

电子信息系统 复杂电磁环境效应 研究路线图V1.0

汪连栋 曾勇虎 申绪润 等著
聂 皞 审



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子信息系统复杂电磁环境效应 研究路线图V1.0

汪连栋 曾勇虎 申绪润 等著
聂 皞 审

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室在分析并凝炼科学问题和研究方向的基础上,制定的研究路线图。书中规划了实验室在复杂电磁环境效应领域的总体研究目标,重点阐述了“复杂电磁环境特性与模拟”、“复杂电磁环境综合效应机理研究”和“电子信息系统效能评估理论”三个方向的需求与挑战、研究内容及研究路线图。

本书有助于广大科技工作者、高校学生和社会公众了解复杂电磁环境效应的基本概念、研究现状和发展趋势,可以为相关机构和实验室进行发展建设、研究规划和课题设置等提供参考,也可以作为研究人员进行复杂电磁环境效应相关研究的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息系统复杂电磁环境效应研究路线图 V1.0 /
汪连栋等著. —北京:国防工业出版社,2013. 8

ISBN 978-7-118-09106-9

I. ①电... II. ①汪... III. ①电子系统—信息系统—
电磁环境—磁场效应—研究 IV. ①TN103

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 226463 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 154 千字

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717



《电子信息系统复杂电磁环境效应 研究路线图V1.0》撰写组

审 定 聂 皞
组 长 汪连栋
副 组 长 曾勇虎 申绪润
成 员 王华兵 王满喜 冯润明 刘国柱
(按姓氏笔画排序)
许 雄 李 林 李永成 杨晓帆
汪 亚 陆 俊 郑光勇 胡明明
洪丽娜 高 磊 戚宗锋 董 俊
韩 慧 蒙 洁

前 言

在国家科技部和总装备部的关心和大力支持下,经过中国洛阳电子装备试验中心和国防科技大学电子科学与工程学院的共同努力,电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室于2012年10月正式获得国家科技部批准建设,进入为期两年的建设期。按照科技部《国家重点实验室建设与运行管理办法》(国科发基[2008]539号)要求,在建设期内,实验室需要开展基础研究、应用基础研究和基础性工作。

天设其高,而日月成明;地设其厚,而山陵成居;上设其道,而百事得序。为了明确科研定位、理清发展思路、制定研究目标,有效地开展实验室研究工作,实验室组织力量制定了研究路线图。以期达到三个目的:①规划实验室的基本任务,细化研究课题,理清推进路径,描述实验室研究内容的基本规律和特点,提出实验室研究发展的近期目标,从而实现实验室研究发展的顶层设计;②促使本室人员准确把握实验室研究内容的发展趋势、开展研究工作的一般性思路、研究内容的基本体系结构以及研究工作需要达到的目标,以促进相关研究工作;③使国内外本领域研究人员清晰了解本实验室研究内容的历史、现状以及从事这方面研究的意义。

“电子信息系统复杂电磁环境效应”是指复杂电磁环境对电子信息系统的影响,主要包括能量效应、信息效应、管控效应等几种形式。电子信息系统复杂电磁环境效应涉及到社会和国防的各个应用领域。近年来,很多重大安全事故和军事训练中暴露出来的问题清晰地表明,复杂电磁环境与电子信息系统的相互作用成为影响社会发展与公共安全、国防与军队建设的重要因素。

围绕“电子信息系统复杂电磁环境效应”这一主题,拟定了三个研究方向,包括复杂电磁环境特性与模拟、复杂电磁环境综合效应机理、电子信息系统效能评估理论。根据研究方向的设置,研究路线图相应的包含5章内容,第1章是从电子信息系统复杂电磁环境效应研究背景入手,阐述相关概念,介绍研究方向的设置,阐述该领域的主要特点和基本规律,规划实验室近期发展总体目标。第2、3、4章依次对应三个研究方向,每一章的基本思路为:从基本概念入手,阐述该方向当前的发展和研究状况;介绍该方向的主要需求和需要解决的挑战,进而将研究内容进行

