

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2018.01.011

# 民机滑轨套筒排液通路设计与研究

## Track Can Drain Hose Outflow System Design and Research in Domestic Aircraft Project

翁晨涛 崔卫军 廉伟 张元卿 何瑞 柯志强 /

WENG Chentao CUI Weijun LIAN Wei ZHANG Yuanqing HE Rui KE Zhiqiang

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

### 摘要:

研究了民用客机排液技术的适航条款及设计要求。通过对适航条款进行梳理,明确了民用飞机防积水、闪电防护、静电防护适航条款要求,并罗列了滑轨套筒排水系统对应的适航条款的具体内容。分析了民用飞机机翼油箱区域的排液通路的布置问题,并给出了机翼油箱区域排液通路的耐腐蚀、闪电静电的相关防护要求及解决措施。总结了排液设计的关键因素,对比了不同结构形式对排液性能的影响,为飞机详细设计阶段提供设计依据。

**关键词:** 国产民机;滑轨套筒;排液;机翼油箱;排水管

**中图分类号:** V216.8

**文献标识码:** A

[Abstract] The civil aircraft airworthiness regulation and design requirements are studied in this paper. The fuel system relative airworthiness regulation on the liquid protection, lightning protection, electrostatic protection, track can drain outflow system safety airworthiness regulation are provided in list. As the baseline of the aircraft components detail design, based on the analysis of track can drain hose placement in the aerofoil fuel, the design requirements critical parts are summarized as follows: the liquid protection, lightning protection, electrostatic protection. Comparing the results of various forms of liquid outflow, the paper can provide design reference to aircraft detail design.

[Keywords] domestic aircraft; track can; outflow system; aerofoil fuel; drain hose

## 0 引言

民机滑轨套筒位于前缘舱内,结构形式为单口开放式,闭口段位于机翼油箱内侧,单开口端位于前缘滑轨一侧,单开口的结构保证了前缘滑轨收放过程中与机翼油箱分离,实现机翼油箱与外界的隔离密封要求。前缘迎风面存在雨水、冷凝水等液体的积聚现象,为了避免液体的腐蚀作用对结构造成的损伤,应进行排液设计<sup>[1]</sup>。排液设计包括提供合适大小的排液通路和布置漏水孔。漏水孔的布置应保证利于飞机在停机状态时,可以将液体排出飞机外部,路径越短越好。

滑轨套筒迎风面有机翼前缘舱遮挡,不存在环

境液体直接、大流量冲击滑轨套筒的工况,但是仍然存在液体流入或凝结在套筒侧壁的可能。为避免积水浸泡滑轨造成前缘滑轨的腐蚀,滑轨套筒必须具有排液通路,如图1所示。

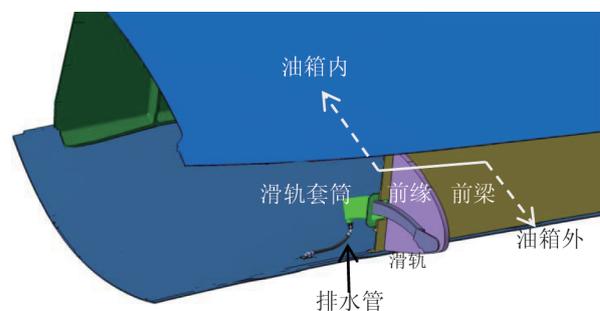


图1 滑轨套筒位置示意图

# 1 积液通路的防积水要求

零件的设计应避免液体的滞留。如不能避免,应设计排水孔并让液体能够流走,在设计过程中,必须考虑避免空隙处积水,如图 2 所示。如不能避免,需用密封剂填充空隙。仅仅因为排水的目的而大量使用密封剂将直接影响组件的装配关系,导致后续装配件在运动过程中发生干涉现象。因此,应使用软管来收集和传输液体到舱底并排出,管体应选用防水材料,当下航空工业比较成熟的材料有聚四氟乙烯、热塑热固塑料等,对于柔性软管常用聚四氟乙烯 PTEE。

