

# 海军舰船电磁兼容控制技术与措施<sup>\*</sup>

毕季明 黄小华

(海军兵种指挥学院 广州 510430)

**摘 要** 介绍电磁干扰对舰船带来的危害和影响, 结合“谢菲尔德”事件电磁兼容问题案例分析, 重点讨论舰船电磁兼容控制方法和组织措施。

**关键词** 电磁兼容; 控制技术; 组织措施

**中图分类号** TM 15

## 1 引言

目前, 海军各型舰船均装备有多种电子设备, 这些设备空间分布范围小、辐射频率范围近、辐射功率大, 设备之间容易产生相互干扰, 干扰的严重性与危害性也越来越突出。舰载雷达、通信、导航等天线在向外发射电磁波时, 舰船被笼罩在本舰产生的强大电磁场中, 同时舰船上其它电器设备、电子设备工作时也会产生大量不同频段的电磁干扰, 这些都影响其它电子设备使用, 危害燃油和武器的安全, 甚至造成电磁泄密等。为此, 采取各种电磁兼容控制技术和措施, 保证各种电子设备能够正常工作, 对舰船的作战能力的发挥具有重要的作用。

## 2 “谢菲尔德”事件电磁兼容问题案例分析

1982 年英阿马岛战争中, 由于英军“谢菲尔德”号驱逐舰对空警戒雷达与卫星通信相互电磁不兼容, 所以舰长在使用卫星通信时关闭了对空警戒雷达, 而未能及时发现来袭的阿军“超级军旗”战机及其致命的“飞鱼”导弹, 导致“谢菲尔德”号被击沉。对于这一典型的电磁兼容案例, 我们可做如下两种分析:

(1) 可能是卫通干扰雷达

资料显示, “谢菲尔德”号驱逐舰装备的卫星通信是英国马可尼公司生产的 SCOT1 型卫星通信终端站, 对空警戒雷达也是该公司生产的 RN965 型雷达。SCOT1 天线 (SHF 频段, 频率在 8 吉赫兹左右, 图 1 的⑧处所示), 共有 2 部, 安装于舰桥前

桅的根部位置, RN965 型对空警戒雷达天线 (米波段, 频率 216~224 兆赫兹), 位于舰桥顶部 (图 1 的⑩处位置)。从频率范围来看, 这两款电子设备并不存在同频干扰问题; 但从它们的相对位置来看, SCOT1 天线在指向正前方, 且仰角在  $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$  左右时, 其发射的主波束将有可能 (小概率) 直接照射到宽度较大的警戒雷达天线, 它所产生的能量密度极高的射频流, 将对警戒雷达带来严重的电磁干扰。因此, 在“谢菲尔德”号事件发生时, 卫通处于工作状态, 并且其 SCOT1 天线的主波束有可能正好照射到 RN965 型雷达天线时, 会导致 RN965 雷达无法正常工作。不过, 正是由于卫通天线方向性强, 加上天线是两舷布置的, “谢菲尔德”号完全可以采取改变航向等战术措施, 使 SCOT1 的波束避开 RN965 型雷达天线。且从“谢菲尔德”号当时执行的雷达哨舰任务来看, 它并没有必须保持固定航向的战术要求, 使其无法机动。

(2) 可能是雷达干扰卫通

另一种分析, 是“谢菲尔德”号对空警戒雷达干扰其卫星通信。因为 RN965 雷达系 1958 年开始装备英军的, 整体性能较差, 频率低, 旁瓣多。而卫星通信信号弱, 容易受到其它电子设备的辐射干扰, 尤其是离它最近的 RN965 雷达。并且在马岛战争结束后, 英国对谢菲尔德号的同型舰 - 42 型导弹驱逐舰进行了改装, 特别是改装了 RN1022 雷达, 以代替 RN965 雷达。RN1022 雷达 (图 1 的⑩处所示) 采用“余割”型天线, 具有较好的旁瓣抑制, 其天线尺寸: 宽 7.62 米, 高 1.85 米。而 RN965 雷达天线阵的尺寸是: 宽 7.92 米, 高 5.87 米。从

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2006 年 7 月 13 日, 修回日期: 2006 年 11 月 10 日  
作者简介: 毕季明, 讲师。黄小华, 讲师。

两部雷达天线尺寸、性能和英国人对“谢菲尔德”号电磁兼容问题的认识来看,笔者认为应该不是卫通主波束照射雷达天线造成干扰,而是对空警戒雷达干扰了卫星通信,是一种杂散干扰。战时,舰长

