

# HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	校对	批准/日期
TIP737-2024-32-028	张桃	符方洲	曾晶/2024. 11. 01

## 标题 M1767 的 S1 电门导致起落架收起“慢”

### 一、适用性

737

### 二、背景描述

2024 年 10 月，通过实时监控发现某 NG 飞机三个起落架收起转换时间长，间歇性发生，转换时间长的主要集中在 18 秒到 23 秒之间摆动，其余时间均为 8 秒正常。在经过多轮排故后，发现并非真实故障，而是由于起落架构型虚假警告导致的异常，更换 M1767 后正常。

### 三、解释说明

#### 一)、基本原理

737 起落架收放正常使用液压 A 系统，液压油经起落架转换活门、选择活门后分别给前起落架和主起落架的收放机构。

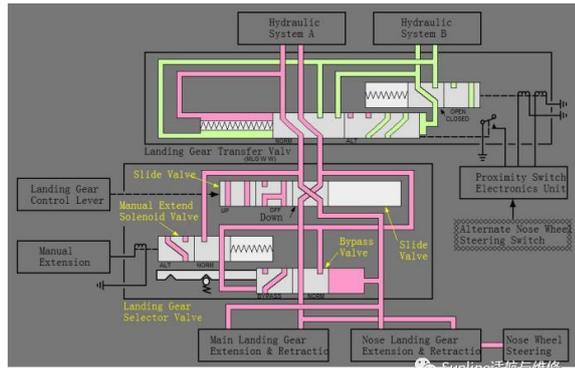
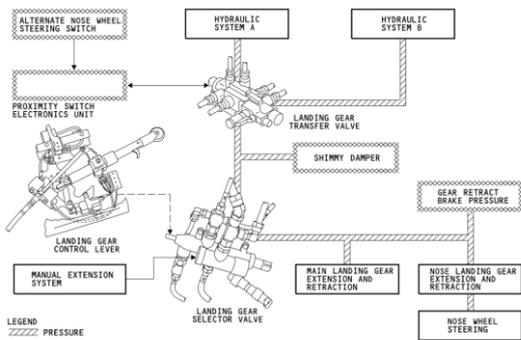
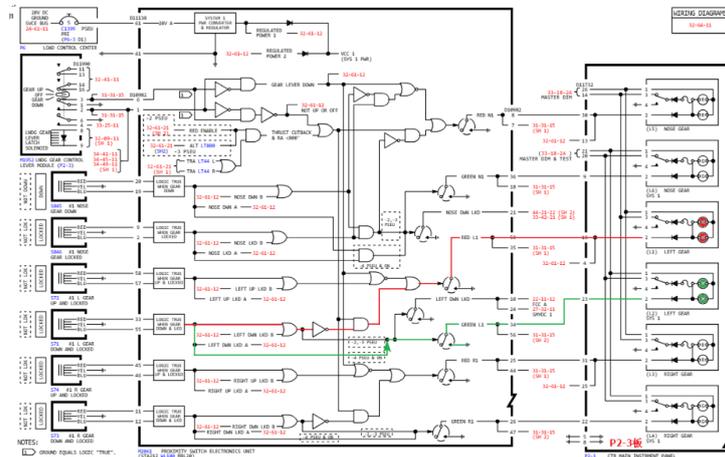


图1 737NG 飞机起落架收放系统原理图

737NG 飞机每个起落架上有四个传感器用于给 PSEU 提供起落架的位置信息，其中，前起落架两个放下传感器和两个锁定传感器；主起落架两个放下锁定传感器和两个收上锁定传感器。传感器将感受起落架的位置信息在 PSEU 内进行逻辑判断后，分别在 P2-3 面板和 P5 面板上提供灯光指示。逻辑原理图如下所示：





