

doi: 10.7690/bgzdh.2019.11.003

外军典型地面一次性使用有源干扰机现状与发展分析

石 荣, 刘 江, 杜 宇

(电子信息控制重点实验室, 成都 610036)

摘要: 针对目前对地面一次性使用有源干扰机研究不全面的情况, 对外军地面一次性使用有源干扰机现状与发展进行分析。介绍外军此类干扰机的典型装备现状, 对其主要特点及在通信干扰与雷达干扰中的应用情况进行分析, 通过反映干扰攻击与防御之间的博弈关系, 展望其未来发展趋势。该研究可为地面一次性使用有源干扰机的技术研发与工程应用提供参考依据。

关键词: 电子干扰; 有源干扰; 一次性使用干扰机; 摆放式干扰机; 投掷式干扰机; 对干扰源的测向; 组网协同干扰; 智能化干扰

中图分类号: TP202 文献标志码: A

Current Situation and Development Analysis on Typical Ground-based Expendable Active Jammers of Foreign Armies

Shi Rong, Liu Jiang, Du Yu

(Key Laboratory of Electronic Information Control, Chengdu 610036, China)

Abstract: In view of the incomplete research on ground-based expendable active jammers, the current situation and development of these jammers of foreign armies are analyzed. The typical equipments of foreign jammers are introduced. Their main characteristics and applications in communication jamming and radar jamming are summarized. The future development trend is expected through the game relationship between jamming attack and defense. It can be the reference for technology development and engineering application of the ground-based expendable active jammer.

Keywords: electronic jamming; active jamming; expendable jammer; placement jammer; thrown jammer; direction finding for jammers; networking cooperative jamming; intelligent jamming

0 引言

一次性使用有源干扰机是指投放或预置到指定区域、对敌方电子信息设备实施干扰而不回收的小型电子干扰装置, 干扰对象包括敌方的各型雷达和通信系统等。虽然此类干扰机体积小、质量轻, 发射功率一般只有几瓦至十几瓦, 但能在近距离上对敌实施干扰, 所以使用较小的功率就能取得较好的干扰效果, 使得一次性使用有源干扰成为电子攻击行动中重要手段之一^[1-2]。

按照一次性使用有源干扰机所关联的平台来划分, 可分为机载、舰载和地面 3 大类别。机载平台上的一次性使用有源干扰机一般指机载拖曳式射频诱饵和机载空射射频诱饵, 主要用于产生欺骗性假目标来保护载机不受雷达跟踪与识别^[3-5], 其典型装备包括: “妖妇”“瞪羚”“斯特拉普”“塔尔德”等机载有源雷达诱饵^[6]。舰载平台上的一次性使用有源干扰机一般也是各种有源诱饵系统的重要组成部分, 主要用于对各种反舰导弹的雷达导引头进行欺

骗, 使导弹飞向诱饵, 从而保护舰艇的安全, 其典型装备包括“纳尔卡”“海妖”“托德”诱饵系统等^[5]。上述机载和舰载平台上使用的拖曳式或飞航式一次性使用有源诱饵在各类公开文献中已经被大量讨论, 但是对于地面上的投掷式或摆放式一次性使用有源干扰机的深入研究还不够全面, 没有形成系列化的分析与应用性的指导。

针对上述情况, 笔者以文献报道的外军典型地面一次性使用有源干扰机为素材, 对其现状与发展进行分析, 从而为后续此类干扰机的技术研发与工程应用提供参考。

1 外军此类干扰机的典型装备情况

当前对世界各国武器装备进行公开报道的权威性文献为简氏防务系列资料^[6], 除此之外, 公开发表的技术文献也会对相关装备的信息进行披露^[7-9]; 另一方面, 世界各国对于出口型武器装备也会主动公开其功能与性能参数。笔者基于上述文献资料,

