【武器装备】

基于ISM的面向目标的弹药需求影响因素分析*

郭泳亨，龚传信，李文生

（军械工程学院 装备指挥与管理系，石家庄　050003）

摘要：分析了面向目标的弹药需求的影响因素，构建了面向目标的弹药需求的影响因素体系，运用ISM方法分析了影响因素之间的内部结构、层次及因果关系，建立了影响因素的解释结构模型，找到了主要影响因素，以期为准确确定面向目标的弹药需求提供科学依据。

关键词：面向目标；弹药需求；影响因素；ISM

中图分类号：TJ43　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1006－0707(2010)04－0013－03

弹药需求是根据作战任务的需要对保证各部队作战行动的弹药需求量所做的预先估算。该问题不仅决定弹药保障力量的筹集、编组和配置，而且直接影响弹药筹措、储备、补给和战场管理的组织实施，是组织实施战时弹药保障的重要依据[1]。随着信息技术的飞速发展，现代战场错综复杂，影响弹药需求的因素众多，而且具有复杂不确定性，因此，要准确地确定弹药需求是件非常困难的事情。而解决复杂不确定问题的一个基本思路就是抓问题中相对确定的因素，在弹药需求中，相对确定的因素就是弹药与目标的配对，也就是说不论哪一级别的作战，都离不开对目标的打击，摧毁目标是弹药发生消耗的直接动因。因此，面向目标的弹药需求是确定总弹药需求的基础，必须认真地加以研究。所谓面向目标的弹药需求，是对某种弹毁伤特定的目标，确定对目标达到某种毁伤程度所需要的弹药量。而影响因素分析是确定面向目标的弹药需求的基本前提，因此，在确定面向目标的弹药需求前，必须首先分析其影响因素。

影响面向目标的弹药需求因素很多，在这些因素中，需要找出哪些因素是关键因素，以及各个因素之间的相互影响关系等问题。因此，本文中采用ISM来分析影响面向目标的弹药需求的因素及其相互间的层次关系，从而找出影响面向目标的弹药需求的关键因素，为确定面向目标的弹药需求提供科学依据。

1　ISM方法简介

ISM(interpretative structural modeling，解释结构模型)是美国J. 华费尔特教授于1973年为分析复杂的社会经济系统有关问题而开发的。其特点是把复杂的系统分解为若干子系统，利用人们的实践经验和知识，以及电子计算机的辅助，最终将系统构造成一个多级递阶模型[2-5]。

ISM属于概念模型，可以用一目了然的概念结构图形象地表示系统中各要素之间的关系。该方法的主要依据是有向图模型和布尔矩阵，其工作程序为：① 设定问题；② 选择构成系统的要素；③ 根据要素明细表构思模型，并建立反应要素关系的邻接矩阵和可达矩阵；④ 对可达矩阵进行分解后建立结构模型；⑤ 根据结构模型建立解释结构模型。

2　面向目标的弹药需求影响因素体系

构建较为完善的面向目标的弹药需求影响因素体系，是确定面向目标的弹药需求的前提和基础。根据科学性和全面性的原则，以及面向目标的弹药需求的界定，通过系统分析，建立了面向目标的弹药需求影响因素体系，如图1所示。

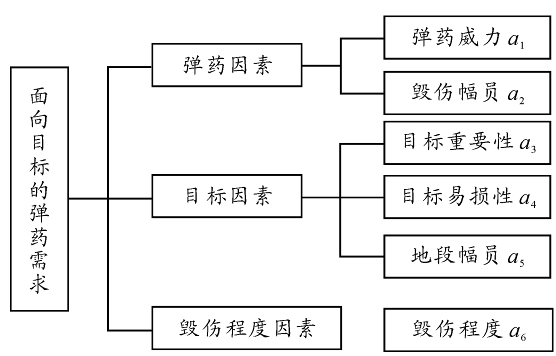

图1　面向目标的弹药需求影响因素体系

* 收稿日期：2010－01－21
作者简介：郭泳亨(1980—)，男，博士，讲师，主要从事装备保障理论与应用研究.

2.1 弹药因素

弹药对目标的毁伤一般是通过其在弹道终点处与目标发生的碰击、爆炸作用,将自身的动能、爆炸能或产生的作用元(破片、射流等)对目标进行机械、化学、热力效应的破坏,使之暂时或永久地局部或全部丧失其正常功能,丧失作战能力[6]。因此,弹药因素对面向目标的弹药需求的影响因素主要是弹药威力和毁伤幅员。

1)弹药威力。弹药威力是指弹药对目标的杀伤和破坏能力。对目标达到相同毁伤程度,弹药威力越大,其弹药需求就相对较少。目前,还没有一个统一的指标来衡量弹药威力的大小,但是对于某种弹,可以用一些单项指标来衡量其威力大小,比如,杀爆弹可以用密集杀伤半径和杀伤面积等来表示其威力,反坦克弹药用穿甲度来衡量其威力。弹药威力与弹药类型、目标特性等有关。

2)毁伤幅员。设想有这样一个幅员,它的中心点是目标的中心,只要有一发弹落在该幅员内,则目标必然被毁伤;而落在该幅员外,目标肯定不被毁伤,则称该幅员为毁伤幅员。毁伤幅员的大小取决于目标幅员、目标性质、弹头威力、掩蔽工事等级等因素[7,9]。

毁伤幅员越大,弹药需求量就越少,两者大略成反比例的关系。比如用某种弹药对暴露有生力量射击,对卧姿步兵的毁伤幅员是 310 m^2,对立姿步兵的毁伤幅员是 800 m^2,约为卧姿步兵的 2.5 倍,这就意味着对立姿步兵射击弹药需求量约用对卧姿步兵射击的 0.4 倍,就可取得相同的毁伤程度。

