有出现指示抖杆速度，左侧 PFD 有指示，将右侧 AOA 往上调 1 度时右侧 PFD 指示没有变化，将右侧 AOA 往上调 2 度时右侧 PFD 指示与左侧 PFD 指示一致，PFD 指示的抖杆速度随着 AOA 角度增加而增加，再次将右侧 AOA 调为 0 度，故障现象依旧存在；将左右 AOA 都设置 0 度，襟翼分别设置放 1/2/5/10 度时，左右 PFD 都没有出现指示抖杆速度。

2) 将左右 AOA 都设置在 8 度，襟翼设置放 1 度，左右 PFD 都出现指示抖杆速度，但是左侧 PFD 指示抖杆速度比右侧高；将左侧 AOA 设置 8 度，右侧 AOA 设置 9.3 度时，左右 PFD 指示抖杆速度一致。

3) 将左右 AOA 都设置 8 度，襟翼分别设置放 1/2/5/10 度时，左侧 PFD 指示抖杆速度比右侧高，左右 PFD 红黑带同步移动，差值不变。

4) 左右对串 SMYD 计算机后，将左右 AOA 都设置在 2 度，设置襟翼在收上位，左侧 PFD 指示抖杆速度比右侧高；将左右 AOA 都设置在 10 度，设置放襟翼 2 度时，左侧 PFD 指示抖杆速度比右侧高；

5) 更换右侧 AOA，将左右 AOA 都设置 8 度，襟翼分别放 1/2/5/10 度时，左右 PFD 指示抖杆速度一致，将左右 AOA 都设置 10 度，襟翼分别设置放 1/2 度时，左右 PFD 指示抖杆速度一致。用专用工具将左右 AOA 同步分别设置 0 度和 ± 30 度，在两部 SMYD 上读取 AOA 的角度均在手册要求的范围内，测试正常。

三)、系统原理

SMYD 计算机性能数据显示在 CDS 上，包括 PLI（俯仰极限指示符号）和最大速度、最大机动速度、最小机动速度、最小速度。最小速度（红色和黑色）标线的顶端显示出现抖杆时的速度，是指飞机在某一襟翼，起落架和重量构型下的最小安全飞行速度。抖杆速度显示在空速指示器的底部，是一个红黑交替的条形符号，它是指在正常失速警告时发生抖杆的速度，如图 1 所示。

抖杆速度是 SMYD 计算机根据 AOA 角度、襟翼位置传感器、马赫数等参数综合计算的，当前空速小于抖杆速度时将触发抖杆现象，提醒机组注意飞机当前的空速，避免飞机失速。

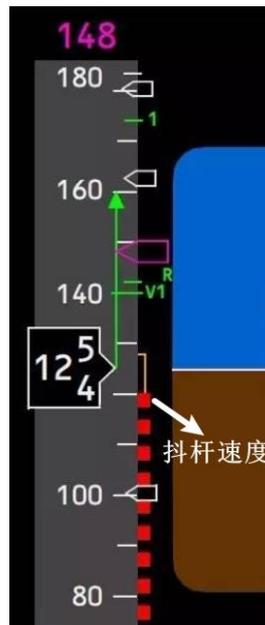


图 1. 抖杆速度指示

四)、故障分析

1、故障现象

本次故障现象为左侧 PFD 指示的抖杆速度比右侧 PFD 抖杆速度偏高，巡航阶段左侧 PFD 抖杆速度有显示，右侧 PFD 抖杆速度无显示，如图 2 所示。后续机组降低高度空速后，观察左侧 PFD 抖杆速度比右侧 PFD 抖杆速度大 20 节，根据 FIM34-21 TASK 830 Minimum Maneuver Speed or Stick

Shaker Speed Difference 初始评估，需要进一步排故。

C. Initial Evaluation

(1) If the stick shaker speeds are different by less than 3 knots with airspeed at or near stick shaker speed, then the cause of the fault is either crosswind or system tolerance. If the stick shaker speeds are different by less than 15 knots with airspeed at or near cruise, then the cause of the fault is either crosswind or system tolerance.

