

飞机整体金属油箱渗油故障原因分析及处理

Cause Analysis and Solution of Aircraft Metal Integral Tank Leakage

中国人民解放军驻中航工业贵州飞机有限责任公司军事代表室 崔伟涛 冯刚
中航工业贵州飞机有限责任公司 田俊 王亮

[摘要] 就某两型教练机和某新型无人侦察机在生产、使用过程中发生的整体金属油箱渗油问题进行了系统分析。在仔细研究油箱结构的基础上,通过分解油箱发生渗油的部位、工艺试验、复查制造过程等手段,找出了不同结构部位的渗油原因。提出了针对性的解决措施,并就油箱设计、制造过程可能会影响油箱质量的潜在问题提出了建议。对相关企业处理金属油箱渗油问题、提高油箱的设计和制造质量具有一定的借鉴意义。

关键词: 整体油箱 渗油 密封修复

[ABSTRACT] Leakage and seal repair of aircraft integral tank is the problem often meets in aircraft production, maintenance and operation. Based on the leakage repair of one military aircraft fuselage integral tank, this article carries on thorough research on the leakage reason, the determination of the leakage source, the repair process and verifies the leakage reason, the determination of the leakage source and the feasibility of the repair process of the integral tank by experiments. This article provides a rare experience for improving military aircraft tank repair specification in the future and also provides some reference for the industry.

Keywords: Integral tank Leakage Seal repair

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.138

近年来,某两型教练机以及某新型无人侦察机金属油箱渗油问题频发,据不完全统计,2008年至今,公司生产的各型飞机已发生30多起金属油箱渗油问题,严重影响了飞行安全和部队作训任务。

1 金属油箱结构及加工过程

飞机金属油箱是飞机燃油系统的重要组成部分,飞机飞行中采用增压空气使油箱压力升高,将油箱内的燃油输出。如果金属油箱出现渗油,在此压力下,会导致燃油泄漏速度加快。一方面,燃油泄漏会使飞机航程变短且无法预计,可能导致出现飞行事故;另一方面,泄漏的燃油可能导致火灾,严重危及飞机安全^[1]。

图1为某型教练机机翼2号油箱示意图,主要由壁板、框板、肋等铆接而成。因为施工工艺的需要,也为了便于修理和排除密封故障,在油箱上设计有专门的使用和检查口盖,口盖通过螺钉固定在油箱壁板的口框上。在油箱内部涂有密封剂,用于防止油箱漏油。油箱制造流程大体为:骨架修合、涂刷密封剂、骨架铆接、封合口盖、清洗。

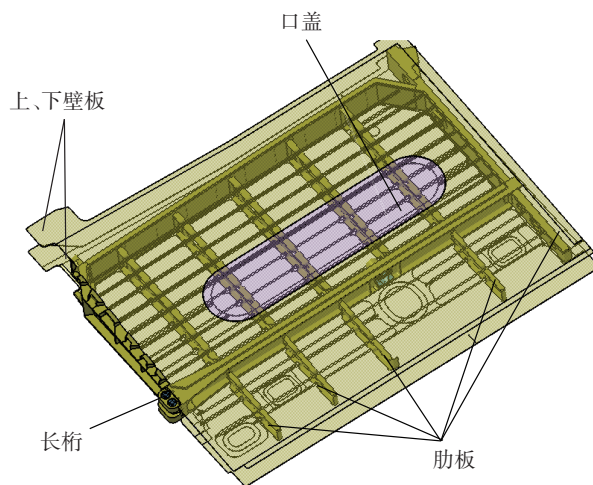


图1 某型教练机机翼2号油箱示意图

Fig.1 Diagram of No.2 wing tank of one trainer aircraft

2 原因分析

飞机金属油箱结构复杂,密封形式较多。针对近年来发生的渗油问题,通过复查图纸、观察施工过程、分解发生渗油部位等方法,根据不同的部位和密封形式,将渗油故障梳理分类,最终找出了油箱渗油的根本原因^[2]。

