

民用飞机动力装置短舱排液适航验证试验研究

Civil Aircraft Powerplant System Nacelle Drainage Certification Test Research

杨铁链 周雷声 / 上海飞机设计研究院动力燃油系统设计研究部

摘要:为验证民用飞机动力装置短舱排液满足CCAR25.1187(a)(c)和CCAR25.1091(d)(1)条款的要求,需进行地面验证试验(MOC5)和飞行验证试验(MOC6),以证明动力装置舱内泄漏的可燃液体能被安全地排出机外而无积存,且排出时不会产生其他危险。在介绍某型民用飞机短舱排液系统功能和结构组成的基础上,给出了短舱排液MOC5和MOC6试验的试验要求、试验方案和试验结果可接受判据,为CCAR25.1187(a)(c)和CCAR25.1091(d)(1)条款的地面和飞行验证试验提供了有效途径,对飞机型号合格审定中有关短舱排液验证试验的相关工作具有指导意义。

Abstract: In order to demonstrate the Civil Aircraft Powerplant System nacelle drainage compliance with CCAR25.1187(a)(c) and CCAR25.1091(d)(1), the ground certification test(MOC5) and flight certification test(MOC6) need to be conducted to show that the flammable fluid from the leakage zone of the compartment could be discharged safely without accumulation and no discharged fluid will cause an additional hazard. A brief introduction of nacelle drainage system used for civil aircraft is given, and the test requirement, test plan and test result acceptance criterion of the nacelle drainage MOC5 and MOC6 tests are provided. Methods presented herein provide a valid approach and guidance for CCAR25.1187(a)(c) and CCAR25.1091(d)(1) compliance demonstration using MOC5 and MOC6.

关键词: 适航; 短舱; 排液装置; 地面试验; 飞行试验; 民用飞机

Keywords: airworthiness; nacelle; drainage device; ground test; flight test; civil aircraft

0 引言

民用飞机适航验证试验通常分为试验室试验、地面试验、试飞试验和鉴定试验,针对不同的适航条款要求,飞机型号合格证申请人将采用一种或几种试验方法验证其对适航条款的符合性。近些年,随着国内民用飞机适航取证工作的开展和推进,适航验证试验得到了越来越多的关注,尤其是地面试验和飞行试验往往成为局方选中的目击试验,对飞机型号取证有着重要的意义。

适航验证试验是一项综合性强、复杂的工程项目,试验的准备和实施需要大量的文件编制和协调工作。为了顺利地开展适航验证试验并提高工作效率,更有效地与局方沟通,申请人需在准确理解条款要求的基础上,参

考相关适航标准、咨询通告或其他指导材料,制定合理的试验计划和方案,才能最终得到局方的认可和批准,从而完成有效的试验并获得作为符合性文件编制依据的试验数据。

本文从中国民用航空规章第25部《运输类飞机适航标准》中适用于动力装置短舱排液的相关条款出发,明确了试验目的,在深入研究条款和相关适航标准、咨询通告的基础上,结合实践经验,详细给出了短舱排液地面试验和飞行试验的试验要求、试验方案与判据,对民用飞机动力装置短舱排液适航验证试验相关工作具有指导意义。

1 民用飞机动力装置排液系统

民用飞机动力装置排液系统通常

分为发动机排液和短舱排液两部分,其中发动机排液主要作用是收集发动机及其附件在工作和维护中产生的废液和漏油,短舱排液主要用于动力装置内部可燃液体输送组件失效泄漏时,将产生的漏液安全地排出机外。

1.1 发动机排液装置

发动机排液装置一般包括集液管路和排液漏斗,通常由不锈钢制成,如图1所示。集液管路主要收集来自滑油槽、机匣、吊挂、附件系统和液压作动系统等处的废液,一般布置于发动机火区。如图2所示,在动力装置整流罩最低处设有排液漏斗,集液管路收集各部件位置的废液,依靠重力的作用向下汇总废液于排液漏斗,排液漏斗突出于短舱外表面长度5~8cm,可以实

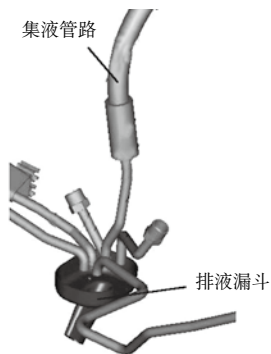


图1 集液管路和排液漏斗示意图

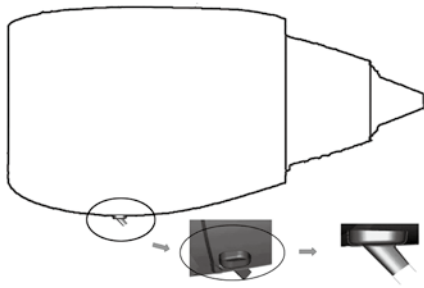


图2 排液漏斗位于短舱位置示意图

现废液的安全排放。排液漏斗的设计应保证对短舱的阻力影响最小,并在发动机工作过程中,避免排液污染短舱表面。

1.2 短舱排液装置

为了防止易燃液体在风扇区和核心区火区积聚,短舱整流罩最低点处设置的排液开孔即为短舱排液装置,如图3所示。排液开孔的数量和开孔面积保证了短舱排液的能力。

2 条款要求及分析

2.1 条款要求

动力装置短舱排液地面试验与飞行试验验证的条款如下:

第25.1187条 火区的排液和通风

(a) 指定火区的每个部位必须能完全排放积存的油液,使容有可燃液体的任何组件失效或故障而引起的危险减至最小。排放措施应满足下列要求。

(1) 当需要排放时,在预期液体会

存在的各种情况下,必须是有效的;

(2) 必须布置成使放出的液体不会增加着火危险。

(c) 通风口不得设置在其他火区的可燃液体、蒸气或火焰会进入的部位。

第25.1091条 进气

(d) 涡轮发动机飞机和装有辅助动力装置的飞机,应满足下列要求:

(1) 必须有措施防止由可燃液体系统的放液嘴、通气口或其他部件漏出或溢出的危险量燃油进入发动机或辅助动力装置进气系统^[1]。

2.2 条款分析

CCAR25.1187(a)(c)条款要求对动力装置系统内的可燃液体泄漏,需提供安全和有效的排放。安全排放是指泄漏的可燃液体排出机外后不会增加着火危险,即排出的可燃液体不会进入高温区域等潜在火源处;有效排放是指动力装置短舱排液装置需具备一定的排液能力,保证泄漏的可燃液体顺利排出机外而无危险量的积聚。

CCAR25.1091(d)(1)条款要求经由动力装置短舱排液装置排出的泄漏可燃液体不得进入发动机或辅助动力装置(APU)的进气系统。

综合以上分析,动力装置短舱排液试验的验证目的是验证动力装置舱

内泄漏的可燃液体能被安全的排出机外而无积存,并且排出时不会产生其他危险。一般的,对于民用飞机,排出的可燃液体进入以下部件或系统即视为危险:

- 1) 客舱、货舱;
- 2) APU进气系统、排气系统和APU舱;
- 3) 发动机进气系统和排气系统;
- 4) 含电池、电子器件等的设备舱;
- 5) 起落架舱;
- 6) 其他潜在点火源存在的地方^[2]。

3 短舱排液适航验证试验

3.1 试验要求和设备

3.1.1 试验改装

根据条款要求,短舱排液适航验证试验需进行地面试验(MOC5)和飞行试验(MOC6)。为了模拟动力装置舱内的可燃液体泄漏,需对试验飞机和发动机进行测试改装,改装的模拟排液系统应能有效模拟动力装置舱内可燃液体的泄漏,改装方案需得到审查方的认可。在某型号飞机试验中,改装的设备及其功能至少包含以下几项。

- 1) 水箱:用于存储模拟可燃液体泄漏的液体,水箱的容量应至少满足一次地面排液试验的需求并留有一定

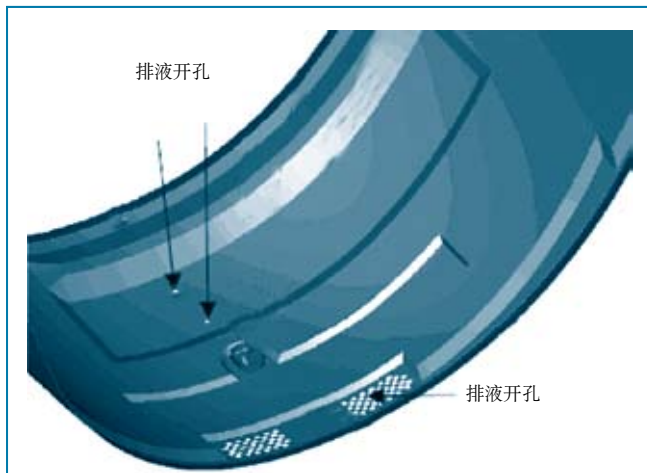


图3 短舱整流罩上的排液开孔示意图

余量。

2) 水泵:用于喷射一定流量的液体。

3) 计量阀:用于调节模拟泄漏液体的流量。

4) 管路:将模拟液体由水箱引至模拟的泄漏源附近,用于实现模拟液体的喷射排放。

5) 控制系统:用于实现模拟排液系统的控制;