细化,陈述需要解决的关键技术问题;在研究内容细化的基础上,分析研究方向和内容的特点,根据研究内容之间的逻辑关系,确定该方向近期研究的技术路线图。第5章对路线图进行了总结与展望。

研究路线图的制定工作是在实验室试运行之际完成的。科技领域的发展日新月异,同时实验室自身也在不断发展、前进和壮大,相应的,本研究路线图的内容也将随着国内外科研环境的变化和实验室的发展而进行适当的调整,以便更好地为实验室科学研究的开展和深入发挥导引作用。

在本书的写作过程中,中国洛阳电子装备试验中心、中心研究所的领导和机关对本书的出版给予了大力的帮助与支持,同时参考了国内外大量的文献和研究成果(见参考文献),对此表示真诚的感谢。本书编写过程中还得到了国防工业出版社的大力支持,在此一并表示真诚的谢意。

著者

2013年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 背景与概念.....	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 基本概念	7
1.2 研究方向	20
1.2.1 复杂电磁环境特性与模拟.....	20
1.2.2 复杂电磁环境综合效应机理.....	22
1.2.3 电子信息系统效能评估理论.....	23
1.3 主要特点与基本规律	24
1.3.1 主要特点.....	24
1.3.2 基本规律.....	24
1.4 总体目标	24
第 2 章 复杂电磁环境特性与模拟	27
2.1 发展历程	28
2.1.1 基本概念.....	28
2.1.2 研究现状.....	31
2.1.3 需求与挑战.....	36
2.2 研究内容与关键技术	41
2.2.1 电磁环境综合动态特性.....	41
2.2.2 复杂电磁环境模拟方法.....	43
2.2.3 电磁环境综合度量方法.....	48
2.3 研究路线图	51
2.3.1 研究目标.....	51
2.3.2 路线图.....	53
第 3 章 复杂电磁环境综合效应机理	55
3.1 发展历程	55

3.1.1	基本概念	55
3.1.2	研究现状	57
3.1.3	需求与挑战	64
3.2	研究内容与关键技术	70
3.2.1	电磁环境要素对电子信息系统作用机理	70
3.2.2	复杂电磁环境对电子信息系统综合效应机理	73
3.2.3	电磁环境效应应用技术	77
3.3	研究目标和路线图	79
3.3.1	研究目标	79
3.3.2	路线图	80
第4章	电子信息系统效能评估理论	83
4.1	发展历程	84
4.1.1	基本概念	84
4.1.2	研究现状	89
4.1.3	需求与挑战	100
4.2	研究内容与关键技术	106
4.2.1	效能评估试验方法	106
4.2.2	效能综合评估方法	111
4.2.3	效能评估可信性技术	114
4.3	研究目标和路线图	119
4.3.1	研究目标	119
4.3.2	路线图	121
第5章	结束语	123
5.1	路线图总结	123
5.2	后续工作展望	124
参考文献		126

第1章 绪 论

1.1 背景与概念

1.1.1 研究背景

信息时代,电子信息系统已经成为国防和军队建设的重要组成部分,在军事斗争中发挥着无可替代的重要作用。然而,随着各种电子装备广泛使用,电子对抗活动也日益激烈,这些直接导致电磁环境急剧复杂化。复杂的电磁环境对电子信息系统产生了严重影响和制约作用,在其安全性、可靠性以及效能正常发挥等方面都带来了不同程度的干扰和破坏。

复杂电磁环境对电子信息系统产生影响的原因是什么,会产生哪些影响,影响的程度有多大,如何避免或利用影响等一系列问题由此产生,这些问题的核心和基础可以称之为“电子信息系统复杂电磁环境效应”问题。在下文中,为陈述方便,将电子信息系统复杂电磁环境效应简称为复杂电磁环境效应(Complex Electromagnetic Environment Effects, CEMEE)。

复杂电磁环境效应问题涉及到电子信息系统和复杂电磁环境两个主体,下面首先阐述复杂电磁环境的特点,继而讨论研究复杂电磁环境效应的意义,最后介绍复杂电磁环境效应的研究现状与趋势。

