

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	整编	批准/日期
TIP737-2020-21-002	曾晶	高德发	羊全流/2020.1.16

标题 CPC 导致外流活门自动打开的调查全过程

一、适用性

737NG、737MAX

二、背景描述

自动增压失效是很常见的一类故障，但不常见的是 CPC 导致了外流活门自动打开，还出现了空中失压的事件。完全得益于机组的操控，才及时控制住飞机的座舱高度。

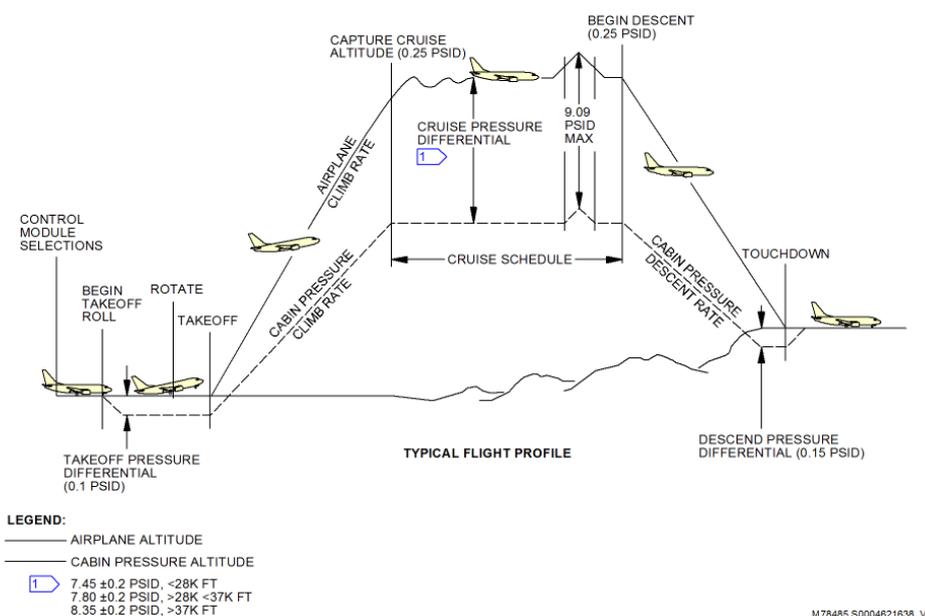
三、事件简述

该机机组反映巡航高度 11300 米时出现座舱高度警告，喇叭响。核实座舱高度超过 10000 英尺，旅客氧气面罩未释放，机组下降高度到 8900 米后转人工控制座舱增压，座舱高度可控，后机组使用人工控制模式正常执行航班至目的地。经排故确认为 CPC1 故障。

四、故障调查始末

1, 系统基本原理

座舱增压系统由面板、两部 CPC 和外流活门组成。在自动方式工作下，两部 CPC 互为备份，每个航段由一部 CPC 作为主控，而另一部备份，每个航段自动转换一次，人工控制模式下直接通过电门控制外流活门的开度来控制座舱高度和升降率。自动方式下 CPC 依据设定的巡航高度和着陆高度制定飞机的增压曲线，在爬升阶段控制座舱的爬升率，到巡航目标后控制座舱的内外压差。通过对外流活门开度的控制以满足增压计划。下降时根据巡航高度和着陆高度确定座舱升降率。本机设置巡航高度为 37000 英尺，按 7.8PSI 内外压差控制，基本控制逻辑如下如图。



2. PC 卡译码情况

①从 PC 卡译码可以看出在 UTC 时间 05: 32: 50 巡航高度 37088FT 出现座舱高度警告。12 秒后机组开始下降高度，UTC05: 33: 15 机组将目标高度选择降到 26288FT, 飞机进一步开始下降，UTC05:34:02 机组调节高度至 30096FT, 当飞机高度下降至 33976FT 时，UTC 05:34:10 座舱高度警告消失。整个警告过程持续为 80 秒。全程左右组件和引气均工作正常。

