

岛礁雷达系统设计

孙国强

(中国电子科技集团公司第三十八研究所 合肥 230031)

摘要: 岛礁雷达是构建海上防御的重要组成部分,针对岛礁面积小、环境恶劣、远离大陆的现实情况,分析了岛礁雷达设计及使用过程中存在人员紧张、防护困难、保障不便等问题,总结出岛礁雷达设计必须加强综合防护、自动化、智能化、模块化设计,在此基础上,从目标录取自动化设计、故障检测智能化设计、模块化快速修复设计、综合防护设计等方面进行了岛礁雷达设计探讨,提高了雷达环境适应能力,减轻了操作及保障人员负担,保证了雷达作战性能的充分发挥。

关键词: 雷达;岛礁;系统设计

中图分类号: TN959.72 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.70

System design of reef radar

Sun Guoqiang

(CETC No. 38 Research Institute, Hefei 230031, China)

Abstract: Reef radar is an important part of the construction of maritime defense, but reef area is small, the environment is bad, away from the mainland, The author analyzes the reef radar design and in the process of using such as workers tension, protection and guarantee problem, Summed up the reef radar design must strengthen comprehensive protection, automation, intelligent, modular design, on this basis, from the target admission automation intelligent design, modular design, fault detection fast repair design, the integrated protection design aspects discussed reef radar design, improve the radar environment adaptability, easing the burden on the operation and the security personnel, to ensure the operational give full play to the performance of radar.

Keywords: radar; reef; system design

1 引言

随着科技的发展,海上交通、海上资源成为国际争端的焦点,雷达作为获取实时获取信息的有效手段,其地位尤其重要,已成为各国掌握海上主动权的重要手段和必备前提;但雷达在海洋环境中使用,空中预警雷达受气象等因素的制约,无法长时间连续掌握情报数据,用于岛礁环境的地面雷达成为一个很好的选择,但岛礁面积小、环境恶劣、远离大陆的现实情况,决定了岛礁雷达设计及使用过程中面临人员紧张、防护困难、保障不便等问题。为了增强雷达对岛礁环境的适应能力、降低架设难度、保证雷达能够长时间连续可靠地掌握所覆盖空域的情报信息,在充分研究岛礁环境特点的基础上,分析岛礁环境对雷达设计的影响,采取针对性措施进行雷达系统设计研究是很有必要的。

2 岛礁雷达设计面临困难

2.1 人员紧张

岛礁远离大陆,人员用水、蔬菜、粮食等生活用品必须从内地补给,限制了岛礁上留守人员数量;雷达作为高度集成的大型电子设备,值班人员不但要维护雷达的正常运行,而且要实时监测覆盖空域目标情况,及时上报所属空域的情报信息,为了充分利用有限的人力资源完成雷达战备值班任务,在雷达设计中必须充分考虑自动化、智能化设计,降低值班人员工作压力,充分保障值班人员能够及时准确地掌握并上报雷达探测数据。

2.2 防护困难

岛礁面积较小,四面临海,导致空气湿度很大,而且空气中含盐量高,资料介绍岛礁空气最高含盐量可达 198.4 mg/m^3 ,雷达位置临近海水时,飞沫将海水带入到

空气中,空气含盐量接近海水含盐量,甚至潮湿空气中的水受热蒸发可析出盐粒附着在设备表面。特别是热带海洋环境,雨季可达到半年以上,其中30%以上是暴雨,雨后高温,雨水大量蒸发,形成高温、高湿环境。暴雨、大风及高温、高湿的环境导致腐蚀介质具有极强的渗透力,阴暗处霉菌生长很快,从而使该环境下的常用材料腐蚀速度很快,给雷达设备防护带来巨大挑战。实例照片如图1所示。

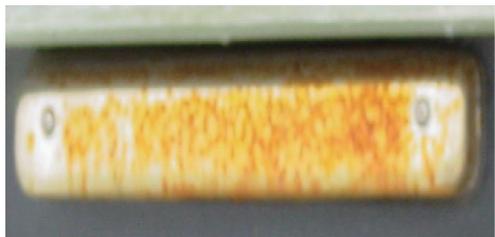


图1 镀铬设备户外3个月的局部锈蚀照片

2.3 保障不便

岛礁一般远离大陆、交通工具缺乏,并且受台风、暴雨等恶劣天气的影响,交通很不方便,无论是人员保障还是器材补给都不能得到有效保证。在设计过程中,如果未充分考虑岛礁型雷达的保障难题,一旦雷达发生故障,很可能导致雷达得不到及时的保障维修,从而影响设备的可用度。

