雷达天线腐蚀研究进展

董艳[1]，杨崇斌[1]，朱庆洪[2,3]，熊金平[2,3]
（1. 中国人民解放军95784部队，四川 乐山 614100；
2. 北京化工大学 材料电化学过程与技术北京市重点实验室，北京 100029；
3. 北京化工大学 碳纤维与功能高分子教育部重点实验室，北京 100029）

摘要：主要概括了雷达天线在不同使用环境中的腐蚀现状，从天线所选用的材料、加工和设计工艺、使用环境等方面总结了影响天线腐蚀的主要因素，并介绍了提高天线耐蚀性能途径的最新进展，给出了提高天线防腐性能的可行方法。

关键词：雷达天线；腐蚀；防腐技术
DOI：10.7643/issn.1672−9242.2013.03.016
中图分类号：TG172.3；TN956　　**文献标识码：**A
文章编号：1672－9242(2013)03－0063－03

Research Development of Radar Antenna Corrosion

DONG Yan[1]，*YANG Chong−bin*[1]，*ZHU Qing−hong*[2,3]，*XIONG Jin−ping*[2,3]
（1. The 95784 Troops of the PLA，Leshan 614100，China；
2. The Beijing Key Laboratories of Materials Electrochemical Process and Technology，Beijing University of Chemical Technology，Beijing 100029，China；
3. The key Laboratory of Carbon Fiber and Functional Polymers，Ministry of Education，Beijing University of Chemical Technology，Beijing 100029，China）

Abstract：The current status of radar antenna corrosion was summarized. The influencing factors of radar antenna corrosion were analyzed by the aspect of choosing the materials, design process and environmental conditions. The research progress of feasible methods to improve corrosion resistance of radar antenna was introduced. Feasible methods of improving corrosion resistance of the antenna were summarized.

Key words：radar antenna；corrosion；anti−corrosion technology

近年来，雷达天线的腐蚀问题越来越突出，不仅造成了直接和间接的经济损失，而且影响到了雷达天线的工作性能。就天线的腐蚀机理、防腐技术和措施进行了总结。

1 天线的腐蚀现状

工作在各种大气环境中的常规雷达天线耐恶劣

收稿日期：2013−01−04
作者简介：董艳(1974—)，女，四川成都人，工程师，主要研究方向为雷达运行保障。

环境，特别是耐湿热及海洋气候环境的能力比较差。根据以往经验，腐蚀问题是我国天线失效的主要问题，不防潮、不防霉、不防盐雾是导致腐蚀的主要原因[1]。

张继成等[2]对多部雷达天线的使用进行了跟踪调查，天线的局部腐蚀最容易发生在受应力较大部位、焊接部位、不同金属接触部位、螺接及铆接部位。如果上述情况同时存在于同一个部位，则更容易发生局部腐蚀。

沈耿等[3]调查某船载天线出现严重腐蚀而导致天线失效的案例中，腐蚀主要发生在有导电胶接合部位与安装连接部位。

雷达天线一般可以旋转，在使用过程中由于旋转摩擦导致材料磨损，致使保护措施失效，可能引起腐蚀。另外在天线的加工与安装过程中容易导致机械内应力，与腐蚀介质共同作用下，加速了材料的腐蚀与开裂，也可能导致天线结构的变形。例如在某天线的试用过程中，作为天线主要材料的黄铜管发生多处断裂和开裂[2]。

通过实践和试验分析可知，雷达天线的主体结构——金属材料，其腐蚀主要有电偶腐蚀、小孔腐蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀等。另外，当雷达天线工作在海洋或海岸环境时，大气中含有大量海盐离子将对金属等材料的腐蚀有加大作用。郑建生[4]在观察研究某船载卫星测控站天线时发现，4根副面铝合金撑杆焊处发生了严重的孔蚀现象。

随着大量特种高分子涂料不断应用到雷达中，涂料的失效也是引起雷达天线不能正常工作的原因之一。据报道，天线表面可能涂有多种功能涂料，如吸波导波涂料、导电涂料等。有机涂层在各种大气环境下的老化失效也是天线腐蚀的又一重要问题[5—6]。

