

Research on the Ranking of Electro-Optic Interference Signal Intensity in Complex EME*

Junguang Gao, Fei Xue, Yijia Pan

Unit 63880, PLA, Luoyang
Email: gaojunguang611@sohu.com

Received: Oct. 23rd, 2012; revised: Nov. 6th, 2012; accepted: Jan. 15th, 2013

Abstract: Firstly, this paper introduces the elementary principle of electro-optic interference, and then it provides the ranking method of the electro-optic interference signal intensity such as Laser active interference signal, IR active interference, signal interference, and so forth. This method will be beneficial to construct the electro-optic interference signal environment with different intensity and examine the counter-interference capability of electro-optic observation-aiming devices and electro-optic PGMs to different interference signal intensity in complex EME.

Keywords: Complex EME; Electro-Optic Interference; Signal Intensity; Ranking

复杂电磁环境下光电干扰信号强度等级划分初探*

高俊光, 薛 飞, 潘毅佳

解放军 63880 部队, 洛阳
Email: gaojunguang611@sohu.com

收稿日期: 2012 年 10 月 23 日; 修回日期: 2012 年 11 月 6 日; 录用日期: 2013 年 1 月 15 日

摘 要: 本文在分析光电干扰基本原理的基础上, 提出了激光有源干扰信号、红外有源干扰信号等光电干扰信号强度划分的方法, 可在今后光电观瞄设备和光电制导武器训练任务中, 指导构建不同强度的光电干扰信号环境, 以考核复杂电磁环境下光电观瞄设备和光电制导武器对不同干扰信号强度的抗干扰能力。

关键词: 复杂电磁环境; 光电干扰; 信号强度; 等级划分

1. 引言

复杂电磁环境^[1], 是指在一定的战场空间内, 由空域、时域、频域、能量上分布的数量繁多、样式复杂、密集重叠、动态交迭的电磁信号构成的电磁环境。从它的定义可以看出, 复杂电磁环境是电磁信号在空域、时域、频域和能量上的表现形式。

随着世界新军事变革的不断推进, 战争形态正由机械化向信息化演变, 战场的复杂电磁环境正是这种战争形态演变的产物。为此, 加强复杂电磁环境下的训练是未来战争对我军提出的崭新课题。现代战场

上, 由于大量使用电子信息装备, 不仅数量庞大、体制复杂、种类繁多, 而且功率大, 使得战场空间中的电磁信号非常密集, 形成了极为复杂的电磁环境。

随着复杂电磁环境装备训练的逐步展开和深化, 复杂电磁环境构建要求也随之提高, 要求构建不同战场背景下不同强度的信号强度, 以训练考核不同信号强度下装备的侦察、干扰以及抗干扰能力。在信息化战争时代, 光电信号是形成战场复杂电磁环境的重要组成部分, 为了能够客观地、合理地评估复杂电磁环境光电装备的抗干扰能力, 对光电装备的作战对象光电干扰信号强度等级划分的研究是必要的。

目前, 国内外光电干扰信号强度等级划分方法多

*资助信息: 国家部委资助项目(07ZS27)。

为针对受训对象进行划分的,根据对受训对象的干扰效果不同,确定光电干扰信号强度,同样的干扰信号对不同的装备干扰信号强度等级可能是不同的,因为不同装备的抗干扰能力不一样,导致干扰效果不同,此种划分方法,对干扰信号强度等级划分较为容易,直接根据受训对象的干扰效果进行判定。但,也有专家提出,是否可以考虑光电干扰信号强度等级划分避开受训对象,客观地划分信号强度,直接由光电干扰信号的强度决定,对光电干扰信号强度直接进行划分,有利于考核不同光电装备在同一强度复杂电磁环境下的抗干扰能力,为此,本文致力于探索研究直接划分光电干扰信号强度的方法,以指导光电干扰信号复杂电磁环境构建,促进我军在复杂电磁环境下光电装备的训练。

2. 光电干扰的主要手段^[2]

为了构建能够逼真反映作战对象特点的光电干扰信号环境,为装备有机载和陆基(舰船)光电观瞄设备、光电制导武器等光电装备的部(分)队进行训练,提供相应的复杂电磁环境,光电干扰信号主要包括激光有源干扰信号、红外有源干扰信号、光电无源烟幕等。激光有源干扰包括激光压制干扰、激光高重频干扰和激光角度欺骗干扰;红外有源干扰是一种主动式干扰方式,它主要是利用干扰装备发射的红外辐射信号对来袭导弹等实施干扰,其作战对象包括红外点源制导导弹和红外成像制导导弹,具体主要包括红外诱饵弹和红外干扰机。

