

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2019.02.007

运输类飞机适航标准第 25.979(b)(1) 项 要求及符合性验证研究 Requirements and Compliance Verification of 25.979(b)(1)

毛文懿 宋志强 / MAO Wenyi SONG Zhiqiang

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

运输类飞机适航标准第 25.979(b)(1) 项要求压力加油系统在每次加油前能检查自动切断功能是否正常。分析了飞机压力加油系统自动切断设施的典型设计及对应的符合性验证思路,为运输类飞机燃油系统的设计和符合性验证提供参考。

关键词: 适航; 自动切断设施; 符合性方法; 等效安全

中图分类号: V221+.91

文献标识码: A

OSID:



[Abstract] It is required according to 25.979(b)(1) that the automatic shutoff means could check properly shut-off operation before each fueling of the tank. This paper is focused on the typical design of automatic shutoff means and the corresponding compliance methods for this regulation. The results could be the guidance for design and certification on the fuel system for transport category airplane.

[Keywords] airworthiness; automatic shutoff means; method of compliance (MOC); equivalent level of safety (ELOS)

0 引言

加油系统是运输类飞机燃油系统的重要子系统,几乎在每次飞行前,都需要对飞机进行加油操作^[1]。运输类飞机通常设置有大容量的燃油箱,为满足在短时间内完成飞机燃油箱加油操作的要求,运输类飞机加油系统必须具备压力加油的功能。

对于为满足快速加油需求而设置的压力加油系统,适航条款除要求能实现其预期的功能外,还重点关注对如下安全问题的控制:燃油箱内的燃油量超过该燃油箱经批准的最大载油量,导致燃油溢出或燃油箱膨胀空间被侵占;压力加油时,燃油箱内/外压差超出燃油箱结构承载可接受的范围,导致燃油箱结构损坏;在燃油箱内引入点火源,导致燃油或燃

油蒸气点燃,引发爆炸;加油时可能出现的高压力波动,导致压力加油系统损坏等。由于超压状态导致的破坏属于隐蔽故障,往往直到出现显著的燃油泄漏或结构失效时才显现,因此,在压力加油系统中设置自动切断功能必须且重要。

1 适航条款要求

《运输类飞机适航标准》中第 25.979 条压力加油系统(b)(1)项的要求^[2]:必须装有自动切断设施,用以防止每个油箱内的燃油量超过该油箱经批准的最大载油量。该设施必须满足在油箱每次加油前,能够检查切断功能是否正常。

2 适航条款要求解析

第 25.979(b)(1) 项的意图是确保自动切断设

施在必要时是可用的。根据 FAA 所发布的第 25-11 号修正案中的解释说明,第 25.979(b)(c) 款旨在将失效-安全理念应用于燃油箱超压的危险防护,并确保将与燃油箱超压危险相关的失效-安全理念应用达到安全所需的水平。在条款修订前,第 25.979(b) 款要求“除限制燃油箱容量的常规设施外,必须安装有在常规设施失效时可阻止燃油箱损坏的设施”,其中“常规设施”是第 25.969 条提出的防止意外侵占燃油箱膨胀空间的设施,其通常是燃油切断阀。除限制燃油箱容量的常规设施外的设施则通常采用类似的阀门,其被设计为在作为“常规设施”的燃油切断阀失效时工作。由于此类阀门通常使用通用的元器件,而该元器件的共模故障可能会导致两个阀门同时失效。这导致与燃油箱超压危险相关的失效-安全理念应用没有达到安全所需的水平。因此,修订后的第 25.979(b) 款要求将限制燃油箱容量的“常规设施”设计为:能够检查切断功能是否正常^[3]。

自动切断设施的第一个备份特征是基于第 25.979(b)(2) 项所要求的自动切断措施失效指示。第二个备份特征是第 25.979(c) 款所要求的具有在自动切断设施失效时,防止破坏性燃油箱超压的措施;其通常可通过设计适当的燃油箱通气系统尺寸或设置释压阀等来实现^[3]。

3 符合性验证思路

第 25.979(b)(1) 项要求在每次对燃油箱进行压力加油前,检查切断功能是否正常。需检查其功能是否正常的对象为:在燃油箱内燃油量达到经批准的最大燃油量时,用于自动切断压力加油的所有部件。通常,压力加油系统的自动切断功能通过如下部件实现:加/抽油控制板、压力加油管路、加油切断阀、压力加油信号传感器、高油位浮子阀(包括对应的引压管)、加油电磁阀、高油位传感器等,此外还包括上述部件中电动部件对应的供电线缆、控制信号线缆等。为满足条款要求,对应的符合性验证思路如下:

