

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2015.07.019

引用格式:王恒科.国外地面战场侦察雷达发展现状与趋势[J].电讯技术,2015,55(7):814-821.[WANG Hengke. Development Status and Future Trends of Foreign Ground Surveillance Radars[J]. Telecommunication Engineering, 2015, 55(7):814-821.]

国外地面战场侦察雷达发展现状与趋势*

王恒科**

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:地面战场侦察雷达广泛用于获取战场上兵力部署和军事集结调动等情报信息,监视战场态势,是现代战场侦察的主要装备。首先论述了国外地面战场侦察雷达的发展与应用现状,重点介绍了美欧等先进的多种典型地面战场侦察雷达,对比分析了其性能指标及关键技术;然后总结了国外地面战场侦察雷达的发展特点和经验;最后展望了地面战场侦察雷达的发展趋势,指出新体制雷达不断涌现,毫米波频段应用愈加广泛,呈现朝雷达组网方向发展的趋势。相关内容希望为从事战场侦察雷达研究的工程技术人员提供参考。

关键词:地面监视雷达;国外雷达装备;毫米波;雷达组网;发展趋势

中图分类号:TN959.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2015)07-0814-08

Development Status and Future Trends of Foreign Ground Surveillance Radars

WANG Hengke

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Ground surveillance radar (GSR) is widely used to obtain the information of force deployment and military maneuvering and perform situation surveillance in the battlefield, therefore it is the important equipment in modern battlefield reconnaissance. First, the development status and current applications of foreign GSRs are discussed, some typical GSRs used in military forces such as United States army and NATO troops are introduced, and the performance specifications and critical technologies of GSRs are compared and analyzed. Secondly, the development features and experiences of foreign GSRs are presented and it is pointed out that the new system radars are emerging, millimeter wave radar would be even more widely used, and radar networking would be state-of-the-art. The related information provides reference for those engaged in GSR systems.

Key words: ground surveillance radar (GSR); foreign radar equipment; millimeter wave; radar networking; development trends

1 引言

地面战场侦察雷达又称地面监视雷达 (Ground Surveillance Radar, GSR) 或运动目标侦察雷达,在夜间和恶劣气候条件下,侦察敌方运动中的人员、车辆、坦克、舰船和低空飞行器等目标,测定其位置、运

动速度和方向,判明目标性质,是提供战场实时情报和态势显示的重要侦察手段之一^[1],主要执行区域侦察、定点监视、边境和海岸监视、引导己方小分队行动、指示目标、校正己方火炮射击等侦察任务。

进入 21 世纪后,恐怖主义和不对称战争成为影

* 收稿日期:2015-04-10;修回日期:2015-06-02 Received date:2015-04-10;Revised date:2015-06-02

** 通讯作者:alanwang108@qq.com Corresponding author:alanwang108@qq.com

响国家安全与稳定的最大威胁,世界各国都将边境与海岸监视、要地和重点设施保护等本土防御任务作为头等大事^[2],而 GSR 雷达平时可用于边境和敏感地区的监视与敌情报警,战时可用于战役战术纵深内的战场侦察,加之其技术成熟,生产成本和全寿命周期使用维护成本远低于复杂的机载和卫星侦察系统,因此地面战场侦察雷达在反恐和安全防御领域得到了新的应用,成为决定战斗胜负的关键装备之一。

本文详细分析了国外典型的 GSR 雷达及其应用情况,总结了国外地面战场侦察雷达的发展特点,并对其发展趋势进行了展望,以供相关领域的工程技术人员参考和借鉴。

2 国外地面战场侦察雷达的发展与应用现状

2.1 美国地面战场侦察雷达

美国是发展地面战场侦察雷达最早的国家,装备品种多,数量大,技术水平和性能很先进。即便如此,在阿富汗战争尤其是伊拉克战争中,美军的地面监视雷达仍然严重缺乏,被迫采用老式的 AN/PPS-5A/B,后来对这种型号进行了多次改进,并新研和引进了几种地面监视雷达来满足作战需求^[3]。

2.1.1 SRC 公司的轻型监视与跟踪捕获雷达 (LSTAR)

SRC 公司(Syracuse Research Corporation)一直活跃于地面监视雷达领域,长期致力于便携式战场侦察雷达系统的开发。针对反恐作战对前线部队的保护,SRC 公司开发了轻型反迫击炮雷达(LCMR),来探测和定位敌方迫击炮和火箭炮发射阵地。但恐怖分子不断采用先进技术与装备,使威胁变得越来越难以检测,于是,美军在 LCMR 基础上开发了轻型监视与跟踪捕获雷达(LSTAR),以对付遥控飞机、小型无人机等现役对空监视资源不易检测到的非传统威胁。

