

Discussions on EMC of Complex Battlefield Electromagnetic Environment

LIN Meiqing, GAO Yuliang

Dept. of Information Countermeasure, Air Force Radar Academy, Wuhan, China

Abstract: under Information Asymmetry, battlefield electromagnetic environment is one much important part of battlefield environment, which, impenetrate into land sea sky and universe battlefield. There are high density and extensive electromagnetic applications in battlefield electromagnetic dimension, it result into a complex and much diversity battlefield electromagnetic environment. As the battlefield electromagnetic environment is developing, EMC of weapon system is becoming more and more important. The paper provided an in-depth analysis of battlefield electromagnetic environment, and discussed on EMC of complex battlefield electromagnetic environment. In the end, the paper gave a new cognition about EMC problem of complex battlefield electromagnetic environment.

Keywords: electromagnetic environment; EMC; electronic countermeasure; simulation

复杂战场电磁环境下的电磁兼容探讨

蔺美青, 高玉良

空军雷达学院信息对抗系雷达对抗研究中心, 武汉, 中国, 430019

摘要: 信息化条件下, 战场电磁空间成为战场空间的重要组成部分, 渗透到陆海空天四维战场空间。战场电磁空间中存在密集、广泛的电磁应用活动, 形成复杂多变、激烈冲突的战场电磁环境。战场电磁环境的发展演化过程中, 电磁干扰与反干扰对武器装备的电磁兼容性提出了越来越高的要求, 电磁兼容问题成为复杂战场电磁环境研究的重要内容。论文深入分析战场电磁环境概念和内涵的基础上, 以电磁兼容的产生和发展为主线, 对电磁兼容的理论和和技术问题作初步探讨, 提出了复杂战场电磁环境背景下电磁兼容问题的新认识。

关键词: 战场电磁环境; 电磁兼容; 电子对抗; 仿真

1. 引言

随着人类对电磁理论认识的不断深入, 电磁应用从无到有, 从日常生活走向战场, 从电磁应用领域的不断拓展, 到反电磁应用的凸现, 复杂的电磁环境应用而生。

信息化作战条件下, 电子设备和信息化武器装备在战场上广泛使用, 电磁空间成为战场空间的重要组成部分, 深入渗透到陆、海、空、天其它四维战场空间, 在战场空间中处于主导地位。战场电磁空间中存在数量众多的电磁辐射体, 通过种类繁多、纵横交迭的电磁应用活动, 将人为和自然的、敌方和我方的、对抗和非对抗的各种电磁信号充斥其间, 形成了复杂多变、激烈冲突的战场电磁环境。

战场电磁环境中的电磁应用和反电磁应用活动, 是战场电磁环境对抗性的突出表现, 正是这种电磁应用与反应用的矛盾运动推动战场电磁环境的演化发展。在其演化发展过程中, 电磁干扰和反干扰成为电磁应用的重要形式, 对战场空间中武器装备干扰与抗干扰性能, 即电磁兼容性能提出了更高要求。电磁兼容问题成为战场电磁环境研究的焦点问题, 从理论研究到技术探索方面

都备受关注。

目前, 国内外对战场环境的概念研究还处于起步阶段, 没有形成的对其内涵进行准确揭示的统一描述, 处于一种百家争鸣、百花齐放的状态。电磁兼容的研究方面, 已有不少学术专著和研究论文, 这些研究多从具体电磁兼容问题出发, 对电磁兼容的理论和技术上进行深入研究, 很少以复杂战场电磁环境为视角, 从宏观角度来探讨电磁兼容问题。

以下从战场电磁环境的内涵的探讨出发, 以战场电磁环境的构建为依据, 对复杂战场环境下的电磁兼容问题, 以其产生、现状和发展为主线, 对电磁兼容的理论和和技术问题作初步探讨。

2. 战场电磁环境的内涵

2.1 空间与环境

我们来看如下两个命题:

1) 教室是三维空间;

2) 在教室空间里, 教员精心讲授, 学生密切配合, 形成一个活泼、有序的教学环境。

以上命题显然是正确的。如果我们把“空间”和“环境”的位置对调，就形成了如下命题：

- 1) 教室是三维环境；
- 2) 在教室空间里，教员精心讲授，学生密切配合，形成一个活泼、有序的教学空间。

以上命题显然有误。

由此，我们得出结论：空间是一个静态的概念，反映了描述对象的客观存在性；环境是一个动态的概念，其动态性表现为其构成要素的动态活动，以及由此而导致环境本身的演化发展特性。环境的构成离不开客观存在的空间，一个环境必然对应一个空间；同时，环境的构成离不开客观存在的能动实体，这些能够实体的活动是环境得以演化发展的诱因。

