

老龄飞机常见故障与结构损伤

Common Fault and Structure Damage on Aging Aircraft

山东航空工程技术公司 张翔 吴金忠



张翔
工程师, 主要从事 CRJ-200、CRJ-700、737-300、737NG 系列民航飞机的定检维修和故障排除工作。

老龄飞机的故障,大部分属于量变导致质变的故障,在量变时检查发现问题,可以有效地避免质变的结果。所以,我们在航线维护以及制定维修计划时都应考虑老龄飞机的状况,结合可靠性研究,尽量降低飞机故障发生率,提高飞机安全性。

确的要求。目前山航的老龄飞机主要是波音 737-300 型飞机。

根据图 1 飞机故障浴盆曲线图显示,当飞机年限到达或接近老龄年限时,飞机系统故障逐渐增多,因此我们要针对逐渐增多的故障做好准备,了解并及时处理发生的故障,下面通过几个方面介绍老龄飞机的常见故障。

飞机系统方面的故障

1 空调及增压系统

(1) 空调系统。

空调系统主要是为驾驶舱、客舱提供舒适的环境,由于夏季气温高,对制冷效果的要求比较高,所以特别容易发生故障,其中空调组件跳开就是空调系统的常见故障之一。总结多年的排故经验,发现空调系统热交换器过脏或堵塞是主要原因;

老龄飞机通常是指使用时限达到设计使用目标(DSO)75%以上的飞机,中国民航局将运行使用时间超过 14 年的民用航空器定义为老龄飞机。近几年,全球范围内老龄飞机的安全事故频发,国内也发生了多起老龄飞机的严重安全隐患和事故征候。因此中国民航局加强了对老龄飞机的重视和管理,并颁布了相应的适航规章和咨询通告,对进一步加强老龄飞机安全运行监控,提出了详细和明

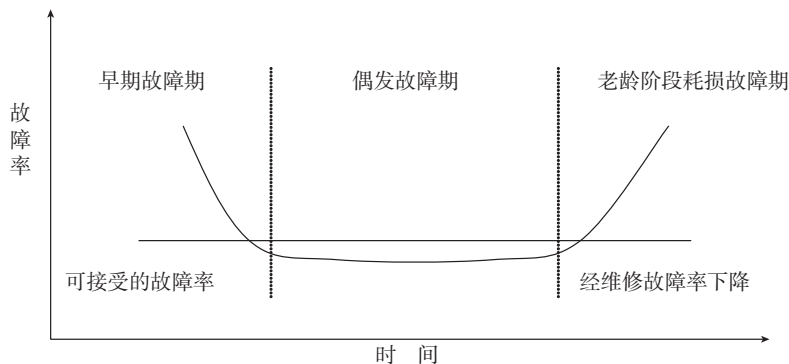


图1 浴盆曲线图

ACM故障、过热电门故障或线路问题也可能引发组件跳开,但故障的次数不多。因此,确保热交换器的清洁是预防空调组件跳开故障的主要方法。目前山航机队全部采用定期拆下空调热交换器进行清洗的方案,经过这几年的实践,已经取得了明显的效果,夏季空调故障率已大大降低。

(2) 增压系统。

随着机龄的增加,机身结构、各舱门的使用,很多密封件及封严发生损坏或老化,使得机身增压区的密封性下降,对飞机增压造成影响,如果漏气严重,会引起客舱高度不能保持和客舱升降率过大的故障,甚至会造成氧气面罩的释放。造成增压区漏气的位置主要有各登机门、勤务门封严、前后货舱门封严、后增压隔框管路封严及余水口等。客舱登机门导向臂铰链轴承磨损,导致登机门下沉,使门在关闭后密封不好,也会导致客舱漏气。

对于此类故障的预防,在日常的航线维护中要检查仔细,充分重视机组反映的相关故障,如有漏气声或压耳感等,不要放过任何一点故障隐患。定检中要仔细检查封严和余水口,发现损伤及时处理。另外还要关注引气系统故障,引气系统出现故障,再加上飞机本身气密性差,可能诱发增压系统故障,所以要及时把引气系统故障处理好。

2 翼身过热探测系统

翼身过热探测故障是防火系统中的常见多发故障。翼身过热探测系统监测机翼和后机身下部是否发生引气泄露而导致过热,翼身过热探测故障的主要原因是过热探测元件失效导致无法探测过热情况。目前排除此故障没有太好的方法,发生故障后只能一段一段脱开探测线,分段测量探测线的绝缘性,以判断探测线的好坏;也可查询控制组件上的故障代码来大概确定失效元件的范围,再对范围内的探测元件逐段隔离测

