

<b>标题:</b>	<b>关于 LEAP-1B 发动机 OPT 虚假指示问题的分析报告</b>
------------	---------------------------------------

**一. 问题概述**

滑油压力温度传感器 (OPT Sensor) 因生产存在焊接与接线工艺偏差问题, 可能导致间歇性开路或绝缘电阻故障, 致使传输信号发生波动。当两通道滑油压力不一致时, EEC 会自动采集保守值当作真实值显示在驾驶舱, 造成低滑油压力灯亮, 进而存在引发空停事件的风险。

**二. 已发生事件汇总**

2024 年, LEAP-1B 世界机队共发生 3 起因 OPT 虚假指示故障导致的空停事件, 具体信息如下:

日期	发动机件号	ETSN	ECSN	主要警告和故障信息
2024-04-25	LEAP-1B27	3779	1341	LOW OIL PRESSURE ALARM
2024-04-28	LEAP-1B27	4616	1543	1. OIL PRESS INDICATION AMBER 2. OIL PRESS INDICATION RED 3. 79-41833 ENG OIL PRESSURE SENSOR IS OUT OF RANGE, ENGINE 2-CHANNEL-A 4. 79-41824 ENG OIL PRESSURE SENSOR CHANNEL-A AND B SIGNALS DO NOT AGREE
2024-07-11	LEAP-1B27	10370	3628	1. OIL PRESS INDICATION AMBER 2. OIL PRESS INDICATION RED 3. 79-41831 ENGINE OIL PRESSURE SENSOR IS OUT OF RANGE, ENGINE-1 CHANNEL-A 4. 79-41800 ENGINE OIL PRESSURE IS BELOW THE AMBER LIMIT, ENGINE 1-CHANNEL-A&B 5. 79-41810 ENGINE OIL PRESSURE IS BELOW THE REDLINE LIMIT, ENGINE 1-CHANNEL-A&B

以上空停事件中, 均触发了低滑油压力灯亮, 其中事件 2 和 3 触发了单通道的滑油压力超限信息, 事件详情如下:

事件 2: 2024 年 4 月 28 日, 一架 B737MAX 飞机在爬升阶段, 机组反映右发低滑油压力灯亮, 滑油压力指示 10PSI, 约 5-6 秒后恢复正常, 期间发动机其他参数正常, 继续执行航班。巡航阶段机组再次观察到右发低滑油压力灯亮, 同时滑油压力波动, 关闭右发, 飞机备

降。落地后检查发动机无渗漏，OPT 外观正常，插头安装正常，EEC 处插头安装正常，检查导线束正常，滑油箱油量显示正常。按 TSM 测量 OPT A 通道插钉间阻值超标，判断 OPT 内部有断路故障。更换新 OPT 后，试车正常。

事件 3：2024 年 7 月 11 日，一架 B737MAX 巡航时，机组发现有左发滑油压力传感器状态信息，并伴随琥珀色和红色低滑油压力指示警告。机组指令关车左发，成功备降。落地后检查磁堵滤网正常，发动机无外漏，滑油箱油量正常。有 79-41831/7941800/ 79-41810 故障历史，分别指向左发 EEC A 通道滑油压力超限、左发 EEC 双通道滑油压力低于琥珀色限制、左发 EEC 双通道滑油压力低于红线值。更换新 OPT 后，试车正常。

### 三. 可靠性数据

1. 2024 年，LEAP-1B 世界机队发生 5 起滑油压力波动或低滑油压力指示问题导致的重大事件，均为其中 3 起空停。

2. 5 起事件 OPT 均为旧构型（件号：PT9902-261-40077），使用时间从 100FH 至 12000FH 不等。

### 四. 工程分析

#### 1、系统原理

滑油压力温度传感器(OPT Sensor) 通过法兰安装在附件齿轮箱(AGB) 正面，油压传感器部分是一个应变片式压力传感器。传感器测量供油泵和 AGB 内部压力之间的压差。电压信号输出发送到相关的 EEC 通道。EEC 将信号转换为 ARINC 429 信号并发送至显示处理计算机(DPC)，DPC 将滑油压力(EOP) 显示在发动机指示显示器上。

滑油压力温度传感器每个压力测量元件通过一个单独的连接器与一个 EEC 通道连接。EEC 两通道之间存在跨信道数据链路(CCDL)，通过 CCDL 从外部交换数据。