2　雷达天线腐蚀的主要影响因素

雷达天线多种多样，大型天线体型庞大，结构复杂；小型天线结构精密，如船载雷达天线，机用监控雷达天线，丛林、沙漠等地区雷达。所用的材料也多种多样，一般有不锈钢、铜合金、铝合金、铸铁和一些功能高分子材料等，造成了天线腐蚀因素的多样性。总体上，可以从天线所选用的材料、加工和设计工艺、使用环境3方面来分析天线的腐蚀因素。

1）为了使天线具有一定的刚度和强度等力学性能，一般选用不锈钢作为天线的骨架材料，铜合金与铝合金等作天线材料。金属材料在环境中容易发生腐蚀，腐蚀的形式也多种多样，由此将对天线的整体耐腐蚀性能和力学、电学性能产生重要影响。另外，大量高分子材料不断应用到天线中，高分子材料的失效因素也同样易引起天线的腐蚀失效。例如高分子材料一般不耐紫外线、高温、熔盐离子等。材料的选择是决定天线腐蚀类型与程度的主要因素。

2）结构上设计不合理可能导致腐蚀。在天线不同部位采用螺钉、铆接、焊接等方式连接时，可能产生电偶腐蚀，以及在这些连接件或焊接接头缺陷处出现狭窄缝隙所导致的缝隙腐蚀。在天线的使用过程中可能积攒雨水等溶液，加速了材料的腐蚀。

3）环境因素也是天线腐蚀的一个重要影响因素。在寒冷的北极圈，温度极低，有可能低于高分子材料的玻璃化温度，致使材料失效；炎热的赤道，长时间高温和极强的紫外线照射下，加速了金属和高分子材料的腐蚀；在昼夜温差很大的高原，温度交变不断，使材料不断热胀冷缩，材料内部产生应力，导致材料腐蚀；在高温、高湿、高盐雾的海岛和船载环境下，空气湿度大，同时含有钠离子、氯离子等，对金属和高分子材料耐腐蚀性能都有严重影响。使用环境的不同导致了腐蚀速率的不同，同时也加大了防腐的难度。

3　雷达天线防腐技术

为了使雷达天线具有良好的电性能和机动性能，要求天线骨架刚度好、质量小，而对天线材料则要求导热、导电性能好，为此一般选用黑色金属材料作为天线骨架材料，铜合金和铝合金作为天线材料[7]。为了提高天线材料的耐蚀性能和寿命，通常采取如下措施。

3.1　选用耐腐蚀材料

成钢等[8]介绍了用超高强度不锈钢材料制造的天线具有很高的强度和优异耐腐蚀性能。李永春[9]发现用6005T5铝合金生产的管型天线具有高强度、低内应力，同时具有很好的耐腐蚀性能；另外发现添

加少量铜、镍等元素的合金钢,其耐候性和涂装性分别为普通碳钢的2~8倍和1.5~10倍。这种合金钢在天线骨架中应用广泛,同时为后续的表面涂装处理等提供了更优越的性能。敖辽辉[10]采用高强度的M40J碳纤维作为增强材料,改性环氧树脂(EP)作为基体树脂,制作了高精度的碳纤维复合材料天线抛物面,具有轻质、高强度、高刚度、耐腐蚀等特性。章令晖等[11]认为先进的树脂复合材料在天线系统中有可观的应用前景。

3.2　严格天线设计生产过程

一般来说,对于天线结构的防腐可以从以下方面综合考虑。

1) 切断腐蚀介质与金属的接触。通常可以通过表面喷涂技术实现,如热喷锌、热喷铝、喷高性能涂料等,另外也可以多种喷涂技术和喷涂材料混合使用来提高其耐蚀性能。姜英波等[12]在东方明珠天线钢桅杆的设计生产过程中综合各方面的情况,选定了金属层与高性能涂料复合层为防腐蚀涂层。在实际应用过程中经过十多年的使用,涂层完整,没有锈蚀与脱落。姜卫丽等[13]制备了一种雷达罩用新型抗静电防腐耐磨涂料,该涂料不仅阻隔了天线金属材料与环境的接触,而且具有很好的耐腐蚀性、耐老化性和耐磨性,同时具有优良的抗静电性、良好的附着力等。