1.1.1.1 复杂电磁环境的特点

国军标 GJB 6130—2007《战场电磁环境术语》中给出了战场“复杂电磁环境”的定义,它指的是在一定的空域、时域、频域和功率域上,多种电磁信号同时存在,对武器装备运用和作战行动产生一定影响的电磁环境。可以认为,复杂电磁环境是由人为和自然的、民用和军用的、对抗和非对抗的多种电磁信号综合形成的一个电磁环境。上述国军标中的定义基本上给出了“复杂电磁环境”的基本特点。随着民用电磁辐射源数量的迅速增长,复杂电磁环境的概念也扩展到民用领域。

复杂电磁环境的各种电磁辐射源纷繁多样,既有雷电、静电之类自然电磁危害源,又有雷达、通信、广播、电子对抗等射频源和定向能电磁脉冲武器、高功率微波武器之类的人为电磁危害源。与上述辐射源相比,一般野外电磁环境中的辐射源更加多样,而且由于系统控制、工作场景控制以及敏感因素各异等因素的

制约,使得复杂电磁环境的表现特征更加突出,具体来说,复杂电磁环境具有以下五个特点。

1. 辐射源构成类型众多,影响各异

随着广播电视、无线通信、民用航空、指挥调度、测控、雷达、制导、声纳等电子信息系统在社会各领域越来越广泛的应用,各种辐射源数量大量增加。同时,随着一体化、网络化程度的逐步提高,电子信息系统的规模越来越庞大,结构越来越复杂,系统间的无线链接越来越多,使得开放空间、局部工作及生活空间中电磁环境变得越来越复杂。

2. 电磁信号种类繁多,形式复杂

为了实现不同的工作任务,在一定的空域、时域、频域上,大量电子信息系统同时集中使用,导致工作区域内的电磁信号高度密集和不断变化。据不完全统计,目前世界上的通信信号种类多达 100 种以上,雷达体制不断发展,形成了众多不同体制的雷达,如相控阵雷达、脉冲多普勒雷达、频率捷变雷达、合成孔径雷达、低截获概率雷达等,使得雷达信号种类繁多且波形复杂。对于机场、大型宾馆、高铁站等社会公共场所,由于内部用频系统的数量大、频率相对集中,在局限的空间中形成的辐射信号密度相当可观,形成电磁环境敏感区。其中,以机场尤为突出,由复杂电磁环境产生的对空地通信、导航、雷达、地面通信干扰事件时有发生,成为了安全有序飞行任务的严重威胁。

3. 电磁频谱无限宽广,拥挤重叠

频谱是电磁信号在频域的表现形态。一方面,由于信息技术的迅猛发展和电子信息系统的大量使用,物理空间上电磁信号所占频谱越来越宽,几乎覆盖了全部电磁信号频段,一些常用的电子信息系统及其频谱覆盖见图 1.1。例如,无线电通信和雷达系统的工作频段已经从极高频(30GHz~300GHz)扩展到至高频(300GHz~3000GHz)。据有关报道,北大西洋公约组织批准使用的军用电磁辐射装备的频带几乎覆盖了全部常用电磁波频段。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范围是有限的,如毫米波段的大气传播特性就存在“窗口”。

4. 电磁能量密度不均,跌宕起伏

在电磁环境中,由于各种辐射源的随机分布,加上电磁波传播因素的影响,物理空间上的电磁信号能量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。随着辐射源的运动和辐射能量的改变,电磁环境表现出实时动态变化的特性,相同位置的电磁能量、电磁信号频率可能时刻不同。电磁能量、信号频率等又直接决定着电磁环境对电子信息系统的影响程度。如在对抗环境中,雷达受到干扰,可能出现断续发现目标的情况;而无线通信收到干扰则可能出现通话时断时续、时好时坏的情况。

