

战场电磁环境复杂性内涵分析与研究

刘帅, 李智, 周立新

(装备指挥技术学院, 北京 101416)

摘要: 战场电磁环境是信息化战争发展的产物。综述了战场电磁环境的构成及其层次结构, 分析了其复杂性的内涵与表现形式。在此基础上, 提出了一种定量描述电磁环境复杂程度的思路, 即以用频设备的灵敏度区间将战场电磁环境划分为不同的子空间, 分别对应不同的复杂程度。

关键词: 战场电磁环境; 复杂性; 灵敏度; 定量描述

中图分类号: O441.4; N949 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)04-0025-04

Analysis and Study of Battlefield Electromagnetic Environment Complexity

LIU Shuai, LI Zhi, ZHOU Li-xin

(The Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China)

Abstract: Battlefield Electromagnetic Environment (EME) comes with the development of information war. The composition and hierarchy of battlefield electromagnetic environment was summarized. The complex connotation and representation of battlefield electromagnetic environment was analyzed. Based on this, a thought of quantificationally describing battlefield EME's complexity was put forward, which is that the battlefield EME can be divided into different subspaces corresponding to different complexity scales, according to the equipment's sensitivity threshold level.

Key words: battlefield electromagnetic environment; complexity; sensitivity; quantificationally description

随着科学技术的迅猛发展,越来越多的电子设备和信息化武器被投入到战场实践中。这些用频设备为交战双方围绕争夺制电磁权、制信息权进而夺取战争主动权所进行的各种电磁活动提供了基础,同时也形成了战场环境的新要素——战场电磁环境,进一步拓展了战场环境的内涵。战场电磁环境作为现代战争中的一种客观存在,它一方面具有信

息的传递作用,另一方面阻碍着用频装备效能的发挥。文中对战场电磁环境复杂性的本质进行了讨论,为复杂性的界定提供了思路。

1 战场电磁环境构成要素分析

战场电磁环境是指在一定的战场空间内对用频

收稿日期: 2011-01-10

作者简介: 刘帅(1986—),男,河北保定人,硕士研究生,主要研究方向为战场电磁环境建模与仿真。

装备产生影响的各种电磁活动和现象的总和^[1]。战场电磁环境构成元素众多,本质上可以将其分解为2个层面:1)电磁环境的主体应用层——各种辐射源辐射的电磁波,包括自然电磁辐射如静电、雷电等,人为电磁辐射如广播电视、雷达、无线电通信、无线电导航、电子干扰等,以及一些设备产生的人们所不期望的附加电磁辐射如高压放电、电火花等;2)电磁环境的背景层——辐射传播因素,它虽然不能辐射电磁波,但作为传播媒介能深刻影响电磁波的传播,包括大气、各种气象条件、地理环境以及人工散布的烟幕、箔条等。

对于战场电磁空间的演变而言,只作用于局部区域且持续时间短,或长时间存在但不具备突变性的自然电磁辐射、民用电磁辐射以及高压放电等附加辐射,其影响不大,归属于基本要素。各种军用设备辐射的电磁波在战场电磁空间则表现活跃,是战争条件下特有的产物,对战场电磁环境的发展演化起着决定性作用,归属于主体要素,包括雷达系统、通信系统、电子对抗系统、光电系统、导航系统、敌我识别系统、引信系统等引起的辐射。战场电磁环境的层次结构如图1所示。

2 战场电磁环境复杂性内涵

战场电磁环境各层面之间、层面内各要素之间通过不同的耦合方式交织在一起,使得战场电磁环境表现出随机性、动态性、可控性、敏感性、复杂性等复杂系统所具有的特点。复杂性是战场电磁环境最本质的概括。

对于电磁环境的复杂性,学界目前主要有2种观点:一种观点认为复杂性是战场电磁环境的客观属性^[2-6],可以用电磁信号空域分布、频域分布、强度分布、信号种类、样式分布、背景噪声强度、信号密度、频率占用度、频率重合度等指标进行描述。另一种观点认为复杂性是针对战场环境中的受体而言,由于作战条件、作战对象以及作战任务的不同,电磁环境对作战装备的工作效能影响程度不同^[7-9],可以用预警探测和监视效能、电子侦察效能、电子进攻效能、电子防御能力、电磁兼容效能等指标描述。

