

doi: 10.7690/bgzd.2018.04.003

水面舰艇编队对空防御作战中的电磁兼容性研究

王 宇, 郑 锦

(中国人民解放军 91404 部队, 河北 秦皇岛 066000)

摘要: 为协调编队间多型武器的电磁兼容问题, 以水面舰艇编队为例对其在对空防御作战中的电磁兼容性进行研究。通过构设实际战场环境构设态势想定, 分析编队电磁兼容性的影响因素, 基于典型态势就舰艇编队对空防御作战中的电磁兼容问题进行分析, 建立编队对空防御作战中的电兼判定模型, 并进行实际案例分析。分析结果表明: 该模型具有可用性和可行性, 并构设了编队电磁频谱评估体系, 对今后作战指挥员指挥作战中决策防空方案具有一定的辅助功能。

关键词: 对空防御; 电磁兼容; 防空导弹; 质心干扰

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Study of Electromagnetic Compatibility of in Surface Warship Formation Air Defense Combat

Wang Yu, Zheng Jin

(No. 91404 Unit of PLA, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: For coordinating of electromagnetic compatibility problems among formation weapon, taking surface ship formation as example to research the electromagnetic compatibility in air defense combat. Through structuring the actual battlefield environment design scenarios, analyzed the influence factors of formation electromagnetic compatibility, based on the typical situation, and analyzed the electromagnetic compatibility problem in formation air defense combat, established formation for electricity and decision model of air defense combat, and carried out actual case analysis. Analysis results show that the model has the availability and feasibility. It establishes evaluation system of the electromagnetic spectrum and has some auxiliary functions for commander decision in air defense command operation plan in the future.

Keywords: air defense; electromagnetic compatibility; anti-aircraft missile; core interference

0 引言

随着信息技术的发展, 在未来水面舰艇编队作战中, 反舰导弹将成为水面舰艇编队的重要威胁, 水面舰艇联合防空将是未来防空反导的主要作战样式^[1]。在编队对空防御作战中, 涉及多平台、多型武器协同共用, 必将产生电磁兼容问题, 如何协调编队间多型武器的电磁兼容问题, 将是影响编队发挥反导作战效果的一个重要因素。

1 电磁兼容性影响因素分析

水面舰艇对空防御中, 涉及编队中的防空导弹系统、电子战有源^[1]/无源干扰系统以及舰炮系统等多型武器^[2], 由编队统一组织进行一体化作战。

在实际作战使用中, 防空导弹、电子战干扰系统及舰炮系统均在固定的频段工作, 同时使用这些武器, 很大程度上会因为设备间的电磁波干扰而引发电磁不兼容的情况出现^[3]。假设某方向上发现导

弹末制导雷达信号, 编队组织进行电子战箔条质心干扰, 同时利用防空导弹进行硬武器抗击, 如果此时干扰弹刚好覆盖了导弹航路, 理论上就会影响本舰传感器对防空导弹的遥控引导及防空导弹对来袭导弹末制导雷达信号的侦收, 影响防空作战的效果^[4]; 因此, 编队在防空反导作战中存在电磁兼容的问题。笔者就典型态势进行编队的电磁兼容进行建模及分析。

2 舰艇编队对空防御作战电磁兼容性建模

2.1 编队对空防御态势想定

舰艇编队中多型反导武器间的电磁兼容问题, 一般受武器平台的航向、航速, 来袭反舰导弹的航向、航速、高度, 当前海区的真风向、真风速以及电子战系统采取的干扰方式等因素影响^[5]。笔者以双舰编队使用防空导弹和电子战无源质心干扰设置态势, 进行电磁兼容性分析。