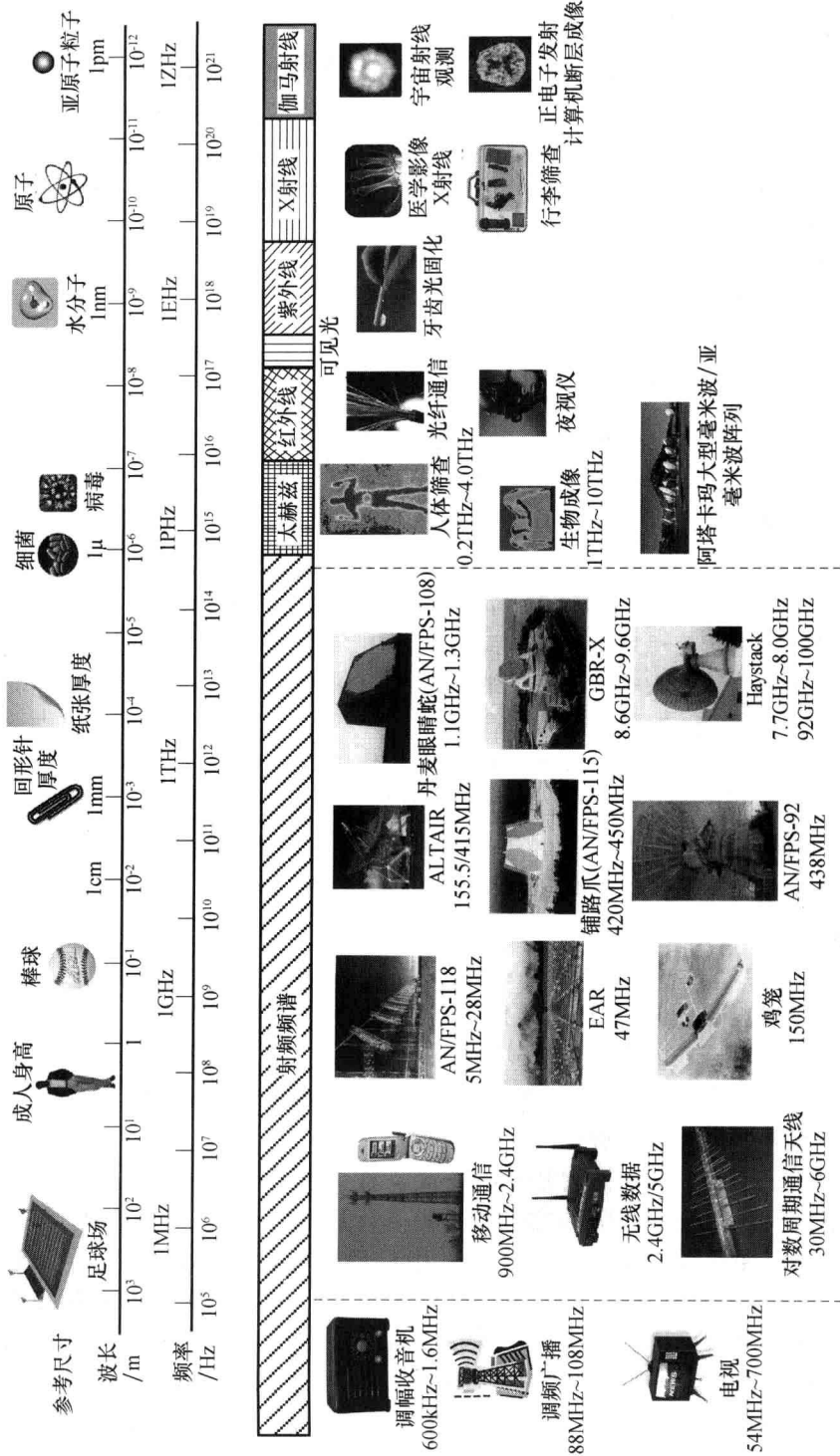


图 1.1 电磁频谱及其典型应用

5. 电磁环境影响具有广泛性和复杂性

随着电磁环境的辐射源数量增加,电子信息系统与电磁环境之间的关联关系复杂化,电磁环境对电子信息系统的影晌效应日趋复杂化。在战场电磁环境中,电子对抗正逐步由装备对装备的单体对抗转变为系统对系统的体系对抗,电磁环境也随着装备的使用而产生着剧烈的变化,影响因素越来越多,作用机理越来越复杂,影响层次越来越高,危害效果越来越大。

