

# 高功率微波非致命技术及武警海警部队应用展望

郝昱

中国兵器工业集团第206研究所, 陕西 西安 710100

**[摘要]**高功率微波技术具有明显的非致命特征,文中介绍了高功率微波非致命技术的基本概念和作用原理,根据作用对象分别对反电子设备和反人员两种微波非致命技术进行了描述,后续根据我国武警海警部队的使命任务和作战对象分析,认为未来微波快艇迫停技术在“建设海洋强国”战略的不断实施下将取得长足发展,已有的舷外机效应试验结果表明,长脉宽高功率微波将是该技术发展的主要方向。

**[关键词]**高功率微波;微波非致命技术;车辆/快艇迫停;武警海警

DOI: 10.33142/ec.v5i11.7143

中图分类号: TJ99

文献标识码: A

## Non Lethal Technology of High Power Microwave and Its Application Prospect in Armed Police and Marine Police

XI Yu

206 Research Institute of China North Industries Group Corporation Limited, Xi'an, Shaanxi, 710100, China

**Abstract:** High power microwave technology has obvious non lethal characteristics. This paper introduces the basic concept and action principle of high power microwave non lethal technology. According to the action object, it describes the anti electronic equipment and anti personnel microwave non lethal technology respectively. Subsequently, according to the mission and combat object analysis of China's armed police marine police force, it is believed that the microwave fast boat forced stop technology will make great progress in the future under the continuous implementation of the strategy of "building a strong marine country". The existing outboard machine effect test results show that the long pulse width high-power microwave will be the main direction of the development of this technology.

**Keywords:** high power microwave; microwave non lethal technology; forced stop of vehicles / speedboats; armed police marine police

### 1 高功率微波非致命技术概述

高功率微波(High-Power Microwave, 简称HPM)是指工作频率范围为0.1~100GHz,峰值功率高于1MW的强电磁脉冲,高功率微波武器一般由初级能源、脉冲驱动源、微波源、天馈线以及目标导引分系统构成,经过天线定向辐射的高功率电磁波可在目标区域产生极高的电磁场,其电场峰值达到数十千伏每米,该电磁场可对各种复杂的电子设备造成严重的干扰效应,导致其电路紊乱、系统死机等,使其无法正常工作,此外,工作在特殊频段的高功率微波可在人体皮肤产生灼痛感,从而驱散非合作人员。

由于高功率微波具有峰值功率高,脉宽短的特征,当微波停止输出时,电子设备可通过重启、重新供电等方式恢复原有的功能,而人体皮肤的灼痛感也在微波停止时快速消失,因此高功率微波武器并不会对目标造成致命的损伤效果,根据美国国防部对非致命武器定义:“不同于通过爆炸、击穿、粉碎等方式摧毁目标的常规杀伤性武器,非致命武器使用非物理破坏方式促使目标失能,是能把对人的致命和永久伤害及对财产和环境的非故意破坏降至最低限度的武器,其目的在于对人员和物资产生相对可逆的影响效果。”所以利用高功率微波可以达到对电子设备和人员的非致命杀伤效果,是一种典型的非致命武器。

### 2 微波非致命技术分类和应用现状

当前国内外均对微波非致命技术和应用开展了深入

研究,根据作用对象的不同,将微波非致命技术主要分为反电子设备和反人员两类,下面就两种非致命技术的作用原理、国外应用现状分别进行阐述。

#### 2.1 反设备微波非致命技术及应用情况

随着半导体技术和信息技术快速发展,各种电子设备的电路组成更加复杂,而且为了降低设备功耗,数字电路系统的工作电压已经降低至3.3V或者更低,虽然设备的处理能力和实现功能得到明显增强,但与此同时电子系统应对强电磁脉冲环境的兼容能力反而越来越低,为高功率微波打击非合作电子设备或者系统创造了有利条件,高功率微波对电子设备产生效应的主要通过两种途径,前门耦合和后门耦合,前门耦合是指高功率微波直接通过电子设备的天线等微波接受通道进入内部,由于前门耦合效率极高,所以该方式可轻易对电子设备造成严重的损害,但前提是发射的微波和目标工作频段严格一致;另外一种后门耦合,后门耦合是指高功率微波通过目标设备的通风孔、装配缝隙和裸露线缆等简介耦合至内部电路,从而产生影响。当高功率微波耦合至内部电路时,可致使其敏感元器件如半导体PN结等产生复杂的非线性效应,电路输出能力受阻或者超过额定工作电压而直接死机。当前高功率微波非致命反电子设备技术的主要应用方向包括:微波反无人机技术和车辆/快艇微波迫停技术,当前美国、德国等发达国家均在大力发展相关技术和装备,下面结合国