根据厂家描述：“当两通道滑油压力不一致时，EEC 会自动采集保守值当作真实值显示在驾驶舱。”

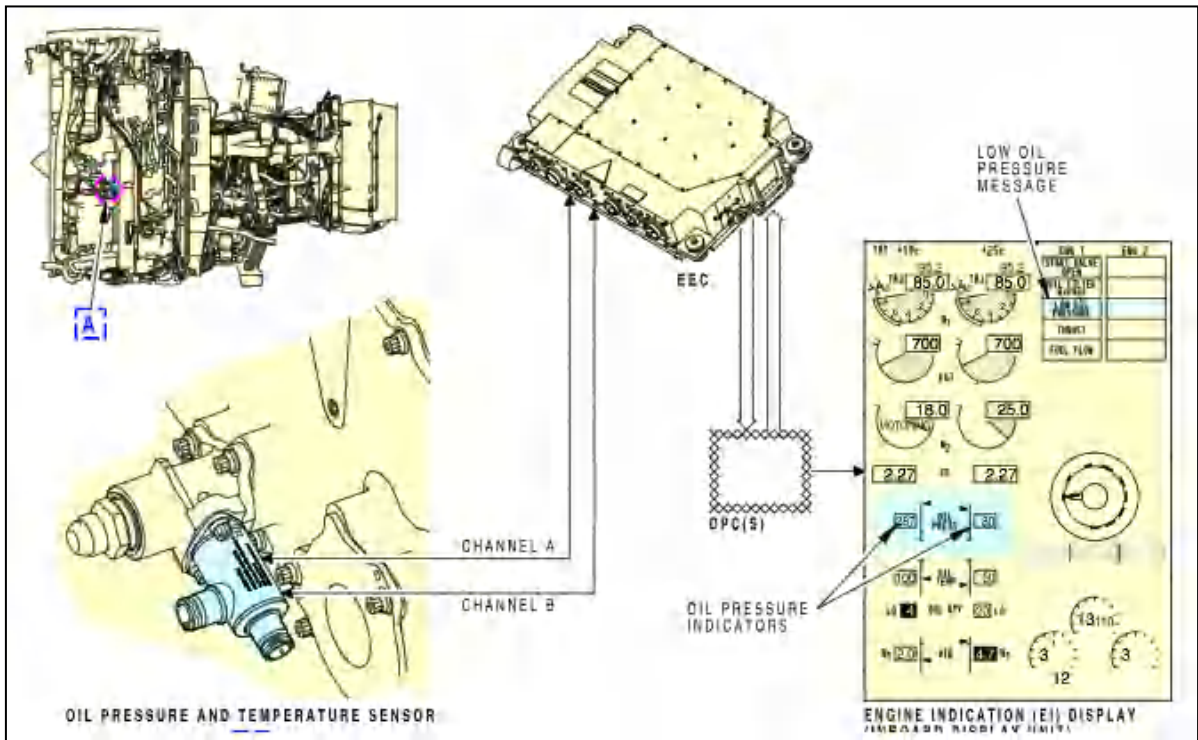


图 1、LEAP-1B OPT 及指示系统

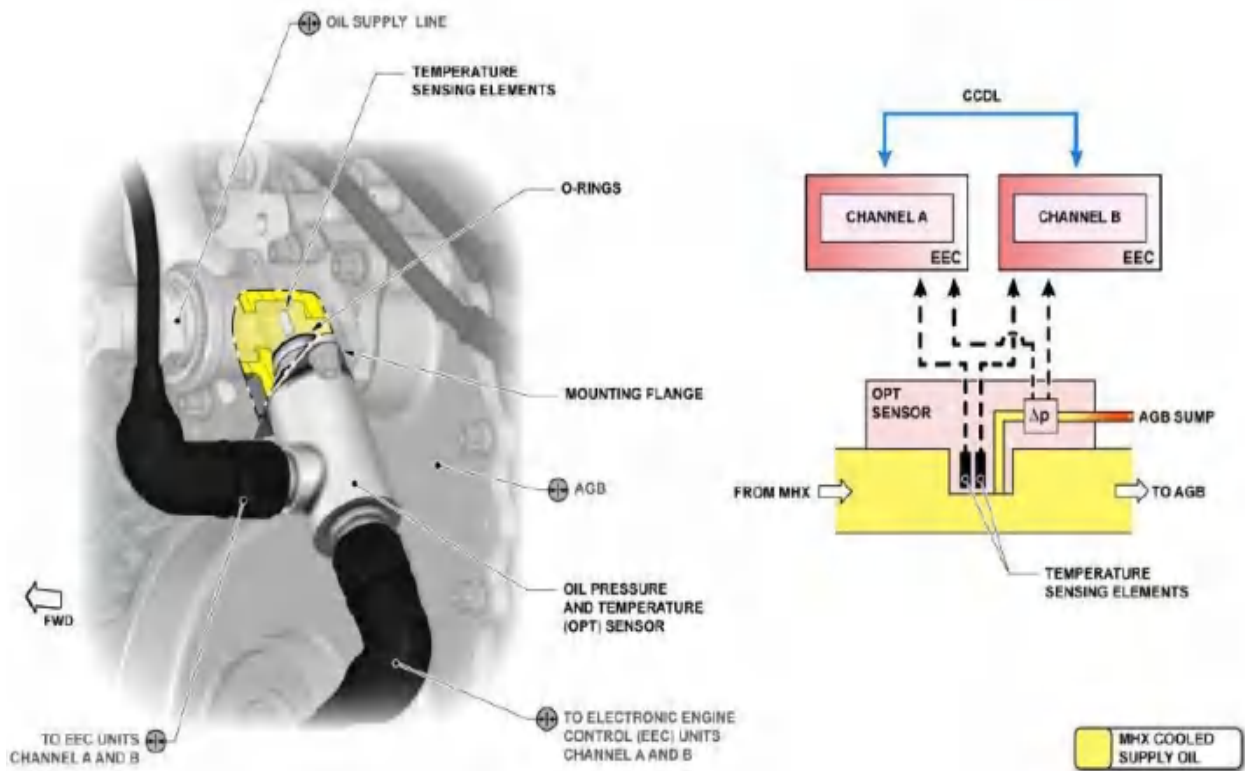


图 2、LEAP-1B OPT 系统工作原理

