

International Conference

RADAR-92

国际雷达会议录

(上)



机电部雷达专业情报网

International Conference



国际雷达会议录

(上)



机电部雷达专业情报网

International Conference



国际雷达会议录

(下)



机电部雷达专业情报网

主 编

周伯行 李治国

付 主 编

李凤兰 彭晓清

责 任 编 辑

王秋红 陈祥占 何金芳

阎善文 矫洪新 郑世民

李凤兰 彭晓清

序 言

1992年国际雷达会议于1992年10月12—13日在英国伦敦召开，与会代表367人，来自美、日、中、澳等22个国家，共发表134篇论文。这些文章反映了近年来各国在雷达技术上的主要进展。

海湾战争表明，未来高技术战场将是以电子战系统为核心，以高灵敏度、高分辨力的全方位侦察与监视系统为“耳目”，以自动化智能化的C³I系统为“神经中枢”。形成软、硬一体化的武器配系，因此对雷达性能的要求越来越高，对雷达的生存能力、隐身与反隐身能力，探测与反辐射的能力等提出了一系列的难题。针对这种需要，在发展雷达理论同时，天线与微波技术、功率器件、特别是固态功率器件、MMIC、HMIC、大规模集成电路、数字信号处理、数据处理及计算机技术的发展也给雷达技术发展提供了新的条件。从这次国际雷达会议上发表的多数文章所反映的趋势看，雷达多参数频率捷变、脉冲多普勒、毫米波、扩谱信号、跳频等新体制雷达以及宽带相控阵对抗和多波束设备、数字化接收技术、无源精密定位技术和成像技术越来越受到重视，应用在这些雷达技术项目中。虽然国内雷达界同行在元器件、工艺结构上受到限制，随着改革开放的深入发展，已取得了较好的研究成果。

为了加速信息交流，与往年一样，由雷达专业情报网组织翻译、出版本届国际雷达会议录。本文集能在半年多的时间内与读者见面，应首先感谢参与这一论文集翻译、校对、出版的各个成员单位及所有有关同志。

希望这一论文集的中译本能促进我国雷达事业的发展，促进同行间的技术交流。

雷达专业情报网付网长 钱正杨

一九九三年七月

编 者 的 话

一九九一年九月雷达专业情报网第九届年会审查了《90年国际雷达会议录》的翻译出版工作，认为雷达专业情报网已经组织了多次国际雷达会议录的翻译出版工作，受到同行的好评，并对所取得的成绩表示满意。年会决定：为了促进我国雷达事业的发展，加速信息交流，与往年一样，继续翻译出版《国际雷达会议录》，以满足我国雷达事业发展的需要。

根据雷达情报网第九届年会的决定，一九九二年十月三十日——三十一日在宝鸡782厂由网秘书长周伯行主持召开了《92年国际雷达会议录》翻译出版协调会议，与会同志详细讨论了各有关事宜，表示要保质保量完成这项工作，不辜负全网同志的委托和期望。

参加本届会议录翻译、编辑和出版的单位及其负责人有：

- 1——156页由机械电子工业部786厂王秋虹负责
- 157——220页由机械电子工业部第二十二研究所陈祥占负责
- 221——308页由机械电子工业部第三十九研究所何金芳负责
- 309——376页由空军第二研究所阎善文负责
- 377——504页由机械电子工业部第二〇六研究所矫洪新负责
- 505——616页由机械电子工业部第二十研究所郑世民负责
- 617——858页由机械电子工业部782厂李凤兰负责

本中译本能够超前半年的时间与读者见面，是与上述单位的大力支持分不开的，与全网成员单位的关怀和支持分不开，特别是网长单位南京14所张光义总工程师于1992年10月份（国际雷达会议刚结束）从英国回来，即带回全部论文原版资料，为我们的翻译出版赢得了时间，我们借此机会表示衷心的感谢。中译本有不当之处，希望读者批评指正。

目 录

雷达模拟与模型建立

超视距雷达的性能评价标准	(157)
随机断续的随机雷达波形的特性及应用	(1)
有源口径相控阵雷达系统的调制误差	(513)
雷达海上目标检测性能预测	(518)
目标距离和角度测量的真实模拟	(221)

海面杂波与地面杂波

分置雷达的海杂波试验和空间相关性	(810)
考虑在沿海地区传播的陆地杂波和遮蔽	(196)
应用高空气球监视雷达进行地物杂波测量	(309)

