

基于参数分析的波音777空调系统故障诊断

贺海鸥¹, 张新风^{2,*}

1. 中国航空规划建设发展有限公司, 北京, 100120

2. 西仪集团有限责任公司, 陕西 西安, 710082

摘要: 为了提高航线排故的快速性和准确性, 依靠大量运营数据资源, 研究了基于参数分析的飞机系统故障诊断方法。在对波音777空调系统的工作原理和系统建模进行分析基础上, 建立空调系统数学模型, 提出波音777飞机空调系统故障的参数分析诊断方法。通过实际故障诊断案例验证了该方法对提高飞机系统维修效率的作用。

关键词: 波音777; 空调系统; 参数分析; 故障诊断; 热交换器; 空气循环机

中图分类号: TP18 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2014) 02-54-6

民航是现代交通运输的重要组成部分和国民经济的重要支撑,也是高技术、高投入、高风险的行业。航空器在空中的活动较之其他运输工具在地面或水面的活动,风险更大,遇到特殊情况处置更复杂,因而航班安全正点是民航追求的首要目标,它不仅会影响到企业形象及经济效益,而且也是保障旅客与机组人员人身安全及公私财产不受损害的重要前提。影响航班安全正点的因素很多,诸如飞行员操作能力、飞机系统故障、维修质量、机场设施、交通管理、天气、油料、旅客等,其中飞机系统故障是主要影响因素。

随着以可靠性为中心的维修思想的不断发展和类似中央维护系统功能在民机上的实现,维修人员可以获得大量可靠的信息,视情维修和状态监控在整个飞机维修工作的比例不断提高^[1,2]。较早装备中央维护系统的波音747-400飞机只能提供简单的故障信息和数据,而后行的波音777飞机则能实时下传详细的故障数据和飞机状态监控数据。这些数据包含了飞机各系统工作状态信息,通过对数据的分析可以为各系统故障做出准确的判断。但是由于对故障数据和飞机状态监控数据的分析十分复杂、计算量大,目前并没有在实际故障诊断工作中得到很好的应用。因此,研究基于系统状态参数的故障诊断方法,对于提高飞行器维修效率具有十分重要的现实意义。

本文以波音777飞机为研究对象,通过分析其空调系统

的工作原理,利用系统建模技术建立空调系统的静态数学模型,并以此模型来描述波音777飞机空调系统中各部件的性能与飞机所监控参数之间的关系,提出了利用参数分析对故障进行诊断的方法。该方法能有效利用航线上系统状态监控数据,实现快速排故。

1 波音777飞机空调系统工作原理

1.1 系统功能

民航客机空调系统的主要作用是为客舱和驾驶舱输送足够量的、温度适宜的新鲜空气,使飞机在高空低温、低压的环境下长时间飞行时可以给机组和乘客提供必要的生存条件和舒适的环境^[3-6]。

1.2 系统组成

波音777飞机安装有左、右两个空调系统,其大部分部件分别位于机身下部的左、右空调舱内。空调系统中各个部件的控制主要由安装在主设备中心的客舱温度控制器(CTC, cabin temperature controller)和空气供给与客舱压力控制器(ASCPC, air supply cabin pressure controller)来完成。波音777飞机的空调系统主要由流量控制子系统和制冷与温度控制子系统两大部分组成^[3-6]。(说明两部分之间的关系)

流量控制子系统如图1所示,其包含以下一些主要部件。

收稿日期:2013-10-10; 录用日期:2013-12-09

*通讯作者. Tel.: 029-88646004 E-mail: xiyizxf@163.com

引用格式: HE Hai'ao, ZHANG Xinfeng. BOEING 777 air condition system fault diagnosis based on parameter analysis[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(02):54-59. 贺海鸥, 张新风. 基于参数分析的波音777空调系统故障诊断[J]. 航空科学技术, 2014, 25(02):54-59.