客观性与主观性仅是对战场电磁环境复杂性的不同角度的理解,过于强调任何一方都会显得片面。前者忽略了电磁环境复杂性的相对性,同样的



图1 战场电磁环境结构层次

Fig. 1 Hierarchy of battlefield EME

电磁环境,对于电磁频谱管控能力强、电子设备抗干扰能力强的作战方或信息装备而言没有影响,就不能称其为复杂;对于电磁防护能力弱的一方可能造成指挥瘫痪、通信中断、雷达致盲等毁灭性破坏,就是一个非常复杂的环境。后者在确定各系统的工作效能指标时,对人的主观性过度依赖,缺乏统一的、客观的标准,极端情况下会得到相矛盾的结论。

笔者认为,应该从战场电磁环境复杂性的本质特征与表现形式上进行理解,将上述2种观点统一起来。

2.1 战场电磁环境复杂性的本质特征

战场电磁环境处于开放的电磁空间中,是由不同层次、数量巨大的多种要素相互联系、相互作用,

共同形成的开放性的复杂巨系统,除了具有一般复杂巨系统的特点,它还有着自身的特点^[1]。

1) 混沌震荡,高效能与漏洞并存。战场电磁环境的各种构成要素始终处于动态变化之中,要素与要素之间的关系也是一种非线性关系,使得整体上处在一种混沌振荡过程中,导致在特定的时空和特定的频段上效能高、能量强,在其它时空及频段则效能低、能量弱,从而出现缺口、漏洞。

2) 动态多变,处于临界状态。战场电磁环境的各种人为构成要素之间,存在着规避与对抗2种背离的运动趋向。在己方内部之间规避冲突,在敌对双方之间强烈对抗,始终处于稳定与失衡的临界状态。

3) 剧烈联动,牵一发而动全身。战场电磁环境从相对稳定状态到不稳定状态的变化是“跃变”,而不是“渐变”,往往一个微小的变化,都将引发连锁反应,造成局部甚至整个战场区域的电磁态势失衡。

2.2 战场电磁环境复杂性的表现形式

战场电磁环境的复杂性,通过用频设备的相互作用以及时间、空间、频谱、功率特征来表现。

1) 交互方式复杂,具有相对性。一方面,同样的电子设备在不同的电磁环境下工作效能不同;另一方面,同样的电磁环境下,不同的用频设备工作效能也不相同。此外,一定的电磁环境对于单个或几个用频设备可能构成复杂电磁环境,但对于整个作战部队不构成严重影响,从整体上不能将其定义为复杂电磁环境。

2) 时间上变幻莫测,动态随机。在不同的作战时间内,交战双方因作战目的不同,所产生的电磁信号数量、种类、密集程度将随时间而变化,其变化的方式难以预测。

3) 空间上无处不在,无影无形。战场空间中的电磁波看不见、摸不着,但它存在于战场空间的每一个位置,作用于有形的电子设备上。

4) 频谱上无限宽广,密集交叠。一方面战场上电磁信号所占频谱越来越宽,几乎覆盖了从无线电波到光波的全部电磁信号频段;另一方面,由于大气衰减、电离层反射和吸收等传播因素影响,在实际应用过程中,能够使用的电磁频谱只是有限范围,军用频段更少。在某一局部频率区间,电磁信号呈现密集重叠的现象。

5) 功率上强弱起伏,分布不均。因辐射传播因素的影响,战场空间的电磁信号能量不均匀,在有些地方能量集中,可能很强;有些地方能量分散,可能很弱。电磁能量密度的高低直接决定着其对电子设备的影响程度。

3 战场电磁环境复杂性的定量描述

文献[3—9]基于效能评估的思想,对电磁环境建立了指标体系,借助模糊数学、层次分析法、集对理论、对策论等工具对复杂性进行了定量描述。这些评估方法的出发点只是强调了电磁环境复杂性的客观性或主观性,不能对复杂性进行统一的表达。

事实上,辐射源工作状态主要取决于发射端的电磁防护能力,接收机的工作状态主要取决于电磁防护能力和所处位置的信噪比。

在此基础上,笔者尝试提出用灵敏度 δ 来统一表示用频设备的电磁防护能力和信噪比,具体定义如下:

$$\delta = \begin{cases} c & \text{发射机} \\ f(c, w) & \text{接收机} \end{cases} \quad (1)$$