多功能与单脉冲雷达

相控阵雷达的参数优化	(315)
MESAR雷达波束的实时控制软件结构	(617)
海军相控阵雷达的一种改进型调度算法	(625)
海面掠行艇雷达跟踪一种“复数角”的实施方案	(227)
用频率捷变波形进行低角跟踪的递归本征结构技术	(7)

传播与目标测量

分步抛物方程法用于不规则地面的传播模式	(175)
雷达传播模拟的混合射线光学和抛物方程法	(182)
大体积聚缩场的全极化散射矩阵Ka波段测量	(377)
用分段抛物线方程法建立地形模型	(1 3)
在出现多模传播情况下轨迹缩合	(168)

搜索与跟踪

关于数字式波束形成、合成天线与冲击雷达的实验报告	(320)
NOSTRADAMUS 超视距雷达——第一次子阵实验	(164)
杂波环境中采用概率数据关联的目标跟踪算法	(2 0)
用于自动跟踪算法的主动控制原理	(233)
多重假设在雷达跟踪中的应用	(241)

探测与杂波抑制 I

多频率脉冲群的距离多普勒处理来控制尖杂波中的虚警	(792)
复合高斯杂波内的非参数雷达检测	(802)
一种稳定的自适应门限检测器	(525)
岸防雷达的海目标探测技术	(532)
一种最佳的中等起伏目标检测器	(385)

天 线

- 为测定极化的机载合成孔径雷达的具有低交叉极化的双极化有源相控阵天线… (247)
- 对极化共形片状阵列中互耦合效应的研究… (632)
- 天线对隐形飞机雷达横截面的影响… (638)
- 聚焦波脉冲的实现与性能研究… (392)
- 雷达应用的双波段调谐天线罩… (27)

空中交通管制

- 一种SSR/IFF环境模型… (816)
- 地物障碍产生的二次监视雷达的方位误差的测量… (644)
- 二次监视雷达代码确认算法的改进… (327)
- S模式的实现:数据传输及互连的S模式传感器实验… (399)
- 适应于现代空中交通的机场警戒雷达设计… (536)

探测与杂波抑制 II

- 用于机载相控阵雷达自适应杂波抑制的杂波子空间近似法… (332)
- 机载雷达自适应阵列处理… (338)
- 提高目标检测能力的高分辨力雷达… (344)
- 采用林肯实验室毫米波合成孔径雷达收集的全极化测量数据的目标检测研究… (406)
- 利用高脉冲重复频率(PRF)脉冲串波形分辨有限范围内远距离杂波中的目标… (33)

雷达与电子战 I

- 低成本ESM——哪些技术可能采用… (651)
- 雷达干扰接收机… (350)
- 借助陪替氏网络的雷达电子反干扰模型… (660)
- 健壮型恒虚警率(CFAR)后置检波积分处理器之分析… (41)
- 健壮型恒虚警率处理之自适应杂波/干扰抑制协力与进展… (49)

POSTER显示器——I组

- 用于相阵雷达目标跟踪的卡尔曼滤波器与 α - β 滤波器的比较… (414)
- 监视警戒雷达的低截获概率研究… (667)
- 利用脉组重频参差和异步干扰相消减低MTD雷达的二次时间回波的影响… (543)
- 舰载多功能雷达检测处理前的相参跟踪… (546)
- 全角单脉冲接收机误差模型和校准方法… (552)
- 船上目标的单脉冲方位和俯仰误差频谱之间的联系… (251)
- 采用电扫描控制的平面阵列系统进行目标截获和分类的三维极化法… (421)
- 在非均匀杂波中自动检查单元均值的CFAR检测器… (673)
- 一种高性能宽带三层片式微带天线阵… (57)
- 在Ku波段跟踪天线中加装X波段照射系统… (62)
- NODE空中交通管理系统… (821)
- 振荡器相位噪声对FSK/PSK雷达信号功率频谱密度的影响… (827)

多极化接收机的性能评估	(558)
多功能雷达跟踪器设计方法	(257)
利用SSR抵达时差技术对原型飞机高度监测装置的研制	(679)
“泰坦号”卫星地形特征的雷达表示法	(429)
KERR绕射区高度增益因子计算曲线图及其解析近似法的推广	(435)
集气象通道于一体的新型ATC雷达系统的设计	(833)
用于雷达低角跟踪的一种波束间隔极大似然算法	(263)
导引头用的各种弹体印制天线	(685)

