

HNAT 737 技术问题说明

提示单编号	撰写	校对	批准/日期
TIP737-2023-23-008	郭瑞洋	吴坤恒	曾晶/2023.07.03

标题 关于 PA 声音小故障总结

一、适用性

737

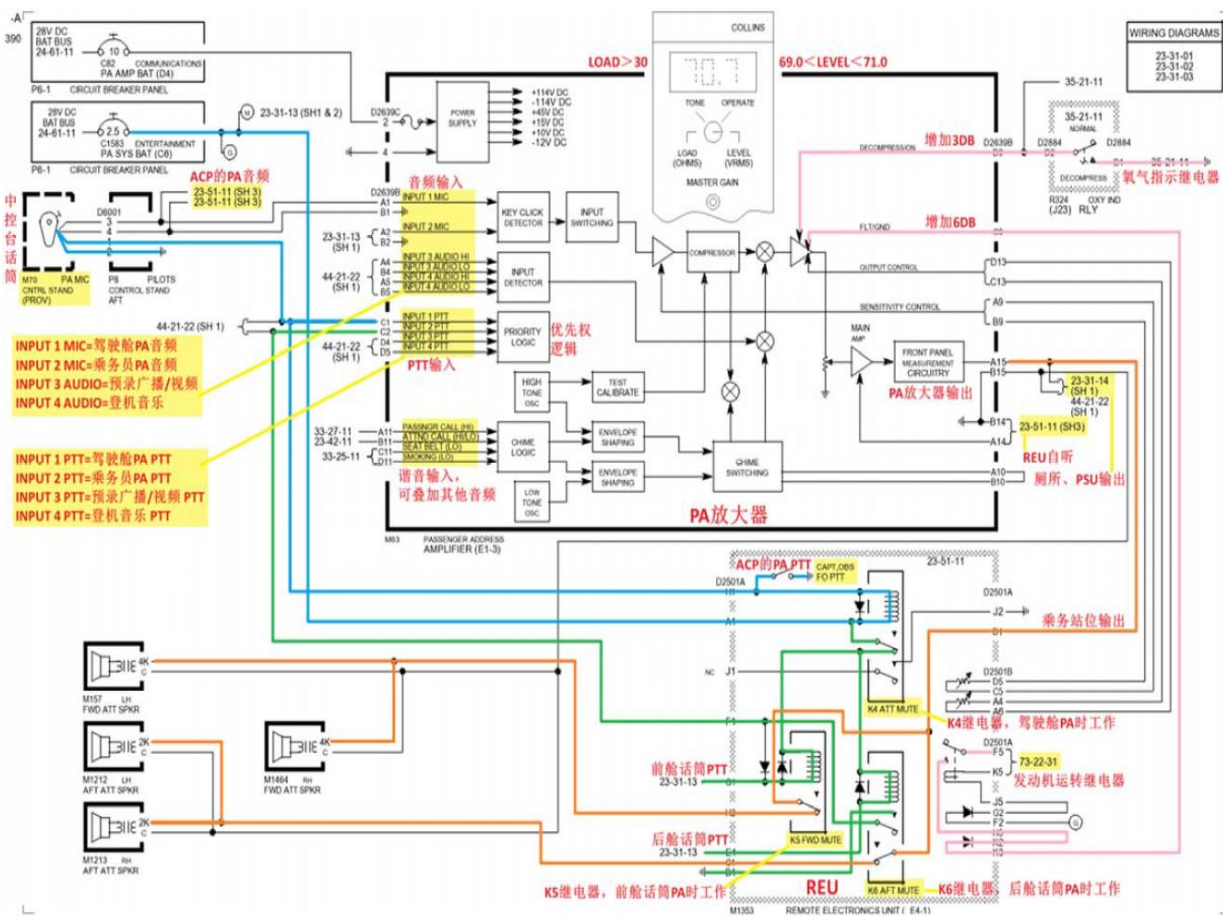
二、背景描述

有飞机反映客舱 PA 声音小，故障间歇性出现，有时自动恢复正常，有时复位后恢复正常。在线路的检查和隔离中经历了较长时间的过程，特对排故过程做一小结。

三、解释说明

一)、系统原理

如图 1 所示为旅客广播系统 (PA) 的系统工作原理图，旅客广播系统 (PA) 为客舱旅客提供以下功能：机组通告、谐音提示 (高谐音：旅客呼叫，低谐音：安全带/禁止吸烟提示，高低谐音：机组之间呼叫)、预录广播、登机音乐及娱乐系统音频输出。



