

B737-NG飞机引气系统断开故障分析

唐浩铭

(国航股份工程技术分公司成都基地 四川成都 610201)

摘 要: 引气系统断开会导致发动机启动等多个重要系统失效,严重影响航班的正常运行。本文从分析引气系统的工作原理出发,探讨了如何在实际维护工作中全面掌握故障信息,利用部件的可靠性分析数据,缩小排故范围,尽快排除引气断开故障,以期为诊断类似故障提供借鉴。

关 键 词: 引气系统 断开 故障

Analysis on Bleed Trip Fault of B737-NG Aircraft Engine Pneumatic System

Tang Haoming

(Chengdu Aircraft Maintenance Base of Air China Technics Chengdu 610201 Sichuan China)

Abstract: Bleed trip would result in failing of many important airplane user systems including engine start system and presents negative influence on airplane operation. Based on the analyzing operating principle of pneumatic system, this article discusses how to utilize the fault information and the reliability data of components to spot the causes of the fault so that to shoot the trouble as quickly as possible.

Key words: Pneumatic system Trip Fault

1 引言

B737-NG飞机引气系统主要向发动机启动系统、空调及增压系统、大翼及发动机整流罩热防冰、液压油箱及水箱提供调节后的增压空气。在实际运行过程中,引气系统故障发生的频次和重复率均高,排故时间长,对航班的正常营运影响较大。根据对某公司B737-NG机队的统计,引气系统故障一般可分为三类:一是引气断开,二是引气压力低,三是左右气源管道压力差,其中引气断开对相关系统的影响最大。本文根据引气系统的工作原理,并结合维护工作中的排故实例,分析引气断开故障的原因,给出维护建议。

2 引气系统的工作原理

引气系统主要由高压级活门及调节器、引气调节器(以下简称BAR)、调压关断活门(以下简称PRSOV)、450 ℃恒温器、预冷器、预冷器控制活门及预冷器控制活门传感器(以下简称390 ℃传感器)、490 ℃过热电门组成,如图1。

引气来自发动机压气机第5级或第9级。发动

机在起飞、爬升及巡航功率下,5级引气可以满足供压。但是,在发动机低转速情况下,5级的引气压力较低,不能满足用压系统的需要,此时将打开高压级活门,采用9级引气。高压级活门由高压级调节器控制,它通过感受9级引气压力来控制高压级活门的开度,调节活门下游管道引气压力为32PSI。在发动机高转速情况下,5级引气压力约为34PSI,并触发高压级活门关闭,管道气源完全来自5级引气。

PRSOV是引气系统中非常重要的部件,它调节来自5级或9级的引气,限制活门下游压力和温度不超过42PSI和450 ℃,并提供引气关断功能。PRSOV的开度大小是由BAR的基准压力调节器决定的,如果温度超过450 ℃,450 ℃恒温器将感受到的温度信号传递到PRSOV,PRSOV向关闭方向运动,引气量减小,以保证下游引气温度和压力不超限。490 ℃过热电门可将过热信号传给BAR,以实现在引气过热时自动关断,防止高温损伤引气管道附近的相邻部件。

预冷器系统的作用是防止高温引气进入到引气总管。预冷器属于空气—空气式热交换器，来自发动机风扇出口的冷空气是冷却媒质。390 °F 传感器将预冷器下游的温度信号传给预冷器控制活门，预冷器控制活门将据此调节活门的开度，调节冷空气的流量来控制预冷器下游引气温度在 390 °F 和 440 °F 之间。

3 引气系统断开的理论分析

引气断开是因为 PRSOV 关断而造成整个引气管路无引气。由图 2 可知，PRSOV 关闭的原因是 B 腔压力大于 A 腔的压力。而导致 PRSOV 的 A 腔压力减小的原因可能有三：一是控制管路 C 漏气或者无基准气压；二是控制管路 D 漏气或 450 °F 恒温器损坏；三是 B 腔漏气，即 PRSOV 活门本体损坏。造成控制管路 C 无基准气压的原因是 BAR 内部的电磁活门关断。