新技术 I

利用星载机会照射雷达的双基地雷达	(356)
用固定波束雷达测量机场风切变	(439)
车载多普勒雷达对各种车辆的速度测量	(69)
一种新颖而经济的近程调频连续波雷达设计	(563)
相位噪声极低的X波段多普勒雷达频率捷变源	(76)

信号处理——天线类

机载自适应动目标显示雷达天线的设计	(691)
用于机载下视雷达的自适应调零深和偏置相位中心天线的综合处理技术	(444)
经过采样不足信号的信号再现	(699)
多波段极化测定雷达中的自适应信号处理技术	(82)
机载预警(AEW)雷达的时空处理	(364)

雷达与电子战(EW) II

频谱上信号匹配干扰的长波雷达(LARISSA)	(205)
相控阵单脉冲雷达的自适应天线抑制技术	(269)
用于自适应阵列的一种修正单脉冲估测的方法	(275)
适用于散布阵列的反干扰法	(453)

新技术 II

脉冲雷达的调频连续波信号处理	(568)
几种提高雷达角分辨率的调频连续波发射方案	(573)
多普勒气象雷达中高阶谱矩的使用	(706)
在雨致衰减频率上由脉冲传输后向散射快速和精确推导其前向散射	(189)
匹配滤波的良好替代法——最佳无偏差估计及其较经济的准最佳实现—— 一种新型失配滤波器	(88)

遥感技术与SAR

PHARUS工程——在实施阶段的初步效果	(95)
SAR图象入射余角的相关性	(715)
应用于实际SAR数据中的SAR多次观测重合和对比最佳化自动聚焦算法的比较	(721)

根据SAR数据及SAR与其它数据装置组合的精密地形编码	(727)
高分辨力多模式合成孔径雷达	(371)
信号处理——多功能、波形、信号与控制以及瞬时脉冲群的控制	
多普勒估值法在短时测量的相位编码雷达系统中的应用	(281)
具有自适应与多功能DSP的可编程脉冲多普勒雷达信号处理机的实现	(733)
随时间可变的雷达数据处理通道的脉冲对脉冲控制	(287)
搜索雷达用的新型多普勒处理机	(741)
低距离副瓣数字脉冲压缩	(101)

SAR与ISAR技术

合成孔径雷达的实时脉冲重复频率控制系统	(581)
用于实时SAR处理的一种新型副孔径法的模型和性能估测	(586)
时域SAR处理器中的运动补偿	(591)
大时带宽雷达对非匀速运动目标的分辨力分析	(460)
逆合成孔径雷达成像技术所用的离散二维系统识别	(468)

采用神经网络和AI的信号处理

合成孔径雷达成像的结构分割	(474)
用智能化网络进行自适应波形选择	(107)
利用多层后向传播神经网络(MLBPN)进行雷达目标识别	(211)
利用人工智能的多功能雷达的自适应雷达控制	(291)
用神经网络进行雷达图像识别	(112)

目标的识别、成像与分类

使用分段处理的合成孔径雷达的图像分析	(747)
适用于民用ATC雷达目标特性的雷达信号分析	(751)
螺旋桨飞机的桨叶角对雷达回波信号影响的分析	(481)
对于以多普勒为基础的目标分类的一种神经网络方法	(488)
非理想同步源回波的自适应波束成形	(295)
探地雷达遥感行星的不均匀地面	(216)
与参差周期发射兼容的块格形MTI系统	(118)
利用合成孔径雷达图像对船只进行自动探测	(598)
有多普勒频移的多相编码的压缩	(303)
不需运动补偿的反综合孔径雷达的成像	(603)
各种雷达成像方法的对比研究	(607)
实验性自适应雷达阵列系统	(613)
适用于微波成像的超分辨率技术	(763)
采用DLL技术的双基地遥控接收机的同步问题	(776)
目标涂有RAM的超宽带雷达特性的实验性研究	(842)
神经网络应用于瞬态系统校正中以提高检测目标的能力	(494)

产生大带宽线性调频信号的先进数字技术·····	(498)
雷达/红外多传感器环境中的跟踪起始·····	(506)
电子干扰对抗杂波极化滤波器性能的影响·····	(127)
PN连续波雷达系统中使用一种新颖的神经网络模型抑制扫描单音干扰·····	(770)
散射中心的分辨范围及检测结果·····	(133)
对自适应天线阵目标信号参数的估计·····	(140)
一种用于OSCFAR处理机的新型Systolic阵列结构·····	(847)
Barker码最佳均方副瓣抑制滤波器设计·····	(853)
用于雷达的模—数转换器综述·····	(147)
获得超分辨力图象的实验Ka波段合成孔径雷达·····	(154)
超分辨率测距——多普勒成像雷达的研究·····	(783)