量,最终排除故障。

3 飞行控制系统

波音737-300飞机的飞行操纵系统主要是由钢索、机械部件、液压部件等组成,随着飞机的老化,机械磨损、液压渗漏等情况逐渐增多,飞行操纵系统指示和警告方面的故障经常发生。

飞机平飞状态时驾驶杆偏转的故障属多发疑难故障,任何导致飞机左右大翼升力不一致的情况,都会引起飞机平飞时的驾驶盘偏转。引起此故障的原因有很多,如后缘襟翼、前缘襟翼和缝翼、扰流板、副翼、方向舵等都有可能。从经验看,大多是后缘襟翼的问题,常见原因有外侧后缘襟翼滑架失效导致前襟翼扭斜、中襟翼SPINDLE裂纹、后襟翼驱动离合器故障导致后襟翼不能到达正确位置等^[1]。

前缘装置指示故障也是常见故障,主要原因是临近传感器故障和线路老化。前缘装置指示系统涉及到二十几个临近传感器,任何一个传感器故障都会在驾驶舱的前缘装置指示面板上有所反映。线路老化导致接线处电阻增大,也会导致故障出现,因此在更换传感器或做此处相关线路的工作时,一定要严格地按照标准线路施工手册的要求,认真做好线路工作。

飞机在起飞阶段容易发生起飞警告故障,襟翼、扰流板、安定面和停留刹车系统中任何一个系统不在起飞要求位置,都会触发起飞警告。常见原因是老旧飞机扰流板手柄长时间使用后内部发涩,不用力无法将手柄放到正确位置,无法作动微动电门而导致故障,而微动电门本身故障或者调节的范围不合适,也会引起故障。山航机队大多数起飞警告故障都是上面原因造成的,由其他原因引起的起飞警告故障比较少。

4 起落架系统

波音737-300飞机的起落架系

统的故障主要集中在起落架位置指示和音响警告、起落架控制手柄异常、E11起落架逻辑架故障、前轮抖动、跑偏故障、起落架减震支柱漏油等^[2]。

安装在起落架上的6个临近传感器提供起落架的位置信号,信号提供到E11起落架逻辑架中的逻辑卡,再由逻辑卡输出信号去控制驾驶舱相应起落架的红灯或绿灯是否点亮。临近传感器直接安装在起落架上,工作环境比较恶劣,起落架指示故障大多由它引起。在更换临近传感器时要严格按照手册要求在主轮舱内的插头处接线,禁止为了工作方便在传感器不远处接线,要避免一条线路上多次接线带来的电阻增加,影响起落架位置的正确指示。

因起落架控制手柄异常而引发的故障,主要是手柄卡滞,手柄内部组件故障,电磁锁跳开关跳出。这些故障一般需要更换起落架手柄锁定电磁线圈或起落架控制手柄。

前轮抖动、跑偏故障的主要原因有前轮磨偏、前轮安装力矩偏小、转弯轴瓦磨损和防扭臂衬套磨损,其中出现最多的是前轮磨偏和前轮安装力矩偏小两种原因。日常航线维护时通过对更换前轮和重新磅前轮安装力矩就能解决问题,另外两种故障的原因通过晃动转弯防扭臂就能发现。

起落架减震支柱漏油主要原因有昼夜温差较大、减震支柱镜面脏、内部磨损,日常维护时发现和排除此类故障的过程也比较简单,只要更换减震支柱封严就可以解决。对于这个问题,日常检查时要特别注意温度变化比较大和秋冬换季时,有渗漏迹象立即做好监控,勤检查,有恶化的趋势时及早安排人员更换减震支柱封严。另外保证减震支柱镜面的洁净可以起到一定的预防作用。

5 发动机引气系统

引气压力低、引气跳开是引气系

统的常见故障。发动机功率不同引气源是不同的,发动机低功率时引气故障是由高压级引气控制部件引起,高功率时引气故障是由低压级引气控制部件或预冷器系统部件引起。其中最为突出和较难排除的是发动机高功率时引气压力低的问题,导致这个问题的主要原因有4个:

(1) 高压引气活门关闭不严或卡滞在某位置不动,导致高温的引气渗漏。

(2) 450°F 恒温传感器门槛值变低提前放气,造成 PRSOV 提前关小。

(3) 390°F 预冷器传感器门槛值变大,推迟打开预冷器控制活门。

(4) 预冷器控制活门失效在偏关位,导致预冷空气不足,预冷效果不良。

这4种故障情况的共同特征是与温度相关信号的不正常变化导致引气压力偏低,原因是传感器部件性能不稳定,不能随温度变化发出正确的信号;或传感器部件信号非正常改变导致温度参数变化使 PRSOV 向关的方向移动,其现象都是温度逐步变化到一定程度故障现象才会体现出来。因此这类故障的出现有一个变化过程,只有在起飞和巡航发动机大功率时故障才会出现,随着发动机功率和飞行高度的变化会加剧或减轻。

另外,由于整个引气系统的控制管路是机械管路,管路之间的信号管渗漏或者堵塞也会造成故障,而且非常难发现,在排故过程中如果已排除多个部件故障还不能排除时,就应该拆下信号管详细检查其有无渗漏或堵塞。结合山航这几年的维修经验,建议飞机在定检期间执行引气系统部件的健康检查工作,此工作在 AMM 手册有详细的检查要求。执行此工作的目的是为了确保飞机引气系统工作的可靠性,从而可以提高飞机增压系统供气的可靠性,降低飞机增压系统的故障率。实践证明执行

引气系统部件的健康检查后有效地降低了引气系统的故障发生率。

机械部件磨损与油液渗漏

飞机上有一些机械部件不属于时控件,经过长时间的使用后内部产生磨损,进而影响飞机的正常操纵。山航机队曾出现过副翼定中机构上隔框轴承磨损、内侧后襟翼离合器磨损,导致驾驶盘操纵重及驾驶杆偏的故障。对于此类故障,可以根据自己公司机队的故障总结情况,采取定期更换的方法来解决,根据经常发生磨损的部件平均寿命制定出一个合适的维修期限,对于工作量比较大的项目,可以结合大的定检来完成。航线维护时,如果机组反映出现类似故障,即使比较轻微,也要尽快确认故障原因,做出磨损部件的更换预案,尽快更换,避免故障恶化。襟翼齿轮盒和丝杠磨损后油液渗漏,前起落架锁作动器连接螺栓磨损在世界机队中多次发现,发动机的 VBV 驱动系统磨损断裂可能导致发动机超温,这些都是在日常的维护中需要注意的问题,建议评估好检查间隔,做好预防维护工作。

渗漏是飞机的常见故障,在老龄飞机上尤为明显。渗漏包括两种,一种是外部渗漏,一种是系统内漏。飞机系统中的液压部件使用过程中,由于长时间的腐蚀或磨损造成内部密封磨损,就会出现液压油渗漏。由于密封胶的老化,大翼根部经常发生燃油渗漏。系统内漏则表现为液压压力低,液压油温度较高,系统工作效率降低,常发生于 PCU、压力组件、EDP、EMDP、甚至自增压式液压油箱等部件。

油液渗漏方面的问题,可以从3方面进行总结:标准、内漏、外漏。

(1) 标准:主要有3个值,门槛值、允许值和最大值。当渗漏在允许值和最大值之间应该进行处理,但航线维护中也要注意提高工作标准。

(2) 内漏:定检中有一些相应的测试项目,一定要测试准确到位,一旦发现超出手册要求的要立即进行部件更换。除了手册中的方法以外,结合维修经验,通过观察压力下降的方法,也能判断出系统内漏的问题。

(3) 外漏:当发现部件外面较脏时,说明有渗漏情况,对于管路的渗漏,应尽快更换管路或接头,不能通过简单的拧紧接头来处理管路渗漏。

对于渗漏问题的控制,主要是航线维护严格把握标准,定检加强检查力度。

线路故障

飞机在长期的运营中,电子设备和其连接的导线以及插接件因其使用的材料不同,将产生不同的腐蚀损伤;金属材料的腐蚀、非金属材料的氧化、磨损等导致的线路老化,从而导致飞机系统线路故障^[3]。

(1) 导致线路故障的原因主要是由于导线不正确的连接和导线问题造成的。不正确的连接主要包括:

① 在进行导线插接件的安装时没有按照手册要求的实施工艺和工具进行做线及安装。

② 修理导线时未按照规范的修理工艺及符合要求的修理材料进行导线修理。

③ 不正确的布线造成导线与相邻结构的干涉或电磁干扰。

(2) 导线问题主要包括:

① 导线外层绝缘层老化,内部金属部分外露,使信号出现异常。

② 由于装配或其他原因致使有些导线距离飞机结构或某些部件很近,加之长期处于振动环境,导线与结构或部件磨擦,造成导线断路或短路。

③ 接线管、接线片等金属接线部件处于高温、高振动、高污染区,工作环境中存在腐蚀条件,经过一段时间后,形成腐蚀,造成接触电阻过大

或断路。部分要求精度较高的地线,长期处于腐蚀环境中,出现接地电阻值超标,无法正常接地。

④ 电插头由于长时间老化或腐蚀,造成插钉接触不良,形成断路或线路电阻增加以及绝缘不好。

⑤ 选用的导线与飞机的系统不匹配,造成信息传递的不可靠。

(3) 老龄飞机系统线路故障的主要特征:

① 对于虚接的导线故障反映的现象可能是时隐时现的故障,或是飞机姿态改变时,故障现象时有时无。

② 由于导线磨损,提供非正常信号的故障现象表现为短时故障出现,但飞机姿态改变时,故障现象再次出现。

③ 由于导线老化造成的阻值异常,故障现象表现为传输的信号不准确,造成指示或控制信号的错误。

对于线路故障,我们可以采取提前预防的措施来降低故障发生率,制定方案定期对相关线路进行检查,排除那些规律性经常发生的故障。如前缘装置指示故障,就可以通过定期对线路、接线片及传感器进行检查,提前发现排除故障隐患。另外,部分电插头工作条件较差,可以采取定期结合定检更换的方式进行故障隐患的排除,如发动机区域的 EGT 指示电插头 D1208。在日常的航线维护工作中线路方面的维护工作不宜过多,波音在电路上无特殊检查的项目,在排故定检中,一旦接近一个区域,则做线路的检查,进行区域检,通过有效的区域检查能够发现线路问题,特别是对一些容易发生问题的区域,如图 2 所示,要进行重点检查,在发现问题后再制定工卡进行修理,而不是提前制定工卡去检查。

结构损伤

老龄飞机结构以金属材料为主,在载荷和环境的长期作用下,以下结构损伤比较突出。



图2 导线装配不好容易磨损的区域

1 腐蚀

腐蚀是金属材料发生了化学或电化学反应,降低了我们需要的强度、刚度、耐久性等性能,发生过程较缓慢但危害很大。腐蚀具有腐蚀区域广、腐蚀程度深、腐蚀超标具有隐蔽性,与疲劳裂纹交互作用导致结构快速失效的特点。发生腐蚀的区域主要有^[4]:

(1) 前后货舱门框下边缘,货舱地板与地板梁的搭接处。

(2) 客舱门框下部结构,座椅导轨。

(3) 厨房、卫生间下方地板及地板与地板梁的搭接处。

(4) 机身下腹部天线与机腹蒙皮搭接处。

(5) 机身下腹部龙骨梁下缘条及前后龙骨梁搭接片紧固件周围。

(6) 机翼前后梁上下缘条与蒙皮的搭接处。



图3 压力隔框结构断裂

(7) 中央翼油箱上表面。

(8) 机身蒙皮与加强板搭接处。

(9) 机身下腹部桁条和隔框局部地区。

(10) 油箱内部等。

(11) 起落架舱区域^[5]。

引起腐蚀的原因主要有:腐蚀保护层的老化,排水孔堵塞,各类腐蚀介质的积累,修理工艺

要求与制造厂工艺要求的不同,同一部位多次清除腐蚀,单次不超标,累加超标;老龄飞机结构材料上会发生晶界腐蚀,失效前不易发觉,在高应力区或周期性低应力区,腐蚀在金属表面形成微缺陷产生应力集中点,在应力作用下产生裂纹,为进一步腐蚀创造条件,进而加速裂纹扩展。

2 疲劳裂纹

疲劳裂纹是金属材料在较低周期性应力作用下产生的开裂,并可快速导致结构部件失效。疲劳裂纹容易出现在以下区域:增压边界结构;在周期性增压载荷作用下,横截面变化处;登机门、货舱门等机身大开口处^[6],承受较大应力的压力隔框;暴露于外部,容易遭受外来机械损伤产生应力集中点处,如图 3 所示。

疲劳裂纹具有以下特点:

(1) 广布特性(WFD),即结构多

个细节部位同时出现具有足够尺寸和密度的裂纹。

(2)多元件损伤(MED),即相邻诸结构元件中同时出现多条疲劳裂纹。

(3)多部位损伤(MSD),即同一结构元件上存在多处裂纹。

(4)相似结构元件或同一结构元件承受相似载荷,机械性能相同,容易产生类似裂纹。

对疲劳裂纹的监控/预防,要使用更先进的检查方法如NDT尽早发现裂纹。对于易发生裂纹的结构,波音一般都发布了SB,对涉及到SB的结构重点监控,根据厂家提供的预防和消除广布疲劳损伤大纲完善维修方案。

3 皱褶和鼓起

皱褶和鼓起是蒙皮或杆结构承受压应力时在固定点之间发生的弯曲失稳。皱褶和鼓起产生原因为蒙皮薄、机体自重导致蒙皮受压,多存在于前后机身下部,水平安定面下表面,表现为同一部位数量较多,向内变形明显,SRM手册中有较大容许量(0.15~0.18IN),边界区易产生裂纹,如图4所示。

4 加强对结构损伤的管控

飞机进入老龄后结构完整性问题突出,所以进入老龄之前的评估检查就显得非常重要,要从以下5个方面入手:



图4 机身蒙皮皱褶

(1)对历次定检中飞机主要结构上发生的腐蚀、裂纹进行统计,建立单架飞机主要结构损伤清单。

(2)普查飞机增压边界修理情况,绘制机身增压边界修理图。

(3)根据以上统计结果分析损伤发生的重点区域,加强监控改进要求。

(4)视情执行相关SB以减少非计划性停场、重复检查费用,提前购置改装包减少停飞待料时间、AOG订货费用。

(5)航线维护中加强对易腐蚀区域的检查,发现问题后安排时间及彻底的处理。

对老龄飞机结构维护计划从5个方面加强了管控:

(1)根据腐蚀防护与控制大纲(CPCP),建立相应的基于区域检的特殊腐蚀检查程序,并且根据实际执行情况对原波音提供的检查程序进行实时修正。

(2)根据机身增压边界修理评估(RAG),对所有位于机身增压边界(Skin and Bulkhead Webs)的修理按照波音修理评估大纲进行评估,将修理进行分类,如果需要,将附加的检查要求加入到维修方案中,或进行重新修理。

(3)制定补充结构检查方案

(SSID),按照波音SSID对现有的维修方案进行评估。如果现有的方案满足要求,则不需要增加工作;如果现有维修方案不能满足要求,则需要增加检查要求或缩短检查间隔

或采取更加有效的检查方法。

(4)强制改装方案(AD/SB),对于有潜在安全问题、出现问题可能性高、不容易接近或检查的结构,选出与其相关的SB,要求强制执行。

(5)评估广布疲劳损伤(WFD),一个结构元件上出现多个裂纹或多个相邻的结构元件上都出现裂纹,这两种情况都会严重影响飞机结构的完整性,出现这种情况的时间被定义为目前有技术支持的维修方案有效性极限,波音737-300飞机初步定义极限为100000总飞行循环。为了避免出现这种情况,就需要在飞机达到100000总飞行循环时或之前增加针对性的检查或改装。

结束语

老龄飞机的故障,大部分属于量变导致质变的故障,在量变时检查发现问题,可以有效地避免质变的结果。所以,我们在航线维护以及制定维修计划时都应考虑老龄飞机的状况,结合可靠性研究,尽量降低飞机故障发生率,提高飞机安全性。本文列举的各种故障,只要有计划的制定合理的维修方案,加上航线维护上的重视,应该可以使飞机有效的处于安全的持续适航状态。

参考文献

- [1] 王颀. 老旧飞机故障经验总结与分析. 中国科技信息, 2011(8):172-174.
- [2] 张翔,陈海军. 737-300型飞机起落架常见故障分析. 西安航空技术高等专科学校学报, 2012(3):34-37.
- [3] 冯又欣. 老龄飞机电子系统线路故障的维修及预防. 航空维修与工程, 2010(3):62-63.
- [4] 肖坤洲. 老龄飞机的腐蚀与控制. 全面腐蚀控制, 2004(10):12-14.
- [5] 刘世兴,杜洪增,白杰. 老龄飞机腐蚀问题研究. 中国民航学院学报, 2004(6):93-95.
- [6] 黄昌龙,万小朋. 老龄飞机面临的问题及解决思路. 航空维修与工程, 2009(4):40-42.

(责编 深蓝)