所以，环境和空间的概念是密切关联的，可以认为，环境是空间当中的能动实体和实体的活动共同构建而成的。我们研究环境的有关问题时，应从环境所对应的空间出发，研究环境中的实体要素以及实体的能动活动。

2.2 战场空间与战场环境

战场空间是由陆地维、海域维、空域维、天际维以及信息维构成的五维空间。其中，陆地维、海域维、空域维、天际维形成陆地空间、海域空间、空域空间、天际空间为有形战场空间；信息维形成信息空间，为无形战场空间。信息空间渗透覆盖其它几维战场空间，在战场空间处于核心主体地位。如图 1、图 2 所示。



图 1-1. 战场空间分类示意图

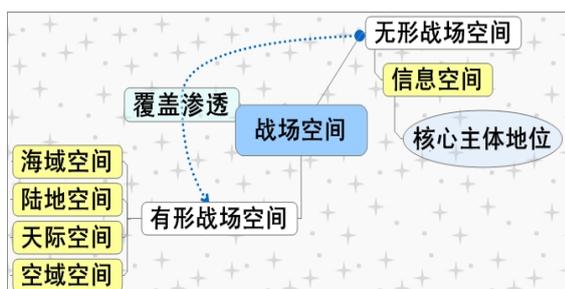


图 1-2. 战场空间结构分析图

2.3 战场电磁环境

由以上分析，我们得出：战场电磁环境对应战场信息空间中的电磁空间，由战场电磁空间中电磁作战实体和电磁作战实体的电磁活动而形成。或者说，战场电磁环境是电磁空间内对作战有影响的电磁活动和现象的总称，即，战场电磁环境=电磁空间+电磁作战实体+电磁活动。

战场电磁环境是战场信息环境的重要组成部分，而是战场环境的重要组成部分。战场电磁环境表现为一定战场空间中的密集、广泛和复杂的电磁信号的总体状态。战场电磁环境中内容丰富、时空交织的电磁活动推动其演化发展，其发展演化的总体趋势是复杂多变，由此而产生的电磁兼容问题也越来越突出。自然环境中出现环境污染，环境污染问题的解决成为实现自然环境可持续发展的重要举措。电磁兼容性研究的目的是解决战场电磁环境的污染问题，对战场电磁环境的可持续发展具有重要意义。

2.4 电磁作战系统

以战场电磁环境中的电磁作战实体为组成部分，实体间通过电磁应用活动相互关联，可以构建一个以争夺制电磁权为功能的电磁作战系统。电磁作战系统赖以生存的环境就是战场电磁环境。战场电磁环境中的电磁兼容问题作用于电磁作战系统，电磁作战系统中的电磁作战实体的功能的实现和效能的发挥很大程度上取决于其电磁兼容性的好坏。战场电磁环境兼容性问题解决主要取决于电磁作战系统。电磁作战系统各组成部分的电磁兼容性的好坏决定了整个战场电磁环境的电磁污染程度。

所以，电磁作战系统的电磁兼容性是复杂战场电磁环境的电磁兼容问题的主要成因；武器装备电磁兼容性研究是复杂战场电磁环境电磁兼容问题研究的起点和基础。

3. 战场电磁环境的构建

3.1 战场电磁环境的构成要素

从战场电磁环境的内涵出发，战场电磁环境的构成要素如下：

- 1) 电磁作战实体要素

从电子辐射与接收的角度考虑，电磁作战实体应包括电磁辐射源实体和电磁辐射宿（电磁接收）实体。电磁辐射源实体包括雷达信号辐射源、通信信号辐射源、光电信号辐射源等；电磁辐射宿包括雷达信号辐射宿、通信信号辐射宿、光电信号辐射宿。具体来说，电磁作战

实体要素包括雷达对抗装备、通信对抗装备、光电对抗装备等电子对抗装备及电子支援装备。

2) 电磁应用活动要素

电磁应用活动要素，从活动的目的性考虑，可分为有意电磁应用活动和无意电磁应用活动；从活动的对抗性考虑，可分为对抗性电磁应用活动和非对抗性电磁应用活动；从活动的敌我属性上考虑，可分为敌方电磁应用活动和我方电磁应用活动；从活动威胁性考虑，可分为高威胁电磁应用活动，如反辐射攻击、中威胁电磁应用活动，如电子干扰、低威胁电磁活动等。

