

民用飞机EWIS隔离设计

EWIS Separation of Civil Aircraft

王怡华 / 上海飞机设计研究院

摘要:通过对适航规章的分析,提出了民用飞机EWIS部件,尤其是电线电缆的隔离原则,制定了隔离方案并介绍了常用的隔离保护物,以达到保护EWIS部件,使其稳定长期地工作,从而保证飞行安全的目的。

关键词: 电气线路互联系统; 隔离; 防护; 适航; 安全性

Keywords: EWIS; separation; protection; airworthiness; safety

0 引言

民用飞机电气线路互联系统(EWIS)是否能安全地传输电能,关乎飞机的持续安全运行。发生EWIS故障时,EWIS部件与其他EWIS部件、系统或结构之间的分离对确保将故障后果降低至可接受水平至关重要。

能还需要反射镜、放大镜或其他方法进行辅助检查,有时需要检查表面清洁,且检查步骤精细。DI与GVI最大的不同是允许触觉检查。

4 结论

EWIS是一个复杂的系统,它高度集中,使用多种大量的元器件,是飞机上最后一个被综合的系统,具有高度的构型项,在生产方面也有高峰期。针对如此复杂的系统,如何深入理解适航条款对EWIS安全的要求,用何种安全评估方法可以更全面和准确地对EWIS失效模式进行评估并获得所需数据,是今后我国民用飞机EWIS设计与安全分析中值得研究和深入探讨的方向。

AST

参考文献

[1] Clifton A Ericson II. Hazard

1 EWIS隔离的规章要求

CCAR-25R4的§ 25.1707条款对EWIS的隔离提出了适航要求^[1]。其中,25.1707(a)款是EWIS设计、安装的通用规范要求,定义了系统分离的目的和方法。

纵观25.1707条款要求,EWIS系统隔离按对象可分为与其他系统部件的

analysis techniques for system safety[M]. John Wiley & Sons, Inc.,2005.

[2] Gangloff W C. Common mode failure analysis[J]. Power apparatus and systems, IEEE Transactions on ,1975, 94 (1):27-30.

[3] Press V L, Bruning A M. Advanced Risk Assessment Methods for Aircraft EWIS[C]. 6th Joint FAA/DoD/NASA Conference on Aging Aircraft, 2002.

[4] SAE ARP 4761 Guidelines & Methods for conducting the safety assessment process on civil airborne systems and equipment[Z].1996.

[5] Moffat B G, Abraham E, Desmullies M P Y, Koltsov D, Richardson A.Failure mechanisms of legacy aircraft wiring and interconnects[J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical

隔离以及EWIS系统内部线束之间的隔离,按性质可分为功能隔离和物理损害隔离,按方法可分为通过距离分离和通过等效距离保护隔离。

25.1707(e)、(f)、(g)、(h)、(i)、(j)和(l)款提出了EWIS与其他系统之间的具体隔离要求。需要考虑的系统包括:燃油

Insulation, 2008, 15(3):808-822.

[6] SAE ARP 4754 guidelines for development of civil aircraft and systems[Z]. 1996.

[7] FAR Part 25 Airworthiness Standards[S]. Transport Category Airplanes, FAA.

[8] Development of an Electrical Wire Interconnect System Risk Assessment Tool[Z]. FAA. 2006.

[9] AC 25.1309-1A system design and analysis[Z].

[10] AC 25.1701-1 Certification of Electrical Wiring Interconnection Systems on Transport Category Airplane[Z].

作者简介

柳丛,硕士,助理工程师,设计员,主要研究方向为EWIS系统架构和系统安全分析。

系统部件、液压系统部件、氧气系统部件、水/废水系统部件、可移动部件、发热设备和热空气管路以及飞机结构。25.1707(b)、(c)、(d)和(k)款则为线路之间的具体隔离要求。

2 EWIS隔离原则

在预期的服务寿命中,飞机的持续安全运行依靠EWIS电能的传送。如果EWIS发生失效,隔离所起的作用是确保失效的有害影响减少到可接受的等级。隔离是依靠物理的间隔、挡板或其他方法,达到减轻单线束或可扩散至2个到多个线束的失效的危害,或达到减轻在电气线束和机械系统之间的损坏。

