

B757-200 飞机 APU 保护性停车的原理及排故实例

李建业

(上海虹桥国际机场公司 上海 200335)

摘要: B757-200 飞机 APU 在实际维修工作中尤其在航线维修中经常出现保护性停车的故障,为迅速、正确处理这类故障,保障航班正常运行,本文通过对 APU 保护性停车原理的阐述,总结了引起故障的 15 种原因,并根据实际维修经验列举了排故实例。

关键词: B757-200 APU 保护性停车 排故

中图分类号: V23

文献标识码: A

文章编号: 1674-098X(2010)02(a)-0062-02

B757-200 飞机 APU(辅助动力装置)故障中最常见的也是最重要的是 APU 的保护性停车,保护性停车的任务是强制 APU 停车,以免损坏飞机、APU 或其控制组件(ACU)。

APU 保护性停车是通过 APU 的 ACU 来实现的,ACU 内有两条独立的保护性停车的逻辑系统,即模拟/硬件保护性停车(hardware protective shutdown)逻辑与数字/软件保护性停车(software protective shutdown)逻辑。

模拟保护性停车逻辑有两条模拟线路来监控 APU 的超速、超温情况,当 APU 转速(RPM)超过 107%或当 RPM95%时排气温度(EGT)超过 621 摄氏度时,就会引起 APU 模拟保护性停车,ACU 就断开燃油关闭电磁阀、点火组件和起动机电机的电路,空气阀和发电机的工作信号也脱开,当 RPM 小于 15%时,ACU 打开 APU 进气驱动器,关掉 APU 进气门。

数字保护性停车逻辑是通过 ACU 内部微处理器执行的一套数字程序来关断 APU 的。数字保护性停车引起的一系列操作与模拟保护性停车基本相同,但它同时还切断了通过燃油控制组件(FCU)扭矩马达的电流。

两条保护性停车的逻辑系统引起保护性停车的原因共有 15 种,发生停车后的信息,将储存在 ACU 内部,显示在 ACU 面板的“FAULT DISPLAY”部分,现结合原理分析如下。

1 107%超速(OVER SPEED)

由于负荷压气机实际进气压力及温度(P_2 和 T_2)传感器失效或 ACU 失效,导致 ACU 计算出的扭矩马达电流过大,以及燃调故障,都可能引起 APU 超速,直到保护性停车。

2 EGT 超温(OVER TEMP)

由于分流器失效或 ACU 根据实际进气压力及温度(P_2 和 T_2)计算出的扭矩马达电流过大造成供油过多,EGT 上升至极限温度而引起保护性停车。当 EGT 本身传感器故障提供给 ACU 假信息时,也会引起超温保护性停车。

3 滑油温度过高(HOT)

APU 滑油温度传感器感受滑油系统温度,当发电机回油泵失效、滑油空气冷却器

堵塞或风扇活门失效在关位时,导致滑油温度高,引起 APU 保护性停车。

4 滑油压力低(LOP)

APU 滑油系统压力过低电门是感受滑油压力不够的信号。如果滑油压力泵或回油泵失效、油滤堵塞、放油电磁阀失效在开位等因素造成滑油系统压力低,当压力低电门感受滑油压力不够时,APU 就会发生保护性停车。

5 无直流电(DC PWR LOSS)

ACU 的电源是由主电瓶及 APU 电瓶通过一个二极管电路供给的,APU 起动机可以由 APU 起动变压整流组件(TRU)供电,也可以由 APU 电瓶供电。如果主电瓶已拆下或充电不足而想用 APU 电瓶起动机时,或由于 APU 电瓶充电机失效及线路故障等原因,起动电流会降低 APU 电瓶到 ACU 的电压达到一个过低的水平,就会造成 APU 保护性停车。

6 APU 进气门没有全开(INLET DOOR)

为了保证 APU 有足够的进气量,当 APU 的 RPM 为 7%以上时,如果进气门不能打开到位或由于进气门位置电门失效等原因,ACU 接收不到进气门打开的信号,ACU 就会指令 APU 保护性停车。

7 APU 火警(FIRE EMERG)

当 APU 防火系统探测到 APU 失火时,ACU 就指令停车,引起保护性停车。另外,装在前起落架减震支柱(如 B757-200 的 P62 板)的远距停车电门,在紧急情况下(例如失火)按下电门,使 APU 不给冷却而停车,APU 灭火继电器通电,也会造成这种保护性停车。

8 起动慢(SLOW START)