随机断续的随机雷达波形的 特性及应用*

NJ Porter, R J A Tough, and K D Ward
DRA, Malvern, UK

1. 引言

应用 Woodward 模糊函数研究发射波形对任一雷达精度和分辨率的影响, 是雷达设计师十分熟悉的方法[1]。在雷达的许多应用方面, 同时解决测距和多普勒测速问题, 是人们颇感兴趣的。为了解决这一问题, 必须把发射波形设计得使其模糊函数尽可能地逼近于一个处在所选择的多普勒频率 f , 及所选择的时间延迟 T 处的 δ 函数。可惜, 函数的某些特性无法使这一问题得以实现, 尽管随机波形可以良好的逼近。随机波形的非周期性, 引出了一种互相关函数。该函数由 $T = 0$ 时的一个大的稳定响应和其周围的噪声状的边带所组成。当积分时间增加时, 时些边带相对于峰值的值则降低。

波形的非周期特性, 还可以以其它方式利用。当波形作恒定变化时, 多重雷达之间有很好的交叉模糊特性。而且, 由于波形的时间带宽积大和截获器不能进行任何相干积分, 截获概率不高。对于电子信号监控接收机来说, 信号将作为一种增大的噪声背景而出现, 对恒虚警率电平有很大影响。一般来说, 波形的随机特性也将使得对雷达的干扰失去作用。

但是, 还有若干个与随机波形的应用有关的问题。这就是, 尽管数字信号处理有了新的进展和雷达技术的发展都对雷达结构的简化和降低成本产生了一定的影响, 但所需要的大大的时间带宽积(TB)将使雷达的复杂性和成本上升。在高分辨率的单基地雷达中, 随机波形的应用也已成了问题。通常, 不管是随机波形脉冲雷达, 还是连续波雷达, 其工作都会导致接收机和发射机之间的“串音”现象。这种现象常常使接收机饱和, 使噪声增大, 掩盖目标。可惜, 雷达的周期性脉动, 使模糊图具有一种带有许多规则模糊点的类似“钉板”状的结构。

本文作者提出的一种波形是非周期性断续的, 这样可以只改变背景噪声边带的特性, 而不改变模糊函数一般形式。因此, 即使在高分辨率的单基地操作中, 获得非常低的糊模度, 也是可能的。

更详细地说, 本文提出的波形是由分立的时间间隔, 即长度为 T 的时间“段”构成的。每一段可具有三种状态: 0 相位载波、 π 相位载波、无载波。如果载波通, 任何段的相位均

* “Properties and Application of Randomly Interrupted, Random Radar Waveform” pp.5-8 (刘新聪译 戴玉汝校)

与其它任一段无关,取得何种相位的概率,均为0.5。载波通/断之间的状态选择,仅与前一段的状态有关、与前一段状态相同(通或断)的概率为 η 。这样,信号便成为一个具有中断的随机二进制相位码。其中断由随机键调波确定,并且占空系数为0.5。

波形的特性,具体说来与用途有关。在本文的后边,将简要地讨论通过空间基地的表面成像合成孔径雷达(SAR)对快速运动目标探测方面的可能应用问题。在此之前,我们先讨论波形模糊函数(AF)的性质,做为估价波形特性的第一步。特别是对模糊函数旁瓣统计特性进行评价(注意,在随机波的情况,模糊函数为随机函数)。这有助于通过指示一个需要的门限,用以在不同的距离和速度的情况下从其它目标和杂波中检出目标,以此来确定成像质量和目标的探测特性。特别使人感兴趣的是,边带的非高斯特性的程度。因为它表示,是否可把边带的影响简单地看作其系统的噪声源,即是否需要较为认真地加以考虑。

这一分析有两个限制,本文不打算进行讨论。第一,这里讨论的模糊函数,不包括在发射时接收机的阻塞效应。对于周期性的脉冲系统来说,这一问题通过引入雷达的“盲距”,很容易解决。我们需要清楚地把“盲距”引入模糊函数,并使其与距离相关联。第二、众所周知,因为多普勒频移效应(即等距运动),模糊函数在高时间带宽积波形的应用上受到了限制。为分析这些效应的系统结论所建立的方法很难用于这一波形,因而尚需进行进一步的研究。

