

# 计算机生成电磁干扰环境模型的建立

张武森, 李刚, 徐安民

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**主要讨论了地空导弹计算机生成兵力的电磁干扰环境模型,提出了电磁环境模拟的特殊要求和关键技术及电磁干扰的分类及其建模方法,给出了空间电磁环境计算机仿真的部分数学模型和仿真软件模块结构。

**关键词:**计算机生成;电磁干扰;环境模型

**中图分类号:**E927;TP332 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)06-0033-04

电子干扰是通过改变电磁环境从而使使用电磁频谱工作的电子设备无法发挥作用而实现的。入侵目标通常通过施放有源干扰或无源干扰来改变电磁环境而达到电子干扰目的。受干扰情况下,探测器探测能力下降、制导系统制导能力下降,最终导致对敌杀伤能力的下降。

## 1 电磁环境模拟的特殊要求和关键技术

### 1.1 电磁环境模拟的特殊要求

电磁环境模拟和一般的信号仿真相比,有许多不同点:信号仿真器的信息流量小,组网能力差,难以构成复杂的通信信号环境,只适用于低层次的基础训练,而电磁环境模拟重在构成“环境”,用于战术训练和通信装备性能的检测,其特殊要求包括:

- 1)更强的战术背景,要能反映在不同战术背景下,电磁环境规律和特点;
- 2)种类多、频带宽,有常规的和非常规的;
- 3)信息流量大,要能实现几十路以上的语音和数字信号的实时传输,要不间断地反映在不同作战阶段、作战态势、作战对象下通信联络的特征和通话内容,反映不同人的语音特征,适合多种语言;
- 4)有强而灵活的组网能力;
- 5)要能适应新体制电台不断出现的趋势;
- 6)系统要能实时监控,可随时改变信号频率、幅度、样式和通话内容;
- 7)训练过程要有记录,能评估。

### 1.2 电磁环境模拟的关键技术

将上述内容有机地联系起来,其技术难度和复杂度都是很高的,关键技术主要体现在以下几个方面:

1)战术和技术紧密结合。根据战术的需要,在考虑到现有软硬件技术特征的前提下,合理分解各种战术要素,以计算机技术、通信技术和控制技术为主要实现手段,将战术诸要素和软硬件的技术特征有机地结合起来,构成一个统一的整体。

2)要有灵活的软件平台。在不同的作战对象、不同的通信联络组织和不同的作战态势下,所模拟的电磁环境是不同的;在训练中不同的训练对象、训练内容和训练层次,所要求模拟的电磁环境复杂度也不相同,因此,系统软件平台要具备通用性、灵活性和实时性。这样用户才可以根据自身的要求,根据所模拟的作战对象的需要,借助软件平台,生成相应的战术想定,从而适应作战对象和战术特点的变化。

收稿日期:2002-03-20

基金项目:国防科技预研基金项目(W2034)

作者简介:张武森(1963-),男,陕西蒲城人,讲师,硕士,主要从事导航、制导与控制研究。

3)要能模拟各种电磁信号。能够模拟任意格式的数据信号,提高系统的生命力。

4)信息传输率高,需要实时监控。在模拟复杂的电磁环境时,大量的信息需要实时生成和多路并发地传输;在演练过程中,作战态势的变化导致系统发送的频率、幅度、样式以至内容都在不断地改变,需要实时修改<sup>[1]</sup>。

## 2 电磁干扰的分类及其建模方法

电磁环境仿真,是电子战仿真的基础,电子战仿真的主要任务是复现目标和外界环境特性,建立描述目标及环境特性的数学模型是仿真的核心问题。电磁环境建模最为复杂,它大致可以分为两类:电子战产生的人为干扰;客观环境中存在的杂散信号。

电子战产生的干扰按技术原理可分为有源干扰和无源干扰。有源干扰亦称积极干扰,它利用发射设备发射或转发电磁波,来扰乱或欺骗敌方电子设备。有源干扰主要为噪声干扰,具有连续、脉冲、调频、调幅多种组合干扰样式,一般用噪声功率谱函数来表达。无源干扰亦称消极干扰,它利用反射或吸收电磁波的器材,对敌电子设备进行扰乱和欺骗,因此对无源干扰可用处理杂波的方法来建模。

电子战产生的干扰按战术效果可分为压制性干扰和欺骗性干扰。压制性干扰,是使敌方电子设备收到的有用信号被干扰信号掩盖,以致不能正常工作。在雷达对抗中,使用最多的是噪声干扰,它是由干扰发射机产生很强的射频噪声或调制噪声形成的干扰。噪声干扰按干扰带宽的不同分为瞄准式、阻塞式和扫频式三种。在通信对抗中常用的有噪声干扰、音频干扰、回答干扰、键控干扰和脉冲干扰等。欺骗干扰,是使敌方电子设备收到的信号有真有假,以致产生错误判断和错误行为。对欺骗干扰,其主要作用是产生假目标,因此可以用确定性模型来产生干扰信号。