1、PA 放大器作为旅客广播系统的核心部件，接收来自不同系统的音频信号，并将优先级别高的音频通过客舱扬声器播放出去。PA 放大器设定的优先级别为：驾驶舱广播>乘务员广播>预录广播或娱乐系统音频>登机音乐，当高级别的音频输入时，PA 放大器会抑制低级别的音频，但谐音提示与其它音频信

号可以同时工作。

(1) PA 放大器音频输入分为 PTT 输入信号和音频输入信号，其中：

PTT 输入信号用于 PA 放大器优先权逻辑控制。INPUT 1 PTT 是驾驶舱 PA PTT 信号，可由中控台话筒直接提供或者 REU 站位卡提供，REU 站位卡 PTT 可能来自手持麦克风、ACP、遮光板 PTT 电门。INPUT 2 PTT 是乘务员 PA PTT 信号，可由前舱和后舱的话筒提供。INPUT 3 PTT 是预录广播/娱乐系统音频 PTT 信号，INPUT 4 PTT 是登机音乐 PTT 信号；

音频输入信号，INPUT 1 MIC 是驾驶舱 PA 音频，可由中控台话筒直接输入或者 REU 站位卡输入。INPUT 2 MIC 是乘务员 PA 音频，可由前舱和后舱的话筒输入。INPUT 3 AUDIO 是预录广播音频或娱乐系统音频，INPUT 4 AUDIO 是登机音乐。

注：中控台话筒直接与 PA 放大器相连，其 PTT 信号和音频输入信号直接给 PA 放大器，不经过 REU。

(2) PA 放大器音频输出有两路，一路音频信号输出到 PSU 的扬声器、厕所的扬声器和 REU。输出到 REU 的音频受 K5、K6 继电器控制到乘务员站位扬声器，另一路输出给 REU 自听。

2、PA 放大器工作电压为28VDC，其前面板有个4 位选择电门，分别为LOAD、TONE、OPERATE 和LEVEL 位，其中TONE 和OPERATE 位可固定保持，LOAD 和LEVEL 位是回弹位，使用时需要用手保持住，松手则回弹至相邻位。

(1) LOAD 位：负载阻抗监控位，显示屏显示PA 放大器负载阻抗值，此值要求 $>30\Omega$

(2) TONE 位：谐音测试位，显示屏无显示，对所有的扬声器进行功能测试，会产生一个连续的高频蜂鸣声。

(3) OPERATE 位：正常工作位，显示屏无显示。

(4) LEVEL 位：输出电压监控位，显示屏显示PA 放大器输出电压值，手册允许范围是69.0V-71.0V，可由 MASTER GAIN 电门调节。

3、当任一发动机工作时，PA 放大器输出音量增加6dB；座舱释压时，PA 放大器输出音量增加3dB，同时播放释压预录广播。

4、PA 放大器输出音频信号经过REU 的K5、K6 继电器到乘务员站位扬声器，会触发内部关于客舱乘务员站位扬声器的静音逻辑（客舱PA 时自身站位扬声器静音），即当前舱话筒进行PA 时，K5 继电器工作，抑制前舱乘务员站位扬声器输出，防止自激。当后舱话筒进行PA 时，K6 继电器工作，抑制后舱乘务员站位扬声器输出。

二)、故障分析

1, 故障可能性

客舱 PA 时，客舱PSU 扬声器、厕所站位和乘务员站位的扬声器间歇性声音小。参考系统原理，分析导致该故障的原因可能有：

- PA 放大器本体故障；
- PA 放大器输入端硬件故障（前后舱手持话筒、ACP 面板）；
- PA 放大器输出端硬件故障（客舱某个站位PSU 故障、厕所、乘务员站位扬声器故障）；
- SM3/SM4 故障；
- PA 放大器输入端线路故障；

