

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	校定	批准/日期
TIP737-2020-26-003	刘军	张桃	曾晶/2020.1.22

标题 货仓的假火警

一、适用性

737NG,737MAX

二、背景描述

货仓火警探测系统，探测器失效较多。由于通常测试时使用双通道，有些单通道失效或单通道火警的问题会被掩盖，不能发现。后来修改了航后的检查步骤，要求进行单环路的测试，这一问题能得到及时的发现。货仓烟雾探测器迷宫式设计，基本上无法通过在翼的方式得到有效清洁，后来机队探测器通过定期离位，整个故障率有了下降。不过面板的问题还是得不到一个有效的解决。针对机队的分析，可以参见卷二的货仓火警机队问题分析。

三、事件概况

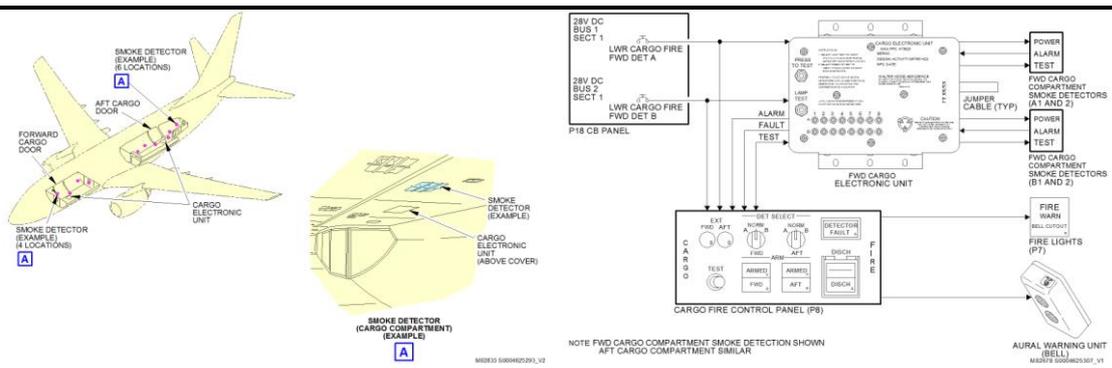
本案是一起导致了公共事件的案例，最严重的几个结果都有，释放灭火瓶、返航、应急撤离，基本上是全套流程。

机组在爬升到高度 5100 米的时候，后货仓火警灯亮，随后出现火警铃，机组按检查单释放货舱灭火瓶，灭火后后货舱火警灯仍保持常亮，决定返航；落地退出跑道后，在滑行道上时前货舱火警灯也点亮并保持常亮。机组启动紧急撤离程序。地面检查前后货舱无过火迹象，通电后货舱火警面板上所有灯光指示均点亮（不正常现象），包括前后货舱火警灯。按压 TEST 电门复位后地面测试仅有后货舱火警探测 A 环路失效在火警状态，后货舱 B 环路正常，前货舱 A/B 环路均正常，自检 CEU 为后舱 A2 烟雾探测器失效。更换所有货舱烟雾探测器、前后货舱 CEU 和货舱火警控制面板，恢复滑梯包、货舱灭火瓶和发动机灭火瓶后测试正常，放行飞机，监控后续飞行均正常。

四、事件分析

（一）基本原理

货舱火警探测原理较为简单，由货舱火警控制面板 P8-75 板，货舱电子组件 CEU（前后货舱各 1 个），货舱烟雾探测器（前舱 4 个，后舱 6 个）组成，前后货舱探测环路都分为 A, B 两个环路，前舱每个环路由 2 个烟雾探测器成，后舱每个环路由 3 个烟雾探测器组成，探测器有两种触发方式，一为温度方式，当环境温度高于摄氏 110℃时触发警告；二为光电感应式，当有烟雾充满探测器所在区域时，探测器内部光电管发出的光线被遮挡散射，光电接收器接收到的光信号改变，从而改变自身阻值，在经过电路解算后就使探测器给出火警信号。通常货舱烟雾探测器的火警触发方式为后者。



货舱火警警告的触发逻辑关系如下表所示，其中一个环路中的任一个探测器给出火警信号那个这个环路即为火警：

1, 双环路:

条件		驾驶舱现象
Loop A	Loop B	
Normal	Normal	Normal
Normal	Fault	Normal
Normal	Fire	Normal
Normal	Inop	Normal
Fault	Normal	Normal
Fault	Fault	Fault
Fault	Fire	Fire
Fault	Inop	Fault
Fire	Normal	Normal
Fire	Fault	Fire
Fire	Fire	Fire
Fire	Inop	Fire
Inop	Normal	Normal
Inop	Fault	Fault
Inop	Fire	Fire
Inop	Inop	Fault

2, 单环路:

条件	驾驶舱现象
Loop (A or B)	
Normal	Normal
Fault	Fault
Fire	Fire

3, DETECTOR FAULT 灯亮环路逻辑如下:

条件	环路选择电门位置	DETECTOR FAULT 灯

Loop A and B fail	NORMAL	ON
Loop A fail	A	ON
Loop B fail	B	ON

简单来说，就是双环路都正常工作（环路选择电门在 NORM 位）时，需要双环路都发出火警警告，系统才有火警警告；当选择电门在单环路（A 或 B）或者某个环路故障失效时，另外一个正常工作的环路发出警告则系统就有火警警告。

所有货舱烟雾探测器的信号先分别送到前后货舱两个 CEU 进行收集，CEU 再将信号送到货舱火警控制面板，由面板内部进行逻辑判断处理后，产生相应的警告信息并发出警告，火警灯、火警铃及 PC 卡数据记录都是直接由面板内部的信号控制的。

（二）故障分析

1)，初期调查始末

由于故障在机组描述、译码以及原理分析上存在诸多不对应的地方，结合舱音的时间点发现了几个点：

1，舱音记录器以及与 QAR 数据对比，确认为火警灯先点亮，而警铃是在约 1 分 40 秒后响起，持续 2~3 秒，此时机组已完成火警处置并释放灭火瓶，PC 卡数据也是这时才开始记录后舱烟雾信号；

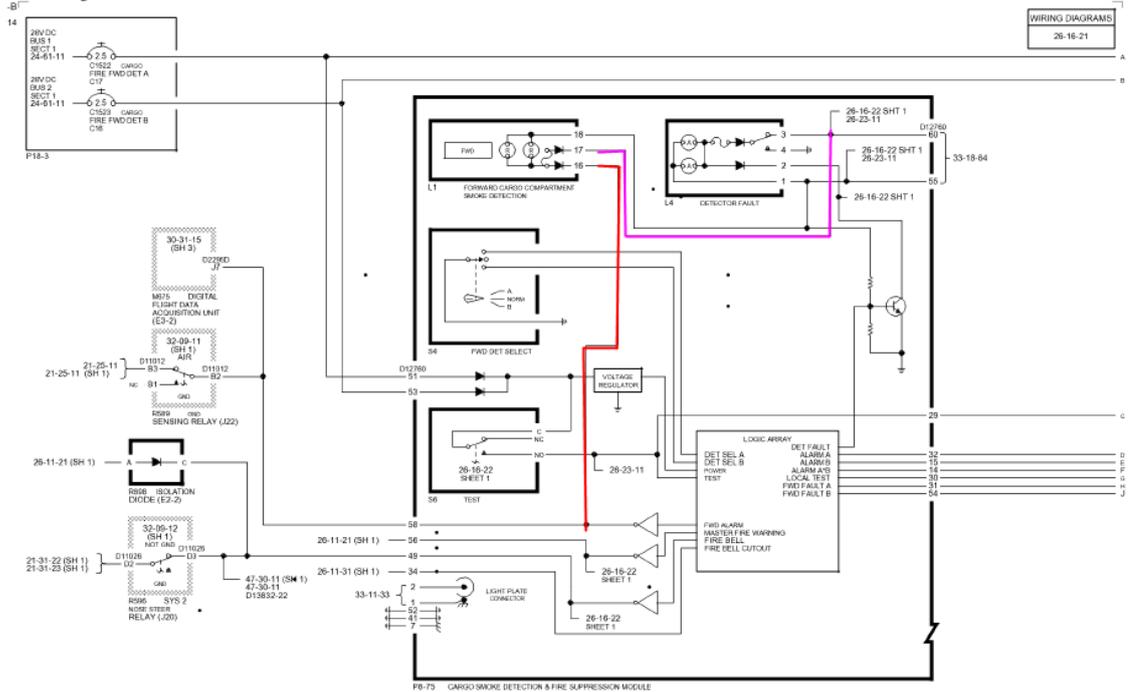
2，机组观察到落地后灯明亮，实际通过舱音反映前后货仓火警灯均已点亮。

机号:B-56 飞行日期: 起降机场: 起降时间: 查询格式: Vref:

数据帧	UTC	AGND				ALT	N1L	N1R	E1C	E2C	CARGSM. A		CARGSM. F		
2-discr	GMT	CLOCK	AIR/GROUP	AIR/GROUP	AIR/GROUP	AIR/GROUP	ALTIMITUDE (SELECTED)	SELECTED	ENGINE 1	ENGINE 2	SMOKE	AFT CARGO	SMOKE	FWD CARGO	
	hh:mm:ss					FEET	%RPM	%RPM							
	UTC时间		主轮空地				压力高度	左N1	右N1	1发起动手	2发起动手				
2047	2:10:33	GND	GND	GND	GND	283	20.6	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2048	2:10:33	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2049	2:10:33	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2050	2:10:33	GND	GND	GND	GND	283	20.6	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2051	2:10:37	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2052	2:10:37	GND	GND	GND	GND	283	20.6	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2053	2:10:37	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2054	2:10:37	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2055	2:10:41	GND	GND	GND	GND	283	20.8	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2056	2:10:41	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2057	2:10:41	GND	GND	GND	GND	283	20.8	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2058	2:10:41	GND	GND	GND	GND	284	20.8	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2059	2:10:45	GND	GND	GND	GND	283	20.8	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2060	2:10:45	GND	GND	GND	GND	283	20.8	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2061	2:10:45	GND	GND	GND	GND	283	20.6	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2062	2:10:45	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.5	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2063	2:10:49	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2064	2:10:49	GND	GND	GND	GND	283	20.7	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2065	2:10:49	GND	GND	GND	GND	283	20.6	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2066	2:10:49	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2067	2:10:53	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2068	2:10:53	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2069	2:10:53	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2070	2:10:53	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2071	2:10:57	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2072	2:10:57	GND	GND	GND	GND	283	20.5	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2073	2:10:57	GND	GND	GND	GND	283	20.3	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2074	2:10:57	GND	GND	GND	GND	283	20.3	20.6	RUN	RUN	SMOKE		NOTSMOKE		
2075	2:11:01	GND	GND	GND	GND	283	20.2	20.6	CUTOFF	CUTOFF	SMOKE		NOTSMOKE		

2)，故障分析

从系统原理线路图可以看出，货舱火警信号由面板发出，分为警灯/警铃/DFDAU（PC 卡）几路，如果是由货舱烟雾探测器发出的信号导致的火警（无论真假火警），则警灯、警铃、PC 卡记录应该同时出现，如下图中红线所标识；而火警灯灯头点亮还有一种原因，就是灯光处在测试模式，此时仅有灯光指示，无其他现象，如下图中紫线所标识。信号对应的具体触发方式都是低电位，即地信号，如果火警控制面板内部相应的线路对地短路的话，灯就会亮起。



此次火警事件的实际情况是，PC 卡译码数据可以证实后货舱火警警告信息持续存在，不过出现的时间与后货舱火警灯亮的时间并不同步，且灯开始亮时警铃也未响，不符合火警警告的正常逻辑，正常情况下应该警灯亮、警铃响、PC 记录同时出现，据此推断，一开始出现的后货舱火警信号仅仅是单纯的指示问题，系统并未真正产生真正的火警信号，能导致这一现象出现的最大可能部件是货舱火警控制面板。而在机组完成处置、货舱灭火瓶释放后，系统才给出稳定的货舱火警信号，分析其产生的原因，有以下两种可能性：

1. 开始是由面板导致的单纯指示系统问题，后由于灭火剂释放的影响，使后货舱 A/B 环路探测器污染出现假火警；
2. 由于在处置时操作了货舱火警面板，使面板内部的失效逻辑模式发生改变，从而产生后货舱火警灯、火警铃和 PC 卡信号。