(1) 若自动切断设施的所有部件在加油前均能预检,确认其功能正常,则可直接符合条款要求。

(2) 若对自动切断设施的预检时,存在无法检查其功能是否正常的部件,则需按条款要求修改所提议的设计,或证明所提议的设计具有与条款要求

等效的安全水平。

4 自动切断设施的设计及符合性验证示例

为更好地理解第 25.979(b)(1) 项对压力加油系统的自动切断设施在加油前预检的要求,本章将通过对比现有民用运输类飞机压力加油系统的自动切断设施的几种典型设计及符合性验证实例进行分析,以方便更好地理解条款要求,并进一步明确相应符合性验证工作的关注点。

4.1 自动切断设施设计及符合性验证示例 1

图 1 为第一种飞机压力加油系统原理图,其高油位自动切断功能由加油切断阀、加油电磁阀、高油位传感器、燃油量计算机等实现。对于该飞机的压力加油系统设计,在实施压力加油前,通过操作加/抽油控制板上的预检按钮,可对压力加油系统与压力加油切断功能相关的所有部件进行完整检查。对于此类设计,通常可通过设计描述、机上地面试验等直接表明压力加油系统的自动切断设施预检功能对条款要求的符合性。

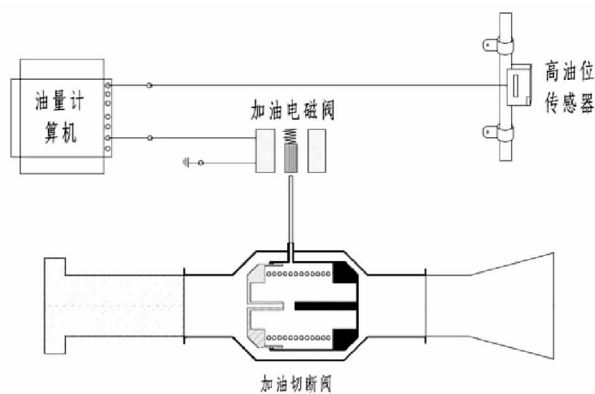


图 1 第一种飞机压力加油系统自动切断设施原理图

4.2 自动切断设施设计及符合性验证示例 2

图 2 为第二种飞机压力加油系统原理图,其高油位自动切断功能主要由加油切断阀、浮子控制阀等部件实现。该型飞机压力加油系统的设计可以检查自动加油切断设施的大多数元件,但不能检查燃油量达到燃油箱允许的最大燃油量时,用于发出切断燃油信号的浮子开关是否可正常作动。该自动加油切断设施的设计不能直接符合第 25.979(b)(1) 项的要求,因此,需进行设计更改,或证明所提议的设计具有与条款要求等效的安全水平。

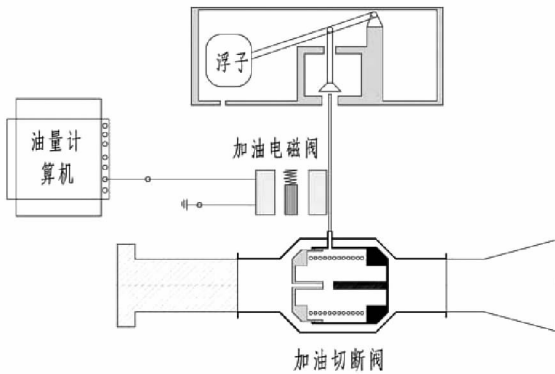


图2 第二种飞机压力加油系统自动切断设施原理图

本文对该型飞机自动切断设施的详细设计特征说明,基于如下理由,采用等效安全的方式证明对条款要求的符合性:

除浮子开关外,自动切断设施的所有部件满足第25.979(b)(1)项的要求;

该浮子开关在其他已取证机型上的可靠性非常高,服役经验显示该浮子开关设计和维护程序是成熟的;

若自动加油切断系统因浮子开关故障而无法切断加油,第25.979条其它部分所要求的指示特征和失效-安全特征可防止结构损坏和燃油系统损坏^[4]。

此外,对于采用浮子开关来切断压力加油的设计,必须使浮子提升,来切断经引导管路的燃油流动,以检查其功能的完整性,图3给出了实际应用过的四种预检方式,可供在浮子开关设计时参考^[1]。