2) 对材料进行表面处理,消除材料的表面缺陷与应力。张继成等[2]采用热浸锌对钢管表面进行了处理。姜英波等[12]在设计天线过程中,对所用金属进行了热喷锌、热喷铝、热喷AC铝合金、热浸锌等多种处理技术,既消除了材料的表面应力,同时提高了材料表面的耐蚀性能。

3) 采用适当的天线结构和连接方式,避免应力集中和材料之间的缝隙,减少应力开裂和缝隙腐蚀等。同时,减少不同电位的金属间直接接触,以免发生电偶腐蚀。雷达天线有很多种,依据不同的结构有鞭状、对称、扇形、笼形、角形、菱形等天线标准体系。不同形状的天线有不同的结构,在设计过程中需要不同的连接方式,在满足天线的使用性能的同时,应尽可能提高天线的耐腐蚀性能。

4) 采用电化学保护技术,如阴极保护等。例如在钢材和铝合金表面焊接锌。

3.3　其它防腐措施

3.3.1　设计合适的天线罩

雷达天线罩是一种保护天线或雷达使其免受自然环境不利因素影响,同时又不影响其电气性能的罩体[14]。雷达天线罩的材料多种多样,主要由纤维增强复合材料及夹层材料等组成。姜鑫等[15]就复合材料在天线罩中的应用做了介绍。李大进等[16]利用增强纤维、树脂基体和夹芯材料制备出高性能复合材料天线罩,不仅具有高的穿透电磁波性能,同时也避免了天线的腐蚀。都世民[17]综述了地面雷达天线罩的应用状况,比较了多种雷达天线罩的优缺点,如充气罩、泡沫塑料罩、玻璃钢夹层罩等。

3.3.2　缓蚀剂

在天线的加工焊接、安装过程中,通过焊接、填充等方法构成密闭腔体,在密闭的腔体中填充缓蚀剂,使天线内壁和腔体内部处于气密状态,从而避免金属材料从内部发生腐蚀[18]。

4　结语

随着信息时代的不断进步,信息化要求越来越高,信息获取至关重要,雷达等通信监控设备无可替代。雷达天线的腐蚀问题将制约其性能发挥,为此在现有的腐蚀与防护研究基础上,还需更进一步进行研究。

参考文献:

[1] 张宝妹. 海用雷达的防腐蚀[J]. 电子工程,1992(1):25—28.

[2] 张继成,王宏. 雷达天线结构设计中的防腐问题[J]. 电子工程,2005(1):14—16.

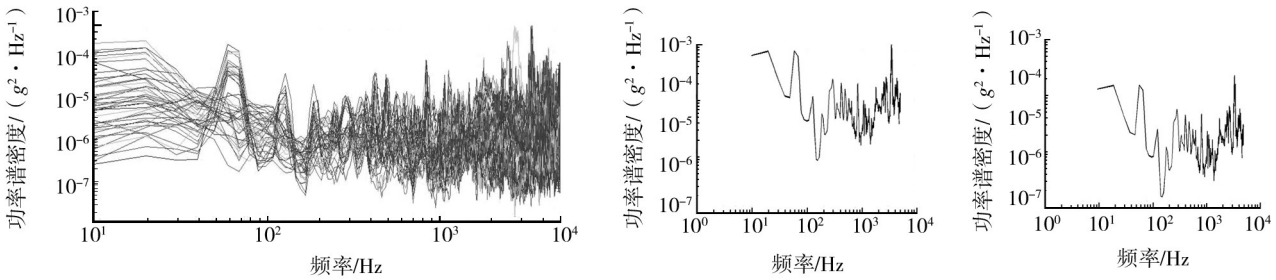
[3] 沈耿,吕强. 某天线失效的机理分析和改进[C]// 2008第六届电子产品防护技术研讨会论文集. 2008:83—88.(余不详)

[4] 郑建生,赵颖. 铝合金天线副面撑杆焊接结构的孔蚀分析与控制[J]. 测控与通信,2001(4):48—51.