外研究现状分别就应用情况进行介绍。

### 2.1.1 高功率微波反无人机技术

无人机技术在近年来得到迅猛发展,但是各种非合作“低、慢、小”目标却对军事安全和社会安全造成严重影响,当前的反无人机技术以信息链路干扰为主,即对无人机的的主流工作频段如 2.4GHz、5.8GHz 以及 GPS 卫星导航频段实施定向干扰,该方式简单可靠,但是对遥控频段改装无人机或者高级别侦察无人机上述方式不再有效,高功率微波反无人机以强电磁脉冲直接作用无人机的电池、飞控计算机和速度解调模块,可直接导致无人机失控坠落,该打击方式不再受无人机工作频段限制,打击效果显著,可为重要的保护目标提供绝对安全空域。

2019 年 6 月美国空军宣布完成高功率微波反无人机设备 THOR(Tactical High-power Operational Responder)的研发,如图 1 所示,THOR 可发出短脉冲高功率的微波,瘫痪范围内的无人机的电子装置,令其坠毁,并可一次击落多架来袭的无人机。它的外观只是一个货柜箱,上方装了微波脉冲发射器,可作 360 度旋转并上下移动,应付来自不同方位的无人机。



图 1 美国空军高功率微波反无人机装备 THOR

### 2.1.2 车辆/快艇微波迫停技术

车辆/快艇微波迫停技术是高功率微波技术在非致命领域的典型应用,系统通过向目标车辆/快艇定向辐射指定频段的高功率电磁波束,远距离扰乱发动机的控制电脑(ECU)和传感器,导致发动机瞬间熄火、汽车/快艇逐渐失去动力减速直至停止,从而保护特定目标遭受可疑车辆的冲击或者对逃逸车辆/小艇实现低风险拒止,相对于传统的阻车钉、拦阻网以及硬接触逼停方式,微波迫停技术具备可机动部署、执法风险低、可隐蔽操作等优势,相关装备已经在奥运安保等重大活动中执勤列装。

美国于 90 年代就开始微波车辆/快艇迫停技术研究,也是国防部非致命性武器研究署(Department of Defense Non-Lethal Weapons Program)的重点发展方向,目前开展了基于窄谱和宽谱两种体制的迫停技术研究,并依据财年进度制定了详细的发展路线图,如图 2 所示。



图 2 美国微波车辆迫停技术发展路线图

同时,美国还开展了针对海上快艇目标的高功率微波迫停技术研究,如图 3 所示,2019 年美国海军发布的某 SBIR 项目中,提出明确的快艇拒止参数需求,具体要求微波发射频率采用 L 和 S 两种波段,其中 L 波段的微波源功率大于 30MW, S 波段微波源的输出功率大于 10MW,脉冲重复频率 100-300Hz,对快艇拒止距离可达 100m。



图 3 美国海军实验室开高功率微波迫停海上小艇目标试验研究

英国 E2V 公司 2018 年对外发布了高功率微波车辆/快艇拒止系统样机,如图 4 所示,该系统工作在 L 或 S 波段,在 UPS 供电的条件下,可以待机 2 小时,对外产品宣传资料显示其对电子点火汽车作用距离可达 30m,对快艇作用距离可达 40m。



图 4 英国 E2V 公司高功率微波车辆/快艇迫停产品

### 2.2 反人员微波非致命技术及应用情况

短时间的高功率微波不仅对电子设备有效,当工作在三毫米频段的高功率微波向人体辐照时,由于趋肤效应,电磁波的穿透厚度仅为 0.3mm,恰好可以在人体皮肤表层的神经末梢产生强烈的灼痛感,致使目标人员放弃原来的攻击意图,从而达到驱散非合作人群的目的,而且该频段的微波不同于其它微波,不会穿透人体,对人员身体内部无其它副作用,是一种理想的反人员非致命武器。

截至目前,美国已经研制了两款毫米波主动拒止系统(Active Denial System, ADS),如图 5 所示,均工作在三毫米波段,其中包括基于悍马越野车的低功率拒止系统和重型卡车载远距离拒止系统,最远距离可达 750m,经过了多轮军方组织的生物效应试验和志愿者拒止性能测试,并且已经在美国海军陆战队试用。



图 5 美国研发的两款毫米波主动拒止系统

由于现有的主动拒止系统均是采用相对论回旋管作为发射机,工作时必须提前进行超导冷却,耗时约 8 小时,无法满足机动部署和作战需求,因此美国在近期开展了基于氮化镓半导体技术的全固态拒止技术研究,雷声公司于 2016 年完成了 7kW 的毫米波固态拒止系统研发,该系统



采用了共计 6400 个大功率毫米波器件, 由于电路合成效率较低, 所以采用空间功率合成的方式实现拒止效应, 未来可以安装在轮式装甲车辆平台替代传统的超导聚焦型毫米波拒止系统。

