

# 飞机结构腐蚀检查方法与预防对策研究

苏云洪, 刘秀娟, 胡铁玉

(空军航空大学, 吉林 长春 130022)

**摘要:**飞机的结构腐蚀问题比疲劳问题更为严重, 航空界因腐蚀问题造成的飞行事故频频发生, 不仅直接影响飞行安全, 还给航空机务工程工作带来了沉重的负担, 并造成维修费用的提高和飞机寿命的降低。美国空军每年用于与腐蚀有关的检查、维修的费用占总维修费用的 25%, 我军的有关费用也是十分可观的。

**关键词:**飞机结构; 腐蚀诱因; 防腐检查; 预防对策

**中图分类号:** TB 304

**文献标识码:** B

**doi:** 10. 3969/j. issn. 1674-3407. 2009. 02. 007

## A Study on Checking the Structure Corrosion of the Aircraft and Preventing Measure

Su Yunhong, Liu Xiujuan, Hu Tieyu

(Aviation University of Air Force, Changchun 130022, Jilin, China)

**Abstract:** The structure corrosion of aircraft is a more serious problem than the aircrafts fatigue, the flight accidents take place again and again because of corrosion problems, which not only influence flight safety directly, but also bring heavy burden for the aviation engineering work, and result in the increase of maintenance cost and the decrease of the aircraft life. 25% of total maintenance cost is used for corrosion check and maintenance by the U. S. Air Force, the relevant expense of our army is also very considerable.

**Keywords:** aircraft structure; corrosion inducement; corrosion checking; prevention measure

### 1 引言

腐蚀是一种自然现象, 它遍及国民经济和国防建设的各个领域, 给世界带来巨大的损失。据统计, 每年因各种腐蚀造成的经济损失占世界生产总值的 (2~4)%, 我国每年因腐蚀造成的经济损失至少也要高达 200 亿人民币。金属腐蚀给航空领域带来的损失也相当惊人, 在世界范围内, 因腐蚀问题引起的飞行事故屡屡发生, 这不仅影响到飞行安全, 影响军用飞机的战斗力, 还给飞机维护工作带来沉重的负

担, 同时还产生巨大的维修费用, 降低了飞机的服役寿命。因此, 平时对飞机结构腐蚀及时进行普查, 早期发现腐蚀征兆, 积极采取预防措施显得更为重要。

### 2 飞机结构腐蚀的类型、部位和材料统计<sup>[2]</sup>

#### 2.1 飞机结构腐蚀类型统计

飞机结构腐蚀是结构材料在飞机的使用环境作用下产生的变质和破坏, 呈现出不同腐蚀类型, 统计见表 1。

[收稿日期] 2009-03-23

[作者简介] 苏云洪(1953-), 男, 副教授, 空军航空大学航空理论系机械教研室。

表 1 腐蚀类型及分类方法

分类方法	腐 蚀 类 型
腐蚀机理	化学腐蚀、电化学腐蚀。
腐蚀环境	自然环境腐蚀:大气腐蚀、尘土腐蚀、微生物腐蚀、雨水(潮湿)腐蚀。 工业环境腐蚀:酸溶液腐蚀、碱溶液腐蚀、盐溶液腐蚀、各种工业废气腐蚀。
腐蚀形状	全面腐蚀  局部腐蚀:电偶腐蚀(异种金属腐朽)、点腐蚀、晶间腐蚀、穿晶腐蚀、剥蚀、丝状腐蚀、成分选择性腐蚀、应力腐蚀、磨耗腐蚀(微动腐蚀、冲刷腐蚀、空泡腐蚀)。

2.2 飞机结构腐蚀部位和材料统计

××年×月至××年×月对进入工厂检修的某型 X 架飞机结构腐蚀情况统计见表 2。

表 2 主要腐蚀部位和材料

材料	主要部位	主要腐蚀形貌
镁合金	机体上导管固定卡、附件支座、主起架舱内、外翼大梁区域、前机身等部位	表面有黄色粉末;有些出现腐蚀坑
铝合金	进气道调板、左右进气道框上梁、外翼大梁腹板、左右外翼、前缘机翼、襟副翼和平尾的下表面、座舱内设备等	大面积白色腐蚀点;g19 铝合金材料腐蚀深度达 1.5mm;剥蚀形貌
钢	外翼下表面、中央翼下表面、外翼和中央翼对接区、前缘襟翼传动机构、进气道防护装置、方向舵和平尾下表面等部位的螺钉及螺栓、主起落架支柱两个悬挂接头内表面等	褐色、棕色锈蚀迹象;螺钉表面涂层脱落、钉头锈蚀
涂层	前缘襟翼等	涂层局部开裂、剥落

3 飞机结构腐蚀等级

飞机结构腐蚀程度是由量变到质变的一个积累过程,目前飞机结构腐蚀程度分三级。

3.1 一级腐蚀

一级腐蚀发生在两次相邻的检查间隔期间,仅是局域腐蚀,腐蚀去除后,损伤状况在制造厂文件(结构修理手册、服务通告)等规定的允许极限内;或腐蚀损伤超出允许的极限,但这种损伤由于某种偶然的因素造成的(如汞、酸液倒翻),对同一机队的其

它飞机不具有典型性;或航空公司在多次执行腐蚀预防与控制工作任务后的检查结构表明,每次定期的检查在相关部位只发现有轻度的腐蚀,但最近一次的检查发现,历次腐蚀清除后的累计损伤超出了允许的极限,需修理或更换部分重要结构构件。

3.2 二级腐蚀

二级腐蚀发生在两次相邻的检查间隔之间,腐蚀去除后,损伤超出制造厂文件规定的允许极限,需修理、加强或更换全部/部分重要结构部件;或发生在连续检查之间的腐蚀损伤是广布性腐蚀,清除腐蚀后损伤接近允许的切削量极限。

3.3 三级腐蚀

三级腐蚀发生在第一次或随后的检查发现的腐蚀已严重影响到飞机的飞行安全,并需要立即对同型号的机队采取紧急措施,航空器制造厂需要参加对等级腐蚀的评定。

4 飞机结构腐蚀的检查方法

飞机结构腐蚀是避免不了的,但平时对飞机结构腐蚀及时的进行检查,早期发现腐蚀征兆,积极采取预防措施显得更为重要,目前国内外采用如下检查方法。

4.1 目视检查

目视检查是发现腐蚀的一个主要方法,有时也可以借助一些工具来提高目视检查的准确度。常用的检查工具有放大镜、内孔探测镜、内窥镜、柔性光纤内孔探测镜等。

4.2 渗透剂检查

渗透剂检查是一种快速有效的检查方法,它可以发现开口在部件表面上,而普通目视检查不易察觉的裂纹。渗透剂可以增强裂纹与其背景的对比。

4.3 敲击检查

敲击检查是利用一种带球头的小圆棒敲击部件表面的手工操作方法,并根据耳中听到的声音,来判断锤头下面部件厚度截面上的状态。因腐蚀和剥离造成的分层会改变材料的内聚力和强度,从而改变共鸣的频率。

4.4 超声波检查

超声波检查适用于大面积连续的腐蚀损伤,它对于可接近的连续厚度上的腐蚀,非常敏感。超声波检查常用于发现剥离腐蚀,应力腐蚀裂纹和材料的磨损。

4.5 X 射线检查

X 射线照相术便于检查复杂的结构,并可得到

整个结构的俯视图像,还可以用来检查管状钢筒(柱),如扭力管的点状腐蚀。

#### 4.6 涡流检查

涡流检查(主要指低频)用于检查多层结构中,由于腐蚀和裂纹引起的厚度变化。涡流检测仪通过波幅和相位的变化,来区别分层翘起和裂纹。低频涡流检测技术非常适用于铝蒙皮与钛加强板之间的隙间或电化学腐蚀的检查,而高频涡流多用于检查应力腐蚀裂纹。

#### 4.7 声波放射检查

声波放射检查可以探测到结构被加热催化时腐蚀过程产生氢气的噪音。这种方法对连接的铝蜂窝结构的检查非常成功,但这种方法有一定的局限性,它不能检查出干燥的腐蚀区域,只能检查出湿的腐蚀和积存的水分。

### 5 预防飞机结构腐蚀的对策及亟待解决的问题<sup>[2]</sup>

#### 5.1 对策

(1)研究具有耐高温、耐水、耐寒、耐碱、耐磨、耐不同介质渗透能力与抗阴极剥离能力等多种性能的防腐蚀剂或涂层技术。

(2)设计飞机结构时不可过高追求许用应力,应充分考虑到飞机零件的应力集中问题,充分考虑到腐蚀疲劳问题,合理确定材料的强度极限与断裂韧性的配合。

(3)外场维护过程中,要防止金属零件的机械损伤,以防止损伤部位成为腐蚀疲劳的裂纹源。

(4)经常性地检查易腐蚀环境结构件,彻底清除腐蚀产物、恢复防腐涂层和进行规范的结构修理。

(5)在雨季、高温、潮湿季节中,注意排水、通风消除电介质,缩短检查周期,加强防腐蚀措施。

(6)加强对维护人员的防腐教育和培训,高度重视并自觉做好防腐工作。

(7)在设计上使用高强度新型复合材料。

#### 5.2 亟待解决的问题

(1)建立材料—环境—时间与损伤度数据库。包括实验室环境和腐蚀环境下的试验数据,以及服役条件下结构的腐蚀缺陷群的分布特征及其随时间演化的规律。

(2)弄清飞行强度对服役寿命影响的内在规律,建立飞行强度服役区域定寿法,解决目前飞机定寿一刀切的问题。

(3)开展腐蚀条件下飞机寿命分析的新方法研究,以便科学合理地确定使用寿命。

(4)飞机结构腐蚀损伤检测技术的创新与应用,研究外场可直接使用的腐蚀损伤检测设备,尽早发现飞机结构腐蚀损伤的部位及缺陷尺寸大小、形状,从而提高飞机结构使用寿命评定的准确性。

### 6 结束语

在我国,金属腐蚀对军用机和民航机所造成的危害正在被愈来愈多的人所认识,随着我国老龄飞机的日益增多及国外先进飞机的不断引进,加强飞机结构腐蚀的检查,使用、维护过程中,采取适当的预防对策措施,是可以把腐蚀的危害降低到最低限度的。

### 参考文献

- [1] 褚林塘,等. 海军飞机的腐蚀控制设计指南[M]. 北京:航空工业出版社,2005.
- [2] 刘守太,等. 浅析军用飞机腐蚀疲劳[J]. 飞行事故和失效分析,2008,4.

## 欢迎订阅

《工程与试验》(季刊)

定价:8.00元/期

出刊:季末

## 欢迎投稿

投稿邮箱:bianjibu@ccss.com.cn

联系电话:0431-85193252

地址:长春市硅谷大街1118号

邮编:130012