

民用飞机 APU 舱门排液设计

The Drainage System Design of Civil Aircraft APU Door

张 洁 / Zhang Jie

(上海飞机设计研究院,上海 200120)

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

摘 要:

APU 舱门与 APU 排气口距离非常近,从 APU 舱门排出的可燃液体很有可能会流入飞机尾锥的 APU 排气口,造成安全事故。APU 舱门的排液如何避开 APU 排气口是一个非常重要的设计。

关键词: APU;排液;排气口

中图分类号: V228

文献标识码: A

[Abstract] The oil and fuel from the APU compartment door drainage vent may enter the APU system drainage vent. The APU compartment door is close to the APU system drainage vent. So the APU compartment door drainage design is very important.

[Key words] APU; drainage; vent

0 引言

适航规章 25.609(B)规定:在必须保护的部位有通风和排水措施。通过通风和排水措施,将附着在飞机结构零件上的水(主要是冷凝水)顺利带走或排走,以避免水的长期聚集可能对结构零件造成腐蚀和不利的影

响。飞机运营过程产生的废水、废液以及遭遇到并进入结构内部的雨水、雪水、清洗液、除冰剂和因为系统故障而泄漏的燃油、液压油或润滑油等可燃液体,这些液体都需要排放到飞机之外,以免腐蚀飞机结构或造成火灾危险。

1 排液设计

1.1 设计要求

(1) AC25.863.6(b)条款中要求单个水坑不超过 1.5 盎司(42.6ml),地面试验时理论总积液量不超过 10%;

(2) APU 舱为飞机上的火区,可燃液体不能在舱内造成大量积聚,并且不能位于会促进易燃液体点燃进而产生危害的区域;

(3) 确保排出的可燃液体不会进入飞机尾端的

APU 排气口;

(4) APU 系统排液口从 APU 舱门通过,要求舱门关闭状态可以通过排液口目视判断漏油管路,可以目视检查 APU 舱门排液口与 APU 排液口对接情况。

1.2 APU 舱门排液

APU 舱处于球面框之后,属于非气密区,液体可直接排出。

考虑到舱内的冷凝水及下雨下雪时从 APU 上部流下的水在 APU 舱门内大量积存,舱门的结构布局应考虑到排水路线及排水口布置以便将积液排出舱外,并满足排液的速度要求、最小积存液体要求,如图 1 所示。因飞机尾锥倾斜角较大,一般在 APU 舱门前部最低点做排水孔,如图 2 所示。

液体的排放速率是指在飞机静止状态下,液体仅在重力作用下通过排液孔截面积的速率。这样得到的排液速率较为保守。

图 3 为排液计算公式示意图,假设任意结构围成的一个容器,底部开有一个直径为 D 的排液口。里面盛有一定容量(Q)的冷凝水,液面初始高度为 H_0 ,因为容器形状不确定,所以认为液体的体积 Q 是液面高度 H 的函数, $Q=Q(H)$ 。

