

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	校对	批准/日期
TIP737-2020-32-002	许敬远	符方洲	曾晶/2020.6.30

标题 双侧 RA 间歇性失效导致的自动驾驶（LNAV）进近异常

一、适用性

737NG

二、背景描述

2020年6月24日昆明-思茅航段空中机组反映在使用自动驾驶（LNAV）进近异常，MCP面板上设置坡度限制为25度，但实际坡度限制8度，无法达到进近机动要求，机组决定返航，返航昆明机场进近时故障现象一样，机组脱离自动驾驶人工进近落地，落地PSEU灯亮。

三、系统原理

1)DFCS — 工作 — LNAV

LNAV 指令来自 FMC，引导飞机沿给定的飞行轨迹飞行。当 DFCS 在 LNAV 方式，LNAV 方式通告显示在 FMA 上。

LNAV 有效

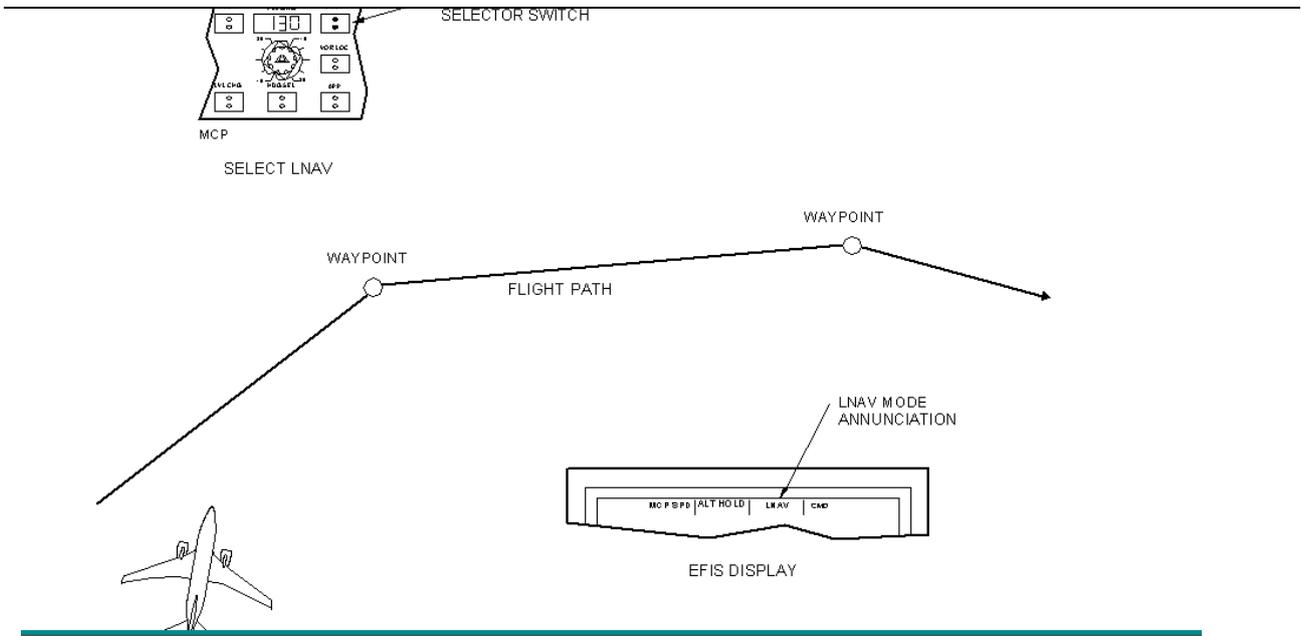
要使 LNAV 有效，需按压 MCP 板上的 LNAV 方式选择电门。以下条件必须满足要求，才能使 LNAV 衔接：

- LNAV 有效
- 气压修正高度有效
- FMC 内用于计算水平制导指令的数据有效
- 在下一航路点之前，飞机的航向要朝向飞行航迹或距飞行计划航迹 3 英里以内。

取消 LNAV 方式

以下任何一种情况出现，LNAV 方式被取消：

- 在 LNAV 电门灯亮时按压该电门
- 在 F/D 指令大于 14 度时，将 A/P 衔接于 CMD
- A/P 在 CMD 方式，加在驾驶盘上的力大于 10 磅
- 选择了其它的倾斜方式
- LNAV 无效