3 岛礁雷达系统设计

岛礁环境决定了雷达设计在采取措施增强雷达海洋恶劣环境的适应能力的同时,进行自动化、智能化、模块化等设计降低操作使用及维修保养压力。

3.1 综合防护设计

岛礁雷达工作环境决定了其必须加强防护设计,以增强雷达恶劣海洋环境适应能力,保证雷达长期稳定可靠的工作。岛礁雷达海洋环境适应性综合防护设计主要包括以下措施。

1)材料选择方面优先选用耐腐蚀材料。各种材料的耐腐蚀性能差异很大,常用的铁合金材料腐蚀速度比不锈钢材料快得多,而白铜即使不做特殊的防护处理也能在海洋环境中起到很好耐腐蚀作用,还有部分高分子材料在海洋环境中也有很好的耐腐蚀性。插销、铰链等经常活动摩擦部位,一般只能使用耐腐蚀材料。

2)工艺防护方面采用新材料、新工艺以加强表面处理。表面工艺防护能够隔断腐蚀介质与设备表面的接触,是阻止腐蚀、老化的有效措施,表面防护一旦出现局部破损,腐蚀介质就会从破损处开始不断腐蚀设备。岛礁雷达工艺防护设计以长效防蚀为原则,利用氟涂料、高速电弧喷涂等耐腐蚀防护材料和工艺对设备表面进行涂敷保护,并对关键、重要部位采用灌封等密封措施避免腐蚀介质接触设备表面。

3)系统上改善装备工作环境。试验发现同样湿度的空

气中温度较高的含水量越高,并且湿度越低,金属材料的腐蚀速度就越慢。因此只要能够控制环境的温湿度,可以有效地减缓设备的腐蚀速度,甚至在不考虑施其它防护措施的同时,也能提高设备的可靠性并延长设备的使用寿命。基于以上实验结论,雷达系统设计应在雷达设备外加装环境控制与改善设备,进行湿度和温度调节;同时将人员操作区与设备运行区分隔,在必要时人员再进入设备运行区,减少外界腐蚀介质与设备的接触,从而减缓设备的腐蚀速度,提高雷达可靠性。

3.2 目标录取自动化设计

雷达的使用目的是探测目标并跟踪目标移动轨迹,为了降低操作人员工作压力,岛礁雷达设计时要尽量采用自动化设计,在复杂的海杂波环境中,快速有效地检测出真实目标,降低值班人员的使用负担。

一般目标在单位时间内移动范围有限,利用最近临相关理论,通过直角坐标系下的位移计算进行检测前跟踪能够发现帧间移动的点迹,在一定范围内对多个目标假设点迹进行数据相关,多帧积累所有可能关联序列的点迹队列,在众多点迹数据中筛选中真实目标进行跟踪。但由于数据处理保留帧数较多,在筛选点迹队列时,要求非常大的计算开销、内存开销。

通过大量雷达点迹数据统计,发现雷达探测误差主要来源于方位误和距离误差,而且距离误差对目标定位误差影响较小。实验发现,当目标处于平稳飞行时,目标探测的帧间距离变化幅度很小。

距离变化可用式(1)表示。

$$\Delta R_i = [R_i - R_{i-1} + R_{i-1} - R_{i-2}]/2 \quad (1)$$

式中: R_i 为当前点迹距离值, R_{i-1} 为点迹上帧距离值, R_{i-2} 点迹上两帧距离值。

目标跟踪的最初阶段用下面公式计算距离变化率 $\Delta R'_i$ 。

$$\Delta R'_i = |(R_i - R_{i-1} - R_{i-1} - R_{i-2})| \quad (2)$$

基于标探测的帧间距离变化幅度很小的实验结论,为进一步降低因距离采样跨越距离单元造成的随机误差,常用下面公式计算距离变化率 $\Delta R'_i$ 。

$$\Delta R'_i = |(R_i - R_{i-1} - \Delta R_i)| \quad (3)$$

利用距离变化率可以过滤掉大量虚假点迹,从而提高画面保留的相关点迹可信度,再根据信号背景密度、点迹质量、目标速度、发现概率等不同情况,在满足帧间相关点迹距离变化率稳定的前提下,将满足起始条件的暂时航迹转化为稳定航迹,实现目标全程全自动录取。

3.3 故障检测智能化设计

故障检测智能化是利用各个组成系统中的检测电路,通过网络和微机接口,进行系统性能的分布式在线检测,并将状态信息输出给集中式控制处理计算机,从而判断故障部位的雷达功能设计;如在发射系统功率管故障时,一般会