L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
AIR_GND	GEAR_WA	GEAR_WA	GEAR_WA	GEAR_WA	GEAR_NO	GEAR_NO	OIL_QTY_H	OIL_QTY_H	BRK_PRS_A	BRK_PRS_A	BRK_PRS_A	BRK_PRS_ALT
							(%full)	(%full)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)
-	-	-	-	-	-	-			-19.46	-5.92	34.69	34.69
-	-	-	-	-	-	-	96.25	82.25	-12.69	-16.08	27.92	34.69
AIR	-	-	-	-	-	-			-12.69	-16.08	38.08	34.69
AIR	-	-	-	-	-	-			-9.31	-9.31	34.69	27.92
AIR	-	-	-	-	-	-			-12.69	-9.31	34.69	34.69
AIR	-	-	-	-	-	-	96.25	82.5	-16.08	-19.46	34.69	34.69
AIR	-	-	-	-	-	-			-12.69	-12.69	34.69	34.69
AIR	-	-	-	-	-	-			-12.69	-12.69	34.69	34.69
AIR	-	WARNING -	WARNING -	WARNING -	WARNING -	WARNING -			-12.69	444.23	34.69	31.31
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	96.25	82.5	396.85	474.69	423.92	539
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			481.46	498.38	515.31	522.08
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	505.15	528.85	528.85
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	518.69	532.23	532.23
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	85.75	82.5	522.08	511.92	532.23	545.77
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			525.46	518.69	542.38	545.77
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			508.54	498.38	525.46	522.08
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			508.54	511.92	522.08	525.46
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	77	82.75	505.15	508.54	525.46	528.85
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	511.92	525.46	525.46
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	508.54	525.46	528.85
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	508.54	532.23	528.85
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	77	82.75	498.38	481.46	532.23	515.31
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	515.31	518.69	511.92
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			511.92	508.54	518.69	515.31
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			508.54	511.92	518.69	525.46
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	76.75	82.75	511.92	508.54	515.31	522.08
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			515.31	511.92	522.08	525.46
AIR	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING			508.54	511.92	525.46	525.46

## 二) 排故过程

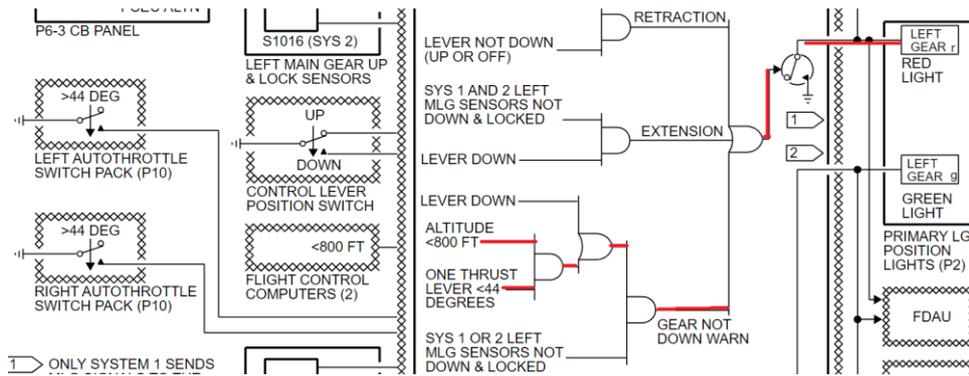
排故思路比较明确，一个方向指示问题，一个方向真实故障。

- 1、从液压油量的降低情况，以及三个起落架完全同步的表现，分析最大可能是指示的问题。而且只可能集中在公共路上。因而更换了起落架收放手柄和 PSEU，并测量了线路。  
(但此后监控故障再现，通过机组观测，机上红灯点亮时间是真实 18 秒，但是否收起，机组通过声音无法判断。这样就陷入两个方向都是解释不了的地方了。如果是指示问题，不可能所有的传感器都出故障；如果是液压路的问题，是什么原因使起落架最后上锁那一下延迟，主起和前起最后收起阶段都是有各自的作动机构。)
- 2、在和波音沟通后，波音给出了选择活门更换和各起落架注油润滑的建议。在更换了转换活门和选择活门之后，并没有采取注油的工作，因为那并不算公共管路部分。之后故障依旧存在。
- 3、这个时候的分析就已经转向控制钢索校装、管路、减摆器或者 LED 构型灯泡是否存在影响，这种很偏的部件了，最希望的是能做一次顶升测试，从而地面验证收放是否存在问题。
- 4、在这个时候，一个之前被忽略掉的信息被重新拿出来分析。历史信息 PSEU 中有过 32-64001 INTERNAL FAULT, 32-62002TRA R LT 44 FAULT 信息。32-62002 这个信息表示油门杆手柄在起飞的时候油门杆不超过 44 度。(The right thrust lever resolver angle is less than 44 during takeoff.) 由于仅出现过一次，并为考虑两者之间的关联系，属于陷入了一种思维定式。当重新来分析的时候，发现符合诸多的现象。