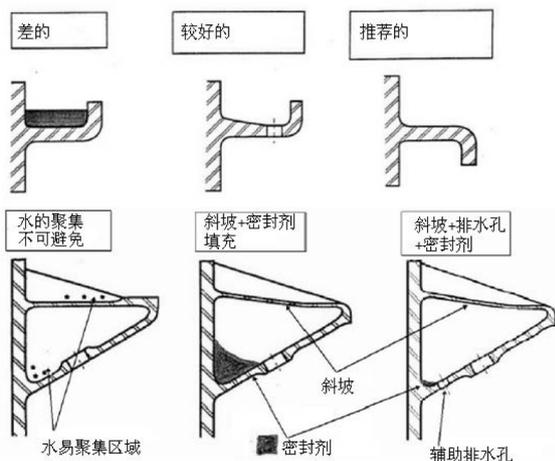


图 2 防积液示意图

积液通路应在满足整体装配要求的情况下,满足水势能损耗最低原则,尽可能减少积液通路的流通长度,减少水势能的损耗,如图 3 所示。

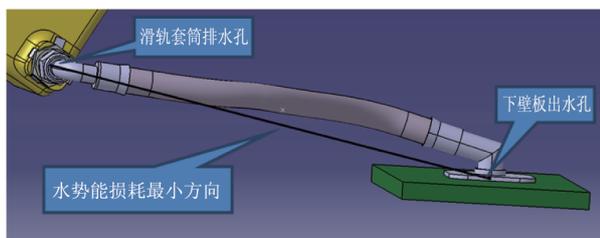


图 3 水势能损耗最小方向示意图

按 CCAR-25-R4《运输类飞机适航标准》关于民航总局令第 108 号涡轮发动机飞机燃油排泄和排气排出物规定,机加件的设计应避免水滞留。如不能避免,应设计排水孔并让液体能够流走,如设计无法满足上述要求,可用密封剂填充,使液体可以

从零件上的排水孔流出;应当尽可能选择最大漏水孔,但不能危及零件的完整性。推荐漏水孔径见表 1,滑轨套筒壁厚范围为 2 mm ~ 5 mm。

表 1 漏水孔径推荐值

板厚“S” / mm	漏水孔最小直径 / mm	适合的沉孔深度 / mm
1.0 < S ≤ 2.0	6.5	无
2.0 < S ≤ 5.0	9.5	无
5.0 < S ≤ 8	9.5	4.0
S > 8	11.0	5.0

CCAR 25.863(a)(b1)(d) 及 AC25.863 要求:在地面静止状态,每处结构隔断内积液量不超过 1.5oz(44 ml) 的指标。

算法:将 CATIA 模型用飞机停靠水平方向的平面(如 XY 平面)去截积液孔下方区域,然后用曲面包络出积液量,直接测出体积,其示意图如图 4、图 5 所示。

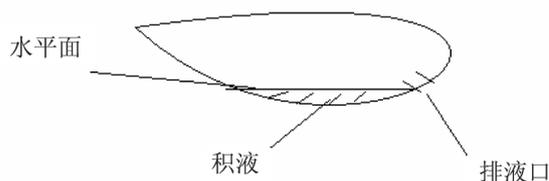


图 4 水平积液示意图

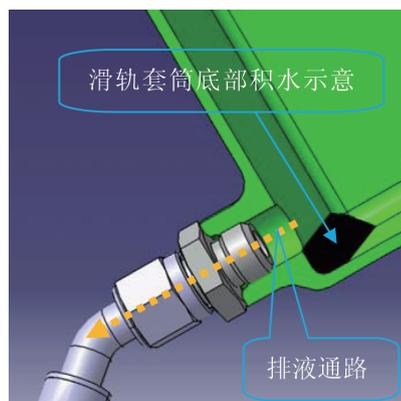


图 5 滑轨套筒底部积水示意图

经过计算,滑轨套筒内积水量均小于 0.042 kg,满足适航规章要求,见表 2。但由于受机翼上反角、安装角的影响,滑轨套筒内积水区域呈现非水平分布的状态,在靠近机身的内后方向,水平静止工况下套筒积水情况更明显。

表 2 滑轨套筒积液参数

套筒	积水量/kg
套筒 1	0.001
套筒 2	0.000
套筒 3	0.022
套筒 4	0.010
套筒 5	0.006
套筒 6	0.006
套筒 7	0.023
套筒 8	0.006
套筒 9	0.006
套筒 10	0.031