(a) No maintenance action is necessary.

(2) If the stick shaker speeds are different by more than 3 knots with airspeed at or near stick shaker speed, or if the stick shaker speeds are different by more than 15 knots with airspeed at or near cruise, then do the fault isolation

通过对系统原理分析，导致该故障的原因可能有：

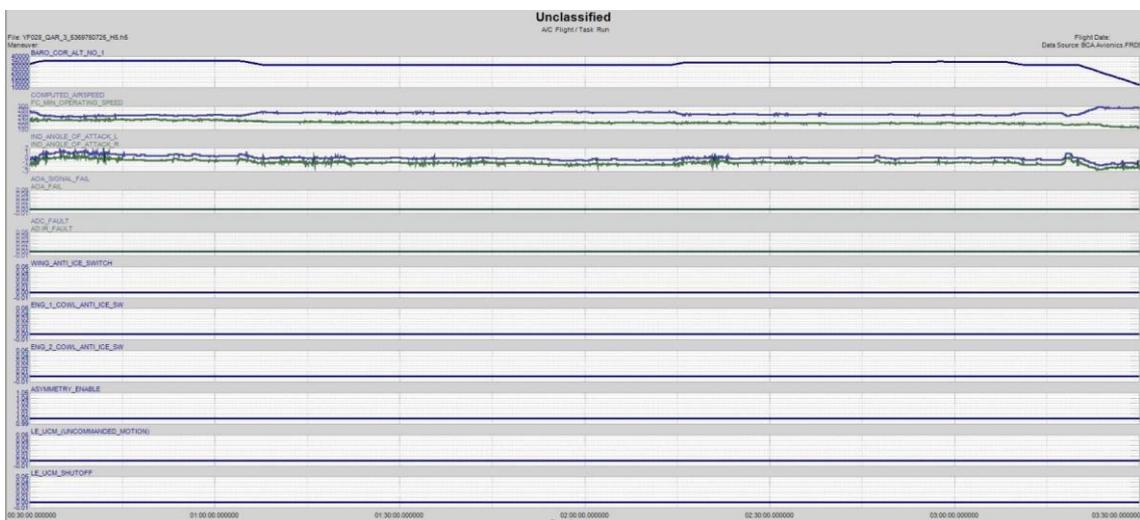
- SMYD
- ADIRU
- AOA
- 襟翼位置传感器
- 线路故障



图 2. 故障现象

2、译码分析

译码发现两侧AOA差值在0.8-1度之间，相对于其他正常的飞机略大，译码结果如图3所示。



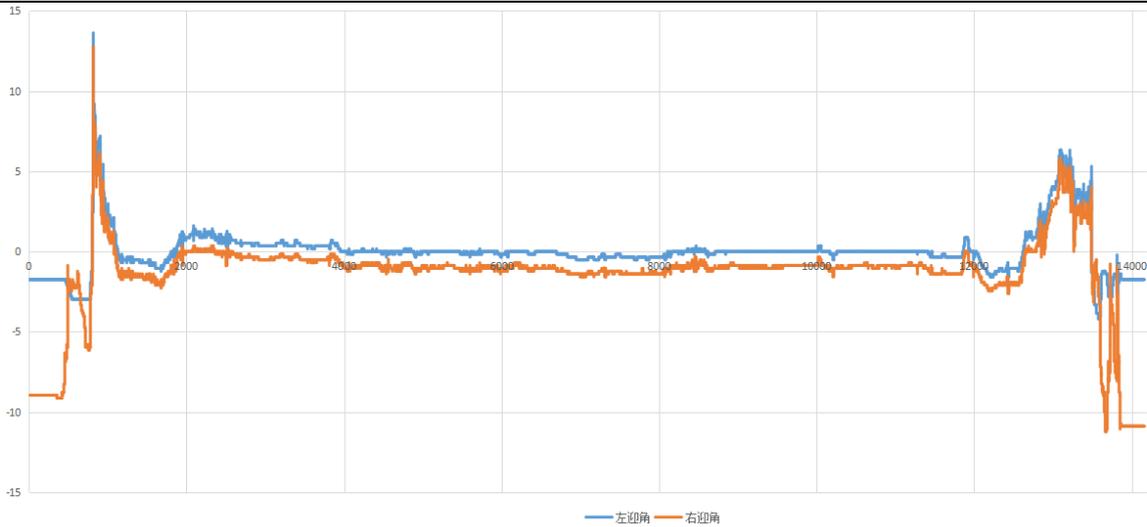


图 3. 译码结果

3、故障分析