收稿日期: 2018-01-02; 修回日期: 2018-01-22

作者简介: 王 宇(1987—), 男, 河北人, 本科, 助理工程师, 从事作战系统研究。

想定态势如图 1 所示，该对空防御编队兵力配置为水面舰艇 S_1 和水面舰艇 S_2 ，其中在 t_1 时间，舰艇 S_1 发射防空导弹对抗来袭反舰导弹 M ，在 t_2 时间，舰艇 S_2 实施无源质心干扰，形成的干扰云团能量质心为 A 。其中 θ_A 为干扰云团质心 A 与舰艇 S_1 连线相对舰艇 S_1 正北线的夹角， θ_M 为来袭导弹与舰艇 S_1 连线相对舰艇 S_1 正北线的夹角， θ_H 为防空导弹发射后本舰对其进行遥控引导区域的角度，一般为 10° ^[6]。

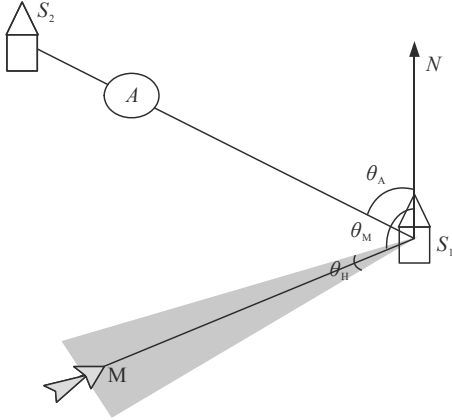


图 1 编队对空防御态势想定

2.2 建立编队平台运动模型

以 S_1 的当前位置为坐标原点，建立坐标系，设在 t_1 时， S_1 的经纬度坐标为 $(\lambda_1(t_1), \beta_1(t_1))$ ，舰艏向为 θ_{hx} ，航行速度为 v ，那么任意时间 t 的舰艇 S_1 经纬度坐标 $(\lambda_1(t), \beta_1(t))$ 可表示为：

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1(t) &= \lambda_1(t_1) + D\lambda \\ \beta_1(t) &= \beta_1(t_1) + D\beta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} D\lambda &= v(t-t_1) \sin \theta_{hx} \sec(\beta_1(t_1) + \beta_1(t)) \\ D\beta &= v(t-t_1) \cos \theta_{hx} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

任意时间 t 的舰艇 S_2 经纬度坐标 $(\lambda_2(t), \beta_2(t))$ 与上述方法相同，此处不再计算。

2.3 建立质心干扰云团运动模型

假设在 t_2 时间，舰艇 S_2 发射干扰弹，此时舰艇 S_2 的经纬度坐标为 $(\lambda_2(t_2), \beta_2(t_2))$ ，发射的方向相对舰艇 S_2 为 C_A ，相对舰艇的距离为 D_A ，当前海区的风速为 v_f 、风向为 θ_f ，那么可计算出形成的干扰云团能量质心 A 的经纬度坐标 $(\lambda_A(t_2), \beta_A(t_2))$ 为：

$$\left. \begin{aligned} \lambda_A(t_2) &= \lambda_A(t_2) + D\lambda / 60 \\ \beta_A(t_2) &= \beta_A(t_2) + D\beta / 60 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} D\lambda &= D_A \sin C_A \sec(\beta_A(t_2) + \beta_A(t)) \\ D\beta &= D_A \cos C_A \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

根据式(2)，任意时间 t 的干扰弹经纬度坐标 $(\lambda_A(t), \beta_A(t))$ 可表示为：

$$\left. \begin{aligned} \lambda_A(t) &= \lambda_A(t_2) + D\lambda \\ \beta_A(t) &= \beta_A(t_2) + D\beta \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} D\lambda &= v_f(t-t_2) \sin \theta_f \sec(\beta_A(t_2) + \beta_A(t)) \\ D\beta &= v_f(t-t_2) \cos \theta_f \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

2.4 建立来袭导弹目标的运动模型

假设在 t_1 时间来袭导弹目标 M 相对于舰艇 S_1 的方位为 C_M ，相对舰艇 S_1 的距离为 D_M ，导弹速度为 v_M ，那么，在 t_1 时刻来袭导弹目标 M 的经纬度坐标 $(\lambda_M(t_1), \beta_M(t_1))$ 可表示为：

$$\left. \begin{aligned} \lambda_M(t_1) &= \lambda_M(t_1) + D\lambda / 60 \\ \beta_M(t_1) &= \beta_M(t_1) + D\beta / 60 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} D\lambda &= D_M \sin C_M \sec(\beta_A(t_1) + \beta_M(t)) \\ D\beta &= D_M \cos C_M \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