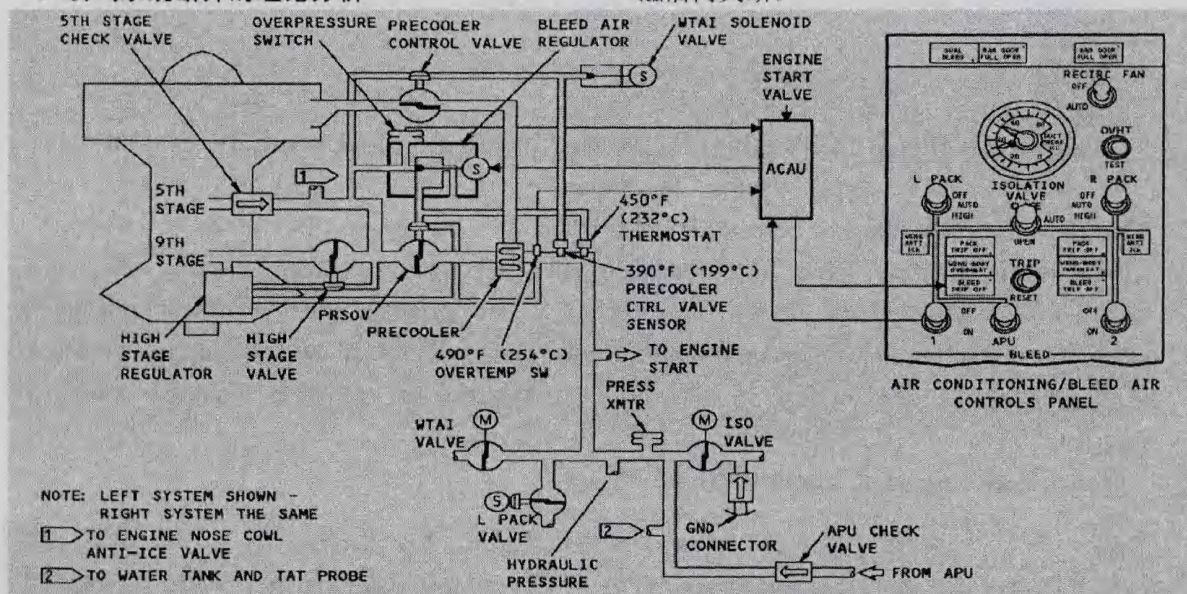


图1 B737-NG飞机引气系统工作原理

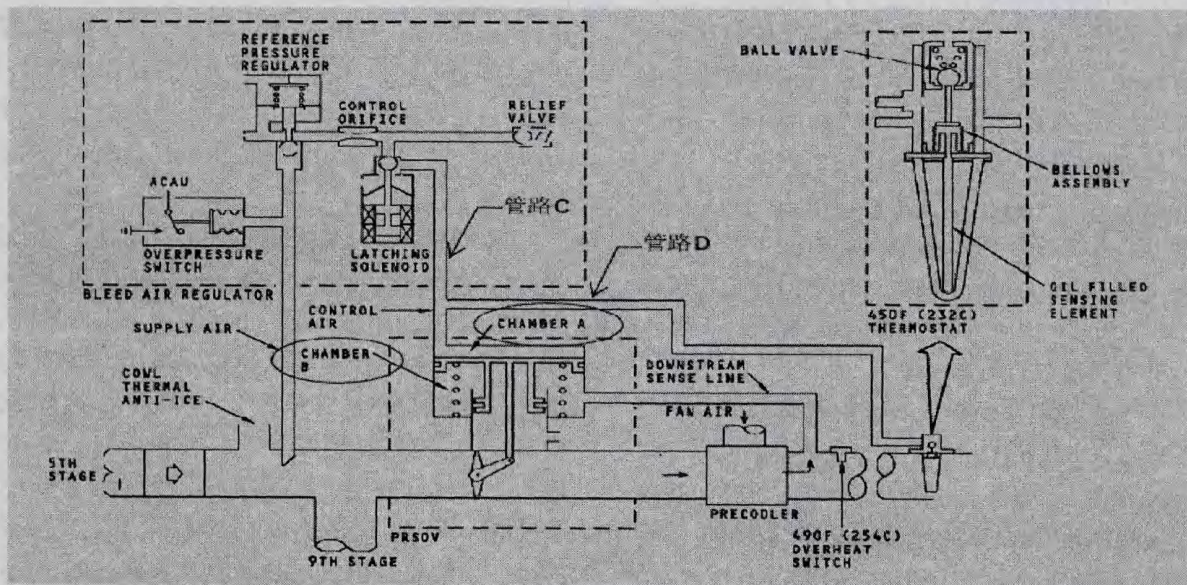


图2 BAR、450 °F 恒温器及 PRSOV 工作原理图

由图3可知,造成BAR电磁活门关断的原因有三:一是灭火电门接通,二是引气温度超过490 $^{\circ}\text{F}$,三是引气压力超过220PSI。

PRSOV上有活门位置指示,如果活门本体损

坏,从位置指示上可以看出端倪。通过APU引气反流测试法,亦可很容易查验出管路是否存在渗漏。故引气断开故障相对较难判断的是超温、超压故障。

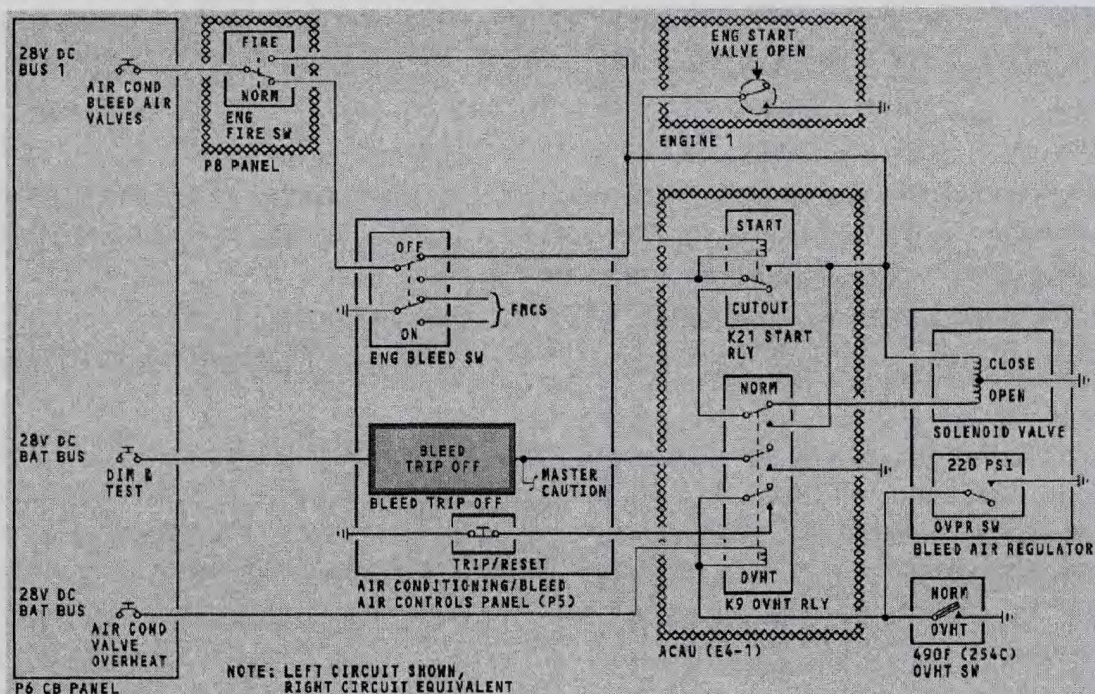


图3 引气系统电路控制图

3.1 引气超压故障分析

如果引气超压,则会触发BAR中的超压电门,由此导致引气断开。BAR中的超压电门的触发压力是220PSI,而进入BAR的气源信号来自于5级或者9级引气。由前述可知,5级引气压力较低,基本不会发生超压。高压级调节器内的关断机械装置(Shutoff Mechanism)可使9级引气超过110PSI时关闭内部气路,从而促使高压级活门的B腔压力降低,活门向关闭方向运动,以保证引气不超压。

根据上述分析可知,导致BAR内220PSI过压电门触动的的原因可能是9级引气超压,同时高压级调节器与高压级活门之间的控制管路漏气,高压气体直接进入BAR。

3.2 引气超温故障分析

如图2所示,正常情况下,如果经过PRSOV的引气温度较高,则450 $^{\circ}\text{F}$ 恒温器会给PRSOV一

个信号,促使其向关闭方向活动。如此则发动机引气相对于经过预冷器的风扇冷空气就减少了,温度因此而降低。与此同时,引气预冷控制系统也通过调控风扇冷空气的流量来调节引气温度。如果引气温度超过390 $^{\circ}\text{F}$,390 $^{\circ}\text{F}$ 传感器便提供给预冷器控制活门一个信号,促使其活门打开,引入更多的风扇冷空气,由此降低引气管道的温度。