收稿日期: 2019-06-24; 修回日期: 2019-07-07

作者简介: 石 荣(1974—), 男, 四川人, 博士, 研究员, 从事电子对抗, 通信与雷达系统研究。E-mail: wyx1719@sina.com。

对外军典型的地面一次性使用有源干扰机的相关情况进行归纳总结, 结果如表 1 所示。

表 1 外军典型的地面一次性使用有源干扰机

序号	名称	国家	生产厂家	主要性能指标
1	BLB20 人工布设一次性使用干扰机	法国	汤姆逊-CSF 公司无线电、通信电子战和保密分部	工作频率范围: 20~110 MHz; 输出功率: 20 W; 作用距离: 7~15 km; 信号带宽: 从 0.1~90 MHz 可编程; 持续干扰时间: 3 h; 尺寸: 260 mm × 260 mm × 100 mm, 质量: 4.3 kg。
2	RHS3140 人工摆放一次性干扰机	美国	雷卡公司	工作频率范围: 20~90 MHz; 输出功率: 10 W; 工作时间: 大于 2 h; 信号带宽: 1~31 MHz; 干扰波形: 连续伪随机噪声; 尺寸: 80 mm × 130 mm × 279 mm; 质量 2.5 kg。
3	“瑞奥特” 摆放式电子战系统	澳大利亚	AWA 防卫工业公司	工作频率范围: 20~90 MHz; 最大输出功率: 5 W; 对 5 km 范围内固定频率和慢跳频的无线电台实施有效干扰; 工作模式可编程。
4	KINTEX 火炮投掷一次性使用通信干扰机	保加利亚	金泰克斯公司	工作频率范围 HF 和 VHF, 干扰作用距离 700 m; 采用阻塞干扰方式; 工作时间: 1 h; 分为 3 型: ① STARSHEL “斯塔谢尔” 122 mm 单发干扰机; ② “斯塔谢尔” 152 mm 单发干扰机; ③ LILIA “莱拉” 单发干扰机。
5	3HC30 投掷式干扰机	俄罗斯	Splav 国家研究和生产企业	车载火箭发射, 弹径 152 mm, 火箭长 3 026 mm, 工作频率范围: 1.5~120 MHz, 干扰机重 8.2 kg; 射程最大可达 22 km。可在 700 m 有效作用半径内工作 1~1.5 h。
6	XM867 火炮投掷一次使用干扰机	美国	洛拉尔·仙童公司	155 mm 口径火炮发射, 弹重 46 kg, 内装 5 个电子干扰装置, 工作频率范围 2~1 000 MHz, 最大射程 17.7 km。

外军典型的地面一次性使用有源干扰机的主要应用特点分析如下:

1) BLB20 人工布设一次性使用干扰机。

如图 1(a)所示, BLB20 是一次性使用阻塞式通信干扰机, 由单兵布设, 采用 1.8 m 高的杆状全向天线, 既可阻断敌方的跳频通信网, 又可用于己方的电磁作战训练。它采用连续干扰、间断发射、频段调整等工作方式, 干扰参数既可预先编程存储, 又可通过无线遥控链路注入。

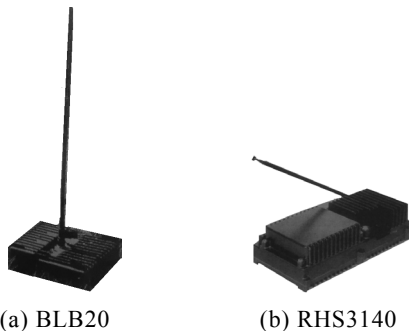


图 1 2 种典型的人工布设一次性使用干扰机

2) RHS3140 人工摆放一次性干扰机。

如图 1(b)所示, RHS3140 是一种阻塞式通信干扰机, 中心频率、信号带宽和接通时间均可软件编程设置, 采用一个磁性插塞接合器加电, 天线展开即可工作, 由特种部队人员放置, 用隐蔽的方式对付那些难以干扰或远距离干扰机作用范围以外的重要目标。

3) “瑞奥特” 摆放式电子战系统。

“瑞奥特” 主要用于干扰, 另外还具备一定的 ESM 电子支援侦察能力。针对一个特定目标信号,

可通过各种调制类型编程以取得最佳干扰效果, 而且对于某些特定频率或波段可事先声明要干扰或保护, 从而防止对己方频率的干扰。“瑞奥特” 摆放式电子战系统使用比较灵活, 既可以作为一次性使用干扰机, 又可作为布设的侦察设备, 可将其归入便携式电子战设备中^[10]。这是一款多功能装备, 具有一定的战时回收再利用能力。

