

航母编队电磁信号安全威胁分析

乔晓强, 梁涛, 柳永祥

国防科技大学第六十三研究所, 南京 210007

摘要 介绍了航母编队面临周边的电子侦察威胁情况, 并以航母编队穿越宫古海峡为例, 仿真分析了其电磁信号受到的威胁程度。仿真分析结果表明: 航母编队在公海进行训练、演习等军事行动时, 面临着各种侦察设备的侦察威胁。

关键词 航母编队; 电磁信号; 频谱安全; 侦察威胁

未来的海战场作战必将是全方位、大纵深、多层次、快节奏的电子信息综合战, 而航母编队作为海战场作战的“杀手锏”武器平台, 承载了大量的信息化用频武器装备^[1]。航母编队所处的电磁环境在一定的空域、时域、频域上, 其电磁信号纵横交叉、连续交错、密集重叠、功率分布参差不齐, 大量舰艇电子设备聚集使电磁信号密集, 造成了严重的电磁兼容性问题^[2]。更重要的是会使对方电子侦察设备有机可乘, 造成航母编队电磁信号被对方侦测接收, 导致用频武器装备电磁频谱参数泄露^[3], 影响整个航母编队的作战效能。

当前, 中国周边地区的电子侦察主要以美国、日本、中国台湾地区的侦察力量为主。美国、日本以及中国台湾地区等不断加强电子侦察力量, 发展新型电子侦察装备, 在周边地区形成了以地面、海上、空中和航天电子侦察为主要手段的全方位侦察体系, 对中国军队用频武器装备的电磁信号安全构成了重大威胁^[4]。尤其在中国航母编队出海执行任务时, 美国、日本以及中国台湾的空中侦察机、海上测量船、地面侦测站等设备纷纷出动, 对中国航母编队进行全方位侦察, 如何确

保航母编队电磁信号安全是目前面临的重要难题之一。

以航母编队通过宫古海峡为例, 仿真分析对方电子侦察设备对中国航母编队用频武器装备电磁信号的威胁能力。

1 航母编队面临的侦察威胁

1.1 地面侦测站侦收行动

美国、日本及中国台湾都装备了包括通信信号侦察、数据链信号侦察、雷达信号侦察等在内的大量地面电子侦察装备, 尤其是设在中国台湾本岛和外岛上的侦收站, 对中国航母编队用频武器装备电磁信号构成了主要威胁。另外, 中国边境地区的国家也设有各种地面侦测站, 企图侦测我方用频武器电磁信号参数。

中国军队航母编队各种用频武器装备数量众多, 频率范围覆盖了短波、超短波、微波等各个频段。超短波、微波信号通常是视距传播, 超短波通信装备辐射距离通常可达几千米至十几千米, 而微波接力装备通过

收稿日期: 2018-10-29; 修回日期: 2018-12-13

基金项目: 国家社会科学基金项目 (13GJ003-070)

作者简介: 乔晓强, 高级工程师, 研究方向为电磁频谱技术, 电子信箱: qxq0527@nudt.edu.cn

引用格式: 乔晓强, 梁涛, 柳永祥. 航母编队电磁信号安全威胁分析[J]. 科技导报, 2019, 37(4): 35-39; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.04.007

单跳接力可达数十千米。当中国航母编队通过周边国家和地区海域时,其超短波、微波设备都处于其地面侦测站的侦收范围内;而短波信号通过天波传播时,可达几百至上千千米,完全处于其地面侦测站的侦收范围内。

1.2 海上测量船测量行动

航母编队用频武器装备电磁信号在海上的主要威胁是各种军事测量船。目前,美国海军拥有数量众多且专业的军事测量船,包括综合测量船、水声探测船、电子侦察船等,尤其是电子侦察船在世界各大洋和海域进行间谍活动,对中国和其他国家的军事部署以及雷达、通信、武器系统的部署配置、工作性能参数等情报信息进行侦收、记录和分析。

美国军队电子侦察船与海洋舰艇、太空侦察卫星实现联网传输,可将处理后的情报信息通过卫星传送到其海军司令部。电子侦察船具有长时间停留在对方海域附近并跟踪其舰艇的优点,船上安装有多种侦察设备,可及时侦收、记录与分析接收到的军事情报。当中国航母编队执行军事活动时,美国、日本等军队的各种侦察船会对中国航母编队舰艇的电子设备、无线电通信、导弹发射参数等进行搜集和侦测。

1.3 电子侦察机侦察行动

航母编队用频武器装备电磁信号在空中所面临的威胁主要是空中电子侦察机与高空系留气球的侦察。高空侦察机与高空系留气球的侦察范围大、覆盖距离远,对中国航母编队的通信、雷达、导航等信号能够进行截获和分析。