(1) 参考 FIM34-21 TASK830 Minimum Maneuver Speed or Stick Shaker Speed Difference 排查，完成 ADIRS、SMYD、CDS 和 FSEU 自检测试，测试均正常，当前状态和历史均无相关故障信息。详细目视检查两侧 AOA 外观无损伤，AOA 叶片转动无异常，进入 A/T BITE TEST 页面读取 AOA 角度差值为 0.88，符合手册要求（小于 1.5），使用备用方法完成 AOA 系统测试，设置 AOA 角度，在 MCDU 和 DFCS 页面读数和两部 SMYD 读数均满足手册要求。完成后缘襟翼卸载系统自检测试正常，襟翼位置传感器调节和测试正常。参考 WDM27-32-11 和 WDM27-32-21 测量 SMYD 分别至 AOA 和襟翼位置传感器之间的线路正常。

(2) 为了更精确隔离故障，在地面通过打压模拟高空状态验证故障是否依旧存。根据机组发现故障现象时的高度和空速等参数，在地面将飞机置空，将左右 AOA 角度都调到 0 度，襟翼设置在收上位，使用大气数据测试仪打压模拟验证确认故障现象依旧，右侧 PFD 没有指示抖杆速度，左侧 PFD 有指示抖杆速度，如图 4 所示。将左右 AOA 都设置 8 度，襟翼设置放 1 度，左侧 PFD 指示的抖杆速度比右侧 PFD 指示的抖杆速度高，如图 5 所示。