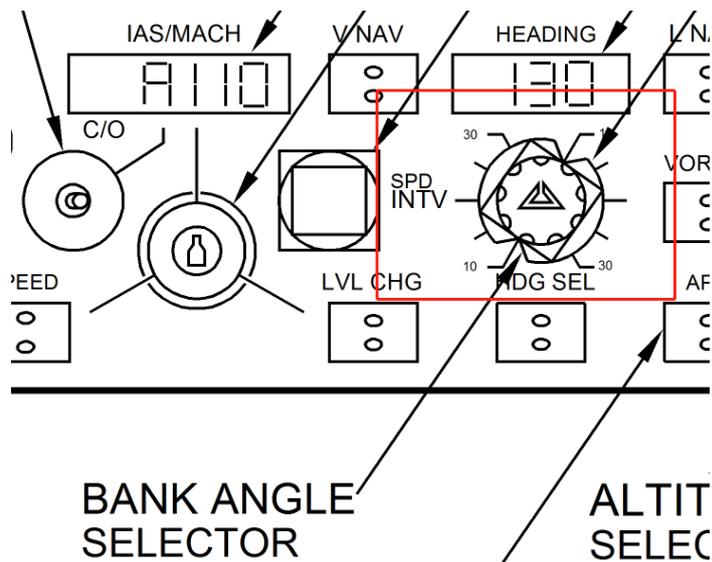


倾斜角选择器

倾斜角选择器让驾驶员选择最大允许的倾斜角。最大倾斜角可选择以下参数之一：

- 10 度
- 15 度
- 20 度
- 25 度
- 30 度。

这些倾斜角限制仅在 VOR 或航向选择方式有效。



2) FMCS — FMC 功能介绍 — 制导子功能

制导子功能为水平和垂直制导功能计算数据并向数字式飞行控制系统（DFCS）和自动油门系统（A/T）提供制导指令。当制导子功能接收到一个激活的航路（水平飞行计划）和一个激活的性能计划（垂直飞行计划）时计算开始。

DFCS 和 A / T 使用该指令自动地制导飞机沿着一个水平的路径飞行并控制空速、垂直速度和 N1 目标/限制。LNAV 方式必须是激活的以使水平制导功能可能，VNAV 方式必须是激活的以使垂直制导功能可能。

注意：在路径下降中，LNAV 必须有效并且一个有效的下降结束点必须被定义以便衔接 VNAV 方式。

下列这些是制导子功能的主要部分：

- 飞行计划管理
- 水平制导指令
- 垂直制导指令

3) 无线电高度系统 — 数据总线输出、决断高度接口

无线电系统向下列部件提供无线电高度（RA）数据：

- FCC A 和 FCCB
- 自动油门计算机
- 显示电子组件（DEU）1 和 DEU2
- 气象雷达 R/T
- GPWC（近地警告计算机）
- FDAU（飞行数据获取组件）
- TCAS 计算机

无线电高度表收发机输出

每个 FCC 使用来自与它同侧的无线电收发机的无线电高度。FCC 将无线电高度用于进近管制和低高度飞行计算。

自动油门将无线电高度用于起飞 / 复飞计算和自动油门点火计算。

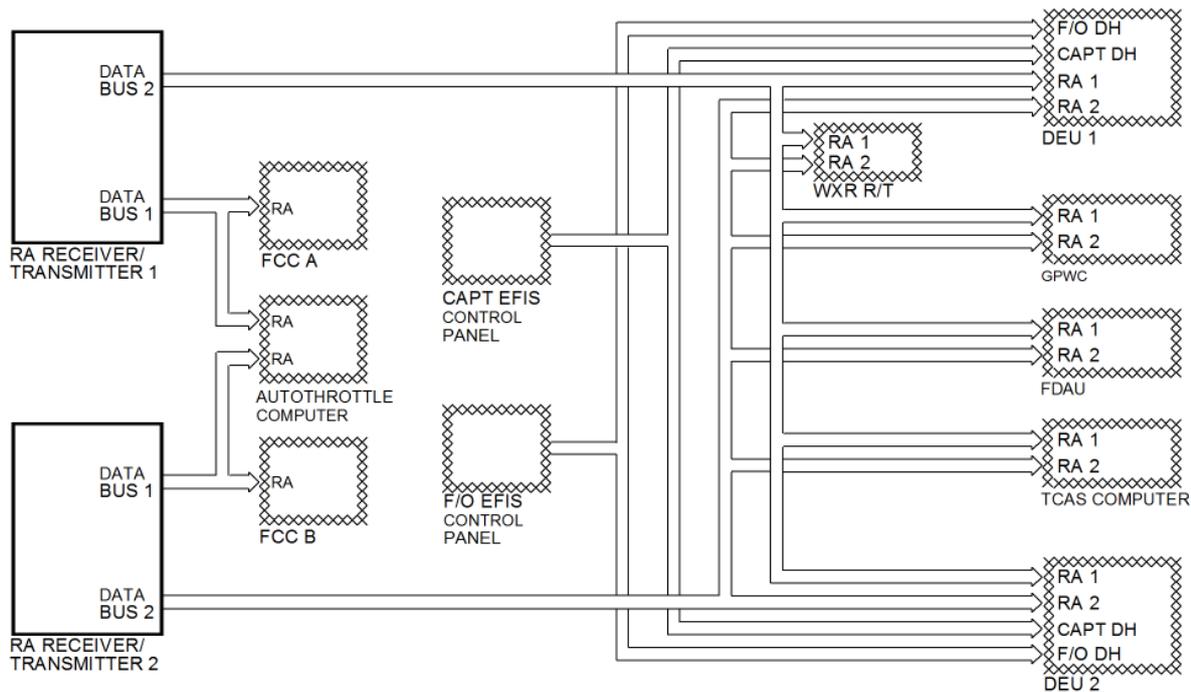
DEU 将无线电高度数据用于计算无线电高度显示形式和显示在显示组件上的无线电高度值。