目前,美国、日本及中国台湾地区具有各种高空战略侦察机、电子侦察机以及预警机等装备,每当中国航母编队执行海上任务时,其各种侦察机、预警机就不间断地在中国航母编队周围活动,对航母编队用频武器装备电磁信号参数构成严重威胁。

1.4 航天卫星侦察行动

航母编队备用频武器装备电磁信号泄露的另外一个途径是航天卫星侦察。卫星的工作轨道高、覆盖范围广,可精确定位发射源的位置坐标,获取频率、功率等用频参数特征,并具有很强的信息处理能力。

美国在轨工作的众多航天电子侦察卫星,包括普查型卫星、详查型卫星、大椭圆卫星以及静止轨道卫星等,平均每天经过中国领土10余次,还可以根据任务机

动变轨,对中国航母编队用频武器装备电磁信号构成了严重威胁。

2 航母编队电磁信号侦收能力仿真分析

航母编队一般包含航母本舰1艘(位于编队中心)、驱逐舰1艘(位于航母前方)、护卫舰2艘(位于航母两边),呈三角形编队,驱逐舰、护卫舰对航母进行保护。各舰艇之间、各舰艇与航母之间一般通过超短波电台进行通信。除了超短波通信之外,航母上还部署有各种短波通信设备、微波通信设备、雷达导航设备、卫星通信设备等。这些用频设备开机工作时,存在被周围敌方侦察设备侦察的风险,从而暴露航母编队目标,对航母编队用频设备电磁信号安全构成了威胁。

目前,美国、日本及中国台湾地区都拥有高性能的电子侦察设备,并部署在中国周围。因此,当中国航母编队出航时,必将面临被侦察的威胁,不仅造成中国航母编队用频设备电磁频谱参数泄露,而且还会暴露中国航母编队目标和航线,对中国航母编队产生严重威胁。

针对美国、日本等国家以及中国台湾地区现有的各种电子侦察设备,对中国航母编队不同频段信号的侦收能力进行仿真,分析了中国航母编队不同频段电磁信号面临的潜在威胁。由于中国航母编队经常穿越台湾海峡和日本宫古海峡地区,因此在仿真时将航母编队部署在日本宫古海峡附近,以对方电子侦察船和地面侦测站为例,对中国航母编队典型的超短波、微波和雷达等电磁信号受到的威胁进行分析。通过调查,美国、日本等国家和中国台湾地区的侦察接收机的接收灵敏度在不断提高,通常能达到 -120 dBm左右,因此在仿真分析中,均以 -120 dBm作为接收机的灵敏度。

2.1 超短波信号受到的威胁

超短波由于频率高、波长短,电波沿海面传播时因海面的吸收急剧衰减,因此超短波波段只能使用视距传播方式和对流层散射传播两种方式。以航母编队中超短波电台为例,假设对方无线电侦测接收机的接收天线高度为 20 m,具体参数如表1所示。

当发射功率分别为 5 W和 50 W、超短波信号频率均为 60 MHz时,日本宫古海峡附近地区航母编队的超短波无线电信号辐射的覆盖情况不同。图1、图2中浅

表1 超短波电台参数设置
Table 1 the parameters of ultrashort wave radio

仿真频段/MHz	天线高度/m	发射天线增益/dB	发射功率/W
30~88	2.4	0	≤50

蓝色覆盖区域内的接收功率 ≥ -120 dBm,当航母编队超短波信号功率为5 W时,最大辐射距离可达85 km左右(图1);当信号功率为50 W时,最大辐射距离可达110 km左右(图2),覆盖了日本的部分岛屿。如果日本

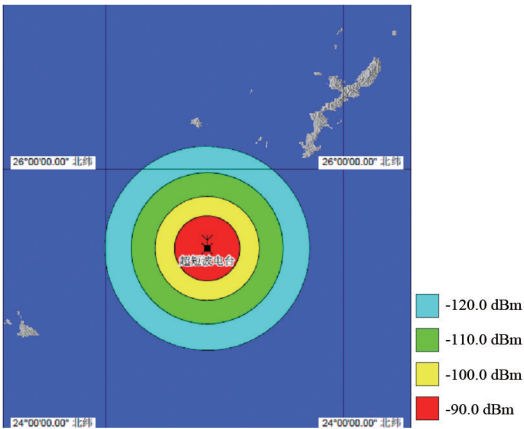


图1 60 MHz超短波信号辐射覆盖图
(全向辐射功率7 dBW)
Fig. 1 Radiation coverage of ultrashort wave signal of 60 MHz
(Isotropic radiated power 7 dBW)