民用飞机当下通常采用翼吊布局,机翼由于吊挂发动机的高度要求会存在  $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$  的上反角,考虑到飞机地面工况的防积水要求,排水通路的出水口应尽可能布置在靠近机身的方向,如图 6 所示,如果布置在远离机身方向将造成机翼地面工况积水,对滑轨套筒的防腐蚀性能造成一定的影响。

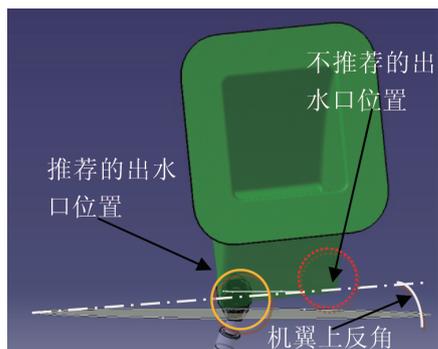


图 6 推荐出水口位置示意图

## 2 排液通路的装配要求

### 2.1 适配要求

排水管不采用硬管材料是为了方便安装、避免不同传力方向的装配件间存在位移联动,导致无法延展的管体发生拉伸断裂,但是不能完全依赖软管的延展性能,如果设计初期将软管的延展性能过度挖掘,后期出现相对位移的工况下,软管由于已拉伸至最大延展极限,将发生断裂等现象,如图 7 所示,造成燃油的泄漏,产生安全隐患。因此,应合理布局排水管生长方向,避免出现曲率变化剧烈的应力集中区,将排水管松弛地连接到对接接头上,如

果排水管有鹅颈接头,将鹅颈的安装方向直接指向滑轨套筒与下壁板开孔间最短距离的方向,如图 8 所示。

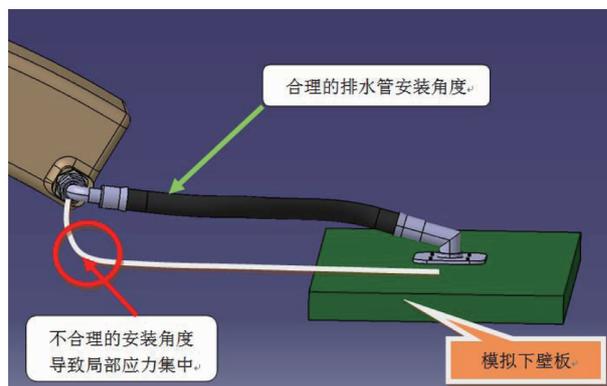


图 7 排水管合理安装角度示意图

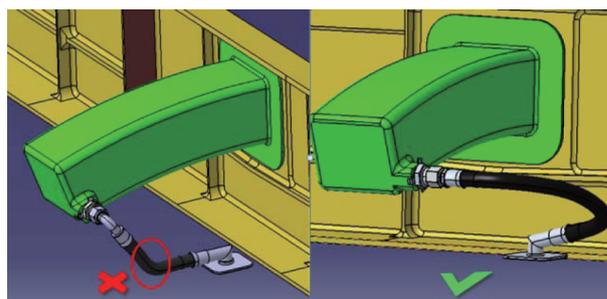


图 8 错误排水管安装角度示意图

### 2.2 防松要求

长期浸润在油箱内的排水通路,必须耐受微生物的腐蚀,螺纹连接配合湿安装及封包是比较成熟的连接方式,对于影响飞机安全性、操作性及可靠性的螺纹件,应确保其不发生松动,如图 9 所示。正常情况下的安全防松方法有采用保险丝、开口销、锁紧垫圈、自锁螺母、防松垫片等。对于后期需要