APU 起动过程中,APU 转速(RPM)在 30 秒达到 7%,50 秒达到 20%,70 秒达到 50%,否则 ACU 就发出停车指令^[1]。

由于 APU 起动慢而造成保护性停车的原因有很多。第一,在预起动自检时,不试验单极。如果两个转速传感器在起动时失效(接头松开或电线问题),起动机开始转动 APU,这种情况下 ACU 是接收不到转速信号的。第二,进气导向叶片作动筒(IGVA)是一个电控制的液压作动以直线运动的作动筒,用一个短轴套连接到杆扇形盘上,这个连杆如果磨损,会在 APU 起动时造成 IGVA

部分开启。第三,APU 起动时,冷的粘度很大的滑油会产生很大的阻力,引起起动慢。因此,在滑油很冷时,有一个滑油温度电门能通电到放油电磁阀,使压力泵的进油口与齿轮箱相通,形成空转,从而使系统释压。这样,在低温时放油阀门如果失效在关位或电磁阀的电路断开,引起 APU 起动慢并导致停车。第四,燃油分流器的作用是将定量好的燃油分到主副燃油管路以供燃烧,它主要由主放油阀、副放油阀、起动顺序阀(弹簧压力 100PSIG)、工作顺序阀(弹簧压力 35PSIG)和分流器电磁阀组成^[2]。如果电磁阀卡在关位。副燃油就流过工作顺序阀而不能流过起动顺序阀;如果起动顺序阀卡在关位,则起动时无副燃油。第五,ACU 根据实际进气压力及温度(P_2 和 T_2)计算出的扭矩马达电流偏小。第六,由于点火组件、起动机及线路故障而造成。

9 无加速(NO ACCEL)

APU 燃油系统内分离器使得副油路供油过多、过少及不稳定,或 ECU 根据实际压力及温度(P_2 和 T_2)计算出的扭矩马达电流过小。导致 APU 的 EGT 超过 204 摄氏度,而加速度在最初的 5 秒内少于 2%的 RPM,引起保护性停车。

10 无点火(NO FLAME)

APU 转速达到 7%时,燃油电磁阀打开,点火组件接通,燃油分流器将定量好的燃油分到两条油路(主油路及副油路),主油路在燃油电磁阀打开后始终供油,而副油路供油是根据需要的(受 ACU 控制的分流器电磁阀和两个由弹簧压力控制的顺序阀满足 APU 起动和正常运转的副燃油的需要)。如果点火组件失效而不能点火,或燃油电磁阀打不开,使得无法供燃油;以及分流器电磁阀失效在开位,使得过多的供油在点火嘴上积油,以至于 RPM 超过 7%的 10 秒内,EGT 低于 204 摄氏度,发生保护性停车。

另外,如果 ACU 根据实际进气压力及温度(P_2 和 T_2)计算出的扭矩马达电流过小也会引起上述情况的停车。

11 传感器失效(FAILED SENSOR)

传感器失效的保护性停车有两种情况。第一,APU 有两个转速传感器,运行中使用最高的输出信号。如果 ACU 检查出任一个传感器失效,这个传感器就会被储存在 ACU。如果两个传感器均失效,就会引发

保护性停车。第二,APU的EGT由四个独立的铂铑热电偶组件测量,每一组由两个热电偶探头组成,运行中使用最高的输出信号。如果ACU测出有任一组热电偶失效,这一组热电偶就会被储存在ACU。如果这两组热电偶均失效,也会引发保护性停车。

12 反流(REVERSE FLOW)

在APU空气系统中,如果单向阀或引气阀故障,主发动机的空气可能会倒入APU负载空压机,引起空压机喘振。同样,负载空压机的流量传感全压(Pt)与流量传感压差(ΔP)的传感器渗漏或标准失误,如果 ΔP /Pt信号较低,使防喘活门开得比需要的大,会使飞机管道压力过低;相反,任何问题造成一个高的压力比(ΔP /Pt),会调节防喘活门关得太久而引起空压机喘振;当然,如果防喘活门失效在关位也会引起喘振。综上所述,当负荷压气机进气温度(LCIT)传感器受到喘振或其他空压系统来到管道中的热空气反流时,就会引起保护性停车。

13 停车线路失效(S/O CIRCUIT)

ACU完成停车是发出一个超速信号到超速逻辑线路,造成一个模拟式保护性停车,超速故障逻辑是被拟制的。如果这个模拟超速线路失效(由于ACU或燃调故障),20秒钟后,APU转速仍高于85%,将发起一个数字式保护性停车。

14 控制组件故障(ACU)

ACU接收连续的和间断的各种输入信号,输出到发动机指示和机组警告系统(EICAS)的APU排气温度和转速信号,以及把控制APU工作的信号送给扭矩马达和燃油电磁阀及其他电磁阀,如果ACU

失效或输出的某个信号不准确都可能导致APU停车。

15 发电机滑油滤压差(GEN FILTER)