## 2、故障原因分析

根据厂家的调查，2019年12月之前生产的OPT，由于焊接与接线工艺偏差问题，在OPT内部电路板处的导线焊接不够牢固。在发动机运行产生的疲劳应力下，可能发生导线虚焊或断连情况，最终导致间歇性开路或绝缘电阻故障，输出一个快速抖动的虚假指示值，如图6。

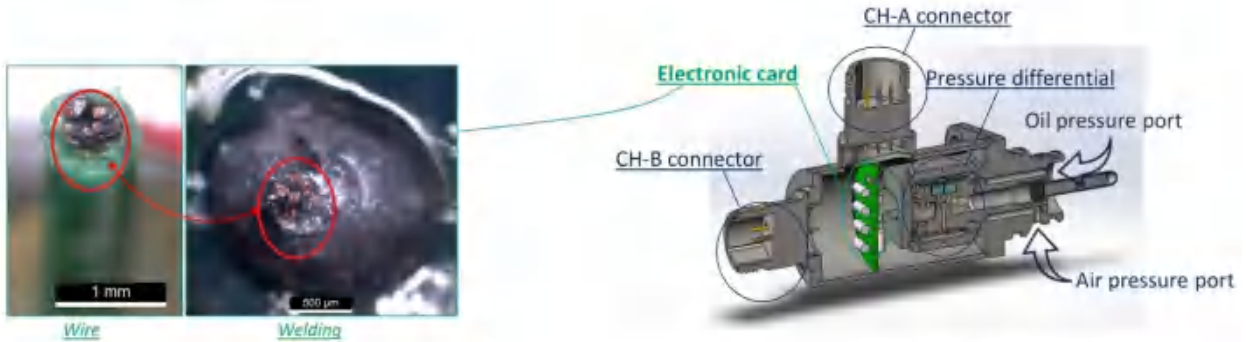
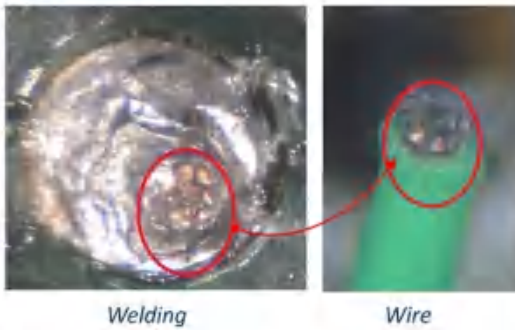


