



浅析 757 飞机空中 释压原因及教训

上海航空公司机务工程部 蒋 政

1. 引言

随着人们对更快、更舒适的航空旅行的要求,从六十年代末以来,由于科学技术的发展日新月异,世界航空领域进入了一个新的发展阶段,例如涡轮喷气发动机的研发成功,客观上使飞机的飞行高度产生了质的飞跃,而以往的螺旋桨式飞机其发动机性能限制了飞行高度和飞行速度,现今的涡轮喷气直至涡轮风扇发动机可以在万米高空发挥其优良的动力性能,也使飞机的飞行速度数倍增长。很显然万米高空的气压是不适合人们的正常生理要求的,因而高空飞行对飞机本身还有一个新的要求,即飞机的机身必须是一个密闭的“容器”,并且须采取一定的增压措施以便“容器”中保持一定的空气压力以使乘客和飞行人员感觉不到高空的不适。

2002 年 6 月,上海航空公司一架 757 飞机在执行从广州飞回上海的航班途中,在接近厦门附近时机组察觉飞机座舱释压,飞机下降高度过程中客舱氧气面罩全部自动释放,当天由于厦门天气原因飞机紧急备降南昌,形成一起在上航历史上从没发生过的由于客舱压力保持不住而备降的事故征候。事件发生后空机的调遣以及整机氧气发生器(一次性工作)的更换给公司带来了极大的经济损失,更重要的是该航班几乎满客,许多乘客感觉耳痛等不适,还有部分旅客提出索赔要求,对公司优质服务的声誉造成了极大的影响。

发生事故征候的飞机是上航 1993 年从

美国引进的波音 757-200 型飞机。该机型是波音 767 的派生机,其高科技技术成熟于 80 年代,配备有两台美国普惠公司生产的 PW2037 发动机,良好的动力设备可靠性使 757、767 飞机得以装备两台发动机并且部分改装后即可得到双发延程飞行(ETOPS)资格。PW2037 发动机是一种目前世界上较先进的涡轮风扇发动机,采用了全功能数字式发动机控制(FADEC),在不同的发动机功率下通过对发动机压气机的低压级和高压级的引气,可以驱动装机的两个空调组件,从而起到对机体增压和调温的目的。整个飞机还装有 EICAS(发动机显示和机组警告)系统,从系统控制、操作到不正常显示和警告等技术都很先进,因而至今一直受到飞行员的赞誉。

2. 757 飞机的增压原理

757 飞机的增压原理比较简单,“增压”一词确切地说是“维压”,即当飞机飞行时维持机舱内的空气压力不低于一定海拔高度的气压,因为飞机的整个机身相当于一个相对比较密闭的容器,飞行时机上的两个空调系统通过发动机的引气工作并不断往机身内灌输经过温度调节的空气,从而维持机身内的气体压力无论在什么飞行高度总是大于机身外的大气压力。至于“相对”一词是因为机身上还有许多不完全密封的地方,例如各舱门总有一定的缝隙,另外还有专门安装在机身上的排气调压活门等。作为一个密闭的容器,其耐压程度也是有限制的,一般大型民航飞机机身设计在能承受的压差为 8Psi 左右,

这是根据目前的机身蒙皮材料、飞机和发动机性能以及空调增压系统的工作情况等综合因素决定的,所以一味地往机身内“灌气”而不采取限制压差的措施也是不可行的,在757飞机上就是依靠安装在机身后部的外流活门的开启程度调节机身向外排气的流量,从而达到既保持客舱空气压力维持在人比较舒适的程度,又维持一定的内外压差使机体不致超压而损坏结构以及进行一定比例空气换新的目的。

3. 757 飞机增压系统(见图1)

757飞机的增压系统主要由两套自动控制系统和一套人工控制系统组成。两个客舱高度自动控制器和一个客舱高度警告压力电门3,048米(10,000英尺)装在飞机的主电子设备舱。控制面板和客舱高度显示、客舱高度升降速率表和警告显示等装置均在驾驶舱。另外在前后货舱和舱门区域分别装有两个正、负释压活门。外流活门装在飞机密闭舱的尾部。

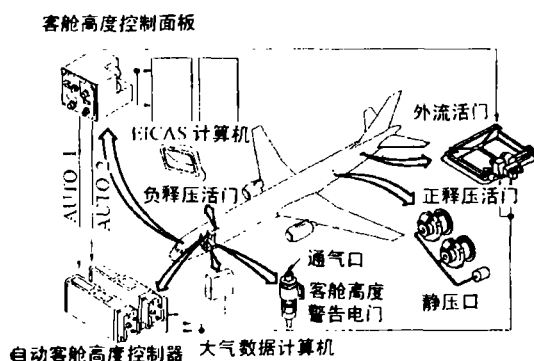


图1 757飞机座舱压力控制系统

正常飞行前,飞行员通常将两个客舱高度选择钮置于“AUTO 1(自动1)”或“AUTO 2(自动2)”位置,此后1号或2号客舱高度自动控制器对飞机的客舱高度进行自动控制,它是通过装在控制器上的客舱高度传感器所