LSTAR 工作在 L 频段,作用距离为 25 ~ 40 km,主要用来监视大型防空雷达在一些关键地区的盲区,对于那些飞行高度极低或者未配备应答机的飞机尤其重要。它采用多普勒处理器和电扫描天线,实现了在杂波背景下对慢速飞行目标的可靠检测^[4]。LSTAR 提供的俯仰测量数据,在无信标回波的情况下,为美国联邦航空局的二维对空监视雷达提供了有关高度和速度的重要参考信息。独特的三维和 360°电扫能力可实现对低空、慢飞的小型空中

平台的监测与跟踪。LSTAR 尺寸小,易于运输,便于快速部署,采用基于网际协议(IP)的方案,通过网页浏览器访问健康与使用管理系统(HUMS)和控制系统,可实现无人值守遥控操作。

2.1.2 SR Hawk 新型侦察雷达

SR Hawk 新型侦察雷达专用于边境和周边安全任务,可提供优异的广域持久监视能力。SR Hawk 工作频率为 16.21 ~ 16.50 GHz,具有频率捷变能力,可提供 360°连续覆盖,可检测 30 ~ 60 km 以外的目标,对单个行人的探测距离为 60 m ~ 10 km,对车辆的探测距离为 60 m ~ 30 km,目标以 0.9 km/h 或更高的速度运动时,距离精度为 10 m。

该雷达采用基于 Windows 的简单人机接口,包括一台平面显示器,可兼容多种图像格式。美国陆军已测试了用无线调制解调器将多部雷达连接到一个中央控制集线器,进行遥控作战^[5]。

2.1.3 电话公司的先进雷达监视系统(ARSS)

电话公司(Telephonics Corporation)的地面监视雷达系统不仅用于重点目标的周边安全保证,还将实时监视信息集成能力提高到了一个新的水平,其典型产品为 ARSS 先进雷达监视系统,如图 1 所示。ARSS 有便携式和车载或方舱式 2 种型号,目前已用于美国边境安全监控。



图 1 ARSS 先进雷达监视系统
Fig. 1 Advanced Radar Surveillance System(ARSS)

ARSS 工作在 X 频段,质量约 25 kg,是一种小型、低功耗、低截获概率、高可靠性的无人值守雷达。它可对 30 km 以外的运动目标,包括人、车辆和直升机等提供自动探测和监视,并通过多普勒频率推导出音频信号,从而实现目标分类^[6]。电话公司现仍在对 ARSS 进行改进,改进措施包括开发目标识别

(至少实现目标分类)新算法,以降低雷达对光电/红外传感器的依赖性;增加图像重叠功能;采用新型通信设备补充当前使用的卫星链路,扩展组网能力等。

2.1.4 ICx 技术公司的 STS 系列雷达

ICx 技术公司 (ICx Technologies Incorporated Company) 开发了 STS 系列地面监视雷达,作用距离分别为 350 m、1400 m、4400 m 和 12 000 m,能够提供 360° 全方位覆盖,可协同作战。

STS-350 是一种易于部署的便携或固定式雷达,用于机动监视、远程雷达补盲,也可安装在塔台上用于自卫。对人员的探测距离为 300 m,对车辆的检测距离为 350 m。一部独立的中央雷达服务器最多可连接 8 部 STS-350 雷达,数据可通过以太网 TCP/IP 显示在多个控制台上。STS-350 是唯一通过美国政府关于人员和车辆入侵检测和虚警测试的雷达,每 24 h 的虚警数小于 3 次,已被选作用于保护美国空军基地周边安全。

STS-1400 对人员的检测距离为 1000 m,对车辆的检测距离为 1400 m,每秒可监控和更新超过 6 km² 范围的态势情报。一部独立的中央雷达服务器最多可连接 4 部 STS-1400 雷达,可实现遥控作战。

STS-4400 对行人的检测距离为 4 km,对车辆的检测距离为 4.4 km。该雷达通过检测杂波图变化实现目标检测,实现对极低速目标的检测,它能同时检测和跟踪 32 个目标。一旦完成架设,操作人员就能建立监测警戒区,检测到进入警戒区的任何目标。

