

民机液压能源系统防火安全性适航条款符合性分析

Analysis to Compliance with the Airworthiness Item of Fire-Protection of Hydraulic System

张瑞华 / 中国商飞上海飞机设计研究院

摘要: 针对CCAR-25R4中适用于液压能源系统的防火条款, 就某型号民用飞机液压能源系统进行符合性说明。

关键词: 液压能源系统; 系统防火; 适航条款

Keywords: hydraulic power system; system fire-protection; airworthiness item

0 引言

飞机的液压能源系统承担着飞机的能源供给, 必须确保其安全性。通常液压系统是由充满液压油的液压管路来传递动力。所以, 防火安全是液压系统安全的关键。以往民机的设计多以全机的防火安全性为主要设计原则, 飞机各个系统的系统论述较少。本文以某型号民机的液压能源系统为例, 从液压系统角度出发对其防火适航条款的符合性进行分析。

1 液压系统防火概述

液压系统是为飞机上的液压用户提供液压能源。某型号民机的主要液压用户有: 飞行控制系统、高升力系统、起落架系统和RAT地面收回等。它采用了传统的三套液压分系统(1#、2#和3#系统)的主流液压架构。主流液压系统仍然采用液压油传动, 易出现油液泄漏, 如果还存在点火源, 那么对于飞机飞行安全是极大的威胁。所以该型号民机的液压系统的防火设计要完全符合适航条款的要求, 以满足飞机的安全性要求。

2 液压系统的适航条款符合性

2.1 液压能源系统适用的适航条款

在安全性审定基础、支撑标准和规范中, 航空界普遍认可的是适航审定基础。在我国采用的是《中国民用航空规章第25部》CCAR-25R4, 它是编写安全性方案和开展安全性活动的重要输入和依据。CCAR-25R4中对于全机防火的适航条款较多, 但对于液压能源系统的安全性而言, 还需要严格考虑适航条款对系统本身的防火安全性要求。对于该型号飞机液压系统适用的防火适航条款归纳如表1所示。

2.2 适航条款的符合性分析

工程设计是保证系统符合性的首要环节。从民机安全性设计要求出发, 该型号飞机的液压系统防火设计是以系统设计技术规范、相关适航条款及其符合性方法为设计要求。在设计阶段对系统方案采用了计算、类比、安全性分析等方法, 同时也采

用了民机设计中成熟、先进的设计技术, 借鉴现役民机成熟经验, 来保证系统的设计符合条款要求以及设计指标要求。总之, 该型号民机必须要通过对适航条款的逐条验证来表明液压系统防火的符合性。

1) D分部: 设计与构造的适航条款

关于可燃液体的防火, 25.863(a)提出必须有措施尽量减少渗漏液体或蒸气的点燃概率。由于该民机液压系统的可能泄漏源为发动机泵、电动泵、其他液压元件的外部接头及管路的连接处。主要方式是油箱放油阀的

表1 液压能源系统适用的防火适航条款

适航条款号	适航条款名称
D部分: 设计与构造 防火	
863	可燃液体的防火
E部分: 动力装置 燃油系统	
981(a)	燃油箱点燃防护
1182(a)	防火墙后面的短舱区域和包含可燃液体导管的发动机吊舱连接结构
1183(a)	输送可燃液体的组件
1185	可燃液体
1189(a) (c) (d) (e) (f) (g) (h)	切断措施
F部分: 设备 其他设备	
1435(b) (4)	液压系统

释压放油, 发动机泵和电动泵传动轴密封的泄漏, 管路连接处的渗漏。所以, 该型号民机的液压管路采用在波音、空客飞机上广泛应用的管路连接方式, 减少管路连接点管路渗漏可能性降低; 在可能存在外部泄漏的元件接口系统中, 采用统一收集泄漏油液; 有油气聚集的舱室保持良好通风, 以吹散油气, 使油气浓度低于可燃程度; 发动机的防火手柄可关闭液压防火切断阀, 继而切断发动机泵吸油管路; 发动机驱动泵(EDP)泵轴密封泄漏出口连接到发动机齿轮箱排油口, 由发动机统一收集和處理; 电动泵、油箱、PTU泄漏的液压油都连接到易于拆装维护的溢油瓶中。这些措施都有效地减少了渗漏、降低了可燃蒸气的点燃概率。