索尔特为能正常使用卫通,所以人为地将对空警戒雷达关机了,才导致没有及时发现来袭的导弹。而要解决这种电磁干扰问题,可以给雷达加装干扰抑制器,或更换性能更好的雷达。

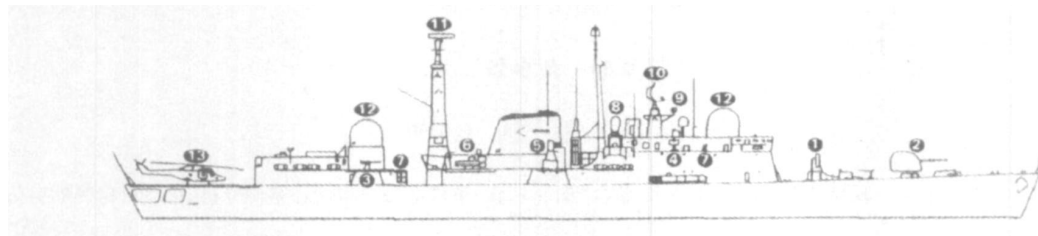


图 1 “谢菲尔德”级驱逐舰示意图

### 3 舰船电磁兼容控制方法

20 世纪 60 年代以来,美国海军制定了有关电磁兼容军事标准,对雷达等电子设备提出进一步要求,提出了“舰艇电磁兼容性改进计划”。特别是 80 年代,美国海军已基本掌握测量和解决电磁干扰问题的方法,对某些具体问题成功地提供了硬件解决办法,研制出一系列标准化装置用于解决常见的故障,应用这些附加的抑制干扰装置补偿了舰船电磁干扰方面的缺陷,比如采用时间和频率隐匿器、陷波器、宽带干扰消除器、自干扰消除器等技术;同时使用雷达吸收材料,以减少电磁干扰的影响;采用计算机模拟设计与分析技术,根据显示图对电子系统的不同布置立即判别其优缺点,提出直观的合理的方案。

当前舰船电磁兼容控制研究包含的主要内容有:舰船电磁干扰控制技(战)术方法研究,尽可能消除干扰;对于不可避免的危害,如何通过组织措施减少危害。

海军舰船电磁兼容控制技(战)术方法如下:

(1)传输通道抑制。电磁干扰(EMI)产生的三要素:干扰源、传输途径、干扰接受器,其中传输途径又分导线等“路”的传输和辐射形式“场”的传输。克服“传导”的方法采用滤波器,只允许有用的信号通过;克服“场”形式的干扰可采用屏蔽。如某型舰载对空警戒雷达通过加装滤波器,减少其对某数据链通信带来的干扰影响。

(2)空间分离。对舰船来说,可以通过划分舰船警戒区,对搜索雷达工作扇面进行划分控制;对雷达、无线电通信设备分层设置,防止其主波束相互照射。例如,某型导弹护卫艇通过适当划分天线布置的区域,将该艇在天线布置上分为接收区、发射区、微波区。采用天线共用器,减少天线数量,还

利用桅杆、平台等进行隔离,以增加天线之间的隔离度,减小耦合度。同时尽量拉大收发天线间距离,该艇上层建筑空间较小,经设计,可使主收发天线最大距离约 28 米,最小为 11.5 米。超短波天线采用分层设置,且与卫导天线不在同一高度上。雷达天线的布置,既考虑到雷达之间的主波束不能互相直射,又考虑到武器的使用范围。

(3)时间分隔。例如某俄制主战飞机、海军新型舰载电磁兼容管理设备均采用对主要射频设备工作时间分隔,解决同频干扰。某俄制主战飞机的超短波数传天线和超短波话音电台天线分别位于左右垂尾,两部天线频段相同,距离较近,在同一频段工作时采用相互闭锁的时间隔离方式保持兼容。

(4)频率管理。科学规范各设备工作频率,各设备严格按指定频率工作。频率管理实际上是电磁频率使用的规划、分配、使用、研究和开发等一系列措施的总和。目的是为了规范各电磁设备的频率以及电磁兼容技术指标,保证设备的正常使用。

(5)体制分割。采用多种体制和新体制通信,如扩频通信、码分多址、时分多址、空分多址等新技术。它是反干扰、反侦察、反摧毁的主要技术措施,目的是提高设备的抗干扰和抗截获能力。

此外,在技术方面,还可以通过减少雷达副瓣辐射、提高无线电通信设备(短波、超短波电台)的方向性、提高设备抗干扰能力(如对杂波抑制能力)、注意舰艇的外形设计,降低二次辐射能力等几个方面着手解决舰船电磁干扰问题。