2. 模糊函数的统计特性

一列N段的模糊函数由下式给出:

$$x(m, p) = \sum_{n=0}^{N-p-1} u(n)u(n+p) \exp\left(\frac{-2\pi imn}{N}\right) \quad p \geq 0 \quad (1)$$

式中: $u(n)$ 为第N段所取的值(0, ± 1)。当 $u(n)$ 随机取值时, $x(m, p)$ 本身就是一个复合随机变量,其特征我们将通过计算其幅度的均方及均四次方加以研究。由(1)式可以看出,该式能简化成先计算 $u(n)$ 的四重和八重相关函数,再进行 n 次求和。对于非断续的波形来说, $u(n)$ 取概率相同的 ± 1 值,而且是非相关的。故,

$$\langle u(n_1)u(n_1+p)u(n_2)u(n_2+p) \rangle = \delta_{p,0} + (1-\delta_{p,0})\delta_{n_1, n_2} \quad (2)$$

及

$$\langle |x(m, p)|^2 \rangle = \delta_{m,0} \delta_{p,0} N^2 + (1-\delta_{p,0})(N-p) \quad (3)$$

稍为复杂一点的计算为:

$$\begin{aligned} \langle |x(m, p)|^4 \rangle &= \delta_{m,0} \delta_{p,0} N^4 + \\ & (1-\delta_{p,0}) \left[2(N-p)^2 + (\delta_{m, \frac{N}{2}} + \delta_{m,0})(N-p)^2 + \right. \\ & \left. (1-\delta_{m, \frac{N}{2}} - \delta_{m,0}) \frac{\sin^2\left(\frac{2\pi mp}{N}\right)}{\sin^2\left(\frac{2\pi m}{N}\right)} - 2(N-p) \right] \quad (4) \end{aligned}$$

在波形为断续的情况下，我们令 $u(n) = r(n)T(n)$ ，其 $r(n)$ 这时为非断续波形。而 $T(n)$ 为相关随机键调波，按转换概率为 $\eta = (1 - \alpha)/2$ ， $-1 < \alpha < 1$ 取值 0 或 1。这样，如果 $\alpha = 1$ ， $T(n)$ 在任何情况下均等于 1，如果 $\alpha = -1$ ，则下一个 $T(n)$ 的值，则在 0 和 1 之间变化。对足够大的 N ，则 $T(n)$ 中有变化平均段数 \bar{n} ，其由下式给定：

$$\bar{n} = \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha}, \left(\frac{1 + \alpha}{2}\right)^N \ll 1$$

如果 $r(n)$ ， $T(n)$ 是统计上独立的，(2) 式这样的结果应乘以键调波的逼近相关函数，加以修正。因此，

$$\begin{aligned} \langle |x(m, p)|^2 \rangle &= \frac{\delta_{p,0}}{4} \left[N \times \delta_{m,0} \left(N^2 + 2N \frac{(1-\alpha)^N}{(1-\alpha)} \right) \right. \\ &\quad \left. + 2R \left\{ \frac{\zeta}{1-\zeta} (N-1) - \frac{\zeta^2}{(1-\zeta)^2} (1-\zeta^{N-1}) \right\} \right] \\ &\quad + \frac{(1-\delta_{p,0})}{4} (1+\alpha^p) \left[\frac{(1-\alpha^{N-p})}{(1-\alpha)} + (N-p) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

其中

$$\zeta = \alpha \exp\left(-\frac{2\pi im}{N}\right)$$

$T(n)$ 相关特性的更详细说明，以及式 (5) 的推导，在 [2] 中给出，并对断续波形 $\langle |x(m, p)|^4 \rangle$ 进行求值计算，由于篇幅的考虑，我们不引用其全分析表达式，只是引用其主要结果。按此能使我们详细评估旁瓣的非高斯统计特性，并可作为以下数字结果的基础。

从 (1) 式可以看出， x 可以看作是复平面上 $N-p$ 步（在断续波形情况下则更小）随机运动的合成矢量。因此，在 $(N-p)$ 值大时，可以期望 x 的单点统计特征符合热噪声或复高斯过程的规律。比值

$$p = \frac{\langle |x(m, p)|^4 \rangle}{\langle |x(m, p)|^2 \rangle^2}$$

只要不为 2，将标志一种非高斯响应。对于非断续波形来说，从式 (3、4) 和图 1 可以看出，除了 $m \simeq 0.128$ 和 $(N-p)$ 变小外，在整个模糊平面上都是 $p=2$ ，（为了清楚起见，我们选 $N=256$ ）当 $m=0.128$ 时，(1) 式中的相位项为实数值， x 为一维随机运动的合成矢量，其一维高斯统计特征与复高斯变量的规律明显不同，而且，除了 $(N-p)$ 值非常小之外，在所有观察点计算到的都是 $p=3$ 。当 $m \simeq 0.128$ 时， x 为受限制的随机运

