

地空导弹制导雷达综合抗干扰能力评估

陈永革, 刘 铭, 千民主
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘 要:对地空导弹武器系统制导雷达面临的主要干扰及其所采取的主要抗干扰措施进行了分析,建立了制导雷达综合抗干扰能力评估模型,对制导雷达综合抗干扰能力进行了评估。

关键词:制导雷达;综合抗干扰能力;评估模型

中图分类号:TN973 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2000)04-0021-03

1 制导雷达面临的主要电子干扰及采取的主要抗干扰技术

地空导弹武器系统的制导雷达在作战使用中可能面临的电子干扰形式概括起来有三大类:第一,欺骗式干扰,如敌方投放的角反射体、假弹头等假目标及敌方发射的模拟脉冲、倒相式角度跟踪、拖曳式距离波门等干扰信号;第二,压制、扰乱式干扰,如战场无线电设备的无意干扰、各类自然噪声干扰、敌方发射的连续波、调频连续波、噪声、多重同步脉冲、杂乱脉冲等干扰信号;第三,隐身与反辐射技术。这些电子干扰形式是制导雷达抗干扰技术的直接作用对象。

制导雷达抗干扰的实现一般通过以下四个方面:第一,提高基本抗干扰性能。如增大平均功率、增大天线增益、提高雷达综合分辨率等;第二,改进雷达工作体制。如采用相控阵、单脉冲、全相参等工作体制;第三,采用多种抗干扰技术措施。如频率捷变、副瓣抑制、脉冲压缩等技术;第四,制导体制抗干扰。如采用指令制导、红外制导、激光制导、毫米波制导、TVM制导等制导方式。

2 制导雷达综合抗干扰能力的评估

2.1 综合评估模型

基于上述讨论的制导雷达抗干扰所采取的四个方面措施,可以对制导雷达抗干扰能力进行如下总体上的划分(如图1所示)。

采用能力指数法建立制导雷达综合抗干扰能力的评估模型如下

$$E = K \cdot BE^a \cdot RE^b \cdot GE^c \cdot AE^d \quad (1)$$

其中: K —调整系数,是常数; BE —基本抗干扰因子; RE —工作体制抗干扰因子; GE —制导体制抗干扰因子; AE —技术措施抗干扰因子;

a, b, c, d —分别是对应于 BE, RE, GE, AE 这四种抗干扰因子的幂指数,代表其对综合抗干扰能力的贡献程度。

采用层次分析法中的1—9标度建立的这四种基本抗干扰因子对制导雷达综合抗干扰能力的贡献度的两两比较判断矩阵如表1所示。

关于矩阵中数值的具体含义可参见文献[1]。经

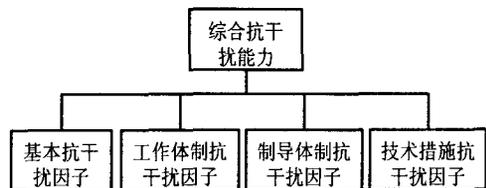


图1 制导雷达抗干扰能力划分

表1 两两比较判断矩阵

	BE	GE	RE	AE
BE	1	1/3	1/5	1/7
GE	3	1	1/2	1/3
RE	5	2	1	1/2
AE	7	3	2	1

检验,该矩阵具有满意的一致性。采用特征根法来求判断矩阵的特征向量,得到的判断矩阵最大特征值所对应的特征向量,即各抗干扰因子相对于综合抗干扰能力的权重系数。经计算,各权重系数为: $a=0.06$; $b=0.464$; $c=0.173$; $d=0.303$ 。

2.2 基本抗干扰因子评估模型

基本抗干扰因子 BE 与制导雷达的平均功率 P_{av} 、信号带宽 BS 、信号照射时间 T 、天线增益 A 、所能探测到的典型目标反射面积 RCS 、雷达分辨体积单元 Δv 等主要因素有关。可以看到, P_{av} 、 A 越大, BS 、 T 、 RCS 、 Δv 越小,雷达抗干扰能力越强。经过分析后,可建立评估模型为 $BE = \frac{P_{av} \cdot A}{BS \cdot T \cdot RCS \cdot \Delta v}$ (2)

2.3 工作体制抗干扰因子评估模型

在抗干扰能力模型中,一些基本因素如:工作体制抗干扰因子、制导体制抗干扰因子和技术措施抗干扰因子属于定性描述的因素,对它们的量化采用专家评估法来进行处理,其具体分析过程可参见文献[2]。目前,制导雷达常用的工作体制及其对雷达抗干扰能力的贡献度赋值如表 2 所示。

表 2 工作体制对抗干扰能力的贡献度

工作体制	相控阵	单脉冲	全相参	照射	线扫收发	连续波	圆锥扫描	红外	电视	激光
赋值	8	7	6	4	2	4	1	4	3	5

经过分析建立的工作体制抗干扰因子评估模型为 $RE = \sum_{i=1}^{10} \omega_i \cdot u_i$ (3)

其中, ω_i 取值为 0 或 1,某型雷达采用了该体制,则 $\omega_i=1$,否则 $\omega_i=0$; u_i 为第 i 种工作体制相对制导雷达抗干扰能力的贡献度。