Time St	AIR/GROUND	AIR	AIR	AIR	BAROMETRIC ALTITUDE ALT_BARO FEET	SELECTED ALTITUDE ALT_SEL FEET	CABIN ALTITUDE > 10KFT CALT	L1 ECS PACK ON aLECSO	R1 ECS PACK ON aRECSO	L1 ECS PACK FLOW aLECSF	R1 ECS PACK FLOW aRECSF	ADEPT1 ENGINE BLEED 1 ADEPT_BE_1	ADEPT2 ENGINE BLEED 2 ADEPT_BE_2
05:32:49	AIR	AIR	AIR	AIR	37090.00	37088	NO-WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:32:50	AIR	AIR	AIR	AIR	37088.00	37088	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:32:51	AIR	AIR	AIR	AIR	37090.00	37088	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:32:52	AIR	AIR	AIR	AIR	37093.00	37088	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:32:53	AIR	AIR	AIR	AIR	37090.00	37088	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:14	AIR	AIR	AIR	AIR	37077.00	37088	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:15	AIR	AIR	AIR	AIR	37076.00	28000	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:16	AIR	AIR	AIR	AIR	37073.00	26288	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:30	AIR	AIR	AIR	AIR	36996.00	23200	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:31	AIR	AIR	AIR	AIR	36960.00	23200	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:32	AIR	AIR	AIR	AIR	36922.00	23200	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:33	AIR	AIR	AIR	AIR	36874.00	23200	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:34	AIR	AIR	AIR	AIR	36819.00	23200	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:33:59	AIR	AIR	AIR	AIR	34756.00	28992	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:00	AIR	AIR	AIR	AIR	34666.00	28992	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:01	AIR	AIR	AIR	AIR	34581.00	30000	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:02	AIR	AIR	AIR	AIR	34494.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:03	AIR	AIR	AIR	AIR	34405.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:04	AIR	AIR	AIR	AIR	34318.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:05	AIR	AIR	AIR	AIR	34241.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:06	AIR	AIR	AIR	AIR	34168.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:07	AIR	AIR	AIR	AIR	34095.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:08	AIR	AIR	AIR	AIR	34033.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:09	AIR	AIR	AIR	AIR	33976.00	30096	WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1
05:34:10	AIR	AIR	AIR	AIR	33919.00	30096	NO-WARN	ON	ON	LOW	LOW	1	1

②在事件发生前，机组有一个从 35088FT 爬升到 37088FT 的动作，从时间上分析看为 UTC 05:22:23 开始爬升，05: 24: 53 结束，此后一直在 37088 的巡航高度飞行。

3. CPC 读取的故障信息和事件

地面自检时 CPC1 上读出了一条事件信息，记录的情况如下附图所示，座舱高度 11.50PSI (5872FT)，外部压力 4.52PSI (29200FT/8900M)，座舱升降率-2477FPM (表明此时座舱高度在下降和恢复的过程中)，飞机爬升率 7FPM (表明飞机高度进入相对平稳的飞行过程中)，增压面板此时选择的巡航高度还是 37000FT，着陆高度还是 50FT，外流活门角度为 13 度 (全开为 100)，进入下降模式下。





4. 实时监控系统的警告

此次案例中，实时监控系统出现了两次警告。先出现了座舱高度大于 10000FT 的警告，后出现了高升降率的警告。

①座舱高度大于 10000FT 的警告

如下图所示，可以看出，当时的高度为 37086FT，CPC1 和 CPC2 感受到的座舱压力 CABP 均为 10PSI（对应座舱高度为 9120FT），座舱爬升率 CPC1 感受为 1000FTM，CPC2 感受为 4550FTM。

故障列表：

- Fault Desc: CABIN ALTITUDE WARNING (> 10000 FT) (1 Item)
- Fault Desc: HIGH CABIN RATE (1 Item)
- Fault Desc: VHF-2 KEYING (1 Item)

此信息为机组长时间与空管说明失效情况触发，与本故障无关，不做单独说明。

Parameter name	AC	FROM	TO	GMT	DBID	FM		
Value	ZWWW	ZGGG	0532	ER	HU9023			
Parameter name	ALT	N1.1	N1.2	CABP.1	CABP.2	BSW	PACK	PCKH
Value	37086	091	091	010	010	11	11	00
Parameter name	CABR.1	CABR.2	DP1	DP2	AUT	AUT		
Value	01000	04550	0376	0403	AUT	AUT		

②高升降率的警告

如下图所示在出现座舱高度警告后，紧接同一分钟内出现了 HIGH CABIN RATE 的升降率警告，此时高度在 37090FT，CPC1 和 CPC2 感受到的座舱压力 CABP 均为 10PSI(对应座舱高度为 9120FT)，座舱爬升率 CPC1 感受为 600FTM，CPC2 感受为 6350FTM。