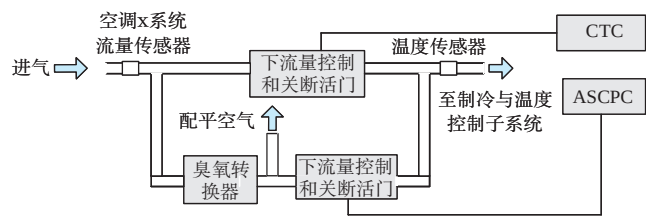


图1 流量控制子系统
Fig. 1 Flow control subsystem

1) 流量控制和关断活门:空调系统安装有两个流量控制和关断活门,上、下流量控制和关断活门完全一样,可以互换。其活门为电控气动的碟形活门,内部的弹簧保持活门在关闭位。ASCPC和CTC通过位于活门内部的扭矩马达调节活门开度,达到控制空气流量的目的。

2) 空调系统流量传感器:流量传感器包括两个压差传感器和一个进口压力传感器。三个传感器分别将所探测到的压力和压差信号送给ASCPC和CTC,用以计算通过流量传感器的空气体积流量。

3) 主级热交换器进口温度传感器:用于探测主级热交换器的进口温度,并送给CTC,用以和流量传感器的信号一起计算进入空气的流量。

4) 臭氧转换器:臭氧转换器与下流量活门串联安装,再与上流量活门并联,其用于在高空飞行时消除空气中的臭氧。

制冷与温度控制子系统如图2所示,其包含:

1) 双路热交换器:由主级热交换器和次级热交换器两部分组成。主级热交换器利用外界冷空气为从气源系统来的高

温引气散热。次级热交换器同样利用外界冷空气为经过空气循环机(ACM, air cycle machine)压缩的热空气散热。

2) 经济冷却活门:在空调系统刚开始工作或ACM故障时,可以使从主级热交换器出来的空气不经过ACM,而直接进入次级热交换器。

3) ACM:由同轴的一级压气机、两级涡轮和一级冲压空气风扇组成。它对经主级热交换器散热的空气进行温度和压力控制。

4) 冷凝/再加热器:是一个双路热交换器,其由冷凝器和再加热器两部分组成。冷凝器完成对水分的分离。

5) 水收集器:用于分离空调系统中空气所含的水分,并将其排出机外。

6) 低限活门:与ACM并联安装,通过调节低限活门的开度可以控制通过ACM的空气量,从而控制ACM的空气温度。

7) 冲压进口门:冲压进口门安装在双路热交换器冷空气管路前端的人口处,通过调节冲压进口门的开度,可以控制进入双路热交换器的外界冷空气的流量,从而控制空调系统内主、次热交换器出口处热空气的温度。

8) 经济冷却活门。

9) 二级涡轮旁通活门。

10) 温度传感器。

1.3 工作原理

流量控制子系统中,上、下流量控制和关断活门在任何时刻只有一个活门工作,另一个活门关闭。在爬升过程中当飞机高度上升到7930m以上时,下流量控制和关断活门工作,上流量控制和关断活门关闭。在下降过程中当飞机高度达到7315m以下时,上流量控制和关断活门工作,下流量控制和关断活门关闭。进入空调系统的空气流量由ASCPC根据预先设定的流量计划和客舱高度来确定。当上流量控制和关断活门工作时,CTC则根据ASCPC确定的流量值调节流量控制和关断活门的开度,从而来控制进入空调系统,并经空调系统供向客舱的空气流量。

波音777飞机的空调系统在没有故障的情况下有两种工作模式:正常工作模式和经济冷却模式。处于正常工作模式时,气源系统的热空气通过流量控制和关断活门(如图1所示)进入空调系统。经济冷却模式与正常模