2.2 微波信号受到的威胁

微波信号通常是视距传播,微波接力机就是典型的微波装备。在航母上,一般装备有微波接力机设备进行舰舰或岸舰之间的接力通信。以微波接力机为例,其发射功率不超过5 W,具体参数如表2所示。假设敌方电子侦察船或地面侦测站的侦察接收机天线高度为20 m,在舰舰或岸舰之间进行微波接力通信时,如微波接力机辐射的信号主瓣或旁瓣落入对方侦察船或地面电子侦测站的接收方向,则其信号安全将受到一定威胁。

表2 微波接力机参数设置
Table 2 Parameters of microwave relay equipment

仿真频段/MHz	天线高度/m	发射天线增益/dB	发射功率/W
1350~1850	10	16	≤5

在覆盖的岛屿上部署有地面侦测站,则可以有效地接收航母编队发射的超短波信号,从而对航母电磁信号安全构成了威胁。此外,当对方电子侦察船在航母编队超短波信号覆盖范围之内时,航母编队的超短波通信也将受到威胁。

因此,在航母编队之间进行通信时,在满足通信需求的条件下,尽量采用小功率信号发射,避免大功率信号发射。

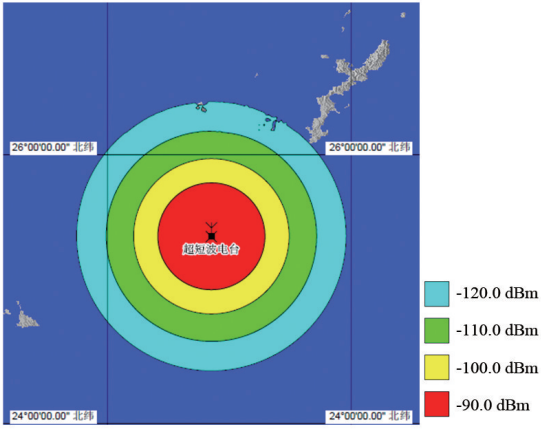


图2 60 MHz超短波信号辐射覆盖图
(全向辐射功率17 dBW)
Fig. 2 Radiation coverage of ultrashort wave signal of 60 MHz
(Isotropic radiated power 17 dBW)

当全向辐射功率为23 dBW(发射功率为5 W,天线增益为16 dB),微波信号频率设为1500 MHz时,位于日本宫古海峡地区的航母编队微波接力机信号辐射的覆盖情况如图3所示。在图3中,浅蓝色覆盖区域内的接收功率 ≥ -120 dBm。因此,当对方电子侦察船部署在图中浅蓝色附近时,且微波接力机辐射方向与对方侦察接收机接收方向一致,则航母编队在进行微波接力通信时,其微波信号会受到一定的威胁。如果功率增加,则辐射范围可能覆盖日本的岛屿,当岛屿部署有地面侦察站时,对微波信号也构成了威胁。因此,在航母编队通过宫古海峡时,尽量采用小功率信号发射。

2.3 雷达信号受到的威胁

目前雷达已成为武器装备的重要组成部分,并且广泛应用于航母和各种舰艇。航母编队目前装备的雷达数量和种类齐全,包括搜索雷达、预警雷达、超远程雷达、引导指挥雷达、制导雷达、监视雷达、侦察雷达、

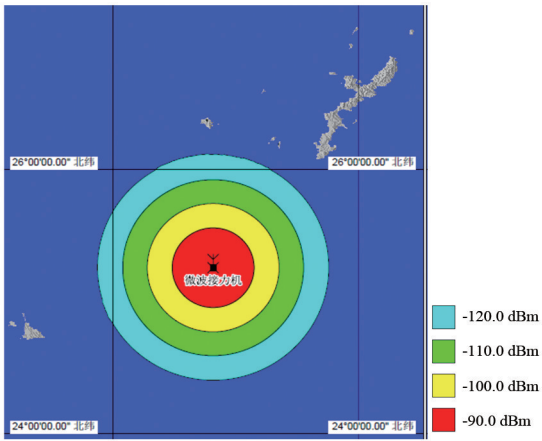


图3 1500 MHz微波信号辐射覆盖图
(全向辐射功率23 dBW)

Fig. 3 Radiation coverage of microwave signal of 1500 MHz
(Isotropic radiated power 23 dBW)

导航雷达等。尤其是预警雷达,担负着对海、对空警戒任务,常年开机工作,其频谱参数易被掌握获取。以某雷达为例,具体参数如表3所示。

表3 雷达信号参数设置
Table 3 Parameters of radar signal

仿真频段/MHz	天线高度/m	发射天线增益/dB	发射功率/W
3000~6000	24	39	≤10000

假设对方电子侦察船或地面侦测站侦察接收机接收天线高度为20 m,当全向辐射功率为79 dBW(发射功率为10 kW,天线增益为39 dB),雷达信号频率设为5 GHz时,位于日本宫古海峡地区的航母编队雷达辐射的覆盖情况如图4所示。图4中,浅蓝色覆盖区域内的接收功率≥-120 dBm。该雷达开机工作时,若对准日本岛屿方向工作,最远辐射距离可达190 km左右,并已覆盖日本岛屿。因此,在宫古海峡地区雷达工作时,存在被地面侦测站和电子侦察船侦察接收的威胁。

