

天波超视距雷达发展综述

周万幸

(南京电子技术研究所,江苏南京 210039)

摘 要: 本文从天波超视距雷达的机理和特点出发,论述了国外天波超视距雷达的发展历史和现状.根据新时期作战需求和特点,重点阐述了天波超视距雷达在战略预警中的地位 and 作用,包括防空、反导和对海监视.从系统设计、信号处理及数据处理等技术领域,对天波超视距雷达发展趋势和关键技术进行了评述,提出了当前主要研究方向和热点,并对相应的技术途径进行了讨论.文章最后对天波超视距雷达的发展前景进行了展望.

关键词: 天波超视距雷达; 战略预警; 防空反导; 反隐身

中图分类号: TN958.93 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2011) 06-1373-06

An Overview on Development of Skywave Over-the-Horizon Radar

ZHOU Wan-xing

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing, Jiangsu 210039, China)

Abstract: Based on the basic mechanism and characteristics, the development history and current status of skywave over-the-horizon radar has been addressed. Due to the military requirement and hotspot in the new era, the situation and functions of skywave radar in strategic warning system has been illuminated, including air defense, anti-missile and surface surveillance. In research fields such as system design, signal processing and data processing, the research trends and key techniques have been reviewed. Current research interests and hotspots in skywave radar have been proposed and some technical approaches have been discussed. Finally the development of skywave over-the-horizon radar has been prospects.

Key words: skywave over-the-horizon radar; strategic warning; air defense and anti-missile warning; anti-stealth

1 引言

天波超视距雷达工作在短波波段(3~30MHz),利用电离层对高频电磁波折射的机理实现超视距探测,可对覆盖区域内,地海表面以上、电离层以下的各类运动目标实施预警监视.雷达探测机理示意图如图1所示.

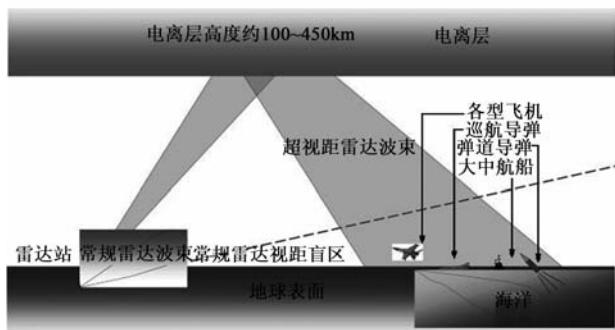


图1 天波超视距雷达探测机理示意图

天波超视距雷达的目标探测机理可分为三类:

(1) 噪声背景下探测

对于空中飞机和巡航导弹等运动速度较高的空中

目标,回波多普勒较大,目标检测主要在噪声背景下进行.

(2) 杂波背景下探测

对于运动速度较慢的舰船目标,回波多普勒与海杂波邻近,探测主要在海杂波背景下进行.

(3) 特殊回波探测

直升机回波具有较为明显的谐波效应,当其悬停时,机身回波隐没在地海杂波中(多普勒为零),但仍可通过多普勒上对称分布的一阶和二阶谐波进行检测和识别^[1].

弹道导弹发射时,发动机高温高速喷焰电离附近大气.随着导弹高度的提升,大气密度逐渐稀薄,等离子体的电子浓度将足以反射高频电波.等离子体散射强度比常规飞机目标通常高出 10~20dB,且具有独特的多普勒特性,可被天波雷达探测并识别^[2].

由于探测机理的不同,天波超视距雷达对各类目标探测的探测能力、工作参数和处理算法存在着很大差异,需要进行针对性的研究.

天波超视距雷达由于工作频段和工作方式的特殊性,具有以下一些显著特点:

(1) 探测距离远, 覆盖范围大

以澳大利亚“金达莱(Jindalee)”系统为例, 典型的天波超视距雷达探测距离在 800 至 3000 公里之间, 方位扫描区间大于 60 度, 覆盖范围达到数百万平方公里, 这使得天波超视距雷达成为大范围连续监视能力性价比最高的手段^[3].

