

# 基于模糊层次分析法的反恐装备 体系作战效能评估

吴春林<sup>1,2</sup>, 郭三学<sup>1</sup>

(1. 武警工程大学 装备管理与保障学院, 西安 710086; 2. 武警某机动总队 机动第五支队,  
福建 莆田 351100)

**摘要:** **目的** 评估反恐装备体系作战效能, 找准与“国际一流反恐特战劲旅”的差距, 为反恐装备体系建设发展方向提供理论支撑。**方法** 从反恐任务出发, 提出了基于“六种能力”为目标的反恐装备体系, 建立了反恐装备体系作战效能评估指标体系, 运用模糊层次分析法(FAHP)确定指标体系权重, 设立定性指标、建立模糊评判矩阵。**结果** 反恐装备体系的作战效能  $E=76.267$ , 评估结果为一般, 符合部队实际。**结论** 虽然反恐部队编配了不少的先进装备, 但指挥控制、精确打击、排爆等装备的技术性能还要不断提高, 评估结果与实际情况符合。

**关键词:** 反恐装备体系; 模糊层次; 作战效能; 评估

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2018.11.024

**中图分类号:** TB114 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2018)11-0129-05

## Evaluation of Operational Effectiveness of Anti-terrorism Equipment System Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process

WU Chun-lin<sup>1,2</sup>, GUO San-xue<sup>1</sup>

(1. College of Equipment Managing and Guaranteeing, Engineering University of PAP, Xi'an 710086, China;

2. The Fifth Mobile Unit of a Mobile General Unit of PAP, Putian 351100, China)

**ABSTRACT: Objective** To evaluate the operational effectiveness of the anti-terrorism equipment system, find out the gap between it and the "international first-class special counter-terrorism brigade", and provide theoretical support for the development direction of the anti-terrorism equipment system. **Methods** In allusion to the anti-terrorism mission, an anti-terrorism equipment system based on the goal of "six kinds of forces" was proposed. An anti-terrorism equipment operational effectiveness evaluation index system was established. The fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) was applied to determine the weights of index system, set up the qualitative indicators and establish fuzzy evaluation matrix. **Results** The combat effectiveness of the anti-terrorism equipment system:  $E=76.267$ , and the evaluation result was general. It was in line with the actual situation of the troops. **Conclusion** Although the anti-terrorism forces were allocated with a lot of advanced equipment, but the command and control, precision, and technical performance of vehicle equipment need to be improved continuously. The evaluation results are in good agreement with the actual situation.

**KEY WORDS:** anti-terrorism equipment system; fuzzy analytic hierarchy process; operational effectiveness; assessment

收稿日期: 2018-07-09; 修订日期: 2018-08-12

作者简介: 吴春林(1987—), 男, 湖北枣阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为反恐装备体系建设。

通讯作者: 郭三学(1962—), 男, 陕西富平人, 博士, 教授, 主要研究方向为军事装备。

反恐作战是武警部队中心任务之一，反劫持、反袭击、反爆炸<sup>[1]</sup>是反恐作战的最主要形式，为使反恐作战达到绝对制胜的目标，反恐部队必须具备指挥控制、现场感知、高效破障、精确打击、有效防护、快速制胜等“六种能力”<sup>[2]</sup>，这是反恐装备形成战斗力的最高标准，也是反恐装备建设和发展的具体目标。因此，加强反恐部队指挥控制、侦观、突入、精确打击、防护、排爆等装备的建设是反恐作战制胜的核心因素，而对反恐装备体系进行作战效能评估是装备优化发展的重要途径。

## 1 构建反恐装备体系作战效能评估指标体系

从反恐部队具备的“六种能力”出发，反恐部队应

加强指挥控制系统、侦观装备、突入装备、精确打击装备、防护装备、排爆装备等六类装备的建设，以此为基础，设计反恐装备体系作战效能评估指标体系，指标如图1所示。

### 1.1 侦观装备

侦观装备分为侦听装备和观瞄装备。随着电子技术的发展，世界上先进的侦观装备不断涌现，如美国的 Radar Scope 透墙探测器、AN/PVS-7 微光夜视仪，以色列的 YSELE 隔墙侦听器，瑞典的 Rotundus 球形侦察机器人等<sup>[3]</sup>。我国反恐部队现已装备穿墙雷达、隔墙听、软管窥镜、无人机等先进的侦观装备，但是国产装备的技术还有待提高，有些装备在实战情况下，存在信号不强、目标模糊等技术缺陷，还有待不断改善。