5. CPC 记录的 NVM 数据告诉了什么

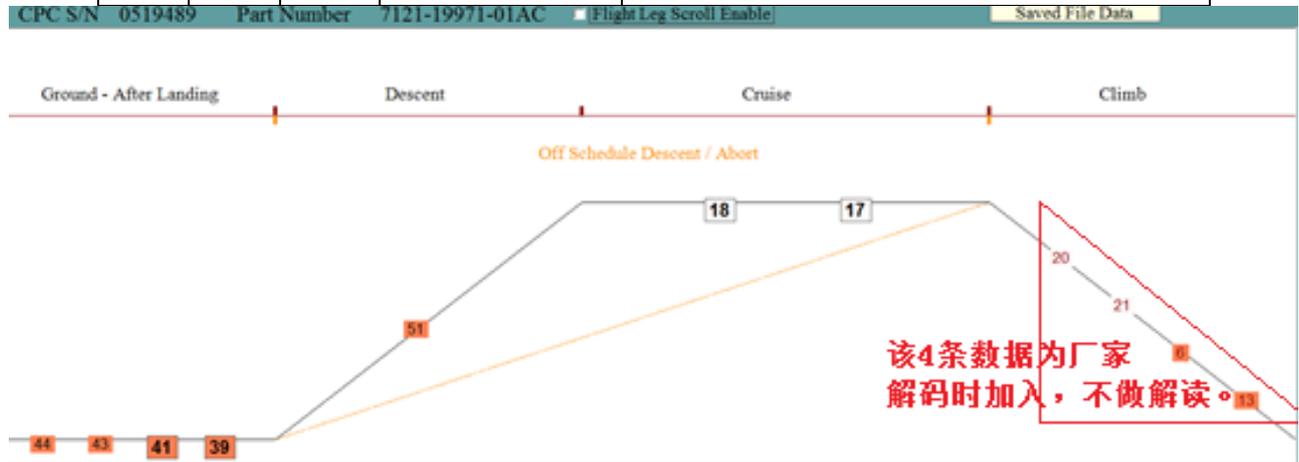
因为当时公司内还没有采购 CPC 的下载工具，CPC 记录的数据是返厂后厂家下载，再提供给我们译码的。

①CPC1

在事件发生阶段，CPC1 始终作为主控计算机控制着整套增压系统的工作，记录了 3 条信息

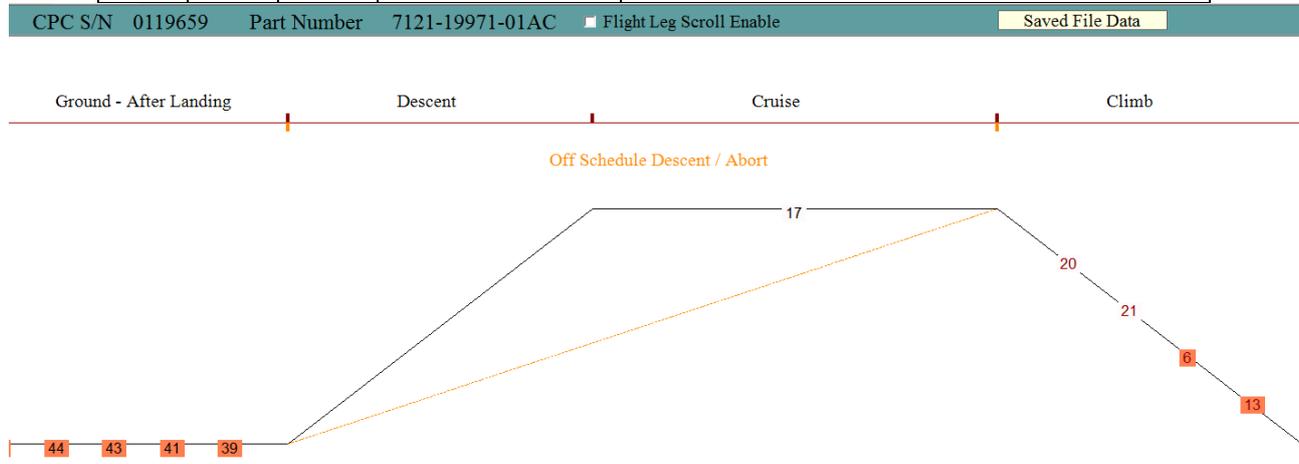
项目	阶段	高度	事件	含义
1	巡航	37092	017 CABIN >10000FT	座舱高度大于 10000FT

2	巡航	37092	018 CABIN >13500FT	座舱高度大于 13500ft
3	下降	29205	051 CONTRLR LRU FAIL	The temperature value is not refreshed by the temperature sensor within the valid time frame.