根据式(1)和式(2)，任意时刻 t 的来袭导弹目标 M 经纬度坐标 $(\lambda_M(t), \beta_M(t))$ 可表示为：

$$\left. \begin{aligned} \lambda_M(t) &= \lambda_M(t_1) + D\lambda \\ \beta_M(t) &= \beta_M(t_1) + D\beta \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

其中

$$\left. \begin{aligned} D\lambda &= v_M(t-t_1) \sin \theta_M \sec(\beta_M(t_1) + \beta_M(t)) \\ D\beta &= v_M(t-t_1) \cos \theta_M \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

2.5 编队电磁兼容性判定模型建立

根据 2.1 节中的分析，在编队联合使用舰空导弹、无源质心干扰时，考虑防空导弹发射后，本舰传感器对导弹的引导与质心干扰形成的干扰云团间的电磁兼容问题，理论上只要干扰云团不在导弹的引导波束范围内就不会对防空导弹造成影响^[7]。依此原则并结合图 1，可得出水面舰艇 S_1 、来袭反舰导弹 M 、干扰云团 A ，如果满足式(11)的要求，则防空导弹系统与质心干扰之间不会发生电磁不兼容的情况。

$$C_M(t) \leq C_A(t) - \theta_H / 2 \quad (11)$$

其中：

$$C_M(t) = \arctan\left(\frac{(\lambda_M(t) - \lambda_1(t))\cos((\lambda_M(t) + \lambda_1(t))/2)}{\beta_M(t) - \beta_1(t)}\right); \quad (12)$$

$$C_A(t) = \arctan\left(\frac{(\lambda_A(t) - \lambda_1(t))\cos((\lambda_A(t) + \lambda_1(t))/2)}{\beta_A(t) - \beta_1(t)}\right). \quad (13)$$

3 模型实际运用

设我方兵力组成为 3 艘舰艇，平台运动参数见表 1，敌方来袭空中导弹目标 5 个，目标运动参数见表 2，模拟对抗方案见表 3。

表 1 我方兵力平台运动参数

批号 <i>i</i>	经度 $E/(^\circ)$	纬度 $N/(^\circ)$	航向 $C/(^\circ)$	航速 v/kn
9001	120.00	20.00	0	15
9002	120.03	19.96	10	15
9003	119.89	20.30	0	15

表 2 来袭导弹目标运动参数

批号 <i>i</i>	经度 $E/(^\circ)$	纬度 $N/(^\circ)$	航向 $C/(^\circ)$	航速 $v/(\text{m/s})$
4001	119.37	20.27	121	350
4002	120.20	20.03	229	350
4003	119.87	20.10	111	350
4004	119.88	19.67	29	350
4005	119.70	19.71	41	300

表 3 编队模拟对抗动作

平台批号 <i>i</i>	目标批号 <i>i</i>	武器类型	开始时间 t/s	结束时间 t/s
9001	4001	防空导弹	$T+120$	$T+180$
9001	4005	烟幕干扰	$T+40$	$T+60$
9002	4002	防空导弹	$T+15$	$T+34$
9002	4004	防空导弹	$T+45$	$T+59$
9003	4003	质心干扰	$T+0$	$T+150$