通过仿真分析可知,航母编队在穿越公海进行训练、演习等军事行动时,当各种用频设备开机工作,用频设备电磁信号存在被侦察、截获的风险。仿真时仅考虑了电子侦察船和地面侦测站的威胁,但实际中电子侦察飞机对航母编队的威胁更大、电子侦察的范围更广,严重威胁航母编队用频武器装备的电磁信号安全。因此,航母编队在训练、演习等军事行动时,要采取相应的措施确保用频武器装备电磁信号安全,从而保证和提高航母编队的频谱作战效能。

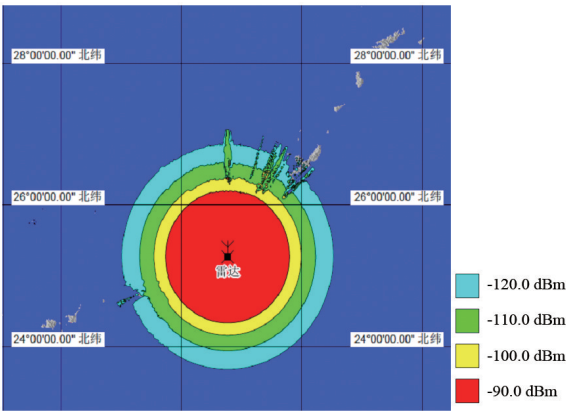


图4 5 GHz雷达信号辐射覆盖图
(全向辐射功率79 dBW)

Fig. 4 Radiation coverage of radar signal of 5 GHz(Isotropic radiated power 79 dBW)

3 结论

对中国航母编队面临周边电子侦察威胁情况进行了分析,并以航母编队通过宫古海峡为例,仿真分析了对方地面电子侦察设备和电子侦察船对航母编队用频武器装备电磁信号的威胁能力。仿真结果表明:中国航母编队在穿越公海进行训练、演习等军事行动时,将面临各种侦察设备的侦察威胁。因此,中国航母编队在执行军事任务时,可依据分析结果,采取有效措施,确保航母编队用频武器装备的电磁信号安全。

参考文献(References)

[1] 孟宪民,祝利,张波. 航母战斗群电子防空初探[J]. 舰船电子对抗, 2006, 29(1): 3-6.
Meng Xianmin, Zhu li, Zhang bo. Study on electronic air defense of carrier battle group[J]. Shipboard Electronic Countermeasure, 2006, 29(1): 3-6.

[2] 朱强华,李胜勇,姜涛. 海上舰艇编队电磁兼容性研究[J]. 舰船电子对抗, 2006, 29(4): 39-42.
Zhu Qianghua, Li Shengyong, Jiang Tao. Electromagnetic compatibility investigation of naval warships formation[J]. Shipboard Electronic Countermeasure, 2006, 29(4): 39-42.

[3] 乔晓强,柳永祥,赵杭生. 美军电子侦察装备对频谱参数安全的影响分析[J]. 现代军事通信, 2011, 19(3): 24-28.
Qiao Xiaoqiang, Liu Yongxiang, Zhao Hangsheng. Influence analysis of the US military electronic reconnaissance devices on EM spectrum parameter security[J]. Journal of Modern Military Communications, 2011, 19(3): 24-28.

[4] 陈斌, 卢利斌, 宁成贵. 我周边国家及地区电子战能力分析[J]. 中国西部科技, 2009, 8(1):35-37.
Chen Bin, Lu Libin, Ning Chenggui. Analysis on electronic war-

fare ability of the peripheral nations and regions of China[J]. Science and Technology of West China, 2009, 8(1): 35-37.

Security threat analysis for electromagnetic signal of aircraft carrier formation

QIAO Xiaoqiang, LIANG Tao, LIU Yongxiang

The Sixty-third Research Institute, National University of Defense Technology, Nanjing 210007, China

Abstract This paper reviews the electronic reconnaissance threat situation from the surrounding hostile forces against the aircraft carrier formation, and then takes the aircraft carrier formation crossing the Miyako strait as an example to simulate and analyze the threat degree of its electromagnetic signal. The simulation and analysis results show that when the aircraft carrier formation performs the maritime military missions such as training and exercise, it is threatened by the electronic reconnaissance of the hostile forces. The simulation and analysis can provide a reference for the safety frequency of the aircraft carrier formation.

Keywords aircraft carrier formation; electromagnetic signal; spectrum security; threat of reconnaissance ●



(责任编辑 卫夏雯)