但是,如果450 $^{\circ}\text{F}$ 恒温器或者390 $^{\circ}\text{F}$ 传感器故障,不能将超温信号传递给相应的活门,那么便可能导致引气超温触发490 $^{\circ}\text{F}$ 过热电门。另外值得注意的是,如果在5级引气时,高压级活门不能完全关闭,导致高温9级引气进入引气管道,也会触发490 $^{\circ}\text{F}$ 过热电门。

4 引气系统断开故障案例及分析

某航空公司B737-NG机组反映:1)飞机在巡航时左管道引气压力低,只有15PSI;2)空中左引气断开。

此故障现象需要注意的是在引气断开之前引气压力降低,由此可以基本排除390 °F传感器、450 °F恒温器和490 °F过热电门。其理由是:390 °F传感器和450 °F恒温器的结构基本一致,由温度传感器探杆、活门壳体组件和球阀组件等部件组成。其中的核心部件温度探杆是由密封的充入油液的敏感细管、波纹管组件以及输出杆组成。传感器工作时,敏感细管中的油液受热膨胀,然后通过波纹管组件传递给输出杆去推动球阀组件来控制相应的压力输出。经过对390 °F传感器和450 °F恒温器的故障分析可知,这两个部件的故障原因基本都是因为充油的敏感细管破裂,因油液泄漏导致探杆失效。也就是说,如果这两个部件失效,只会导致其球阀完全打不开或者打开在一定位置。如果完全打不开,则在超温时无法调节PRSOV关闭,便会导致引气因超温而断开。如果球阀一直保持在某一个开度,则可能导致PRSOV活门不能全开而导致引气压力低。但是这两种情况不可能同时出现,故基本可排除这两个部件。而490 °F过热电门是双金属片机构,其故障现象只会有两种,一是双金属片黏合,则直接触发引气断开;二是双金属片无法黏合,则在超温情况下也不会触发引气断开。

由引气系统工作原理可知,飞机在巡航状态下一一般采用5级引气,但也可能同时采用9级引气,故需进一步通过地面测试。机务人员采用APU引气反流测试法,检查左发各引气管路及控制管路无渗漏,发现PRSOV卡阻。PRSOV卡阻可能造成开度不够而导致引气压力降低。更换PRSOV后试车验证发现,左发N1在20%时引气压力为7PSI,在30%时引气压力为22PSI,以后引气压力均正常。试车显示在发动机低转速情况下引气压力低于正常范围,由此说明高压级活门或其

调节器存在问题。地面检查未发现高压级活门有故障,故更换高压级调节器,再度试车验证引气正常。

结合故障现象和排故过程反思,大致可以推测出引气断开的原因,即巡航时9级引气工作,因为高压级调节器故障,导致未经调节的9级引气通过PRSOV,390 °F传感器和450 °F恒温器正常工作,PRSOV朝关闭方向运动,首先导致引气量减少,气压降低,后PRSOV卡阻在某个位置,导致温度升高,触发490 °F过热电门,从而促使引气断开。

5 引气系统断开排故小结

引气系统断开故障涉及的部件多,如对系统工作原理了解不深刻,往往会无所适从。实际上,波音在故障隔离手册中已经指出:“全面掌握引气系统的工作原理、从机组尽可能多的获得故障发生时信息,以及对历史故障的分析,有助于快速准确排除故障。”笔者根据实际工作经验,认为在进行引气断开故障诊断时可采取如下方式:

1. 与机组充分沟通,尽可能掌握引气断开时的飞行状态和N1转速。通过飞行状态和N1转速,我们大致可以判断发动机引气是5级、9级,抑或5、9级同时引气。如果判断为9级引气,则可将故障范围缩小到高压级活门及其调节器。

2. 熟悉各部件的工作原理,充分利用各部件的可靠性分析数据,如上述案例中对390 °F传感器、450 °F恒温器和490 °F过热电门的分析,非常有利于缩小排故范围,缩短排故时间。

3. 由于引气系统部件多,排故时要遵循由易到难的原则,尤其要重视APU引气反流测试法,采用此法可以比较容易地检测出控制管路的渗漏,甚至活门部件的故障,比如PRSOV内部腔体漏气等,由此可减少误换件,降低航材库存。