STS-12000 是一种无人操作远程监视雷达,可全天候、全天时工作,对人员的检测距离为 10 km,对轻型车辆的检测距离为 12 km,其短程工作模式的覆盖范围为 137 km²,远程工作模式的覆盖范围超过 583 km²。该雷达可以连续更新不断变化的态势,并自动发出音频告警,使监控人员无需长期注视显示屏。雷达数据可直接发送给控制站,并且可多部雷达组网工作,也能集成 STS-350/1400/4400 等几种短程雷达作为补充。STS-12000 已被美国海军陆战队和空海作战系统中心 (SPAWAR) 用来保护靶场安全。该雷达是霍尼维尔公司开发的 Vindicator 综合化安全系统的主要组成部分^[7-10]。

2.1.5 DMT 公司的区域入侵监控系统 (AIMS)

DMT 公司 (Detection Monitoring Technologies Corporation) 的区域入侵监控系统 (AIMS) 可采用数百种波形设置,辐射功率低,仅 2 ~ 80 W,可采用车载、气球载、塔台/电杆等多种安装方式,用于地面、

机场、要地和港口监控。如图 2 所示,AIMS 采用 8 副天线实现全方位覆盖,对人的探测距离为 3 km。AIMS 机动安全系统是将 AIMS 快扫雷达装在车上,以实现高机动性。AIMS 船只安全系统是将 AIMS 快扫雷达装在船只上,再辅以热成像仪、高分辨力相机,增强港口船只安全^[11]。



图 2 AIMS 快扫雷达
Fig. 2 AIMS fast-scan radar

2.2 欧洲地面战场侦察雷达

2.2.1 泰勒斯公司的 MSTAR 雷达

MSTAR 雷达是泰勒斯公司 (Thales Group) 为取代日益老化的 Rasit 雷达而开发的,用于地面监视、炮兵侦察、海岸监视和悬停直升机探测,提供可靠的宽域监视能力。MSTAR 雷达工作在 Ku 频段 (10 ~ 20 GHz),采用脉冲多普勒工作体制,不仅能实现对动目标的定位,进行人员、轮式车或履带式战车分类,还具有炮弹落点校准能力,是某些边境安全综合系统的核心设备。

美国引进的 MSTAR 改名为 AN/PPS-5C,用于取代较老的 AN/PPS-5B 和 AN/PPS-15,现主要部署在美国、英国、加拿大、澳大利亚和波兰等国^[12]。MSTAR 性能已在历次战争和维和行动中得到验证,在伊拉克和阿富汗战场都发挥了重要作用,是一种真正的战斗力倍增器。

近年,泰勒斯公司又推出最新型的 MSTAR,即 AMSTAR,输出功率可选 1 W 和 10 W,在增大探测距离的同时也能保持低截获概率。AMSTAR 的改进包括采用新的信号处理器,使检测性能提高 30%,并支持目标识别。利用以太网端口将计算机连到互联网上,通过 XML 在互联网或内部网上交换信息,可从任意地方控制雷达,显示其输出。

2.2.2 泰勒斯公司的 SQUIRE 雷达

泰勒斯公司开发的 SQUIRE 轻型雷达,用于地面监视、目标捕获和炮兵火力校射,如图 3 所示,2000 年完成研发并开始量产,2001 年荷兰国防部斥

资 2300 万欧元采购了 62 套^[13]。SQUIRE 便携式战场监视雷达工作在 J 频段(10 ~ 20 GHz), 调频连续波体制, 采用快速傅里叶变换处理技术来保证较高的距离和速度识别率, 提供包括速度、位置和方向在内的动目标信息, 用于炮兵火力校射, 利用目标的音频和视频信号特征实现目标识别。



图 3 SQUIRE 雷达
Fig. 3 SQUIRE radar

2.2.3 Plextek 公司的 Blighter 雷达

英国 Plextek 公司 (Plextek Corporation) 的 Blighter 地面监视雷达如图 4 所示, 探测目标范围广, 涵盖了极低或极高速运动的目标, 主要用于国土安全、边境监控和地区与周边监视。由于该雷达未采用任何运动部件, 并利用电扫描技术, 因此可靠性极高, 可 24 h 昼夜连续工作, 平均无故障时间高达 10 000 h, 环境适应性好, 可在各种山地条件下作战, 适合装备特种作战部队。

常规雷达的俯仰波束通常较窄, 导致雷达在使用中存在探测盲区, 而 Blighter 却独辟蹊径, 采用了较宽的垂直俯仰波束, 从而有效增大了监视区域范围, 减小了探测盲区。在地形复杂的山区, Blighter 采用较宽的俯仰波束, 确保能够同时扫描山顶和峡谷, 无需倾斜雷达本身。在平坦的陆地和浅海地区, 宽波束也能用于快速检测低飞的飞行器。Blighter 雷达还能与雷达探测器、话筒、视频摄像机、振动传感器和化学探测器等其他传感器相集成, 实现功能互补^[14]。单套雷达可同时用 3 个不同的控制器来