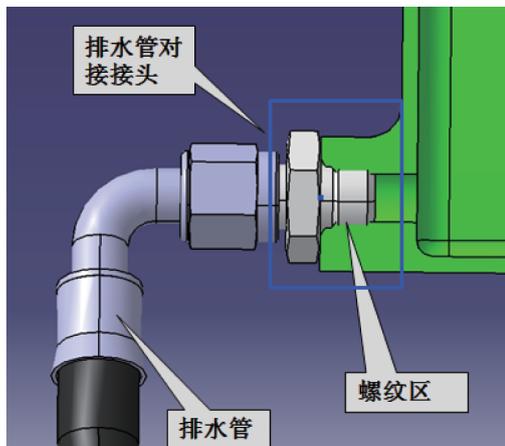


图 9 排水管对接接头示意图

拆卸检修的零件,首选保险丝及防松垫片。滑轨套筒对应的铸件拔模成型件,尤其是壁厚较薄的铸件,在铸件的凸台或拐折处制小孔十分容易产生抖刀现象,如图 10 所示,抖刀对铸件材料内部影响较大,应尽量避免,因此,建议采用防松垫片形式实现防松要求,如图 11 所示。

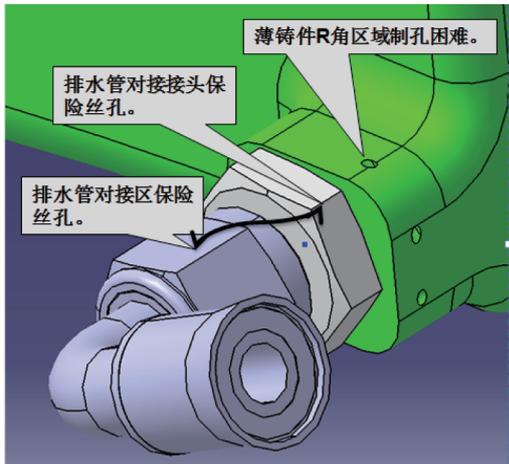


图 10 保险丝安装区域示意图

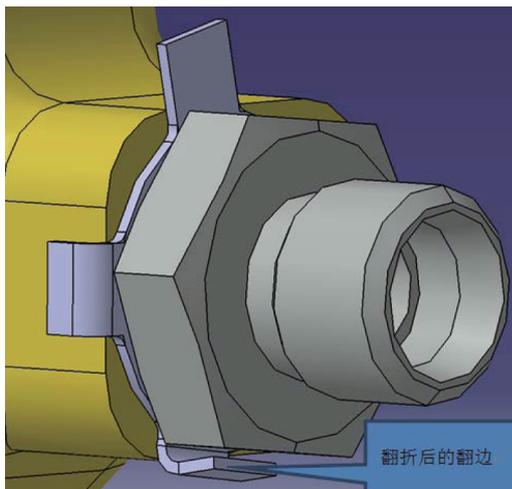


图 11 防松垫片安装示意图

### 3 排液通路的耐腐蚀要求

滑轨套筒出水口位于机翼下壁板位置,液体滴落路径通过发动机短舱,由于发动机短舱后方离发动机出口较近、温度较高,泄漏容易随上游高速气流流向下游高温区域引起着火或者冒烟,必须防止排水管腐蚀性液体泄漏导致燃油直接滴入发动机短舱。

排水管必须耐受机翼油箱内所有可能接触的

液体及气体浸泡,不发生泄漏。常见的液体有:航空煤油、润滑油、液压油、异丙基酒精、乙二醇、杀虫剂、消毒剂、减速剂、灭火剂、盐雾等。排液通路的主要零件排水管必须经过相应的耐腐蚀试验验证。试验中,将排水管放在各种液体中浸泡 160 h 后取出,冲洗后注压 15 Psi 并保压 5 min,观察是否有压力损失,同时将管体没入水中,观察是否有气泡产生,如图 12 所示。