● PA 放大器输出端线路故障。

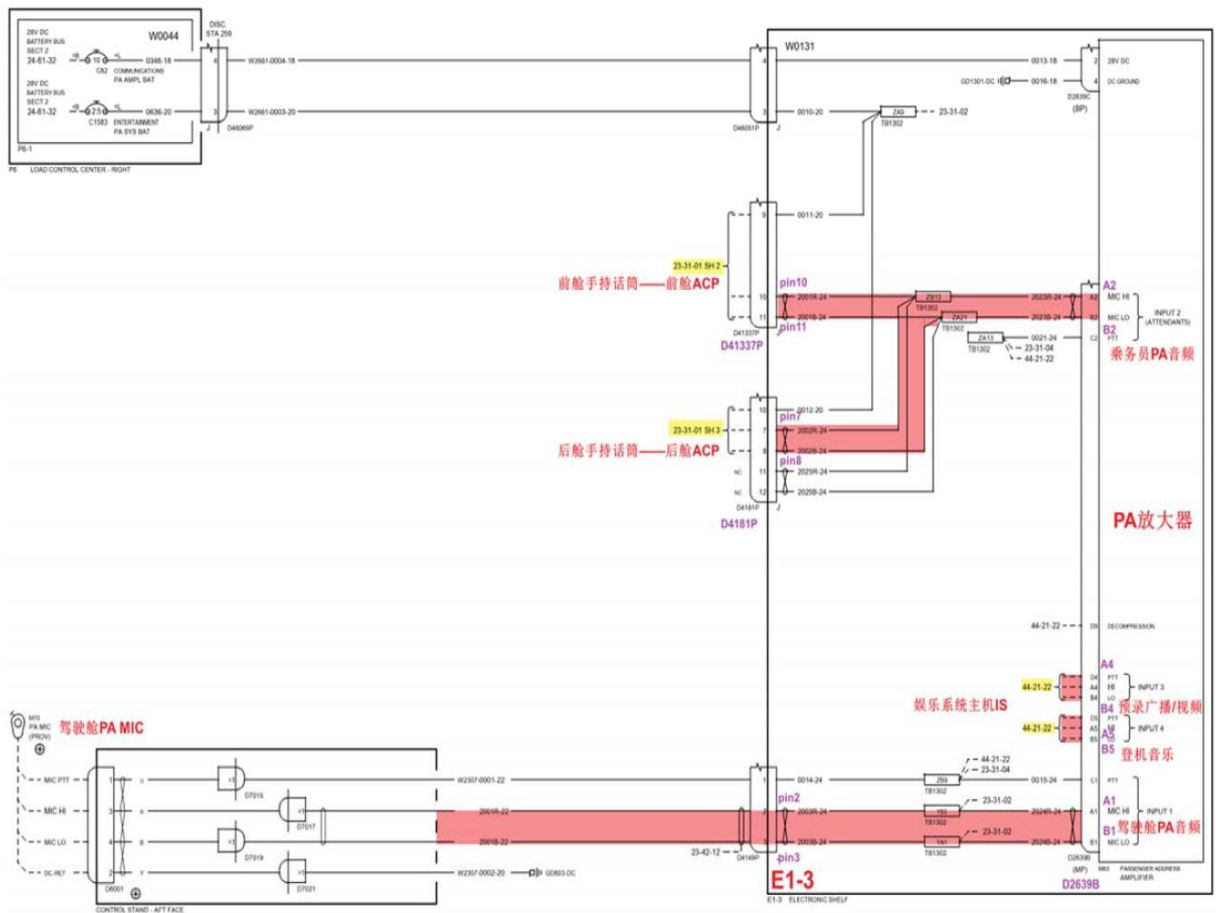
2, 故障分析

(1) 通过全面收集多组客舱机组人员和跟机人员反馈的信息，厘清故障现象：

当飞机处于运行阶段，无论在哪个站位（前后舱乘务员站位、驾驶舱站位）进行旅客广播（PA）时，客舱整舱PSU 扬声器、乘务员站位扬声器、厕所站位扬声器间歇性声音小，谐音提示音也间歇性声音小，但客舱内话声音正常。