②CPC2 在当前段记录了 1 条信息

项目	阶段	高度	事件	含义
1	巡航	37092	017 CABIN >10000FT	座舱高度大于 10000FT



③解析

A, 第 1 条 017 CABIN >10000FT, 被两部 CPC 记录下来。飞行高度 37092, CPC1 处于主控状态, 自动工作模式下, 外流活门、面板与 CPC 的交互是正常的。CPC1 记录的数据与 CPC2 不同步, 是由于传感器精度范围的原因。分析认为 CPC2 的记录数据是相对可靠的。两者主要的差异在座舱升降率上 CPC1 为-1131FT/M, CP2 为 6290FT。对于此原因, 解释是警告触发是靠压力电门感受的压力降到一定值来触发, 而爬升率是存在时滞的, 同时在后面的进一步测试中发现该传感器信号存在断续紊乱。也表现在 CPC1 记录了连续 4 次的 10000FT (017) 警告事件。

Airplane Data		Airplane Systems Info		DCPCS Fault Info		DCPCS Settings			
737NG	X	OEV / CHV Open		Fault Code	17	CABIN_10000FT_MESSAGE	Flight Leg	0	
737CL		R Pack Off		Cabin Altitude	10326	Target Cabin	9955	Selected FLT ALT	370
Airplane Altitude	37092	L Pack Off		Cabin Rate	-1131	Differential	6.852	Selected LAND	50
Airplane Rate	0	Air Data Sources	DADC#1 / SMC#1	OFV Position	28.6	Target OFV	28.1	Climb Rate Limit	600
Flight Mode	Cruise	Computed	CAS GT 100kts	Operational	AUTO	Auto Fail		Descent Rate	350
R Wheels on	False	N1 Value	N1 GT 60 %	Master CPC	X	OFV Health	OK	OFV Open	0.00
L Wheels on	False	N2 Value	N2 GT 89 %	Slave CPC (CPC)		Panel Health	OK	OFV Close	0.00
CPC1				This CPC in	X	OFV Press. Sw		Shop Mode Active	
				Other CPC in		Delta-P Limiter		Other CPC in IBIT	
				Elapsed Time	59652:18:42	Intermittent Ctr	4	BBJ 6500ft Cabin	
				All Fault Codes	17.	QFE Selected			
						High Alt. Ldg			

Airplane Data		Airplane Systems Info		DCPCS Fault Info		DCPCS Settings			
737NG	X	OEV / CHV Open		Fault Code	17	CABIN_10000FT_MESSAGE	Flight Leg	0	
737CL		R Pack Off		Cabin Altitude	10008	Target Cabin	10008	Selected FLT ALT	370
Airplane Altitude	37092	L Pack Off		Cabin Rate	6290	Differential	6.976	Selected LAND	50
Airplane Rate	-8	Air Data Sources	DADC#1 / SMC#1	OFV Position	41.3	Target OFV	41.3	Climb Rate Limit	600
Flight Mode	Cruise	Computed	CAS GT 100kts	Operational	AUTO	Auto Fail		Descent Rate	350
R Wheels on	False	N1 Value	N1 GT 60 %	Master CPC		OFV Health	OK	OFV Open	0.00
L Wheels on	False	N2 Value	N2 GT 89 %	Slave CPC (CPC)	X	Panel Health	OK	OFV Close	0.00
cpc2				This CPC in		OFV Press. Sw		Shop Mode Active	
				Other CPC in	X	Delta-P Limiter		Other CPC in IBIT	
				Elapsed Time	59652:18:48	Intermittent Ctr	0	BBJ 6500ft Cabin	
				All Fault Codes	17.	QFE Selected			
						High Alt. Ldg			