[5] 南涛. 抗静电涂料体系在机载雷达罩表面的防护技术[C]// 2010第十五届可靠性学术年会论文集. 2010:283—286.

[6] 刘钢,郭琦,黄英,等. 海洋环境下天线腐蚀机理与防腐

(下转第76页)



a 所有x轴归纳前的振动谱

b 所有x轴归纳后的振动谱 α=0.5，β=0.95

c 所有x轴归纳后的振动谱 α=0.1，β=0.99

图6 归纳前后的振动谱

Fig. 6 Vibration spectrum before and after induction

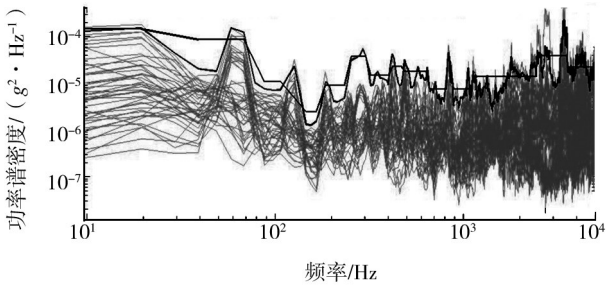


图7 归纳后的规范谱

Fig. 7 Specification spectrum after induction

参考文献：

[1] GJB 150.16—1986，军用设备环境试验方法 振动试验[S].

[2] GJB 150.16A—2009，军用装备实验室环境试验方法 振动试验[S].

[3] GB 10593.3—1990，电工电子产品环境参数测量方法 振动数据处理与归纳[S].

[4] GJB/Z 222—2005，动力学环境数据采集和分析指南[S].

[5] GJB/Z 126—1999，振动、冲击环境测量数据归纳方法[S].

[6] 穆立茂，黄海英，张靖，等. 车载物资振动环境谱的数据处理与归纳[J]. 装备环境工程，2010，7(1)：75—78.

[7] 纪敦，张书明. 军用飞机机载设备环境实测技术研究[J]. 装备环境工程，2006，3(6)：45—50.

（上接第65页）

技术研究[J]. 飞行器测控学报，2012，31(1)：15—18.

[7] 郑荣松. 雷达天线骨架材料的研究[J]. 杭州电子工业学院学报，2004，24(6)：74—78.

[8] 成钢. 超高强度不锈钢天线材料的研制[J]. 武汉冶金，1993(1)：28-31.

[9] 李永春. 6005T5铝合金天线管型材生产工艺研究[J]. 世界有色金属，2005(10)：23—25.

[10] 敖辽辉. 天线罩技术的发展[J]. 电讯技术，2000，40(2)：14—15.

[11] 章令晖，陈萍. 先进树脂基复合材料在卫星天线系统中的应用[J]. 宇航材料工艺，2011(4)：1—5.

[12] 姜英波，潘文杰. 东方明珠天线钢桅杆腐蚀防护涂层[J]. 腐蚀与防护，2005，26(2)：78—80.

[13] 姜卫丽，刘华荣. 雷达罩用新型抗静电防腐耐磨涂料的研制[J]. 现代涂料与涂装，2011，14(4)：34—37.

[14] IEEE Std 145—1983，IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas[S].

[15] 姜鑫，杨振国. 地面雷达罩材料的研究进展[J]. 理化检验-物理分册，2006，42(5)：217—222.

[16] 李大进，肖加余，邢素丽. 机载雷达天线罩常用透波复合材料研究进展[J]. 材料导报，2011，25(2)：352—357.

[17] 都世民. 地面雷达天线罩概述[J]. 系统工程与电子技术，1981(5)：37—41.

[18] 郑荣松. 雷达天线骨架材料的研究[J]. 杭州电子工业学院学报，2004，24(6)：74—77.