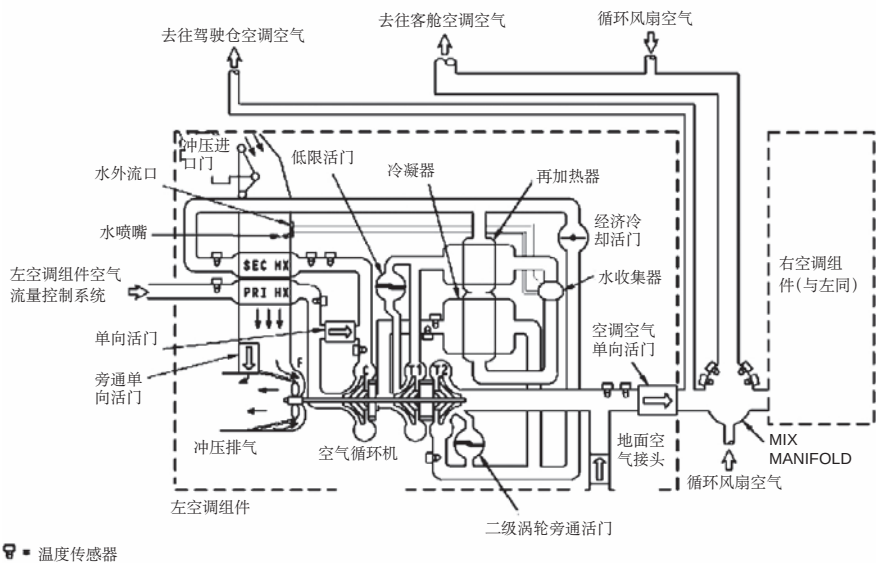


图2 制冷与温度控制子系统
Fig. 2 Cooling and temperature control subsystem

式时基本相同,其区别在于经济冷却模式时,经济冷却活门打开,空调系统中的空气从次级热交换器出来后,不经过冷凝/再加热器、水收集器、ACM一级涡轮,直接进入ACM二级涡轮,减少空调系统的用气量,以节约成本。

2 波音777飞机空调系统建模

建立波音777飞机空调系统数学模型的目的在于描述空调系统中各个部件的性能和监控参数之间的关系,并用于分析系统故障时各个参数的变化,从而对空调系统进行故障诊断。因而只需考虑空调系统在正常工作状态和故障状态时的区别,而不用考虑空调系统由正常工作状态到故障状态的变化过程,即所建立的系统模型为静态模型^[7]。

为了便于建立空调系统的数学模型,现按空调系统的工作物质(空气)在系统中经过的路径,画出空调系统工作的方块图,如图3所示。

空调系统包含13个主要部件,水收集器只负责除去空气中少量的水分,并无其他的物质和能量交换,在系统建模可以忽略不计。低限活门和ACM一级涡轮是一起联合工作的,在构建模型时对其一起考虑。同样原因,二级涡轮旁通活门和ACM二级涡轮,在构建模型时也应一并考虑。此外,再加热器和冷凝器在实际系统中为一个部件,为简化模型,可其作为一个部件看待。因此,空调系统就被分为了9个环节,分别列出每一个环节的数学模型,消去中间变量后即可得到空调系统的数学模型。鉴于篇幅限制,这里给出四个主要环节数学模型描述。

2.1 流量控制子系统数学模型

流量控制子系统的作用^[8]是控制从引气系统进入空调系统的空气流量,空调系统通过流量传感器来探测这一流量。由

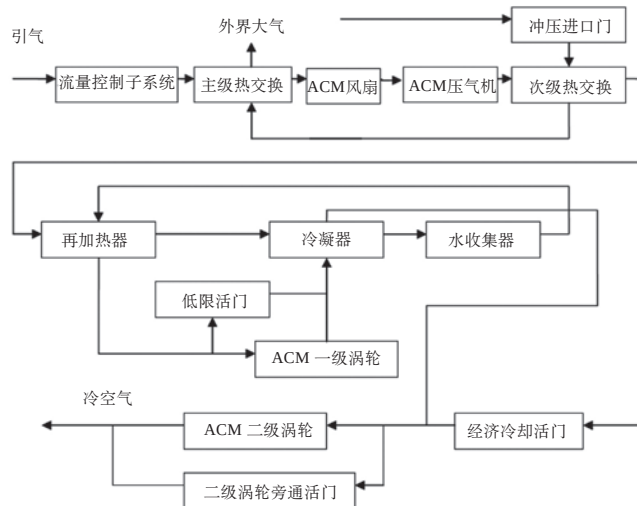


图3 空调系统框图

Fig. 3 Air conditioning system diagram

两部分组成,一部分进入空调系统进行制冷,计作 Q_k ;另一部分进入配平空气系统,用于与空调系统出口的冷空气混合,以调节供向不同舱位的空气温度,这一部分空气流量计作 Q_p 。由此可得:

$$Q_t = Q_k + Q_p \quad (1)$$

由能量守恒原理可得:

$$Q_k C (T_h - T_{ko}) = Q_p C (T_p - T_h) \quad (2)$$

式中, T_h 为配平空气和空调系统空气混合后的空气平均温度, T_{ko} 为空调系统出口处的空气温度, T_p 为配平空气的温度,即引气温度或空调系统进口温度, C 为空气的比热容。