- 1)、首先译码发现收起时间长的航段，过渡态终止的时候都出现在 800FEET。

7 10:40:37 CRUISE	-	-	-	-	-	-1	0	0	1	-1	0	0	1
7 10:40:37 CRUISE	-	-	-	-	-	1	2	2	3	1	2	3	3
7 10:40:37 CRUISE	-	-	-	-	-	4	5	6	7	4	5	6	8
L 10:40:41 CRUISE	-	WARNING	-	WARNING	-	9	11	14	17	10	12	15	17
L 10:40:41 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	20	24	28	33	21	24	29	34
L 10:40:41 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	39	44	51	58	39	45	52	58
L 10:40:41 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	65	73	79	86	66	72	79	88
5 10:40:45 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	95	104	116	127	96	108	119	128
5 10:40:45 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	137	146	158	168	137	147	163	173
5 10:40:45 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	182	194	209	221	187	198	210	224
5 10:40:45 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	233	246	260	272	235	247	259	273
3 10:40:49 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	284	296	308	321	284	296	308	323
3 10:40:49 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	334	347	361	374	335	348	360	376
3 10:40:49 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	387	400	413	426	388	401	414	429
3 10:40:49 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	439	452	465	477	441	453	465	479
3 10:40:53 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	490	502	514	527	492	504	516	530
3 10:40:53 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	540	552	564	577	543	554	566	580
3 10:40:53 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	591	603	614	626	591	603	614	627
3 10:40:53 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	637	649	660	672	638	649	661	674
7 10:40:57 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	683	695	706	718	685	696	707	720
7 10:40:57 CRUISE	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	730	741	754	766	732	742	755	768
7 10:40:57 LVL CHANC	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	WARNING	778	790	801	813	779	791	802	816
7 10:40:57 LVL CHANC	-	-	-	-	-	834	850	861	874	838	851	864	878
L 10:41:01 LVL CHANC	-	-	-	-	-	887	898	912	923	889	899	912	924

2)、800FEET 和起落架构型警告有关的，就是任一油门杆低于 44 度，高度低于 800FT，会触发红灯点亮。



3)、从 PSEU 的监控信息看，S1、S8 和 S9 是被 PSEU 所监控的，对应 32-62002 信息，表明 S1 电门在起飞的时候没有被作动。

Table 503. Switch Reliability Test					
SWITCH SELECT	CONTACT PAIR	TRA	TRANSITION	SYSTEM	计算机
S1	NC	8.00-42.00	42.00-46.00	Landing Gear Warning	PSEU
S1	NO	46.00-82.00	42.00-46.00	Automatic Ground Speedbrake	M980自动速度刹车组件
S2	NC	8.00-42.00	42.00-46.00	Autobrake	AACU
S2	NO	NOT USED			
S3	NC	8.00-42.00	42.00-46.00	Autobrake	AACU
S3	NO	NOT USED			
S4	NC	34.00-82.00	30.00-34.00	T/R Sync Lock	无
S4	NO	8.00-30.00	30.00-34.00	T/R Sync Lock	无
S5	NC	34.00-30.00	30.00-34.00	T/R Arm	EAU
S5	NO	8.00-30.00	30.00-34.00	T/R Arm	EAU
S6	NC	34.00-82.00	30.00-34.00	T/R Stow	EAU
S6	NO	NOT USED			
S7	NC	NOT USED			
S7	NO	62.00-82.00	58.00-62.00	LE Ground Warning Anti-ice	无
S8	NC	8.00-51.00	51.00-55.00	Weather Radar	气象雷达收发机
S8	NO	55.00-82.00	51.00-55.00	Takeoff Warning and Landing GearWarning	PSEU
S9	NC	8.00-62.00	62.00-66.00	Takeoff Warning	PSEU
S9	NO	NOT USED			