1.1.1.2 复杂电磁环境效应及其研究意义

复杂电磁环境效应,实质上体现了电子信息系统与复杂电磁环境的相互作用,二者之间存在着相互制约、相互影响的关系。

电子信息系统作为电磁辐射源,在复杂电磁环境的产生和存在过程中是独立发挥作用的元素,是形成复杂电磁环境的最基本要素。

在电子信息系统产生并促进了复杂电磁环境的同时,复杂电磁环境又反过来对电子信息系统产生影响。电磁环境中的电磁信号可通过多种途径进入电子信息系统,如果各类干扰信号进入了系统,如果系统又无法有效地消除干扰信号,则干扰信号必将影响电子信息系统的正常工作。通常,干扰电磁信号通过接收系统、壳壁、导线、敏感接口等进入电子信息系统,通过影响电子信息系统的部件或局部电路的特性,从而影响系统的整体性能。

电子信息系统和复杂电磁环境之间的相互作用实质上对复杂电磁环境效应造成了一种正反馈:复杂电磁环境效应的存在,使得电子信息系统为了对抗其中的不利影响,而变得复杂;复杂的电子信息系统则又提高了电磁环境的复杂程度,进而加剧了复杂电磁环境效应。此外,随着社会需求的增加,电子信息系统的功能不断升级,逐步向着网络化、体系化发展,复杂程度不断增加,致使电子信息系统的敏感环节越来越多,电磁敏感性越来越强,最终导致电子信息系统受到复杂电磁环境影响的可能性越来越高。同时,现代社会对电子信息系统的依赖程度与日俱增,以及相互间关联关系越来越多样,电磁环境的复杂程度也在不断提高。随着复杂电磁环境复杂程度的不断提高,以及对电子信息系统影响效果的不断恶化,人们越来越重视复杂电磁环境效应的研究。

从应用角度来讲,由于复杂电磁环境效应对于各类电子信息系统影响的广泛性,它不仅仅涉及电子信息系统的发展战略及其立项论证、研制生产、测试评估等环节,还将深深影响到电磁频谱管理、电磁环境效应控制以及与电子信息系统应用相关的方方面面,如军事方面的作战理论、战术战法、军队的指挥控制方式、军事行动的决策思维,以及部队的作战、训练和装备保障等方面。因此,认清复杂电磁环境的成因及其本质特性,探明电子信息系统复杂电磁环境效应机理,提高电子信息系统在复杂电磁环境中的适应和生存能力,保证电子信息系统在

复杂电磁环境下的应用效能,是复杂电磁环境效应研究需要解决的重大而紧迫的问题。

由于有一定的军事背景,各国复杂电磁环境效应的研究成果并未在各类学术文献中广泛公开。美国在该领域的研究最早,研究的系统性和连续性最强,加之各职能部门的组织领导和相关政策的配套执行,以及长期和系统的试验研究,使得美国在该领域的水平一直领先于世界各国,为其掌握信息化战争中的制信息权打下了坚实基础,其成果也成为各国研究复杂电磁环境效应问题的重要参考。

我国在电磁传播、电磁兼容、电磁干扰、电磁防护等相关技术领域开展了大量的基础性研究并取得了大量的研究成果。但是,在电子信息系统复杂电磁环境效应的系统研究方面,我国还处于起步阶段,在很多方面都需要加大研究力度。

1.1.1.3 复杂电磁环境效应研究现状与趋势

1. 复杂电磁环境效应研究现状

复杂电磁环境效应研究涉及对复杂电磁环境本身的分析与生成、效应机理分析及评估等内容,总结目前国内外相关研究,可将复杂电磁环境效应的研究现状归纳如下。

1) 复杂电磁环境特性尚未认清

复杂电磁环境特性既具有自身动态变化的客观特性,又具有相对于不同电子信息系统的不同效应的相对特性。前者既与各种不同变化的有意、无意产生的电磁信号辐射源有关,又与大气、地形地物、空中目标等因素对电磁波的传输会产生不同的影响有关;后者则与电子信息系统复杂电磁环境效应机理及其应用密切相关。

