

B737NG点火故障分析

李云 杜佳楠

西部机场集团宁夏机场有限公司地面服务分公司机务工程队 宁夏 银川 750001

摘要：本文以波音737NG飞机航线运行发动机点火失败案例为研究对象，对飞机在推出启动发动机过程中发现的点火失败的故障进行具体分析，从点火系统的基本原理到故障现象逐层开展故障诊断。同时，在接收到机组点火失败信息后的处置，以及后续航线维护中如何预防该故障发生提出了建议。

关键词：点火激励器；EEC；点火导线

1 点火系统工作原理

机组人员通过操作起动手柄来控制到EEC的点火系统电源，起动手柄和点火选择器电门给EEC提供输入。EEC用这些输入给点火激励器提供电源，激励器给电嘴火花塞提供电能。左发点火系统连接交流1号转换汇流条和交流备用汇流条电源，右发点火系统连接交流2号转换汇流条和交流备用汇流条电源。EEC内部电路选择到达点火激励器115V交流电源。点火激励器转换115V交流电为15,000V至20,000V直流电输送给点火电嘴，点火电嘴在燃烧室内完成点火工作。

点火系统的主要部件有：起动手柄、起动手柄电门、点火选择器电门、电子发动机控制（EEC）。通过对点火系统进行检查时，主要针对点火导线，点火电嘴和点火激励器进行检查，因为这些部件长期工作在高压的负载下，容易造成腐蚀，烧损等问题。

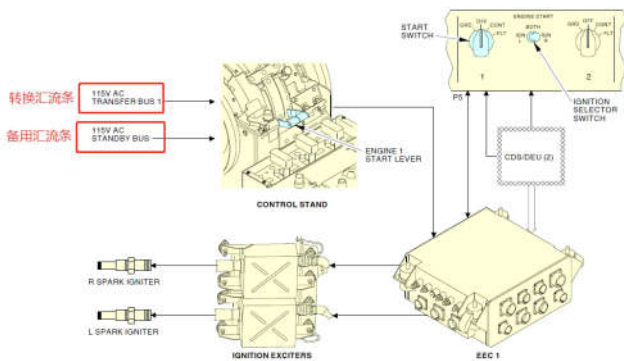


图1

启动发动机时，一般N2转速达25%时开始提起起动手柄供油点火。提起起动手柄至慢车位时，点火控制系统实现以下控制，115V转换汇流条、115V备用汇流条的交流电源分别通过两个闭合的点火电门（由起动手柄控制）送至EEC。EEC根据驾驶舱内的起动手柄位置、点火选择电门位置来控制EEC内部的四个点火ON/OFF电门，四

个点火ON/OFF电门控制115V交流电115伏交流电被送至左、右点火激励器。

在地面使用单点火启动发动机的情况下，由于每次发动机运转时，仅一个EEC通道在工作，而每个EEC通道只控制一个点火ON/OFF电门的闭合或断开，以将转换汇流条或备用汇流条的115伏交流电送至左或右点火激励器。故每次提起起动手柄时，只有一个点火ON/OFF电门闭合，从而实现单点火系统工作。下图为EEC工作在A通道时选择左点火的原理图。

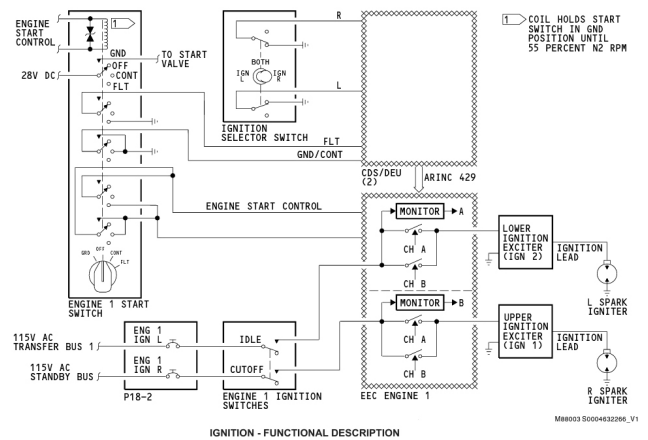


图2

当双点火系统工作时，工作的EEC通道控制相应的两个点火ON/OFF电门的闭合或断开，从而实现双点火工作。

1.1 起动手柄不同位置的点火方式

地面位（GRD）：当起动手柄放到地面位时，启动机工作带动发动机转动。当起动手柄放到慢车位时开始供油点火。

关断位（OFF）：当起动手柄关断位时，通常情况下点火不工作。但是EEC探测到可能存在发动机熄火时会自动打开点火系统。

连续位（CONT）：机组在下列情况下将电门放到连续位：起飞、进近、着陆、恶劣天气。当电门在此位置

时, 打开相应的电嘴连续工作。

飞行位 (FLT): 当启动电门飞行位时, 左右点火电嘴同时工作。EEC不使用点火选择电门的位置信息。

1.2 发动机点火自动控制

如果出现下列情况之一, EEC打开发动机的双点火系统进行点火:

发动机起动手柄在慢车位置, 起动开关在FLT位;

发动机起动手柄在慢车位置, 起动开关在GRD或CONT位, 飞机在空中, N2小于慢车;

发动机起动手柄在慢车位, 发动机非指令减速或N2小于57%, 但大于50%, 此时两个点火系统接通30秒。

如果出现下列情况之一, EEC自动关断点火:

发动机起动手柄不在需要点火的位置

地面热起动

地面湿起动

发动机起动手柄在慢车位, 飞机在地面, 发动机完成起动, N2减小到50%, 且EGT大于起动限制。

由于N2小于慢车或N2非指令减小而使点火系统接通, 当发动机速度恢复正常时。

2 故障原因分析

2.1 排查思路

(1) EEC及EEC上游的部件故障。一般自检EEC会有输入点火电源故障代码或者EEC故障代码, 按代码根据隔离手册排查即可。EEC上游部件只有导线和跳开关, 隔离故障比较简单, 这种故障出现的概率比较低。

(2) EEC下游部件故障, 即点火激励器, 点火导线或点火电嘴故障, 一般EEC没有代码记录。EEC下游部件故障, EEC监控不到。但是通过对比手柄信号, 燃油流量和EGT反馈信号, EEC能判断点火系统是否故障。如果EEC发出点火指令后一定时间内EGT不上升, EEC就会关闭FMV, 可能还会记录点火故障代码。

如果EEC有点火失效代码, 根据代码确定是哪边系统故障; 如果EEC没有代码, 需要通过和机组沟通或译码确定使用了哪边的点火系统, 再详细检查对应系统的点火激励器, 点火导线和点火电嘴。

2.2 故障处置过程

飞机过站推出起动发动机时, 机组反映左发右点火失败; 工程师联系机组再次尝试右点火起动, 故障依旧。短停按MEL74-01-02-02A执行M项工作并告知机组执行O程序完成保留后放行。造成航班延误。航后检查发现右点火激励器与点火导线连接端销钉脱出, 更换点火激励器; 检查右点火导线两端, 状态正常; 完成点火系统音响测试并试车检查正常。

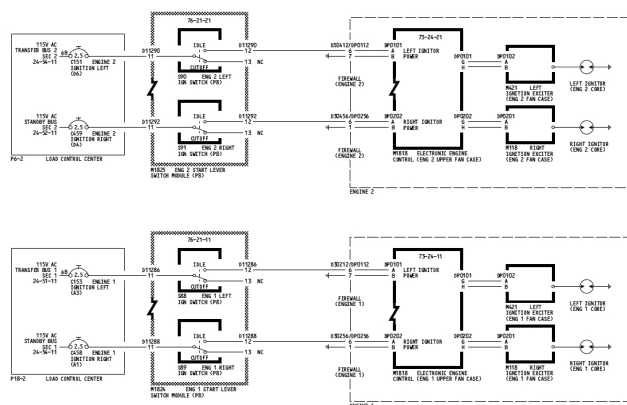


图3

正常时, 左发左点火使用交流1号转换汇流条供电, 右点火使用交流备用汇流条供电; 当右点火失效, 按照MEL74-01-02-02A要求相关发动机左点火器通过可接受的布局连接到交流备用汇流条上, 即执行M项工作, 交换左、右点火激励器输入插头来实现电源交换。飞机在航线运行过程中, 为了最大限度的减少航班延误, 机务人员应该在第一时间通过最低放行设备清单 (MEL), 对故障进行评估, 是否可以通过MEL放行。如果可以, 应按照手册放行, 在航后对飞机进行排故, 通过MEL可以看出, 针对左点火可以按照MEL直接放行, 而右点火则需要对插头的交换进行放行。

航后对飞机进行详细检查, 机务人员发现右点火激励器与点火导线连接端销钉脱出。于是, 按维护手册更换点火激励器; 检查右点火导线两端, 状态正常; 完成点火系统音响测试并试车检查正常。因为此次故障为突发故障, 飞机推出正常起动右发后, 起动左发才发现右点火失效, 查询MEL需要完成M项交换插头工作, 执行M项所需耗时导致飞机延误。针对飞机持续适航管理条目CAMP 74-CA-103-01/02详细检查发动机点火激励器-左/右, 其中有要求对点火激励器输出销钉状态进行检查, 执行间隔4A。工作者在执行该项工作时, 应完整目视检查其销钉的完好性。从部件维修角度, 在送修部件时, 修理厂家对部件修理的可靠性, 要严格按手册提升维修质量, 加强过程监控和检查。