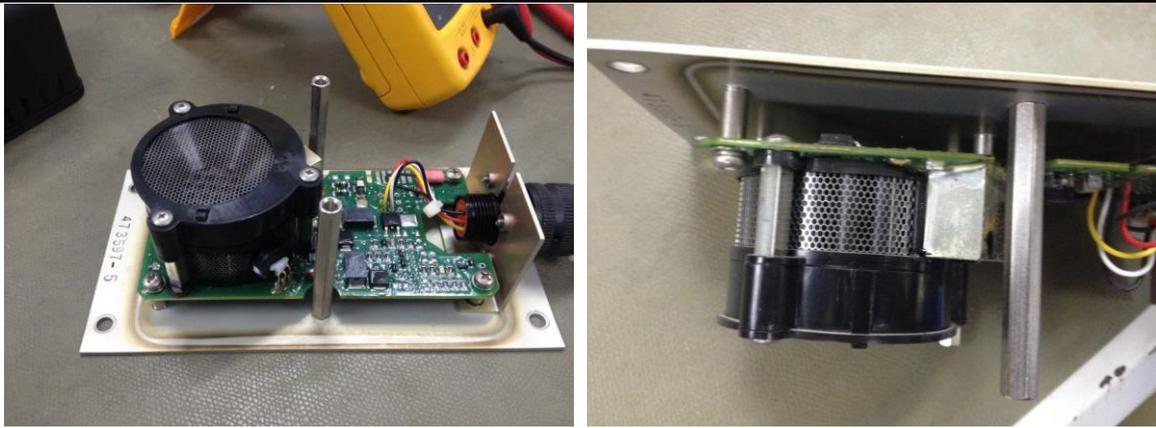
综合地面测试情况和附件对部件的检测结果，分析判断本次故障应该是第二种原因导致的，后舱 A2 探测器失效是此次事件的结果，并非原因。

前货舱火警的情况相对简单些，自始至终只有火警灯亮，既无警铃响，也无 PC 卡记录，再结合地面测试时该灯光指示出现的不正常亮灭现象，可以判断前货舱火警灯亮为单纯的灯指示问题，同样货舱火警控制面板是导致这一现象的最大嫌疑部件。

(三) 部件追踪

1)、烟雾探测器

有三个烟雾探测器，在台架功能测试的时候出现间歇性内部维护灯不灭的情况，其余均测试通过。



维护 LED 灯间歇性不灭表示的意思为：

光敏二极管调节电压过高或过低（TP3）；风扇电路异常；处于测试模式。

手册中对于 TP3 有相关的调压设置，维护灯不灭的故障，存在探测器内部迷宫盒内部脏的可能，虽然当前目视检查未发现明显异常。其调节电压高于手册标准这一现象（当前测量值在 0.9-0.95 之间），通过反复测量稳定存在。但通过 TP3 电压的 CMM 标准（上表），可以看出其并未达到触发火警（单环路）警告的范围（1.09-1.23），测试台上火警灯的通断情况也验证了这一情况。

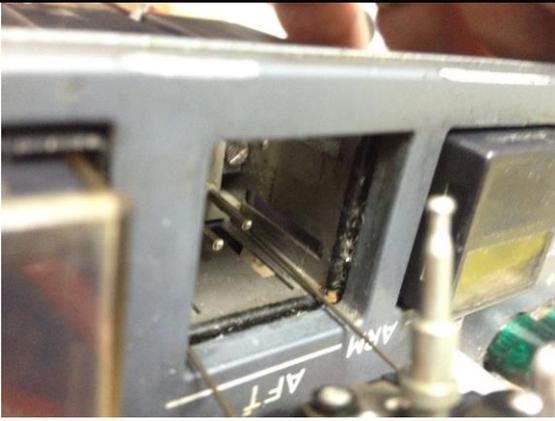
Table 1007
Test Point Data

Mode	Test Points							
	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8
Standby	A, (Refer to Figure 1003)	0.30 to 0.55	0.45 to 0.80	4.9 to 5.7	< 0.2	B, (Refer to Figure 1003)	< 0.2	C, (Refer to Figure 1003)
Alarm	A, (Refer to Figure 1003)	0.65 to 0.83	1.09 to 1.23	< 0.2	4.9 to 5.7	B, (Refer to Figure 1003)	< 0.2	C, (Refer to Figure 1003)
Test	A, (Refer to Figure 1003)	0.50 to 1.20	0.75 to 1.90	< 0.2	4.9 to 5.7	B, (Refer to Figure 1003)	6.5 to 9.5	C, (Refer to Figure 1003)