测模块能够实时监测发射组件的工作状态,预测或判断故障的发生,并对故障组件进行定位。故障数据处理形式可故障检测智能化是利用雷达可更换单元中设计的检测模块,采集各个可更换单元的状态数据,并通过信号传输接口,将状态数据传输给故障检测处理计算机,进行系统状态的分布式在线检测处理,从而判断故障部位的雷达功能设计;如固态发射机不但会出现功率管性能下降或失效的情况,也可能会出现无外部触发信号或组件温度过高等情况影响组件的正常工作,利用组件内设计的故障检测模块可以监测组件输入输出信号和组件温度,及时提供发射组件的工作状态数据,预测或判断故障的发生,并对故障组件进行定位。故障数据处理形式可分为集中处理和分布处理^[3],如图 2 所示。

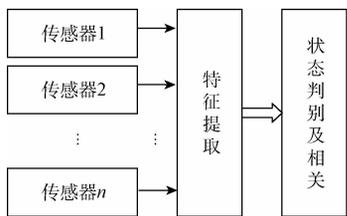


图 2 故障数据集中处理示意图

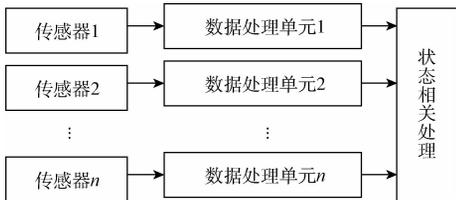


图 2 故障数据分布处理示意图

故障数据集中处理和故障数据分布处理各有优缺点,集中式处理要将数据全部传输给故障检测处理计算机,进行系统状态的分布式在线检测处理,传输数据量较大,但数据保留完成;分布式处理采用多个处理模块进行故障判断,大大减小了传输传输,但故障处理模块的增加增加了雷达设备量;结合雷达系统设备量大、结构空间小的特点,在雷达的状态采集处理上可以采用分布式传感器采集状态数据信息、分层集中式数据处理的方法,兼顾集中处理和分布处理的优点^[3]如图 3 所示。

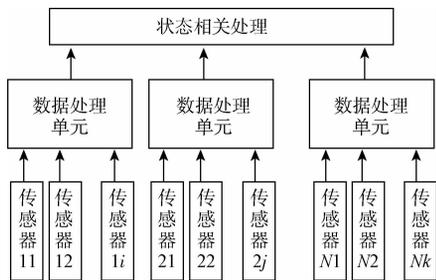


图 3 分布采集、分层处理示意图

分布式状态数据信息采集、分层集中式数据处理的方法既能较多地保留雷达状态数据^[3],又能减小数据传输量,减轻了数据传输和计算处理压力;而且各个故障处理模块处理数据量小,可以使用体积小、成本低的处理模块计算机完成故障检测判断功能,雷达结构空间可以得到利用,缓解了雷达空间有限的压力。

3.4 模块化快速修复设计

模块化快速修复设计是在雷达系统某部件性能下降或发生故障时,利用雷达装备的模块化冗余设计,快速恢复雷达值班功能的设计。

首先雷达设计时必须进行充分的模块化冗余设计;冗余设计一般有并联冗余、串并组合冗余、并串组合冗余等多种形式^[3]。

并联冗余是由两个或多个功能性能可以替代的工作模块并联组成,并联的工作模块只要有 1 个有效,系统就能保持正常工作,可以大幅度增加系统的任务可靠性;但并联模块的增多,雷达系统的成本、重量、体积也将会随着并联冗余设计而增加;串并组合冗余先将多个设备串联,然后再进行并联,如果串联的某个设备发生故障,则需要用另外一个串联设备替换,设备量大;并串组合冗余先将功能性能相同的模块并联,然后再进行设备串联,当某个模块发生故障,只需要用另外一个并联模块替换工作,不影响其它模块,但设备连接关系复杂;在岛礁雷达系统设计中一般采用串并组合冗余、并串组合冗余组合增加系统的任务可靠性,如图 4、5 所示。

