

航空消耗材料在运行维护中的选用研究

王芳* 魏敦生

(上海飞机客户服务有限公司, 上海 200241)

摘要: 从主制造商的角度,给出了航空消耗材料的定义及在运行维护中的选用原则;研究了航空消耗材料不同的分类管理策略,给出了基于对飞机的构型、工艺质量和安全性等方面的影响程度不同考虑的ABC分类方法;针对ABC分类中不同的类别研究了航空消耗材料应用于民机运行维护时的主要等效替代评估方法和典型应用及可供参考的替代结论;并阐述了航空消耗材料供应商选择及供应商培育对未来航空消耗材料选用的重要作用。

关键词: 航空消耗材料;等效替代评估;供应商早期介入

中图分类号: V221

文献标识码: A

OSID:



0 引言

航空消耗材料^[1]指飞机生产制造、维修和维护过程中使用的、一次性消耗完毕、不可再用的材料。消耗材料不含损坏后需更换的材料,因此不包括“仅使用一次”的消耗性产品(例如:密封圈、密封垫、开口销、垫片、铆钉、轮胎等)以及工具和试验设备。航空消耗材料在飞机维修、维护过程中不可缺少,对飞机所有构件起到保护、延长寿命的作用,几乎在所有维修项目中均有涉及^[2],对于保证航空器的持续适航至关重要。航空消耗材料的需求预测、库存管理和成本控制成为了各航空公司和维修企业关注的重点之一。作为主制造商同样关注飞机制造和维修中消耗材料的合理选用问题,通过确定航空消耗材料的选用原则,研究航空消耗材料在维修任务中的分类管理,实施等效替代评估工作,并积极开展供应商早期介入和培育,推动国内供应商及代理商入册,使国产化航空消耗材料应用到国产飞机的运行维护中,提高国产化率的同时为客户降低运维成本。

1 航空消耗材料的选用原则

1) 应考虑通用性,优先选用主流机型或国内

其他型号共通的材料和材料规范,方便客户进行采购。

2) 优先考虑选用自主可控和多货源可选项目,避免形成对单一货源的依赖,控制材料采购成本和拓宽采购渠道。

3) 包装规格应综合考虑飞机制造和维修场景的使用量。

4) 减少全机维修必须使用的消耗材料的种类,提高不同维修场景之间材料的通用性;同时,对于特定维修场景应该尽量为客户提供更多可选材料种类。

5) 在满足飞机产品设计、制造和维护要求并且不降低安全性的前提下,应优先选用成本相对较低的消耗材料。

6) 对于飞机用户有特殊采购资质要求的消耗材料应该尽量避免选用。

7) 有特殊或苛刻存储要求的消耗材料尽量避免选用。

8) 特定应用场景的材料理化性能必须满足相关规范或技术要求,防止对飞机材料造成不可接受的影响。

9) 密封胶、胶黏剂应考虑航线运行中维修场

* 通信作者. E-mail: wangfang2@comac.cc

引用格式: 王芳,魏敦生.航空消耗材料在运行维护中的选用研究[J].民用飞机设计与研究,2024(3):117-121. WANG F, WEI D S. Selection research of aviation consumable materials for operation and maintenance[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(3):117-121(in Chinese).

景对快速固化的需求。

10) 考虑消耗材料的储存稳定性等要求。

2 航空消耗材料的分类管理

依据航空消耗材料不同的应用对象和应用目的,各飞机、附件和发动机制造厂家以及航空公司、维修单位和适航当局等对航空消耗材料的分类不同^[3]。根据航空消耗材料的性质及用途,航空消耗材料分类如表 1 所示。

表 1 航空消耗材料分类表

编号	名称	编号	名称
01	燃油	10	防冰和除冰材料
02	液压油	11	清洗剂
03	滑油	12	褪漆剂或脱漆剂
04	通用润滑脂	13	表面处理材料
05	特种材料	14	消毒剂
06	润滑剂	15	贮存保护材料
07	功能涂料	16	结构漆
08	胶黏剂	17	微生物污染防治
09	密封胶	18	其它

根据航空消耗材料对飞机的构型、工艺质量和安全性等方面的影响程度,基于等效替代评估的应用目的对其进行分类,如图 1 所示,具体分类^[3]如下:

1) A 类—材料的使用属于强制性,未经验证和批准使用其他替代材料会对飞机的构型、工艺质量和安全产生影响,这类材料必须有明确的牌号,并尽可能提供相应的材料规范和供应商。

2) B 类—材料的选择属于主制造商推荐,使用符合规范或要求的其他相似功能的替代材料对飞机的工艺质量和安全性影响很小,这类材料一般仅指定材料的材料规范,符合规范的任一合格产品都可以使用,可市场上直接采购得到,如清洁剂一般归为 B 类。

3) C 类—材料的选择属于主制造商推荐,使用其他相似功能的替代材料对飞机的构型、工艺质量和安全性无影响,一般不指定材料标准和牌号,维修人员可基于维修需求自行评估并选用同类的任一合格产品,可市场上直接采购得到,如揩布、胶带(非高温、导电等特殊用途)和牛皮纸等仅作为维修的辅助材料,一般定义为 C 类。

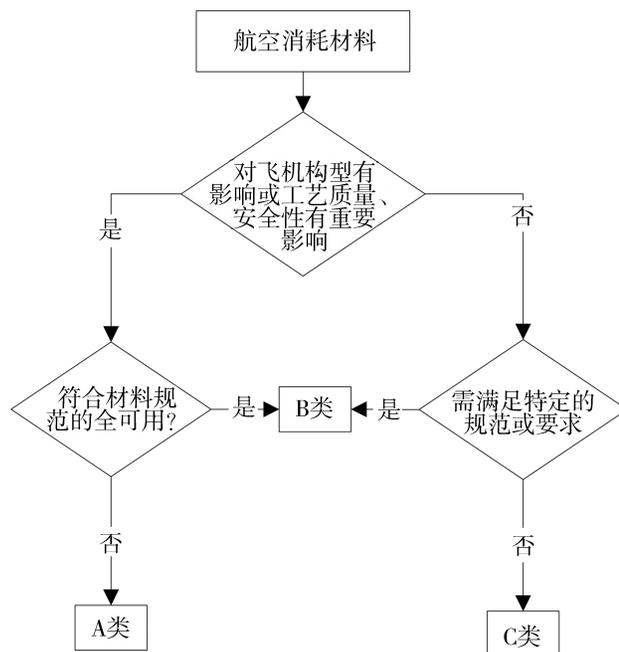


图 1 基于等效替代需求的航空消耗材料分类方法

3 航空消耗材料的替代评估

3.1 航空消耗材料替代评估方法

基于 ABC 不同分类的航空消耗材料实施等效替代评估需应用不同的替代评估方法,针对 C 类,无需开展替代评估工作,可由维修人员自行评估并直接采购市场上可获取的 C 类航空消耗材料。

针对 A 类和 B 类航空消耗材料,既要对比原选用材料和替代材料两种材料本身的性能和作用,又要开展对作用对象的材质和执行的维修场景的分析,最后系统评估对飞机重量、气动外形、强度、安全性、维修性、可靠性及适航合格审定的影响。A 类和 B 类航空消耗材料的替代根据原选用材料和替代材料生产规范标准的异同,将替代评估方法分为以下三种情况:

1) 原选用材料和替代材料符合同一设计标准规范

原则上替代材料可直接替代原选用材料,无需开展相关替代性评估和验证。这里“原则上”是指如下情况:型号设计批准持有人手册推荐了确定规范,而且是符合此规范的所有材料均被允许使用。其他特殊情况如下:若替代材料不在规范所列的合格产品清单(qualified products list,简称 QPL)内,仍需通过其他测试证明符合此规范,此时必须对测试机构资质、测试过程和结果进行评审;如果此规范

不是型号设计批准持有人手册推荐的,那么此规范对于等效评估仅作为参考,还需对两种材料的物化性能进行对比和系统评估。

2) 原选用材料和替代材料的规范标准等效

不同规范标准之间的对比,必须对比原选用材料生产标准内的所有性能参数。航空公司或维修单位在开展替代评估时,原则上替代材料的所有性能参数不得低于原选用材料的性能指标要求^[4]。如果替代材料的规范标准中缺少部分性能指标,还需进行相关的验证试验或者获取足够的替代材料的试验数据^[3]。依据试验数据判断原选用材料和替代材料的规范标准的等效性。在确认规范标准等效后,再进一步评估替代材料是否满足维修场景对材料性能的要求,主要考虑以下几种影响要素:

a) 工程设计对场景中材料的具体性能指标要求,如密封剂的防腐蚀性能指标、胶黏剂的剥离强度指标和润滑剂的润滑性能要求等;

b) 应用航空消耗材料的周围环境介质的种类,如需接触液压油、燃油、盐溶液或水等;

c) 航空消耗材料的应用位置的温度情况,如吊挂和发动机高温区域对材料的耐高温性能有特殊要求;

d) 航空消耗材料接触的界面材质;

e) 航空消耗材料应用部位的防火要求,如客舱内部设备中选用的消耗材料一般要求符合CCAR25.853条款。

3) 原选用材料和替代材料的规范标准不等效^[3]

若原选用材料和替代材料的规范标准不等效,必须满足其主要性能的等效。此情况除了对比原选用材料和替代材料的生产规范标准外,还需对比

两种材料的产品技术数据表(technical data sheet,简称TDS)、材料安全数据表(material safety data sheet,简称MSDS)以及性能测试报告等参考文件中涉及的主要性能参数;若参考文件提供的性能参数有缺失,则应进行相关的验证试验或者获取足够的替代材料相关的试验数据,分析和验证替代材料的性能、作用和材料相容性。如果确认替代材料可以满足原选用材料的主要性能指标,再进一步评估替代材料是否满足维修场景对材料性能的要求,最后系统评估对飞机重量、气动外形、强度、安全性、维修性、可靠性及适航合格审定的影响。

3.2 航空消耗材料替代评估应用案例

民用航空器在其运行和维修维护过程中对清洗剂^[5]的需求广泛,且每种清洗剂产品都需要满足一些特定的功能,直接影响飞机的飞行安全性与飞机材料的使用寿命。清洗剂的替代需求也是客户的大量高频需求之一。清洁剂归为B类航空消耗材料,根据B类航空材料的定义,对于与其符合同一设计标准规范的产品无需开展替代评估工作。对于与其标准规范等效或不等效的产品需应用替代评估方法开展替代评估工作,特别对于两种情况下,两种材料的性能参数有缺失时还需进行相关的验证试验。

下面以航空溶剂清洗剂为应用案例,给出了航空溶剂清洗剂的最低试验要求及可供参考的多种溶剂清洗剂的替代选择。

3.2.1 航空溶剂清洗剂的试验要求

替代评估过程中,针对清洁剂等部分需要开展验证试验^[6]的航空消耗材料,需要满足表2的最低试验要求,对于具体维修任务中具体的特定使用场景^[7],还需增加相应试验项目。

表2 溶剂清洗剂替代评估试验要求

过程	基材	夹层腐蚀	氢脆	抗应力腐蚀	对涂漆表面的影响	油漆附着力试验	搭接剪切试验	非挥发物试验
一般清洗	金属	√	√	√	—	—	—	—
	涂漆表面	√	√	√	√	—	—	—
	热固性复合材料	—	—	—	—	—	—	—
涂漆前清洗	金属	√	√	√	—	√	—	—
	涂漆表面	√	√	√	—	√	—	—
	热固性复合材料	—	—	—	—	√	—	—

表2(续)

过程	基材	夹层腐蚀	氢脆	抗应力腐蚀	对涂漆表面的影响	油漆附着力试验	搭接剪切试验	非挥发物试验
粘结前清洗	金属	√	√	√	—	—	√	√
	涂漆表面	√	√	√	—	—	√	√
	热固性复合材料	—	—	—	—	—	√	√