### 4 舰船电磁兼容控制的措施

(1)借鉴外军舰船电磁兼容解决办法,制定辅助决策方案

俄海军舰船天线林立,电磁兼容问题突出。为了有效控制舰船电磁干扰,俄海军在装备设计和制

造部门的帮助下,通过实验,为主战舰船配有舰船电磁兼容战斗文书。文书对舰船雷达工作扇面、功率、频率等指标进行强制规定,对同型舰船编队的方位、距离等要求均详细量化。文书由舰船电子战军官保管,供舰长作战、训练时决策使用。上世纪90年代,基于电磁干扰的严重教训,美国国防部组建了联合频谱中心,以便改善对电磁环境效应的控制,对平台间的电磁干扰、平台内的电磁干扰、电磁对武器和军械系统的危害以及频谱管理等问题,根据其自身特点进行了详细地研究和分析,并提出了许多解决办法。我海军可借鉴外军的做法,研究制定适应我海军舰船特点的电磁兼容措施。例如,加强舰船电磁环境监测,拿到第一手实测数据,在电磁监测的基础上,进行电磁兼容分析,并提出供舰船指挥员参考的相应辅助决策方案。辅助决策方案可按以下原则确定:从作战需求看,设备使用危急程度高者优先使用;从设备使用作战效能看,使用效能高者优先;从设备使用时间看,使用时间短者优先;从影响其他电子设备使用情况看,影响小者优先。

#### (2)充分发挥舰船电磁兼容管理设备功效

为有效控制与解决我海军新型舰船电磁兼容问题,目前新型驱护航装备有某所研制的电磁兼容管理系统,它与新型舰载作战指挥系统相连,采用分时管理使用的办法,解决舰船单舰系统级同频干扰问题。舰长指挥桌设有电磁兼容管理系统开关,对全舰电子设备及电磁环境进行集中的电磁兼容管理。作战指挥大屏幕可以显示本舰主要电磁设备结点的开关机状态,或者雷达是否加高压,以及卫通处于干扰状态或电磁兼容管理状态等。当电磁兼容管理系统工作时,本舰电子侦察系统不接收本舰辐射的电磁信号。维护和使用好电磁兼容管理设备对舰船电子战等重大作战行动有着重要意义。

#### (3)加强舰船电磁辐射控制与科学管理

控制舰船电磁辐射,必须坚决贯彻落实战斗条例。在电子对抗条例中,规定了部队在电子防御计划中应包括电磁兼容的措施和要求。目的是降低电子信息系统设备的无意辐射、防止相互干扰和被敌侦测。在未来信息化战争中,如不能控制电磁辐射就很有可能影响信息安全。同时,加强辐射控制与管理将对保证人员、武备、燃油等免受辐射危害影响起到积极的作用。例如某型导弹电爆装置对电磁环境有严格要求,在其开盖发射时,要求对载舰的短波通信设备和某型雷达发射功率进行控制,

确保其工作在安全场强下。

要科学构建频谱管理系统,以代替人工管理,并在规定范围内,科学合理使用频谱资源。科学的频谱管理将减少舰船系统之间的干扰可能性,会对舰船的辐射特征更好地控制,降低易探测性以及最大程度地提高武器系统的效能。目前,美国海军的大功率雷达在其沿岸地区使用时是受限制的,以防止对使用在附近波段上工作的民用电信系统造成干扰。如果将这些雷达设计成更干净的发射机和实现动态科学频谱管理,将窄带波形归入在海岸附近利用更小频谱缝隙内的话,许多限制便可撤销。

#### (4)实施全过程管理,完善教育和训练

资料显示,美军为保障现役舰船电磁兼容性,采用定期对现役舰船进行电磁兼容性复测或检查的方法,实现了在使用过程中对舰船电磁环境的全过程实施控制管理。通过对现役舰船电磁兼容情况的抽查发现,随着装备老化,装备的电磁兼容性也发生了变化。舰船电磁兼容性下降,除了设备老化、磨损等原因外,还有一个重要原因就是装备的日常使用和维护不当。例如,接地不当会引入电磁干扰,而正确的接地可以消除电磁干扰。为此,还应该加大教育力度,向广大官兵灌输电磁兼容性维护保障和使用管理的知识,全面提高他们对电磁兼容的管理和操作能力,并在日常训练中加以落实。例如,在科索沃战争中,美军首次将电磁脉冲弹投入实战。电磁脉冲弹的使用,对舰船作战系统的电磁屏蔽能力提出了挑战,因此舰船作战系统重要部位必须安装电磁脉冲防护设备。除此之外,还应加强人员的训练,如在单舰综合防御训练科目中增设防电磁脉冲的训练内容,使官兵们熟练掌握在有强电磁脉冲威胁征候时,如何采取关机、断电及其它保护性措施,并熟悉这些措施实施的时机、程序和方法,以保护舰船电子设备。