控制, 每个控制器分别注视覆盖范围内的指定区域。多套雷达组网可支持宽域监视和目标三角测量, 是复杂战场环境下一种理想的动目标检测方案。

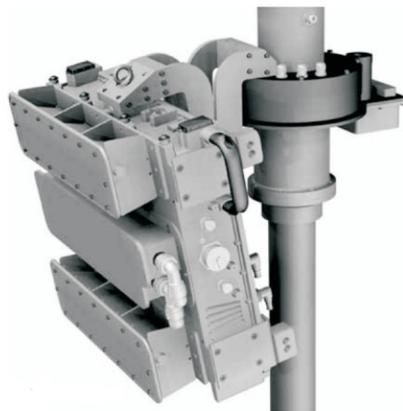


图 4 Blighter 雷达
Fig. 4 Blighter radar

2.2.4 EADS 公司的 BÜR 新型地面监视雷达

EADS 公司 (European Aeronautic Defense and Space Company) 的 BÜR 地面监视雷达工作在 X 频段, 采用有源相控阵体制, 主要用于探测地面和低空运动目标, 探测距离分别为 24 km (步兵)、35 km (155 mm 炮弹落点) 和 40 km (直升机)。BÜR 雷达采用有源电扫描阵列 (AESA), 可同时执行多种侦察任务, 使雷达的作战效率和可靠性得到大幅提高, 一部 BÜR 雷达可当 3 部常规机扫雷达使用^[15], 目前世界上尚无同类产品可及。BÜR 之所以能提供如此高超的性能, 很大程度上得益于天线内部数量庞大的收发组件, 这种组件由 EADS 公司利用特殊的高频材料制作而成。BÜR 也可装在全地形装甲车上实时机动作战, 由操作员在车内完成操作, 无需下车, 力图确保“无人员伤亡”的作战理念。德军 2015 年计划采购 80 多套 BÜR 雷达, 用于增强部队的情报收集与侦察能力。

2.3 其他典型的地面战场侦察雷达

2.3.1 俄罗斯的地面监视雷达

俄罗斯地面战场侦察雷达主要包括 FARA-1、CREDO-M1、CREDO-1E 雷达^[16], 其性能指标见表 1。

表 1 俄罗斯地面战场侦察雷达主要性能指标
Table 1 Primary specifications of Russian GSRs

雷达	工作频段	探测距离/km				测量精度		质量/kg
		行人	车辆	直升机	155 mm 炮弹	距离/m	方位/(°)	
FARA-1	J	2.5	5	-	-	20	0.90	16
CREDO-M1	Ku	8.5	<20	-	-	25	0.30	50
CREDO-1E	Ku	15.0	<40	35	15	10	0.12	105

俄罗斯 FARA-1 轻便式集群目标武器引导和侦察雷达用于侦察地面运动目标,在缺乏光学能见度的情况下引导机架上的自动武器瞄准目标,在自动状态下发现入侵者时能发出声、光报警。FARA-1 是连续波多普勒雷达,在指定观测扇区内可自动探测运动目标,根据声音信号特点识别目标类型,并通过标准接口发送信息。CREDO-M1 雷达是多普勒脉冲相干雷达,可自动搜索和确定运动位置,在地形图上显示目标状况,形成运动轨迹。CREDO-1E 雷达除用于侦察地面运动目标之外,还可校准火炮射击。

2.3.2 以色列的 EL/M 系列地面监视雷达

以色列艾尔塔公司(ELTA Systems Corporation)的 EL/M-2140NG 地面监视雷达是一种连续脉冲压缩的陆基远程运动目标侦察雷达,工作频率为 L/J 频段(8 ~ 12.5 GHz),质量约 65 kg,检测目标包括行人、车辆、低飞的固定翼飞机、直升机和滑翔机,还能用于炮兵火力校射。它既能固定在观察站点,也能安装在车辆上;采用全固态技术,无活动部件,可靠性高,能自动监测感兴趣的移动目标。

EL/M2112 系列地面监视雷达采用同时多波束技术,具备大区域持久监视和瞬时目标跟踪能力,既可用于地面监视,也可用于检测恶劣海情条件下的海面目标。该雷达采用 4 副固定平面天线,每副天线覆盖 90°扇区,可根据相关的背景地图选择地面目标检测或海面目标检测,实现自适应处理,用户可选择 2D 或 3D 数字地图显示。M2112 雷达工作