25.863(b)规定了在用分析或试验的方法表明符合(a)条款的要求时须考虑的一些因素。本条中的因素在该型号飞机对液压系统进行过热安全性分析, 并对关键的液压系统部件进行耐火性的设备鉴定试验。

25.863(c)提出必须具备有迅速动作的报警装置。该型号民机液压系统设置了温度传感器、温度开关、热熔保险丝等来预防过热点燃风险。温度传感器用来监测油箱内液压油温度并用来在驾驶舱内指示油液水平; 油箱上的温度开关当油箱温度达到135℃时用来关闭防火切断阀和给EDP卸荷; 热熔保险丝在温度达到极限值会熔断电路来保护设备防止过热, 为灾难性过热提供保障。

25.863(d)规定必须确定可能溢出的可燃液体或蒸气的部位和范围。由该型号飞机液压系统的布局知: 1#与2#液压能源系统的主要元件分别布置在飞机主起舱后面的两侧翼身整流罩内, 3#液压能源系统的液压元件布置在后设备舱内。液压能源系统管路广泛分布在全机

各区域。对于系统元件采用生态瓶收集油液, 对于易泄露管接头采用开漏油孔不会造成油液聚集, 故符合该条款。

2) E分部: 动力装置的适航条款 a. 燃油箱点燃防护

981(a)阐述了燃油箱点火源的防护: 不但需要防止油箱内及临近部位存在可能点燃油箱内燃油蒸气的热表面, 即燃油箱内的最高温度应低于预定使用的燃油的自然温度, 并留有一定的安全余量; 而且要防止由于燃油箱内或临界部位燃油系统的单故障、潜在故障以及组合故障导致形成点火源。

该型号飞机的液压系统在燃油箱的布置原则完全考虑了该条款要求。液压系统采取多重措施限制系统温度: 每套系统均设有温度传感器, 当温度过高会发出报警, 飞行员可以选择关闭或不关闭系统; 每套系统均设有温度开关, 当温度过高会自动切断该系统泵的吸油; 1#和2#系统设置了防火切断阀, 当温度过高可以切断EDP的吸油。1#和2#系统还设置了热熔断阀, 当上述措施无效时, 温度继续升高超过291°F时, 热熔断阀会融化, 将过热液压油直接排出机外, 而此时距液压油燃点(350°F)相差59°F。因此液压能源系统不会成为燃油箱的点火源。

b. 动力装置的防火

防火墙后面的短舱区域一般装有系统的导管和附件, 25.1182(a)条款中要求这个区域在指定火区着火情况下, 要承受高温的影响, 因此应按不低于指定火区的要求设计。25.1183(a)条款是为了防止可燃液体管路、部件及可燃液体箱被烧穿及随后可燃液体的渗漏。25.1185是要求燃油、可燃液体或蒸气油箱、容器或收集器与发动机、发动机舱及其他指定火区有效隔离, 从而在正常或紧急运行中, 阻

止从火区到燃油、可燃液体及蒸气油箱、容器或收集器的危险的传热。条款的目的是确保具有安全、有效的措施来切断流经发动机或APU指定火区的危险量的可燃液体。

首先, 某型号飞机的液压系统在防火墙后面的短舱区域和包含可燃液体导管的发动机吊舱处的连接结构和导管都采用不锈钢材料, 满足耐火5分钟的要求。同时, 液压系统安装在指定火区的元件主要有EDP及与EDP相连的导管, 也采用耐火材料制成。其次, 在液压系统布置上还考虑了火区影响, 将1#和2#液压油箱安装在翼身整流包, 3#油箱安装在后附件舱, 与指定火区相距甚远, 避免火区对整个液压系统的破坏。同时, 在1#系统和2#系统都装有防火切断阀, 防火切断阀的作用是当1#或2#系统温度过高或发动机舱内着火时切断向EDP供应液压油, 以避免使液压油流向指定火区。防火切断阀的动作只对液压能源系统自身有影响, 不影响其他系统。为了防止防火切断阀被误动, 在防火切断阀上方开有保险盖, 并且既可以切断也可以复位, 满足了切断措施有效。