联立上述两式可得:

$$Q_k = \frac{T_p - T_h}{T_p - T_{ko}} Q_p \quad (3)$$

该公式描述了各流量间关系,即为流量控制子系统的数学模型。

2.2 主级热交换器数学模型

主级热交换器^[9,10]是利用从次级热交换器出来的外界冷空气为组件内从气源系统来的热空气散热。其同次级热交换器一样为交叉流式换热器。主级热交换器数学模型可得以下关系式:

$$T_{ex} = \frac{Q_k}{Q_{amb}} (T_{phxi} - T_{phxo}) + T_{isp} \quad (4)$$

$$\Delta T_{mp} = \frac{(T_{phxi} - T_{ex}) - (T_{phxo} - T_{isp})}{\ln \frac{T_{phxi} - T_{ex}}{T_{phxo} - T_{isp}}} \quad (5)$$

$$\Phi_p = Q_k c_a (T_{phxi} - T_{phxo}) = k_p A_p \Delta T_{mp} \quad (6)$$

式中, Q_{amb} 为外界进入热交换器的空气流量, T_{ex} 为外界冷空气在主级热交换器出口处温度, T_{phxi} 、 T_{phxo} 分别为组件中热空气在主级热交换器入口和出口的温度, ΔT_{mp} 为主级热交换器冷、热流间的平均温差, Φ_p 为主级热交换器单位时间内的传热量, c_a 为导热系数, k_p 、 A_p 为主级热交换器的传热系数和传热面积,式(6)即为主级热交换器的数学模型。

2.3 ACM压气机数学模型

ACM是一种功/能转换的设备^[11],当空气通过ACM涡轮时推动涡轮旋转,将空气的内能转换为涡轮旋转的机械能,从而使其内能减少,温度下降。ACM压气机和风扇与涡轮恰恰相反,将从涡轮轴上获得机械能转换为空气的内能。根据能量守恒,可得:

$$W_c + W_f = (W_{t1} + W_{t2}) \eta_{acm} \quad (7)$$

W_c 为ACM压气机功率, W_f 为ACM风扇功率, W_{t1} 和 W_{t2} 分别为ACM一级涡轮功率和二级涡轮功率, η_{acm} 为ACM的机械效率。

根据能量方程,ACM压气机功率为:

$$W_c = Q_k c_p (T_{Co}^t - T_{Ci}^t) = Q_k \left[c_p (T_{Co}^s - T_{Ci}^s) + \frac{1}{2} (V_{Co}^2 - V_{Ci}^2) \right] \quad (8)$$

式中, C_p 为空气的定压比热, T_{Co}^t 、 T_{Ci}^t 分别为ACM压气机出口和进口的空气总温, T_{Co}^s 、 T_{Ci}^s 分别为ACM压气机出口和进口的空气静温, V_{Co} 、 V_{Ci} 分别为ACM压气机出口和进口的空气流速。

由上式可以看出, ACM压气机功率的大小取决于其进出口空气温度的变化和流速的变化。由于ACM压气机的增压比不高, 其进出口管路的尺寸也相同, 所以可以认为 $V_{Co} \approx V_{Ci}$, 在这种情况下ACM压气机功可改写为:

$$W_c = Q_k c_p (T_{Co}^s - T_{Ci}^s) \quad (9)$$

式(9)就是ACM压气机的数学模型。

2.4 ACM风扇数学模型

ACM风扇是ACM的重要部件, 其与ACM的压气机、一级涡轮、二级涡轮同轴。ACM风扇的作用是飞机在地面或低空速时将外界大气抽吸通过空调系统的热交换器, 为空调系统内的热空气散热。根据能量方程可得ACM风扇的功为:

$$W_f = Q_{amb} c_p (T_{fo}^t - T_{phxo}^t) = Q_{amb} \left[c_p (T_{fo}^s - T_{phxo}^s) + \frac{1}{2} (V_{fo}^2 - V_{phxo}^2) \right] \quad (10)$$

T_{fo}^t 、 T_{phxo}^t 分别为ACM风扇出口和进口(即主级热交换器外界大气出口)的空气总温, T_{fo}^s 、 T_{phxo}^s 分别为ACM风扇出口和进口的空气静温, V_{fo} 、 V_{phxo} 分别为ACM风扇出口和进口的空气流速。