由于各种不同类型的有意或无意辐射源辐射信号在传播空间的叠加,各辐射源信号功率、频率、信号样式随时间动态变化,传输路径及其相应的影响也具有不确定性,呈现在某一空间的电磁环境是不稳定的、动态的、成分复杂、随各种辐射源变化而非线性变化的状态。如果各辐射源难以控制,大气、目标和地形地物等导致信号传输效应难以跟踪确定的话,通常会导致复杂电磁环境和形成该环境特征各辐射源之间的内在对应关系难以跟踪,加上复杂电磁环境对不同电子信息系统的不同组成环节的影响是各异的,对不同环节的影响及其传递特性难以测量,从而导致复杂电磁环境特性难以把握。

2) 复杂电磁环境的可控生成能力难以满足需求

由于复杂电磁环境的形成既跟各种自然和人为的电磁辐射源相关,也跟电磁信号在空间传播的相关。因此,如何通过位于各种不同地理环境、不同空间位置的

辐射源生成复杂电磁环境,各辐射源应如何运动并以何种信号进行辐射和变化,才能形成所需的复杂电磁环境特征,特别是在自然环境之中定量控制生成所需环境。目前,室内模拟主要采取暗室内和计算机仿真两种方式,而暗室环境下的可控生成技术和计算机仿真中各辐射源及目标、地形地物之间的动态变化、交互的建模模型技术的水平与复杂电磁环境的可控生成需求存在差距。

3) 电子信息系统复杂电磁环境效应机理探索及验证技术有待加强

在探明电磁环境各单要素对电子信息系统效应机理的情况下,逐步探索各因素不同组合作用下的综合效应机理,给出复杂电磁环境效应的模型化表达,是利用复杂电磁环境效应的关键。目前,复杂电磁环境对电子信息系统的效应除了高能量毁伤破坏的机理尚需进一步探索外,它对电子信息系统复杂的信号和信息处理环节以及众多电磁敏感节点的综合效应机理也尚未探明。同时,网络化、一体化电子信息系统以及基于各种新原理、新方法、新技术的电子信息系统综合效应机理研究工作方面并未全面展开。

4) 复杂电磁环境效应评估理论方法有待突破

第二次世界大战结束后,开始出现了一些专门的效能分析研究。经过半个多世纪的发展,目前在效能评估方法和试验方法方面积累了丰富的理论,效能评估方法方面,常用的有一些半经验理论,如专家评估法,以及一些严格的理论方法,如概率统计法。在试验方法方面,出现了多种试验设计方法,如方差分析法和正交设计表等,并结合数据分析方法,提出了多种试验分析方法,如序贯程序法和重复运行法。虽然效能评估方法和试验方法的理论丰富,但在应用到复杂电磁环境效应的评估时,还存在诸多问题没有解决,主要体现在电子信息系统组成复杂、行为复杂并包含诸多子系统的特点要求评估理论和方法具有成体系的评估指标。同时,对评估的实时性也提出了更高的要求。此外,对试验和评估的可信性分析方面也提出了更严格的要求,但当前的试验设计和评估理论水平均不能满足这些要求。

2. 复杂电磁环境效应研究的发展趋势

目前,随着信息化技术的不断发展,电子信息系统向着网络化、体系化、智能化方向发展,复杂电磁环境效应涉及的各种新技术不断出现,传统的单一信号层面的研究手段具有明显的局限性。

随着对复杂电磁环境研究的深入,人们开始逐步考虑新的研究方法,如从单一因素的效应研究逐步向多种电磁场共同作用下的效应研究发展,而在对应的电磁环境构建方法和效应评估方法方面也提出了一些新的研究方法,如基于等效性和相关性分析等方法。

复杂电磁环境效应研究内容从干扰及抗干扰技术研究逐步转向各种不同场景和条件下的复杂电磁环境效应研究,如战场复杂电磁环境效应研究、工业场区复杂

电磁环境效应研究、密闭空间复杂电磁环境效应研究等。在军事上,复杂电磁环境效应研究更注重复杂电磁环境条件下武器装备的适应性试验和作战效能试验,以及作战训练演练和作战模式研究,通过复杂电磁环境下试验及联合作战条件下的演练测试验证电子信息系统的性能及作战效能,为装备研制和作战应用提供技术支持。

