

防空武器装备体系化程度测评

胡绪杰, 张志峰, 程智峰
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:结合装备编配实际和对防空武器装备的要求,从宏观角度对武器装备体系化程度做出定量评估,建立了测评指标体系,运用幂指数法和线性加权法建立了防空作战武器装备体系化评估模型。模型反映了部队装备变化趋势,计算结果符合实际情况,对装备体系化建设有一定参考价值。

关键词:防空武器装备;体系化;程度测评

中图分类号: TJ768 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)06-0059-05

防空作战是一体化联合作战的特殊表现,是整个武器装备体系间的对抗。加强防空装备体系研究,建立测评体系,从宏观角度对防空武器装备体系化程度做出定量评估,使决策机关准确把握武器装备体系化的发展水平,对规划、优化装备体系,对提高武器装备体系的整体作战效能,对实施装备体系化建设提供科学依据具有非常重要的意义^[1]。

1 指标体系

武器装备体系是为完成一定的任务使命,由若干个互相联系的武器系统构成的整体。防空兵编制内的武器系统体系,主要包括侦察预警系统、指挥控制系统、火力拦截系统和综合保障系统4部分^[2]。结合防空兵武器装备编配实际将这4个部分进一步分解为2级指标、3级指标和4级指标,其评估指标体系参见文献^[3]。

2 评估模型

建立评估模型是按照自下而上逐级耦合的方法。首先分析给出最低层指标的统计计算模型,然后分析指标间的相互关系,逐级向上耦合,最后得到武器装备体系化评估模型^[4]。

2.1 侦察预警系统测评模型

$$1) \text{ 建立侦察卫星与预警飞机可用度模型为: } I_{1i} = \alpha \prod_{k=i}^n \frac{P_j}{T_j} \quad (1)$$

式中: I_{1i} ($i=1,2$) 表示侦察卫星可用度, P_j 表示上级得到的侦察卫星或预警飞机信息向下级的传输率; T_j 表示上级得到侦察卫星或预警卫星信息到向下级传输完毕的时间; n 为传送的级数; α 为调整系数,用以调节不同的数量级。

$$2) \text{ 建立警戒雷达模型为: } I_{13} = \frac{\sum_{l=1}^h K_l N_l}{N_0} \quad (2)$$

式中: I_{13} 表示警戒雷达的体系化评估值; K_l 、 N_l 分别表示 k 型警戒雷达的转换系数和装备的数量; h 表示测评

收稿日期:2007-05-25

基金项目:军队科研基金资助项目

作者简介:胡绪杰(1979-),男,山东青岛人,博士生,主要从事军事装备学研究。

对象需要的警戒雷达总数,以 LLQ08 为标准的其他雷达的转换系数(某一防空侦察预警雷达侦察效能相对于标准防空侦察预警雷达侦察效能的系数)见文献[1],警戒雷达的转换系数如表 1 所示^[1]。

表 1 警戒雷达的转换系数

类型	L1	L2	L3	L4
转换系数	0.69	0.79	1	0.30

$$3) \text{ 建立光学器材测评模型: } I_{14} = \frac{N_g}{N_{g0}} \quad (3)$$

式中: I_{14} 表示数字化光学器材比例; N_g 表示数字化光学器材数量; N_{g0} 表示光学器材总数。

4) 由于 I_{11} 、 I_{12} 、 I_{13} 、 I_{14} 分别反映的是侦察预警系统天基、空基和地基侦察预警能力,彼此独立而又可以互相弥补,所以采用线性加权法来评估侦察预警系统的体系化程度。得到侦察预警系统的评估模型为: $I_1 = I_{11}\lambda_{11} + I_{12}\lambda_{12} + I_{13}\lambda_{13} + I_{14}\lambda_{14}$ (4)

式中: I_1 侦察预警系统信息化测评值, λ_{11} 、 λ_{12} 、 λ_{13} 、 λ_{14} 为 I_{11} 、 I_{12} 、 I_{13} 、 I_{14} 的权重。权重的确定采用专家打分法。打分情况如表 2 所示。得到 λ_{11} 、 λ_{12} 、 λ_{13} 、 λ_{14} 分别为:0.225、0.225、0.450、0.100。

表 2 侦察预警系统 3 级指标权重的专家打分情况

	专家 A	专家 B	专家 C	专家 D	专家 E	平均值
侦察卫星可用度	0.20	0.20	0.25	0.225	0.25	0.225
预警飞机可用度	0.20	0.20	0.25	0.225	0.25	0.225
新型警戒雷达比例	0.50	0.45	0.40	0.500	0.40	0.450
数字化光学器材比例	0.05	0.15	0.10	0.050	0.15	0.100

