

# 某型线扫雷达干扰的计算机模拟

杨守国, 谢军伟, 张学礼  
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**针对某型线扫雷达提出了一种干扰模拟系统方案。该方案利用计算机根据不同的战术背景产生干扰序列,经过D/A变换来模拟复杂的干扰环境。文中详细介绍了各种干扰序列产生的方法。该方案充分利用了计算机软件模拟技术,具有实现简单,可扩充性强等特点。

**关键词:**有源干扰;无源干扰;计算机模拟

**中图分类号:**TN958.3   **文献标识码:**A   **文章编号:**1009-3516(2001)02-0048-03

在现代战争中,电磁干扰作为一种重要的作战方式贯穿于作战的全过程。只有对其实施有效的对抗,才能取得战斗的胜利。线扫雷达尽管采用了一些抗干扰技术,但还很不适应现代电磁干扰环境下作战的需要。要在极其恶劣的电磁干扰环境中充分发挥武器系统的效能,很大程度上还要靠操作技术抗干扰。为此本文在其多功能模拟系统基础上,给出了一种干扰模拟系统方案。该方案充分利用软件模拟技术,可模拟不同的干扰及战术使用方式。这对于战勤人员提高干扰环境中的设备操作水平,以及根据不同的干扰条件,优化抗干扰措施,充分发挥武器系统作战效能都有重要意义。

## 1 系统组成

如图1所示,干扰模拟系统主要由数传接口、数据处理及控制计算机、干扰数据库、干扰数学模型、D/A转换器、视频放大器和加法器组成。

操作人员根据战术想定通过人机界面选定不同的干扰(或多种干扰的组合)及战术使用方式,计算机通过数传接口取得多功能模拟系统模拟目标航迹,作为干扰模拟的依据,然后通过数据处理计算机由数学模型或调取干扰数据库数据进行综合处理后,形成符合要求的干扰数据序列,存贮起来。目标航迹启动后,存贮的干扰数据在角度同步方波作用下,输出到D/A转换器,通过D/A转换、视频放大后形成视频干扰信号,送到加法器与模拟目标信号相加,这样输出信号中既包含了目标模拟信号,也包含了干扰信号。

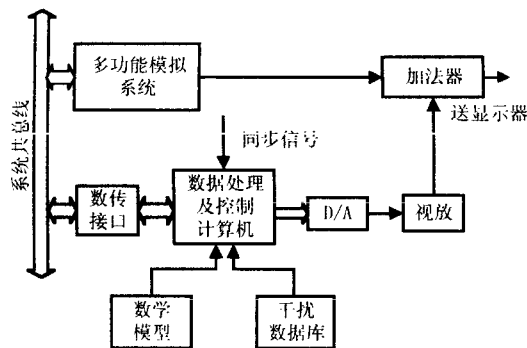


图1 干扰模拟系统组成框图

## 2 工作原理

干扰模拟系统每次干扰模拟的时间为80s。将80s时间分为 $m$ 个角度周期,每个角度周期又分为 $n$ 个距离周期,每个距离周期再被细化为 $p$ 个显示单元,每个显示单元对应着一个干扰数据,这样为了完成80s的干扰模拟,共需产生 $m \times n \times p$ 个干扰数据,干扰模拟的重点就是如何产生符合要求的干扰数据序列。

### 2.1 有源杂波干扰序列的产生

有源杂波干扰是敌干扰机常用的干扰方式,按频率可分为瞄准式、阻塞式和扫频式三种;按时间上是否

收稿日期:2000-04-22

作者简介:杨守国(1971-),男,四川广汉人,本科,讲师,主要从事制导雷达研究。

连续又可分为连续性杂波干扰和非连续性杂波干扰,非连续性杂波干扰又包括多种波形调制方式,如方波调制、三角波调制、锯齿波调制等<sup>[1]</sup>。杂波干扰在线扫雷达 B 型显示器上显示为贯穿整个距离扫描范围的垂直亮带,由于杂波干扰还要受到线扫雷达波速扫描的调制,亮带中间亮,两边较暗。当干扰很强时,还会出现旁瓣干扰,表现为在中央干扰亮带的两旁出现较暗的干扰亮带。当杂波为非连续性杂波干扰时,亮带中将出现跑动的花纹。

经过以上分析,一个单个干扰的有源杂波序列可分解为时间上连续的杂波序列、调制波形序列以及角包络调制序列的乘积,有源杂波干扰的产生原理如图 2 所示。首先由数学模型或调用干扰数据库数据产生时间上连续的杂波序列,将杂波序列和调制波形序列相乘即可得到具有一定调制波形的杂波序列。角包络调制序列应根据模拟目标的运动规律产生,以模拟自卫、随行、远距离支援等战术使用方式,将具有一定调制波形的杂波序列再与角包络序列相乘,即可得到符合要求的单个干扰序列,同时可将多个干扰序列组合,以模拟多个干扰同时出现的情况。

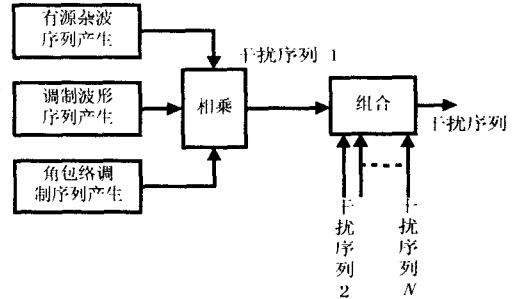


图 2 有源杂波干扰序列的产生原理图

为了快速地产生符合一定分布的杂波序列,我们采用查表法,即预先产生一系列不同分布的原始干扰序列。系统工作时,只需产生一均匀分布的随机序列作为入口地址,从对应分布的原始干扰序列中取出杂波数据,即可快速产生一个新的干扰序列。原始干扰序列可采用反演法得到,如图 3 所示,首先将(0,1)分成 N 个相等的增量  $u_1, u_2, \dots, u_N$ , 对应于  $u_i (i=1, N)$ , 由式(1)计算出随机采样值。这样,  $x_1, x_2, \dots, x_N$  就形成了原始干扰序列。