B, 第 2 条 018 CABIN >13500FT 是 CPC1 独有记录下来的, 这个时候座舱压差进一步减小到 5.447 (前值 6.852) , 外流活门还在 21.3 的开度, 座舱升降率到 3228 (同样由于记录了连续 4 次的 10000FT (017) 警告事件, 该值也可能存在不准确), 表明还在进一步放气。座舱高度达到 14169, 从氧气面罩脱落的触发条件和 5 秒延时看, 这个阶段是瞬时的。厂家认为基于 CPC1 内部传感器问题, 飞机只可能临近过 13500FT 的高度, 因为 CPC2 并没有记录。

Airplane Data		Airplane Systems Info		DCPCS Fault Info		DCPCS Settings			
737NG	X	OEV / CHV Open		Fault Code	18	CABIN_13500FT_MESSAGE	Flight Leg	0	
737CL		R Pack Off		Cabin Altitude	14169	Target Cabin	13751	Selected FLT ALT	370
Airplane Altitude	37092	L Pack Off		Cabin Rate	3228	Differential	5.447	Selected LAND	50
Airplane Rate	-8	Air Data Sources	DADC#1 / SMC#1	OFV Position	21.3	Target OFV	20.1	Climb Rate Limit	600
Flight Mode	Cruise	Computed	CAS GT 100kts	Operational	AUTO	Auto Fail		Descent Rate	350
R Wheels on	False	N1 Value	N1 GT 60 %	Master CPC	X	OFV Health	OK	OFV Open	0.00
L Wheels on	False	N2 Value	N2 GT 89 %	Slave CPC (CPC)		Panel Health	OK	OFV Close	0.00
CPC1				This CPC in	X	OFV Press. Sw		Shop Mode Active	
				Other CPC in		Delta-P Limiter		Other CPC in IBIT	
				Elapsed Time	59652:18:45	Intermittent Ctr	4	BBJ 6500ft Cabin	
				All Fault Codes	17.18.	QFE Selected			
						High Alt. Ldg			

C, 第 3 条 051 The temperature value is not refreshed by the temperature sensor within the valid time frame. 是 CPC1 独有的, 这个与落地后在地面读取到的信息是一致的, 但是在事件发生之后, 表示 CPC 内部传感器感受的温度未得到有效更新。此时飞机高度已经降值 29205, 人工控制模式下, 座舱高度降值 6619, 这个时候座舱高度在快速增加。厂家表明, 此信息是会导致自动增压失效灯点亮, 并触发 CPC 的自动转换, 但是由于此时已经进入人工控制模式, 所以未能实现转换。

Airplane Data		Airplane Systems Info		DCPCS Fault Info		DCPCS Settings			
737NG	X	OEV / CHV Open		Fault Code	51	TEMP_REFRESH_FAIL	Flight Leg	0	
737CL		R Pack Off		Cabin Altitude (ft)	6619	Target Cabin Altitude	6619	Selected FLT ALT	370
Airplane Altitude (ft)	29205	L Pack Off		Cabin Rate (slfpm)	-2477	Differential Pressure	6.980	Selected LAND ALT	50
Airplane Rate (slfpm)	7	Air Data Sources	DADC#1 / SMC#1	OFV Position (deg)	13.0	Target OFV Position	13.0	Climb Rate Limit (slfpm)	600
Flight Mode	Descent	Computed Airspeed	CAS GT 100kts	Operational Mode	MANUAL	Auto Fail		Descent Rate Limit	350
R Wheels on Ground	False	N1 Value	N1 GT 60 %	Master CPC (CPC #1)	X	OFV Health Status	OK	OFV Open Calibration	0.00
L Wheels on Ground	False	N2 Value	N2 GT 89 %	Slave CPC (CPC #2)		Panel Health Status	OK	OFV Close Calibration	0.00
				This CPC in Control		OFV Press. Sw Active		Shop Mode Active	
				Other CPC in Control		Delta-P Limiter Active		Other CPC in IBIT	
				Elapsed Time	59652:18:48.9	Intermittent Ctr	0	BBJ 6500ft Cabin Alt.	
				All Fault Codes Set	0.51.			QFE Selected	
								High Alt. Ldg Selected	

CPC1

D, 分析认为最大的可能是由于作为主控的 CPC1 内部座舱压力传感器超过的正常的感应范围。

Fault Desc: CABIN ALTITUDE WARNING (> 10000 FT) (1 Item)					
		CABIN ALTITUDE WARNING (> 100...	ER	2131	-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7
Fault Desc: HIGH CABIN RATE (1 Item)					
		HIGH CABIN RATE	ER	2131	-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7
Fault Desc: VHF-2 KEYING (1 Item)					
		VHF-2 KEYING	ER	2312	-1 -2 -3 -4 -5 -6 -7