2.2 指挥控制系统测评模型

$$1) \text{ 建立火控(制导雷达)模型为: } N_{21} = \frac{\sum_{l=1}^m K_l N_l}{N_0} \quad (5)$$

式中: I_{21} 表示火控雷达数测评值; K_l 、 N_l 分别表示第 l 种火控雷达的转换系数和数量; N_0 表示火控雷达数量的标准值。文献[1] 给出了以瞄 - 10B 为标准各种火控(制导)雷达的转换系数,如表 3 所示。

表 3 火控(制导)雷达的转换系数

类型	R1	R2	R3	R4	R5	R6
转换系数	0.41	1	1.13	1.47	1.71	1.48

$$2) \text{ 建立数字化信息传输器材比例的量化模型为: } I_{22} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N_0} \quad (6)$$

式中: I_{22} 表示数字化信息传输器材比例; N_i 表示第 i 种信息传输器材的总数; n 表示测评对象装备的信息传输器材种类数。

$$3) \text{ 建立通信导航网络覆盖率测评模型为: } I_{23} = \begin{cases} 1 & \frac{r}{R} \geq 1 \\ \frac{r}{R} & \frac{r}{R} < 1 \end{cases} \quad (7)$$

式中: I_{23} 表示通信导航网络覆盖率; r 表示测评对象装备的通信导航器材的最大通信距离; R 表示测评对象担负典型的防空作战任务时指挥所与火力单元的最大距离。

$$4) \text{ 建立指挥控制系统测评模型: } i_2 = \sigma(I_{21}\lambda_{21} + I_{22}\lambda_{22} + I_{23}\lambda_{23}) \quad (8)$$

式中: I_2 表示指挥控制系统体系化程度; σ 表示测评对象装备的防空指挥自动化系统作战指挥效能倍增系数; λ_{21} 、 λ_{22} 、 λ_{23} 表示火控雷达、通信传输器材、通信导航网络的权重。权重由专家打分确定(限于篇幅,过程不再展现),得到 λ_{21} 、 λ_{22} 、 λ_{23} 分别为:0.37、0.31、0.32。

目前,防空兵可能的 C³I 系统的配置有以下 4 种方案:①(D1):无 C³I 系统;②(D2):配置有 XX 系统;③(D3):配置有 XX 系统;④(D4):配置有 XX 系统和上级 C³I 系统。

σ 即为方案②,③,④相对于方案①的作战指挥效能的比值,文献[3] 分别评估了上述 4 个方案的指挥效能,并给出了方案②,③,④的倍增系数。如表 4 所示。

表4 4种方案的指挥效能和倍增系数^[3]

	D1	D2	D3	D4
指挥效能(E)	0.123 9	0.181 8	0.346 6	0.346 7
倍增系数(σ)	1	0.146 8	2.800	2.807

具体到测评对象时,只需根据测评对象装备的指挥自动化系统型号将相应的倍增系统 σ 值带入到式(8)即可。

2.3 火力拦截系统测评模型

$$1) \text{ 建立弹炮比例模型为: } I_{31} = \frac{N_D}{N_P} \quad (9)$$

式中: I_{31} 表示测评对象编制内的弹炮比例; N_D 、 N_P 分别表示测评对象编制内导弹和高炮的目标通道数。

$$2) \text{ 建立自动化平台比例模型为: } I_{32} = \frac{\delta_1}{2\delta_0} + \frac{\sigma_1}{2\sigma_0} \quad (10)$$

式中: I_{32} 表示测评对象编制内自动化平台比例; δ_1 、 δ_0 分别表示测评对象编制内自动化导弹发射架数量和导弹发射架总数; σ_1 、 σ_0 分别表示测评对象编制内高炮自动化平台数量和高炮总数。

$$3) \text{ 建立新概念武器比例模型为: } I_{33} = \frac{\phi}{\phi_0} \quad (11)$$

式中: I_{33} 表示测评对象编制内新概念武器比例; ϕ 、 ϕ_0 分别表示测评对象编制内新概念武器的目标通道数和所有武器的目标通道数。

$$4) \text{ 建立制导化弹药比例模型为: } I_{34} = \frac{\varphi}{\varphi_0} \quad (12)$$

式中: I_{34} 表示测评对象编制内的制导化弹药比例; φ 、 φ_0 分别表示测评对象库存炮弹中制导化炮弹数量和库存炮弹总数。

$$5) \text{ 建立火力拦截系统模型为: } I_3 = e^{I_{33}\lambda_{33}} (I_{31}\lambda_{31} + I_{32}\lambda_{32} + I_{34}\lambda_{34}) \quad (13)$$