对于杂散信号因其频率从0.1~300 GHz,脉宽从0.1~100  $\mu\text{s}$ ,所以对这种干扰信号可用确定性方法或随机方法来仿真。真正复现电磁环境,必须最后通过硬件(模拟器)为产生射频或视频信号,在一定范围内形成物理电磁信号环境<sup>[2]</sup>。

## 3 空间电磁环境计算机仿真

### 3.1 地面雷达数据库的建立

建立雷达数据库时采用标准数据库记录格式,即将一个雷达系统的主要性能参数视为一个记录,一个记录中包含若干个“域”,每个“域”反映雷达某一项主要性能参数。具体数据库格式如表1所示。按照表1所示的数据库格式将有关资料中的雷达数据<sup>[3]</sup>“抽取”或“提炼”出来,形成记录,建立数据库文件F1.DEF。

表1 地面雷达数据库数据格式

记录序号	TYPE	FUCL	SYSTEM	FRL	FRH	PRIL	PRIH
61	LP23	KJCZ	PU	1215	1370	250	375
717	ANMPS376	DDCL	2DPA	5400	5900	80	160
803	HR3000	YCFK	3D	3000	3000	100	1000
记录序号	PWL	PWH	PP	AP	GMB	GSB	NATION
61	3	4	2200	2.5	30	-23	France
717	0.5	10	1000	5	46	-27	USA
803	1	10	2000	2	36	-24	USA

### 3.2 空间雷达信号环境模型

#### 1)空间平台视场角内雷达(辐射源)个数的确定

已知空间平台的高度为  $H$  ; 视场角为  $2\alpha$  ; 雷达(辐射源)密度为  $m_d$ 。空间平台与地球的几何位置如图 1 所示。空间平台视场角内雷达(辐射源)个数为

$$M = S \cdot m_d$$

其中,  $S$  为球冠  $AGB$  的侧面积, 即球冠的球面积部分面积,  $R$  为地球半径; 赤道半径为: 6 378 km ; 极半径为: 6357 km ; 平均地球半径为 6 371 km ; 一般取  $R = 6 371$  km , 若  $R$ 、 $H$  的单位为 km ;  $\alpha$  的单位为度(或弧度) ;  $m_d$  的单位为部/万平方千米, 则有:

$$S = 2\pi R^2 \left( 1 - \cos \left\{ \arcsin \left[ \left( 1 + \frac{H}{R} \right) \sin \alpha \right] - \alpha \right\} \right) \cdot \frac{m_d}{10\ 000} \quad (1)$$

2) ( $a, b$ ) 区间上均匀分布随机数的产生

仿真中要反复应用到 ( $a, b$ ) 区间上均匀分布随机数

RADM, 这个随机数的产生可以由计算机提供的得到一个 0 到 1 之间的随机数的 RND(1) 函数获得:

$$RADM = a + (b - a) \times RND(1) \quad (2)$$

需要指出的是, 为了获得随机特性较为理想的随机数, 在应用 RND(1) 函数之前需进行随机数生成器的初始化设置。

3) 空间平台处功率密度的确定

记地面雷达与空间平台的距离为  $D_{rs}$  (m), 雷达发射脉冲信号的峰值功率为  $P_p$  (W), 雷达天线波束在平台方向上的增益为  $G_{sb}$ , 则在空间平台天线口径处接收到的雷达辐射脉冲信号的功率密度为

$$P_d = P_p \times G_{sb} / 4\pi (D_{rs}^2) \quad (3)$$

仿真中天线增益  $G_{sb}$  为副瓣增益, 取高副瓣增益  $G_{slh}$  和低副瓣增益  $G_{sll}$  之间的随机值:

$$G_{sb} = G_{sl} + (G_{slh} + G_{sll}) \times RND(1) \quad (4)$$

距离  $D_{rs}$  为雷达与平台之间斜距, 仿真中取最大值  $H_{max}$  和最小值  $H_{min}$  之间的随机值, 即:

$$D_{rs} = H_{min} + (H_{max} - H_{min}) \times RND(1) \quad (5)$$

$H_{max}$  值为

$$H_{max} = [H_{min} + R(1 - \cos\beta)] / \cos\alpha \quad (6)$$

式中,  $\beta = \arcsin [(1 + H_{min}/R) \sin\alpha] - \alpha$ ,  $R$  为地球半径。

### 3.3 仿真软件模块结构

空间电磁环境计算机仿真软件主要由雷达数据库建立专用模块、雷达数据库文件预处理专用模块、读取数据文件并输出处理模块、参数输入模块、处理结果数据文件生成模块、综合处理模块、综合信息输出模块以及主控模块等 8 个主要模块组成, 如图 2 所示。