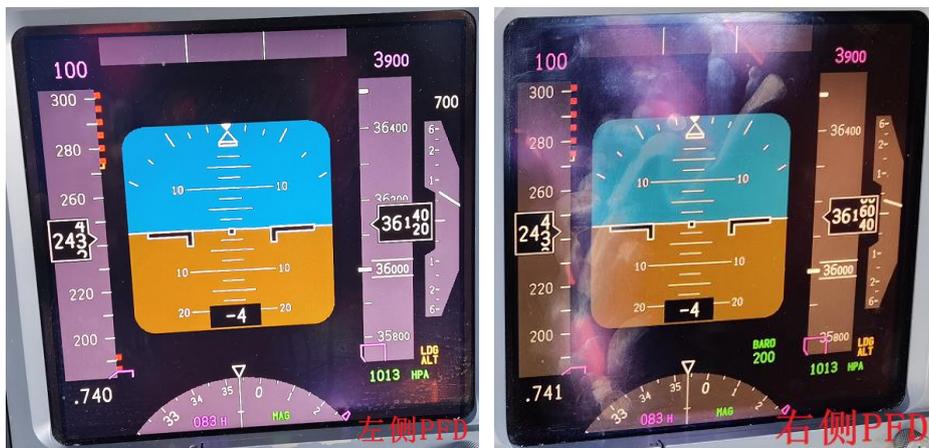


图 4. 地面打压测试

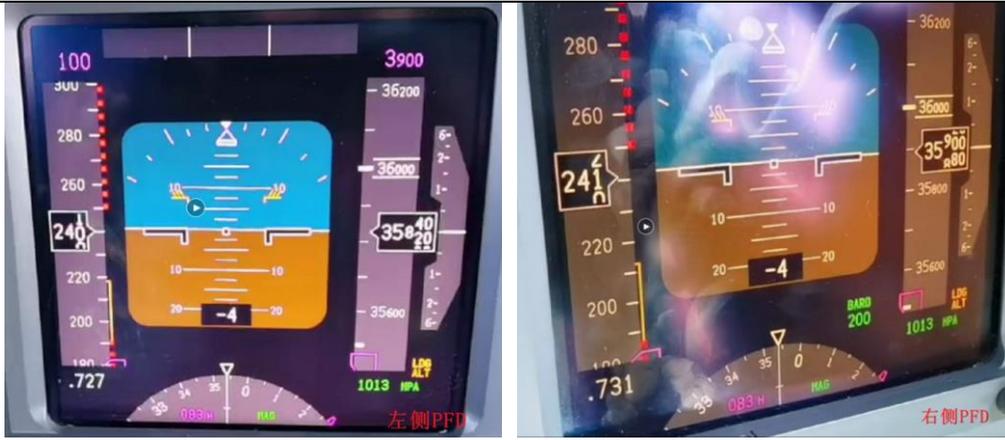


图 5. 地面打压测试

(3) 将左侧 AOA 设置 0 度，右侧 AOA 设置 2 度，襟翼设置在收上位，左右 PFD 指示的抖杆速度基本一致，如图 6 所示。



图 6. 地面打压测试

(4) 通过排除法，先隔离襟翼位置传感器因素。将左右 AOA 都设置 8 度，襟翼分别设置放 1/2/5/10 度，左侧 PFD 指示的抖杆速度比右侧 PFD 指示的抖杆速度高，所以排除襟翼位置传感器因素。

左右 AOA 都设置 8 度	左侧 PFD 指示的抖杆速度/节	右侧 PFD 指示的抖杆速度/节
襟翼设置放 1 度	193	191
襟翼设置放 2 度	196	188
襟翼设置放 5 度	200	190
襟翼设置放 10 度	198	189

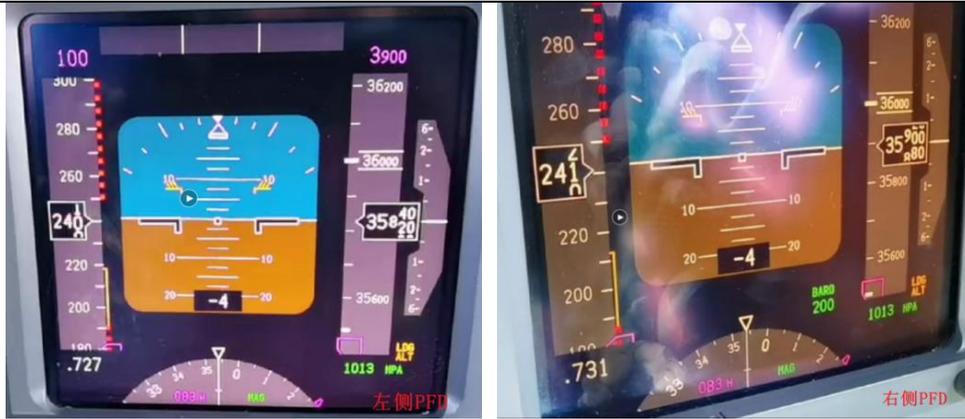


图 7. 地面打压测试

(5) 左右对串 SMYD 计算机后，与之前一样设置 AOA 角度和襟翼手柄位置，还是左侧 PFD 指示的抖杆速度比右侧 PFD 指示的抖杆速度高，排除 SMYD 因素。



图 8. 地面打压测试

(6) 更换 AOA，设置 AOA 角度和襟翼位置，再次打压测试左右 PFD 指示的抖杆速度一致。

左右 AOA 都设置 8 度	左侧 PFD 指示的抖杆速度/节	右侧 PFD 指示的抖杆速度/节
襟翼设置放 1 度	188	188
襟翼设置放 2 度	192	192
襟翼设置放 5 度	198	198
襟翼设置放 10 度	194	194

左右 AOA 都设置 10 度	左侧 PFD 指示的抖杆速度/节	右侧 PFD 指示的抖杆速度/节
襟翼设置放 1 度	198	198
襟翼设置放 2 度	201	201