气象雷达 R/T 使用无线电高度来开启或关闭风切变预测功能和启动 / 禁止显示和警告功能。

GPWC 将无线电高度用于它的近地提醒和警告逻辑计算。

FDAU 记录无线电高度值。

TCAS 计算机将无线电高度设定敏感等级用于迎面飞机通告板计算和确定入侵的飞机是否在地面上。



四、事件处理与评估

事件处理：

1) 地面 DFCS 测试当前有故障信息：22-11051 NO RADIO ALT DATA/FCC-A receives no data from the RADIO ALT-1 Input Bus, 22-11052 NO RADIO ALT DATA/FCC-B receives no data from the RADIO ALT-2 Input Bus. PESU 自检有 32-62777 L/R ALT FAIL 信息, 完成 PSEU 自检后 PESU 灯灭, 复位 RA1、2 后 DFCS 测试正常, PESU 自检当前无信息, 自测试正常。

2) 将 QAR 数据及故障信息发波音分析, 波音答复依据故障代码对应的 FIM 手册检查线路和隔离部件。

3) 依据 FIM 22-11 TASK 805 Radio Altimeter Output Problem 检查两部无线电高度表天线插头, 检查收发机到天线之间线路, 检查 FCC 到无线电高度表之间线路, 检查结果正常。

4) 依据 FIM 32-61 Task 826 (Altitude Less than 200 feet and less than 800 feet Fault)检查 PSEU 到 FCC 之间线路, 检查结果正常。

5) 从其他飞机串件更换 RA1, 将 RA2 与其他飞机对串, 测试结果正常。

6) 从其他飞机串件更换 FCC A, 测试正常。

PC 卡数据分析：

对故障航段飞行数据进行译码分析：

- 1) UTC 23:23:10-23:23:11 机长侧 RA 收发机有 FAIL 信息；
- 2) QAR 数据仅记录机长侧 RA 收发机有 FAIL 信息, 右侧 RA 正常。
- 3) 译码左右 RA 收发天线的状态正常, 其他参数未见异常。

Frame-Sf	SfCount	Time St	AIR GROUND			BAROMETRIC ALTITUDE ALT_BARO FEET	AUTO PILOT AP_STATUS	RADIO ALTITUDE ALT_RADIO FEET	LRAA LT FAILURE	LRAA RT FAILURE	LRAA LT ANTENNA	LRAA RT ANTENNA	LRAA LT ANTENNA	LRAA RT ANTENNA	RADIO HEIGHT #RALTTR FEET	LRAA LT	LRAA RT	RADIO HEIGHT #RALTTR FEET	LRAA LT	LRAA RT		
			AIR	AIR	AIR																RECEIVE	TRANSMIT
146-2	585	23:23:04	AIR	AIR	AIR	11594	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
146-3	586	23:23:05	AIR	AIR	AIR	11616	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
146-4	587	23:23:06	AIR	AIR	AIR	11616	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
147-1	588	23:23:07	AIR	AIR	AIR	11648	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
147-2	589	23:23:08	AIR	AIR	AIR	11680	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
147-3	590	23:23:09	AIR	AIR	AIR	11712	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
147-4	591	23:23:10	AIR	AIR	AIR	11746	API ON	5437	5437	5421	5421	FAIL	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
148-1	592	23:23:11	AIR	AIR	AIR	11808	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
148-2	593	23:23:12	AIR	AIR	AIR	11840	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
148-3	594	23:23:13	AIR	AIR	AIR	11872	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
148-4	595	23:23:14	AIR	AIR	AIR	11904	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
149-1	596	23:23:15	AIR	AIR	AIR	11936	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
149-2	597	23:23:16	AIR	AIR	AIR	12000	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
149-3	598	23:23:17	AIR	AIR	AIR	12032	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
149-4	599	23:23:18	AIR	AIR	AIR	12064	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
150-1	600	23:23:19	AIR	AIR	AIR	12128	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500
150-2	601	23:23:20	AIR	AIR	AIR	12160	API ON	5437	5437	5421	5421	OK	OK	OK	OK	OK	5500	5500	5500	5500	5500	5500