(2) 探测目标类型多

天波超视距雷达可对高度在电离层以下(通常为 100 ~ 450 公里), 地海表面以上的各类运动目标进行探测, 其中包括各类固定翼飞机(含隐身飞机)、直升机、舰船、弹道导弹主动段以及巡航导弹.

(3) 具有隐身目标探测能力

由于工作在短波波带, 波长长达十几至几十米, 隐身飞机目标通常落入谐振区或瑞利区, 其 RCS 仅与目标尺寸有关, 而与形状无关, 隐身飞机目标的外形设计对天波超视距雷达无效. 同样, 现有的吸波涂料大多针对厘米量级的波长, 对天波雷达十米量级波长的电波不起作用.

(4) 具有超低空探测能力

天波超视距雷达电波通过电离层折射传播, 不受地球曲率的影响, 不存在低空盲区, 对覆盖区内低空、超低空飞行目标均具有探测能力.

(5) 具有较强的抗干扰和生存能力

天波超视距雷达工作频段存在大量通信和广播等用户, 通常需配置频率管理系统以选取合适的无干扰工作频点, 并具备实时跳频能力, 以确保雷达在干扰环境下正常工作.

电离层所具有的频段选通特性和高频段电台干扰给敌方针对天波雷达的电子侦察带来了困难, 加剧了瞄准式和阻塞式干扰的难度. 同时, 电子战设备的干扰也会反过来影响各类短波通信用户, 为短波段的电子干扰引入了代价.

此外由于天波雷达探测距离远, 通常部署在国土纵深地区. 又具有经电离层折射传播、短波波长较长、采用相控阵体制等特点, 抗摧毁和抗反辐射导弹能力强, 具有较高的战时生存能力.

(6) 探测性能受传输信道电离层的影响较大

电离层是一个时变非平稳的传输介质, 受太阳活动影响严重, 因而随太阳活动周期(年)、季节和时段呈现一定的周期性变化, 但具体区域(小尺度)和时间段的电子浓度变化又具有相当的随机性. 这种传输介质的变化导致雷达探测性能也随之起伏, 从而影响到整体探测效能.

2 国外的研究与应用

自上世纪五十年代开始超视距雷达研究以来, 迄今已有五十多年, 但超视距雷达的功能仍然在不断拓展和完善中. 特别是随着新时期军事斗争的新变化和新趋势, 超视距雷达更是承担了全新的使命和任务, 成为战略预警体系中核心装备之一.

2.1 1950 ~ 1969 年

天波超视距雷达发展与世界政治格局和武器发展水平紧密相关. 20 世纪 50 ~ 60 年代, 天波超视距雷达的主要用于探测洲际弹道导弹主动段(发射段)和核爆炸信息. 当时美、苏两国正处于冷战时期, 两个军事大国不计成本研制天波雷达, 用来远距离观察与监视洲际弹道导弹(ICBM)发射和空中核爆炸试验. 当时美国 OTHR 型号有 Teepee、Madre 与 AN/FPS-95.

前苏联在白俄罗斯与西伯利亚也部署了两部 OTHR, 对美洲大陆的弹道导弹发射基地进行监视, 20 世纪 60 年代中后期又在乌克兰建造了第三部天波雷达, 主要用来监视中国的导弹发射及核爆炸试验. 图 2 和图 3 分别给出了前苏联天波超视距雷达的部署示意图以及天线阵列实景图.

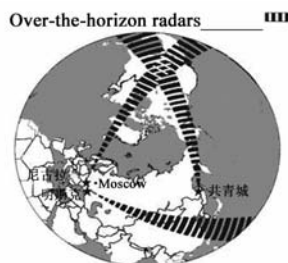


图2 前苏联天波超视距雷达部署示意图

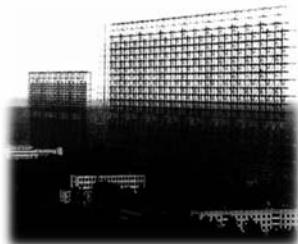


图3 前苏联Duga天波超视距雷达接收天线阵列(三部雷达分别部署在尼古拉耶夫、明斯克和远东的共青城)

2.2 1970 ~ 1999 年

1990 年, 美国空军的 AN/FPS-118 雷达系统首部部署在缅因州, 后陆续建成了东西海岸系统(ECRS/WCRS), 每个系统由三个 60 度的雷达阵面组成, 实现 180 度的完整覆盖. 图 4 和图 5 给出了美国 AN/FPS-118 雷达系统的威力覆盖示意及发射阵列布局图.