已知,排水口截面积 $S = \pi \cdot D^2/4 = 402\text{mm}^2$

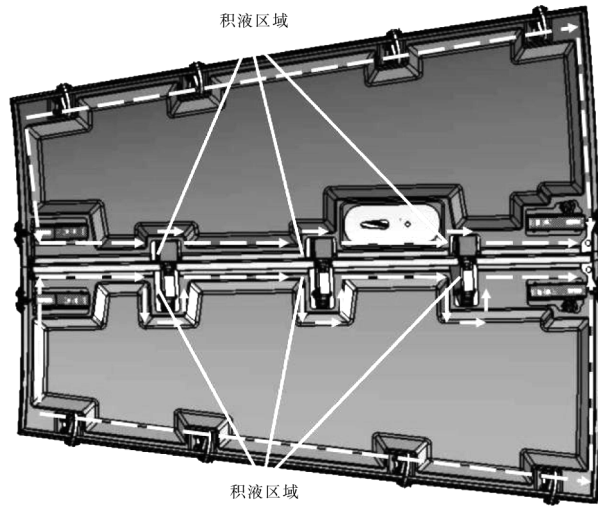


图1 APU 舱门排水路径

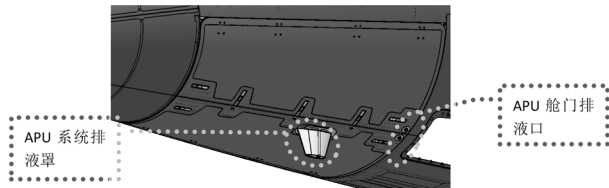


图2 APU 舱门排液口和 APU 系统排液罩

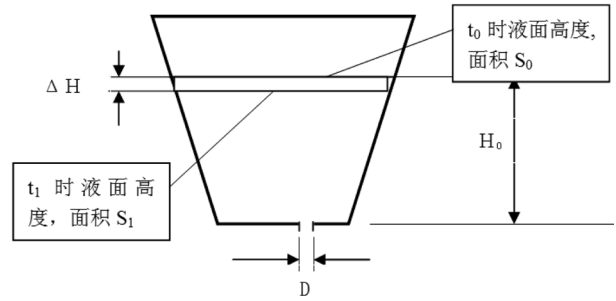


图3 排液计算公式示意图

排液口截面的静压强为 P , 流速为 V , H_0 为初始 t_0 时的液面高度, 则:

$$P = \rho H_0 g \quad (1)$$

$$V = V(t) \quad (2)$$

根据能量守恒定律, 得:

$$1/2 \rho V^2(t) = \rho H_0 g \quad (3)$$

重新整理, 得:

$$V(t) = (2 \cdot H_0 g)^{0.5} \quad (4)$$

$$\text{因此, } \Delta t = \Delta Q / V(t) / S = S_0 \cdot \Delta H / (2 \cdot H_0 g)^{0.5} / S$$

$$= (S_0 / S) \cdot \Delta H / (2 \cdot H_0 g)^{0.5} \quad (5)$$

$$\text{排液总时间 } T = \Delta t = (S_N / S) \cdot \Delta H / (2 \cdot H_N g)^{0.5}$$

$$= 0.187 \Delta H$$

表1 排液速率计算

		$H_N - H_{N-1}$	$\Delta Q = S_N \cdot \Delta H$	$V(t)$	Δt
t_0	H_0	ΔH	$S_0 \cdot \Delta H$	$(2 \cdot H_0 g)^{0.5}$	$(S_0 / S) \cdot \Delta H / (2 \cdot H_0 g)^{0.5}$
t_0	20	ΔH	$18809 \cdot \Delta H$	$(2 \times 20 \times 9807)^{0.5}$	$(18809 / 402) \cdot \Delta H / (2 \cdot 20 \cdot 9807)^{0.5}$
t_1	15	ΔH	$12240 \cdot \Delta H$	$(2 \times 15 \times 9807)^{0.5}$	$(12240 / 402) \cdot \Delta H / (2 \cdot 15 \cdot 9807)^{0.5}$
t_2	10	ΔH	$6675 \cdot \Delta H$	$(2 \times 10 \times 9807)^{0.5}$	$(6675 / 402) \cdot \Delta H / (2 \cdot 10 \cdot 9807)^{0.5}$
t_3	5	ΔH	$2364 \cdot \Delta H$	$(2 \times 5 \times 9807)^{0.5}$	$(2364 / 402) \cdot \Delta H / (2 \cdot 5 \cdot 9807)^{0.5}$

排液量 $Q = \Delta Q = (S_N \cdot \Delta H) = 40088 \Delta H$

积液点的平均排液速率 $= Q / T = 12.8 \text{L/min}$, 满足适航要求。

APU 系统中燃油、滑油、防冰液、水由 APU 舱门上的排液罩排出, 脱离气动表面的附面层, 可保证可燃液体不会流到 APU 的排气口, 如图 2 所示。如果 APU 管道泄露的话, 应确保泄露的可燃液体可从 APU 舱内排出, 不会造成积液, 排出后的可燃液体也不会顺着气动外形面的附面层流到 APU 的排气口。

1.3 APU 舱门排液特殊情况

液压系统的设计应尽量避免其管路的泄漏, 一旦发生泄漏应有应急措施, 使泄漏对系统性能的影响和对结构的损伤降至最小。

从系统组件中泄漏的燃油、液压油和其他可燃液体的排放, 则需要作特殊考虑。这一类液体的排放要求比较复杂。

可燃液体的防火设计要求和应对策略:

(1) 在同一区域不允许同时存在点火源和可燃液体的泄漏源;

(2) 各个可能存在泄漏液体的专业负责提供可能的泄漏源和点火源;

(3) 根据系统布局 and 结构布置的具体情况, 将可燃液体的泄漏源避开增压舱, 同时也要避开点火源。若不能满足此条, 必须采取物理隔离措施, 即将点火源和可燃液体的泄漏源通过结构件分隔在不同的物理空间, 最终满足防火应对策略的要求;

(4)限制泄漏的可燃液体在由结构组件围成的最小的区域内,汇集在一起的可燃液体应通过排液孔迅速排到飞机外部,排液口的位置和大小由结构保证排液速率和排放时间满足适航文件的要求;