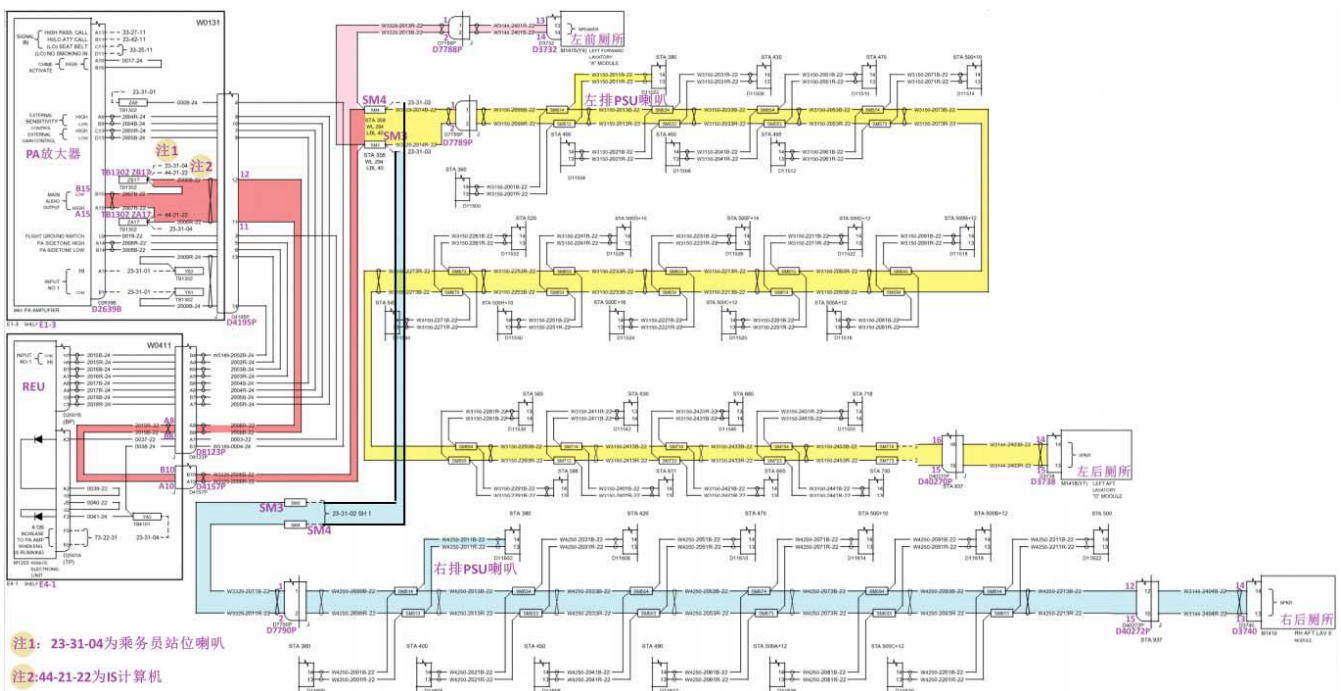
(2) 故障前期隔离旅客广播系统的相关部件（PA 放大器、REU、前后舱各个站位手持话筒、前后舱ACP 面板和娱乐系统主机IS）均故障依旧，根据故障间歇性反映的现象，初步判断为线路短路导致，但是所有PSU 都是并联接入主线束上，隔离检查非常困难。

(3) 结合故障现象和系统原理，参考WDM23-31-01（如图2 所示）检查PA 放大器输入端线路：在静止和扰动线束的情况下，分别多次测量前舱ACP D14366 pin20/21—E1-3 电子架 D41337P pin10/11—PA 放大器 D2639B pinA2/B2；后舱ACP D14374 pin20/21—E1-3 电子架D4181P pin7/8—PA 放大器 D2639B pinA2/B2、娱乐系统主机IS D14159A pinJ14/K14/H5/G5—PA 放大器D2639B PinA5/B5/A4/B4 之间线路导通性和绝缘性均正常，检查各个插头、销钉均无异常。



(4) 参考WDM23-31-02（如图3 所示），可以看出PA 放大器输出音频信号到TB1302 ZA17/ZB17 再到 SM3/SM4 后分3 路到达各个站位的PSU，其中D7788P 输出给左前厕所扬声器，D7789P 输出给左排PSU 扬声器及左后厕所扬声器，D7790P 输出给右排PSU 扬声器及右后厕所扬声器。检查 PA 放大器输出端线路：在静止和扰动的线束的情况下，分别多次测量PA 放大器D2639B PinA15/B15—E1-3 电子架D4195P Pin11/12—