AN/FPS-118 雷达系统主要担负战略预警任务, 用于检测美国海岸线以外的来袭远程战略轰炸机, 该雷达为美国空军战术防空司令部提供相应的作战能力.

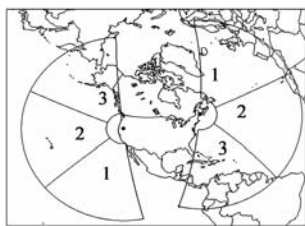


图4 美国AN/FPS-118雷达部署覆盖示意图



图5 美国AN/FPS-118雷达发射站卫星图

在 AN/FPS-118 雷达建成之后,美国海军在阿拉斯加的阿姆奇特卡岛部署了一部由雷神公司设计制造的可搬迁式天波超视距雷达(ROTHR),代号为 AN/TPS-71.该雷达只担负战术任务,用于支援美国海军的战斗机群和发现从各方向逼近威胁美国海军舰队的舰只和飞机.ROTHR 的威力范围给予舰队指挥官较长的预警时间以便作出有力的回击.

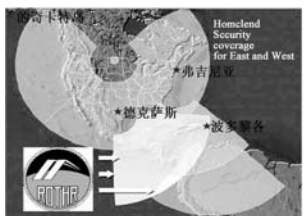


图6 美国AN/TPS-71雷达部署覆盖示意图



图7 美国AN/TPS-71雷达接收天线阵列

在弗吉尼亚所进行的试验表明:ROTHR 系统在一个特定的区域内对目标的检测和跟踪概率满足美国海军的指标要求.在试验过程中曾经成功跟踪过某一区域中的 24 艘舰船.图 6 和图 7 分别给出了美国海军 AN/TPS-71 雷达系统的部署示意及天线阵列图.

同时美国国防部实施了 AOTHR(先进超视距雷达)计划,主要目的是提高低可观测性或隐身战略目标的探测能力.AOTHR 专项内容主要包括:宽带信号接收处理、相干性试验、环境平台评估与电离层局部加热技术等,重点加强信号处理与信号检测的试验研究工作^[4].



图8 澳大利亚JORN雷达部署覆盖示意图

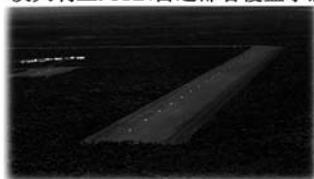


图9 澳大利亚JORN雷达接收站(三部雷达分别部署在爱丽丝泉JFAS、拉文顿JOR2和长滩JOR1)

澳大利亚国防部在 20 世纪 70 年代启动了代号为金达莱(Jindalee)的天波超视距雷达研究计划,并在 1975 年和 1978 年分别研制成功了 A 型和 B 型实验型雷达.在此基础上主承包商联合无线公司与英国的马可尼公司合作,组建了一个 JORN 作战雷达网,该网络由两部可遥控的高频天波雷达和一个集中控制中心 JCC(JORN Coordination Centre)所组成,可以监控澳大利亚北部长达 3700 公里的海岸线和 900 万平方公里的海域.

1997 年由于项目拖期以及国防部重组,联合无线公司被撤销,改由美国洛克希德·马丁公司为主的一个企业联合体承制,至 2003 年完成,前后耗资逾 10 亿美元.图 8 和图 9 给出了澳大利亚 JORN 天波超视距雷达网的部署示意及接收站阵地布局图,它由一部 180 度扇区(JOR2)和两部 90 度扇区(JFAS 和 JOR1)的天波雷达所组成,覆盖区有较大部分的交叠,可通过组网实现对单部雷达而言切向飞行目标的探测^[3,5].