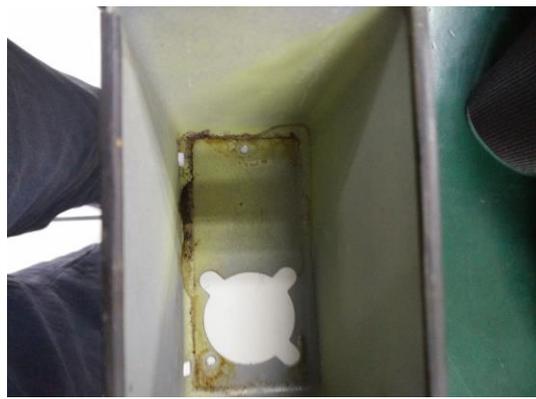
2)、火警面板的检查情况

1、外观目视检查：

1) 面板表面未见异常，在人工按压 ARM 电门中发现后货舱 ARM 电门卡滞在 ARM 位。内部检查发现其电门侧面与 P8 板之间较脏，手触摸存在粘手感，灯光面板内侧有明显粘稠状污迹，见下图：



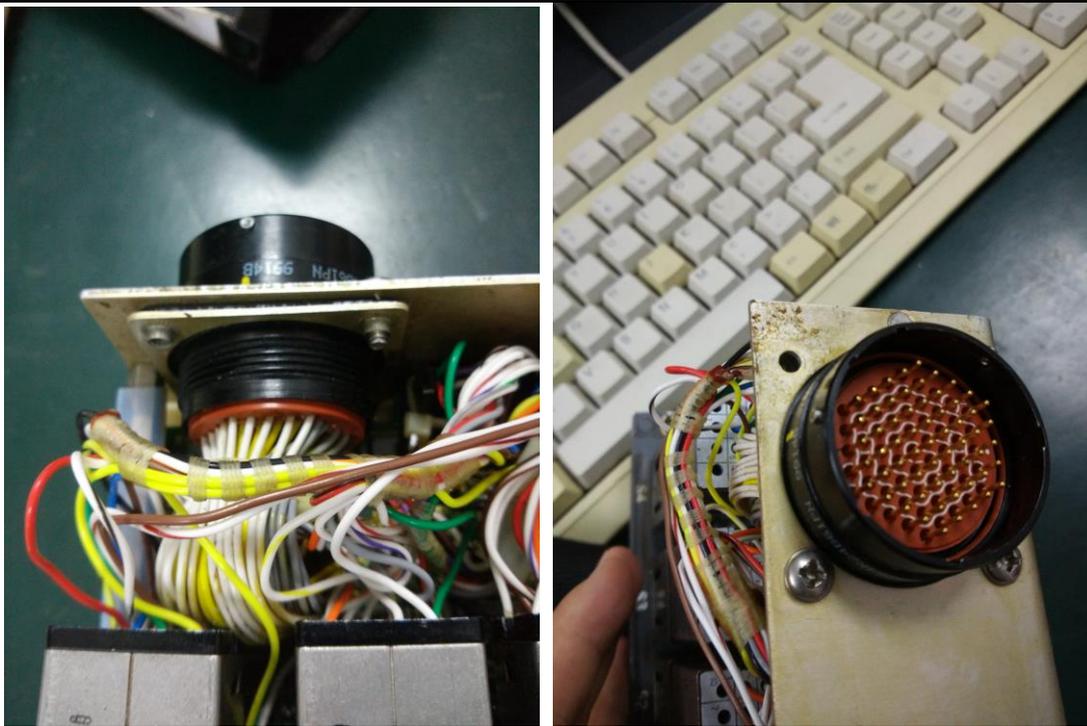
2) 火警指示面板底部内外侧均存有液体风干后的残留污渍，如下图：



2、开盖内部目视检查：

货舱火警指示面板外盖内部存有明显污染，如下图：





五, 小结

实际上大部分工程改进措施的推动都是来源于重大事件发生后,对既有措施的审视,在本次事件后才推动了对检查方式和工程措施的改变。而对于面板而言,在附近的音频控制面板都实现和防泼溅设计,而该面板在多次与厂家的交流中未得到有效的回应。就面板的修理报告统计中,能看到比较有意思的地方,送原厂的的分析中,较容易看到明确的说明,面板内部有液体污染,这个量在 50% 以上。而在第三方修理厂的报告中,这个比例非常的低,主要是电门故障,电容损伤等等。详情可参见机队分析。