3.2.2 基于维修场景的溶剂清洗剂的可替代选择
以溶剂清洁剂为应用案例,应用航空消耗材料的替代方法,在满足试验要求的基础上,根据应

用的不同基材及维修场景开展了替代评估工作,得到如表 3 所示的替代评估结论供运营维护参考选用。

表 3 基于不同应用材质及场景的溶剂清洗剂的替代选择

溶 剂	规 范	一般清洗		涂漆前清洗				粘结前清洗					
		金属	不耐溶剂涂漆表面	耐溶剂涂漆表面	热固性复合材料	金属	不耐溶剂涂漆表面	耐溶剂涂漆表面	热固性复合材料	金属	不耐溶剂涂漆表面	耐溶剂涂漆表面	热固性复合材料
变性酒精	GB/T 394\GB/T 678	√	√	√	√	—	—	—	—	√	√	√	√
异丙醇	HG/T 2892\ASTM D770\GB/T 7814	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
SKyKleen 1000	PSD 6-80\PSD 9-22	√	—	√	√	√	—	√	√	√	—	√	√
丙酮	ASTM D329\GB/T 6026\GB/T 686	√	—	√	√	√	—	√	√	√	—	—	√
甲乙酮 (丁酮/MEK)	SH/T 1755\ASTM D740\HGB3503	√	—	√	√	√	√	√	√	√	—	√	√
TURCO 4460	无	√	—	√	√	√	√	√	√	√	—	√	√
脂肪族石脑油	TT-N-95B Type I& II	√	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—

注:以上表中符号表达意义:“√”表示适用;“—”表示不适用;“\”表示或。

4 航空消耗材料的供应商选择

我国民用航空使用的航空消耗材料大多被国外产品所垄断,产品价格高、供货周期长。因此,国产主制造商积极开展航空消耗材料供应商的早期介入和培育,推动国内供应商及代理商入册,使国产化航空消耗材料应用到国产飞机的运行维护中,可以在提高国产化率的同时为客户降低维修成本。同时,还需要建立和完善航空消耗材料供应商及产品的入册评估程序,将已有国产供应商的清洗剂、密封剂和防腐蚀抑制剂^[8]等成熟国产化产品引入国产飞机的消耗材料清单。

5 结论

通过航空消耗材料在运维应用中选用原则的研究确定,可以在初始设计选用消耗材料基础上不断优化更新。通过分类和针对不同类别开展等效替代评估来满足客户的航后维修和日常维护需求,并且能够提供给客户更广泛的选择性。借助航空消耗材料的供应商培育和入册评估研究提高航空消耗材料的国产化率和国产化水平。

虽然航空消耗材料的应用相比航材设备对飞机的维修性、可靠性、签派率等各类指标影响价值低,但仍然是实现飞机“好维修、好运营、好飞行”的

重要一环,而且随着机队的扩充和运行时间的累计,航空消耗材料的应用价值会越来越高。

参考文献:

- [1] 施雯雯. A 航空公司航材成本管理研究 [J]. 纳税, 2019, 13(6): 254-255, 260.
- [2] 王振良. 论航化替代品的适航符合性 [J]. 航空维修与工程, 2015(9): 70-72.
- [3] Aeronautical Radio Inc. Guidance for materials, processes, and parts equivalencies: ARINC 670 [S]. [S. l. : s. n.], 2005.
- [4] 孙梅珍. 论航化品的库存管理和成本控制 [J]. 技术与市场, 2020, 27(7): 152-153.
- [5] 李斌. 飞机系列清洗剂概述及技术要求综合分析

[J]. 清洗世界, 2009, 25(2): 24-28.

- [6] 冯侠, 崔岩, 迟九龙. 一种高性能多用途飞机维护用环保型溶剂清洗剂应用研究 [J]. 清洗世界, 2020, 35(12): 30-32.
- [7] 刘金豆. 航空飞机外表面及其发动机表面清洗技术研究 [D]. 湖南大学, 2018.
- [8] 孙立. 雅迪力特: 航化品国产化的主力军 [J]. 航空维修与工程, 2021(9): 24-25.

作者简介

王芳 女, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 航空维修工程分析。E-mail: wangfang2@comac.cc

魏敦生 男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 航空维修工程分析。E-mail: weidunsheng@comac.cc

Selection research of aviation consumable materials for operation and maintenance

WANG Fang* WEI Dunsheng

(Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

Abstract: From the main manufacturer's point of view, this paper gives the selection principle of aviation consumable materials in operation and maintenance. Different classification management strategies of aviation consumable materials are studied, and ABC classification method is given based on different considerations of the influence degree of aircraft configuration, process quality and safety. The main equivalent substitution assessment method referring to ABC classification and typical application and substitution conclusions of aviation consumable materials applied to civil aircraft operation and maintenance is mainly studied. The important role of supplier selection of aviation consumable materials in the future selection is expounded.

Keywords: aviation consumable materials; equivalent substitution assessment; supplier early intervention

* Corresponding author. E-mail: wangfang2@comac.cc