2.3 2000 ~ 2010 年

2003 年,法国研制成功 NOSTRADAMUS 试验型天波超视距雷达,部署在巴黎附近.该雷达采用星型结构天线阵列,收发共站,360 度覆盖,具有二维扫描功能,可获得电离层传输模式的仰角信息^[6].图 10 和图 11 为 NOSTRADAMUS 雷达的阵地布局和天线阵列形式.



图10 法国NOSTRADAMUS雷达布局图



图11 法国NOSTRADAMUS雷达天线阵

3 天波超视距雷达在战略预警中的作用

3.1 战略防空

对敌远程战略性突袭和打击力量的遏制与威慑,是天波超视距雷达战略预警的核心作用.

上世纪九十年代以来,飞行器隐身设计得到了快速发展和应用,以 F-117、B-2、F-22 和 F-35 等为代表的隐身飞机,成为了突破防空网的首发打击力量,对常规地面雷达所组成的情报网构成极大的威胁.

2009 年 5 月 16 日,美军举行了代号为“极地闪电”(Polar Lighting)的军事演习.从关岛起飞的 B-2 隐身战略轰炸机在加油机的伴随下,飞行数千公里与阿拉斯加起飞的 F-22 隐身战斗机会合,编队突破以 F-16、地面防空雷达和导弹所组成的“假想敌”防御体系,对预定目标准确实施打击,完成任务后顺利撤离.该演习是历史上首次隐身目标的联合攻击演练,体现出美军利用隐身突袭力量向对手进行战略威慑的实力与意图.图

12 为美军“极地闪电”演习图片。

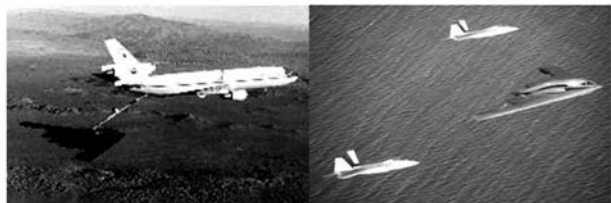


图12 2009年5月美军“极地闪电”演习

由于视距盲区的存在,低空超低空突防一直以来是非隐身目标突破防空网的重要手段.美军 B-1B 战略轰炸机可在海平面以上 60 米的高度以 965 公里的时速进行突防,B-2 战略轰炸机在强调隐身设计的同时也考虑到了低空高速突防的需求,战斧式巡航导弹的掠海飞行高度更是达到了 15 米,这就大大缩短了雷达发现时间,给反突防带来了很大的困难.

利用隐身飞机编队配合加油机进行的远程奔袭以及低空突防战术,天波超视距雷达是迄今为止最为有效的预警探测手段之一.天波雷达所独有的超远程、反隐身、反低空探测等特性,可发现敌方的奔袭编队并实施连续监视,预警时间长达小时量级,为拦截和迎击作战提供有力支持.

3.2 反导预警

尽管自上世纪 60 年代起,天波雷达承担的战略预警任务就是探测远程弹道导弹的发射和高空核爆炸信息,向整个反导预警网络提供导弹发射的警报.受当时技术条件的限制,天波雷达仅能采用驻留监视(“探照灯”模式)提供重点区域(如已知导弹发射场)的发射信息,无法对大范围区域内机动的各种陆基和潜射导弹进行探测^[7].

2004 年 7 月,澳大利亚同意在弹道导弹防御方面与美国开展战略合作,在其 JORN 系统的基础上提出了融合天波雷达的反导预警机制,如图 8 所示.在该体系中,天波超视距雷达承担了早期预警任务,并为其它探

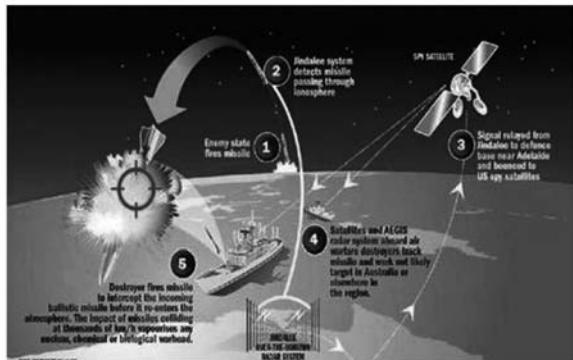


图13 澳大利亚弹道导弹防御方案示意图

(图示第1步:敌方导弹发射;第2步:导弹穿过电离层前金达莱系统检测到导弹;第3步:信号从金达莱中继至阿德莱德附近的基地,并传递给美国的侦查卫星;第4步和第5步:预警卫星与装备有宙斯盾雷达系统的舰艇配合,跟踪并发射拦截弹实施拦截)

测手段提供情报信息.

