

反辐射导弹的发展及对抗措施

宋伟,伍晓华,徐世龙

国防科技大学电子对抗学院,合肥 230037

摘要 反辐射导弹是压制和摧毁对方防空雷达以及各种辐射源的重要硬杀伤武器,在现代信息化战争中发挥着越来越重要的作用。梳理了反辐射导弹的发展历程,分析了其发展趋势以及对中国的电磁威胁,探讨了有效应对的对策与措施。

关键词 反辐射导弹;电磁威胁;对抗措施

反辐射导弹是通过目标辐射源的电磁辐射进行自导引,跟踪并摧毁该辐射源的武器。伴随着信息技术的不断发展,反辐射导弹的性能也越来越先进。在信息化局部战争中,各类电磁辐射源如何面对性能日益先进的反辐射导弹的电磁威胁,是每个指挥员都应当重视和思考的问题。

1 反辐射导弹的发展历程

反辐射导弹从1966年“百舌鸟”反辐射导弹成功试射,到目前美军最新装备的AGM-88E先进反辐射导弹,反辐射导弹的发展历程基本可以分为3代,以美军反辐射导弹为代表对反辐射导弹的发展历程简要介绍^[1-2]。

1.1 第一代反辐射导弹

反辐射武器萌芽于第二次世界大战时期,但反辐射导弹的正式使用是在越南战争时期。越南战争期间,美军为应对北越从苏联引进的“萨姆-2”地空导弹的威胁,在“麻雀”空空导弹的基础上,改装生产了“百舌鸟”反辐射导弹。“百舌鸟”作为第一代反辐射导弹,

在越南战争中发挥了至关重要的作用,但也存在一些致命缺陷:一是导引头覆盖频段太窄。“百舌鸟”早期型号依靠多达18种导引头才覆盖了1~20 GHz频段;二是制导方式单一。只能沿着雷达发出的电磁波飞向目标,一旦对方雷达采用关机等措施,导弹就失去制导信息来源而无法命中目标;三是导引精度低、战斗部威力不足。即使对方没有采取对抗措施,“百舌鸟”的多数落点离目标的距离也超过20 m,对无装甲防护的软目标杀伤半径只有5~15 m。

1.2 第二代反辐射导弹

为了弥补“百舌鸟”反辐射导弹的不足,在越南战争后期,美军又在舰空导弹的基础上改装生产了第二代“标准”反辐射导弹。“标准”反辐射导弹与“百舌鸟”反辐射导弹相比,具有明显优势:一是射程远,飞行速度快;二是改善了系统抗干扰能力,装有位置记忆装置;三是战斗部威力约为“百舌鸟”导弹的2倍,有效杀伤半径增大(25~30 m);四是导引头覆盖频段显著改善,只需两种导引头,就可满足任务要求。

然而,作为战争期间的一种应急装备,“标准”反辐射导弹也有明显缺陷:一是结构复杂、不易维护;二是

收稿日期:2018-10-10;修回日期:2018-12-12

作者简介:宋伟,讲师,研究方向为电子对抗,电子信箱:sw20090510010@sina.com

引用格式:宋伟,伍晓华,徐世龙.反辐射导弹的发展及对抗措施[J].科技导报,2019,37(4):26-29;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2019.04.005

体积笨重,重达 620 kg,是“百舌鸟”的 3.3 倍,不利于战斗机挂载;三是价格昂贵,成本为“百舌鸟”的 5 倍,不利于大规模使用。

1.3 第三代反辐射导弹

20 世纪 80 年代,美国开始研制并生产第三代“哈姆”反辐射导弹。“哈姆”反辐射导弹发展至今已经拥有了 AGM-88A/B/C/D/E 等多种型号,且作为第三代反辐射导弹,具有许多显著优点:一是导引头覆盖频段宽。虽然“哈姆”只有一个宽带被动导引头,但频率覆盖范围达到 0.8~20 GHz;二是导引头灵敏度很高。除了能像“标准”那样从对方雷达旁瓣进行攻击外,“哈姆”甚至能从辐射最弱的尾部进行攻击,这使它更难被对方发现、识别和诱骗;三是采用雷达被动寻的制导以及红外和主动毫米波制导等复合制导模式,具有真正对抗雷达关机的能力;四是开始使用隐身技术,例如采用无烟发动机以减少红外特征信号,使其不易被红外寻的导弹发现和跟踪。

