

# 某型直升机内部结构腐蚀防护与修理对策研究

沈军<sup>1</sup>, 李健<sup>1</sup>, 魏荣俊<sup>1</sup>, 边英杰<sup>2</sup>, 李宗原<sup>1</sup>

(1. 总参陆航研究所, 北京 101121; 2. 66347部队装备部, 河北 保定 071000)

**摘要:** **目的** 针对某型机的内部结构腐蚀防护与修理开展研究, 为外场提升该型机的腐蚀防护能力提供借鉴。**方法** 针对掌握的腐蚀部位及腐蚀情况开展腐蚀原因分析, 提出对策建议。**结果** 该型机主承力框、桁条等并未出现严重腐蚀, 具备良好的延寿基础。**结论** 该型机逐步进入到老龄阶段, 腐蚀呈现较快的发展趋势, 需要在日后的装备使用与维护中多加关注。

**关键词:** 直升机; 内部结构腐蚀; 腐蚀防护; 修理对策

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2016.01.009

**中图分类号:** TJ07; TG174 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2016)01-0045-06

## Corrosion Protection and Repairing Countermeasures of Internal Structure of a Certain Type of Helicopter

SHEN Jun<sup>1</sup>, LI Jian<sup>1</sup>, WEI Rong-jun<sup>1</sup>, BIAN Ying-jie<sup>2</sup>, LI Zong-yuan<sup>1</sup>

(1. General Staff Department Army Aviation Institute, Beijing 101121, China;

2. Unit 66347 Equipment Department, Baoding 071000, China)

**ABSTRACT: Objective** To promote the ability of corrosion protection of a certain type of helicopter and carry out the research on corrosion protection and repair of internal structure of the helicopter. **Methods** The cause analysis was carried out on the area of corrosion and corrosion condition, and corresponding countermeasures and suggestions were put forward. **Results** The main bearing box and purlin of this helicopter did not appear serious corrosion, which had good foundation for prolonging service life. **Conclusion** The type of helicopter gradually entered the stage of aging and the corrosion showed a trend of rapid development. More attention needed to be paid in the use and maintenance in the future.

**KEY WORDS:** helicopter; the internal structure corrosion; corrosion protection; repair methods

我国从国外引进的某型直升机近年来逐步进入老龄阶段, 部队在日常维护中无法对直升机机身内部结构进行检查修理, 机身内部结构框架在大修时也无法进行更换, 只能进行修理, 恢复表面漆层。按照腐

蚀防护和日历寿命要求, 机身内部结构在整个服役周期内应保证在所处的环境下不会产生造成功能失效的腐蚀, 或者由于腐蚀而造成结构损伤容限超标而无法实施有效的经济修理。随着该型直升机服役时间

收稿日期: 2015-11-21; 修订日期: 2015-12-10

Received: 2015-11-21; Revised: 2015-12-10

作者简介: 沈军(1988—), 男, 浙江江山人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为直升机综合保障、腐蚀防护等。

**Biography:** SHEN Jun (1988—), Male, from Jiangshan, Zhejiang, Master, Engineer, Research focus: the supportability of helicopter and corrosion prevention.

增长,腐蚀呈现较快的发展趋势,即腐蚀部位增加,腐蚀程度加剧<sup>[1-2]</sup>,有必要掌握机身内部结构腐蚀状况,采取必要的腐蚀防护措施,减少腐蚀损伤。

### 1 内部结构主要腐蚀情况与原因分析

某型直升机的机身为变截面、全金属、半硬壳式结构。它包括前机身、中机身、尾梁和尾斜梁四个部分<sup>[3]</sup>。在笔者参与的调研中,发现部分内部结构的腐蚀情况比较恶劣,对直升机的日常使用造成了一定影响,同时对直升机的大修也造成了一定的经济损失,有必要在今后的使用与维护中多加关注,腐蚀较多的部位主要有直升机的13框、部分部附件安装支座、货舱地板内部、机身漆层下方的蒙皮等部位。

#### 1.1 机身主承力框与部分部件安装座腐蚀

经调研,直升机大修厂技术人员发现13框下框板腐蚀现象普遍,部分直升机腐蚀故障严重。如图1a所示,是2014年12月2日大修厂对某直升机故检时发现中机身13框框板腐蚀严重的现象,局部最深处约为2 mm,其他部位深度为0.4~1 mm,面积约为148 cm<sup>2</sup>。该腐蚀部位处于货桥收放处,部队日常维护时,不易进行检查。

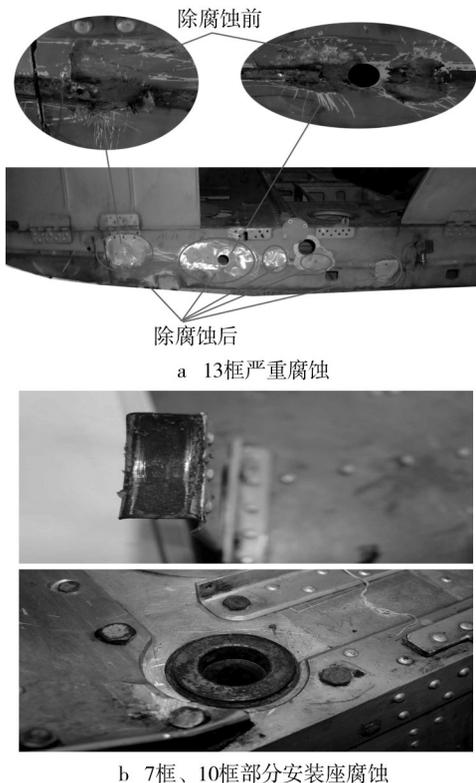


图1 直升机零部件腐蚀情况  
Fig.1 Corrosion of helicopter parts

机身隔框上的部分部件安装座也比较容易腐蚀,如有主减速器撑杆的安装座、外挂油箱安装座、发动机的2个安装座、货舱两侧武器挂架的安装座等。从图1b中可见,这部分的部附件安装座腐蚀比较严重,需要在日常维护中加以关注。

#### 1.2 货舱地板内部与机身顶部镁合金等结构腐蚀

直升机在日常使用维护中,水分、油液和杂质容易渗入地板内部,由于直升机停放时存在4° 35' 停机角,地板内存留的液体和杂质向机身后部流淌,虽设计有排水孔,但仍有积水无法排除,形成局部腐蚀环境,使地板内部结构腐蚀,如图2所示。

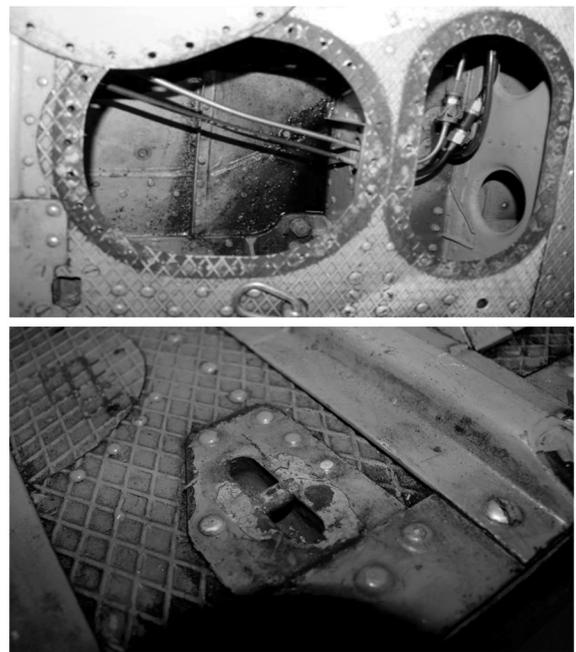


图2 货舱地板内部积水、腐蚀  
Fig.2 Internal water and corrosion of warehouse floor

该型机中机身顶部风扇舱镁合金围框和10框操纵组合件的腐蚀情况如图3所示。

#### 1.3 蒙皮腐蚀

直升机在铆钉、螺钉等连接部位没有采用“湿装配”工艺,蒙皮搭接部位也没有进行密封,导致潮湿空气、腐蚀介质从螺钉、铆钉连接边缘和蒙皮接缝进入搭接部位内部,导致蒙皮腐蚀,如图4a所示。由于腐蚀产物体积比原金属体积大,造成“枕垫效应”,甚至导致铆钉断裂。

由于直升机机体表面涂层出现微小裂纹,腐蚀介质进入涂层内部,造成机体蒙皮表面点蚀,如图4b所



a 中机身顶部风扇舱镁合金围框腐蚀



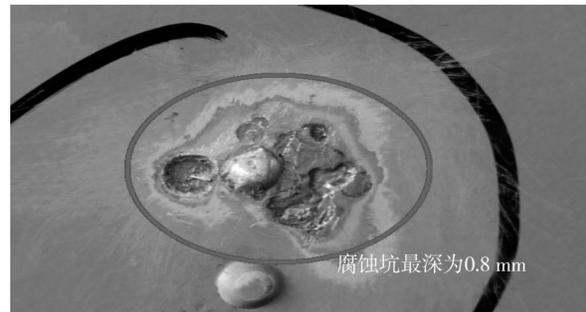
b 10框操纵套轴腐蚀

图3 中机身顶部风扇舱镁合金围框和10框操纵组合件的腐蚀情况

Fig.3 Corrosion of compartment magnesium alloy and 10th box manipulation of the sets of shaft

破坏严重。

外挂油箱通过4根箍带与机身固定,外挂油箱与机身之间铺设一层胶垫或防弹层,防止机身与外挂油箱铆钉之间的振动磨损。外挂油箱上部安装蒙皮盖板,封闭外挂油箱与机身之间的缝隙。上述结构不能保证外挂油箱与机身之间缝隙完全密封,在日常使用维护中,雨水、清洗液、油液、含盐雾的潮湿空气、灰尘、杂草等进入外挂油箱与机身之间缝隙,长期积累无法排出,形成腐蚀性较强的电解液,造成机身表面漆层变色、鼓包、脱落等,机体铝合金与电解液直接接触,出现严重的电化学腐蚀。如图5a所示,金属蒙皮均出现普遍而且严重的腐蚀,最深的腐蚀坑深度达到0.84 mm,接近穿孔。



a 中机身外挂油箱安装区蒙皮腐蚀



b 发动机主减舱地板蒙皮点蚀

图5 中机身外挂油箱安装区和发动机主减舱地板蒙皮腐蚀  
Fig.5 Corrosion of the fuselage skin of tank installation area of external fuel and main cabin floor skin



a 蒙皮搭接部分腐蚀



b 蒙皮表面点蚀

图4 蒙皮腐蚀  
Fig.4 Skin corrosion

示。蒙皮表面点蚀比较隐蔽,表面涂层没有明显的失效迹象,在直升机大修去除表面涂层后才能发现。点蚀向金属纵深发展,形成疲劳源,对结构和材料强度

破坏严重。发动机主减舱地板由货舱顶棚上部隔框、桁条和钛合金蒙皮铆接而成,是发动机、主减速器、液压系统、操纵系统等重要部附件安装平台,也是直升机顶部维修工作平台。在日常维修中,机务维修人员在直升机顶部进行维修,经常踩踏地板,使地板表面漆层磨损失效。同时维修中滑油、燃油和液压油难免会溅落到地板,混合灰尘、雨水形成油泥,附着在蒙皮表面,甚至造成地板排水孔堵塞。形成潮湿腐蚀环境,造成地板蒙皮腐蚀,如图5b所示。上述腐蚀具有一定隐蔽性,在大修去除表面漆层时才能发现。

### 1.4 其他内部结构腐蚀

1) 电瓶舱腐蚀。酸性、碱性电瓶在安装拆卸过程中,酸碱溶液渗漏造成电瓶舱内滑轨、滑条和口盖等零部件腐蚀,如图6a所示。

2) 外挂油箱腐蚀。外挂油箱和整流罩之间、机体之间没有进行密封处理,灰尘、维修时洒落的油液、雨水、空气中腐蚀介质等进入外挂油箱与整流罩、机体之间空隙并无法排出,形成恶劣的腐蚀环境,造成油箱腐蚀,如图6b,c所示。在油箱与吊带之间安装毛毡进行减震与防止磨损,但是毛毡吸附水分,造成吊带严重腐蚀。



a 电瓶舱零部件腐蚀



b 外挂油箱腐蚀



c 外挂油箱箍带腐蚀断裂

图6 其他内部结构腐蚀

Fig.6 Other internal corrosion

## 2 大修厂加强内部结构腐蚀防护措施建议

### 2.1 选用高性能防护涂料

1) TB06-9 聚氨酯底漆+TS96-71 含氟聚氨酯无光

磁漆。某课题组对首翻期内和国内大修直升机腐蚀情况对比中发现,同一部队直升机的相同部位,国内大修后直升机漆层失效比首翻期内直升机早,且腐蚀程度严重,说明大修选用国产漆腐蚀防护性能比俄罗斯漆性能差。经调研航空防腐涂层技术发展和相关对比试验,TB06-9 聚氨酯底漆或H06-1012H(环氧聚酰胺底漆),配合TS96-71 含氟聚氨酯无光磁漆,其腐蚀防护性能等优于传统的涂料,在飞机典型外露部位加速试验环境谱下,可以使铝合金结构满足首翻期10年,翻修间隔9年的日历寿命使用要求。

2) 航空纳米复合涂料<sup>[4]</sup>。随着纳米技术不断向涂层研究领域渗透,纳米复合涂层日趋成熟。空军航空装备研究院联合中科院金属所针对我国飞机的使用情况、服役环境和结构腐蚀特点,开展IMR系列军用飞机结构新型纳米复合涂料(IMR-11 纳米复合防腐底漆+IMR-21 纳米复合防腐面漆)的研发与应用研究。经过抗紫外线老化评定试验(1个试验周期为24 h,其中紫外线照射时间为14 h,温度为(50±2)℃,相对湿度为50%±5%;湿热暴露时间为10 h,温度为(40±2)℃,相对湿度为90%±5%),干、湿交替环境下抗腐蚀性能试验(温度为(40±2)℃,相对湿度为80%±5%,腐蚀溶液采用蒸馏水配置5%NaCl+0.208% NaHSO<sub>4</sub>溶液,滴加少量的稀H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,使pH值达到4~4.5。每个浸润周期为60 min,其中15 min试件浸入溶液,45 min在溶液外接受远红外烤灯照射)和综合环境谱下的抗腐蚀性能试验,与现役飞机防护涂层相比,IMR纳米复合涂层抗典型环境腐蚀性能显著提高。

### 2.2 加强结构密封

1) 螺接和铆接采用“湿装配”工艺。机身螺接和铆接结构,由于孔或螺纹的存在,产生几何不均匀性,引起一系列的力学效应,如挤压、磨损、应力集中和疲劳等,进而引起紧固件与被连接件间微小的间隙与振动,造成表面防护涂层脱落或开裂,使潮湿气体或腐蚀介质侵入,从而发生腐蚀。从国外引进的某型直升机在设计和生产过程中没有过多考虑腐蚀防护,机身螺接和铆接没有采用“湿装配”工艺进行密封处理,机身连接部位易于出现腐蚀。因此建议大修厂在进行机身结构连接装配时,尽量采用“湿装配”工艺,对螺接和铆接部位进行密封处理,提高连接件抗腐蚀能力。

2) 加强内部结构密封。尾梁、货舱地板、发动机主减舱地板(货舱顶棚)和中机身外挂油箱安装区等部位,均属于内部封闭结构。尾梁的蒙皮接缝、天线

安装座和检查口盖;货舱地板蒙皮搭接部位、系留环、检查口盖;发动机主减舱地板的蒙皮接缝、操纵组合件安装等蒙皮开口部位;外挂油箱与中机身上部接缝、外挂油箱与整流罩和盖板接缝等,均需要进行密封处理,防止潮湿空气、腐蚀介质、灰尘和使用维护中油液、水分进入内部,形成局部腐蚀环境。

3) 加强检查口盖密封。对机身上检查口盖,特别是尾梁、货舱地板、设备舱等内部封闭空间上的检查口盖,或不经常使用的检查口盖,可以使用不干型胶体密封剂对检查口盖进行密封处理,防止潮湿空气和腐蚀介质进入内部结构。

### 3 使用单位加强内部结构腐蚀防护措施建议

#### 3.1 树立正确的腐蚀防护理念

树立正确的装备腐蚀防护理念首先要认识到内部结构腐蚀的几个特点,如内部结构腐蚀具有较强的隐蔽性、较大的危害性以及腐蚀预防工作的长期性等。

首先直升机内部结构腐蚀具有很强的隐蔽性,通常需要打开检查口盖、拆卸装饰板和部附件,腐蚀检查可视性和可达性不好,甚至需要借助内窥镜的辅助工具设备才能发现腐蚀部位。其次由于直升机内部结构腐蚀隐蔽性强,在部队日常使用维修中不易发现,腐蚀作用和发展时间长,使零部件结构强度下降、性能下降甚至提前破坏,直接影响飞行安全。部分内部结构腐蚀虽然没有造成功能失效,但是直到直升机大修时才发现,此时已形成严重腐蚀甚至超过修理标准而报废,造成经济损失。最后腐蚀是一个缓慢发生的自发过程,直升机面临的实际使用环境往往比设计预想的使用环境恶劣,直升机使用和维护过程中很难避免环境因素和人为因素造成防护层或材料表面的损伤,因此腐蚀将贯穿直升机服役全过程,部队从接收新机开始即应长期开展腐蚀防护工作,直到直升机退役报废。

#### 3.2 正确开展内部结构腐蚀预防工作

##### 3.2.1 内部结构易腐蚀部位检查

1) 检查时机。建议处于湿热地区旅和沿海地区的部队每季度,其他部队每半年,结合定检、换季或机械日,通过检查口盖,拆掉货舱装饰板,借用手电筒、放大镜、内窥镜等工具设备,对前文所述的易腐蚀部位进行检查。当更换发动机、主减速器或操纵系统部

附件,安装武器挂架时,可对上述重要部附件安装座、操纵组合件等进行检查。对于中机身外挂油箱安装区,由于腐蚀问题普遍且腐蚀程度接近蒙皮穿孔,建议当直升机出厂时间达到3<sup>+</sup>年时,结合换季拆下外挂油箱,对蒙皮进行腐蚀检查和修理。

2) 检查方法。目视检查是部队进行腐蚀检查的主要方法,如果发现涂层失效,如出现脱落、起泡、开裂、褪色、起皱和粉化等;镀层失效,如镀层脱落、变色、腐蚀等;直升机表面出现碎物或污染物,表面凹凸不平、不光滑、变形、有裂纹或斑点,说明即将出现或已经出现腐蚀,要引起机务人员足够重视。机务人员应掌握常见金属腐蚀特征,快速判断腐蚀故障,见表1。

##### 3.2.2 内部结构排水、通风、防潮与电解液的处理

发动机主减舱、货舱地板下、尾梁等部位密封不良或排水不畅,雨后、清洗直升机后容易积水。针对这些部位的积水要做到以下几个方面。

1) 首先要定期清理排水通道,主要包括清洗排水孔滤网,用冷气吹排水管,防止油泥、异物、昆虫堵塞排水通道,造成内部结构积水。

2) 其次要查明内部积水原因,如发现内部结构积水,一方面要检查积水来源,是由于密封不良导致渗漏积存,还是潮湿空气在封闭内部结构由于温度变化形成冷凝水,针对积水来源采取相应维护措施。另一方面要检查排水通道是否畅通,清除滤网和排水孔堵塞物,清除内部结构排水通道障碍。

3) 最后要使用正确的方法清洗货舱地板,日常维护时不能用大量清水冲洗货舱地板,防止水渗漏到地板下内部结构,应该使用拧干的抹布擦洗地板。

部队驻地处于高温高湿地区或沿海地区,在晴朗干燥的天气时露天停放。直升机雨后和清洗直升机后,应打开直升机舱门、检查口盖进行通风晾晒,排除直升机内部结构潮湿空气;也可以使用鼓风机对尾梁内部、货舱地板内部、顶棚内部等空间进行换气除湿,防止潮湿空气经温度变化在内部结构形成冷凝水,附着在零部件表面形成电解液。

电瓶的安装和拆卸过程中有可能渗漏电解液。对于酸性电解液,使用20%小苏打溶液进行清洗,对于碱性电解液,可采用5%醋酸溶液或全浓度的家用食醋进行清洗。

#### 3.3 内部结构腐蚀修理

按照腐蚀部位表面清洗、去除表面涂镀层和腐蚀产物、腐蚀损伤测量与评估、表面防护涂镀层恢复过

表1 金属腐蚀类型和特征

Table 1 Metal corrosion types and characteristics

材料	腐蚀类型	腐蚀特征
合金结构钢	表面氧化和点蚀,均匀腐蚀,应力腐蚀,氢脆,腐蚀疲劳。合金钢强度越高,耐蚀性能差,对应力腐蚀的敏感性越大。	开始是金属表面发暗,轻蚀呈暗灰色,进一步发展会变为褐色或棕黄色,严重的呈棕色或褐色疤痕甚至腐蚀坑,刮去腐蚀产物后底部呈暗灰色,边缘不规则。
铝合金	表面点蚀、晶间腐蚀、剥蚀、应力腐蚀、腐蚀疲劳。硬铝一般先发生点蚀,逐渐发展成晶间腐蚀。	初期呈灰白色斑点,发展后出现灰白色腐蚀产物,刮去腐蚀产物后底部出现麻孔。
镁合金	对点蚀和常见腐蚀敏感。	初期呈灰白色斑点,发展后出现白色粉状、雪堆状堆积物和白色斑点,除去腐蚀产物后底部有坑。镁合金腐蚀一直沿阳极区伸入,呈深孔交错状。
钛合金	本身耐腐蚀性强,高温环境下与氯化物溶液持久反复接触可导致结构的金属性能降低。	低温情况下无可见腐蚀产物,370℃以上时出现彩色的表面氧化。
不锈钢	点蚀、晶间腐蚀(热处理不当)、缝隙腐蚀,高强度不锈钢应力腐蚀、氢脆、腐蚀疲劳。	表面变粗糙证明已被腐蚀,有时出现均匀的红色、棕色或黑色锈斑。
镀镉层、镀锌层	耐腐蚀性能好,若发生了腐蚀,腐蚀产物能保护合金钢免受腐蚀。	初期呈灰白色斑点,发展后呈黑色、灰白色点蚀,并有灰白色腐蚀产物,除去腐蚀产物后有坑。在有机气氛下腐蚀产物如“白霜”,俗称“长白毛”,在应力及湿度作用下会产生“晶须”。
镀铬层	在氯化物环境中会发生点蚀(镀层麻点)	无可见腐蚀产物,因钢腐蚀与鼓胀引起铬镀层起泡

程开展腐蚀修理工作<sup>[5]</sup>。

1) 表面清洗:可以使用洗涤油进行表面初步清洗,再使用航空专用溶剂型清洗剂进行彻底清洗。表面清洗贯穿腐蚀修理每个过程,尤其喷漆前要进行彻底清洗,零部件表面不能残留灰尘、油渍和腐蚀产物,确保喷漆质量。

2) 去除表面涂镀层和腐蚀产物:去除零部件表面残留的涂镀层和腐蚀产物一般有机械和化学两种方法。机械方法采用砂纸、铜刷、铝刷、钩针、砂轮等工具进行机械打磨。化学方法是采用脱漆剂、钢腐蚀产物去除膏、铝合金腐蚀产物去除膏等进行化学反应后,使表面残留物易于清除。通常针对不同结构、材料和腐蚀程度,机械和化学方法交替使用,取得最佳清除效果。

3) 腐蚀损伤测量和评估:彻底清除腐蚀产物后,采用游标卡尺、深度规或腐蚀凹坑测量仪等自动测量工具对腐蚀损伤进行准确测量记录,并按照维修手册、修理手册和大修指南给出的损伤标准进行评估,决定是否进行修理或者换件。

4) 表面防护涂镀层修复:铝合金表面利用阿罗丁或铝合金表面氧化膏进行氧化,钢表面可采用腐蚀产物去除膏进行表面磷化;然后调制底漆和面漆,采用刷涂或喷涂方式恢复漆层。临时性防护可采用水置换型脱水防锈剂进行防护,外部使用可保持半年有效防护。发动机表面黑漆可使用耐高温防锈自喷漆进

行修复。

对桨毂和尾桨毂表面镉镀层,可采用电刷镀形式进行原位镀层修复<sup>[6]</sup>。

### 3.4 记录腐蚀故障并上报

腐蚀故障信息数据,包括发生腐蚀部位、形貌、尺寸和照片,发现腐蚀故障时机,直升机及腐蚀部附件使用日历寿命,直升机使用环境经历等<sup>[7]</sup>。上述故障数据对于设计部门掌握及纠正直升机腐蚀设计缺陷提高腐蚀防护能力,生产部门提高和保持直升机生产质量,部队加强腐蚀防护薄弱部位预防具有重要意义。部队机务人员应将腐蚀作为故障纳入质控体系,针对内部结构易腐蚀部位进行检查和预防,发现腐蚀问题进行修理并记录,对于无法完成腐蚀修理的部位应及时上报机关,请大修厂、装备应急保障基地和研究所协助完成腐蚀修理工作。

## 4 结论

根据笔者参与调研所得的数据分析可知,某型直升机内部结构腐蚀位置的数量随直升机总日历寿命增加而增加,随腐蚀环境严酷而增加,而机体主承力框、桁条等结构在第三次大修时基本没有出现腐蚀,总日历寿命延寿具有很好的基础。直升机内部结构

(下转第61页)

- 京:科学出版社,2012.
- YIN Yan-sheng, DONG LI-hua, LIU Tao. Marine Microbial Adhesion Material Corrosion[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [12] 李朋,李秉忠.热喷涂铝涂层与玻璃结合机理的研究[J].装备环境工程,2009,6(2):36—39.
- LI Peng, LI Bing-zhong. Bonding Mechanism of Thermal Sprayed Aluminum Coating on Glass[J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(2): 36—39.
- [13] 陆峰,钟群鹏,曹春晓.大气环境条件下复合材料与金属电偶腐蚀及控制方法研究[J].材料保护,2002,35(12):19—22.
- LU Feng, ZHONG Qun-peng, CAO Chun-xiao. Galvanic Corrosion and Controlling of GECM and Metals in Atmospheric Environment[J]. Materials Protection, 2002, 35(12): 19—22.
- [14] 陈克忠.金属表面防腐蚀工艺[M].北京:化学工业出版社,2010.
- CHEN Ke-zhong. Anti-corrosion Process of Metal's Surface [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [15] 张入仁,万熠,李晨,等.模拟海洋环境下航空铝合金铣削表面的耐腐蚀性研究[J].工具技术,2011,45(12):12—15.
- ZHANG Ru-ren, WAN Yi, LI Chen, et al. Surface Corrosion Resistance of Milling Aeronautic Aluminum Alloy in Simulated Marine Environment[J]. Tool Eng, 2011, 45(12): 12—15.
- [16] 高立,宋胜利.纳米技术在防腐蚀涂料中的应用[J].装备制造技术,2013(10):87—88.
- GAO Li, SONG Sheng-li. Nanotechnology Application in Anticorrosion Coatings[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2013(10): 87—88.
- [17] 肖纪美,曹楚南.材料腐蚀学原理[M].北京:化学工业出版社,2002.
- XIAO Ji-mei, CAO Chu-nan. The Principles of Material Corrosion Science[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.

(上接第50页)

腐蚀防护存在薄弱环节,结构密封措施不够完善,国内大修采用的涂层性能低于俄涂层,在机身重要部件连接接头、地板舱内部等部位出现普遍腐蚀问题。大修厂和部队应高度重视腐蚀问题,采取相应措施提高直升机腐蚀防护性能和部队一线腐蚀防护能力,控制腐蚀出现和发展,为该型机总日历寿命延寿奠定扎实基础。

腐蚀原位监测是及时发现内部结构腐蚀的有效手段,国内相关技术和产品具有一定基础,相关单位应尽早开展应用研究,为实现内部结构腐蚀视情维修、健康管理与故障预测、单机寿命监控奠定技术基础。

#### 参考文献:

- [1] 李宗原,李健,石金大,等.某型直升机尾减速器从动机匣腐蚀故障分析及预防对策研究[J].装备环境工程,2014,11(6):105—109.
- LI Zong-yuan, LI Jian, SHI Jin-da, et al. Corrosion Failure Analysis and Preventive Measure of a Type of Helicopter Tail Gearbox Casing Assembly[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 105—109.
- [2] 高延达,李健,李宗原,等.浅析直升机的外场腐蚀防护[J].装备环境工程,2014,11(6):135—139.
- GAO Yan-da, LI Jian, LI Zong-yuan, et al. Brief Analysis of Helicopter Field Corrosion Prevention[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 135—139.
- [3] 刘景,白增树,路录祥.米-17直升机构造[M].北京:总参谋部陆航部装备局,2007.
- LIU Jing, BAI Zeng-shu, LU Lu-xiang. M-17 Helicopters Configured[M]. Beijing: Bureau of the General Staff of Army Aviation Unit Equipment, 2007.
- [4] 陈群志,王逾涯,崔常京,等.老龄飞机结构的腐蚀问题及对策[J].装备环境工程,2014,11(6):1—9.
- CHEN Qun-zhi, WANG Yu-ya, CUI Chang-jing, et al. Corrosion Problems and Countermeasures of the Aging Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(6): 1—9.
- [5] 沈军.米-17系列直升机部附件腐蚀防护应用训练[D].北京:总参陆航研究所,2014.
- SHEN Jun. M-17 Series Helicopter Corrosion Protection Application Training Department of Accessories[D]. Beijing: General Staff Department Army Aviation Institute, 2014.
- [6] 沈军,边英杰,李健,等.电刷镀技术在某型直升机桨毂表面镀层局部损伤修复中的应用研究[C]//第三十一届全国直升机年会学术论文集.北京:中国航空学会直升机专业委员会,2015:5.265—5.268.
- SHEN Jun, BIAN Yin-jie, LI Jian, et al. The Application Research of Brush Plating Technology In a Certain Type of Helicopter Hub Surface Coating of Partial Damage Repair[C]// Helicopter of China Aviation Society Annual Meeting of the Committee for the 31th Term the Helicopter Research Papers. Beijing: Society of Professional Committee of China Aviation helicopter, 2015: 5.265—5.268.
- [7] GJB/Z 138—2004,海军航空装备腐蚀控制要求指南[S]. GJB/Z 138—2004, Guide of Corrosion Control Requirements for Naval Aircraft Equipment[S].