4)、由于历史经验看当出现起落架构型警告的时候会伴随有警告音，但此案例中机组反应并没有听到过警告铃音，因此对触发逻辑做了研究。

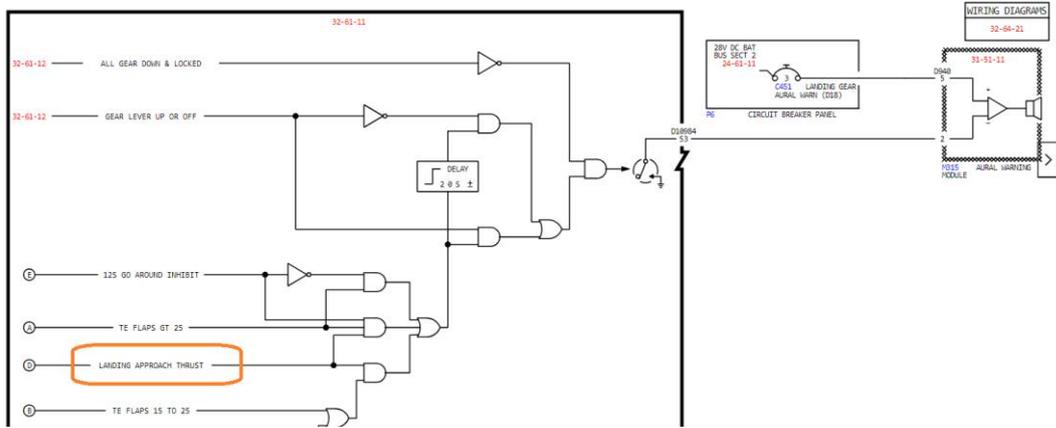
### TE Flap Position 0 Through 10 Units, Condition 1

This type of aural warning operates when one or more landing gear is not in the down and locked position, the landing gear control lever is not down, and all of these conditions are true:

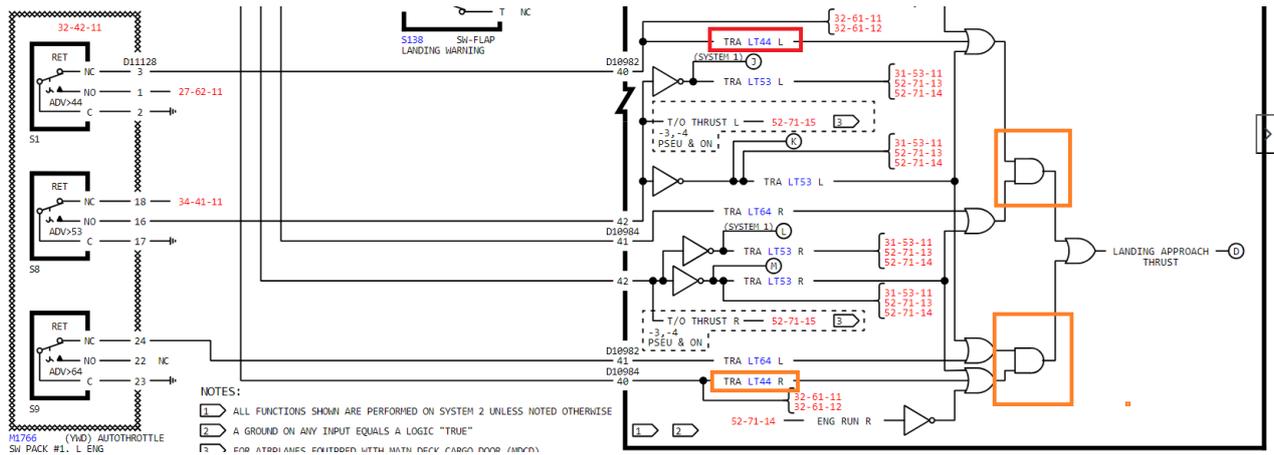
- TE Flap landing warning switch A & B <10 units
- One or both thrust levers at idle or one or both engines not running
- Altitude between 800 and 200 feet.

The horn can be stopped with the horn reset switch for the above conditions.

从逻辑角度看，油门杆慢车或者发动机关闭的信号作为触发条件之一。



进一步看，这个进近慢车并非使用单一 S1 电门作为判断标准，而是结合 S8 或者 S9 做并行判断，是与的关系，因而不被系统判断为处于进近慢车状态，从而不会触发音响警告。



对于为什么仅出现了一次起飞警告，波音未做正面的回应。

### 四、小结

起落架真实收放情况，使用液压油量进行判断是比较好的一个参考。由于本案收起过程叠加上落架构型警告，使问题复杂化。