2 反辐射导弹的发展趋势

反辐射导弹发展至今,种类越来越庞大、性能越来越先进,基本趋势是向着宽频带高灵敏度、多模复合制导模式以及射程远、速度快、隐身能力强等优异战术性能方向发展^[1,3]。

2.1 宽频带高灵敏度

目前,反辐射导弹导引头的覆盖频段越来越宽,一种导引头基本覆盖 98% 以上的防空雷达,而且随着频段的不断拓宽,目前的反辐射导弹不仅对雷达有电子摧毁威胁,也对工作在相应频段的其他电子信息设备同样具有电子摧毁威胁。此外,反辐射导弹导引头的灵敏度越来越高,导引头不仅可跟踪雷达的主瓣,也能截获雷达波束旁瓣和尾瓣,且信号处理筛选鉴别能力显著增强,可从接收战场高密度(每秒百万次以上)的信号中分选出差别很小的雷达信号。

2.2 多模复合制导模式

新一代的反辐射导弹吸取了其他精确制导武器的成功经验,中段以全球定位/惯性导航(GPS/INS)技术控制,抗干扰能力强;末段则改用双模制导体制:红外+被动雷达或者主动毫米波+被动雷达,用以替代传统 INS+被动雷达制导。随着武器通用化程度的提高,未来反辐射导弹的末段制导方式必将更加丰富多样。被动雷

达制导只是反辐射导弹一种固有的制导方式,电视制导、激光制导、红外制导、主动毫米波制导等其他制导方式将会与之更加灵活地综合在一起。未来的反辐射导弹对辐射源的依赖将大大减少,将突破传统意义上的反辐射导弹,成为一种包含被动雷达制导方式的复合精确制导弹药。

2.3 射程远、速度快、隐身能力强

随着隐身技术的发展及其在装备中的广泛运用,反辐射导弹也开始逐步采用隐身技术以改变其目标特性,例如采用固体无烟火箭发动机以减少导弹自身的红外和可视特征,未来反辐射导弹还可能会使用涂覆吸波材料等雷达隐身技术,以提高突防能力。此外,新型动力技术大大提高了导弹速度和射程。例如“百舌鸟”反辐射导弹的早期型号,其速度只有 0.68 m/s,射程只有 12 km;发展到“哈姆”反辐射导弹,速度提高到 1.36 m/s,射程 80 km,能更有效地在防区外攻击快速反应、多层次的雷达防御系统。

3 反辐射导弹的电磁威胁

3.1 对电磁辐射源的战场生存威胁

反辐射导弹作为电子战领域专门攻击辐射源目标的硬杀伤武器,对各类电磁辐射源均有较强的战场生存威胁。其中雷达作为电磁辐射类目标的一种典型代表,辐射功率大、工作频段宽且对战争进程的影响作用大,因此也是反辐射导弹的重点攻击目标。在海湾战争中,以美国为首的多国部队在空袭前一个星期,就使用了近千枚 AGM-88A 和 ALARM 等各型反辐射导弹,几乎摧毁了伊拉克军队所有的地面防空雷达。半个月后,伊军仅剩一部雷达还在工作,因此,多国部队的飞机就可以如入无人之地般肆无忌惮地对伊拉克进行狂轰滥炸。随着反辐射导弹性能的不提高,对各类电磁辐射源的战场生存威胁也越来越大。

3.2 对防空武器系统的电磁压制威胁

现代战争中,由于反辐射导弹的使用,空中作战飞机的损失率大大降低。据美军统计,在未使用反辐射导弹前,平均近 10 枚地空导弹就能击落一架战机,而在使用反辐射导弹后,平均 70 多枚地空导弹才能击落一架战机。这说明反辐射导弹对压制敌防空武器系统具有重要作用。压制敌防空武器系统不一定要将其摧毁,只要使敌方的各类防空武器系统迫于威胁不能正