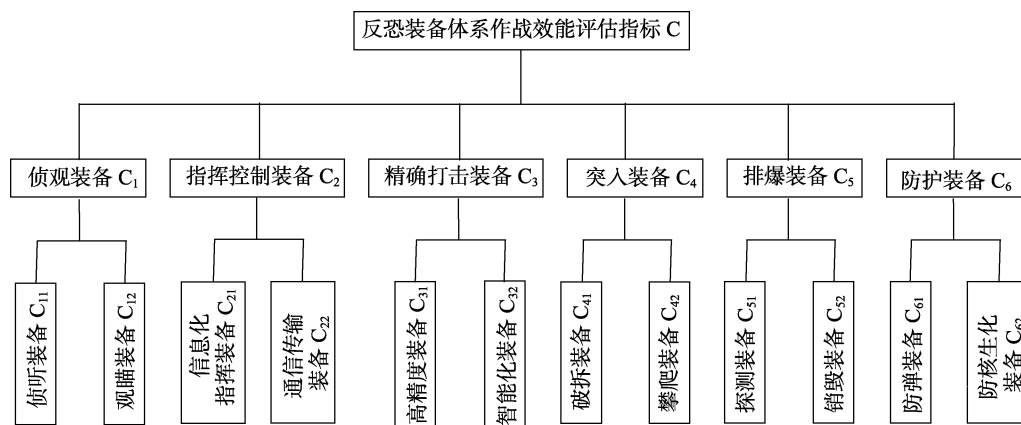


图1 反恐装备体系作战效能评估指标

### 1.2 指挥控制装备

指挥控制装备包括信息化指挥装备和通信传输装备等。基于信息化水平的提高、计算机网络技术和通信技术的快速发展，指挥控制装备也在不断升级，特别是美国的“辛嘎斯”电台能够满足指挥员在 20 km 范围内指挥战斗，“猎鹰III”手持式多频段无线电台可提供绝密级的语音和数据通信，还有增强型定位报告系统可提供自动实时数据转发和数据通信等。我反恐部队现已配备部分高技术图像传输设备以及综合指挥车、猛士通信车等高技术装备系统，但数字化装备技术落后，战场信息收集和数据处理能力欠缺，且在极端恶劣环境下通联手段单一，装备稳定性不高。

### 1.3 精确打击装备

精确打击装备主要有高精度装备和智能化装备。在科技的高速推动下，各国精确打击装备相继更新换代，如德国 DSR-1 狙击步枪、英国 AWM 与 AS-50 等，特别是国外“AI 无人蜂”机器人等人工智能产品的问世，将智能化精准击杀推向了新高度。我反恐部

队现已装备 7.62 mm 高精度狙击步枪、03 式自动步枪等高性能精确打击装备，但装备的微声、低侵彻等技术指标还不够高，智能化装备还比较薄弱。

### 1.4 突入装备

突入装备分为破拆装备和攀爬装备。目前，国际上先进的装备有美国 RABBITTOOL 液压破门器工具组、西蒙破门枪榴弹和远距离破墙系统、法国 VE70 快速气动破门器等<sup>[3]</sup>。我国反恐部队现已配发攀爬突击车、破门破窗工具组、液压破门器等先进装备，基本满足反恐行动需要，但破障手段比较单一，静音破障技术还不高。

### 1.5 排爆装备

排爆装备主要有探测装备和销毁装备。随着科技的进步和智能化的日益成熟，各国的高技术排爆装备也层出不穷，比较有代表性的有美国的反恐电子鼻，俄罗斯“比洛特-M”便携式爆炸物气体分析探测器，西班牙 aunav.NEXT 多功能反恐排爆机器人，韩国反恐人形机器人等。我反恐部队现已配备金属探测器材、

爆炸物销毁器、防爆球（罐）、爆炸可疑物液氮冷冻处置装置、排爆机器人等先进装备，但实战中可操作性还有待提高，远距离探测装备还比较欠缺，同时排爆机器人自主性还有待提高。

### 1.6 防护装备

防护装备主要分为防弹装备和防核生化装备。随着新材料、新技术的革新，防护装备也在不断变革，如荷兰 UD 系列产品、美国轻型综合服装技术等位于国际领先地位。我国反恐部队配有凯夫拉头盔、软质防弹衣、多功能全防护战术防弹衣和 FNF003 型防毒服等先进装备，但部分装备轻量化标准不够高，防护等级还有一定差距。

## 2 反恐装备体系作战效能评估

反恐装备体系作战效能是预期反恐装备在复杂恐怖活动环境中的控制能力，即反恐装备在规定条件下和规定时间内完成反劫持、反袭击、反爆炸等反恐任务的程度的度量，是与作战任务紧密相关的系统对抗能力的综合度量<sup>[4]</sup>。

### 2.1 作战效能评估方法

#### 2.1.1 层次分析法确定指标权重

1) 建立比较判断矩阵。基于反恐装备作战效能评估指标体系，建立一级指标判断矩阵。根据一级指标相对反恐装备作战效能的重要程度，确定一级指标之间的相对重要性，各二级指标相对一级指标的权重为 0.5。一级指标的判断矩阵  $R$  为<sup>[5]</sup>：