6) 流量测量装置:用于检查模拟液体排放的流量是否满足流量要求。

加装的典型模拟排液系统工作原理如图4所示。

3.1.2 流量选取

动力装置短舱内可燃液体泄漏源主要有燃油管路、液压管路和滑油管路。由于液压系统和滑油系统容量有限,通常在进行短舱排液设计时不考虑其失效导致的漏油。燃油系统管路的重大泄漏,如燃油总管或软管脱落等失效也不在短舱排液设计的考虑因素之内,这类失效状态通常可通过探测等方式被机组发现,并在其导致严重后果前采取措施。这类重大泄漏故障应根据CCAR25.901条款的相关要求进行验证。

在短舱内选取模拟漏液点一般应考虑潜在泄漏源有:液压管路、滑油箱及其管路、附件齿轮箱、伺服燃油作动装置、燃油计量单元、热交换器、喷嘴及其管路等。

排液所需流量应按照不同系统设计构型特征,综合考虑失效状态后选取。

3.1.3 模拟液体

为了研究试验中液体排放轨迹,并检查排出液体是否会进入2.2节中所述的危险区域,试验通常选取染色水模拟泄漏的可燃液体。如果同时进行不同舱的模拟排液试验,则需要采用不同颜色的染色水对不同舱内潜在泄露进行

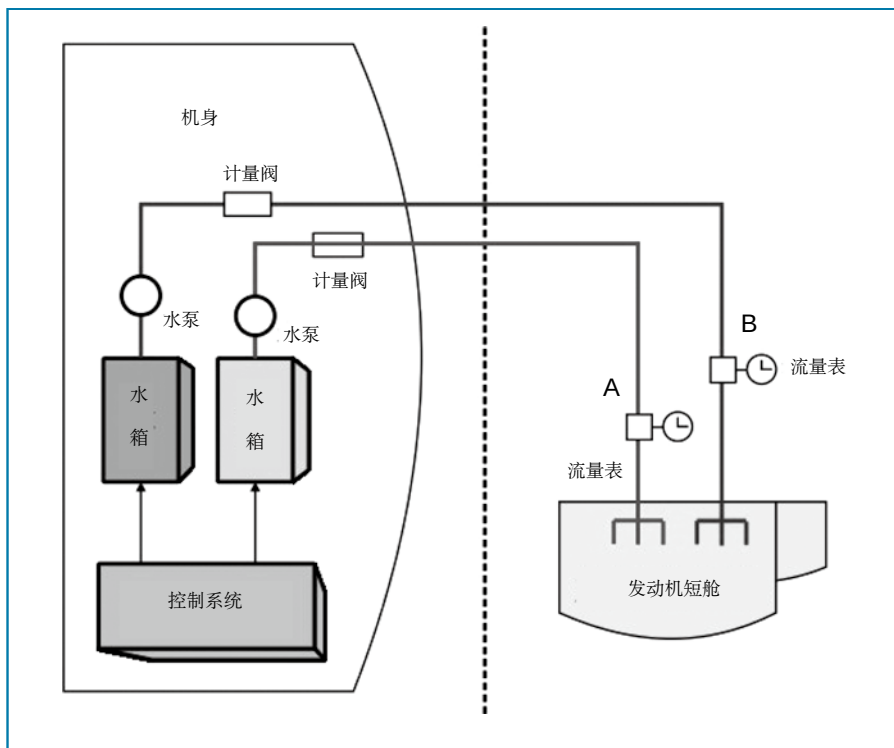


图4 模拟排液系统原理示意图

模拟,从而区分并验证不同舱体排液能力和染色水的排放轨迹。

在勾兑染色水前,应对选择的染色剂进行评估,确认其对动力装置舱内部件不会造成腐蚀性等损坏或影响,并且确认染色水在机体上留下的痕迹易清洗。染色剂的选取范围较广,如瑞士科莱恩色浆。

如果在低温条件下进行试验,为了防止染色水结冰,可选择勾兑防冻液。常用的防冻液为乙二醇型防冻液。防冻液与染色水的配比根据气象条件确定^[2]。

3.2 短舱排液地面试验

在完成上述试验测试改装及试验条件准备后,进行短舱排液地面试验之前应先进行地面预试,检查排液试验设备能否正常运行及测量精度是否达标。预试应有审查方目击。此处以某型号飞机短舱排液试验为例,介绍短舱排液地面试验和飞行试验的具体试

验方法。

短舱排液地面试验分为发动机关车试验和发动机开车试验,简称关车试验和开车试验。

3.2.1 关车试验

关车试验是在飞机处于地面静止并且发动机保持关车状态下进行短舱排液试验,主要考察短舱的排液能力。试验步骤如下:

- 1) 确认气象条件,选择无雨环境;
- 2) 将飞机处于停机姿态,正常地面高度;
- 3) 向两个水箱分别注入清水(防冻液按需);
- 4) 在风扇舱和核心舱下分别放置容器,用以收集排出的清水;
- 5) 运行模拟排液系统,分别向风扇舱和核心舱内喷射适量的清水;
- 6) 记录短舱排液的时间,测量容器中收集到的清水。