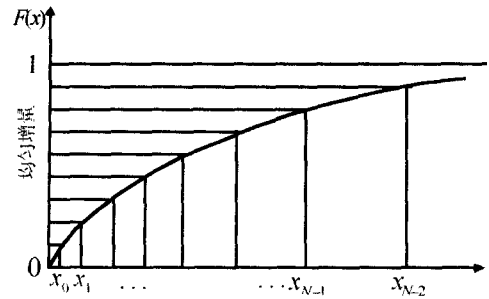


图 3 将分布函数分割成均匀增量的方法

$$x_i = F^{-1}(u_i) \tag{1}$$

其中,  $F^{-1}(u_i)$  为随机变量的概率分布函数。

调制波形序列的产生则可通过对调制波形采样得到。角包络可由辛克函数来近似,其序列可通过对辛克函数采样来得到。

为了逼真地模拟多个干扰同时出现的情况,首先产生  $(0, 2\pi)$  均匀分布的随机序列,然后把各个干扰序列按矢量相加。设  $V_1, V_2$  为两个独立的随机序列,则合成干扰序列为

$$V = V_1 + V_2 \cos\varphi$$

$\varphi$ —— $(0, 2\pi)$  均匀分布随机序列。

### 2.2 欺骗干扰序列的产生

对线扫雷达的欺骗干扰包括距离欺骗干扰(如距离前拖、距离后拖、多层次干扰)、角度欺骗干扰(如问答式角度干扰、两点源干扰、两点源闪烁干扰等)以及新近出现的有源拖曳式干扰和转发式假目标干扰<sup>[2-3]</sup>。这些干扰对线扫雷达的作用都可概括为距离欺骗和角度欺骗。因此为了模拟欺骗干扰,可分别产生距离欺骗序列和角包络调制序列,将二者相乘即可得到欺骗干扰序列,为模拟多个欺骗干扰,可将多个欺骗干扰序列进行组合。有源欺骗干扰序列的产生原理如图 4 所示。

距离欺骗序列产生程序根据模拟目标的航迹在整个角度周期内产生一脉冲串的采样序列。角包络调制序列产生子程序根据欺骗干扰的不同产生不同形状的角包络采样序列,和距离欺骗序列相乘、D/A 变换后,便可得到不同的欺骗干扰。图 5 为角度挖空干扰产生示意图。

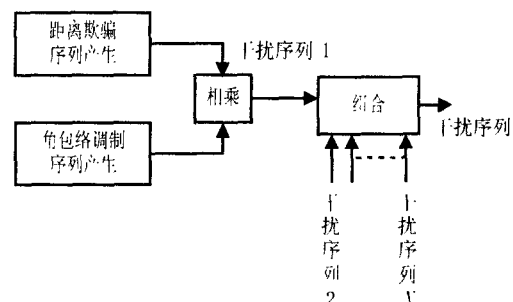


图 4 有源欺骗干扰序列的产生原理图

### 2.3 无源干扰序列的产生

无源干扰包括无源杂波干扰和无源欺骗式干扰。

无源欺骗式干扰的产生可类同于有源欺骗干扰的产生。无源杂波干扰则很复杂,包括地物、海浪、气象杂波以及由各种金属丝、片、条投放形成的复杂干扰环境。对于简单的情况,可通过数学模型产生。对于复杂的无源杂波干扰,则可通过录取真实干扰数据,形成无源杂波干扰数据库,训练时通过调用干扰数据库的数据来模拟无源杂波干扰。

### 3 结束语

本文在某型线扫雷达多功能模拟综合系统基础上提出的计算机干扰模拟系统可由数学模型或干扰数据库产生干扰序列,再加上少量硬件即可实现干扰模拟;同时可根据战术想定设置不同的干扰形式及战术使用方式,产生近似实战的干扰环境,并且随着干扰的发展可进行软件扩充,具有简单、实用、功能强大、操作简便等特点。

#### 参考文献:

- [1] 曲长文. 雷达系统抗干扰设计方法[J]. 电子对抗, 1995, (1): 8-14.
- [2] 顾尔顺. 有源欺骗干扰的对抗技术[J]. 航天电子对抗, 1998, (3): 13-16.
- [3] 陶本仁. 对抗欺骗干扰的技术途径[J]. 航天电子对抗, 1998, (3): 8-12.

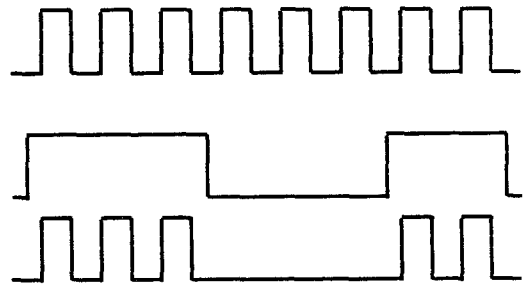


图5 角度挖空干扰产生示意图

## The Computer Simulation of Jamming of a Linear-Sweep Radar

YANG Shou-guo, XIE Jun-wei, ZHANG Xue-li

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

**Abstract:** A jamming-simulation system scheme is presented here aiming at a linear-sweep radar. The system can generate jamming sequence according to different tactical background with the help of computer, then translate the sequence into analogue signal through D/A to simulate complex jamming environment. In this paper, the method to generate jamming sequences is introduced in detail. The scheme adopts the simulation technique of computer software. It can be realized and extended easily.

**Key words:** active jamming; passive jamming; computer simulation