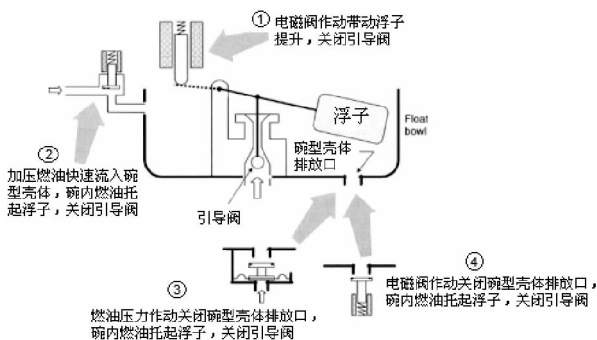


图3 浮子开关功能预检方式示意

4.3 自动切断设施设计及符合性验证示例3

图4为第三种飞机压力加油系统的原理图。其高油位自动切断功能由电动机作动阀、高油位传感器、油量计算机、通气油箱油位传感器、加油隔离阀、加油电磁阀等部件实现。在选择加油且燃油流加入

飞机前,该飞机与加油相关的所有的传感器(高油位传感器、通气油箱油位传感器)可进行预检,以确认不存在影响切断的失效。但在预检时,作为实际切断设施的电动机作动阀没有机械循环的打开-关闭-打开。因此,所提出的自动加油切断设施不能直接符合第25.979(b)(1)项的要求,需进行设计更改,或证明所提议的设计具有与条款要求等效的安全水平。

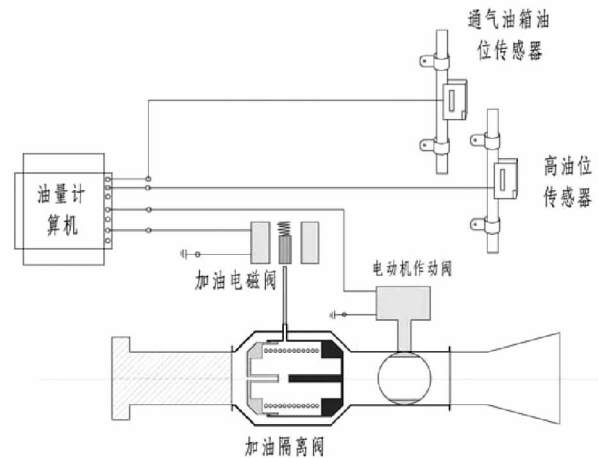


图4 第三种飞机压力加油系统自动切断设施原理图

增加该型飞机与自动切断设施功能检查相关的补偿设计特征,证明其压力加油系统设计具有与条款要求等效的安全水平。除压力加油系统的正常切断设施外,该型飞机还设置有额外的自动切断功能。在高油位自动功能失效时,燃油会经通气管路进入通气/防溢油箱,当布置在通气/防溢油箱内的油位传感器探测到燃油时,传感器将会触发位于加油接头内的加油隔离阀关闭,停止燃油进入飞机燃油箱。在正常加油切断系统失效时,该补偿措施可避免燃油系统设备损坏,燃油箱超压或燃油从飞机上喷溅出来。

虽然在燃油箱每次加油前的自动切断设施的预检不满足条款要求,但附加的第二套自动切断系统可提供足够的补偿。因此,整个压力加油系统的自动切断设施(具有预检功能的正常燃油系统传感器和第二套自动切断系统),提供了与直接符合第25.979(b)(1)项等效的安全水平^[5]。

5 结论

本文研究了运输类飞机适航标准中第25.979(b)(1)项的要求,梳理了符合性验证思路,并给出

了典型的飞机压力加油系统自动切断设施的设计原理及对应的符合性验证思路示例,可为运输类飞机压力加油系统的设计和符合性验证提供参考。

参考文献:

- [1] 罗伊·兰顿. 飞机燃油系统[M]. 颜万亿,译. 上海:上海交通大学出版社,2011.
- [2] 交通运输部. 运输类飞机适航标准[S]. 北京:中华人民共和国交通运输部,2016.
- [3] Federal Aviation Administration. Amendment 25-11: aircraft propulsion system design requirements [Z]. FAA, 1967-4-28.
- [4] Federal Aviation Administration. Information: equivalent level of safety (ELOS) finding for pressure fueling system-automatic refueling shutoff system check function on Boeing

model 737-600/-700/-800/-900/-900ER, FAA project number AT0328SE-T, and model 737-7/-8/-9 airplanes, FAA project numbers PS12-0037, PS12-0038, PS12-0039 [Z]. FAA, 2016-4-7.

[5] Federal Aviation Administration. Information: equivalent level of safety (ELOS) finding for the Airbus model A350 airplane (FAA project number TC0544IB-T) [Z]. FAA, 2011-2-3.

作者简介

毛文懿 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:运输类飞机动力装置、燃油系统适航符合性验证工作。E-mail:maowenyi@comac.cc

宋志强 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:燃油测量系统设计。E-mail:songzhiqiang@comac.cc