

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2016.03.006

# 大型民用飞机应急放油系统 适航符合性要求研究

## Research on Airworthiness Requirement of Jettison System for Large Commercial Aircraft

王 鹏<sup>1,2</sup> 朱德轩<sup>1</sup> / WANG Peng<sup>1,2</sup> ZHU Dexuan<sup>1</sup>

(1. 上海飞机设计研究院, 上海 201210; 2. 上海交通大学, 上海 200240)

(1. Shanghai Aircraft Design Institute, Shanghai 201210, China;

2. Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

### 摘 要:

为了确保飞机在起飞后就出现飞机故障或紧急事件的情况下,能具有快速返场着陆能力,并尽可能降低应急着陆对飞机和飞机维护的影响,大型民用飞机通常需要安装应急放油系统,以实现快速空中放油。通过对大型民用飞机应急放油系统适航条款的要求,总结了民用飞机应急放油系统适航要求的立法背景,以及适航条款要求的演变历史和原因,并分析了具体的适航要求及相应的符合性验证方法,对民用飞机应急放油系统适航验证有一定借鉴和指导意义。

**关键词:**民用飞机;应急放油;适航要求

**中图分类号:**V221+.91

**文献标识码:**A

[Abstract] In case of aircraft fault or emergency right after take-off, in order to ensure quick return landing and reduce the impact of emergency landing on aircraft and its maintenance, jettison system is necessary on large civil aircraft for quick in-flight fuel jettison. This paper studies the airworthiness requirements of jettison system, summarized the legislative background, along with airworthiness requirements evolution and causes, and recommends compliance method. The method can be used as reference for civil aircraft jettison system design and airworthiness verification.

[Keywords] commercial aircraft; jettison system; airworthiness requirement

## 0 引言

与支线机和窄体干线机不同,大型民用飞机通常设置应急放油系统,以保证飞机在空中紧急情况下能够实现快速空中放油,迅速降低飞机所携带的燃油重量,来降低飞机着陆风险。

紧急情况包括飞机起飞时就出现系统故障、飞机遭遇恐怖袭击或者乘客突发疾病需要马上降落就医等。历史上最大规模的飞机应急放油发生在2001年“9.11”恐怖袭击当天,在恐怖分子挟持民航飞机撞击世贸大楼和五角大楼之后五分钟,FAA签发指令禁止全美境内所有飞机起飞,并要求已在美

国领空飞行的4000多架飞机尽快寻找最近机场降落。与通航飞机和干/支线飞机直接降落不同,大量的大型客机通过应急放油降低飞机重量后才进入近进完成降落过程。最终在FAA发出指令后一个小时内,约3500架飞机完成了最终降落。其中,应急放油系统在保证飞行安全,降低航后维护工作量方面起到了举足轻重的作用。

本文研究了大型民用运输类飞机应急系统相关的适航符合性要求和立法演变历史,并分析形成了初步符合性验证技术,为今后远程宽体客机应急放油系统的符合性设计和验证工作提供了理论支持。

## 1 应急放油系统概述

应急放油系统是飞机燃油系统的子系统,通过布置于燃油箱内的应急放油泵将燃油压力泵入应急放油总管,通过隔离阀和机翼后缘的应急放油喷嘴,实现快速的空中燃油排放。



图1 空中应急放油

通常而言,大型民用运输类飞机的应急放油系统和供输油系统深度交联,以实现系统综合优化设计。如对于超控供油构型,中央翼油箱的超控泵具有高出口压力大流量的特性,非常适宜在应急放油过程中兼做应急放油泵。相应地,加放油总管通常也兼作应急放油总管使用。图2给出了典型的应急放油系统架构。

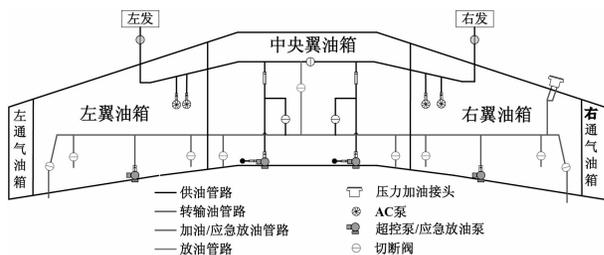


图2 典型民用飞机应急放油系统构架

## 2 应急放油系统的适航要求立法过程

14CFR25 中的 25.1001 条款明确了对应急放油系统的要求,该条款源自于 1953 年的 CAR4b.437。基于飞机运营经济性的考量,通常情况下,飞机最大着陆重量要小于飞机最大起飞重量。而活塞发动机由于燃油消耗速率较慢,无法在飞机起飞就需要返场着陆的紧急情况下,快速地将飞机重量降

低到着陆重量之下,由此提出了空中应急放油的要求。

随后的数十年间,随着工业界技术水平的不断提高,FAA 对 25.1001 条款也进行了相应修订。

表1 25.1001 条款演变历史

序号	颁布日期	修正案	修正案主要内容
1	1965.02		转自 CAR4b.437
2	1968.09	25-18	明确爬升率要求
3	1984.03	25-57	细化活塞/涡轮发动机要求区别
4	2002.12	25-108	修订演示飞行速度

