

飞机外表面用清洗剂使用性能分析

石志想, 何卫平

(中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: **目的** 对飞机外表面进行清洗,保持飞机清洁美观,去除腐蚀性介质和污染物,避免飞机表面遭受腐蚀。**方法** 选择飞机日常维护中具有工程应用基础的6种不同类别飞机清洗剂(AHC-1, AHC-5, Delec, TFQX-1, Cee Bee 280, Calla Solve 120),依据 MIL-PRF-85570D 和 GJB 5974—2007,对6种飞机清洗剂的性能进行评价分析。**结果** 按照标准中的测试方法对清洗试验件进行对比,TFQX-1和 Calla Solve 120两种清洗剂的清洗效果最好。**结论** 飞机清洗是预防飞机腐蚀的第一步,使用TFQX-1和 Calla Solve 120这两种清洗剂可以作为飞机外表面日常腐蚀防护、清洗的有效手段,在飞机中推广应用。

关键词: 清洗剂; 铝合金; 飞机外表面清洗; 清洗性能

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2016.01.010

中图分类号: TJ07; TB304 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2016)01-0051-06

Performance of Cleaners for Aircraft Surface

SHI Zhi-xiang, HE Wei-ping

(China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, China)

ABSTRACT: Objective To clean the aircraft surface, keep aircraft clean and beautiful, remove corrosive media and contaminants, so as to avoid the surface corrosion of aircraft. **Methods** Six different kinds of aircraft cleaners (AHC-1, AHC-5, Delec, TFQX-1, Cee Bee 280, Calla Solve 120) were selected which were used for engineering application in aircraft maintenance. The performances of the six kinds of cleaners were evaluated according to MIL-PRF-85570D and GJB 5974—2007. **Results** The comparison of the test samples according to the test methods in the standards showed that TFQX-1 and Calla Solve 120 had the best performance of cleaning. **Conclusion** Aircraft cleaning is the first step in preventing aircraft corrosion. The application of the two different kinds of aircraft cleaning (TFQX-1 and Calla Solve 120) in the daily aircraft maintenance is an effective means to prevent corrosion and cleaning, which is valuable for popularization and application.

KEY WORDS: cleaner; aluminum alloy; cleaning of exterior surface of aircraft; cleaning performance

飞机在飞行和停放期间,飞机外表面和部件上不可避免会沉积盐雾、灰尘、风沙、油污等污染物。这些污染物不仅会影响飞机的外观,使其表面光洁度降低,还会使飞机的摩擦阻力增大,耗油量增加,更严重

收稿日期: 2015-09-20; 修订日期: 2015-10-10

Received: 2015-09-20; Revised: 2015-10-10

作者简介: 石志想(1984—),女,湖北荆门人,硕士,工程师,主要研究方向为飞机结构腐蚀防护与控制。

Biography: SHI Zhi-xiang(1984—),Female,from Jingmen,Hubei,Master,Engineer,Research focus:corrosion prevention and control.

的是污染物聚集处往往会成为腐蚀的诱发因素,导致如缝隙腐蚀、点蚀等局部腐蚀的发生,危及飞机的飞行安全^[1-2]。飞机表面定期清洗已成为飞机腐蚀控制过程中的一个重要环节。英国相关研究认为清洗飞机使沿海飞行的飞机表面腐蚀性介质浓度大大降低,其中氯离子浓度降低85%左右,硝酸盐浓度降低90%左右,硫酸盐浓度降低80%左右,使用清洗剂清洗的效果比单纯清水冲洗效果好很多。国外飞机制造商一致认为“阻止飞机表面腐蚀的唯一方法是经常清洗”,清洗作为一种日常防腐维护措施,美国已列入防腐维护规程,作为军用标准强制执行。因此,将清洗作为飞机的日常性维护措施,对于保障飞机的安全性和可靠性,延长飞机结构寿命会起到非常重要的作用^[3-5]。