(5)最后评估排液孔的位置,确保排到机体结构外的可燃液体不会重新进入飞机内部或被点燃。

APU 系统管道意外泄露,无特殊措施时,可燃液体沿着 APU 舱门排水孔排出,APU 舱门排水孔在飞机理论外形的附面层内,这种情况下可燃液体有很大可能会进入尾锥的 APU 排气口。

目前的飞机型号基本都是所有可燃液体通过突出理论外形面的排液罩排出。APU 系统内的排出液体通过管道与舱门的排液罩直接对接排出。APU 舱内的液体会在 APU 舱内的最低点(可设计最低点的位置)汇聚,再通过排液罩排出。

将系统排液罩和舱门排液口合成一个排液口,对结构的更改影响较大。也有机型通过设计舱门排液口管,降低其排出的液体进入 APU 排气口的概率,如图 4 所示。辅助在 APU 排气处尾锥上增加挡板,控制从舱门排液口流出的液体进入 APU 排气口的可能性,如图 5 所示。这种设计难以在理论与试验中验证通过,这也是大多数机型不采用的原因。有些机型中的 APU 系统管道采用破损安全设计,不用考虑可燃液体意外泄露的情况。

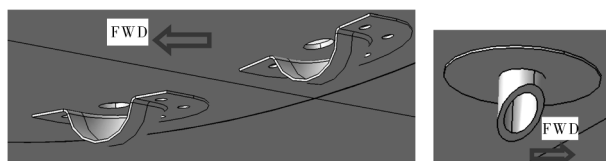


图 4 APU 舱门排液口设计

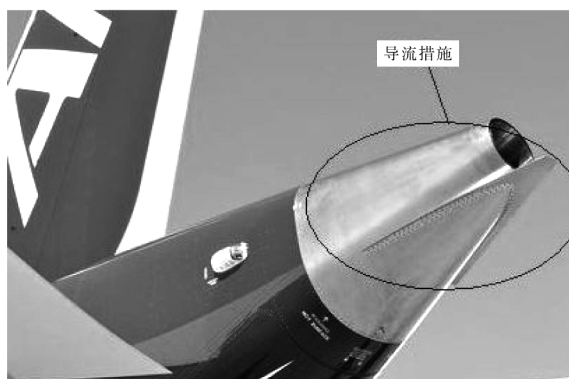


图 5 排气口挡板

1.4 APU 舱门排液设计优化

将 APU 系统排液罩与舱门的排液口合并为一

个排液通道,如图 6 所示。

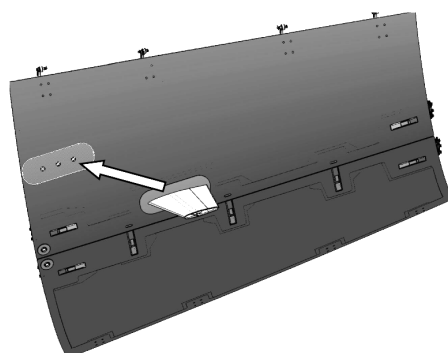


图 6 排液罩位置移动示意图

APU 舱门的最低点在飞机对称面上,航向最前端,应为舱门排液口的最理想位置。为避免擦地,新排液罩位置离机身对称面有一段距离。为避免对称面区域积液量超过适航要求,将对称面区域空间用钛合金面板封闭,使新建立的 APU 舱门排液口为最低点,如图 7 所示。

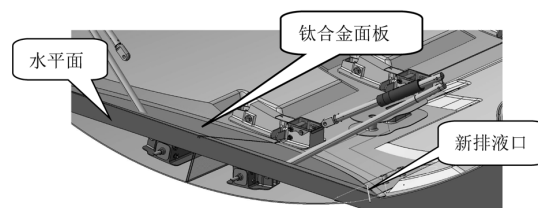


图 7 新排液口位置设计示意图

APU 系统位置不变,在原 APU 系统排液位置安装排液通道,通过管道流向新排液罩位置,将液体排出舱外。

2 结论

综上,APU 舱门上的排液设计建议通过舱门外形面上排液罩将飞机系统和结构内的所有液体排出,以防止会有可燃液体进入飞机尾锥的 APU 排气口。或者 APU 系统管道双层设计,杜绝可燃液体意外泄露的情况下,采用排液罩排放 APU 系统上液体,舱门上最低点设计排水孔排放结构舱内液体。

参考文献:

- [1]中国民用航空局. CCAR-25-R4 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]中国民用航空局. 民航总局令 108 号:涡轮发动机飞机燃油排泄和排气排出物规定[S]. 北京:中国民用航空局,2002.