由于ACM风扇前后空气流速变化不大, 因此可以将式(10)简化为:

$$W_f = Q_{amb} c_p (T_{fo}^s - T_{phxo}^s) \quad (11)$$

式(11)为ACM风扇的数学模型。

通过对所有9个部件的数学建模, 构成了整个空调系统的静态数学模型。

3 基于参数分析的空调系统故障诊断方法

故障诊断是通过对故障现象的判断, 进而进行故障原因或故障部件定位的过程。传统的航线排故方法一般是通过逐一排除的方法, 即通过逐一换件对故障进行最终的判断。在实际工作中很多不同的故障有着相同或相似的故障现象, 单从故障的表面现象对故障进行分析, 往往很难取得好的故障诊断效果。由于不同的故障往往在其参数上有着不同的特征, 通过分析和鉴别这些模型参数中所包含的信息便可以对故障做出准确的判断。

在建立空调系统9个组件静态数学模型的基础上, 可以通过对其故障机理进行分析, 得到相应的参数分析诊断方法, 这里以两个主要部件为例给出基于参数分析的故障诊断方法。

3.1 热交换器的故障诊断方法

1) 故障机理分析: 热交换器是空调系统的重要部件, 来自气源系统的热空气主要是通过热交换器进行散热, 达到降

低温度的目的。热交换器故障将会直接影响空调系统的制冷效果, 出现空调系统出口温度高, 降温慢等现象。严重时甚至会出现空调系统超温, 造成空调系统保护性断开, 使空调系统无法使用。热交换器属于换热器类部件, 其性能主要体现在在一定平均温差条件下换热器单位时间的换热量, 即换热器基本计算公式中的(换热器导传热系数和传热面积的乘积)。由热交换器引起的空调系统故障, 就是由于热交换器性能下降, 无法满足空调系统设计要求造成的。热交换器故障的主要原因是散热器污染, 污染物主要来自于外界环境, 如灰尘、杨絮等, 这些污染物沉积在换热器表面会形成垢层。垢层的出现会使传热系数减小, 换热器性能下降。较大的外来物进入热交换器, 还会造成部分换热通道堵塞, 使换热面积减小。从以上热交换器机理分析可以看出, 热交换器的故障主要是由于其传热系数或传热面积下降引起的。

2) 参数分析诊断方法: 由于热交换器的传热系数和传热面积的变化是无法从其参数中直接得到, 同时热交换器的故障现象与其他空调部件的故障现象十分相似, 使用传统方法对这一故障做出准确的诊断十分困难。从前面的研究可知, 根据所建立的空调系统数学模型可以对热交换器的传热系数和传热面积的乘积进行计算。因此利用参数分析方法可以有有效的解决这一问题。当空调系统发生故障, 首先对其最近一个航段的状态监控报告进行分析, 利用空调系统数学模型计算出主级和次级热交换器的传热系数和传热面积的乘积, 如果其值相对于正常热交换器的传热系数和传热面积的乘积的平均值明显偏小(如只有正常值的50%或更小), 则可以判断此热交换器的性能已经明显下降, 此故障是由热交换器引起的。此外, 由于热交换器的性能下降一般都是一个渐变的过程, 所以还可以对近期所有航段监控报告进行分析, 如果所计算出的热交换器的传热系数和传热面积的乘积都明显偏小或有逐渐变小的趋势, 也可以判断出此热交换器存在故障, 从而增加对热交换器故障诊断的正确性。

3.2 ACM的故障诊断方法

1) 故障机理分析: ACM是空调系统中唯一工作时高速旋转的部件, 与其他部件相比有着较高故障率。ACM是将空调空气的内能转换为ACM旋转的机械能, 再将ACM旋转的机械能转换为空调空气的内能的能量转换部件。ACM的故障方式一般有两种, 一种是由于内部轴承损坏等原因造成的旋转部件卡阻, 其表现为ACM的能量转换效率大幅下降, 不能满足空调系统设计的工作要求。另一种是由于空调系统调节失当而引起的ACM风扇喘震等原因造成的ACM风扇叶片损坏, 其表现为外部冷却空气流量大幅下降, ACM涡轮功除去机械损耗外

大部分用于ACM压气机对空调空气做功。两种故障在现象上都表现为空调系统出口温度高或空调系统超温,这与热交换器故障和涡轮旁通活门故障的现象相同。因此利用传统的故障诊断方法很难对这一故障做出准确判断。