3.3 对海监视

天波超视距雷达所独有的空中和海面目标探测方式,为探测跟踪航母编队并实施打击提供了有效手段.天波雷达对航母编队的探测与跟踪通常采用以下模式:

(1)通过对焦点区域内的空中目标探测结果进行评估,判别频繁起降的机动目标态势;

(2)通过地理位置和先验信息比对,判断该区域内无固定机场存在;

(3)通过空中目标飞行态势,判断评估航母编队所处的作战状态;

(4)对编队位置进行概略指示.

作为态势评估的后续步骤,天波雷达根据舰船目标探测结果可对航母编队位置进行概略指示.这种位置指示效果是持续不间断的,相对于被动式电子侦察而言,可提供更为连续稳定的航母编队监视结果,特别是当编队处于无线电静默的情况下.

国外对超视距雷达进行航母编队的态势评估与指示也进行了深入研究.Sean O'Connor 提到:超视距雷达系统能够对海面舰船进行远程测距.目标识别功能将由卫星提供,这就有效解决了超视距雷达分辨率的问题,使得超视距雷达提供早期预警而星载设备进行目标识别,从而对超视距雷达系统所锁定的潜在目标进行攻击提供定位数据.

4 天波超视距雷达技术发展趋势

4.1 系统设计

从作战需求变迁和技术发展趋势来看,天波超视距雷达已由原来单一的目标探测和情报提供装备扩展为一个综合电子信息系统,目前正朝着一体化、网络化、分布式的方向发展.

天波超视距雷达目标探测要求对区域电离层状态进行实时监测和大面积重构,电离层相当于天波传输模式的战场环境,需要进行长期的观测和建设.一旦准确取得了电离层的状态信息,利用天波传输的各类高频段应用,包括侦察、通信、广播、电子对抗、电离层监测和海态遥感^[8],其效能将具有更大的发挥空间.通过有线和短波无线两种方式,将这些遍布各地的站点和应用集成在一个网络化的电子信息系统中,能够掌握更为完整的战场态势,并在高频段取得区域性的电子战优势.

分布式天波雷达的研究当前主要围绕 MIMO 体制展开^[9].这种体制最具有吸引力的应用是将天波雷达长达数公里的大型天线阵列,分解为几个至十几个百米量级小型阵列,利用子阵综合技术进行合成,实现远

程超视距探测^[10]. 该技术的成熟, 将使得天波雷达具有在海基或舰载平台运行的可能, 从而突破部署地域的局限.

4.2 信号处理

各种先进信号处理技术的应用始终是天波超视距雷达研究中的热点. 信号处理的研究主要朝着以下几个主要问题展开:

(1) 电离层各类不利影响的消除

作为天波超视距雷达的传输介质, 电离层整体上呈现非平稳时变特性. 电离层所附带的随机扰动(信号相位污染)和多径传输的效应给目标探测带来了不利影响. 大量文献中对这两类典型效应的信号处理方法进行了研究, 主要涉及瞬时频率或相位估计与补偿、多普勒扩展杂波抑制以及最近提出的波前自适应感知等技术.

(2) 杂波与干扰背景下的处理与检测

强地海杂波和高频段各类干扰始终影响着天波超视距雷达目标检测性能, 其中干扰对高速空中目标影响更大, 海杂波更多的是影响舰船目标检测. 近年来, 国内外学者相继提出了多种干扰抑制方法, 对于方向性和瞬时性的干扰都具有较好的对消效果^[11,12].