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

指标两两间的重要性是通过专家学者或者业内

资深人士进行打分确定的，通常用 1—9 标度分析法<sup>[6]</sup>。

2) 层次单排序确定指标权重。层次单排序是把本层所有要素针对上一层某一要素，排出评比的次序，这种次序以相对的数值大小来表示。

$$RW = \begin{pmatrix} r_{11} & L & r_{1n} \\ M & O & M \\ r_{n1} & L & r_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{pmatrix} \quad (2)$$

通常情况下，把最大特征根所对应的特征向量  $W$  的各分量作为各元素的权重。当元素的个数较多时，计算判断矩阵的最大特征根和特征向量非常麻烦。为了简单方便，常用几何平均法来求解特征向量<sup>[7]</sup>：

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}} \quad (3)$$

为了计算简单起见，对求得  $n$  维向量进行归一化处理最后得到的向量的各分量作为各元素的权重即：

$$W_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i} \quad (4)$$

3) 一致性检验。根据正互反矩阵的性质， $\lambda$  连续地依赖于  $r_{ij}$ ， $\lambda$  比  $n$  大得越多， $A$  的不一致性越严重。用最大特征值对应的特征向量作为被比较因素对上层某因素影响程度的权向量，其不一致程度越大，引起的判断误差越大，因此要用一致性指标比例  $CR$  进行检验：

$$CR = CI / RI \quad (5)$$

$CI$  为一致性指标， $CI = \lambda_{\max} / n - 1$ ， $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j / w_i$ ， $RI$  为平均随机一致性指标，其取值见表 1<sup>[8]</sup>。

表 1 平均随机一致性指标

阶数 $n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$RI$	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当  $CR=0$  时，比较矩阵具有完全的一致性；当  $CR < 0.1$  时，认为比较矩阵的一致性可以接受；当  $CR > 0.1$  时，需对判断矩阵进行调整，直到获得满意的一致性为止。

#### 2.1.2 模糊综合评价法建立单因素模糊评判矩阵

1) 建立评价对象的指标集和评语集。反恐装备作战效能评估指标集为： $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6\}$ ， $C_1 = \{C_{11}, C_{12}\}$ ， $C_2 = \{C_{21}, C_{22}\}$ ， $C_3 = \{C_{31}, C_{32}\}$ ， $C_4 = \{C_{41}, C_{42}\}$ ， $C_5 = \{C_{51}, C_{52}\}$ ， $C_6 = \{C_{61}, C_{62}\}$ ， $C_1—C_6$  为一级评价指标，其他为二级定性指标。将评语集定为： $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ ， $V_p = \{p=1, 2, \dots, n\}$  表示由高到低的评语。

在构建的评价指标体系中，对于定性指标，由于难以得到具体的模糊分布函数，故采用专家打分法确定其隶属度比较合适。设单因素的模糊向量为  $r_{ij} = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$  则  $r_{ij} = x_{ijp} / X$ 。式中， $X$  为专家人数， $x_{ijp}$  为因素  $C_{ij}$  隶属于区间  $V_p$  次数。评语集采用 5 级评价等级，设评语集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{很好, 较好, 一般, 较差, 差}\}$ ，评语集对应的赋值区间为：很好（90~100），较好（80~89），一般（70~79），较差（60~69），差（0~59）<sup>[9]</sup>。

2) 定性指标处理。定性指标采用百分制，选取 10 位专家，对每个指标打分，找出评语等级，进行

分数隶属区间的统计,可以建立同层因素模糊评判矩阵为:

$$R=(r_{ij})_{m \times n}, r_{ij}=x_{ijp}/X \quad (6)$$

式中:取  $X=10$

### 2.1.3 评估作战效能

为最大限度地利用信息,防止有效信息丢失,选用灵敏度最高的“加权平均算子”作为模糊算子。

设各指标  $C_{ij}$  相对于  $C$  的权重为  $w_{ij}$ , 则  $C_{ij}$  相对于  $C$  的权重为  $W=(w_{11},w_{12},w_{21},\dots,w_{62})$  且满足:

$$w_{11}+w_{12}+\dots+w_{62}=1 \quad (7)$$

设  $C_{ij}$  对  $V_p(p=1,2,3,4,5)$  的隶属度为  $r_{ijp}$ , 则  $C_{ij}$  对于评价集  $V$  的模糊评判矩阵为:

$$R_i=(r_{ijp})_{12 \times 5} \quad (8)$$

矩阵  $R_i$  的第  $j$  行表示  $C_i$  中第  $j$  个指标对于评价集  $V$  中各评价等级的隶属度。进一步可得  $C_i$  的模糊综合评估向量为:

$$C_i=WR_i=(r_{i1},r_{i2},\dots,r_{i5}) \quad (9)$$

式中:  $r_{ip}$  表示指标对评价等级的隶属度。

$$r_{ip} = \sum_{j=1}^m w_{ij} r_{ijp}, j=1,2,3,\dots,12 \quad (10)$$

在对指标子集进行综合评估的基础上,对指标  $C$  进行模糊综合评判:

$$C=WR=(r_1,r_2,\dots,r_5) \quad (11)$$

$$r_p = \sum_{i=1}^m w_i r_{ip}, p=1,2,\dots,5, i=1,2,3,4,5,6 \quad (12)$$

作战效能评估结果为:

$$E = \sum_{i=1}^n b_i \frac{d_i + d'_i}{2} \quad (13)$$

式中:  $d_i, d'_i$  为评语对应区间的分组,  $v_1-(d_1, d'_1), v_2-(d_2, d'_2), \dots, v_5-(d_5, d'_5), b_i=r_p, i=p, n=5^{[5]}$ 。

## 2.2 反恐装备体系作战效能评估

### 2.2.1 层次分析法确定指标权重

参考 10 位专家对指标间互相比较重要性的评判结果,确定某层指标相对于上一层指标的判断矩阵及权重,见表 2。

表 2 判断矩阵及权重

B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	w <sub>i</sub>
C <sub>1</sub>	1	2	2	3	3	3	0.2877
C <sub>2</sub>	1/2	1	1	2	2	2	0.1994
C <sub>3</sub>	1/2	1	1	2	2	2	0.1994
C <sub>4</sub>	1/3	1/2	1/2	1	1	1	0.1045
C <sub>5</sub>	1/3	1/2	1/2	1	1	1	0.1045
C <sub>6</sub>	1/3	1/2	1/2	1	1	1	0.1045

$CR=0.0068<0.1$ , 判断矩阵的一致性通过检验。

### 2.2.2 模糊综合评判法确定判断矩阵

对于定性指标,结合 10 位专家对反恐装备体系的评价结果,利用 2.1 节中定性指标模糊向量的确定方法,可以得出反恐装备体系的模糊判断矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

### 2.2.3 作战效能评估

由  $C=WR=(0.145255,0.313725,0.3291,0.165855,0.025165)$ , 则反恐装备体系的作战效能为:

$$E = \sum_{i=1}^5 b_i \frac{d_i + d'_i}{2} = 76.267$$

评估结果为“一般”,虽然反恐部队编配了不少的先进装备,但指挥控制、精确打击、排爆等装备的技术性能还要不断提高,评估结果与实际情况比较符合。因此,在反恐装备体系建设方面,要不断加强信息化装备的研究,重点发展单兵数字化系统、三维隔障探测技术、远距离侦测技术以及微声、激光、动能武器等相关装备,提高侦察、探测、攻击、排爆等装备的智能化、集成化、一体化水平,促进反恐部队战斗力的跨越式提升。

## 3 结语

反恐装备是部队执行反恐任务的特有装备,种类繁多、型号复杂,研究难度大。文中从反恐部队具备的“六种能力”出发,建立了反恐装备体系作战效能评估指标体系,运用模糊层次分析法对反恐装备体系作战效能进行评估,找准了与“国际一流反恐特战劲旅”<sup>[10]</sup>的差距。评估结果符合反恐装备现状,对反恐装备体系的建设和发展提供了一定的参考。

### 参考文献:

- [1] 杜亚勇. 反恐分队制胜能力探讨[J]. 中国特警, 2014(11): 48-49.
- [2] 王宝法. 加强武警部队装备建设的思考[J]. 装备学术, 2010(4): 69.

- [3] 陈晓东. 反恐技术装备[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 459-465, 1026-1033.
- [4] 张志伟, 李兴民. 雷达对抗系统作战效能评估研究[J]. 零八一科技, 2008(2): 10-15.
- [5] 庄弘炜, 赵法栋. 武警装备论证理论与方法[M]. 北京: 人民武警出版社, 2015: 29.
- [6] 毕长剑, 董冬梅, 张双建, 等. 作战模拟训练效能评估[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014: 29.
- [7] 郭三学, 魏绪旺. 基于 F-AHP 法的非致命橡皮碰击动能弹综合效能评估[J]. 军械工程学院学报, 2015, 27(1): 1-5.
- [8] 刘春来, 郭三学, 高义旗. 基于模糊层次分析法的非致命防爆弹作战效能评估[J]. 火力与指挥控制, 2014(3): 60-68.
- [9] 郭三学. 非致命武器发展研究[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2016: 67.
- [10] 张双战, 李建文, 谢珍孝. 牢记主席嘱托 锻造反恐劲旅[J]. 武警政工, 2016(4): 9-12.