式中: I_3 表示火力拦截系统体系化程度; λ_{31} 、 λ_{32} 、 λ_{33} 、 λ_{34} 分别为 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 的权重。权重的确定采用专家打分法;得到 λ_{31} 、 λ_{32} 、 λ_{33} 、 λ_{34} 分别为0.175,0.325,0.25,0.25^[5]。

2.4 综合保障系统测评模型

$$1) \text{ 建立作战保障装备模型: } I_{41} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{\tau_i}{\tau_{i0}} \quad (14)$$

式中: I_{41} 表示作战保障装备的体系化程度; τ_i 、 τ_{i0} 表示第 i 种作战装备的数量和数量的标准。

$$2) \text{ 建立技术保障装备模型: } I_{42} = 0.5v_1 + 0.5v_2 \quad (15)$$

式中: I_{42} 表示技术保障装备体系化程度; v_1 表示智能化检测、诊断装备比例; v_2 表示技术保障装备比例。

$$3) \text{ 用幂指数法建立保障系统的测评模型}^{[2]}: I_4 = \prod_{i=1}^2 I_{4i}^{\lambda_{4i}} \quad (16)$$

式中: I_4 表示综合保障系统体系化测评指数; λ_{4i} 表示作战保障装备和技术保障装备的权重。权重的确定采用专家打分法,得到作战保障装备和技术保障装备的权重分别为0.60和0.40。

2.5 武器装备体系化综合评估模型

在防空作战过程中,侦察预警系统、指挥控制系统、火力拦截系统和综合保障系统是串联关系,缺一不可,任一部分都严重制约着其它部分作用的发挥,从而严重制约着防空兵作战效能。因此,用幂指数法来评估武器装备的体系化程度^[6]。 $I = \prod_{i=1}^4 I_i^{\lambda_i}$ (17)

式中: I 表示武器装备体系化测评指数; λ_i 分别表示侦察预警、指挥控制、火力拦截、综合保障系统的权重。 λ_i 的确定采用层次分析法,得到侦察预警系统、指挥控制系统、火力拦截系统和综合保障系统的权重分别为0.22,0.24,0.22,0.20。

3 测评示例

以某部为例^[3],分别对其侦察预警系统、指挥控制系统、火力拦截系统和综合保障系统进行评估,将测评值按式(17)进行耦合,即可得到该部某一时间点武器装备系统的体系化评估值。

1) 侦察卫星可用度: 侦察卫星得到的空情信息由总部经战区情报中心可以传递到该部, 传递时间与传输率如表 5 所示。(P_1 、 T_1 表示总部到战区的传输率和传输时间, P_2 、 T_2 表示战区到该部的传输率和传输时间)。

表 5 侦察卫星可用度基本数据

传输率 P_1 /%	传输率 P_2 /%	传输时间 T_1 /s	传输时间 T_2 /s
0.90	0.60	120	180

将上述数据代入到式(1), 取 α 为 10 000, 得到侦察卫星可用度为 0.25。

2) 预警飞机可用度: 目前该部尚没有装备预警飞机, 所以预警飞机可用度测评为 0。

3) 警戒雷达数: 该部警戒雷达装备情况如表 6 所示^[1]。

表 6 某部警戒雷达装备情况

类型	L1	L2	L3	L4
现有(部)	2	2	0	2
实际需求(部)	3	3	2	2

将表中数据和各自的装换系数代入式(2), 得到该警戒雷达测评值 I_{13} 为 0.506。

4) 数字化光学器材比例: 该部装备的数字化光学器材主要有激光测距望远镜 10 部, 光学器材总数为 200 部。代入到式(3), 得到该部数字化光学器材比例为 14%。

5) 侦察预警系统评估: 将该部侦察可用度、预警飞机可用度、警戒雷达数和数字化光学器材比例计算结果代入到式(4), 得到该部侦察预警系统体系化评估值为 0.298。

6) 武器装备综合评估: 对该部指挥控制系统、火力拦截系统和综合保障系统分别进行评估, 得到 $I_2 = 1.553$, $I_3 = 0.225$, $I_4 = 0.352$ 。将 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 和各自权重代入到式(17), 得到该部武器装备信息化评估值 $I = 0.474$, 说明该部的防空作战武器装备体系化水平还停留在较低水平。按照上述方法可以对该部一个时期内每年的武器装备体系化水平进行评估, 描绘其武器装备体系化建设的发展曲线。如对某部队 7 年武器装备体系化评估结果如表 7 所示。

表 7 某部 7 年武器装备体系化评估指数

年份	1	2	3	4	5	6	7
评估值	0.200	0.301	0.418	0.522	0.633	0.741	0.786

对表 7 中数据用最小二乘法进行拟合, 拟合曲线如图 1 所示。

从图中可以看出, 该部防空作战武器装备体系化水平呈逐步提高的趋势, 但提高的速度并不平稳。其中第 2 年、第 6 年是两个拐点, 在第 1-2 年, 体系化水平比较低, 提高的速度比较缓慢; 在第 2-6 年, 体系化水平较以前明显提高, 且近似呈直线快速增大; 在第 6-7 年, 尽管体系化水平仍在提高, 但增速较小。