具体来说，电磁应用活动包括电磁辐射起点、电磁辐射终点、电磁辐射途径、电磁应用目的和电磁活动持续时间等要素。

有意电磁应用活动、对抗性电磁活动等是战场电磁环境的主要电磁应用活动，包括电磁侦察与反侦察活动、电子干扰与反干扰活动、电子摧毁与反辐射摧毁等。

3.2 战场电磁环境的特性分析

从战场电磁环境的构成出发，战场电磁环境具有如下特性：

1) 由电磁作战实体系统性所决定的可认知特性战场电磁环境中的每个电磁作战实体就是一个具备一定功能的可认知的系统，由电磁作战实体而构成的电磁作战体系是更高层次的系统，是可认知的系统。电磁作战系统赖以生存的战场电磁环境，其存在状态是有电磁作战实体和电磁应用活动决定的。由电磁作战系统的系统性以及以电磁理论基础的电磁活动的可认知性，战场电磁环境是可以为人类所认识、开发和有效利用的。

2) 由电磁作战实体发展变化所决定的动态演进特性电磁作战实体是系统，电磁作战体系也是系统，有生命力的系统是不断发展变化，螺旋式演进的。战场电磁环境发展变化推动电磁作战系统的演进，电磁作战系统的发展变化反作用于战场电磁环境，使其朝向某一特性方向进一步演进。这体现了系统和其环境的相互关系，两者在相互作用的过程中，实现各自的动态演进。与其环境不发生作用或者不适应环境的系统是封闭的、没有生命力的系统，战场电磁兼容问题就是研究电磁作战系统对战场电磁环境的适应性问题。

3) 磁作战实体间的对抗活动所决定的激烈对抗特性

战场的典型特征是其对抗特性，其对抗特性主要体现在电磁作战实体间的激烈对抗活动。战场电磁环境是战场环境的重要组成部分，其对抗性主要体现在电磁作战系统中电磁作战实体间的在电磁领域的激烈对抗活动。

4) 电磁应用活动所决定的复杂多变特性

随着电子设备和信息化武器装备在战场中的广泛使用，电磁应用活动呈现出样式繁多、动态交迭、分布广泛等特点，因而，战场电磁环境必然朝着越来越复杂多变的方​​向演进。

3.3 战场电磁环境仿真

仿真技术以其可重复性好、代价低、速度快等优点，在武器装备发展论证、战役战术推演、作战训练等领域得到了广泛的应用。现代信息化战争中，战场电磁环境其现代战场环境的重要组成部分，对战场电磁环境的仿真是军用仿真技术发展的必然趋向。

战场电磁环境仿真的目的如下：

1) 电磁环境中电磁作战实体的发展论证研究。主要是指战场环境中电子设备和信息化武器装备的发展论证研究。是针对战场电磁环境中的电磁作战实体要素的研究。

2) 电磁环境中电磁作战实体的作战使用研究。是指战场环境中的电子设备和信息化武器装备的作战使用研究。主要是针对战场电磁中电磁作战实体的研究。

3) 战场电磁环境下的辅助作战和训练。主要是针对战场电磁环境的电磁应用活动的研究

4) 电磁环境中电磁作战实体的电磁兼容研究等。是对电磁作战系统与战场电磁环境的适应性问题的研究。

由以上战场电磁环境仿真的目的，战场电磁环境仿真可进行如下分类：

1) 电磁环境中的电磁作战实体论证仿真。如雷达系统的性能仿真、雷达系统效能仿真、雷达组件论证仿真等。

2) 电磁环境中的电磁作战实体作战使用仿真。如雷达对抗仿真。

3) 电磁作战训练仿真。

4) 器装备电磁兼容性仿真等。

由以上分析可知，战场电磁环境仿真的发展趋势如下：

1) 杂战场电磁环境下的雷达对抗、通信对抗、光电对抗等一体化仿真。

2) 杂战场电磁环境下的效能仿真、性能仿真、专题仿真等的一体化仿真。

3) 各种电磁环境仿真系统的互联、互通和资源共享为组合仿真。

4) 杂战场电磁环境下的电磁兼容性综合仿真评估
总之，仿真手段是进行复杂战场电磁兼容问题研究的重要支撑技术。

4. 场电磁环境下的电磁兼容

4.1 电磁兼容问题分析

电磁兼容问题的主要诱因是电磁干扰,特别是有意电磁干扰的出现,加剧了战场电磁环境的复杂性,使得电磁兼容问题成为刻不容缓的重要问题。

复杂战场电磁环境下的电磁作战实体可能受到的主要干扰包括:敌方的有意电磁干扰、敌我双方的无意电磁辐射。电磁作战实体的信息化部件或电子部件,如果抗干扰能力差,就会使其功能和性能大幅度下降,从而在进行电磁应用活动中完全失效。而且,其自身辐射的无意电磁波会对己方的电磁作战实体形成干扰,影响其作战使用效能。这样己方的电磁作战系统就不能发挥应有的作战效能。