激光有源压制干扰作为一种主动式对抗手段,利用高能激光束干扰或损伤红外热像仪、电视摄像机、微光夜视仪、激光测距仪、激光目标指示器和激光自动跟踪仪等,也可直接破坏电视、红外、激光制导武器的光电导引装置,对抗装有红外成像末制导装置的巡航导弹和反辐射导弹的激光近炸引信,也可使人眼致盲。因此,激光有源压制干扰技术在光电对抗中占有十分突出的地位,发挥着重要的作用。

激光高重频干扰利用高重频激光信号,遮蔽激光测距机或激光制导武器的真实目标回波信号,将制导信号淹没在干扰信号中,使激光导引头对目标检测的不确定性增加,目标信息的截获概率降低,致使激光制导武器因无法提取不出信息而迷茫,或因提取错误

信息而被引偏,达到保卫受攻击目标的目的。激光高重频干扰利用高重复频率的脉冲激光器作为光电对抗的干扰源,无需对敌方激光脉冲信号进行编码识别和复制就能使假目标信号进入敌方信号处理系统,从而大大提高了对抗方的主动性和适应能力。

激光有源欺骗干扰是利用干扰装备发出假目标信息,以假乱真,欺骗或迷惑敌方激光威胁源的一种光电干扰方法。依据产生干扰方法的不同,激光有源欺骗干扰可分为同步转发式干扰和应答式干扰两种。激光有源欺骗式干扰装备的干扰对象主要是激光测距机(包括地面和空中,但主要以空中为主)和激光制导武器。对于激光测距机,激光有源欺骗式干扰装备发射高频激光信号,使测距机工作紊乱,不能正常测距,或使其测距信息出现错误。对于激光制导武器,激光有源欺骗式干扰装备产生干扰激光信号并发射到距保护目标一定距离的假目标上,从而使激光制导武器的激光导引头在搜索阶段或跟踪阶段产生角度偏差,跟踪攻击假目标,使己方目标得到保护。

红外诱饵弹多属烟火剂型,主要是通过烟火剂燃烧产生的红外辐射达到战术运用目的,从诱饵弹的形状看,有圆柱形、棱柱形及角柱形等多种;按其工作方式,则又可分为燃烧烛型、燃烧浮筒型和空中悬挂型三种;从装备对象看,又可分为机载型、舰载型及车载型三种。

红外诱饵弹主要有三种战术作用方法:诱骗、分散和淡化。

红外干扰机通常装备在各种军用直升飞机、固定翼飞机、陆军战车(装甲车、坦克)上,是对抗红外制导导弹、保卫飞行平台和战车,提高其生存能力的重要装备。红外干扰机的干扰方式主要是角度欺骗和大功率压制干扰。这两种干扰方式下,都需要预先侦察敌方威胁状况,以便在施放干扰时有针对性地调节干扰频率和干扰样式,所以红外干扰机需要和告警系统联合使用才能发挥作用。

光电无源烟幕干扰就是通过在空气中施放大量气溶胶微粒,来改变光信号的传输介质特性,以实施对光电探测、观瞄、制导武器系统干扰的一种装备,具有“隐真”和“示假”双重功能。烟幕从战术使用上分为遮蔽烟幕、迷盲烟幕、欺骗烟幕和识别烟幕四种。从干扰波段上,烟幕可分为可见光、近红外常规

烟幕, 红外烟幕, 毫米波和微波烟幕及多频谱、宽频谱和全频谱烟幕。

3. 光电干扰信号强度等级划分

为了保证在复杂电磁环境下对各种光电装备训练效果评估的客观性和公正性, 有必要对各种光电干扰信号强度^[3,4]进行等级划分。不同光电干扰信号类型的信号参数差别较大, 所以干扰信号强度应根据不同的干扰方式类型具体划分。一种干扰信号类型的、同样信号强度的干扰信号对不同技术水平的光电装备的干扰效果是不同的, 因此干扰信号强度等级应从干扰信号源的角度划分, 以保证等级划分的客观性。干扰信号强度等级的划分应紧密联系国内外光电干扰装备技术水平及未来技术的发展, 从而保证光电装备训练评估的针对性原则。

光电干扰信号强度指在接收点光电干扰信号的强度, 光电干扰信号强度与发射源、气象和距离远近等因素有关。

激光有源干扰信号强度划分首先应考虑目前激光有源干扰装备的国内外技术水平, 分析未来技术的发展, 特别是激光有源干扰设备对各种干扰对象的有效最大干扰距离, 据此对激光有源干扰信号强度进行等级划分。下面以激光压制干扰信号强度等级划分为例进行说明。