按照模拟对抗设计的打击方案，分析舰艇平台 9001 打击目标 4001 与舰艇平台 9003 对目标 4003 实施质心干扰态势下的电磁兼容情况，两平台同时使用武器的时间为 $(T+120, T+150)$ ，取 $t=T+130$ 。利用式(2)、(6)、(10)可计算 $T+130$ 时间平台 9001 的经纬度坐标 $\lambda_1=120$ ， $\beta_1=20.1$ ，干扰云团质心坐标 $\lambda_A=119.96$ ， $\beta_A=20.02$ ，来袭导弹目标坐标 $\lambda_M=119.69$ ， $\beta_M=20.1$ ，将上述参数代入式(12)、(13)，计算出 $C_A(t)=292.78$ ， $C_M(t)=287.83$ ，可判断出 $C_M(t) \geq C_A(t) - \theta_H / 2$ 。由此分析出：此模拟对抗方案存在电磁兼容问题，建议对此联合抗击方案进行重新规划。

4 编队电磁频谱评估体系构建

由于电磁兼容现象的存在，对编队作战效果的发挥具有巨大的影响^[8]；因此，如何规划编队资源分配，在时域、空域上合理运用有限的电磁频谱资源，具有重要的意义^[9]。基于上述数学模型的分析，结合实际作战使用流程，笔者初步构想了由编队频谱收集系统、编队频谱规划系统和编队频谱评估系统构

成的编队电磁频谱管控体系^[10]。体系结构如图 2。

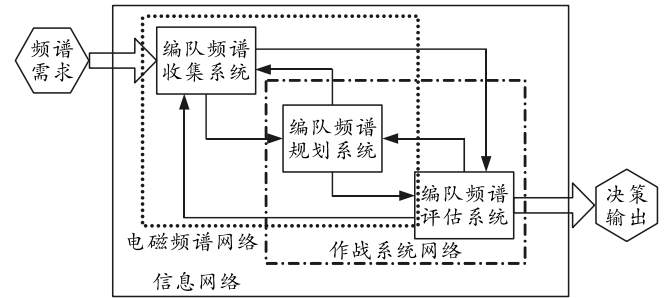


图 2 编队电磁频谱管控体系

5 结束语

电磁兼容问题在现代化的信息海战场，特别是舰艇编队对空防御作战中十分常见^[11]，如何正确地实施电磁兼容管控，在最恰当的时机使用最合适的武器予以抗击，将影响到整个编队的防空能力，对编队战斗发挥起到了重要的作用。笔者按照实际战场环境构设态势想定，选取典型态势就舰艇编队对空防御作战中的电磁兼容问题进行分析，建立了编队对空防御作战中的电兼判定模型，同时提出了编队电磁频谱评估体系构想，对今后作战指挥员指挥作战中决策防空方案具有一定的辅助功能。

参考文献：

- [1] 史红权, 王超. 基于紧迫度的空中目标火分排序模型[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(9): 48-50.
- [2] 陈康, 罗雪山, 罗爱民. CEC 条件下的舰艇编队防空问题[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(4): 32-35.
- [3] 潘世田. 舰载软硬武器使用中电磁兼容问题的探讨[J]. 飞航导弹, 2001(12): 38-42.
- [4] 戴自立. 现代舰艇作战系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000: 178-201.
- [5] 苏亮, 宋江涛, 茆明. 电子对抗与舰空导弹系统综合反导的电磁兼容的初步分析[J]. 现代防御技术, 2007, 35(4): 19-21.
- [6] 陈东. 军事电磁频谱管理概论[M]. 北京: 解放军出版社, 2007: 56-81.
- [7] 耿海军. 信息化战场的电磁环境究竟有多复杂[J]. 国防, 2008, 25(4): 80-82.
- [8] 周辉. 战场复杂电磁环境分析与应对策略[J]. 装备指挥技术学院学报, 2007, 18(6): 59-64.
- [9] 张永生, 杨楠楠. 近程警戒舰艇在航母编队防空作战中的兵力需求[J]. 舰船科学技术, 2011, 33(7): 112-113.
- [10] 陈国生, 马良, 张明. 舰艇编队协同防空作战效能评估[J]. 舰船科学技术, 2011, 33(2): 105-106.
- [11] 曾松林, 滕克难, 王文辉, 等. 编队反导资源调度问题分析[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2012, 13(1): 62-68.