关车试验的结果分析和判据如下:

a. 如果收集到的清水量低于模拟排液系统排放清水的90%,表明短舱排液能力不足,需进行设计改进,提高短舱排液能力;

b. 记录排液所用时间,并与短舱排液设计值进行比较,如果排液时间高于设计值,则认为短舱排液能力不足,需进行设计改进,提高短舱排液能力;

c. 打开短舱,收集短舱内单个积液部位积存的液体。根据AC25.1187中规定,若单个部位积存水质量大于0.043kg,则认为短舱排液能力不足,需进行设计改进,提高短舱排液能力。

以上三个条件均符合之后,可开展开车试验。

3.2.2开车试验

开车试验是在飞机处于地面静止并且发动机稳定工作在慢车状态下进行短舱排液试验^[3]。试验步骤如下:

- 1) 确认气象条件,选择无雨环境;
- 2) 将飞机处于停机姿态,正常地面高度;
- 3) 向两个水箱分别注入染色水(防冻液按需);
- 4) 正常起动发动机;
- 5) 发动机慢车推力状态,稳定工作后打开模拟排液系统,分别向风扇舱和核心舱内喷射染色水,发动机保持稳定工作状态;
- 6) 关闭模拟排液系统;
- 7) 正常关闭发动机;
- 8) 检查短舱外部染色水排放着色痕迹,并拍摄彩色照片;
- 9) 打开短舱,检查短舱内部染色水着色痕迹并拍摄彩色照片,收集短舱内单个积液部位的染色水并测量体积;

10) 检查2.2节中所列出的危险区域,拍摄彩色照片;

11) 结束地面试验。

短舱排液地面试验合格的判据如下:

a. 短舱内单个积液部位积存的液体质量小于0.043kg;

b. 2.2节中所列出的危险区域没有染色水着色痕迹。

3.3 短舱排液飞行试验

根据AC25.1187要求,在完成上述短舱排液地面试验且得到局方认可之后可进行飞行试验,且飞行试验需审查方目击。短舱排液飞行试验要求飞机在不同飞行阶段进行模拟排液,因此需安排多个架次飞行。

飞行试验步骤如下:

1) 确认气象条件,选择晴好天气,以避免飞机飞行穿越云层或湿气,对排液着色痕迹产生冲刷或影响;

2) 飞机正常起飞,根据飞行架次安排,选取以下飞行阶段分别打开模拟排液系统,向短舱内喷射染色水:起飞阶段,爬升阶段,巡航阶段,侧滑阶段,下降阶段,放下起落架进近阶段,襟翼展开过程,着陆后采用反推力装置,着陆后不采用反推力装置,襟翼展开过程中飞机滑跑等^{[2][4]};

3) 结束飞行,待发动机冷却后,检查短舱外部染色水排放着色痕迹,并拍摄彩色照片;

4) 打开短舱,检查短舱内部染色水着色痕迹,并拍摄彩色照片;

5) 检查2.2节中所列出的危险区域,拍摄彩色照片;

6) 结束飞行试验。

短舱排液飞行试验合格的判据如下:

a. 短舱内单个积液部位积存的液体质量小于0.043kg;

b. 2.2节中所列出的危险区域没有染色水着色痕迹。

4 结论

本文介绍了某型号民用飞机动力装置发动机排液装置和短舱排液装置的功能和结构组成,对其适用的适航条款CCAR25.1187(a)(c)、CCAR25.1091(d)(1)的要求进行了详细分析,明确了验证试验目的,给出了建议的短舱排液MOC5试验和MOC6试验要求、试验方案和试验结果可接受判据。为条款CCAR25.1187(a)(c)、CCAR25.1091(d)(1)的地面和飞行试验验证提供了有效途径,对申请人开展试验的相关工作具有一定的指导意义,并对条款的符合性报告编制具有借鉴意义。 **AST**

参考文献

- [1] 中国民用航空局. CCAR-25-R3,中国民用航空规章第25部运输类飞机适航标准[S]. 中国民航总局, 2001.
- [2] FAA. Advisory Circular 25-1187-1 Minimization of Flammable Fluid Fire Hazards[S]. FAA.
- [3] 郑作棣. 运输类飞机适航标准技术咨询手册[M]. 北京:航空工业出版社, 1995.
- [4] FAA. Advisory Circular 25-7A Flight Test Guide for Certification of Transport Category Airplanes[S]. FAA, 1998.

作者简介

杨铁链,硕士,工程师,主要研究方向为民用飞机动力装置系统集成设计。

周雷声,博士,工程师,主要研究方向为民用飞机动力装置系统集成设计。