1968 年,随着涡轮喷气发动机飞机的出现,工业方和审查方都意识到涡轮发动机的燃油消耗率相对活塞发动机来说要快得多。且现有的飞机运营经验表明,运输类飞机的结构设计和起落架系统设计已经可以保证飞机在以最大起飞重量着陆时具有一定的安全性保证。反而是飞机在快速复飞后再次进场和着陆时,飞机过重可能对其爬升性能具有实质性不利的影响。因此,FAA 认识到与其依据飞机的起飞/着陆重量比来粗略判断是否需要设置应急放油系统,还不如根据飞机的爬升性能来确定必要性。25.119 和 25.121(d) 分别是飞机全发着陆爬升和单发进场爬升的要求。因此,进场和着陆阶段的飞机重量必须降到能够满足以上两个条款爬升率所对应的飞机重量,才能保证返场飞行安全。最极端的情况是,飞机快速复飞后在起飞机场完成着陆。在这种情况下,一架未安装应急放油系统的飞机,就必须保证在飞机重量为最大起飞重量减去复飞过程中发动机所消耗的燃油量的情况下,能满足 25.119 和 25.121(d) 相关的爬升要求。否则必须加装应急放油系统。

1984 年 FAA 对条款进行第二次修订,主要澄清了针对活塞发动机飞机和涡轮发动机飞机间关于应急放油系统的要求差别,同时还对文字进行了简化。

2002 年 FAA 对条款进行第三次修订,对应急放油演示飞行的飞行速度进行了修订,由 1.4VSR1 修订为 1.3VSR1。

## 3 25.1001 条款要求及分析

### 3.1 适航条款要求

从条款本身来说,现行的 14CFR25、CS25 以及

CCAR25 中,对应急放油系统的适航要求是一致的:

### 25.1001 应急放油系统

(a)飞机必须设置应急放油系统,除非证明该飞机在下述条件下能满足 25.119 和 25.121(d) 的爬升要求:飞机重量为最大起飞重量减去 15min 飞行(包括在出航机场起飞、复飞和着陆)所需燃油的实际重量或计算重量,而飞机形态、速度和功率(推力)满足本部有关的起飞、进场和着陆爬升性能要求。

(b)如果要求设置应急放油系统,则该系统必须能从本条(a)给定的重量开始,在 15 min 内放出足够量的燃油,使飞机能满足 25.119 和 25.121(d) 的爬升要求,假定应急放油在本条(c)所述飞行试验的最不利条件(重量条件除外)下进行。

(c)必须从最大起飞重量开始,在襟翼和起落架收起形态以及下列飞行条件下演示应急放油:

(1)以 1.3VSR1 速度无动力下滑;

(2)临界发动机停车,其余发动机为最大连续功率(推力),以单发停车最佳爬升率的速度爬升;

(3)以 1.3VSR1 速度平飞,如果本条(c)(1)和(2)规定条件下的试验结果表明平飞可能是临界情况。

(d)在本条(c)所述飞行试验中,必须表明下列各点:

(1)应急放油系统及其使用无着火危险;

(2)放出的燃油应避免飞机的各个部分;

(3)燃油和油气不会进入飞机的任何部位;

(4)应急放油对飞行操纵性没有不利影响。

(e)对于活塞式发动机飞机,必须具有措施,防止将起飞着陆所用油箱内的燃油应急排放到小于以 75% 最大连续功率飞行 45min 的需用油量,如果装有与应急放油主控制器相对独立的辅助控制器,则可将应急放油系统设计成利用应急放油辅助控制器放出余下的燃油。

(f)对于涡轮发动机飞机,必须具有措施,防止将起飞着陆所用油箱内的燃油应急放到小于从海平面爬升到 3 000m(10 000ft),然后再以最大航程速度巡航 45min 的需用油量。但是,如果装有与应急放油主控制器相独立的辅助控制器,则可将应急放油系统设计成利用应急放油辅助控制器放出余下的燃油。

(g)应急放油阀的设计,必须允许飞行人员在

应急放油过程中的任何时刻都能关闭放油阀。

(h)除非表明改变机翼或其周围气流的任何手段(包括襟翼、缝翼和前缘襟翼)的使用,对应急放油无不利影响,否则必须在应急放油控制器近旁设置标牌,警告飞行机组人员:在使用改变气流手段的同时,不得应急放油。

(i)应急放油系统的设计,必须使系统中任何有合理可能的单个故障,不会由于不对称放油或不能放油而造成危险。

### 3.2 适航要求分析

25.1001 条款从系统必要性、系统性能、飞行验证、系统操作和安全性等多个角度对应急放油系统的符合性设计和验证过程进行了明确。

表 2 25.1001 条款要求分析

序号	条款编号	要求分析
1	25.1001a	必要性
2	25.1001b	系统性能要求
3	25.1001c	飞行验证条件要求
4	25.1001d	飞行验证判据要求
5	25.1001e	最低余油要求 - 活塞发动机飞机
6	25.1001f	最低余油要求 - 涡轮发动机飞机
7	25.1001g	应急放油阀要求
8	25.1001h	标记标牌要求
9	25.1001i	故障状态要求、安全性要求