4) KINTEX 火炮投掷一次性使用通信干扰机。

KINTEX 采用火炮发射, 使用自激活锂电池, 细分为 3 型。如图 2(a)所示, STARSHEL “斯塔谢尔” 型可对 VHF 波段内的固定频率或跳频的无线电通信实施干扰, 工作频率范围 20~100 MHz。如图 2(b)所示, LILIA 型可对频率调制和单边带调制的通信设备, 以及频率捷变和宽谱方式工作的通信电台实施有效干扰。

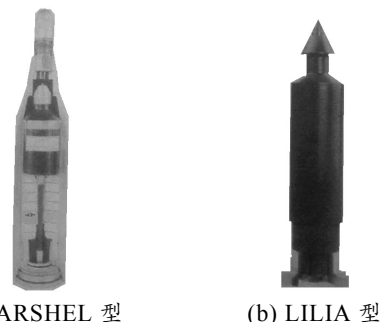


图 2 KINTEX 火炮投掷一次性使用通信干扰机

5) 3HC30 投掷式干扰机。

3HC30 由火箭发射, 每辆运输车上可安装 7 枚火箭, 火箭最大射程可达到 22 km, 可对 1.5~120 MHz 的通信电台实施干扰。

6) XM867 火炮投掷一次性使用干扰机。

一枚火炮炮弹内装 5 部小型一次性使用干扰机,如图 3 所示,每一部干扰机为短圆柱体,直径 127 mm,高 88.9 mm,带有一个消旋翼片和一根飘带,母弹到达预定区域上空大约 1 km 高度时,5 部干扰机依次抛出,以 40 m/s 速度着地后钻入地下 25~75 mm,然后天线伸出展开并启动干扰机实施通信阻塞干扰。

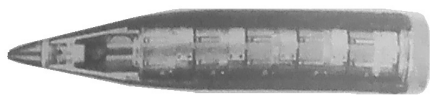


图 3 XM867 火炮投掷一次性使用干扰机

上述外军典型的地面一次性使用有源干扰机几乎都是针对通信终端实施干扰,除此之外还有美国的狼群网络化干扰机。该干扰机既可干扰敌方的战术通信终端,又可以干扰雷达传感器,体积小于 574 cm³,质量小于 1.36 kg,工作频段为 20~2 500 MHz,采用无人机或灵巧飞行器投放。这也反映出在地面雷达对抗方向上有使用一次性有源干扰机的需求。

2 针对雷达的地面一次性使用有源干扰机

如前所述,前面归纳总结的外军典型的地面一次性使用有源干扰机的作战对象大部分都是敌方的战术通信系统,实际上一次性使用雷达干扰机在机载和舰载平台的应用非常普遍,只不过这类干扰机在应用中通常被称为有源射频诱饵,主要有拖曳式和飞航式 2 种,而地面一次性使用有源干扰机的布设方式主要是摆放式和投掷式 2 种。

摆放式干扰机一般用于双方在一定地域内实施运动战时,预先摆放至预设地点,等敌方运动至此地点之后对其战术通信系统实施干扰,阻断其与外界的通信联络。实际上随着地面单兵便携式战场监视雷达的普遍采用,随着作战部队一起运动部署的电子设备除了各种通信电台之外,各种小型战场监视雷达也大量架设,在这样的交战环境下,预测敌方可能选取的雷达架设阵地,预先隐蔽摆放一次性使用雷达干扰机,在收到特定遥控指令之后,或是受外界的特定制雷达信号波形触发之后,对附近地域的地面监视雷达实施近距离压制干扰或假目标欺骗干扰。由于干扰距离非常近,所以用较少的干扰功率就可得到较好的干扰效果,干扰时间通常可以持续几小时,从而使敌方在预设区域的地面监视雷达丧失目标探测能力^[11]。