(1) 螺钉处渗油。

将某型教练机机翼上翼面渗油的螺钉分解,检查发现密封胶圈厚度低于胶圈窝的深度,导致密封胶圈没有被螺栓充分压合,最终引起油箱渗油。观察工人加工过程并与其交流,得出问题根本原因为:在划制螺栓窝和胶圈窝时,用螺栓检查螺栓窝划制尺寸 h ,用卡尺测量胶圈窝到蒙皮的深度 H (如图2),当螺栓头尺寸偏小,

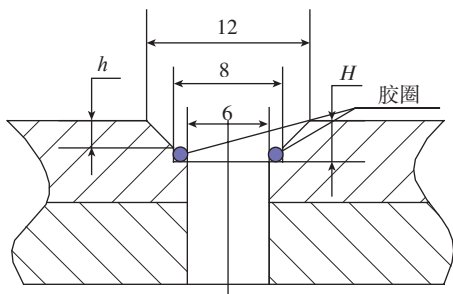


图2 上翼面螺栓连接示意图
Fig.2 Connection diagram of upper surface bolt

即 h 偏小时,导致胶圈窝深度($H-h$)过大,螺栓无法将胶圈充分压合。

(2) 铆钉处渗油。

在对金属油箱制作工艺过程复查时发现:发生下翼面铆钉渗油故障的油箱其密封剂的硫化过程大多选用烘箱温度为 95°C 恒温 8h 的加速硫化方法,故对该加温硫化方法产生怀疑。在此情况下,通过大量工艺试验最终找出:(a) 密封剂出现气泡导致密封剂无法粘贴在油箱壁板上,从而引起油箱下翼面铆钉渗油^[3]。(b) 油箱是半封闭结构,内部空间狭小,特别是转角部位密封剂容易涂厚,涂刷密封剂间隔时间、加温硫化的工艺参数的选定不合理,导致转角部位密封剂未干透,在 95°C 下加温硫化后产生气泡等缺陷(见图3)。

(3) 外挂点处渗油。

机翼前梁外挂点处衬套与前梁为过盈配合,保险孔靠近衬套端头圆弧 R 处,衬套圆弧 R 处上部与前梁仅为接触面,无配合关系(如图4)。观察装配过程发现工人在施工时,仅在螺钉上涂密封剂后安装紧固螺钉,未在固定衬套保险孔内用密封剂填满。分解发生渗油的两架某型教练机外挂点衬套,此处螺钉上密封剂均涂刷过少,在此情况下,当油箱加油增压飞行后,燃油从保险孔处渗入,顺着衬套端头圆弧 R 处渗出。

(4) 骨架连接处渗油。

用内窥镜检查发生渗油的机翼油箱,发现 XM22 密封剂固化后形成的胶膜发生破裂,导致油箱内燃油渗

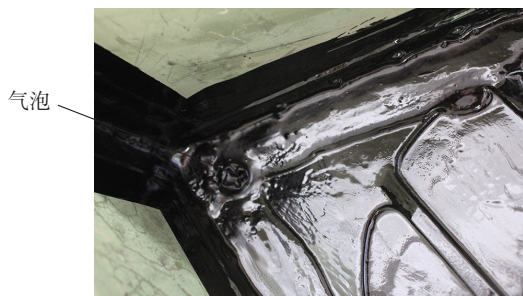


图3 加温硫化后密封剂上产生的气泡
Fig.3 Bubbles on sealant after heating vulcanization

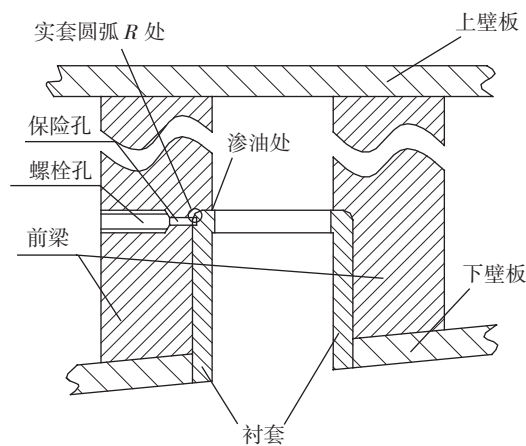


图4 前梁外挂点处连接示意图
Fig.4 Connection diagram of front spar external stores point

出。进一步分解发生渗油的油箱骨架,发现骨架之间连接的螺栓长度、垫圈厚度选择错误,螺栓光杆长度大于零件和垫圈夹层厚度,不能实现有效紧固连接,骨架之间局部存在间隙,在使用中由于飞机振动,导致骨架松动,引起胶膜破裂,造成渗油。