E4-1 电子架D8123P PinA8/B8—E4-1 电子架D4157P PinA10/B10—D7788P/D7789P/D7790P 的pin2/pin1 之间线路导通性和绝缘性均正常，检查各个插头、销钉均无异常。期间为排除TB1302 ZA17/ZB17 内部故障的可能性更换此接线块故障依旧，同时详细目视检查SM3/SM4 拼接管外观和导线连接均无异常，测量SM3 和SM4 分别相连的4根导线两两之间导通正常，8 根导线绝缘正常。



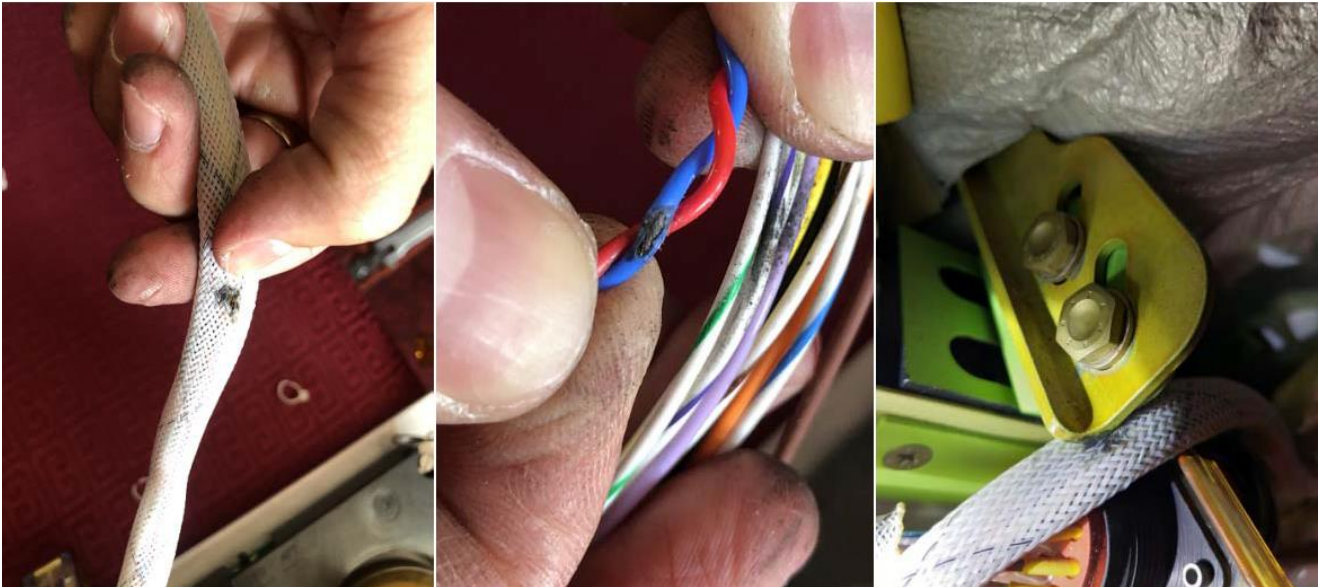
从头等舱区域Cove light 盖板接近 D7788 及 D7789



从前乘务区域 Cove light 盖板接近 D7790 及 SM3、SM4

(5), 地面测试旅客广播时故障间歇性再现, 检查 PA 放大器前面板 LEVEL 值稳定在 70.8 左右, LOAD 值在 1-2 Ω 之间跳动(参考 CMM 手册, 此值要求 $>30\Omega$), 后续故障消失, 检查 LEVEL 值依旧稳定在 70.8 左右, LOAD 值稳定在 36 Ω 左右, 地面多次测试 PA 均正常。发 SR 咨询波音厂家回复 PA 放大器 LOAD 值显示 2 Ω 表示 PA 放大器输出线路某处存在短路, 并表示可能是连接某个 PSU 的线路存在短接。后续 9 月 2 日海口停车场排故发现, 当脱开 D7788P 插头, PA 放大器前面板 LOAD 值显示 2 Ω ; 脱开 D7789P 插头, LOAD 值依旧显示 2 Ω ; 而脱开 D7790P 插头时, LOAD 值恢复正常, 判断为 D7790P 后部线路(客舱右侧 PSU 及右后厕所 PSU) 存在间歇性短路, 进一步缩小排故范围。