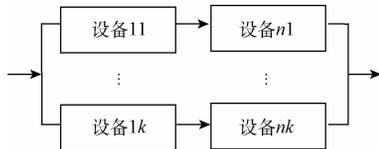


图 4 串并冗余示意图

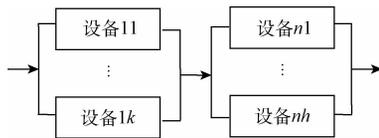


图 5 并串冗余示意图

在充分冗余设计的基础上,为了实现雷达故障的快速恢复,雷达设计时还必须具备快速切换功能,即当一个设备发生故障时,其冗余设备能够通过快速切换代替故障设备工作;如某雷达冷却设备采用海水冷却和风冷却互为备份的冗余设计,当海水冷却系统处于工作时,风冷却系统处于待机状态;当系统检测海水冷却系统故障停机时,马上启动风冷却系统,以保证雷达的连续工作。

4 结 论

本文分析了岛礁环境情况及岛礁雷达设计面临的人员

紧张、防护困难、保障不便等问题,得出了岛礁雷达在加强综合防护设计的同时,必须进行自动化、智能化、模块化设计;并在此基础上,从综合防护设计、目标录取自动化设计、故障检测智能化设计、模块化快速修复设计等方面进行了设计探讨,提高雷达环境适应能力,减轻操作及保障人员压力,保证雷达的作战性能的充分发挥。在岛礁雷达系统设计完成后,为了验证研究成果在岛礁环境的使用效果,按照岛礁环境要求设计了一部雷达系统,并将该雷达部署在高温、高湿、高盐雾、强辐射的岛屿上进行了实用验证,雷达紧邻海边部署,在真实环境中经过数年使用,雷达系统的环境适应性、可靠性、实用性等均满足岛礁环境使用需求;岛礁雷达系统设计研究及实验验证在岛礁雷达及无人、少人值守雷达设计上具有十分重要的参考意义。

参考文献

- [1] 任雪峰,逢勃. 岛礁雷达使用特点与发展思路研究[J]. 雷达与对抗, 2014,34(2):7-10.
- [2] 于春雨,郭建英,苑惠娟,等. 指数故障/维修背景下串联系统可用度置信限[J]. 仪器仪表学报, 2016, 17(5):1079-1086.
- [3] 孙国强,雷达故障自动修复设计[J]. 火控雷达技术,

2013, 42(4): 44-46.

- [4] 王燕,一种远程相控阵雷达的自动化测试与故障诊断方法[J]. 电子测量技术, 2010, 33(1):129-132.
- [5] 袁心成,杨智明,俞洋,等. 复杂电子装备故障模式及影响分析方法研究[J]. 电子测量技术, 2016, 39(4):156-159.
- [6] 徐小力. 机电系统状态监测及故障预警的信息化技术综述[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(3): 325-332.
- [7] 鲁文强,冯庆玉,贾耀红. 应用故障树分析风云二号测距分系统常见故障[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(11):80-85.
- [8] 金鑫,任献彬,周亮. 智能故障诊断技术研究综述[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(7):30-32.
- [9] 袁玉勇,李开宇,刘文波. 光电雷达电子部件故障树分析[J]. 电子测量技术, 2016, 39(6):149-152.

作者简介

孙国强,1978年出生,硕士,高工,主要从事雷达系统研究设计工作。

(上接第18页)

- [4] 庄育锋,胡晓瑾,翟宇. 基于BP神经网络的微量药品动态称重系统非线性补偿[J]. 仪器仪表学报, 2014,35(8):1914-1920.
- [5] 金志樑,巴音贺希格,朱继伟,等. 基于悬臂梁称重传感器的圆弧刀研磨力测量仪设计[J]. 传感器与微系统, 2014,33(2):105-107,111.
- [6] 刘朋. 压电智能悬臂梁传感器、作动器位置与数目优化设计[D]. 西安:西安电子科技大学,2008.
- [7] 罗及红. 一种高精度的电子秤设计[J]. 计算机测量与控制, 2010,18(8):1955-1958.
- [8] 王宏亮,周浩强,高宏,等. 基于双等强度悬臂梁的光纤光栅加速度振动传感器[J]. 光电子·激光, 2013,24(4):635-641.
- [9] 张彦康. 压电悬臂梁微质量传感器灵敏度提升方

法研究[J]. 大连:大连理工大学,2014.

- [10] 过峰,俞建峰,陆振中. 力传感器关键性能参数自动标定系统[J]. 电子测量技术, 2015, 38(5): 85-88.
- [11] 吴玮玮. 基于单片机的电子秤系统设计[J]. 机械与电子, 2016,34(5):46-48,54.
- [12] 宋可,杨璐,郑丽敏,等. 基于RFID和ZigBee的嵌入式电子生猪秤设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(9):64-69.

作者简介

张菁,1979年出生,硕士,讲师,主要研究方向为电路设计与动态测试。

E-mail:258197116@qq.com