海杂波对消传统的技术途径是迭代法和子空间分解法, 前者迭代次数难以控制, 后者杂波阶数不易确定, 工程实现上均存在一定难度. 法国研究者最新提出了基于电磁散射机理的杂波建模技术, 提供了有效抑制海杂波的另一种可能途径^[13].

(3) 新体制下的信号处理方法

随着天波超视距雷达探测目标类型的拓展, 技术体制的更新, 对信号处理的要求也越来越高. 异型阵 DBF 技术、MIMO 处理、分布式处理、压缩感知等新技术相继被引入, 并提出了一系列的新方法.

4.3 数据处理

天波超视距雷达数据处理的难点在于“三低一高”, 即低数据率和低分辨率条件下的低航迹虚警率和高发现(起始)概率要求. 美国、澳大利亚和国内研究者发表了大量论述, 提出了基于 PDA 和 VDA 的一系列处理方法^[14~16], 对多径传输效应的不利影响也进行了研究^[17,18].

另一个研究方向则是 TBD(检测前跟踪)技术, 该技术主要试图提高对小目标的发现概率. 澳大利亚研究人员尝试将 TBD 技术用于检测天波超视距雷达舰船目标, 处理结果表明目标航迹变长^[19], 但工程应用仍存在一定困难.

与前述的系统设计和信号处理技术相同, 新体制下数据处理技术也面临着新的挑战. 组网、无源以及一

体化探测等新体制中的多维信息融合及处理问题将在今后的一段时间内成为研究热点之一.

5 结论

天波超视距雷达在各大国战略预警体系中均占据重要的地位, 其作用也在不断的更新和发展, 以符合新时期的战略需求.

我国天波超视距雷达的发展应当充分借鉴国外的研究成果, 并从需求角度理解不同国家的体制和技术创新源头. 一个典型的例子就是法国的 NOSTRADAMUS 雷达, 其 360 度覆盖、二维相扫、小型化的体制创新, 就是从法国国土面积不大, 纵深小的国情和全方向预警的需求出发来设计的. 因此, 后续研究过程中, 要紧密结合国情和现有技术基础, 积极探索, 稳步前进, 设计研制满足我国战略预警需求, 具有鲜明特点的天波雷达系统.

在关键技术研究攻关中, 需要坚持需求引领, 应用优先的原则, 环境数据积累分析与先进算法研发并重, 对单项技术突破不能寄托过高期望. 例如在电离层相位污染消除问题上, 整体研究思路已局限在采用各种更新更先进的信号处理方法, 很少有文献从系统设计和选频等方面进行综合考虑.

随着关键技术的不断攻克, 探测体制的探索创新, 操作使用体系的优化完善, 在军事需求引领下的研究工作具有了更广阔的空间. 可以预见, 天波超视距雷达的研究将进入更为快速的发展时期.

参考文献

- [1] 孙文峰, 张晨, 王永良. 悬停直升机的雷达探测技术[J]. 电子学报, 2002, 30(6): 896 - 899.
Sun Wen-feng, Zhang Chen, Wang Yong-liang. Radar detection of hovering helicopter[J]. Acta Electronica Sinica, 2002, 30(6): 896 - 899. (in Chinese)
- [2] M Martorella, R Soleti, F Berizzi et al. Plume effect on radar cross section of missiles at HF band[A]. Proceedings of the International Conference on Radar[C]. Adelaide: IEEE Press, 2003. 656 - 661.
- [3] S B Colegrove. Project Jindalee: from bare bones to operational OTHR[A]. Proceedings of the International Conference on Radar[C]. Salisbury: IEEE Press, 2000. 186 - 191.
- [4] C Callan, J Cornwall, P Diamond, et al. Advanced Over-the-horizon Radar[R]. USA: JSR-90-105, 1993.
- [5] A Cameron. The Jindalee Operational Network: Its architecture and surveillance capability[A]. Proceedings of 1995 IEEE International Radar Conference[C]. Technology Park: IEEE Press, 1995. 692 - 697.
- [6] V Bazin, J P Molinie, J Munoz, P. Dorey, et al. A general pre-