在 X 频段,能同时跟踪 500 个目标,跟踪精度高达 1 ~ 2 m。M2112 系列共有 5 种型号,2107 是其中最轻小型化的一款雷达,质量仅 3.5 kg,能检测 300 m 以外的人员和车辆;2112 作为功能最强大的一款,能检测 20 km 以外的行人和 40 km 以外的车辆^[17]。

2.4 地面战场侦察雷达的应用情况

随着军事重点从高强度的常规战争转向非对称战争和精确打击,要求地面战场侦察雷达不仅能实现对地面目标的探测、分类和识别,提供更为详细的目标数据,还要求进一步改进可靠性,提升对单兵作战至关重要的轻便性,以满足陆军步兵网络中心战需求。地面战场侦察雷达一般采用 3 cm 或更短的波长,以提高精度,减少体积和重量。

美、法、英、俄、德、以色列等近 20 个国家共研制和装备了 150 余种型号产品^[18],其中泰勒斯公司的 Rasit、RB-12、BOR-A 550 和 SQUIRE 等雷达以及艾尔塔公司的 MDSR(EL/M-2129)或 PPS-5(现已被 SRC 公司升级为 PPS-5D 型)是地面战场侦察雷达用于安全应用的几款典型代表。英国 Plextek 公司还特别针对反恐和非对称作战开发了 Blighter 雷达系列。这些雷达不仅能单独使用,而且能够集成到大型的安全系统中,为保证前线部队、油库、基地和机场等重要设施的安全发挥重要作用^[19]。

2.5 国外地面战场侦察雷达主要性能对比

国外典型的地面战场侦察雷达主要性能指标对比如表 2 所示。

表 2 国外地面战场侦察雷达主要性能指标对比
Table 2 Comparison of primary specifications among foreign GSRs

国别	型号	技术体制	工作频段	分辨率		天线形式	探测距离/km				发射机形式	扫描速率/(°/s)	波束宽度		峰值功率/W	遥控方式/m	质量/kg	显示方式	MTBF/h	抗干扰措施
				距离/m	方位/(°)		行人	轻型车辆	坦克	直升机			水平/(°)	垂直/(°)						
荷	SQUIRE	调频连续波	L/J	—	—	平板	10	15	24	14	固态	0.7, 14	2.4	8.0	1.00, 0.10, 0.01	有线, 100	35	彩色 LCD, 耳机	600	低截获概率
以	EL/M-2140NG	全相参/脉压	L/J, 带宽 500 MHz	—	—	—	15	30	33	25	—	5 种, 最快 24	1	6	70	有线, 50	43	彩色 TV 显示器, 耳机	—	扩频, 频率捷变, 超宽带
英	MSTAR	相参脉冲多普勒	J(10 ~ 20 GHz)	40	2.7	抛物面	15	25	38	28	固态	—	2.7	4	1 ~ 10	有线, 40	46	场致发光平板显示器, 耳机	750	脉冲压缩, 频率可选, 低副瓣天线, 低发射功率
德	BOR-A550	全相参/数字脉压	L/J	—	—	抛物面	11	22	26	21	固态	2.8, 30	—	—	0.025 ~ 3.000	有线, 无线/300	75	综合显示器, 耳机	2000	扩频, 频率捷变, 功率管理, 低发射功率

续表 2

法	Rasit	相参脉冲多普勒	9.5~9.7 GHz 10个预选频率	40.0	2.8	抛物面	18	24	30	28	固态	9.56, 2.80, 11.25	2.7	4.0	2.2~3.0	有线, 50	B型显示器, 耳机	—	相干接收, 多普勒滤波, 跳频, 天线变极化
美	ARSS	全相参/脉压	L/J	25	2.5	—	10	15	30	15	—	1.3, 2.6, 3.8	—	—	5	—	25	B型显示器, 杂波图, 数字地图等	—

4 国外地面战场侦察雷达的发展特点

随着战场侦察监视与情报搜集的需求日益增长,世界各国对战场侦察雷达的需求急剧增长。各国根据各自的实际作战需求,强化军事需求牵引和作战应用导向,持续新技术开发,促进地面监视雷达优化,在提高 GSR 技术性能的同时,也在寻求降低成本的方案,不断探寻两者相结合的最优综合平衡方案。纵观国外地面战场侦察雷达的发展可以发现有三个显著特点。