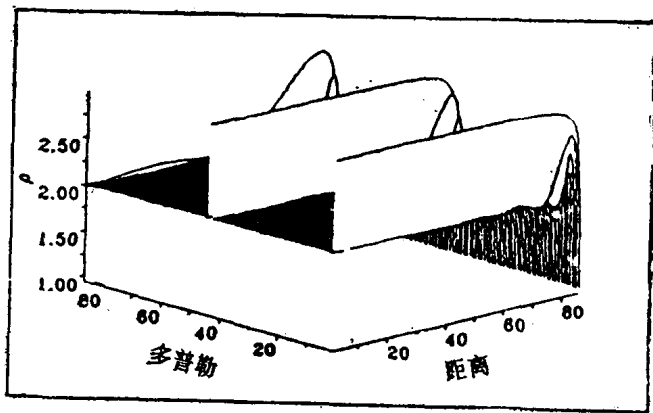


图 1 随机二进制相位编码模糊函数的 p 峰值图。

动的合成矢量，特别是在 $(N - p)$ 小时，可观察到非高斯特征。这一简单的图形将因波形的中断而发生变化，波形的中断导致随机运动的步数发生了变化，并使整个模糊平面上出现非高斯统计特征。这在图 2 中可以看出。还可以看出，当 α 为负（这是一种实际意义很小的情