图 9. 地面打压测试

(7) 使用 AOA 专用工具量角器将左右 AOA 同步分别设置 0 度和 ±30 度，在两部 SMYD 上读取 AOA 的角度均在手册要求的范围内，测试正常。



4、厂家沟通

RESPONSE:

The Stall Management/Yaw Damper (SMYD) calculates minimum (Vmin) safe operating speed for a configuration of flaps and gear and sends this data to the airspeed indicator on the outboard EFIS displays of the CDS and to other airplane user systems. The SMYD calculates Vmin with data such as flap position, Mach number and Angle of Attack.

The SMYD can add a positive speed bias to the normal minimum maneuver/stick shaker speed shown on the PFD if one or more of the following occurs:

1. The SMYD detects the anti-ice switch on the PS overhead panel is in the ON position.
2. The SMYD detects a leading edge flaps uncommanded motion from the FSEU.
3. The SMYD detects a leading edge flap asymmetry condition from the FSEU.
4. The SMYD detects that the airplane is operating in a high-thrust condition with both engines operating and flap detent position indicating flaps extended.

Boeing has reviewed the QAR data and it doesn't show any issues that could impact the SMYD performance, please see attached data plot for reference ref /D/. A small difference of 1 degree between the left and right angle of attack sensors is shown, which is within acceptable limits. Small differences in AOA can show up on the airspeed display as splits in minimum operating speed. We are not aware of any type of ground test that could duplicate the reported event.

We recommend Hainan Airlines (HNA) to perform the following maintenance checks:

- Perform the troubleshooting steps per FIM 34-21 TASK 830 "Minimum Maneuver Speed or Stick Shaker Speed Difference"
- Check the SMYD fault history for the event flight leg per AMM Task 27-32-00-740-802. Follow the corresponded FIM procedures to troubleshoot any faults found.
- Check the connection path between the AOA sensors and both SMYD. Refer to the FIM 34-21 TASK 834 for the recommended procedure.
- Perform the Wing Anti-Ice - Operational Test per AMM Task 30-11-00-710-801. Verify the test passes and repair any problems if found.

If the problem continues, perform the check of all wiring, terminal blocks and connectors highlighted in the attached WDM 27-31-11 and WDM 27-31-21 pages ref /E/ and /F/ for any problems. In addition to all the wiring checking good, then there may be a chafed or cut wire in the wiring bundles that only presents itself during flight. Along with continuity checks, Boeing recommends a visual inspection of all related connectors for bent or improperly seated contacts as well as checking for FOD (Foreign Object Damage), contamination, corrosion, or other obvious damage in connectors. Also check for shorts to ground, shorts to shields, and shorts to other pins. Perform a hand over hand visual inspection of the wire routing looking for evidence of chaffing or pinched wires in clamping. Perform pull checks on wiring in connectors and splices to verify the crimps are good. When performing continuity tests for intermittent connections Boeing recommends utilizing an analog meter, having one person monitor the meter for ground/short with a second person manually manipulating the wire routing checking for intermittent connections (shake test).

四、小结

- 1、此故障现象较少见，且只有空中才出现故障现象，计算机没有记录相关故障信息，给排故增加难度。
- 2、为更精确排故，使用大气数据测试仪打压模拟高空环境再现故障，通过排除法判断故障因素，这是一种更直观可靠的排故技巧。
- 3、对于抖杆速度指示差异的故障，不可草率放行，必须充分考虑该指示失效可能导致的后果严重性，对于此类故障，必须立即彻底排除故障，并决策放行。
- 4、对于可能是 AOA 导致的故障，执行 AOA 系统的检查时，使用专用工具的方法比备用方法更可靠。
- 5、抖杆速度是飞机的最小安全飞行速度，抖杆速度指示不准确会影响机组的操作，有安全风险。如果左右机动速度或抖杆速度差值超标需要对于此类故障应彻底排故，谨慎放行。