另外,复杂电磁环境效应的应用领域已从面向物理域的电子战扩展到面向信息域的信息战,以及控制域的管控战争,呈现出多层次、多手段、网络化、一体化的综合对抗,其研究内容更加多元化和复杂化,发挥的作用也必将越来越广泛。

1.1.2 基本概念

1.1.2.1 电子信息系统

电子信息系统是按一定应用目的和规则,实现信息产生、感知、传输、存储、处理、控制和利用等功能的电子系统,通常由信号产生设备、传感器、传输设备、处理设备、控制设备及相关的配套设备、设施等组成。如移动通信系统、导航定位系统、广播电视系统、指挥调度网络系统、计算机网络系统、物联网系统等各种民用系统等,以及预警探测系统、通信网络系统、情报侦察系统、指挥控制系统、敌我识别系统、电子战系统、飞行测控系统、军事综合电子信息系统等各种军事系统。

这些系统的信息大都是存在于以电磁波为载体的无线电磁信号中,这些无线电磁信号均可不通过任何媒介而自由地在物理空间中传播,系统的各个组成部分通过无线电波联系及构成整体,例如,典型的移动通信系统就在各个基站与通信终端之间依靠无线电波进行信息交互;现有的各种导航系统如北斗、GPS 依靠无线电波实现各个卫星与导航终端之间的信息分发或报文进行通信;民航调度系统依靠无线电波实现各个飞机与相关机场之间的通信和位置监视。总的来说,电子信息系统已成为人类社会不可或缺的一部分,它给人们的工作和生活带来了极大的便利,极大的提高了现代社会的运行效率。

随着电子技术、网络技术等技术不断发展,现代电子信息系统的规模越来越大、功能越来越全,系统明显呈现出网络化、体系化、智能化的发展趋势。以军事综合电子信息系统为例,其目前正逐步演变为信息作战武器、信息功能系统、信息基础设施三个层次。其中,信息作战武器主要包括诸军兵种的信息主战武器、信息战武器、数据链系统;信息功能系统主要包括各级各类指挥控制、情报侦察、预警探测、通信导航、电子对抗、综合保障等功能系统;信息基础设施是支持诸军兵种各种信息功能系统和信息作战武器系统综合集成的平台和技术设

施,主要包括支持信息系统综合集成的网络平台、信息安全技术设施、系统共性技术设施、基础软件与基础数据、系统仿真支持平台等。各个层次之间相互交叉、融合和支持,使着军事综合电子信息系统逐步成为“空天海地”一体化的智能信息系统体系。

1.1.2.2 复杂电磁环境

以下阐述电磁环境的概念,以及电磁环境的一般构成要素,在电磁环境概念的基础上,讨论复杂电磁环境的概念。

美国军用标准 MIL - STD - 464A—2002《系统电磁环境效应需求》给出的电磁环境的定义是:电磁能量的空间和时间的分布,包含各种不同的频率范围,而且包括辐射和传导的电磁能量。它是电磁能量的总体(人为产生的和自然产生的),对任何暴露在其中的武器平台/系统或者分系统/设备,在何种环境(如陆地、空中、空间、海洋等),在全寿命的各个期间都会产生作用。

美国电气和电子工程师协会(IEEE)对电磁环境定义是:一个设备、分系统或系统在完成其规定任务时可能遇到的辐射或传导电磁发射电平在不同频段内功率与时间的分布。

我国国军标中对电磁环境的定义是:存在于给定场所的所有电磁现象的总和。“给定场所”即“空间”;“所有电磁现象”包括了全部“时间”与全部“频谱”,包括了所有电场、磁场与电磁场。更明确地说,电磁环境是指元器件、设备、分系统、系统在执行规定任务时,可能遇到的辐射发射或传导发射电平在不同频率范围内功率与时间的分布。与之相关,战场电磁环境定义是:一定的战场空间内对作战有影响的电磁环境。