图3、旧构型OPT内部电路板焊接工艺偏差导致导线断连

### 2019 findings:



### 2024 findings:

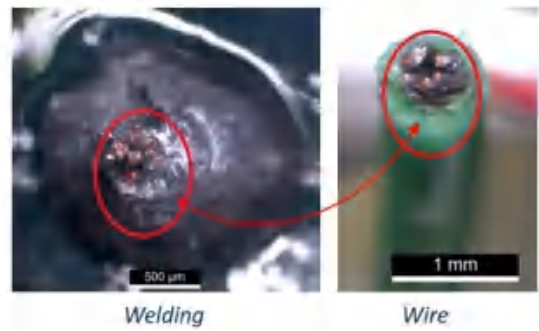


图4、2019年厂家发现与2024年失效情况类似

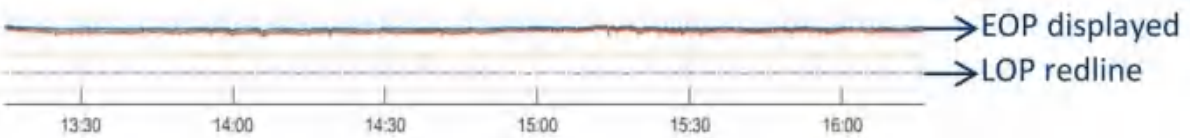


图5、正常情况下的EOP与LOP

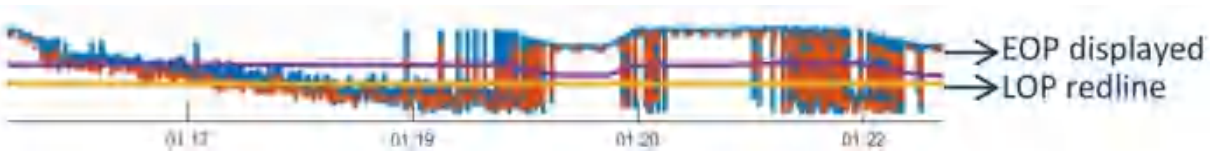


图6、虚假指示的EOP与LOP

根据LEAP-1B当前版本EEC判断逻辑：如果A/B通道的滑油压力值不一致，且双通道值均在有效范围内，将采取其中较低值。若输出的虚假滑油压力值低于低滑油压力琥珀色值或红线值，会触发驾驶舱低滑油压力警告。事发的几次空停，均为此种情况

综上所述，因旧构型的 OPT 存在制造工艺偏差，导致内部线路虚焊、断连，是 OPT 虚假指示故障导致空停的主要原因。LEAP-1B 现行的 EEC 软件逻辑，无法有效识别 EEC 单通道故障、输出虚假指示信号，是此类事件的次要原因。此外，737MAX 的 QRH 中，对于低滑油压力情况，没有判断是否为指示故障的步骤，直接要求关车，也滑油压力虚假指示导致空停的因素之一。

### 五. 厂家措施

- 1、2019 年，厂家在发现旧构型 OPT(件号：PT9902-261-40077)的制造工艺偏差，之后已改善了导线焊接工艺，但未更新部件件号；
- 2、2022 年，厂家发布 SB79-0014，推出了新构型的 OPT(件号：PT9902-261-40100)，提高了 OPT 温度感应组件的可靠性，新件号已使用改进后的生产工艺。
- 3、新版本 EEC 软件 V8.1，将改善对滑油压力采样值的判断逻辑，如发现双通道不一致且可能存在虚假值时，会输出较高值。

### 六. 航司措施

- 1、排查 LEAP-1B 机队中旧构型 OPT 生产批次与使用情况，视需提前更换为新构型（视情安排）。
- 2、增加对 LEAP-1B 滑油压力故障代码的监控（视情安排）。
- 3、增加对 OPT 选择状态值 SST 的监控（视情安排）。

### 七. 结论和建议

- 1、LEAP-1B 发动机的滑油压力传感器 OPT 存在生产制造工艺偏差与 EEC 判断逻辑不足等软硬件两方面缺陷。建议局方收集并分享各航司对 OPT 的管控经验；
- 2、建议局方督促厂家尽早发布新版 EEC 软件，优化虚假滑油压力值的判断逻辑；
- 3、建议局方更多的推动空地交流活动，加强飞行人员对 737MAX 发动机低滑油压力指示故障的熟悉程度，促进优化机组判断流程，强化此类情景下的空地交流意识。