(5) 口盖处渗油。

分解发生渗油的某新型无人侦察机3号油箱前口盖,检查发现渗油处口框上密封剂厚度不均匀。复查可拆卸密封口盖加工过程:在口框上涂刷适量 HM111 型密封剂后,在口盖与口框的连接螺钉上加厚度为 1.5mm 垫圈,盖上口盖,拧紧螺钉,清除口盖周围挤出的密封剂,在密封剂就地硫化后(图5为口框上涂刷密封剂就地硫化图),去除所加垫圈,形成厚度约为 1.5mm 密封剂胶层,然后封合口盖。由于3号油箱前口盖弧度较大且刚性较差(见图6),在施工过程中,口盖螺钉拧紧后形成的 1.5mm 密封剂胶层厚度不均匀且相对较薄,在口盖经拆卸再次安装时,口盖与口框上的密封剂配合面不能有效贴紧,最终导致口盖处渗油。

综上,通过对近几年某两型教练机和某新型无人侦察机三种机型金属油箱渗油情况进行系统梳理,把油箱渗油分为螺钉处渗油、铆钉处渗油、外挂点处渗油、骨架



图5 口框密封剂就地硫化图
Fig.5 Vulcanization diagram of hatch sealant

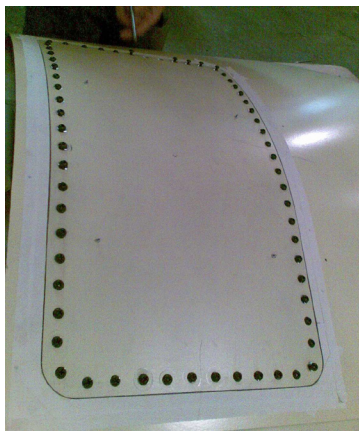


图6 3号油箱前口盖

Fig.6 Front access cover of No.3 tank

处渗油和口盖处渗油五类情况,经仔细研究油箱结构及复查制造过程,最终找出了因设计不完善、工艺参数选择不当、操作方法不合理等根本原因,为制定针对性的解决措施打下基础。

3 解决措施

发生渗油时,飞机金属油箱已制造完成,飞机大都已经交付部队,在制定纠正措施时要充分考虑外场排故的简便、安全。首先,因油箱已经过油密试验甚至已使用过,在施工前特别是需要对金属零件进行补加工前,需确保油箱内的余油已排干净,防止发生意外事故。其次,油箱清洁度要求较高,整个施工过程要防止多余物如铆钉墩头、铝屑、密封剂颗粒等进入油箱内部,污染燃油系统^[4]。

(1) 螺钉处渗油。

螺钉处渗油的根本原因为胶圈厚度低于胶圈窝深度。针对该原因,第一种方案是更换厚度较大的胶圈,保证压合量;第二种方案,将螺栓窝划深(即 h 增大),此时胶圈窝深度($H-h$)减小,在使用原规格胶圈的情况下保证压合量。

(2) 铆钉处渗油。

造成铆钉处渗油的原因为密封剂存在缺陷,导致燃油透过胶层从铆钉处渗出。针对该原因,一种方案是将渗油铆钉拆除,在原铆钉孔处攻丝,将粘密封剂后的螺栓拧入完成堵孔。螺栓上所粘的密封剂一方面修复了铆钉处缺陷的密封剂,另一方面也对螺栓起到保险作用。第二种方案,利用原有工艺口盖或在发生渗油铆钉处的对面壁板增开工艺口盖,将渗油铆钉拆除、补铆、涂密封剂,后将工艺口盖密封^[5]。

(3) 外挂点处渗油。

因螺栓孔、保险孔所处位置在机翼油箱封闭区,无法施工,故在上翼面外挂点处开工艺口盖,在螺栓孔、保

险孔内涂满密封剂后将螺栓拧紧,再在油箱内部前梁螺栓处涂刷密封剂,最后将新开工口盖密封。

(4) 骨架连接处渗油。

检查机翼油箱所有螺栓、骨架和垫片的连接状态,找出未能有效紧固连接的螺栓,选择尺寸合适的螺栓和垫片进行更换,再在油箱内腔涂刷密封剂,利用孔探仪等专用工具进行检查,保证涂胶质量。

(5) 口盖处渗油。

完全去除口框上的密封剂,在重新涂刷密封剂时,将连接螺钉上所加垫圈的厚度由1.5mm改为2mm,盖上市盖,拧紧螺钉,清除口盖周围挤出的密封剂,形成新的密封剂胶层。由于胶层厚度增加,在口盖拆卸过程中,始终能够保证密封剂的挤压力,能有效解决问题。

4 建议

针对不同的故障部位和故障原因,在仔细研究油箱结构和加工流程的基础上,提出了完善设计、选择合理工艺参数、细化工艺规程等针对性建议,提高了油箱加工质量^[6]。

(1) 完善设计。

如某新型无人侦察机可拆卸口盖处渗油问题,其根本原因为口盖弧度较大、刚度较弱导致口盖与口框上的密封剂不能有效贴紧,最终引起口盖处渗油。针对该原因,一种方案是在油箱结构不发生大变化的前提下,一方面将口盖厚度加大,增强口盖刚度;另一方面将垫圈厚度由1.5mm改为2mm,保证形成的密封剂有充分的压合量。另一种方案是在设计上合理选择口盖位置,弧形口盖本身制造困难,在油箱上装配时与口框配合面难以修合,所以油箱口盖尽量选择在油箱平面上而非弧面上。

(2) 选择合理工艺参数。

如铆钉处渗油问题,其根本原因为工艺参数选择不合理导致密封剂存在缺陷。针对该问题,在模拟油箱实际结构的制作过程情况下进行了工艺试验,找出最佳工艺参数。经工艺试验表明:涂刷两遍密封剂之间时间间隔和加温硫化前密封剂必需干透;因环境温、湿度不同,判断密封剂是否干透以检查厚度达6mm以上密封剂的邵尔A硬度为准则。

(3) 细化工艺规程。

如外挂点处渗油问题,明确前梁后段外挂点处的密封要求,要求工人施工时要严格按照图纸、工艺规程操作,检验人员仔细检查,保证密封质量。针对骨架连接处渗油问题,在油箱骨架修合过程中,保证骨架结合面间隙和阶差在合格范围之内;安装连接螺栓时,仔细选

(下转第145页)