起润滑和冷却作用的压力滑油通过发电机流入发电机和齿轮箱之间的一个油槽中,发电机回油泵从这个油槽中通过一个没有旁通的油滤把滑油抽回至齿轮箱。当油滤堵塞时,若压差大于35PSI,同时滑油温度大于115华氏度时,引起保护性停车。

以上叙述了APU保护性停车的原理,接下来介绍一下APU保护性停车的排除思路。

一般情况下,APU发生保护性停车后,驾驶舱内的APU故障(FAULT)灯亮,EICAS上显示“APU FAULT”信息,维护页面上有“APU BITE”、“APU DOOR”或“APU QIL QTY”等信息。排故时应严格按照故障隔离手册(FIM),根据故障发生的情况查找FIM,FIM首先要求做ACU自检(自检条件:APU电瓶或飞机主电瓶有电,驾驶舱内APU操作电门放“OFF”位,APU的RPM小于7%),按照“试验灯”、“故障选择”、“故障组件”、“抹去记忆”、“自测试”的程序进行。然后根据自检出的“故障选择”和“故障组件”再去查找FIM,寻找故障处理方法。

最后,结合APU保护性停车的实例分析相关排故情况。2002年2月8日B-28XX飞机在起动时APU自动停车,ACU自检时,“故障选择”为“HOT”根据FIM,更换空气滑油散热器后工作正常,故障原因为散热器堵塞而引起滑油温度过高导致保护性停车。2004年5月25日B-28XY飞机APU起动不起来并出现“APU DOOR”信息查找FIM更换APU进气门作动筒后工作正常。分析原因为APU进气门作动筒故障,无法打开

进气门。2004年9月14日B-28YY飞机工作中APU自动停车,ACU自检,故障显示为“REVERSE FLOW”,根据FIM,更换 ΔP 传感器后正常。分析原因为 ΔP 传感器失效,导致 ΔP /Pt过大,使得防喘活门关得太久,引起喘振。2005年11月22日B-28YY飞机保护性停车,EICAS显示“APU FAULT”,维护页面“APU BITE”,ACU自检显示为点火组件故障,更换后正常。

另外,有时根据FIM,找不到故障的排除方法,只能通过认真分析原理,考虑故障可能产生的因素来排故。

可见APU保护性停车故障后其排除方法主要依靠故障隔离手册,然后认真分析原理并加以仔细观察,才能正确、顺利地排除。

参考文献

- [1] 美国波音公司. AMM(飞机维修手册)[Z]. 2009.
- [2] 郭泰山. 波音757-200飞机维护训练手册[M]. 厦门: 鹭江出版社, 1995, 87-88.

(上接61页)

包括过滤器的注册、输入输出Pin的处理、过滤器处理、视频解压缩几个模块组成。在输入和输出pin上需要实现媒体类型检查(CheckMedia Type)、媒体数据的接收(Receive)等相关功能。以输入输出pin的处理为例:

```
if(pmt->majortyp!=MEDIATYPE_Stream
pmt->subtyp!=MEDIASUBTYPE_NULL)
{
    return S_FALSE;
}
else return S_OK;
if(* mrFn->TyPe)!=MEDIATYPE_Video)
{
    DPRINTF("Error:Unknown Type");
    CloseLib();
    return VFW_E_TYPE_NOT_ACCEPTED;
}
if(m_hdl==NULL)
{
    HRESULT hr=OpenLib();
    if(FAILED(hr) (m_hdl==NULL))
```

```
return VFW_E_TYPE_NOT_ACCEPTED;
}
if(*mtIn->FormatType()
==FORMAT_VideoInfo)
{
    VIDEOINFOHEADER *vih=
(VIDEOINFOHEADER*)mtIn->Format();
hdr=&vih->bmiHeader;
}
else
if(*mtIn->FormatType
(==FORMAT_VideoInfo2)
{
    VIDEOINFOHEADER2 *vih2=
(VIDEOINFOHEADER2*)mtIn->Format();
hdr=&vih2->bmiHeader;
3.2.2 H.264解码的实现
```

H.264源代码可以从开源网站下载,下载后得到的H.264解码内核是C代码,而Filter的开发采用C++,为了实现C与C++的混合编程,可设计一个C++风格的应

用程序控制类,将解码内核上可能被调用的C函数封装在这个类中。Filter框架就只要调用这个控制类,因此可以保持较为清晰的结构。

4 结语

由于使用了开放的DirectShow媒体流平台,H.264的视频处理过滤器可以被其他应用程序简单的调用。通过使用该过滤器,结合系统自带的各种过滤器,用户可以快速且有效的建立一个基于H.264的媒体流系统,系统有着很好的应用前景。

参考文献

- [1] Eugene Olafseu. MFC Visual C++6.0 编程技术内幕[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 陆其明. Directshow开发指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.