(1) 采用新技术,雷达性能不断改进

20 世纪 80 年代后期,随着晶体管和计算机技术的发展,GSR 广泛采用固态电路,以减轻重量、提高机动性和简化操作。进入 21 世纪,由于微电子技术特别是计算机技术的迅猛发展和广泛使用,GSR 采用更先进的技术,如脉冲压缩、频率捷变、相控阵、低截获概率、雷达组网等^[20]。随着军事重点从高强度的常规战争转向非对称战争和精确打击,对地面战场侦察雷达提出了更高的要求,雷达不仅实现对地面目标的探测、分类和识别,还提供更为详细的目标数据,以及进一步改进可靠性、轻量化和功率效用等其他指标,尤其是对单兵作战至关重要的轻便性,以满足陆军步兵网络中心战需求。

(2) 雷达的机动性和适用性逐步增强,进一步轻量化

地面战场侦察雷达的作战使命就是在各种战场环境下感知战场态势,其生存的环境相当恶劣,因此运输方便、架设快捷成为设计时必须考虑的重点。为实现能“看得准、跑得快”,地面战场侦察雷达系统设计非常重视体积、重量、功耗等指标,国外地面战场侦察雷达在设计上都注重降低重量和功耗,以利于人力携带和搬运,并能适应多种架设工作方式以及遥控操作。目前,国外开发的地面战场侦察雷达都采用模块化和快速拆装设计,采用低功耗电路、轻型高容量电池、高速处理器、平板显示器等简化雷达电路和结构形式,进一步减小雷达的体积和

重量,提高整机可靠性和轻小型化水平。

(3) 雷达与多传感器平台综合

国外地面战场侦察雷达在数十年的发展过程中,除了探测距离和精度的性能提升,还逐渐地与各种传感器平台综合,实现多传感器协同工作,组成多频谱/多传感器侦察系统。

目前,如以色列的 EL/M-2140、美国的 AN/PPS-5、英国的 MSTAR 雷达等都有与其他光电传感器的接口。泰勒斯公司开发了 Ravel 轻型雷达侦察车,将 BOR-A 550 远程地面监视雷达置于 4 m 高的可升降桅杆,再装在 Panhard PVP 战车之上。挪威维恩霍格公司 (Vinhog Company) 也开发了 Vingtaqs II 远程目标捕获和激光指示系统,由泰勒斯公司的 SQUIRE 雷达与其自主研发的昼用摄像机和 Sagem 公司的 MATIS 热成像仪组成^[21]。以色列航宇工业公司 (IAI Corporation) 的 EL/I-3302 快速部署机动情报平台 (RADMIP) 系统,也以越野车为平台,提供 GSR 和 EO/IR 监视能力。匈牙利柏迪亚电子公司 (Pro Patria Electronics Corporation) 也将两部或多部 PGSR-2i 雷达集成到一辆 MGS3 侦察车之上,实现更广泛的侦察与监视能力^[22]。

5 国外地面战场侦察雷达的发展趋势

未来进入安全和防务市场的雷达厂商不断增多,国外地面战场侦察雷达产品也会随之增多。信息化、网络化、陆海空天一体化的战争形态,对地面战场侦察雷达相应提出了更高的要求。总体来说,地面监视雷达未来发展将在雷达体制、应用频段和抗干扰应用上有新的突破。

5.1 体制上,新体制 GSR 将不断涌现

地面战场侦察雷达将不断采用新体制,进一步获取全天候、广域、低虚警和高可靠的持久监视能力。

(1) 主流体制的不断革新

英国 Blighter 雷达独创性地在调频连续波体制

中采用全相参脉冲多普勒信号处理技术,获得了极为优越的地杂波对消能力,可探测极慢速运动目标。匈牙利柏迪亚电子公司开发的 PGSR-2i“小猎犬”侦察雷达采用准连续波体制,并通过公司自主研发的自适应区域控制软件来控制扫描扇区,在增大雷达作用距离的同时,又避免了脉冲雷达脉冲峰值功率高的缺点,改善了雷达低截获能力^[23]。随着 AESA 主流技术的推广,地面监视雷达可实现更高的可靠性和更强的作战性能,将侦察雷达扇区探测和点目标监视相结合,边搜索边扫描,同时完成对敌方敏感区域探测和重点目标跟踪。未来还将从昂贵、耗能的 AESA 军用雷达技术转向新的、成本低得多的无源电扫描阵列(PESA)雷达技术。相对 AESA 而言,低功耗的 PESA 技术有显著优势。PESA 虽然最初的设计较为困难,但只要生产出能在发射和接收通道对称使用的电扫描模块,仅需极低的功耗就能使机内温度较低,从而获得较高的可靠性。固态 PESA 雷达在扫描期间雷达的微波波束完全固定,得以探测杂波环境中极小的慢速运动目标。