常使用即可。美军在越南战争结束后对“百舌鸟”反辐射导弹的使用效果进行了统计分析,发现发射的“百舌鸟”反辐射导弹中只有5%对“萨姆-2”地空导弹的“扇歌”制导雷达造成了实际性地破坏,但却成功压制了北越“萨姆-2”地空导弹近95%的发射率。

3.3 对作战人员的心理威胁

古人云:“用兵之道,攻心为上,攻城为下;心战为上,兵战为下”。在反辐射导弹对抗发展的历程中,各种型号的反辐射导弹,不仅成功摧毁了对方的装备,压制了对方的防空,最为重要的是击溃了对方的“心”。1枚反辐射导弹对雷达辐射源等电子信息设备或相关武器系统的杀伤半径并不大,但对对方辐射源阵地内及阵地周边的作战人员却具有较大的杀伤半径,由此产生对作战人员的心理威胁。比如“百舌鸟”反辐射导弹对无装甲防护的软目标,杀伤半径只有5~15 m,但对人员的杀伤半径却可达50 m;“标准”反辐射导弹对雷达天线的破坏半径为25~30 m,但对人员的杀伤半径却超过100 m。因此,地面作战人员,尤其是各类电磁辐射源的操作人员,在面对反辐射导弹攻击时,能否克服心理压力沉着应战是一个值得思考的问题。

4 对抗反辐射导弹的对策措施

反辐射导弹具有作用距离远、速度快、制导精度高、不易被探测等许多优点,但在工作原理上也具备一些不可克服的缺陷,例如被动导引头工作频段难以覆盖整个雷达频段,且对目标辐射源有依赖性等,这就为寻求对抗措施提供了方法途径^[4-5]。

4.1 低截获概率技术

反辐射导弹要对电磁辐射源进行攻击,必须首先截获电磁辐射源辐射的电磁信号,然后才能引导反辐射导弹实施攻击。如果电磁辐射源在工作的同时,能降低反辐射武器发现自身的概率,则反辐射武器发动有效攻击的可能性将大大减小,这在技术上称为低截获概率技术。

使用低截获概率技术,雷达会以极低的峰值功率探测空间、捕获目标,具有主瓣增益极高、副瓣增益极低的特点,接收机信噪比很高,可以探测到远距离的小目标。由于辐射的峰值功率极低,使反辐射导弹的被动导引头难以对其进行截获、分选、识别和跟踪,从而无法实时有效攻击。

4.2 告警诱偏

及时发现来袭反辐射导弹是实施反辐射对抗、迅速采取相应措施的前提条件。距离较远时可采用雷达观察,根据反辐射导弹与载机之间雷达反射截面积(RCS)的差异来进行告警;距离较近时可采用光学器材观察,反辐射导弹本身就是一个红外辐射源,可以采用红外技术探测反辐射导弹并发出告警;在天气情况较好的情况下,利用一些可见光的探测装置也能较好地发现来袭反辐射导弹。此外,还可使用一些专用的反辐射告警设备(专门用于截获、测量、识别来袭反辐射导弹的回波信号,并实时报警的电子设备),主要用于保护雷达。

另外,反辐射导弹是以被动导引头来跟踪辐射源,从而击毁辐射源的。被动式导引头多采用单脉冲体制,由于客观条件限制,导引头天线不能太大,且为便于捕捉目标,其天线波束宽度也不能太窄,一般为60°左右(例如AGM-88“哈姆”在搜索目标时波束宽度为50~60°),因此电磁辐射源目标只要在获得告警信息时及时关机,同时启动反辐射诱饵,就可达到诱偏反辐射导弹的目的。

4.3 关机

由于反辐射导弹对电磁辐射信号的依赖性,紧急情况下可以使用关机来对抗反辐射导弹的威胁。一般情况下,关机的时机应在电磁辐射源通过告警等手段发现反辐射导弹攻击征兆时,此时说明反辐射导弹已经发射,威胁迫在眉睫,应立即关闭雷达等电磁辐射源(断高压),停止辐射,使反辐射导弹失去导引,最终无法命中目标。

虽然目前反辐射导弹装有位置记忆装置,但由于其测量误差的存在,会导致位置记忆装置所记忆的目标位置存在误差,例如若反辐射导弹导引头定向误差为1°,则当雷达在距离反辐射导弹30 km时关机,此时反辐射导弹按丢失目标时的雷达位置实施攻击,误差约为523 m,在距离10 km时关机,误差约为150 m,具有一定的效果。