在电子、电器技术广泛应用的今天,一般情况下,构成空间电磁环境的主要因素有自然环境因素和人为环境因素两大类。此外,辐射传播因素也是电磁环境的重要构成要素,它对人为电磁辐射和自然电磁辐射都会发生作用,从而改变电磁环境的形态。它主要包括电离层、地理环境、气象环境以及人为因素构成的各种传播媒介。

当人们研究或关注某一局部环境时,小区域的电磁环境往往由附近作用比较明显的电磁辐射源所决定。按照场所大小、辐射源性质和应用目的的不同,电磁环境可分为许多具体的小环境,如城市电磁环境、工业区电磁环境、舰船电磁环境、电力系统电磁环境、武器系统电磁环境、战场电磁环境等。

随着高科技在军事领域的广泛应用,各种军用电磁辐射体,如雷达、通信、导航、无线引信、测控系统等辐射源的功率越来越大,数量成倍地增加,频谱也越来越宽;再加上高功率微波武器等定向能武器和电磁脉冲弹及超宽带、强电磁辐射干扰机的出现,使战场的电磁环境十分复杂。

构成电磁环境的一般因素如表 1.1 所列。

表 1.1 构成电磁环境的一般因素

一般电磁环境构成要素	自然环境因素	雷电电磁辐射源
		静电电磁辐射源
		太阳系和星际电磁辐射源
		地球和大气层电磁场等
	人为环境因素	各种电磁发射系统:电视、广播发射台,无线电台、站,导航系统,通信系统、差转台、干扰台、微波接力站等
		工频电磁辐射系统:高电压送、变电系统,大电流工频设备,轻轨和干线电气化铁道等
		工业、科学、医疗、商业领域应用的有电磁辐射的各种设备或系统
		以电火花点燃内燃机为动力的各种交通工具和机器设备
		各种家用电器、现代化办公设备、电动工具、汽车等
	用于军事目的的强电磁脉冲源;核电磁脉冲及非核电磁脉冲源如电磁脉冲武器、高功率微波弹和各种电子对抗辐射源等;各种军用电磁辐射体如雷达、通信、导航、敌我识别、无线引信、测控系统等辐射源	
辐射传播因素	对人为电磁辐射和自然电磁辐射都会发生作用,从而改变电磁环境的形态,主要包括电离层、地理环境、气象环境,以及人为因素构成的各种传播媒介	

复杂电磁环境是一个空间覆盖率、频谱占用度、时间占有度、功率分布率等电磁特性全部或部分超过正常使用情况的电磁环境,对战场感知、指挥控制、武器装备效能发挥以及战场生存等有严重影响和制约作用。在复杂电磁环境的定义中,强调复杂电磁环境是在空域、时域、频域、功率域等四域上多种信号同时存在,同时不过分强调其影响,其影响可能大,也可能小,同时也不限定它只有在战场上才存在,有时模拟构建的电磁环境或针对民用系统或行动进行攻击破坏条件下的电磁环境也会非常复杂。

电磁环境是一个相对客观的概念,而复杂电磁环境的复杂性则具有相对性,因为“复杂”和“简单”是相对的。事实上,关于电磁环境的定量描述国内一直有两种观点,即“主观观点”和“客观观点”。两者争论非常激烈,从事理论研究的人员倾向“客观观点”,作战部队人员倾向于“主观观点”,强调实用。根据 GJB 6520—2008《战场电磁环境分类与分级方法》:①战场电磁环境的复杂性评价指标,应该是一个模糊的指标,当前在定量上分为电磁环境 I、II、III、IV 级,在定性上分为简单电磁环境、轻度复杂电磁环境、中度复杂电磁环境和重度复杂电磁环境。②战场电磁环境是一个客观存在的,它具有自身的特点。③度量是应该考虑电磁环境对该环境中“对象”的作战效能发挥的影响程度,度量“对象”所拥有的时域、频域、空域以及功率域资源受侵占程度是考虑电磁环境复杂度度量的依据,而不片面地强