Frame-Sf	SfCount	Time St	AIR GROUND			BAROMETRIC ALTITUDE ALT_BARO FEET	AUTO PILOT AP_STATUS	RADIO ALTITUDE ALT_RADIO FEET	LRAA LT FAILURE	LRAA RT FAILURE	LRAA LT RECEIVE	LRAA RT RECEIVE	LRAA LT TRANSMIT	LRAA RT TRANSMIT	RADIO HEIGHT #RALTTR FEET	LRAA LT	LRAA RT	RADIO HEIGHT #RALTTR FEET	LRAA LT	LRAA RT		
			AIR	AIR	AIR																RECEIVE	TRANSMIT
1410-2	5641	00:47:20	AIR	AIR	AIR	8608	NO AP ON	2231	2231	2231	2231	OK	OK	OK	OK	OK	2230	2230	2230	2230	2240	2240
1410-3	5642	00:47:21	AIR	AIR	AIR	8576	NO AP ON	2223	2223	2223	2223	OK	OK	OK	OK	OK	2220	2220	2220	2220	2240	2240
1410-4	5643	00:47:22	AIR	AIR	AIR	8576	NO AP ON	2215	2215	2215	2215	OK	OK	OK	OK	OK	2210	2210	2210	2210	2240	2240
1411-1	5644	00:47:23	AIR	AIR	AIR	8544	NO AP ON	2204	2204	2204	2204	OK	OK	OK	OK	OK	2190	2190	2190	2190	2240	2240
1411-2	5645	00:47:24	AIR	AIR	AIR	8544	NO AP ON	2191	2191	2191	2191	OK	OK	OK	OK	OK	2180	2180	2170	2170	2190	2190
1411-3	5646	00:47:25	AIR	AIR	AIR	8512	NO AP ON	2177	2177	2177	2177	OK	OK	OK	OK	OK	2170	2160	2160	2160	2190	2190
1411-4	5647	00:47:26	AIR	AIR	AIR	8512	NO AP ON	2166	2166	2166	2166	OK	OK	OK	OK	OK	2160	2150	2150	2150	2170	2170
1412-1	5648	00:47:27	AIR	AIR	AIR	8480	NO AP ON	2158	2158	2158	2158	OK	OK	OK	OK	OK	2150	2150	2150	2150	2170	2170
1412-2	5649	00:47:28	AIR	AIR	AIR	8480	NO AP ON	2153	2153	2153	2153	OK	OK	OK	OK	OK	2140	2130	2130	2130	2170	2170
1412-3	5650	00:47:29	AIR	AIR	AIR	8480	NO AP ON	2150	2150	2150	2150	OK	OK	OK	OK	OK	2140	2130	2130	2130	2170	2170
1412-4	5651	00:47:30	AIR	AIR	AIR	8448	NO AP ON	2144	2144	2144	2144	OK	OK	OK	OK	OK	2130	2140	2140	2140	2160	2160
1413-1	5652	00:47:31	AIR	AIR	AIR	8448	NO AP ON	2139	2139	2139	2139	OK	OK	OK	OK	OK	2130	2130	2130	2130	2160	2160
1413-2	5653	00:47:32	AIR	AIR	AIR	8416	NO AP ON	2138	2138	2138	2138	OK	OK	OK	OK	OK	2120	2130	2130	2130	2160	2160
1413-3	5654	00:47:33	AIR	AIR	AIR	8416	NO AP ON	2138	2138	2138	2138	OK	OK	OK	OK	OK	2120	2130	2130	2130	2160	2160
1413-4	5655	00:47:34	AIR	AIR	AIR	8384	NO AP ON	2135	2135	2135	2135	OK	OK	OK	OK	OK	2120	2130	2130	2130	2160	2160