4.4 硬摧毁

对来袭反辐射导弹实施硬摧毁拦截,也是一种行之有效的电子防御手段。实施硬摧毁拦截有两种基本模式:一是使用防空火力对反辐射导弹的载机进行拦截,在未发射反辐射导弹之前就将其击毁;二是对来袭

反辐射导弹进行硬摧毁拦截。目前,在技术上具有可行性的拦截手段主要包括:高炮、低空超低空防空导弹武器系统、便携式导弹、弹炮结合防空系统以及部分空中战机拦截手段等,未来还有可能应用高功率微波武器与激光武器系统实施拦截。

4.5 复合对抗措施

反辐射导弹的快速发展,尤其是复合制导模式的使用,使得仅用单一对抗措施难以有效应对反辐射导弹的威胁,必须使用复合对抗措施。例如,在对抗美军 AGM-88E 先进反辐射导弹时,首先需要进行告警,获知反辐射导弹打击征候,为后期对抗提供预警时间;其次,在收到告警信息后,雷达辐射源主动关机并使用反辐射诱饵进行诱偏,此时 AGM-88E 反辐射导弹会由于失去辐射源信息而开启 GPS 导航或惯性导航,因此,还可采取 GPS 干扰进行对抗。而当 AGM-88E 反辐射导弹启动主动毫米波制导时,还应采取有源或无源干扰的方式与之对抗。如果这些措施的对抗效果都不理想,则可在反辐射导弹飞行末端实施硬摧毁拦截或启动引信干扰。

5 结论

反辐射导弹作为电子战手段中的一种硬杀伤武器,对各类电磁辐射源的威胁不言而喻,而且由于其发展迅速、性能先进,尤其是复合制导模式的使用,使得反辐射导弹的抗干扰能力与硬摧毁能力都得到显著提

升。在未来信息化战争中,只有做到高度重视、主观能动、灵活运用,才能有效应对反辐射导弹带来的新威胁。

参考文献 (References)

- [1] 宋广收, 鲍洪猛. 反辐射导弹的关键技术与对抗措施[J]. 军事学术, 2005(10): 78-80.
Song Guangshou, Bao Hongmeng. Key technologies and countermeasure of anti-radiation missiles[J]. Military Academic, 2005 (10): 78-80.
- [2] 鲁广策, 杨建军. 反辐射导弹及其对抗措施研究[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(6): 60-63.
Lu Guangce, Yang Jianjun. Research on ARM and its countermeasures[J]. Command Control & Simulation, 2007, 29(6): 60-63.
- [3] 桑成军, 李学森, 沙祥. 反辐射导弹发展趋势及对抗措施[J]. 舰船电子对抗, 2011, 34(2): 29-35.
Sang Chengjun, Li Xuesen, Sha Xiang. Development tendency of ARM and countermeasure[J]. Ship Electronic Engineering, 2011, 34(2): 29-35.
- [4] 胜军. 雷达如何对抗反辐射导弹[J]. 兵工科技, 2013(8): 38-41.
Sheng Jun. How does radar fight anti-radiation missiles[J]. Ordnance Industry Science Technology, 2013(8): 38-41.
- [5] 曲长文, 苏峰, 李炳荣, 等. 反辐射导弹对抗技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
Qu Changwen, Su Feng, Li Bingrong, et al. Countermeasure technology to anti-radiation missile[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012.

Development of anti-radiation missiles and countermeasures

SONG Wei, WU Xiaohua, XU Shilong

College of Electronic Engineering, National University of Defense Technology, Hefei 230037, China

Abstract Anti-radiation missiles are important hard-kill weapons for suppressing and destroying the enemy air defense radars and various other radiation sources, and play an increasingly important role in the modern information warfare. This paper reviews the development of the anti-radiation missiles, the development trend, electromagnetic threats to us, and the effective countermeasures, as well as the great importance to protect the normal performance of our various electromagnetic radiation sources in the combat and to effectively deal with the anti-radiation missile threats.

Keywords anti-radiation missiles; electromagnetic threats; countermeasures ●



(责任编辑 王丽娜)