(a)条规定了需要安装应急放油系统的条件:如果飞机在 15min 飞行(包括最大重量起飞和立即返航着陆)后现存的重量条件下能满足 25.119 及 25.121(d) 的爬升要求,就不需要应急放油系统。飞行时间定义为 15min 是因为典型的一次快速复飞过程需要 15min。

(b)条规定了如果因不能满足(a)条要求,需要设置应急放油系统时,应急放油系统最低流量率的条件。实际飞行中,总共的飞行过程是 30min,其中 15min 是典型的起飞、复飞以及进场飞行所消耗的时间,另 15min 是实际用于应急放油至 25.1001(a) 条规定重量的时间。通常而言,25.1001(a) 条规定重量仍大于飞机的最大着陆重量,飞机应具有继续放油的能力,以供飞行员根据紧急事件的实际情况评估是否还需继续放油,以降低着陆过程对飞机的影响,并降低检修维护的工作量,此时继续放油时

间则不受限制。

(c)条规定了验证飞行的飞行条件。

(d)条规定了验证飞行中应验证应急放油过程不能使飞机有着火危险或对飞机操纵有不利影响。

(e)(f)条分别规定了活塞式发动机飞机和涡轮发动机飞机的应急放油系统最小余油要求。即使出现误操作,系统设计也应能保证避免将燃油箱内燃油全部放出。

(g)条要求应急放油阀的设计必须允许飞行人员在应急放油过程中的任何时刻都能关闭放油阀。

(h)条要求如机翼作动面对应急放油有不利影响,必须在应急放油控制器近旁设置标牌,警告飞行机组人员。实际在大型民用运输类飞机上,应急放油嘴的布置可避免各种机翼作动面对放油过程的不利影响。

(i)“合理可能的单个故障”参考 25.1309 条款的要求,指发生概率大于  $10E-5$  的单点故障,尤其考虑供电失效的影响。因此,在实际设计中,应急放油系统需要采用余度、失效安全设计特征,使系统在出现单故障时还能实施应急放油(有可能放油速率降低)。

### 3.3 其它考虑

除了 25.1001 条款所要求的爬升性能要求之外,实际在确定是否需要应急放油系统时,为确保安全返场着陆,还必须考虑返场着陆的性能要求:

- 1) 飞机重量是否超出最大着陆重量,以及这种超重着陆对飞机的危害和对维护工作的影响;
- 2) 超出合格审定批准的最大刹车能量限制;
- 3) 超出轮胎速度限制;
- 4) 可操纵性(即液压或飞行操纵系统失效);
- 5) 襟翼标牌速度的余量,或紊流情况下襟翼卸载操作速度的余量;
- 6) 着陆距离(包括湿跑道、防滞功能丧失、扰流板失效等)。

## 4 应急放油系统适航验证要求分析

验证方法主要有以下几个方面:

### 1) 设计说明

通过应急放油系统设计、工作原理和安装图,表明系统能满足相关功能要求。

### 2) 计算分析

通过计算分析,表明应急放油系统应能满足相

关的应急放油速率要求,还需考虑各种失效情况对飞机放油性能和重心的影响。

### 3) 安全性分析

通过安全性分析,验证应急放油系统对(i)款要求的符合性,即系统中任何合理可能的单一故障,不会由于不对称放油或不能放油而造成危险。

### 4) 地面试验

开展必要的台架试验或机上地面试验,验证应急放油系统的功能和性能。

### 5) 飞行试验

通过飞行试验,演示在合理预期的飞行条件下,应急放油系统能在规定的时间内放出规定量的燃油,放出的燃油没有进入飞机其它部位,无着火或对飞行操纵品质有不利影响的危险情况发生。飞行试验中,还应演示在应急放油过程中中断放油,实施人工关闭放油阀的操作的有效性。此外,还应通过试飞验证,在操纵襟/缝翼放下情况下,应急放油操作不会受到不利影响。

特别的,放油应在规定区域进行,放油高度尽可能不低于 3 000m,以保证燃油落地前经过雾化、挥发。放油要避开强静电区域,需要保持飞行间距避免穿越放油油带。在放油实施前,必须向该空域的空管报告,以便及时调度该空域内其他航空器避让开放油区域。

## 5 总结

本文回顾了应急放油系统适航条款立法过程,条款要求修订内容和原因。研究总结了大型民机应急放油系统适航条款的要求,并通过分析条款具体要求内容和含义,给出了初步适航符合性验证方法建议,可为后续大型民用飞机型号应急放油系统设计、验证提供帮助和借鉴。

### 参考文献:

- [1] 中国民用飞机航空局. CCAR-25 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [2] Amdt. 25-18, 33 FR 12226, Aug. 30, 1968.
- [3] Amdt. 25-57, 49 FR 6848, Feb. 23, 1984.
- [4] Amdt. 25-108, 67 FR 70827, Nov. 26, 2002.