2.4 制导体制抗干扰因子评估模型

目前常用的制导体制及其对制导雷达抗干扰能力的贡献度赋值如表 3 所示。

表 3 制导体制对抗干扰能力的贡献度

制导方式	程序	无线电指令	雷达驾束	激光驾束	红外驾束	跟踪干扰源	TVM	全主动
赋值	2	2	3	3	3	4	5	7

当多种制导体制在导弹的不同飞行段综合应用时(复合制导),制导雷达抗干扰能力的研究比较复杂,它与制导体制作用时间、制导体制交接班等多种因素有关,这里建立的制导体制抗干扰因子的简化评估模型为

$$GE = \sum_{k=1}^8 \omega_k \cdot u_k/n \quad (4)$$

其中, ω_k 取值为 0 或 1,某型制导雷达采用了该体制,则 $\omega_k=1$,否则 $\omega_k=0$; u_k 为第 k 种制导体制对抗干扰能力贡献度; n 为该制导雷达所采取的制导体制的种数。

2.5 技术措施抗干扰因子评估模型

目前制导雷达广泛采用的 12 种抗干扰措施及对制导雷达抗干扰能力的贡献度如表 4 所示。

表 4 技术措施对抗干扰能力的贡献度

技术措施	频率捷变	副瓣抑制	MTD	恒虚警	宽限窄	变重频	频率分集	极化可变	脉冲压缩	单脉冲	诱偏	复杂信号处理
赋值	6	2	4	4	2	2	2	3	4	3	4	2

在实际应用中,采取多种技术措施后,雷达的抗干扰能力近似于各自抗干扰能力的和值,因此,可建立技术措施抗干扰因子评估模型为, $AE = \sum_{j=1}^{12} \omega_j u_j$ (5)

其中, ω_j 取值为 0 或 1,某型制导雷达采用了该体制,则 $\omega_j=1$,否则 $\omega_j=0$; u_j 为第 j 种抗干扰措施对制导雷达抗干扰能力的贡献度。

2.6 模型综合及验证

综合上述,得到制导雷达综合抗干扰能力评估模型为

$$E = K \cdot \left(\frac{P_{av} \cdot A}{BS \cdot T \cdot RCS \cdot \Delta v} \right)^{0.06} \cdot \left(\sum_{i=1}^{10} \omega_i \cdot u_i \right)^{0.464} \cdot \left(\sum_{j=1}^{12} \omega_j \cdot u_j \right)^{0.303} \cdot \left(\sum_{k=1}^8 \omega_k \cdot u_k/n \right)^{0.173} \quad (6)$$

现以国外典型的几种现役地空导弹制导雷达来验证该模型,这些制导雷达的具体参数如表 5 所示。

表 5 典型地空导弹制导雷达的抗干扰技术参数

雷达型号	平均功率 (kW)	信号带宽 (MHz)	天线增益 (dB)	信号照射时间 (s)	目标反射面积 (m ²)	制导体制	抗干扰技术措施	工作体制
爱国者 (PAC-1)	6	5	40	0.01	2	程序+指令+TVM	频率捷变,恒虚警,复杂信号处理,MTD	相控阵
SA-10A	5	5	35	0.06	1	程序+指令+TVM	副瓣抑制,MTD,变重频,单脉冲	相控阵
SA-10B	10	5	38	0.06	1	程序+指令+TVM	副瓣抑制,MTD,变重频,单脉冲,恒虚警	相控阵
响尾蛇	0.05	4	24	0.05	1	红外+指令	恒虚警,MTD	单脉冲
SA-2	0.8	5	31	0.08	10	无线电指令	频率分集	线扫收发

综合模型中,取 $K=1$,经计算得到各种型号的抗干扰能力如表 6 所示(需要说明的是,由于分辨率体积单元 Δv 数据不详,处理时未做考虑)。

表 6 各型制导雷达的抗干扰能力评估值

雷达型号	基本抗干扰因子	工作体制抗干扰因子	制导体制抗干扰因子	技术措施抗干扰因子	综合抗干扰能力
PAC-1	1 200	12	2.67	16	11.59
SA-10A	583.3	13	2.67	11	12.61
SA-10B	1 266.7	15	2.67	14	14.22
响尾蛇	5.98	7	2.4	8	6.04
SA-2	6.02	2	2	2	2.14

可见,由上述模型计算出的综合抗干扰能力指数值符合专家对这几种型号地空导弹制导雷达抗干扰能力的定性认识,说明该模型是合理的、可行的。

参考文献

[1] 梁志平. 防空作战运筹学[M]. 西安:空军导弹学院,1995.
 [2] 李宏模,刘铭,赵英俊,等. 防空导弹武器系统分析[M]. 西安:空军导弹学院,1998.
 [3] 许瑞恩. 军事运筹学会与国防系统分析专业组 96 联合学术年会论文集[C]. 北京:军事谊文出版社,1996.

The Performance Evaluation of Synthetic Anti-jamming of Control and Guided Radar of Ground to Air Missile Weapon System

CHEN Yong-ge, LIU Ming, GAN Min-zhu
 (The Missile Institute, AFEU., Sanyuan 713800, China)

Abstract: The main jamming and anti-jamming measure of ground to air missile system is analyzed in this paper. The evaluating model the performance of synthetic anti-jamming is proposed. Moreover, the performance of synthetic guided radar is quantitatively evaluated.

Key words: guided radar; performance of synthetic anti-jamming; evaluating model