3) F分部: 设备的适航条款

设备章节条款1435是液压系统的主条款, 强调了液压系统元件设计和试验、系统设计和系统集成试验的适航要求。其中(b)(4)条款是液压系统的防火条款, 由于该型号飞机液压系统使用的是磷酸酯基阻燃液压油, 管路和元件的材料等都有必要采取防火措施。液压能源系统的产品鉴定试验计划安排了环境试验表明对防火条款的符合性。同时, 液压能源系统在驾驶舱设置了简图页, 包括1#、2#液压能源系统防火切断阀工作状态。根据某型号飞机液压能源系统布局设计方

民用客机机载软件SOI评审初探

SOI Review for Civil Aircraft Airborne Software

陈一可 / 中国商飞上海飞机设计研究院

摘要: 依据民航对机载软件SOI的相关定义和指导性文件的解读, 结合某型号民航审定经验, 阐述了机载软件SOI评审的定义和执行方法等内容。

关键词: 机载软件; 阶段介入性评审; DO-178B目标

Keywords: airborne software; SOI; DO-178B objectives

1 SOI的定义

SOI (Stage of Involvement) 称为阶段介入性评审, 是美国联邦航空局 (FAA) 为了监控软件的生命周期过程, 并确定其与DO-178B的符合性而定义的对机载软件的过程监控的评审方式。它是FAA颁布的关于机载软件批准方面的指南, 面向的群体是FAA审查人员及具有软件授权的工程委任代表 (DER), 文件内容主要包括对上述人员在软件审查过程中需要进行的一系列活动的指导, 以及一些特殊的审查考虑。

FAA Order 8110.49第2章“软件评审过程 (Software Review Process)”中对SOI评审进行了明确定义, 共分为4个阶段。

SOI#1——软件计划阶段评审

(Software Planning Review);

SOI#2——软件开发阶段评审 (Software Development Review);

SOI#3——软件验证阶段评审 (Software Verification Review);

SOI#4——软件最终审定评审 (Final Certification Software Review)。

2 SOI的具体过程

2.1 软件计划阶段评审

软件计划阶段评审 (SOI#1) 是局方对软件介入的首次审核, 主要针对软件的各类计划进行评审。当然作为计划的一部分, 一些开发标准也是包括在这个评审中的。因此SOI#1主要评审的数据是DO-178B中定义的软件计划文件, 包括以下几方面。

1) 软件合格审定计划 (PSAC);

2) 软件开发计划 (SDP);

3) 软件验证计划 (SVP);

4) 软件构型管理计划 (SCMP);

5) 软件质量保证计划 (SQAP);

6) 工具鉴定计划 (TQP) (视情况需要);

7) 开发标准, 包括软件需求标准, 软件设计标准, 软件编码标准。

而上述评审数据的重点是PSAC, 由于PSAC是局方至少需要批准的三份数据之一 (其余两份是SCI和SAS, 后文将有介绍), 同时PSAC可以说是对整个软件计划的汇总, 是其他计划和标准文件的总纲。因此PSAC得到局方批准是SOI#1完成的重要指标之一。

SOI#1的最终目的是要满足DO-178B 附录A Table A-1“计划相关”的所有目标、Table A-8“构

案, 液压能源系统所有元件以及管路都不从客舱和驾驶舱经过, 保证了防火安全性, 符合条款要求。

3 结论

综上所述, 液压能源系统的防火适航条款均有相应的措施表明其符合性, 符合性验证工作还需通过详细的

计算分析、试验验证、符合性检查等方法来实现。由于适航条款仅是型号设计过程中保证安全性的最低要求。本文从适航条款方面来说明该型号民机的液压系统防火设计满足基本要求, 所以该型号飞机的更高安全性要求必须通过更详细更严谨的适航验证工作来体现。

AST

参考文献

[1] CCAR-25R4中国民用航空规章第25部运输类飞机适航标准[S]. CAAC.

作者简介

张瑞华, 助理工程师, 主要从事液压系统设计适航工作。