图 12 排水管耐腐蚀试验示意图

### 4 排液通路电防护要求

按 FAA 适航通报 AC20-53A 的规定,民用飞机机体遭雷击区分为 1A、1B、2A、2B、3 区,如图 13 所示。

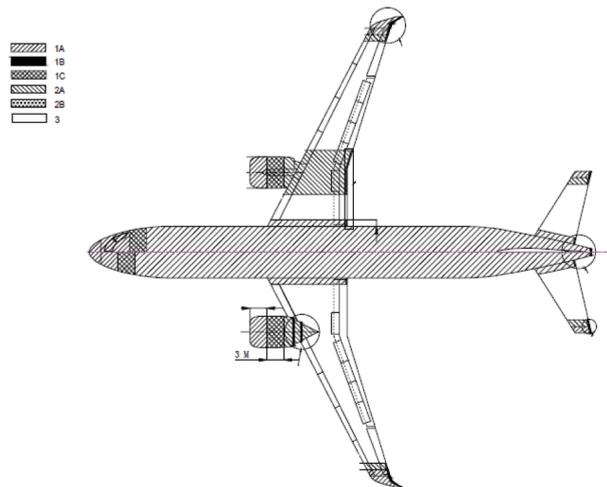


图 13 飞机雷击分区示意图

1)1A 区为直接雷击区,且雷电在此驻留的可能性非常小。此区是雷击的进入点,即最先接触到雷击的飞机表面。

2)1B 区为直接雷击区,且雷电在此驻留的可能性大。此区是雷击电流放电区。

3)2A 区为扫掠雷击区,且雷电在此驻留的可能性非常小。飞机一旦遭到雷击,这种放电接触点在气流的冲刷下,不断顺气流方向跳跃移动的雷击称为扫掠雷击。

4)2B 区为扫掠雷击区,且雷电在此驻留的可能性大。此区包括平尾后缘、垂尾后缘、发房尾段等。

5)3 区是间接影响区,除 1、2 区以外的表面。如机翼表面、平尾表面等。

雷击将在短时间内释放巨大的能量,造成爆炸或起火<sup>[2]</sup>,在雷击直击区必须进行电搭接。滑轨套筒排水通路处于飞机雷击的 3 区,因此,当飞机遭雷击时,滑轨套筒排水通路不做为雷击放电通路上一个组成部分。

但是飞机外表面、结构、部件上的静电积累会导致电弧、电晕和流光,从而泄放静电。静电放(高达数百兆赫兹)的射频能量。这些能量会击穿空气产生电火花,存在点燃非惰化油气的危险。所以,需要对不同类型的静电采取必要的防护措施。

防静电电弧的电搭接阻值应该小于  $10^5 \Omega$ 。由于聚四氟乙烯具有高电阻率  $10^{22} \sim 10^{24} \Omega \cdot \text{m}$ <sup>[3]</sup>,远远高于  $10^5 \Omega$ ,这使得静电容易积聚在其表面。加入炭黑降低了聚四氟乙烯 PTEE 的储能模量和转化的温度。含约 5% 炭黑的聚四氟乙烯纤维的电阻率约可达到  $(1.963 \pm 0.389) \times 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ ,滑轨套筒排水通路金属段电阻远远小于静电防护标准,非金属

段为聚四氟乙烯软管,长度  $0.01 \text{ m} \sim 0.02 \text{ m}$ ,因此,整个排水通路中 PTEE 段电阻值最高,范围  $(1963 \pm 389) \Omega$ ,小于  $10^5 \Omega$ ,满足民用飞机静电防护要求。

## 5 结论

本文讨论了民用飞机滑轨套筒排液通路的设计,研究了不同排液通路的设计方式对排水性能、装配性能的影响,明确了民用飞机在油箱内的排液通路对防腐蚀及电防护的特殊要求,为民机滑轨套筒排液通路的设计提供了设计思路。

### 参考文献:

- [1] 李瀚,王澍,刘德刚,朱德轩,高广拓. 民用客机排液要求研究[J]. 装备制造技术,2014(9):181-183.
- [2] LIU Jie, ZHU Yunfeng, TIAN Fang, WANG Jin. Study on Lightning Protection Design of DCS in a Nuclear Power Plant [J]. Meteorological and Environmental Research, 2013, 4(10): 14-18.
- [3] 潘琪,李敏,王朝生. 聚四氟乙烯/炭黑导电纤维的制备及性能[J]. 河南化工,2011,28(21):44-46.

### 作者简介

翁晨涛 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞行器设计;E-mail: wengchentao@comac.cc

崔卫军 男,本科,研究员。主要研究方向:飞行器设计;E-mail: cuiweijun@comac.cc

廉伟 男,博士,研究员。主要研究方向:飞行器设计;E-mail: lianwei@comac.cc

张元卿 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞行器设计;E-mail: zhangyuanqing@comac.cc

何瑞 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞行器设计;E-mail: herui@comac.cc

柯志强 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞行器设计;E-mail: kezhiqiang@comac.cc