(2) 创新体制的深化应用

未来自适应雷达能根据周围环境进行识别和鉴定,并能根据需要调整其工作状态或自动改变参数,适应环境。地面战场认知雷达是基于知识的自适应雷达,具有识别能力,即在感知周围环境及外部世界的基础上,利用先验知识并通过与环境的交互作用进行学习,接收机和发射机均能实时地与环境同级变量自适应,从而可以有效可靠地达到特定的侦察探测目的。

随着激光技术的发展和成熟,激光雷达将极高的工作频率(较微波雷达的工作频率高 4 个数量级)和成熟的雷达技术相结合,将光、机、电融合于一体,形成具有独特性能的崭新雷达体制,使得雷达的分辨率和“五抗”能力(抗电子战能力、抗反辐射导弹攻击能力、抗低空/超低空突防能力、抗隐身目标和高功率微波武器能力)有较大飞跃,在低可观测性目标探测、高分辨率目标识别、高精度跟踪/测量等方面表现出明显的技术优势。

5.2 频段上,毫米波 GSR 将广泛应用

加拿大 K&G 频谱公司(K&G Spectrum Corporation)以自主开发的直接序列扩频专利技术为基础,开发了 SR-3030/0303/4505 毫米波 GSR,工作频率为 24.125 GHz,平均无故障工作时间为 100 000 h,基本不需要维护,非常适合周边监视应用。英国耐威技术公司(NAVTECH Company)开发了 W500/

W350/W200 等系列毫米波 GSR,工作频率为 77 GHz,可与光学/红外(EO/IR)传感器一起组成周边安全系统^[24],实现威胁检测和态势感知,自动跟踪周边或广域范围内的入侵者。

毫米波地面监视雷达的可用频率范围超过整个微波雷达的频率覆盖,毫米波雷达以其特有的重量轻、体积小、雨雪云雾和战场烟尘穿透力强等优势而备受推崇,是 GSR 实现宽频带、高分辨、高概率识别和抗干扰反隐身的主要发展方向。未来随着毫米波器件水平的提高和计算机技术的发展,毫米波 GSR 将进一步推广应用。

5.3 应用上,向雷达组网方向发展

现代化信息战要求实现战场态势和武器装备的共享,地面战场侦察雷达组网是现代战争需求和雷达发展的必然趋势。GSR 组网既能扩大地面监视雷达的覆盖范围,又能提高雷达的抗摧毁、抗干扰、反隐身能力,通过所建立的计算机网络和指挥情报传递控制链路,构成动态、一体化、智能、高效的地面战场侦察雷达网络,其效能较单站 GSR 产生质的飞跃。地面监视雷达组网将多部不同体制、不同平台、不同频段、不同极化方式的 GSR 适当布站,对网内各部雷达的信息完成“网状”收集和传递^[25],由中心站进行综合处理和控制在管理,形成一个统一的有机整体,并将雷达与其他光电探测器相结合,互相取长补短,充分发挥各自优势,资源共享。

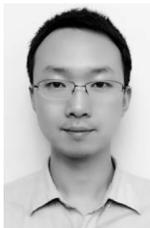
6 结束语

夺取信息优势是当代与未来战争取胜的关键要素,地面战场侦察雷达是获取战场情报的主要信息来源,是信息化战争中不可缺少的信息探测装备。目前,世界各国都将边境监视、高价值目标保护和军队防护等本土防御任务作为头等大事,国外政府把战场侦察雷达作为优先投资项,国外多家雷达厂商针对现代反恐作战和边防、非法入侵、走私等安全问题开发了近程、中程和远程系列化地面战场侦察雷达,以适应不同的作战需求。地面战场侦察雷达将以体积更小、成本更低的平台来取代以前体积大、价格贵的角色,在面向安全、反恐、边防、要地/前线部队保护任务中获得全新的应用。未来地面战场侦察雷达将朝着小型化、多功能、多体制、多传感器数据融合、高可靠性、高生存能力、高抗干扰能力的趋势发展,成为真正的兵力倍增器。

参考文献:

- [1] 雷厉,石星,吕泽均,等. 侦察与监视[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
LEI Li, SHI Xing, LYU Zejun, et al. Reconnaissance and Surveillance [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008. (in Chinese)
- [2] 郑志宽,何强,韩壮志. 战场侦察雷达的研究与发展[J]. 飞航导弹,2013(10):75-79.
ZHENG Zhikuan, HE Qiang, HAN Zhuangzhi. Review on Battlefield Surveillance Radar Development [J]. Aerodynamic Missile Journal, 2013(10):75-79. (in Chinese)
- [3] Army Radar and Associated Equipment[EB/OL]. [2015-02-25]. http://www.combatindex.com/tech_man/radar.html.
- [4] SRCtec Receives Contract to Produce Radars for Ground-Based Sense and Avoid[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.srcinc.com/news-and-events/press/2014/02-28-2014.html>.
- [5] SR Hawk™ Surveillance Radar[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.srcinc.com/what-we-do/radar-and-sensors/sr-hawk-surveillance-radar.html>.
- [6] Communications and Integrated Systems Integrated Surveillance Systems[EB/OL]. [2015-02-25]. http://www.telephonics.com/cis_iss_overview.php.
- [7] Hughes R. MBDA details Reaper's Dual Mode Brimstone tests[J]. IHS Jane's IDR, 2014(5):34-37.
- [8] ICx Technologies Providing Key Equipment to Enhance Security at Super Bowl LXII[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.businesswire.com/news/home/20080128005919/en/ICx-Technologies-Providing-key-Equipment-Enhance-Security.html>.
- [9] ICx Technologies Unveils STS-1400 Perimeter Surveillance Radar[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.prnewswire.com/news-releases/icx-technologies-unveils-sts-1400-perimeter-surveillance-radar.html>.
- [10] Perimeter security uses advanced sensors to provide fail-safe intrusion detection[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.militaryaerospace.com/articles/2008/07/perimeter-security-uses-advanced-sensors-to-provide-fail-safe-intrusion-detection.html>.
- [11] AIMS Radar Specifications[EB/OL]. [2015-02-25]. http://www.dmtllc.com/downloads/Revised_AIMS_Specsheet-Nov2008.pdf.
- [12] Ground Radar USA, USNI Military database[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.militaryperiscope.com/mdb-smpl/weapons/sensors/grdradar/w0003502.html>.
- [13] SQUIRE Ground Surveillance Radar[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.thalesgroup.com/en/netherlands/defense/squire-ground-surveillance-radar.html>.
- [14] Plextek's Blighter B400 Series Radars Improve Perimeter Security[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.highbeam.com/doc/1G1-292588117.html>.
- [15] New Ground Surveillance Radar for German Forces[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.army-technology.com/news/News55885.html>.
- [16] Nikalayivich S. 侦察打击一体化系统和对地观测雷达系统[M]. 吴飞,吴曼青,译. 北京:国防工业出版社,2005.
Nikalayivich S. Reconnaissance-and-Strike Integrated System and Ground Surveillance Radar [M]. Translated by WU Fei, WU Manqing. Beijing: National Defense Industry Press, 2005. (in Chinese)
- [17] Israel in Focus: AESA radar emerges from US export shadow[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.flightglobal.com/news/articles/2014/01/20.html>.
- [18] Donaldson P. Surveillance Radar [J]. Military Technology, 2014(8):46-49.
- [19] Seffers G I. Future is Now for Army Radar [J]. Signal, 2014(10):23-25.
- [20] 吴根宝. 新型多功能地面战场侦察雷达系统[J]. 国防技术基础, 2007(5):54-59.
WU Genbao. New Multi-function Battlefield Surveillance Radar System [J]. Fundamentals of Defense Technology, 2007(5):54-59. (in Chinese)
- [21] Norwegian military to get battlefield radar from Thales and Vinghog[EB/OL]. [2015-02-25]. http://www.upi.com/Business_News/Security-Industry/2013/02/15/Norway-orders-Squire-radars.html.
- [22] A Perspective on EW Receiver Design[EB/OL]. [2015-02-25]. <http://www.ousairpower.net/APA-Maritime-ESM.html>.
- [23] 熊峰. 战场侦察雷达技术概述[J]. 电讯技术, 2007, 42(2):6-11.
XIONG Feng. An Overview of Battlefield Surveillance Radar Technology [J]. Telecommunication Engineering, 2007, 42(2):6-11. (in Chinese)
- [24] Perimeter surveillance radar[EB/OL]. [2015-02-25]. http://en.wikipedia.org/wiki/Perimeter_surveillance_radar.html.
- [25] 王小谟,张光义,王德纯,等. 雷达与探测[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
WANG Xiaomo, ZHANG Guangyi, WANG Dechun, et al. Radar and Detection [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008. (in Chinese)

作者简介:



王恒科(1981—),男,重庆人,2004年于电子科技大学获学士学位,现为工程师,主要研究方向为国际军贸市场。

WANG Hengke was born in Chongqing, in 1981. He received the B. S. degree from University of Electronic Science and Technology of China in 2004. He is now an engineer. His research concerns international military trading and marketing.

Email:alanwang108@qq.com