对于投掷式地面一次性使用干扰机可以采用火

箭炮或火炮发射方式,将干扰机投掷到几公里或几十公里外的敌方雷达阵地上。这些干扰机在落地之后会自动伸展展开天线并执行电磁干扰作战任务。虽然这些干扰机的发射功率并不大,可能只有 10 W 量级,但它们具有距离优势和数量优势,分布在雷达阵地四周,接收到的雷达发射信号强,检测处理容易。在如此近距离上,电磁环境也比较单纯,电磁目标数量少,且不存在接收灵敏度上的限制,信号分选识别十分简单,所以信号处理分析速度快、效率高。在此基础上,对雷达实施近旁瓣压制干扰或密集假目标欺骗干扰,而且无论雷达主波束指向哪个方位,在该方位附近总有地面一次性使用雷达有源干扰机存在,这样即使是一部先进的相控阵雷达也难以抗击如此数量众多的一次性使用有源干扰机的群体性攻击。

由此可见,地面一次性使用的有源干扰机不仅能用于对战术通信设备的干扰,而且对于地面雷达系统也能实施有效的干扰。

3 对干扰机测向与清除

前面展现了地面一次性使用有源干扰机对战术通信和雷达探测能够实施有效干扰。面对各种地面一次性使用干扰机发起的电子攻击,被攻击方也会主动采取各种防御手段来减轻或消除干扰所带来的影响。

实际上,目前很多单兵便携式电子侦察测向设备不仅具有对通信信号和雷达信号的侦察测向功能,而且也能够对干扰信号进行截获分析、识别分类,并对干扰信号的来波方向进行测量。采用 2 套这样的设备协同工作,可以对干扰源实施交叉定位,在此基础上及时采用人工或火力等方式对干扰机实施清除,从而排除附近区域中存在的敌方地面一次性使用有源干扰机。

这类装备早已经投入使用。如图 4 所示,匈牙利 TECHNIKA 对外商业公司在 20 世纪末研制的 HK-90 战术测向机就是这类装备中的典型代表。该测向机由单兵手持操作,工作频率为 20~90 MHz,分为 5 个子频段,灵敏度门限为 5 μV/m,采用 7.2 V 的电池供电,质量仅 3 kg,在不更换电池的条件下可连续工作 2 h,尺寸为 600 mm×350 mm×100 mm。HK-90 操作方便,在测定干扰机的方位之后,不仅会自动向操作人员反馈一个音频信号,而且该设备越接近目标,音频信号的频率就越高,从而引导操作员快速寻找到地面一次性使用有源干扰机,

并立即实施清除。

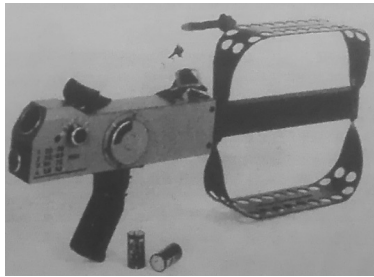


图 4 HK-90 战术测向机

采用 2 套 HK-90 战术测向机即可对地面干扰机实施测向交叉定位, 从而加快干扰机搜寻和处置的速度。由此可见: 地面一次性使用干扰机也并非万能, 在未来的设计与使用中还需要考虑干扰发射的隐蔽性和设备的隐藏性, 即所采用的干扰波形不仅要具有良好的干扰效果, 而且不易被射频测向机发现或测定来波方向; 设备的外观设计也需要考虑外形、色彩与周围的使用环境保持相容性, 使其不易被人工和光学侦察设备发现与识别。

4 地面一次性使用有源干扰机的发展趋势

通过从前面地面一次性使用有源干扰机的外军装备情况与应用特点的归纳总结, 可预测其未来发展趋势如下:

1) 体积质量会进一步缩减, 而功能会更加完善, 芯片式干扰机开始出现。

随着单片微波集成电路 MMIC 的快速发展, 目前已经有集成了低噪声放大器、振荡器、上/下变频器和控制器的集成化宽带变频收发集成芯片问世。这些芯片的性能可与常用的微波混合电路相媲美, 而且在商用领域已经大量应用。以前需要一个机箱来实现的宽带上下变频功能, 现在使用一块芯片就可完成, 目前商用领域大量使用的 AD9361 和 AD9371 芯片就是其中的典型代表。如此一来, 比较容易应用 MMIC 技术研制一种能在很宽频域上实施灵巧干扰的超小型干扰机, 而且外军已经开始发展“芯片式一次性使用干扰机”。这将是未来一次性使用有源干扰机的主要形态。