现象分析:

1) 因思茅机场降落需执行 RNP APCH 运行, 机组使用 LNAV 方式进近, 发现倾斜角限制在 8 度, 预计不能正常着陆, 机组取消进近返航。依据飞机手册 SDS 部分说明, MCP 板上的倾斜角选择器限制仅在 VOR 或航向选择方式有效, 如果选择 LNAV 方式时该选择器设置的倾斜角限制无效。

2) 在 LNAV 方式下, 当一侧无线电高度表失效, 同一侧的自动驾驶/飞行指引系统(AFDS) 在 LNAV 方式下限制倾斜角位 8 度。

如果两侧的无线电高度表都失效, 则当襟翼伸出时, AFDS(两侧)限制倾斜角最大位 8 度(所有横滚方式), 襟翼收回时, 在 LNAV 方式下限制倾斜角为 8 度。

因为机组始终使用的 LNAV 方式, 所以在两侧无线电高度表都出现间隙故障以后, AFDS 给出的倾斜角限制为 8 度。

故障隔离:

根据机组反馈的驾驶舱现象在使用自动驾驶时 BANK ANGLE 角度比平时使用时小, 结合飞机故障诊断系统执行 BITE 测试, DFCS BITE 测试有信息: 22-11051 NO RADIO ALT DATA/FCC-A receives no data from the RADIO ALT-1 Input Bus, 22-11052 NO RADIO ALT DATA/FCC-B receives no data from the RADIO ALT-2 Input Bus, PESU 自检有 32-62777 L/R ALT FAIL 信息。



Issue Date: 15 Jun 2020

FAULT CODE	FAULT DESCRIPTION	GO TO FIM TASK
221 740 00	Autopilot: goes less than the normal bank angle with any A/P engaged in CMD	22-11 TASK 801

参考波音建议并依据 FIM 完成以下检查并隔离可疑部件:

1) 依据 FIM 22-11 TASK 805 Radio Altimeter Output Problem 检查两部无线电高度表天线插头, 检查收发机到天线之间线路, 检查 FCC 到无线电高度表之间线路。

2) 依据 FIM 32-61 Task 826 (Altitude Less than 200 feet and less than 800 feet Fault)检查 PESU 到 FCC 之间线路。

3) 隔离两侧无线电高度表收发机。

4) 隔离 FCC A。

失效模式分析:

依据波音文件 737NG-FTD-34-15002 所述, 一个无线电高度表系统有两路数据总线输出, DATA BUS1 提供给 FCC, DATA BUS2 提供给 DEU、DFDAU、GPWS、TCAS。如果只是 DATA BUS1 降级, 则 FDR/QAR 译码并不能发现该问题, 但是 LRRA 收发机内部健康监控会发现输出到 FCC 的 DATA BUS1 的故障, 在此情况出现后会禁止输出到 FCC 的无线电高度数据, 直到复位 LRRA 收发机电源。DATA BUS2 到 DEU、DFDAU、GPWS、TCAS 的数据会正常输出, 不受影响。

因为无线电高度表监控到 DATA BUS1 存在故障, 并禁止输出到 FCC, 会影响同侧 FCC 的相关功能, 相应的飞行指引、自动驾驶、自动油门功能可能失效, 某些功能可能会降级。

地面执行 DFCS BITE 测试, 发现两部 FCC 都出现了 NO RADIO ALT DATA, 再结合 PSEU 的 BITE 也是两侧 LRRA 失效, 地面复位 LRRA 后测试正常, 结合 QAR 译码结果判断为两侧 LRRA 空中都出现了间歇性故障。

五、后续工作

1. 对于同时出现两部无线电高度表间歇故障的情况, 根据后续检查结果及更换部件送修检测报告做进一步跟踪分析。

2. 跟踪厂家对于无线电高度表导致的关联故障的深度分析, 如果厂家有最终解决方案, 视情制定改进措施。

3. 本机后续 3 天调整限飞不要求使用 RNP 运行的机场之间运行

六、小结

飞机空中两侧的无线电高度表输出到相应侧 FCC 的 DATA BUS1 都出现了故障, 无线电高度表因此禁止输出数据到两侧 FCC, 进而导致 AFDS 限制倾斜角最大 8 度。由于思茅机场实施 RNP APCH 运行, 机组判断使用 AFDS 无法满足思茅机场进近机动要求, 因而返航。

参考附件:

