

机载产品酸性大气、酸性盐雾腐蚀防护与控制

赵路 韩滕

陕西长岭电子科技有限责任公司 陕西 宝鸡 721000

摘要: 海洋环境下机载产品上的零部件容易受到高湿热、盐雾等形式的各种腐蚀情况, 出现上述的严重腐蚀, 造成产品出现故障问题。所以, 机载产品在设计之初就应该进行耐海洋环境腐蚀防护和控制。

本文通过对腐蚀环境及易腐蚀结构的分析, 从金属材料、非金属材料的选择, 产品结构设计, 表面处理等方面进行了叙述。

海洋环境下的腐蚀防护与控制很重要, 选材、设计、防护不当引起的腐蚀带来的后期代价很大, 所以需要每个设计人员从设计之初就将腐蚀防护与控制作为产品设计的一项重要指标认真落实, 全面提高机载产品在海洋环境下的可靠性。

关键词: 腐蚀防护与控制; 材料选择; 结构设计; 表面处理

引言

近年来, 本人主管的某型机载产品, 有几部机器因故障返厂维修, 排故过程中, 发现产品内部出现很严重的腐蚀现象: 组件的金属外壳镀层脱落, 铝合金基体与紧固件接触部分出现1.5mm深的腐蚀坑, 周围有大量白色粉末状固体, 印制板引脚处出现锈蚀, 导电衬垫体积明显增大等。经过对产品各部分进行检测, 腐蚀是产生该故障的根本原因。

1 试验环境

首先, 通过调研发现, 出现严重腐蚀的机器均为配套海军产品。该机器为改型产品, 原型机已按GJB150A-2009完成96小时盐雾摸底试验及鉴定试验, 主要配套陆军产品, 在服役的几年中未出现此类腐蚀现象。

其次, 与内陆环境相比, 海洋大气环境极为复杂, 温度、湿度、氯离子浓度、污染物等主要环境因子及其耦合作用都是腐蚀影响的重要原因。我国典型海洋大气表现为高温、高湿和高盐雾的特点, 尤其在南海区域尤为明显。海洋环境下机载设备上的零部件容易受到高湿热、盐雾等形式的各种腐蚀情况, 出现上述的严重腐蚀, 造成产品出现故障问题。因此, 耐海洋环境腐蚀防护和控制配海军产品时是必须要在设计开始阶段就需进行设计, 并按GJB150A-2009盐雾试验及GJB150A-2009酸性大气试验部分进行摸底试验和鉴定试验验证。

2 试验及结果

针对上述腐蚀情况, 对产品本身结构进行分析, 整理了部分代表性的零部件进行酸性盐雾及酸性大气试验。所有试验样件均按敞开外露区的条件进行酸性盐雾及酸性大气连续试验。相对湿度大于95%, 直接暴露在

恶劣海洋大气中, 长期遭受高湿热、高盐雾和含燃料废气腐蚀大气的直接作用^[1]。

图1至图4均为连续完成酸性盐雾和酸性大气试验后的部分结构件试验后图片:



图1 不锈钢316L (钝化)



图2 铝镀镍圆插头



图3 导电橡胶条



图4 铝板2A12

3 酸性盐雾、酸性大气腐蚀防护与控制设计

3.1 腐蚀分类

3.1.1 按照腐蚀环境或腐蚀介质分为

大气腐蚀、海水腐蚀、化工介质腐蚀、微生物腐蚀。

3.1.2 按照破坏的具体形式分为

均匀腐蚀、电偶腐蚀、缝隙腐蚀、点蚀、晶间腐蚀、磨蚀、应力腐蚀开裂和腐蚀疲劳^[2]。

3.2 机载产品易腐蚀的部位和结构形式

3.2.1 机载产品结构腐蚀比较普遍,根据统计分析,易腐蚀部位和结构形式如下:

首先,异种金属接触部位及存在结构缝隙的部位。例如连接器与铝合金插座板装配部位,盖板和基体配合缝隙部位,不锈钢紧固件与压板接缝处。

其次,易积水或者排水条件差及防护困难的部位,海洋水汽腐蚀性强,大量水汽堆积后即使耐蚀性再强,腐蚀也不可避免。

然后,紧固件和中间过孔及螺纹底孔周围,不密封或者密封质量差的连接结构。例如铆接或者螺接结构,铰链结构等。

最后,产品表面防护质量差或容易受损的部位,一般产品防护层才具有较强的耐腐蚀性,当防护层被破坏后,其耐蚀性急剧下降。

总之,选用的材料时仅考虑强度和重量,未考虑材料的防腐蚀能力。例如为了减重使用耐腐蚀能力很差的镁合金。

3.3 腐蚀防护与控制设计

根据机载产品的使用环境和维护要求,对易腐蚀、维修性差的部位的零部件使用耐腐蚀性好的金属材料,耐老化性好的非金属材料及相应的标准件。

3.3.1 金属材料选择

首先,在综合考虑材料的电气、机械加工性能等特性外,优先选用耐腐蚀性好的材料,如常用的航空铝合金5A06/6061/6063,不锈钢316L等,减少使用铝合金2A12,不锈钢2Cr13等,裸露在外部的尽量少的使用不锈钢304等材料。

其次,尽量少的使用对耐腐蚀性差的金属材料,如镁合金(如必须使用,需经批准后做加强防护处理)。

对于受力要求高的构件尽可能选用比重小、机械性能好、防腐性能优良的金属材料,如铝合金7075-T7651,钛合金等。

然后,对于受力要求低的零部件,可选用高性能塑料、纤维增强材料来代替金属材料,但工程塑料导热、导电性、电磁屏蔽性较差,需做好相关方面设计,如表面覆金属层铜、银等。

最后,参考主机材料选用范围,在符合上述原则及防腐性能要求的前提下,尽可能选择与主机相同的材料体系。

3.3.2 非金属材料选择

选择非金属材料时应考虑其在规定范围内置于特定环境下能保持预期性能的能力。对非受力为主的构件可选用耐蚀性好的非金属材料,但应考虑其是否具有吸湿

性、挥发性、易长霉等因素,如优先选用硅橡胶类型的材料。在空气中易老化易腐蚀的橡胶件采用硅橡胶、乙丙橡胶等。

3.3.3 结构设计

首先,由于产品内部部分印制板、组件、基体等,因其散热、导电等原因,很难进行一些防腐蚀措施如表面喷漆、微弧氧化等处理,而用于传统盐雾、湿热防护喷涂的三防漆等无法满足长时间的海洋环境需求,所以需要产品进行防腐蚀密封设计;

其次,进行防腐蚀密封设计,使异种金属之间、金属与非金属之间有效隔离,防止海水、盐雾、潮湿空气及其他污染物渗入结构内部造成腐蚀。产品方案设计阶段尽可能减少开口,开口越少,密封措施就越容易实施,对每一个可能引发泄露的开口,都应根据实际情况进行密封设计。产品基体与盖板之间(或者插座与面板间)可采用密封胶或密封垫进行贴合面密封;采用密封垫密封时,为减缓密封垫老化并防止缝隙腐蚀,可在接缝处使用聚硫密封胶填封,见图5。基体上的螺纹孔尽量使用盲孔,并在安装螺钉时使用可拆卸的螺纹锁固剂或硅胶3140填充螺纹缝隙,防止水汽从螺纹部分渗入。

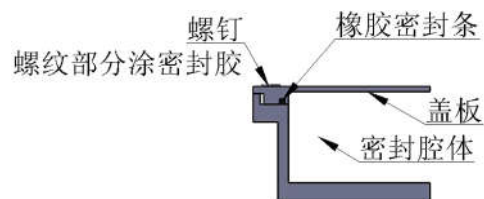


图5 密封设计

然后,使用复合密封垫。复合密封垫是在导电密封垫上的一种改进材料。该种密封垫采用独特的“复合”技术,使导电橡胶与非导电的硅橡胶复合在一起,形成外侧为普通硅橡胶,内侧为导电橡胶的复合型密封垫,结构可按需求设计。若空间允许,图上结构也可改为使用圆形或者D形复合密封垫,将安装螺钉位置外移,密封条在螺钉内侧,这种方式密封效果更好。

最后,设计时应尽量选用不会形成过大电位差的金属(包括镀层)相互连接,或选用相容金属相连接;不同类的金属应采用电绝缘或者因整个产品的电磁屏蔽、导电性需求确需连接时,不常拆卸的,其接缝外边沿需使用硅胶、漆层等与空气隔离,经常拆卸的连接后可用不干性腻子密封或选用与两种金属都允许接触的金属垫片或镀层进行调整过渡。

3.3.4 表面防护设计

首先,不锈钢一般需进行钝化处理;钛合金一般无需进行表面处理,需要防电偶腐蚀、防磨损表面需要进

行薄膜硫酸阳极化并涂漆,钛合金零件、标准件禁止镀镉或镀银;

其次,铜及铜合金一般采用钝化处理,为防止接触腐蚀可选择镀镉处理,有导电要求可采用镀银、镀金处理,并对镀层根据环境严酷程度做出相应要求;铝合金零件表面导电氧化后使用耐候漆进行防护。漆面设计应合理,尤其是零部件接缝处,防止金属氧化层直接暴露在空气中。

然后,涂层选用应尽可能与机体结构涂层寿命相匹配,铝合金用高防腐底漆(QH-15)、耐蚀钢防腐环氧底漆(H06-1011H)、复合材料防护底漆(H06-1371)和高耐候性面漆(QFS-15)。金属材料表面处理后,在规定的时间内进行有机防护层涂覆,防止间隔时间过长后再喷漆,导致底漆附着力下降。

最后,在不影响电性能的前提下,所有分立元器件(电源组件、频率源、各种电阻、电容等)都应进行表

面防护。

结束语

机载产品酸性大气、酸性盐雾腐蚀防护与控制是近几年总体对机载产品提出的新要求:盐雾试验从96小时中性盐雾试验到如今的240小时酸性盐雾试验,增加了酸性大气试验。这些新的环境试验要求和大量因海洋气候环境严重腐蚀的机载产品都在说明,海洋环境下的腐蚀防护与控制很重要,选材、设计、防护不当引起的腐蚀带来的后期代价很大,所以需要每个设计人员从设计之初就将腐蚀防护与控制作为产品设计的一项重要指标认真落实,全面提高机载产品在海洋环境下的可靠性。

参考文献

[1]王树荣,季凡渝 环境试验技术[M].电子工业出版社,2016(5):58-71

[2]陈跃良,飞机结构电偶腐蚀数值模拟[M].国防工业出版社,2020(7):1-35