2) 参数分析诊断方法:由于ACM在高空时工作量较小,利用此时的参数进行分析往往不能准确的反映ACM的工作状态。因此对于ACM的故障分析,一般采用飞机在低高度、低空速飞行时的抓拍数据或地面抓拍数据。

当ACM发生卡阻故障时,ACM的涡轮功将主要用于克服机械摩擦,其传递给压气机和风扇的能量将大幅减少,甚至为零。因此,可以根据数学模型,利用抓拍数据计算ACM压气机功和涡轮功的比值,如果该值接近或等于0,同时主、次级热交换器进出口的温差较小,则说明此ACM有卡阻现象,据此可对故障做出明确诊断。

当ACM的风扇叶片损坏时,其风扇所消耗的功率将急剧下降,ACM的涡轮功将大部分传递给压气机做功。因此,可以根据所建立的数学模型,利用抓拍数据计算ACM压气机功和涡轮功的比值,如果该值接近或等于1,同时主、次级热交换器进出口的温差较小,就说明此ACM极有可能发生了风扇叶片损坏的故障。

4 故障诊断案例

1) 某波音777飞机在北京起飞过程中驾驶舱温度达31℃,与目标温度(20℃)相差10℃以上。

表1 状态监控报告
Table 1 Condition monitor report 1

PALT 压力高度	Ma 马赫数	Pamb 大气压力	Tamb 静温	CALT 客舱高度	POS 位置	Tcri 冷凝器入口温度	Rr 冲压进口门开度	Tt2i 二级涡轮入口温度
26603	0.711	349	-29.8	2271	L	18	0.86	53
Tpo 空调组件出口空气温度	Tphxi 主级热交换器进口温度	Tphxi 主级热交换器出口温度	Tshxi 次级热交换器进口温度	Tshxo 次级热交换器出口温度	Rtb 二级涡轮旁通活门开度	Secv 活门状态	R11 低限活门开度	
29	134	110	120	78	0.53	CLSD	0.52	

表2 状态监控报告2
Table 2 Condition monitor report 2

Tt2i 二级涡轮入口温度	R11 低限活门开度	Pamb 大气压力	Tamb 静温	CALT 客舱高度	POS 位置	Tcri 冷凝器入口温度	Rr 冲压进口门开度
102	0.1	349	-29.8	2271	R	97	0.01
Tpo 空调组件出口空气温度	Tphxi 主级热交换器进口温度	Tphxo 主级热交换器出口温度	Tshxi 次级热交换器进口温度	Tshxo 次级热交换器出口温度	Rtb 二级涡轮旁通活门开度	Secv 活门状态	
94	145	131	132	106	0.02	CLSD	

通过利用上述空调系统数学模型式(1)~(11)对以上状态监控报告数据计算可得,主、次级热交换器的传热系数和传热面积的乘积分别为0.42和0.76。次级热交换器的值仅为正常值(2.39)的31%,主级热交换器的值也仅为正常值(1.03)的40%。由此可以看出,热交换器的性能已经明显下降,以上现象可以断定为热交换器故障所引起。由于飞机在空中,外界大气温度很低,ACM工作量小,其子部件(压气机、涡轮)进出口温差非常小,给ACM计算带来了较大的误差,使其计算结果失去了分析价值。

实际排故过程:地面检查配平空气系统工作正常,根据以往维修经验,先更换ACM,故障依然存在,后更换左组件热交换器,故障排除。

2) 某波音777飞机地面感到空调系统噪声振动,同时右空调系统失效。

根据空调系统数学模型式(10)计算ACM压气机功和涡轮功的比值为0.08,说明ACM的效率已经非常低。因此可以判断此故障由于ACM性能下降引起。

实际排故过程:地面检查发现右空调系统因过热跳开。更换右组件,ACM后故障排除。

5 结论

基于参数分析的故障诊断方法是以数学模型为主要工具,以参数分析为主要手段的故障诊断方法。通过诊断案例可以看出,利用该方法能够准确地对波音777飞机空调系统进行故障诊断,且具有以下特点:

1) 由于采用飞机空调系统的状态监控和抓拍参数作为诊断依据,所以基于参数分析的故障诊断方法与以故障现象作为诊断依据的传统故障诊断方法比较,信息来源更为可靠、准确和全面;