探测到的客舱高度的实际情况,控制装在外流活门上的一个交流马达对外流活门进行开启或关闭的动作来控制外流空气的流量,从而达到调节与控制客舱高度的目的。在飞行中两个客舱高度自动控制器又是在互相交换信息的,一旦“工作”的控制器失效,则另一个控制器会自动代替失效控制器“工作”。如果两套自动控制系统均失效,那么飞行员在得到有关警告信息后可将客舱高度选择钮置于“MANUAL(人工)”位置,此时自动控制被超控,飞行员可以一边观察客舱高度的显示和客舱高度升降速率表的变化,一边人工转动人工控制钮,通过控制装在外流活门上的一个直流马达对外流活门进行开启或关闭的动作来控制客舱高度。

所以说757飞机的增压系统是一套非常“保险”的系统,并且在飞机的增压过程中,外流活门起到了一个关键的调节作用。另外,一旦发生飞机急速下降或上升而自动或人工调节跟不上这种快速变化的情况,为保护机身结构,此时正、负释压活门将起到保护作用。

当日飞机在广州短停结束起动发动机后,机组发现右发引气“HI STAGE(高压级)”灯间断闪亮,伴随出现“R ENG HI STAGE(右发高压级)”C级EICAS信息,3秒钟后恢复正常,信息消失,机组查阅MEL(最低设备放行清单)后认为,此故障为允许放飞项目,故决定继续执行航班,飞机于20点10分起飞。20点11分左右,飞行高度约1,500米,飞机再次出现右发引气“HI STAGE”灯间断闪亮的故障,灯亮时伴随出现“R ENG HI STAGE”C级EICAS信息,机组按快速检查单要求关闭右发引气电门后继续爬升。20点50分飞机处于巡航阶段,EICAS突然出现“CABIN ALTITUDE(客舱高度)”A级警告信息,自动驾驶脱开,机组实施紧急下降,20点51分30秒,旅客氧气面罩自动释放,21点33分,飞

机安全备降于南昌昌北机场。当天公司紧急调机飞南昌将旅客接回上海,随机派遣机务人员调查故障原因,经过检查发现 B-2834 右发高压控制器超压指示销弹出,根据《故障隔离手册》更换了右发高压控制器,地面试车引气和空调系统等正常,飞机第二天凌晨空机飞回虹桥机场。

飞机内空气的压力目前都是用“客舱高度”来衡量(见图 2)。757 飞机在客舱高度达到海拔 3,048 米(10,000 英尺)时,EICAS 系统会自动发出 A 级警告信息提醒飞行员采取必要措施,如果客舱高度继续升高达到 4,267 米(14,000 英尺),此时人会感到呼吸困难、缺氧,所以飞机上专门为每个旅客设置的补充氧气呼吸装置会自动释放,旅客只要将放出的氧气面罩套在面部并拉动伴随的一根拉锁,则氧气发生器就正式启动释放氧气。一般此类装置都是化学产氧,其化学反应一旦启动就不能终止并可以持续 15 分钟以上供氧。

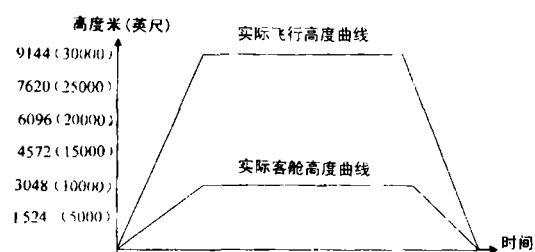


图 2 飞行高度与客舱高度对照图

目前飞机的设计都有相当大的保险余地,就双发大型民航客机而言,虽然单发意外停车属于事故征候,但只要飞机上保证有一台发动机工作就可以满足飞机的基本飞行要求,例如飞机的高度维持甚至继续爬升以及飞机的电力和液压操纵等,所以只要一台发动机引气正常工作,那么就足以在整个飞行阶段维持客舱高度在正常范围以内,这就是为什么 MEL 规定在一台发动机引气失效后