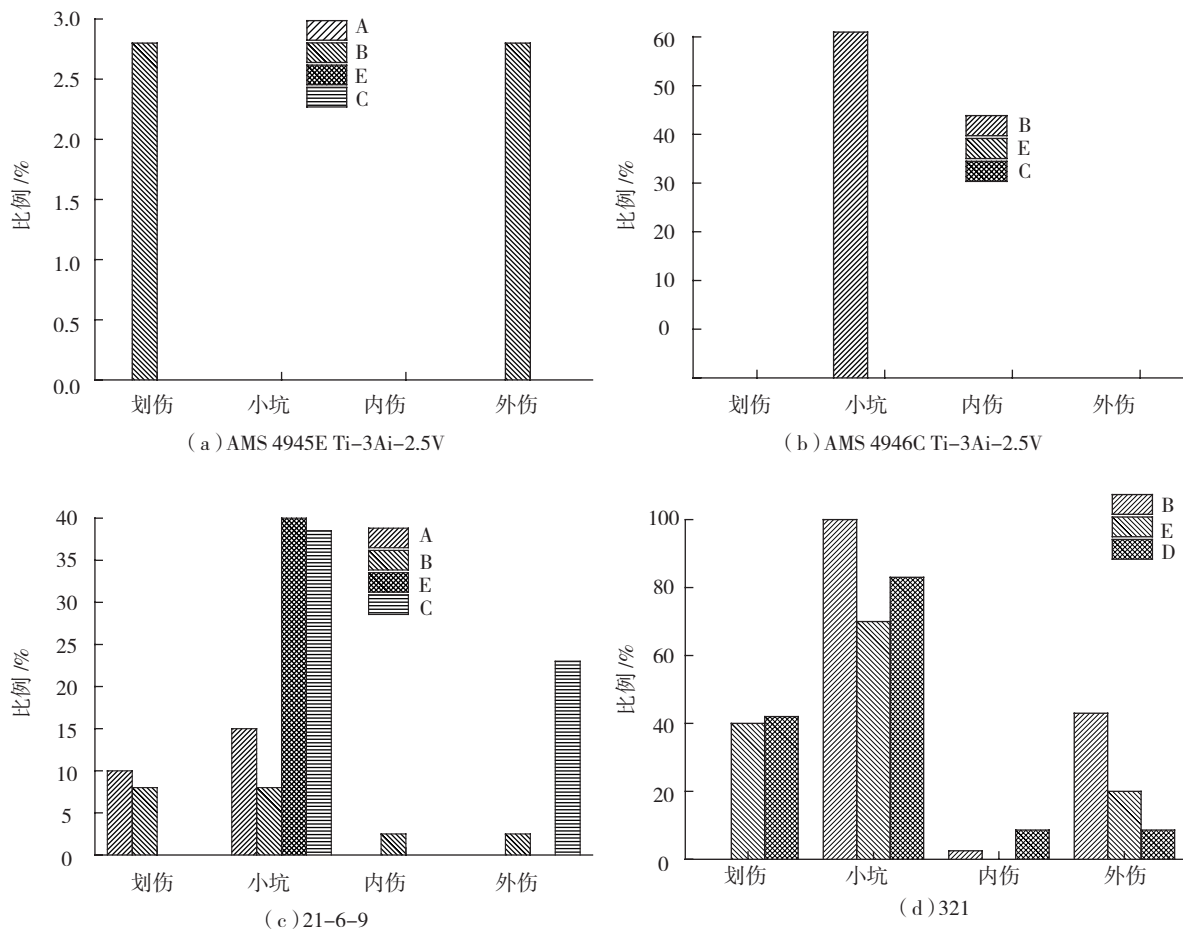


图7 不同规格各种缺陷类型分布

Fig.7 Distribution of different specifications and types of defects

这些缺陷须引起重视。

(5) 国产管材在有效执行无损检测规程的前提下, 质量也可以得到可靠保证。

因此, 凡今后进口管材, 必须要通过探伤把好质量关, 须经 100% 探伤复验才能应用于飞行器制造, 以保障安全。

参考文献

[1] 蔡桂喜, 董瑞琪, 高俊武, 等. 小口径薄壁管超声探伤. 无损探伤, 2002, 26(5): 34-37.

[2] 马小怀, 陈百锁, 汶锁明. 小径薄壁有色管材超声波探伤. 无损检测, 2005, 27(1): 44-46.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 5777-2008 无缝钢管超声波探伤检验方法. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[4] AMS 2634B Ultrasonic inspection—thin wall metal tubing. SAE, 1996.

[5] MISTRY R K, SRIVASTAVA, R K, SARATCHANDRAN N. Study of defects detected in thin-walled zircaloy tubes by ultrasonic testing in high speed rota-25//Proceedings of 15th Word Conference on Nondestructive Testing, 2000.

(责编 李丹)

(上接第 140 页)

择光杆长度合适的螺栓和垫圈, 以保证骨架能够有效的紧固连接。针对螺钉处渗油问题, 设计检查胶圈窝深度的专用量具, 并更改工艺规程, 要求每次划制胶圈窝时先在试验件上进行测量, 合格后方允许在飞机上进行操作, 保证密封胶圈的挤压量。

参考文献

[1] 杨后川, 张学明, 杨保生, 等. 某新型飞机整体油箱密封性试验器设计与实现. 机电产品开发与创新, 2006, 19(2): 27-28.

[2] 凌云. 浅谈某型飞机整体油箱渗漏点检测方法. 中国高新技术企业, 2011(15): 72-74.

[3] 胡琳. 飞机整体油箱密封剂分析. 民用飞机设计与研究, 2001(2): 20-22, 27-31.

[4] 于克杰. 飞机整体油箱的快速粘接修理. 粘接, 2004, 25(2): 45-46.

[5] 范文涛, 贾广生. 某型飞机整体油箱外场修理工艺研究. 装备制造技术, 2012(8): 100-102, 122.

[6] 曹寿德. 飞机整体油箱快速修补技术现状及发展. 航空工程与维修, 1996(2): 29-31.

(责编 李丹)