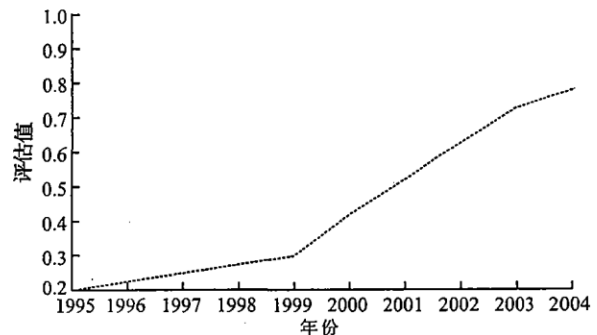


图 1 某部防空作战武器装备体系化建设发展轨迹

从实际情况看, 该部在 1999 年前, 由于受较落后装备等装备条件的限制, 武器装备体系化水平一直停留在较低的水平。1999 年随着防空导弹等一系列新装备及配套装备逐渐装配, 弹炮比例提高, 该部武器装备的体系化水平已达到相对较高的层次, 进入稳定增长阶段。因此, 评估指数拟合曲线基本反映了该部武器装备体系化建设的变化趋势, 与实际情况基本相符。

同样, 也可将同级单位的测评指数拟合曲线画在一起, 使各个单位武器装备建设的发展轨迹一目了然, 便于进行比较分析, 找出各自建设的优缺点。

4 结束语

目前国内外尚没有从宏观角度衡量防空作战装备体系化程度的测评体系, 本文结合某部的实际情况和信息化条件下防空武器装备建设发展的趋势, 从防空武器装备的主要组成入手, 建立了防空作战武器装备体

系化测评体系,计算分析表明,建立的测评体系符合实际,对于防空武器装备体系化建设,具有较强的现实意义,对于其它兵种武器装备体系化评估,也具有一定参考价值^[7,8]。

参考文献:

- [1] 防空兵指挥学院. 防空兵作战效能分析与计算[M]. 北京:军事科学出版社,2005.
- [2] 储婷婷,田建锋. 基于系统动力学的防空装备体系化模型[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2007,8(5):41-42.
- [3] 郝强,孔健. 防空兵武器装备信息化程度测评体系研究[J]. 指挥控制与仿真,2006,28(5):6-11.
- [4] 徐学文,王寿云. 现代作战模拟[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [5] 韩俊杰,李为民. 多通道防空导弹武器系统作战效能分析的排队模型研究[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2005,6(3):20-22.
- [6] 朱雪平. 防空武器和空袭兵器作战效能标准化研究[J]. 现代防空,2005,7(1):102-104.
- [7] 朱荣昌. 初议体系对抗和装备体系化建设[J]. 世界空军装备,2006,2(1):6-11.
- [8] 李永华,申之明. 武器装备体系研究的方法论[J]. 军事运筹与系统工程,2004,18(1):17-19.

(编辑:田新华)

The System Evaluation of Weapon Equipment for Air - Defence

HU Xu - jie, ZHANG Zhi - feng, CHENG Zhi - feng

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: Linking the practical deployment of the air force with the requirement of informationization of the air - defence weapons, this paper presents the evaluation index set, and builds an evaluation model with power exponent and linear weight. The model reflects the reality of the weapon informationization of the brigade, and the computation result verifies its correctness and feasibility.

Key words: weapon equipment for air - defence; system; system evaluation

(上接第36页)

- [5] 阮颖铮. 雷达截面与隐身技术[M]. 北京:国防工业出版社,1998.
- [6] Richard S Wright, Benjamin Lipchak Jr. OpenGL 超宝典(第三版)[M]. 徐波,译. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [7] 李建周. 复杂目标一体化电磁散射计算与优化研究[J]. 西安:西北工业大学,2005.
- [8] 宋昭海,高频,黄卫红. 采样数据含高频有色噪声的连续模型辨识[J]. 海军航空工程学院学报,2007,22(1):145-147.

(编辑:田新华)

The Research of Identifying Edge Based on Graphical Electromagnetic Computing

ZHANG Jun, JU Zhi - qin, JIN Feng - jie, CUI Jing

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: A new method of computing RCS of targets is presented, based on combining the Graphical Electromagnetic Computing with model analysis together, to overcome the disadvantage of the traditional method by which not all the edges of the model can be identified accurately. By using this method, the accuracy of RCS is improved.

Key words: graphical electromagnetic computing; edge identifying; equivalent electromagnetic current