### 3 微波非致命技术武警海警部队应用展望

进入新时代以来, 我国综合国力不断提高, 连续承办了 G20、亚太经合组织领导人会议、中非合作论坛峰会等一系列重大国际活动; “一带一路”战略的落地实施, 带动经济走廊建设稳步推进、互联互通网络逐步成型、境外投资大幅增长, 但是随着我国全球化发展步伐的加快和全球安全形势的变化, 经济社会安全和海外利益安全在国家安全体系中的地位日益上升。党的十八大提出了“建设海洋强国”的战略决策, 从国家战略高度对海洋发展做出了全面部署。武警海警作为一支国家武装力量, 在新时期被赋予了打击海上违法犯罪活动、维护海上安全的使命, 唯有强化海洋综合管理、提高维权执法能力、快速实现战略转型, 才能更好地契合国家安全及发展战略要求, 迎接现在及未来海上威胁的挑战, 保障国家边海防安全。

根据作战职能划分, 武警海警非战时以低烈度执法行动为主, 需要执行近海维权、海上缉私、海洋生态环境保护、海洋渔业管理等大量面向非武装人员的多元化作战任务, 在行动过程中会面临大量的非法捕捞船、走私快艇等对象, 对于拒不配合的目标, 只能采取喊话、跟踪和强制拦截的手段, 尤其是执行海上强制截停任务, 对目标船舶的速度、重量等条件要求苛刻, 不仅截停执法风险极高, 容易造成执法纠纷, 而且在对外国非法船只执行任务时还需要考虑社会舆论, 国际政治影响等, 因此可隐蔽操作、低风险、非接触式的高功率微波非致命技术及相关装备发展极为必要。

我国高功率微波非致命技术近年来虽然取得了快速发展, 但是目前的主要应用方向仍然是基于陆基平台的微波反无人机和微波车辆迫停技术为主, 而微波快艇发动机迫停技术研究相对较少, 但是伴随着我国“建设海洋强国”的战略不断实施, 非致命快艇迫停军事需求将会显著扩大, 未来高功率微波快艇迫停技术将会取得长远发展。

在微波快艇迫停技术方面, 前期我们利用不同技术体制的高功率微波, 对引线式和电启动式舷外挂机开展了大量的效应试验研究, 如图 8 所示, 结果表明虽然和汽车一样均为汽油发动机, 但是由于舷外挂机的发动机总成电路简单, 无论是两冲程还是四冲程, 均采用较为简单的化油器工作方式, 喷油和点火时序靠机械的凸轮轴传感器配合, 回路无电子芯片, 抗干扰性较好, 短脉宽微波对舷外挂机难以实现拒止效果, 而长脉宽的高功率微波对快艇发动机的拒止效果较好, 这些数据为后期开展海面高功率微波非致命拒止技术及装备研发奠定了坚实的基础。



图 8 舷外挂机高功率微波效应试验研究

未来快艇微波迫停系统作用示意图如图 9 所示, 既可以固定部署防止可疑船只进入保护区域, 也可搭载在武警海警执法船平台, 实现机动作拦截作战, 发射的高功率微波可扰乱发动机点火控制电路, 致使喷油时序和点火信号紊乱, 导致发动机快速熄火, 目标失去动力逐渐停止。



图 9 未来高功率微波快艇迫停系统示意图

## 4 结语

本文高功率微波非致命技术的基本概念和作用原理进行了介绍, 根据作用对象, 分别对反电子设备和反人员两种微波非致命技术进行了描述, 其中反电子设备以微波反无人机和车辆/快艇发动机迫停技术重点介绍了美国当前的研究现状, 后续根据我国武警海警的使命任务和作战对象分析, 认为未来微波快艇迫停技术在“建设海洋强国”战略的不断实施下将取得长足发展, 已有的舷外机效应试验结果表明, 长脉宽高功率微波将是该技术发展的主要方向。

### 【参考文献】

- [1] 翟岱亮, 张晨新, 胡帅江, 等. 高功率微波武器的性能分析及其防御[J]. 飞航导弹, 2012(5): 87.
  - [2] 丁茜, 韩福丽. 高功率微波武器防护[J]. 数字技术与应用, 2011(1): 87.
  - [3] 徐艳国, 胡学成. 高功率微波武器与雷达的对立及统一[J]. 中国电子科学研究院学报, 2011(2): 76.
  - [4] 徐长根, 董辉平, 许金锋. 高功率微波武器浅谈[J]. 黑龙江科技信息, 2010(21): 54.
- 作者简介: 郝昱(1964-)男, 汉, 陕西西安, 本科, 高级工程师, 主要研究方向: 高功率微波及北斗导航应用。