假设典型 YAG 激光压制干扰设备有效最大干扰距离 L km, 目前一般将信号强度划分为四级。所以取此激光压制干扰设备在 L km、 $0.7 L$ km 和 $0.4 L$ km 处的能量密度作为 YAG 激光压制干扰信号强度等级划分的关键点。具体计算 L km、 $0.7 L$ km 和 $0.4 L$ km 处的能量密度过程如下:

为了计算方便, 假设激光经大气传输后的光斑能量分布是均匀的, 这样的假设与实际情况有一定的偏差; 另外, 激光经大气传输后出现闪烁, 形成小亮斑。但是, 如果测量设备的光学接收口径较大, 对接收到的激光将会起到平均效果。

激光在不同距离处的光斑直径由下式(1)计算:

$$d_2 = d_1 + L \cdot \theta \quad (1)$$

式中:

d_1 ——主光学系统有效光学口径;

d_2 ——输出激光光斑在距离 L 处的直径;

L ——光斑测试处到激光干扰设备出光口的距离;

θ ——输出激光的发散角。

激光在不同距离处的能量密度由下式(2)计算:

$$D = \frac{E \cdot \tau \cdot \exp(-a \cdot L)}{(d_2/2)^2 \cdot \pi} \quad (2)$$

式中:

E ——输出激光能量;

τ ——设备光学系统透过率;

L ——光斑测试处到激光干扰设备出光口的距离;

a ——激光在大气传输时单位公里距离的衰减系数。

由上面公式(2)计算可得不同距离处激光的能量密度, 计算结果列于表 1。

所以, 将激光压制干扰信号强度等级划分如下:

按照光电干扰信号到达受训光电装备接收系统口面处的信号能量密度划分强度等级, 以 D 表示激光能量密度值(单位: J/cm^2)。当:

- 1) $D < E_L$ 时, 干扰信号强度定为 1 级;
- 2) $E_L \leq D < E_{0.7L}$ 时, 干扰信号强度定为 2 级;
- 3) $E_{0.7L} \leq D < E_{0.4L}$ 时, 干扰信号强度定为 3 级;
- 4) $D \geq E_{0.4L}$ 时, 干扰信号强度定为 4 级。

激光高重频干扰信号强度划分时, 假设激光高重频干扰设备的重复频率、脉宽等技术指标满足干扰要求; 激光角度欺骗干扰信号强度等级划分时, 假设激光角度欺骗干扰设备的编码识别能力、脉宽、转发精度等技术指标满足干扰要求; 具体划分信号强度等级可以参照激光压制干扰信号强度等级划分方法。

红外有源干扰信号强度划分时, 假设红外干扰设备的干扰时机、燃烧时间和投放速度等技术指标满足干扰要求, 然后根据红外有源干扰的基本条件压制系数 K 不小于 2, 以及当前红外有源干扰压制系数 K 的

Table 1. The energy density in different distance of the laser light transmitted through atmosphere
表 1. 输出激光经大气传输后在不同距离处能量密度

距离(km)	YAG 能量密度(J/cm^2)
$0.4 L$	$E_{0.4L}$
$0.7 L$	$E_{0.7L}$
L	E_L

技术水平, 结合未来技术的发展, 综合考虑再以一定的级别差 ΔK 将红外有源干扰信号的等级划分。

无源烟幕等级划分思路与前面红外有源干扰等级划分的思路基本一致, 假设烟幕遮蔽面积满足干扰要求, 光电无源烟幕衰减率当前的国内外技术水平为 η , 据此以 $\Delta\eta$ 的级别差进行等级划分。

4. 结束语

为了确保对光电观瞄设备、光电制导武器抗干扰能力训练效果评估全面、准确、客观、公正, 应坚持科学性、针对性和实用性的原则, 紧密结合当前光电装备作战对象光电干扰设备的技术水平, 力求可操作、可量化对光电干扰信号强度进行等级划分, 本文

只是提出了一种光电干扰信号强度划分的方法, 在具体的信号强度等级划分时, 信号强度级别差可通过建立专家组讨论而确定。

参考文献 (References)

- [1] 王汝群等. 战场电磁环境[M]. 北京: 解放军出版社, 2006: 15-21.
- [2] 王海燕. 光电对抗技术和装备的现状与未来[J]. 舰船科学技术, 2002, 24(4): 34-38.
- [3] GJB6137-2007. 合同战术训练光电干扰信号环境要求[Z], 2007.
- [4] GJB6138-2007. 合同战术训练光电制导武器信号环境要求[Z], 2007.