式中: c 为用频设备的电磁防护能力, dB; w 为用频设备的信噪比门限, dB。

对于发射机,若将 c 细化为3个门限值 c_1, c_2, c_3 , 则可将发射机工作状态划分为正常工作、受少许影响、受较大影响、不能正常工作4种状态,通过与实际环境中的电平值比对便可定义发射机所处电磁环境的复杂程度;对于接收机,同样可将灵敏度 δ 划分为 f_1, f_2, f_3 3个门限值,分别对应接收机工作正常、出现少许噪音、出现明显噪音、信号完全被淹没4个工作状态,通过与实际环境中的电平值比对即可确定接收机所处电磁环境的复杂程度。具体对应情况见表1。

表1 电磁环境复杂程度与用频设备灵敏度对应

Table 1 Classification of EME complexity with equipment sensitivity threshold

电磁环境复杂程度	用频设备灵敏度
重度复杂	环境电平超过(或低于)3级灵敏度门限
中度复杂	环境电平在2—3级灵敏度门限之间
轻度复杂	环境电平在1—2级灵敏度门限之间
不复杂	环境电平低于(或超过)1级灵敏度门限

复杂程度的评估步骤如下:

1) 在明确辐射源位置后,通过波动方程可计算出战场空间中任一处的电平值;

2) 依据用频设备(发射机或接收机)的灵敏度将战场空间划分为不同的子空间,可称为灵敏度子空间;

3) 确定用频设备的坐标位置,定义其所处电磁环境的复杂程度,如图2所示;

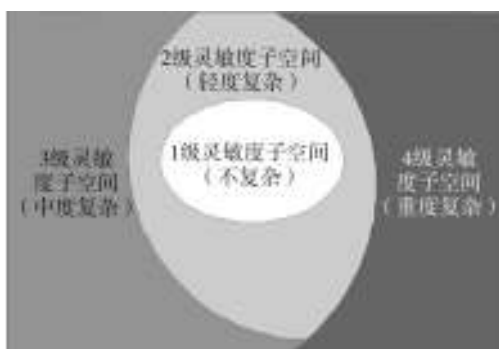


图2 灵敏度子空间划分

Fig. 2 Sensitivity subspaces division

4) 对于作战部队整体而言,可依据部队的所有用频设备处于电磁环境复杂度子空间的统计状况定义整体电磁环境复杂程度,如70%用频设备处于中度复杂环境中,即可定义整体处在中度复杂环境中。

该方法以环境中的信噪比来表达电磁环境复杂性客观性的一面,以用频设备自身的电磁防护能力及信噪比门限表达电磁环境复杂性、主观性的一面,通过2者的匹配对应能够对战场电磁环境复杂程度进行有效的表示。

4 结语

战场电磁环境是开放的复杂巨系统,复杂性是其组成要素整体表现的结果。笔者深入探讨了战场电磁环境的层次结构以及复杂性的本质属性,并提供了一种复杂程度度量的思路。这对于认识战场电磁环境的本质,把握战场电磁环境的发展演化规律

大有裨益。下一步工作主要是对复杂程度定量描述思路的实现,以期建立完善的具体的评价模型。

参考文献:

- [1] 王汝群. 论复杂电磁环境的基本问题[J]. 中国军事科学, 2008(4): 62—70.
- [2] 尹成友. 战场电磁环境分类与复杂性评估研究[J]. 信息对抗技术, 2007, 18(4): 4—6.
- [3] 邵涛, 胡以华, 石亮, 等. 战场电磁环境复杂度定量评估方法研讨[J]. 电光与控制, 2010, 17(1): 81—84.
- [4] 陈行勇, 张殿宗, 王伟, 等. 面向对象的战场电磁环境复杂度评估[J]. 电子信息对抗技术, 2010, 25(2): 74—78.
- [5] 陈利虎, 张尔扬. 一种新的定量评估电磁环境复杂度方法[J]. 电子对抗, 2009, 125(2): 6—9.
- [6] 周克胜, 罗小辉, 张杨. 战场电磁环境复杂程度综合评估[J]. 舰船电子对抗, 2009, 32(6): 43—46.
- [7] 王志刚, 何俊. 战场电磁环境复杂性定量评估方法研究[J]. 电子信息对抗技术, 2008, 23(2): 50—53.
- [8] 徐小毛, 平殿发, 张丹, 等. 基于灰色层次模型的战场电磁环境复杂度评估[J]. 电子测量技术, 2009, 32(6): 77—80.
- [9] XU Jin-hua, LIU Guang-bin, YU Zhi-yong, et al. A Meta-Synthesis of Evaluating Battlefield Electromagnetic Environment Effects[C]// Proceedings of Asia Simulation conference 2008/the 7th International Conference on System Simulation and Scientific Computing (ICSC2008), 2008: 79—83.