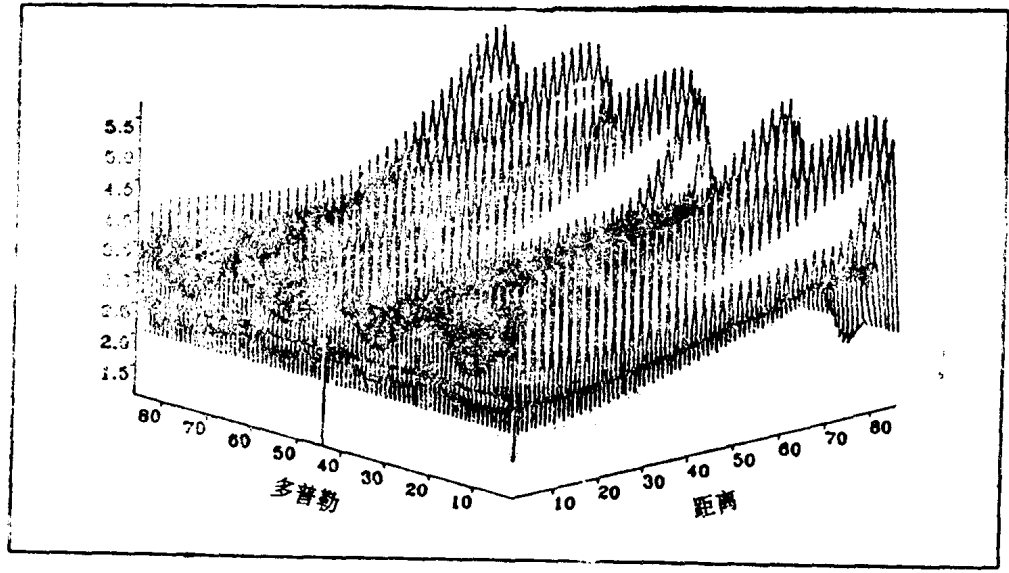


图 2 随机断续二进制相位码($\alpha = 0.9$)模糊函数的 p 峰值图

况) 时，如图 3 所示， p 在模糊平面的变化是颇为复杂的。

模糊函数 (1) 的特性，亦可借助计算机模拟来进行研究。利用随机数码发生器可获得 N

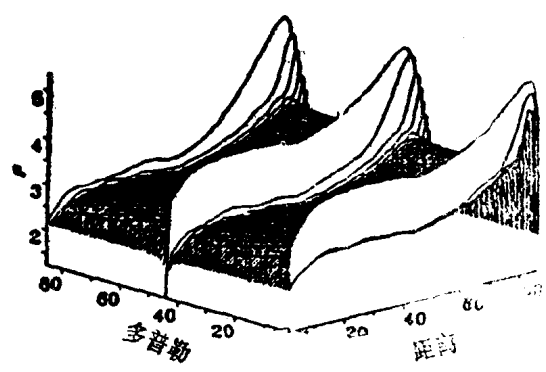
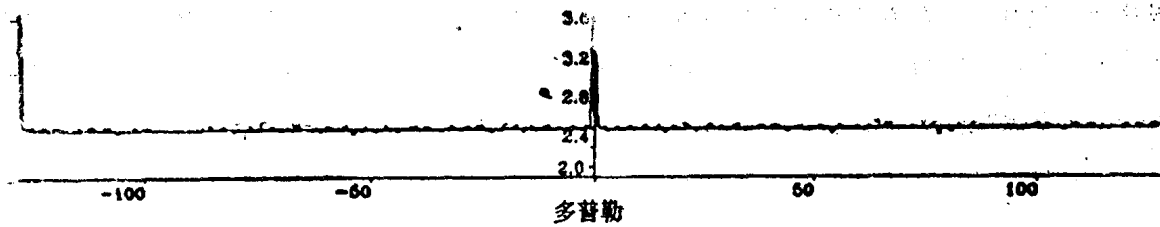
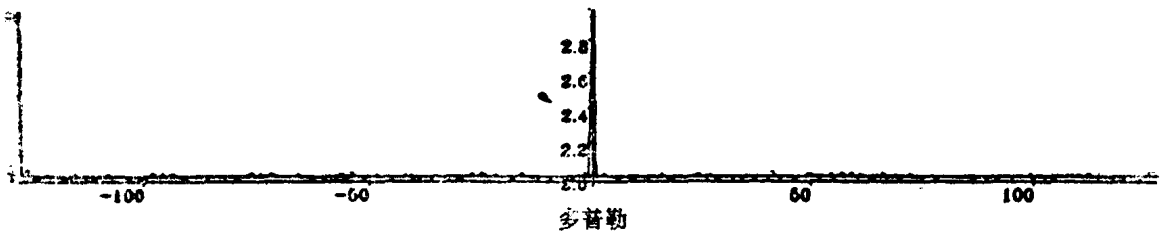


图 3 随机断续二进制相位码($\alpha = -0.99$)模糊函数 p 的峰值图

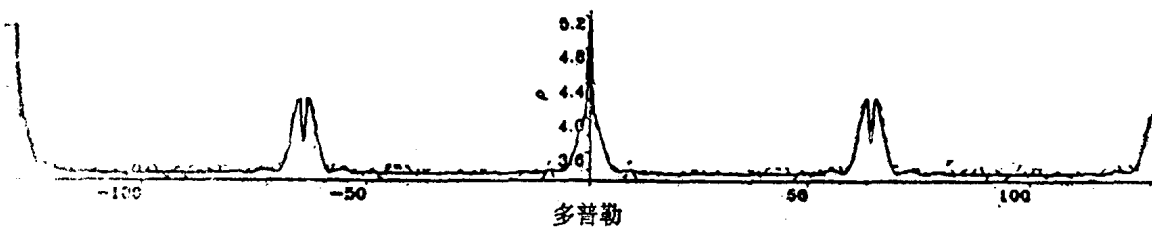
个 $r(n)$ 和 $T(n)$ 实样，再用快速傅立叶变换算法将其转换为相应的 x 实样。多次重复这一过程，可以求出所需的中值，可把这些中值与我们的图形分析结论进行比较 [3]。这些模拟研究（其 $N = 256$ ）足以详细确认分析的结论，这可以从图 4 提供的结果看出。这表明， α 为正或为负时，不同的 p 可从模拟结果，也可从分析结果中得到。分析与模拟在很大的参数范围内的一致性，使我们确信分析结果的正确性。



(a) 距离 = 1, $\alpha = 0.99$



(b) 距离 = 20, $\alpha = 0.9999$



(c) 距离 = 21, $\alpha = -0.99$

说明: (a)非高斯特征; (b)当接近 $\alpha = 1$ 极限时的高斯特征;