#### 参 考 资 料

- [1] 黄志斌. 浅谈电磁兼容控制、设计及测试[J]. 舰船技术, 2005(4): 26~28
- [2] 孙玉衡等. 舰船电磁兼容技术[M]. 海潮出版社, 1999 7
- [3] 方传顺. 现代舰船通信技术[M]. 海潮出版社, 2003 8
- [4] 张坤元等. 21世纪的海军作战和舰船电磁兼容对策[C]. 2004EMC论文集, 2004 26~30
- [5] 张新如. 海军无线电频谱管理[M]. 海军兵种指挥学院教材, 2006 7

of local equipments and then calculates the parameters of power quality using DSP; finally the results calculated will be sent through Ethernet and saved in memorizer.

**Key words** digital signal processing; measurement and detector; synchronous data sampling (Page 186)

### DSP Based PID Temperature Control System

by *Zheng Lei*

**Abstract** Temperature control system has been widely applied in science experiment, industry production, common life and so on. However usually temperature control system has large overshoot and adversely long response time. So in this paper chooses TM S320C549 to apply PID into one temperature control system. This system is based on DSP and makes PID as its core. What's more we developed PID algorithm by time-optimize and parameter-optimize. Experiment validated, this system has much shorter response time and no overshoot.

**Key words** PID control algorithms, DSP, time optimization, optimize parameters (Page 188)

### Three - Dimensional Test Technology for Low Frequency Magnetic Field in Time on HMC1053

by *Wu Hongbin*

**Abstract** The research on magnetic field measurement in time is focus on single frequency magnetic field in the domestic country. There is few report about measurement of magnetic field on broad band three-dimensional in time. This paper designs a magnetic field measurement apparatus on HMC1053 which is applied to the test of low frequency magnetic field. The apparatus can direct display three-dimensional wave of space magnetic field in time. The design of the set/reset circuit for the three-dimensional sensor improves the reliability and the accuracy of the achievement.

**Key words** low frequency magnetic field, broad band, three-dimensional test in time, set/reset (Page 191)

### Predicting and Analyzing the Isolation between HF Antennas on Navy Ship

by *Wang Peng*

**Abstract** Three methods including simplification formula method, scale brass model method and numerical method are introduced for predicting the isolation between HF antennas on navy ship. The theories of those three methods are discussed. Then two sets of isolations between antennas are calculated through those methods. At last, the advantage and disadvantage of those methods and the reason for the difference of the calculated results are concluded through analyzing the calculated results.

**Key words** high frequency (HF) antenna, isolation, predicting and analyzing (Page 194)

### Applied for Fourier Transform on Time Domain RCS Measurements

by *Wu Qihua*

**Abstract** Based on basal principle of RCS and Fourier transform, the paper introduces time domain RCS measurements of ship using fast Fourier transform and analyses the advantage of time domain measurements and the application of FFT in time domain measurements. As a result using the technique of Fourier transform in time domain RCS measurements of the target can greatly improve measurements precision.

**Key words** radar cross section (RCS), time domain RCS measurements, Fourier transform (FFT) (Page 198)

### Control Technology and Measures of Ship Electromagnetic Compatibility

by *Bi Jinjing*

**Abstract** This paper analyses the harm and influence of electromagnetic interference which brings to the ships and based on the case study of the event "Sheffield", discusses the control technology and measures of ships electromagnetic compatibility with emphasis.

**Key words** electromagnetic compatibility, control technology, measures (Page 201)

### Design and Implementation of Vehicle Ruggedized LCD

by *Gan Yuanning*

**Abstract** This article introduces the design philosophy and the implementation approaches in several aspects, including high temperature operation, shock resistance technique, antireflection and antidazzle technique, hermetic sealing technique and electromagnetic compatibility by which we can design a kind of ruggedized LCD that can meet the operating requirements of the portable equipment in the vehicle environment without air conditioner.

**Key words** liquid crystal display (LCD), reinforced, EMC (Page 204)

### History of U. S. Submarine Periscope

by *Lu Bingzhe*

**Abstract** The effect of Bausch & Lomb Company in America between the Wars, the measures taken by the American Navy and Kollmorgen Optical Company in the development of the submarine periscopes and particularly the original intention of standardization of submarine periscope type and design put forward by the Bureau of Construction and Repair are briefly described. Some things about Type 2 periscope and Type 4 periscope during the World War II are looked back. The periscopes after World War II, the periscope manufacturers and the effect of the Navy's Underwater Sound Laboratory in the periscope-making in the postwar and so on are further described.

**Key words** submarine periscope, optronic mast, submarine periscope history (Page 206)