地面雷达数据库建立专用模块是在 Foxpro 2.5 数据库管理系统环境下建立的, 主要用来输入各种地面雷达主要参数记录, 建立地面雷达数据库文件, 并对其进行修改、删除和追加。

各种地面雷达数据库文件预处理专用模块也是在 Foxpro 2.5 数据库管理系统环境下建立的, 主要用来将已建立的数据库文件按规定的格式转换成数据库文本文件, 供其它编译环境下的数据调用。

仿真主控模块是整个仿真软件的核心。它是根据仿真流程, 控制和调用其它各个模块的总控模块。

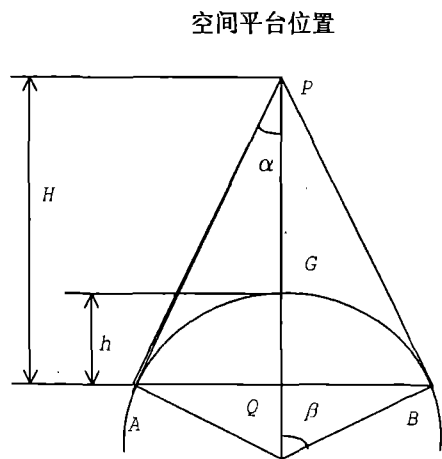


图 1 空间平台与地球几何位置

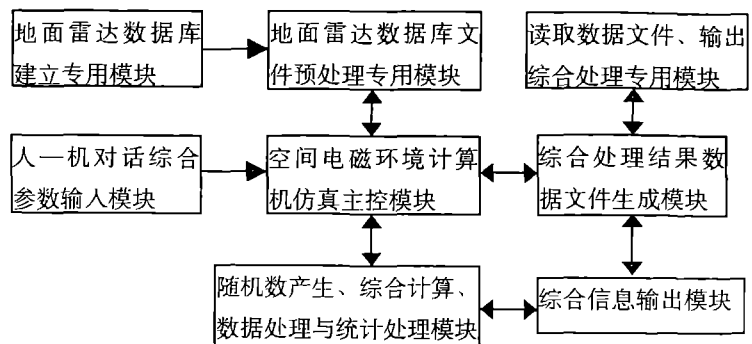


图 2 仿真软件主要模块结构

综合参数输入模块主要用来对仿真过程中所需的参数进行初始输入设置。如轨道高度、视场角以及雷达分布密度等参数。

综合处理模块包括随机数的产生、综合计算、数据处理和统计处理等部分。该模块用来确定给定输入条件下空间平台视场角内辐射源(雷达)个数,并由此在雷达数据库中随机抽取  $m$  个雷达记录数据,还要进一步计算出空间平台处雷达辐射信号的功率密度。然后,进行综合的统计处理和数据处理,得出各种期望的结果数据,这些数据结果将输出给数据文件生成模块或综合信息输出模块。

数据文件生成模块用来对综合处理得到的各种数据结果,进行数据存盘,以形成数据文件作为长期保存的数据档案存贮,也可以随时用读取数据文件专用模块随时输出数据结果。

综合信息输出模块用来对综合处理得到的各种数据结果进行输出,如显示输出和打印输出。输出的内容有各输入初始参数,脉冲信号流密度,各种分布特性数据和直方图等等。

读取数据文件专用模块用来对已存贮在软/硬盘中的数据文件进行读取操作,并将读取的数据结果输出。输出方式和输出内容与综合信息输出模块相同。

#### 参考文献:

- [1] 杨景曙,竺小松,朱立新. 通信电磁环境和半实物模拟的关键技术[J]. 航天电子对抗,1998(1):24-26.
- [2] 孙智信,周一宇. 电磁环境及仿真技术指标分析[J]. 航天电子对抗,2000,(1):1-5.
- [3] 王国玉,陆伟宁,王战鹰. 空间电磁环境计算机仿真[J]. 国防科技大学学报,1997,19(1):61-65.
- [4] 陈忠飞. 电子战干扰技术模拟[J]. 航天电子对抗,1996,(4):28-31.

(编辑:田新华)

## The Establishment of Computer Generated Electromagnetic Interference Environmental Model

ZHANG Wu - sen, LI Gang, XU Aa - min

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

**Abstract:** This paper mainly discusses the electromagnetic interference environmental model for the computer generated forces of ground - to - air missile and simultaneously presents the special demands and key technology of the electromagnetic environmental simulation and the classification and modeling method of electromagnetic interference. Based on the above, This paper also offers partial mathematic model and simulation software modular structure of space electromagnetic environmental computer simulation

**Key words:** computer - generating ; electromagnetic interference ; environmental model