足够的隔离距离是优选的方法,因为隔离保护物本身可能造成EWIS部件损伤(如管道内摩擦)并引起维修错误,如维修时移除隔离保护物后因疏忽将其遗忘在飞机上。隔离保护物也会影响EWIS的目视检查^[2]。当客观条件不允许采用距离隔离时,也可以采用能够表明与隔离距离所取得的效果的所有特性都等效的其他物理隔离方法,此时应考虑保护物的绝缘强度、使用温度范围、抗化学能力以及机械强度等因素。当使用线束管套来提供分离时,设计者应考虑管套自身是否易发生与导线绝缘层同类的损伤。必须对每一项具体应用选择合适类型的管套,并且在设计中充分考虑管套不会受到降低其分离效果的损伤。

3 EWIS隔离方案

确定必须的物理分离距离量很重要。但由于每一个系统设计和机型可能是唯一的,且制造厂商使用不同的设计标准和安装技术,因此本文的隔离方案不给出具体的分离距离,而是要求选择的分离量在考虑了机上可用空间的情况下,足以使EWIS部件的故障不至对

整机或系统产生危险影响。

3.1 线路与其他系统的隔离

1) 与易燃液体的隔离

通常EWIS部件,特别是电气布线与易燃液体(燃油、液压、氧气和水/废水等)的管路和设备之间的电弧故障将导致流体泄漏污染或引发火灾,电弧刺破水管或废水管也可造成液体进入其他飞机系统并引起危险状况。EWIS的设计和安装必须确保充分分离,使得某个EWIS部件的故障不会引起液体管路或设备故障,且任何这些系统的液体泄漏至EWIS部件不会引发危险状况。

布线应与所有液体管路和设备(燃油、液压、氧气、水/废水)尽可能保持一定间隔。线束必须由主支撑可靠固定,安装线束的主支撑不应悬挂在液体管路和设备上。线束应在液体管路和设备的上方敷设,以防被正常环境或意外泄露引发的溢出液体污染或浸泡。无法满足要求时,线束必须与管路成一定夹角从其下方穿过,而不得平行并保持一定距离安装。除规定的分离距离外,应考虑其他保护方法(如防漏屏蔽)来防止液体泄漏至EWIS上。

2) 机械钢索和活动部件

在EWIS的设计和安装中,为了避免EWIS部件的磨损、阻塞或不受控制,必须对EWIS部件与机械钢索以及其他活动部件进行物理隔离。隔离不充分的情况下,电弧故障可能对操纵钢索造成损伤或将其切断。飞控可移动部件附近的电缆敷设通道必须固定,应该间隔一定距离,以保证在单连接点失效的情况下不会与飞控电缆、部件或其他可活动部件产生干涉。个别位置不能符合该要求时,必须采取局部保护措施,如采用卡箍可靠固定等方式以使单个固定点的故障不会干扰到钢索、其他活动部件或可动设备。

3) 加温/高温设备和热气管路

EWIS的设计和安装必须使EWIS部件与加温/高温设备、热气管路保持足够的物理分离。高温可导致导线绝缘层和其他EWIS部件的老化,如果没有对导线或部件类型进行谨慎选择,可能造成导线或部件的失效。当导线发生电弧故障时,电弧可穿透热气管路并引起高温、高压空气的泄漏,损坏周围各种飞机系统部件并可能引发危险状况。导线必须根据载流能力定级以使导体温度保持在环境温度下规定的最大温升范围内。EWIS部件应避免布置在加温/高温设备或热导管上方。

4) 结构锐边

每个EWIS的设计和安装必须与飞机部件和飞机结构具有足够的物理分离,保护EWIS避免与锐利的边角接触,将潜在的磨损、振动损坏和其他类型的机械损伤降至最低。如无法保证足够的分离距离,必须在EWIS部件或结构上采取等效的隔离防护措施。

3.2 系统内部线路间的隔离

线路间隔离的目的是避免线路之间的EMI干扰,确保电源的独立性,降低冗余系统间同时失效的可能性。

1) 线路电磁干扰隔离

电缆之间的耦合会使飞机系统和线路受到电磁干扰。设计中不允许系统功能受到临近导线的电磁干扰影响。敏感线路与电磁干扰源线路之间的电磁干扰随着平行敷设长度的增加而增加,随着隔离距离的增加而减少。EMI应限制在对与持续安全飞行、着陆相关的系统布线可忽略的级别。系统功能不应受临近线路产生的EMI影响。

可对每根导线的电磁兼容性进行分类,然后按导线类别进行隔离敷设,在敏感和易产生感应的电缆之间设置EMC隔板。

关键系统相关线路的电磁干扰应

被限制在可忽略的标准内,即关键系统的功能不应被临近布线产生的电磁干扰所影响。应按照防护的目的将它们的屏蔽层单点或者多点接地。飞机结构件的良好电搭接性能,可以作为防电磁干扰的屏蔽防护来利用。