3 故障保留程序和排故建议

3.1 故障保留程序

发动机点火系统的保留按是否进行ER延程飞行分类, 两种保留的区别仅在于机组执行的O项, 由于正常航班为非ER延程飞行, 所以一般情况下, 都可以按照非ER延程飞行进行保留:

发动机左点火失效 (对于非延程飞行), 依据MEL74-01-02-01B放行, 除ER延程飞行外, 可以不工作, 只

要：a.点火选择电门保持在BOTH位；b.相关发动机右点火系统工作正常。

发动机右点火失效（对于非延程飞行），依据MEL74-01-02-02B放行，除ER延程飞行外，可以不工作，需要将相关发动机左点火器通过可接受的构型与交流备用汇流条相连接，且如果点火故障是由于一个EEC右点火故障造成的，则不允许放行飞机（参见AMM74-00-00，EEC BITE点火器测试）。

点火系统的大部分故障原因：EEC及EEC下游的三个部件：点火电嘴，点火激励器，EEC；及下游的两个线束：点火导线和供电电缆。对于EEC上游的故障，出现的情况较少，同时一般都有EEC代码作为排故指导。

3.2 排故建议

点火系统故障并不难，但是一旦出现点火系统故障，大概率会导致航班延误。为了减少点火系统故障的发生以及高效处理故障减少航班延误，有以下建议和注意事项：

（1）由于点火激励器产生15000-20000V的高压电，在维修过程中应加强对点火激励器输出端，点火导线的检查（可配合更换点火电嘴任务进行检查）。确保点火激励器输出端插钉、点火导线两端清洁无烧蚀，视情清洁和更换。其中点火激励器输出端插钉可以根据成本管理提示单独更换。

（2）在日常点火系统部件的维护中，应注意保持清洁，清洁和安装部件时使用厂家规定的油脂或溶剂等耗材。

（3）典型点火不成功故障现象为：起动机能够带动发动机转动到满足启动发动机的转速要求或最大冷转速度，机组提起燃油手柄时，转速和EGT不上升。当发生发动机启动不成功时，可以通过询问机组N2转速和EGT数据或询问MCC是否收到报警来确定是否为点火故障。确认为点火故障后，切勿着急拖回飞机，先和机组确认相应点火跳开关是否闭合（如果跳开关未闭合，则闭合跳开关再次使用当前侧点火尝试启动），确认点火跳开

关闭后，通知机组尝试使用另一侧点火启动以便于判断故障办理保留或停场排故，并及时将故障告知MCC以便于后续航班调整，减少航班延误。同时注意，在第一次启动失效后，再次启动时提醒机组完成冷转吹除发动机余油，防止发动机富油启动导致启动困难。

（4）在进行点火系统故障排故时，充分利用EEC自测和听音测试，根据故障代码和听音测试结果结合FIM进行排故。当判断为EEC下游故障时，先详细检查点火激励器、点火导线和点火电嘴，优先更换有烧蚀和物理损伤的部件，以提高故障排除的效率和准确性，切忌盲目更换部件判故。

（5）由于点火激励器即使没有通电也可以释放电荷，为了保证人身安全，在给点火系统做工作前，确认点火激励器已断电至少5分钟，使点火激励器完全释放高压，以防止人员被电击受伤。

4 总结

通过点火系统的原理和对故障的分析，点火系统的故障对飞机航线运行影响较大，一旦出现将不可避免的导致航班延误。点火系统故障多发于飞机推出启动发动机时，若为右点火失效，按MEL需要完成M项交换插头工作，将导致飞机延误。所以，制作标准化的培训教材，按周期开展该故障的培训，能大幅提高执行M项工作效率，尤其是提高外站执行该M项的效率，进而降低延误时间。同时，从落实飞机持续适航管理条目的角度，这就要求抓好定期检修条目的落实，提升目视检查质量，确保把隐患消灭在前端。最后，从提升航线运行品质的角度，营运人需加强对长时间停场飞机、重要系统等检查工作，尤其应结合机队历史数据和运行环境开展评估，对点火系统采取适当缩小检查间隔或增加维修质量检查，精准发现点火系统故障隐患，杜绝飞机带隐患上天。

参考文献

- [1]波音公司.B737 AMM维护手册.波音公司,2023
- [2]波音公司.B737 IPC图解手册.波音公司,2023
- [3]波音公司.B737 SSM系统原理手册.波音公司,2023