复杂战场电磁环境中的电磁兼容的内容包括:电磁作战实体自身向电磁环境辐射的电磁波不对其它己方其它电磁作战实体造成干扰;电磁作战实体对敌方的有意电磁干扰和己方电磁作战实体的无意电磁辐射不敏感,即抗干扰性能好。

从系统角度考虑,电磁不兼容是电磁作战系统与电磁环境以及电磁作战实体间的关系处理不当造成。因此,电磁兼容问题就是解决战场电磁环境中电磁作战实体间的电磁关系问题、以及己方电磁作战系统与战场电磁环境的关系问题。

4.2 战场电磁兼容设计

由以上分析,战场电磁兼容设计从以下两个方面考虑:

- 1) 作战实体之间的关系
- 2) 作战实体与电磁环境的关系

另外,电磁作战实体的电磁不兼容形成的主要原因是其电子设备或信息部件所决定的性能,这是出现电磁不兼容问题的内因,是决定因素。电磁作战实体电磁不兼容的另一成因是环境电磁辐射,这是外因,也是重要的因素。由系统分析的理论可知,内因决定外因,所以在进行战场电磁兼容设计时,首先要考虑电磁作战实体本身的性能,其次要考虑电磁作战实体对电磁环境的影响。所以,进行战场电磁环境电磁兼容设计时,应遵循如下步骤:

- 1) 实体的电子设备或信息部件在设计时对电磁兼容性分析,包括抗干扰性设计、电磁泄露控制等。
- 2) 战场电磁环境中,各个电磁作战实体间的电磁关系,包括空间部署关系、时间先后关系、频率重叠关系、能量比较关系等,即电磁资源有效管理和统筹,尽可能实现战场电磁环境中的电磁兼容。

3) 作战实体与电磁环境的电磁关系,进行适当的电磁辐射管控措施,减少电磁作战实体无意电磁辐射对战场电磁环境的影响。

总之,应从系统的角度考虑战场电磁实体与其他实体间的电磁关系,及其与战场电磁环境的关系,科学合理地进行战场电磁环境的电磁兼容性设计。

4.3 战场电磁兼容的发展方向

战场电磁环境的电磁兼容研究已有丰富扎实的理论和技术研究基础。例如,电磁兼容技术已有 70 多年的发展历史,积累了不少理论和技术成果;电磁兼容仿真技术也在探索中取得了长足进步;电磁场和电磁波的理论认识也不断深化,从而推动电子信息技术的日新月异。

战场电磁环境的发展方向主要包括如下两个方面:

- 1) 电磁环境的电磁兼容的一体化仿真和试验。
- 2) 电磁环境的全方位的电磁兼容数据融合复杂战场电磁环境的电磁兼容问题是适应信息化战争发展的研究课题。

根据系统工程综合集成研讨厅的思想方法,综合运用已有的电磁兼容技术、信息技术、信号处理技术、电子技术和仿真和试验技术等理论和技术研究成果,并结合专家经验及先验知识,形成适应复杂战场电磁环境的电磁兼容问题的综合集成探讨模式,定能够推动复杂战场电磁环境的电磁兼容的理论、技术和方法的研究,实现对战战场电磁资源有效使用、管理和控制。

5. 结论

复杂战场电磁环境下的电磁兼容问题是信息化战争演化发展过程中凸现出来的重要研究课题。在探讨战场电磁环境中的电磁兼容问题时,可以从战场电磁环境中电磁作战实体系统所构成的电磁作战体系出发,以体系对抗为视角,将系统工程的思想和方法应用于战场电磁环境的电磁兼容问题研究,充分考虑电磁作战体系之间以及电磁作战实体与电磁环境之间的关系,处理好这些关系,就实现了对战场电磁环境有效的电磁兼容设计。

References (参考文献)

- [1] 王汝群等. 战场电磁环境 [M]. 2006.
- [2] 张志敏. 雷达电磁环境仿真分析 [J]. 舰船电子对抗, 2008(02): 31.
- [3] 刘春艳, 吴少鹏. 雷达对抗仿真系统的设计与实现 [J]. 雷达与对抗, 2007(04).
- [4] 高攸纲. 电磁兼容总论 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.