某些电磁兼容性问题可能是由已安装的其他系统或设备的设计特征与该设备本身的安装物理特性等因素引起的,飞机地面电磁干扰测试和飞行中电磁干扰测试就成为检测电磁兼容性的唯一标准。

2) 独立飞机电源隔离

独立飞机电源是指整机或主要子系统使用的综合电源,如发动机、APU驱动发动机、蓄电池和冲压空气涡轮。

为确保单个电源的独立性,使得单个接地故障不会引起多重的电源故障,禁止飞机独立电源之间共用同一接地端。为防止其他飞机系统产生对电源系统的有害干扰,禁止飞机的静电接地与任何飞机独立电源共用同一接地端。

3) 冗余系统隔离

在正常或应急情况下,维持飞机安全飞行的重要系统要求冗余度设计。关键系统(飞控、发动机、起落架等)冗余布线应相互隔离敷设。为预防冗余系统中一个系统的损坏影响其他系统正常工作,两个相互备用的系统布线应尽可能

远离,并提供所有冗余系统设备独立电气绝缘。设计中,不同冗余系统的导线应穿过不同的连接器,并应选择由不同的电源供电,接地点也应该分开设置。

4 常用隔离元器件

1) 主支撑

线束敷设时常采用卡箍与高支撑或机械卡带与安装座的组合来作为主支撑。常用的卡箍有带垫金属卡箍和开口尼龙卡箍。卡箍的选择主要根据线束的安装环境和线束特性来决定。带垫金属卡箍主要用于防火区、高温强振区、SWAMP区以及主馈电线、高频同轴电缆等,尼龙卡箍主要用于低温、低振区的布线。

2) 绑扎带

绑扎带主要用于制造线束时的定点绑扎,可按A-A-52081~A-A-52084标准,根据不同的使用环境温度选用。完成的编织物应平滑和紧凑,电缆绑扎带之间不能有电缆松弛或鼓起。

3) 绝缘管和绝缘带

绝缘管和绝缘带的种类很多,主要有螺旋缠绕管、塑料绝缘管、热收缩管、压敏胶带、模缩套和出线嘴等。带金属编织套或屏蔽层的线束必须有非金属防护外套。螺旋缠绕管(图1(a))安装方便,不易截留液体,便于线束分叉,对线束有紧固和延缓磨损作用,适用于线束

的局部防护。另外,也可使用缠绕带,包括压敏胶带,胶带的端头应绑扎或采取其他防松开的可靠措施处理。自卷绕编织套(图1(b))也适用于电缆和线束的机械保护。高温电气绝缘自粘胶带(图1(c))是自粘固化的硅橡胶带,用于电缆和线束的机械保护。

4) 隔离子

线束隔离子(图1(d))用

于分离线束,以免线束在交叉时互相接触产生有害影响。可根据线束的安装状态、数量、并行距离等条件选用隔离子,同时应注意材料是否符合安装环境温度及线束使用温度的要求。通常隔离子不适用于电传飞控系统的线束隔离。

5) 防磨边、穿墙垫

防磨边可按NASM21266标准选用,材料为尼龙,要求最小使用温度范围为 $-40\sim 135^{\circ}\text{C}$ 。通常情况下,当结构开孔直径 $d\leq 1.75\text{in}$ 时,优先选用穿墙垫;当结构开孔直径 $d> 1.75\text{in}$ 或结构开孔不是圆形时,则选用防磨边。防磨边和穿墙垫的使用可有效降低结构锐边对EWIS部件的损伤。

5 结论

电气线路设计时,线束与其他部件的分离距离必须同时满足与其他系统部件的隔离或系统内部线束之间的隔离的所有要求,并且还需要综合考虑特定风险,从而最终确定分离距离。飞机上某些区域内可能存在局部无法维持最小物理分离距离的情况,在这些情况下,可采用各种隔离元器件对线束作隔离防护,并通过测试或分析,证明不会危及飞机的安全运行。

AST

参考文献

- [1] 中国民用航空规章第25部运输类飞机适航标准[S]. 中国民用航空局, 2010.
- [2] AC25.1701-1C; Certification of Electrical Wiring Interconnection Systems on Transport Category Airplanes[Z]. Federal Aviation Administration, 2007.

作者简介

王怡华, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为EWIS设计与适航验证。



图1 常用隔离元器件