2) 方法中使用了空调系统数学模型,该模型是依据空调系统的工作原理所建立的,在一定层面上可以较准确的反映空调系统的工作状态。因此利用数学模型进行故障诊断有可靠的理论依据,能有效的区分不同故障在参数中反映的特征,从而大大提高故障诊断的准确性;

3) 参数分析故障诊断方法是建立在对空调系统各部件故障形成机理的客观分析研究基础上的,据此所做出的故障诊断更加科学,也更为明确。

参考文献

- [1] 张永生.民用航空维修工程管理概论[M].北京:中国民航出版社, 1999: 116–125.
ZHANG Yongsheng. Civil aviation maintenance engineering management [M]. Beijing: China Civil Aviation Press, 1999: 116–125.(in Chinese)
- [2] 张加圣,王海涛.从波音777的CMCS看航空维修的发展方向[J].航空工程与维修. 2000,(2): 25~26,36.
ZHANG Jiasheng, WANG Haitao. A view of aviation maintenance development from B777 CMCS [J]. Aviation Maintenance and engineering, 2000,(2):25–26,36. (in Chinese)
- [3] BOEING.777AMM(AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL)[Z]. USA: The Boeing Co.,2003.
- [4] BOEING.777FIM(FAULT ISOLATION MANUAL)[Z]. USA: The Boeing Co.,2003.
- [5] BOEING.777SSM(SYSTEM SCHEMATIC MANUAL)[Z]. USA: The Boeing Co.,2003.
- [6] BOEING.777IPC(ILLUSTRATED PARTS CATALOG)[Z]. USA: The Boeing Co.,2003.
- [7] 辛贝贝. 777飞机空调系统故障参数分析诊断方法[D]. 西安:西北工业大学, 2007.
XIN Beibei. BOEING 777 aircraft air condition system parameter analyzes fault diagnosis method[D]. Xi'an: Northwest Polytechnical University, 2007. (in Chinese)
- [8] 杨世铭,陶文铨.传热学[M].北京:高等教育出版社,2006: 169–182.
- YANG Shiming, Tao Wenquan. Diathermancy[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 169–182. (in Chinese)
- [9] 潘继红,田茂盛.管壳式换热器的分析计算[M].北京:科学出版社,1996: 124–131.
PAN Jihong, Tian Maosheng. The analysis and computation of shell and tube heat exchanger[M]. Beijing: Science Press, 1996:124–131. (in Chinese)
- [10] 邓斌,陶文铨. 冷凝器流程布置的数值模拟研究(1):数学模型的建立与验证[J].暖通空调,2006,36(2):47–50.
DENG Bin, TAO Wenquan. The numerical simulation of cooler flow layout (1): mathematical model's establish and validation[J]. Heating, Ventilating and Air Conditioning, 2006.36(2):47–50. (in Chinese)
- [11] 廉筱纯,吴虎. 航空发动机原理[M].西安:西北工业大学出版社, 2005: 87–93.
LIAN Youchun, WU Hu. The principle of aero-engine[M]. Xi'an: Northwest Polytechnical University Press, 2005:87–93. (in Chinese)

作者简介

贺海鸥(1980—)女,硕士,工程师,主要研究方向:机载系统故障诊断。

Tel:01062037880 Email:wander2004@163.com

张新风(1983—)女,本科,助理工程师,主要研究方向:传感器与故障诊断。

Tel:02988646004 E-mail:xiyizxf@163.com

BOEING 777 Air Condition System Fault Diagnosis Based on Parameter Analysis

HE Haio¹, ZHANG Xinfeng^{2,*}

1. China Aviation Planning and Construction Development CO. LTD, People's Republic of China

2. XI YI Group CO. LTD, People's Republic of China

Abstract: In order to improve the rapidity and accuracy of trouble shooting, the aircraft system fault diagnosis approach with parameter analysis was presented by the operation data resource. Based on the analysis of Boeing 777 air condition system principle and modeling, the air condition module mathematical model was built, and moreover, the Boeing 777 air condition system fault diagnosis approach with parameter analysis was presented. The effect of such approach to enhance system maintenance efficiency is validated by the actual fault diagnosis case.

Key Words: B777; air condition system; parameter analysis; fault diagnosis; heat exchanger; air cycle machine

Received: 2013-10-10; Accepted: 2013-12-09

* Corresponding author. Tel. 029-88646004 E-mail: xiyizxf@163.com