2) 可软件重编程, 既可对通信终端实施干扰, 又能够对同一频段的雷达实施干扰。

近年来, 地面使用的狼群干扰机就已经体现了这一发展趋势, 特别是软件无线电的普及, 电子设备功能软件化的发展趋势不仅覆盖了民用电子设备, 而且军用电子设备中很多功能都是由软件来实

现的, 所以软件重编程和功能重加载已经成为地面一次性使用有源干扰机的必然技术路线。在实际使用中, 可根据当前战场环境下面临的具体目标, 有针对性地加载干扰波形与干扰时序控制策略, 不仅能够对通信终端实施干扰, 而且可对同一频段的雷达接收机实施干扰。这一使用方式将极大地扩展地面一次性使用干扰机的应用范围, 并提升其作战效能。

3) 进一步提升智能化程度, 可相互组网增强群组协同干扰能力。

实际上, 美军研发的“狼群”项目中有一种一次性使用低功率智能干扰机就具备上述特点。该干扰机输出功率只有几瓦, 工作频率为 20~2 500 MHz, 质量小于 1.36 kg, 体积小于 574 cm³, 最大干扰距离 4.828 km。干扰机分为睡眠、监视、工作 3 种工作状态, 工作时间分别为 60 d、10 d、5~10 h。这些干扰机以“群组”的形式构建一个自组织网络, 对敌方通信网络实施协同侦察和情报共享, 并进行干扰资源的统一调度, 合力形成最佳干扰效果。

在雷达对抗方面, 现代雷达大多向相控阵体制发展, 采用阵列空间选择性抗干扰方法, 使得传统的远距离集中式大功率干扰的效能急剧降低。一次性使用干扰机凭借其距离和数量优势, 通过 Adhoc 组网技术可将空间上成片分布的干扰机组成一个整体, 进行信息共享与时序控制, 从而实现对雷达的近旁瓣干扰和多方向干扰, 并且部分近距离干扰信号还从雷达天线的近场区进入, 将使以天线远场建模的空域抗干扰方法完全失效, 包括副瓣对消、波瓣自适应调零等, 从而将极大地提升地面雷达的对抗效能。

另外, 地面一次性使用干扰机的智能化发展中所需要关注的重点之一就是敌我辐射源的智能准确识别的问题。在现代战争条件下, 战场态势瞬息万变, 无论是摆放式还是投掷式地面一次性使用干扰机, 虽然向敌方阵地进行了布设, 但当我方进入这些地域之后, 这些布设的干扰机需要能够智能识别敌我, 只对敌方通信和雷达辐射源进行干扰, 而避开我方的电磁设备, 要求非常高。虽然可以对干扰机附设干扰遥控等功能, 但在战场电子对抗条件下, 我方的遥控链路也可能遭受干扰。这对地面一次性使用有源干扰机的自主识别、智能推理分析也提出了更高的要求。只有达到这一点, 才能确保在战场上我方用频的自由, 且不受自扰互扰的困扰。

4) 虽然在作战应用时一次性使用难以回收, 但

在平时训练中可再回收再利用。

限制一次性使用有源干扰机作战效能发挥的一个重要因素就是能源供给。目前几乎所有的一次性使用有源干扰机都采用电池供电，一旦电池电量耗尽，该干扰机的作战使命也就完结了。由此看来，只要能够更换电池或采用充电电池，这类干扰机的回收再利用也是可行的。例如：电子战部队在平时训练时，此类干扰机完全可以回收和多次重复使用。如今采用锂离子供电电池已经是非常成熟的一项技术，在某些条件下还可以考虑附加适当的太阳能电池充电机制来增强能源积蓄的手段，从而使得地面一次性使用有源干扰机的寿命更长，发挥的效能更大。