允许飞机放飞的原因,当日机组就是查了 MEL 才决定继续执行航班的,并且在再次出现右发引气信息后,机组按快速检查单要求关闭右发引气电门后继续爬升。

4. 757 飞机空中释压的原因

既然飞机有三套增压保险装置,从概率上来说发生增压失效的可能性微乎其微,那么是什么原因造成此次客舱释压的呢?原因无非在四个方面:一是飞机增压控制系统均失效;二是飞机空调系统均失效;三是飞机存在过大的外流空气口,如机体破损或舱门脱落等;四是客舱高度压力指标、3048 米(10,000 英尺)警告和 4,267 米(14,000 英尺)自动释放氧气系统有问题。从当天发生事情的先后秩序以及旅客的实际感受情况来看可以排除第二、四个原因。通过机载飞行数据记录器译码可以看出,在机组关闭右发引气以后有一个疏忽,即没有按照快速检查单的要求关闭引气隔离活门,使得一发引气带动两台空调系统工作,这种情况形成飞机在平飞(发动机低功率)时增压效率不高,尤其是在客舱高度达到 3,048 米(10,000 英尺)EICAS 出现 A 级警告后机组紧急下降高度,此时发动机处于空中慢车状态,所以对增压基本不起作用,这就是为什么从机组得到警告开始下降高度到氧气面罩自动释放仅仅只有一分多钟时间的一个原因。

如上所述,只要有一台发动机的引气正常工作,就足以维持飞机整个飞行阶段的增压需要,其实还有一个前提条件,就那是飞机机身密闭性良好,试想如果飞行过程中机身出现大面积破损,那么即使其它所有设备都良好也是不能维持客舱高度的。虽然当天飞机在南昌更换了高压级控制器即故障情况消失并顺利返回上海,但单发引气不能维持客舱高度的情况引起了工作技术人员的高度重视,随即工程技术处发出指令对该飞机增加客舱密闭性试验,果然实验时发现客舱压差

下降速率远超过维护手册的要求,实测情况如图3所示。

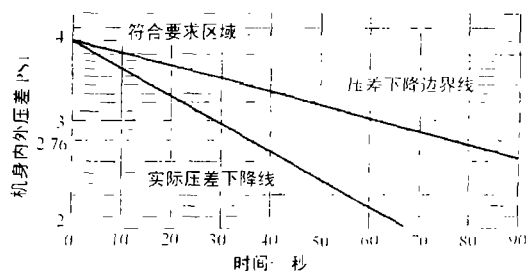


图3 客舱压差下降速率实测情况

在地勤人员对飞机进行进一步检查后发现,飞机的设备冷却排气活门出口处存在相当大的外流空气,正常情况下飞机在地面时该活门始终处于打开位以使设备冷却空气流出机外而达到最好的设备冷却效果。只要飞机起飞后达到一定飞行高度,当机身内外压差达到2Psi后该活门就应自动关闭,因此时必须尽量减少空气的外流以维持客舱高度,压力的调节功能完全由外流活门来承担。试验时该活门没有达到其功能规定的要求,即在该关闭时关闭不严,在更换了设备冷却排气活门后再次进行客舱密闭性试验,压差的下降速率随即达到了维护手册规定的要求,这就说明当时飞机的确存在过大的外流空气口,两个因素综合在一起就引起了单发引气不能有效增压以及在机组采取下降飞行高度后不久氧气面罩就自动释放这个结果。

5. 757 飞机空中释压的教训

飞行安全一直是人们关注的焦点,尤其是9.11以后大型民航客机的各类事件经常是人们议论的话题,这的确也给各航空公司带来了不小的压力。其实,民航客机从设计到操作飞行都有相当大的安全余度,发生的一些不安全事件往往是几个因素“恰巧”综合在一起的缘故。这种例子举不胜举,就拿这架发生问题的飞机来说,如果设备冷却排气

活门不存在泄漏或者说关闭不严的问题,或者机组在高压级控制器失效后完全按照检查单要求关闭引气隔离活门,就不会发生这次事故征候。单个的飞机故障并不可怕,怕的是两个甚至多个相关问题综合在一起,这种情况发生后引起的后果都是比较严重的,古人云“防微杜渐”也是相同的道理,这也是为什么我们强调尽量不让飞机带故障上天的原因。

查询该机的故障历史,机务人员发现类似的故障在2001年7月也曾发生过,只不过当时机组严格按照检查单操作,客舱高度没有达到引起氧气面罩自动释放的程度,排故措施是更换高压级控制器,事后虽然设备冷却排气活门一样存在泄漏,由于两个正常工作的增压系统掩盖了设备冷却排气活门的泄漏问题,因为正常情况下外流活门必须开启一定程度进行调压,即使设备冷却排气活门存在泄漏,外流活门只要开启得小一点就行了,但一旦需要外流活门全关闭以维持机身内压力时,泄漏的设备冷却排气活门就会造成不良的后果。所以去年发生问题后排故人员没有从原理上进行分析,没有追根求源,给这次的事故征候埋下了隐患。

安全是各个航空公司永恒的主题,但飞机发生故障也是客观的、必然的,关键是我们发生问题以后必须严格按照规定来操作,解决问题时要进行全面的纵向和径向分析,不疏忽一点蛛丝马迹,只有这样才能够将安全飞行永远体现在我们的日常生活和工作之中。

参考文献

- 1.《波音757维护手册》第21-30-00章,757飞机增压系统
- 2.《波音757维护手册》第05-51-24章,757飞机过度渗漏试验
- 3.《波音757快速检查单》