(c)具有反相关波形 $\alpha = -0.99$ 的结果。

所有的模拟均以 20000 个模糊点进行平均。

图 4 在特定距离内模糊函数峰值 p 的各种图形

3. 在成像雷达中的应用

我们把空间基地远程探测雷达,如欧洲远程探测雷达 ERS-1 作为能从我们在本文中所讨论的这种波形获益的雷达实例。其雷达几何图示于图 5。卫星运行高度为 h , 移动速度为 v 。该雷达形成了一个长度为 L_1 , 倾角为 θ 的纵深图象。对于普通的脉冲雷达,为了非模糊地复盖图象长度,其脉冲重复频率(RRF)有一个 $\frac{c}{2L_1 \sin\theta}$ 的上限。方位角的分辨率通过由雷达平台运行形成的合成孔径来获得。为了获得可分辨距离 L , 需要一个最大尺寸为 $2L$ 的天线。它给出的波束宽度为 $\frac{\lambda}{2L}$, 由地面固定杂波产生的多普勒带宽为 $fd = \frac{V}{L}$ 。

这就是说,给脉冲重复频率的下限为 $\frac{V}{L}$ 。

上述的脉冲重复频率的两个限制说明,方位分辨率高时,只有在近距离才能成象。为克

服这两种限制,可在方位角或高低角使用多重天线波束,也可用本文介绍的随机波形。使用随机波形时,其图钉形模糊函数可以消除距离模糊和多普勒模糊,并从而消除对脉冲重复频率的限制。还有一个优点就是,当快速运动的目标,如飞机,再次通过模糊函数的清晰区时,可以被检测到。

在这一应用中,和这种波形在其他任何应用中一样,可能会产生两个问题。第一个是雷达设备下面的地面产生大的雷达反射问题(即所谓最低地回波)。就普通雷达而言,通过调整脉冲重复频率,把主回波及其模糊点移到模糊函数非用于成象的范围内即可克服这种现象。这样,由于接收机不必同时处理有用信号和无用信号,故可以有效地降低雷达的动态距离要求。而我们所讨论的波形的随机性,是不允许这样做的。

第二个问题是,高的时间带宽积和被探测飞机的高速度(v_a)相组合产生的问题。当乘积 $2TB v_a/2$ 接近 1 时,出现了多普勒频移和距离滑动,这就需要补充许多探测通道,而且这些通道在频偏上又需与飞行体的每种速度相匹配。用标准的模糊技术评估这种系统的困难,在本文引言中已经谈过了。

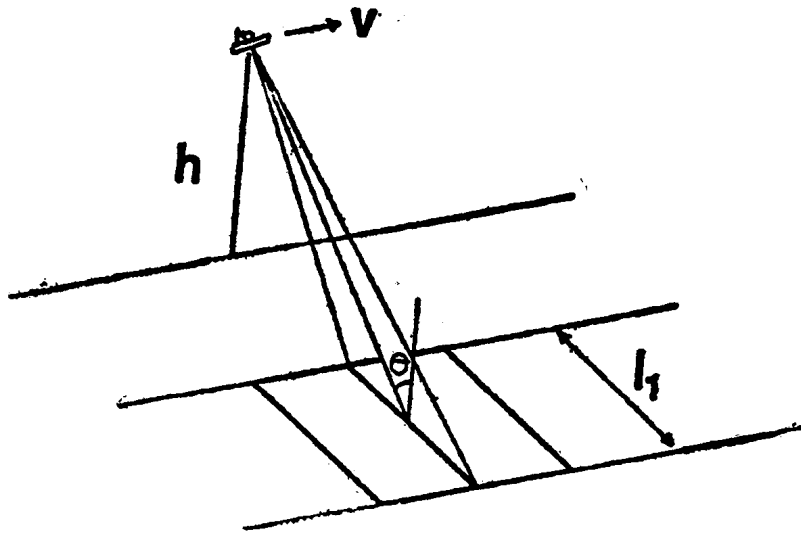


图 5 成象雷达ERS-1的几何图形

结 论

一种随机断续的随机双相编码波形,可用于需要图钉形模糊函数的高功率单基地雷达。对模糊函数边带的统计特性进行了求值计算,并对其可能的应用进行了讨论。

参 考 文 献

1. Deley, G. W., "Waveform design" Chapter 3 of Radar Handbook - M. I. Skolnik (Ed), McGraw Hill, New York. (1970)
2. Tough, R. J. A., Properties of the ambiguity function of a randomly interrupted, random waveform I; Analytic results, RSRE Memorandum 4530(1991).
3. Porter, N. J. and Tough, R. J. A., Properties of the ambiguity function of a randomly interrupted, random waveform II; Simulation results, DRA Memorandum 4531(1992).