- sensation about the OTH-Radar NOSTRADAMUS [A]. Proceedings of 2006 IEEE Conference on Radar [C]. New York: IEEE Press, 2006. 634 – 642.
- [7] F E Boyd, C M Howe. Radar transcriptions from AN/FPS-95 to Madre OTH radar [R]. Washington DC. NRL Memorandum Report 2766. April, 1974.
- [8] J A Harlan, T M Georges. Bathymetric effects on the Caribbean western boundary current as seen with over-the-horizon radar [A]. Proceedings of OCEANS'96 [C]. Fort Lauderdale: IEEE Press, 1996. (2): 1038 – 1040.
- [9] G J Frazer, Y I Abramovich. MIMO radar performance in clutter; Limitations imposed by bounds on the volume and height distributions for the MIMO radar ambiguity function [A]. Proceedings of the 5th IEEE Sensor Array and Multichannel Signal [C]. Darmstadt: IEEE Press, 2008. 441 – 445.
- [10] F C Robey, J L Krolik, V F Mecca. Beamspace slow-time MIMO radar for multipath clutter mitigation [A]. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing [C]. Las Vegas: IEEE Press, 2008. 2313 – 2316.
- [11] 邢孟道, 保铮, 强勇. 天波超视距雷达瞬态干扰抑制 [J]. 电子学报, 2002, 30(6): 823 – 826.
XING Meng-dao, BAO Zheng, QIANG Yong. Transient interference excision in OTHR [J]. Acta Electronica Sinica, 2002, 30(6): 823 – 826. (in Chinese)
- [12] 杨志群, 倪晋麟, 刘国岁. 超视距雷达中窄带干扰抑制技术研究 [J]. 电子学报, 2003, 31(7): 1111 – 1113.
YANG Zhi-qun, NI Jin-lin, LIU Guo-sui. Research on the suppression technology of narrow-band interference in OTHR [J]. Acta Electronica Sinica, 2003, 31(7): 1111 – 1113. (in Chinese)
- [13] Y Demarty, L Thirion-Lefevre, M Lesturgie. Simulated HF Doppler spectra obtained with an exact modeling of the EM backscattering by 3D time-evolving sea surfaces [A]. Proceedings of 2008 IEEE Radar Conference [C]. Adelaide: IEEE Press, 2008. 282 – 287.
- [14] G W Pulford, R J Evans. A multipath data association tracker for over-the-horizon radar [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1998, 34(4): 1165 – 1182.
- [15] G W Pulford, B F La Scala. Over-the-horizon radar tracking using the Viterbi algorithm-third report to high frequency radar division [R]. Australia: CSSIP, Dec, 1995. Report No. 27/95.
- [16] 刘慧霞, 梁彦, 陈绪元, 潘泉, 杨峰. 一种自适应天波超视距雷达航迹融合算法 [J]. 电子学报, 2009, 37(6): 1348 – 1352.
LIU Hui-xia, LIANG Yan, CHEN Xu-yuan, PAN Quan, YANG Feng. An adaptive OTHR multipath track fusion algorithm [J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(6): 1348 – 1352. (in Chinese)
- [17] G W Pulford. OTHR multipath tracking with uncertain coordinate registration [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2004, 40(1): 38 – 56.
- [18] D J Percival, K A B White. Multipath track fusion for over-the-horizon radar [J]. Proc SPIE, 1997, 3163: 363 – 374.
- [19] M D E Turley. Signal processing techniques for maritime surveillance with skywave radar [A]. Proceedings of 2008 IEEE Radar Conference [C]. Adelaide: IEEE Press, 2008. 241 – 246.

作者简介



周万幸 男, 1982 年 8 月毕业于电子科技大学(原成都电讯工程学院)雷达侦察与干扰专业, 研究员级高级工程师. 现任南京电子技术研究所所长, 江苏军工协会副会长、南京国防工业协会理事长, 为享受政府特贴专家和国家有突出贡献专家. 荣获光华工程科技奖(青年奖)、信息产业科技创新先进工作者等荣誉. 主持研制并解决了多项重大产品技术及攻关, 具有较深的理论

功底和丰富的实践经验. 先后多次获得国家科技进步一等奖、国防科技一等奖和国家科技进步特等奖等, 并在国内外会议和期刊上发表论文多篇.