5) 地面应用方式和布设方式更加多样化，除摆放式、火箭/大炮等投掷式之外，也可采用微小型无人机携带降落式，或空投伞降式等。

笔者对摆放式和火箭/大炮发射投掷式有源干扰机进行了比较详细的介绍，实际上除此之外，还可以采用飞行器携带投弹箱在目标区域上空实施空投伞降方式。只不过采用空投方法需要具有一定的局部空中优势，而且飞机驾驶员还要冒一定的风险进行投放；如果采用小型无人机实施空投其风险要小许多，特别是现在小型无人机得到广泛应用的条件下，更加具有吸引力。

6) 干扰与干扰机定位清除之间的斗争会更加激烈。

地面一次性使用干扰机，对该干扰机实施测向的便携式电子侦察设备之间的较量会一直持续进行。针对上述情况，在某些作战行动中也在考虑将一次性使用干扰机和伞降地雷一起布设，以形成一个难以人工短时清除的障碍区，从而阻止对方对地面一次性使用干扰机的清除。甚至有的地面一次性使用干扰机就与弹药一体化设计，只要启动工作之后，一旦受到外界的搬移，就会自行引爆，产生一定的杀伤效果，一方面阻止敌方人员实施清除行动，另一方面也起到自毁的效果。

对于干扰实施方来讲，除了外形伪装与隐蔽干扰之外，还可以采用多部干扰机协同干扰的方式，在同一频段上同时发射干扰信号。这样的干扰模式将给干扰信号快速检测与精确测向带来较大的困扰。另一方面，被干扰方除了采取必要的电子防御措施之外，还可以与火力手段相结合，借鉴工程兵快速开辟雷场通道的工程设备，对重要通信节点和

雷达站周围的地面环境实施拉网式清理，能够极大地降低布设于该区域中的地面一次性使用干扰机的生存概率。

5 结束语

从外军典型的地面一次性使用有源干扰机的装备情况可以看到：该类干扰机不仅可以用于对通信终端的干扰，而且可以对雷达传感器实施干扰；并且这样的干扰方式在某些作战条件下将发挥巨大的作用，也是对传统电子进攻方式的重要补充。另一方面，电子攻击与防御之间的冲突在地面一次性使用干扰机的应用中也展现得淋漓尽致，凸显了电子对抗中矛盾对立统一的重要特点。展望未来，地面一次性使用有源干扰机不仅会得到大力发展，而且会在现代电磁频谱战中创造出更多更新的作战样式，从而为电子攻击手段的多样化发展提供更好的选择。该研究可为地面一次性使用有源干扰机后续的技术研发和工程应用提供参考。

参考文献：

- [1] ANDREA D M. Introduction to modern EW systems[M]. USA: Artech House Inc., 2012: 1-22.
- [2] DAVID L A. EW104: EW against a new generation of threats[M]. USA: Artech House Inc., 2015: 5-52.
- [3] 唐峥钊, 董春曦, 畅鑫, 等. 基于拖曳式干扰机的 ISAR 微动散射波干扰方法[J]. 航空学报, 2018, 39(7): 185-191.
- [4] 王朝晖, 王向飞. 机载空射诱饵作战应用分析[J]. 国际航空, 2016, 61(8): 20-22.
- [5] 张杰, 陈栋, 田宗浩. 弹载通信干扰机部分频带干扰最佳压制比的确定[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(S1): 169-171.
- [6] STREETLY M. Jane's Radar and Electronic Warfare System[M]. 22th edition. UK: HIS Jane's, HIS Global Limited, 2010: 429-611.
- [7] 孙明亮, 黄戈. 通信干扰弹——用于通信干扰的特种炮弹[J]. 现代军事, 2003, 29(1): 39-40.
- [8] 赵剑锋, 王国成, 张虎. 信息化战场上的致盲利器——通信干扰弹[J]. 国防, 2006, 23(12): 69-70.
- [9] 沈楠, 何俊, 齐锋. 投掷式干扰机压制地域通信网的作战运用研究[J]. 飞航导弹, 2010, 40(10): 45-49.
- [10] 石荣, 徐剑韬, 邓科. 基于外军典型便携式电子战装备的单兵电子对抗发展[J]. 舰船电子对抗, 2018, 41(1): 7-13, 36.
- [11] 石荣, 杜宇. 地基雷达近距离对抗的传输信道特性分析与利用[J]. 雷达与对抗, 2018, 38(2): 1-6.