Fault parameters								List Of FIM Task	
Parameter name	AC	FROM	TO	GMT	DBID	FM			
Value		ZWWW	ZGGG	0532	ER	HU9023			
Parameter name	ALT	N1.1	N1.2	CABP.1	CABP.2	BSW	PACK	PCKH	
Value	37090	091	091	010	010	11	11	00	
Parameter name	CABR.1	CABR.2	DP1	DP2					
Value	0600	06350	0379	0405	AUT	AUT			

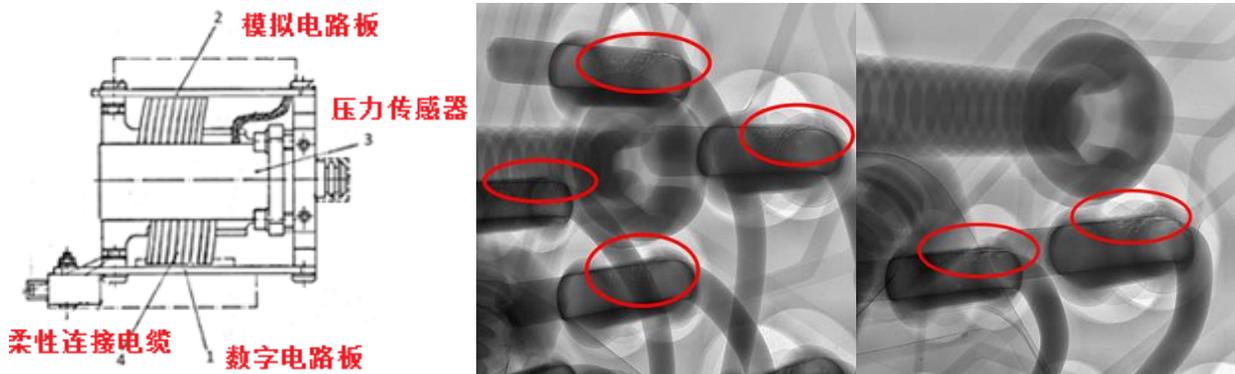
6. 对于 CPC1 的深度检测

为更好的识别 CPC 的故障模式，在原厂做了多项深度检测。

使用与原装机构型相同的面板和外流活门，在厂家对 CPC1 完成了恒定温度和震动条件下的模拟测试，工作正常。

在环境温度变化的测试中，CPC1 测试未通过，表现为 CPC1 无法从备用转为主用。

CPC 的压力转换模块检查，如下图所示测试中，数字电路板（ITEM 1）信号存在间歇性信号紊乱的情况，受温度影响较大。通过 X 光检查，发现了该电路板疲劳焊点，



7. 对于 CPC 控制模式和监控的探讨

通过和厂家的深入探讨，CPC 的控制模式如下：两部 CPC 各自监控自己的工作状态，主控 CPC 控制系统的工作，另一个 CPC 作为热备份。当主控 CPC 探测到内部失效时，将控制权转移给热备

份的 CPC，同时触发自动增压失效灯亮。而如果主控 CPC 未探测到自己存在故障，则无法实现。此次事件就是这种情况，由于传感器信号传递失效存在间歇性，导致 CPC 在早期未探测到该失效，未能转备份 CPC 控制。

8. CPC 失效模式结论

厂家的调查结果和发现的缺陷，与初期判断一致，是由于 CPC 感受到了异常的压力信号，主动打开后外流活门导致的。从厂家统计数据表明，此种焊点疲劳缺陷，是 15 年以来全球出现的第二起事件，此类缺陷将表现出压力信号的异常。

五、后记

这种失效模式，是非常隐蔽的一种故障缺陷，基本上很难通过常规的检查来进行早期发现和个例，为此后面对实时监控做了两项改动。

1，增加了对于两部 CPC 监控的舱体压力变化的实时监控项目。

2，完善了现有的报文项目，引入了如主备用、外流活门角度等参数，可以在第一时间，对故障分析做出辅助判断的。

因此，一线在遇到此类报文处理的时候，建议严格按监控的 SOP 来实施，并在拆件单，注明原因，明确传感器和数据传输模块的检查要求。