飞机外表面清洗剂主要用于机身外表面和机舱内某些部位的清洗。随着军用航空工业和民用航空工业的不断发展,飞机外表面清洗剂的使用频率越来越高,使用范围越来越大,在飞机日常维护中所扮演的角色也越来越重要。当前国内外均非常重视飞机的表面清洗工作,清洗剂市场产品种类繁多^[6-7],产品性能参差不齐,对飞机的清洗效果有好有坏。为了得到清洗效果好的产品,更好地为飞机清洗提供有效的数据支撑,挑选有实际应用基础的清洗剂,依据MIL-PRF-85570D《飞机外表面清洗剂》和GJB 5974—2007《飞机外表面水基清洗剂规范》,同时参照GJB 4080—2000《军用直升机机体表面清洗剂通用规范》和MIL-PRF-87937D《航空航天设备用清洗剂》,对所选择的6种清洗剂分别就清洗效率、对漆层表面的影响、对有机玻璃的影响以及对非涂漆表面的影响等方面进行试验对比分析^[8-9]。

1 飞机用清洗剂分类

飞机表面清洗剂主要用于机身外表面或机舱内部某些部位的清洗,主要有溶剂型表面清洗剂、水基型表面清洗剂,还有一些特种清洗剂,如有研磨作用的含研磨剂的清洗剂,不会划伤清洗表面的含特种橡胶微粒清洗剂等,脱脂剂及干洗剂等。溶剂型表面清洗剂含芳烃溶剂,主要利用相似相容的原理,用于清洗飞机外表面或其他通风条件良好部位的一般污垢,也可擦洗飞机内表面和重型油污。溶剂型清洗剂虽然除油速度快、去污能力强,但其危险性大,易造成环境污染,在使用前必须考虑环境和废水处理等问题,禁止其在通风不畅的地方使用。水基型清洗剂以亲

水型表面活性剂为主,不含有机溶剂、性质稳定、安全性高、除油性能好、油污不沉积。其去污主要原理为皂化和乳化,一般用于飞机内、外表面一般污垢的清洗,特别是受通风条件限制无法使用的位置(如驾驶舱、舱底、设备舱等)。特种清洗剂如脱脂剂一般用于涂漆/非涂漆金属零部件的清洗和脱脂,也用于去除飞机表面的缓蚀剂和重型油污,是一种碱性超浓缩清洗剂。脱脂剂对油污的溶解力强,一般对金属基体不产生锈蚀等。而干洗剂主要用于去除飞机表面的缓蚀剂和重型油污,对油污的溶解性好,去除能力强。不合适的清洗剂或者合适清洗剂使用不当时会对飞机结构、使用人、环境造成伤害^[10-14]。

2 试验设计

试验选择了6种飞机表面清洗剂,清洗剂的类型和符合标准见表1。试验分6组进行,对每个试验项目按照GJB 5974—2007准备。

表1 清洗剂类型
Table 1 Types of cleaner

清洗机名称	类型	符合标准
AHC-1	通用型	GJB 5974—2007 MIL-PRF-85570D
AHC-5	重污型	GJB 5974—2007 MIL-PRF-85570D
Delec	通用型	GJB 5974—2007 MIL-PRF-87937D
TFQX-1	通用型	GJB 5974—2007 MIL-PRF-85570D
CeeBee 280	通用型	AMS 1526 BOEING BAC 5744
Calla Solve 120	重污型	MIL-PRF-87937D

2.1 清洗效率

试验材料选用2A12-T3包铝合金,试验件尺寸为50 mm × 100 mm × 1 mm,按照ASTM G1-90清洗试验件后称量,精确至0.1 mg,清洗效率试验方法、I型和II型人造油污的配制和清洗方法参考GJB 5974—2007,使用清洗试验机对试验件进行清洗。该清洗试验机(如图1所示)符合GJB 5974—2007的要求。

在试验件表面涂污的面积为40 mm × 80 mm(如图2所示),油污涂覆量为150~200 mg。试验件涂污后在

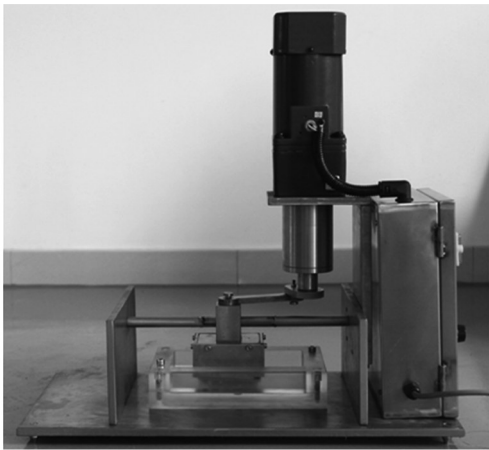


图1 清洗试验机
Fig.1 Cleaning tester

(105±5)℃烘箱中烘60 min,再置于干燥器中冷却至室温,精确称量至0.1 mg。试验溶液以 $V_{\text{清洗剂}}:V_{\text{水}}=1:9$ 的比例配制试验用清洗溶液。

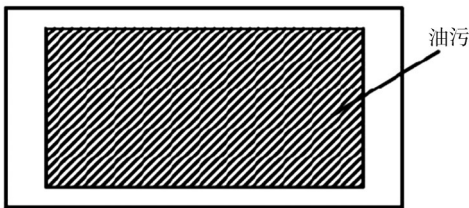


图2 油污试样涂布图
Fig.2 Sketch of oil contamination

按公式(1)计算清洗效率,数值以百分数表示。

$$\eta = \frac{m_0 - m_1}{m_0 - m_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中: η 为清洗效率; m_0 为带油污的试验件清洗前质量,mg; m_1 为带油污的试验件清洗后质量,mg; m_2 为未刷油污的试验件质量,mg。试验平均值即为清洗效率的试验结果。

2.2 对漆层表面的影响

试验件材料、尺寸、制备及试验方法严格按照GJB 5974—2007进行准备。试样的下半部浸入体积分数10%的清洗剂稀释液中1 min,然后置于(38±2)℃的烘箱中保持30 min,试验件从烘箱中取出后用去离子水或蒸馏水冲洗,在空气中干燥24 h。检测试样漆层有无裂纹、变色及起泡,然后按GB/T 6739的规定,分别测试试样浸泡清洗剂的漆膜部分与未浸泡部分的铅笔硬度值(如图3所示)。



图3 测量铅笔硬度
Fig.3 Pencil hardness test

2.3 对有机玻璃的影响

采用YB-3航空非定向浇铸有机玻璃,试验件尺寸为178 mm×25 mm×6 mm(如图4所示)。试验件边缘应光滑无裂纹,试验溶液采用体积分数为50%的清洗剂稀释液。

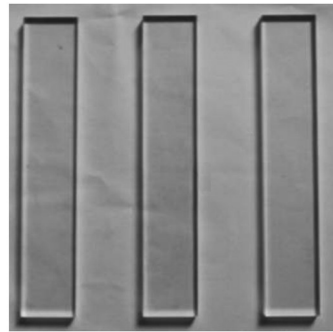


图4 YB-3有机玻璃试验件
Fig.4 The samples of YB-3

按照GJB 5974—2007对YB-3有机玻璃处理,并计算应加载荷为20.5 N,试验示意如图5所示,试验过程如图6所示。试验件在规定应力下加载10 min,用光学目视检测仪检查试验件是否有裂纹。若有裂纹,

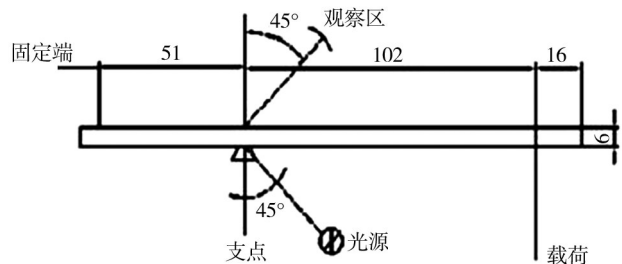


图5 有机玻璃应力银纹试验示意
Fig.5 Sketch of PMMA stress crazing

则更换试验件;若无裂纹,则直接在试验件支点上放置一块 13 mm × 16 mm 吸满待测清洗液的脱脂棉条或滤纸,应将棉条或滤纸放置在试验件中部,避免待测溶液扩展到试验件的边缘,导致边缘产生裂纹。



图6 清洗剂对有机玻璃影响试验过程

Fig.6 The processing of examination on effect of cleaners on organic glass

采用KH-7700 三维数字显微系统(如图7所示)观察试验前后试验件的表面形貌,通过对比发现,有机玻璃在6种清洗剂溶液试验前后是否有裂纹。



图7 三维数字显微系统/ KH-7700

Fig.7 Microscope system of KH-7700

2.4 对非涂漆表面的影响

试验材料采用7A04-T6(包铝)、TC4钛合金和45钢,将清洗后的试验件下半部浸入体积分数为10%的清洗剂稀释液中,放置30 min后取出,迅速将试样以与水平方向呈45°的方式放在(65 ± 2)℃的烘箱中,30 min后从烘箱中取出试样,冷却至室温。用流动的自来水漂洗1 min,然后用去离子水清洗,清洗后在空气中干燥30 min。目视检查,比较浸在溶液中与未浸在溶液中的试样的表面外观有无条纹和斑点。

3 结果讨论

3.1 清洗效率

原始试验件、涂 I 型油污试验件和用清洗试验机的试验件如图8所示, I 型油污清洗效率试验结果如图9所示。

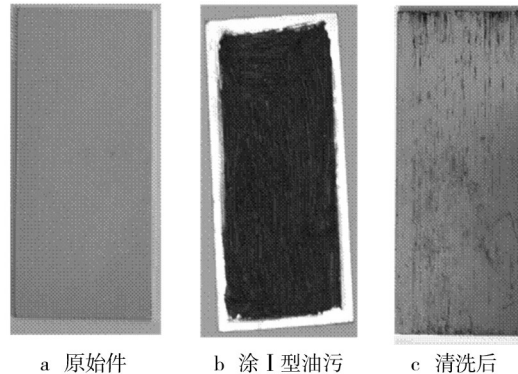


图8 清洗剂对 I 型油污清洗效果

Fig.8 Cleaning effect of cleaners on type I oil contamination

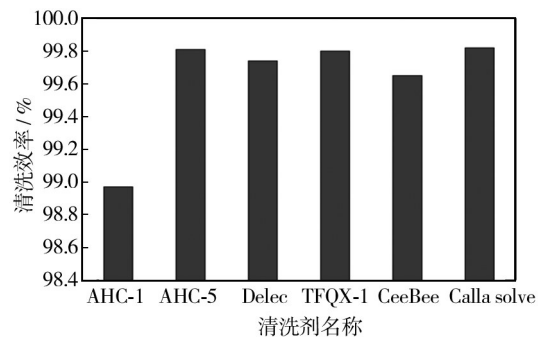


图9 I 型油污清洗效率

Fig.9 Cleaning efficiency for type I oil contamination

原始试验件、涂 II 型油污试验件和用清洗剂擦洗后的试验件如图10所示, II 型油污清洗效率试验结果如图11所示。

由结果可知,6种清洗剂对I型油污的清洗效率,均满足GJB 5974—2007清洗效率85%以上的要求,所有清洗剂的清洗效率都在99%左右。有乳化作用的3种清洗剂对II型油污的清洗效率差别较大,从试验结果可看出,CeeBee280和Calla Solve 120的清洗效率较高,都在98%左右,且Calla Solve 120可达98.54%。

在实际使用过程中,通用型清洗剂稀释比例一般为1:9(清洗剂体积:水体积),通用型重污清洗剂稀释

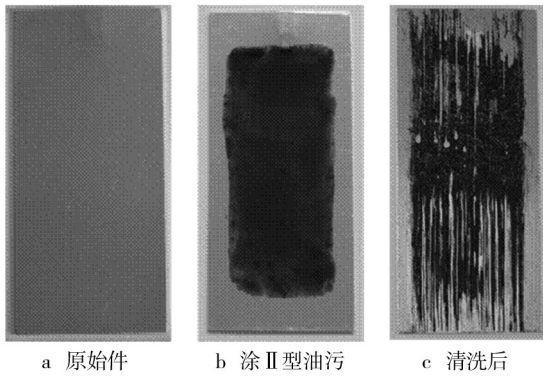


图10 清洗剂对II型油污清洗效果

Fig.10 Cleaning effect of cleaners on type II oil contamination

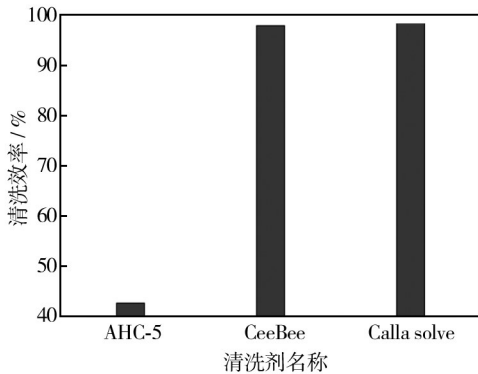


图11 II型油污清洗效率

Fig.11 Cleaning efficiency for type II oil contamination

比例一般为1:14。在飞机清洗时可以采用擦洗或冲洗的方法,清洗时要把清洗剂冲洗干净。在不影响飞机结构涂层、尽可能减少对人体和环境的危害情况下,清洗效率越高越好。

3.2 对漆层表面影响

涂漆表面试验件,浸清洗剂及未浸清洗剂部分的表面硬度检测结果见表2。清洗剂浸泡前后,表面硬度无明显变化,符合GJB 5974—2007的要求。

表2 试验件铅笔硬度值

Table 2 Pencil hardness for test samples

清洗剂	未浸清洗剂部分 铅笔硬度值	浸清洗剂部分 铅笔硬度值
AHC-1	HB	HB
AHC-5	F	F
Delec	F	F
TFQX-1	HB	HB
Cee Bee 280	HB	HB
Calla Solve 120	F	F

3.3 对有机玻璃的影响

图12给出了TFQX-1清洗溶液试验前后YB-3有机玻璃表面形貌的对比,可以看出,试验后的试验件无裂纹。综合上述分析可知,6种清洗剂对有机玻璃的影响均符合标准GJB 5974—2007的要求。

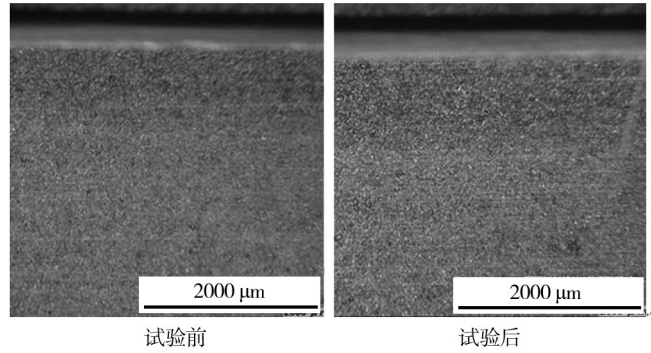


图12 YB-3有机玻璃试验前后表面形貌

Fig.12 Appearances of YB-3 before and after test

3.4 对非涂漆表面的影响

试验件浸泡清洗剂的漆膜部分与未浸泡部分的表面形貌如图13所示,其中试验件上半部分未在清洗液中浸泡,下半部分已在清洗液中浸泡。可以看出,浸泡部分漆层无裂纹、变色或起泡,和未浸泡部分基本一样。试验件表面硬度无变化,符合GJB 5974—2007要求。

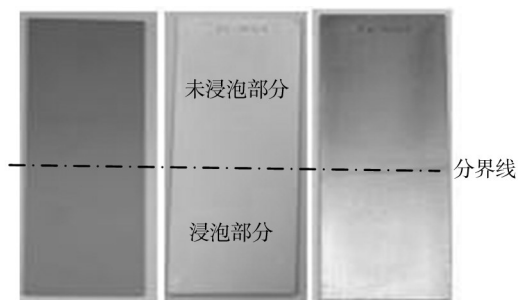


图13 非涂漆表面试验形貌

Fig.13 Appearance of no-painting surface

4 结语

从试验结果可知,6种清洗剂对I型油污的清洗效率均远大于GJB 5974—2007的下限要求,在99%左右。3种有乳化作用的清洗剂对II型油污的清洗效率相差较大,CeeBee280和Calla Solve 120的清洗效率为

98%左右,也远高于GJB 5974—2007的下限要求,且Calla Solve 120的清洗效率高于CeeBee280。由涂漆/非涂漆表面结果可知,6种清洗剂对飞机漆层表面和漆层脱落区的表面都不会产生影响,对有机玻璃也均未造成影响。

飞机清洗剂的清洗效率十分重要。清洗效率过低,不能洗净污渍;清洗效率过高,极有可能伴随一定程度的飞机材料腐蚀。由试验结果可以断定,在不影响飞机材料本身性能的前提下,TFQX-1和Calla Solve 120的清洗效果最好。在飞机实际使用时,只有选择适当的飞机清洗剂,才能满足飞机的日常维护需求和适航要求。

参考文献:

- [1] 张晓云,李斌,汤智慧. 清洗剂和缓蚀剂在飞机维护中的应用[J]. 化学清洗,1999,15(3):27—29.
ZHANG Xiao-yun, LI Bin, TANG Zhi-hui. Application of Cleaning Agent and Inhibitor in Aircraft Maintenance[J]. Chemical Cleaning, 1999, 15(3): 27—29.
- [2] 李斌,张晓云,汤智慧,等. 飞机表面水基清洗剂对金属材料腐蚀及氢脆性能影响研究[J]. 材料工程,2007(6):55—66.
LI Bin, ZHANG Xiao-yun, TANG Zhi-hui, et al. Effect of Water-based Cleaning Compound for Aircraft Exterior Surface on Metals Corrosion and Hydrogen Embrittlement[J]. Journal of Materials Engineering, 2007(6): 55—66.
- [3] 王玲. 水基型油污清洗剂的研制[D]. 大连:辽宁师范大学,2012.
WANG Ling. Development of Oil Pollution Detergent Water-based Type[D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2012.
- [4] 孟冬华. 水基清洗剂在表面处理中的应用[J]. 材料保护,2003,36(7):57—57.
MENG Dong-hua. Journal of Materials Protection[J]. Journal of Materials Protection, 2003, 36(7): 57—57.
- [5] 李国祥,蔡颖,王德正,等. 金属材料除油防锈化学清洗剂的研制[J]. 内蒙古石油化工,2003,29(3):30—31.
LI Guo-xiang, CAI Ying, WANG Deng-zheng, et al. Study and Manufacture of Oil-resistant and Rust-resisting Chemical Clearer[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2003, 29(3): 30—31.
- [6] 房春媛,王凤平. 新型高效水基金属清洗剂的研制[J]. 中国材料科技与设备,2006,3(2):100—102.
FANG Chun-yuan, WANG Feng-ping. Preparation of New Efficiently Water-base Metal Abluent[J]. Chinese Materials Science Technology & Equipment, 2006, 3(2): 100—102.
- [7] 肖潇. 工业清洗剂的研究现状与发展趋势[J]. 清洗世界,2011,27,(7):22—28.
XIAO Xiao. Research Status and Development Trend of Industrial Cleaning Agents[J]. Cleaning World, 2011, 27, (7): 22—28.
- [8] MIL-C-85570D, Cleaning Compound, Aircraft Exterior.[S]
- [9] GJB 5974—2007, 飞机外表面水基清洗剂规范[S].
GJB 5974—2007, Specification for Water-based Cleaner for Exterior Surface of Aircraft[S].
- [10] GJB 4080—2000, 军用直升机机体表面清洗剂通用规范[S].
GJB 4080—2000, General Specification for Cleaning Compound for Military Helicopter Body Surface[S].
- [11] MIL-PRF-87937 D, Cleaning Compound Aerospace Equipment[S].
- [12] 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,2007,2(25):24—28.
LI Bin. Brief Survey and Technical Requirement Analysis of Series Cleaner for Aircraft[J]. Cleaning World, 2007, 25(2): 24—28.
- [13] 陈跃良,王安东,卞贵学,等. 海军某型飞机表面清洗技术[J]. 清洗世界,2014,30(4):1—6.
CHEN Yue-liang, WANG An-dong, BIAN Gui-xue, et al. Exterior Washing Technology of Navy Aircraft[J]. Cleaning World, 2014, 30(4): 1—6.
- [14] 李斌,张晓云,左新章,等. AHC-1及AHC-5飞机表面水基清洗剂应用研究[J]. 清洗世界,2007,23(1):4—10.
LI Bin, ZHANG Xiao-yun, ZUO Xin-zhang, et al. Application Research on AHC-1 and AHC-5 Water-based Cleaning Compounds for Aircraft Surface[J]. Cleaning World, 2007, 23(1): 4—10.