(6), 地面长时间播放登机音乐测试正常。为验证某个 PSU 内部线束短路导致整舱 PA 声音小的可能性, 尝试短接 1AC 站位的 PSU 扬声器音频输入线, 监听登机音乐声音由大变小, 故障再现, 恢复后测试正常。依次放下右侧所有 PSU 并扰动线路详细检查, 当扰动到 55HJK 站位的 PSU 内部线束时, 登机音乐音量明显变小, 核实 PA 放大器前面板 LOAD 值稳定在 2 Ω , 进一步检查发现 55HJK 站位的 PSU 内部线束夹在机体框架(接耳)与 PSU 插头中间且有轻微磨损痕迹, 其中 PSU 的蓝色音频线裸露出金属丝, 为验证故障, 重装 55HJK 站位的 PSU, 并短接磨损导线, 故障稳定再现, 更换 55HJK 站位的 PSU, 测试正常, 故障排除。



3、失效模式分析

旅客广播系统正常工作模式下, 通过 PA 放大器 D2639B pinA15/B15 输出音频至 SM3/SM4 后分 3 路给前后舱乘务员站位扬声器、前后厕所扬声器和客舱左右所有 PSU 扬声器, 而所有扬声器均为并联关系, 因此, 当有一路线路出现间歇性短路时, 都将使整舱的旅客广播声音间歇性输出故障。本次故障是由于 55HJK 站位的 PSU 内部线束与机体框架接触磨损短路导致旅客广播系统 PA 间歇性声音小。

究其原因是由于 55HJK 站位的 PSU 内部线束走线存在施工缺陷, 线束卡滞于机体框架与 PSU 插头之间, 长期的飞机振动使得线束(外层编织网, 内层胶皮)被机体框架挤压摩擦受损; 另外 55HJK 站位比较特殊, 该站位行李架上存放有较重的氧气瓶和 PBE, 因此该区域振动幅度相对较大, 也加剧了 PSU 内部导线的磨损。

综上, 本次故障由于长期受到多种因素的共同作用, 使得 PSU 扬声器的蓝色音频线胶皮和编织网被机体框架(接耳)磨损, 当飞机出现振动时便可能使线束间歇性接地短路, 进而导致间歇性 PA 声音输出异常。

四、小结

- 1、本次PSU 内部线束与机体框架接触磨损短路导致旅客广播系统PA 间歇性声音小的故障在机队故障历史上属于首次发现，故障源非常隐蔽。
 - 2、排故工作的开展必须建立在核实清楚系统故障现象的基础上，机组或现场机务人员反馈的现象有时比较混乱，因此要收集原始客观的现象，尽量避免使用已经通过人为加工过的信息，必要时可以让机组进行拍照、录视频收集信息，或者采取机务跟机观察故障的方式收集到想要的具体现象。
 - 3、对于疑难复杂的故障，仅依据FIM 手册可能无法完成排故，因此寻求厂家支援也是一种高效的辅助手段，但对于厂家的建议，要结合原理、实际现象以及历史案例去深入分析，辩证采信，必要时打破常规，大胆创新，另辟蹊径。本次排故的最大亮点是通过PA放大器上读取LOAD 值来判断负载端是否正常，而不是通过反复操作娱乐系统播放来判断声音大小，避免通过人为主观感受来判断故障是否重现的不准确性，更加客观地抓住故障再现时的现象。
 - 4、对于间歇性线路故障的线路导通性和绝缘性检查要有方法和技巧，线路故障排查难点常在于不稳定性，飞机抖动或排故过程中的拆装、扰动都可能会导致现象变化，有必要通过一些特殊手段再现故障，例如串件验证、短接验证、拖飞机、扰动线束或晃动可疑部件或跳线等，对于无法通过量线判断出故障的情况下，可以通过可视化的现象来辅助寻找故障源（例如本例中的PA 放大器LOAD 值变化）。所以当地面故障稳定时或发现可疑点后，需要规划制定好清晰渐进的排查计划，再按计划抓重点进行施工。
 - 5、对于线路排故在制定线路检查的方案时对于导线、插头、销钉、邦迪块、继电器、拼接管等电路部件检查要求要明确且做好详细的记录，包括测量结果、照片、视频材料都要收集完整，以便核对发现故障源，而且可以借助放大镜、热成像仪等特殊设备进行辅助检查。
-