2.2 目标因素

1)目标重要性。目标的重要性往往与其在战场上的作用成正比,一般是作用大的目标就是攻击的主要目标。美军规定,战场上一旦发现了对方的核攻击武器,所有武器只要射程所及,都应立即对其进行射击,直到将其摧毁。所以一般说来,越重要的目标,对其攻击时弹药需求量就越大。

2)目标易损性。目标的易损性是指弹药毁伤目标的难易程度。易损性高(大),意味着目标易被毁伤;易损性低(小),意味着目标难被毁伤。目标的易损性是目标本身的一种特性,不但与目标的结构、坚固度、材料、幅员、形状、关键部分的数量及位置等有关,也与攻击弹药的种类、性能以及弹目交汇条件有关。弹药对目标进行毁伤,达到相同毁伤程度时,易损性高的目标其弹药需求量小,易损性低的目标其弹药需求量大[8]。

3)目标的地段幅员。目标的地段幅员对弹药需求的影响也非常明显,地段幅员越大,弹药需求量就会越大,地段幅员越小,所需要的弹药量就越小。弹药需求量和地段幅员并不成比例变化,地段幅员越小,这种现象越明显。对于同样的地段幅员,正面和纵深不同,也会对弹药需求有很大影响。一般说来,正面大纵深小的,要比正面小纵深大的所需的弹药量要多。比如,当地段幅员为 9 公顷时,450 × 200 地段的弹药需求要比 200 × 450 地段的弹药需求多。

2.3 毁伤程度因素

毁伤程度是对敌作战集团内人员、器材、装备、弹药和武器的损失,以及工程设施和其他军事目标被毁伤的程度。毁伤程度对面向目标的弹药需求有很大影响,毁伤程度越高,弹药需求就越大,而且会随着毁伤程度的增大而增加。但是这种增加不是简单的线性增加,弹药需求与毁伤程度之间呈非线性关系,弹药需求量的增长速度会随着毁伤程度的提高而愈来愈快[9]。

3 影响因素的 ISM 分析

3.1 建立因素间的邻接矩阵

邻接矩阵反映了不同因素间直接的结构关系,设邻接矩阵为 $A=(a_{ij})_{n\times n}$,其元素定义为:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{当 } a_i \text{ 对 } a_j \text{ 有影响时} \\ 0, \text{当 } a_i \text{ 对 } a_j \text{ 没有影响时} \end{cases}, i,j = 1,2,\cdots,n \quad (1)$$

通过向多位弹药领域专家和弹药工作者咨询,根据式(1),可得到面向目标的弹药需求影响因素的邻接矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3.2 确定因素间的可达矩阵

邻接矩阵仅反映各因素之间的直接影响关系,而不能体现其间接关系,应对邻接矩阵进行变换,求出其可达矩阵,可达矩阵能反映出各要素之间的所有关系。可达矩阵的求解可先将邻接矩阵加上单位矩阵,然后求其幂,直至幂值不再变化为止。即对某一整数 n 做矩阵 $(A+I)$ 的幂运算,其中 I 为单位矩阵,直至式(2)成立为止:

$$(A+I)^n = (A+I)^{n+1} \quad n = 1,2,3,\cdots \quad (2)$$

幂运算是基于布尔代数运算进行的。则可达矩阵 M 为 $(A+I)^n$,可达矩阵 M 的元素 M_{ij} 为 1 代表因素 a_i 到 a_j 间存在可到达的路径,即可达矩阵完全表征了因素间的直接、间接关系。

由邻接矩阵 A 和式(2),可得面向目标的弹药需求影响因素的可达矩阵为

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3.3 对可达矩阵进行级间划分

应用可达矩阵 M,对各要素 a_i,求如下集合

$$P(a_i) = \{a_j \mid m_{ij} = 1\} \quad (3)$$

$$Q(a_i) = \{a_j \mid m_{ji} = 1\} \quad (4)$$

其中:$P(a_i)$称为可达集合,即从因素 a_i 出发可以到达的全

部因素的集合,这可以通过找可达矩阵 M 的第 i 行上值为 1 的列对应的因素来求得。而 $Q(a_i)$ 称为先行集合,即可以到达因素 a_i 的全部因素的集合,这可以通过找可达矩阵 M 的第 i 列上值为 1 的行对应的要素来求得。

再根据 $P(a_i)$,$Q(a_i)$,求它们的交集

$$P(a_i) \cap Q(a_i) = P(a_i) \tag{5}$$

得到交集中的各因素集合 L_1。L_1 中的因素有如下特征:从其他因素可以到达该因素,而从该因素则不能到达其他因素。即 L_1 中因素是位于最高(第 1 级)层次的因素。

然后,从原来的可达矩阵 M 中删去对应 L_1 中因素的行和列,得到矩阵 M',对 M' 进行同样操作确定属于第 2 级 L_2 的因素。以后重复同样操作,依次求出 L_3,L_4,…,从而把各因素分配到相应的级别上。

依据式(3)和(4),可求出各因素的可达集合 $P(a_i)$,先行集合 $Q(a_i)$,以及共同集合 $P(a_i) \cap Q(a_i)$,如表 1 所示。

表 1　第 1 级的可达集合和先行集合

a_i	$P(a_i)$	$Q(a_i)$	$P(a_i) \cap Q(a_i)$
1	1,2,4,6	1,2,3,4,5,6	1,2,4,6
2	1,2,4,6	1,2,3,4,5,6	1,2,4,6
3	1,2,3,4,6	3	3
4	1,2,4,6	1,2,3,4,5,6	1,2,4,6
5	1,2,4,5,6	5	5
6	1,2,4,6	1,2,3,4,5,6	1,2,4,6

满足式(5)的因素有 a_1,a_2,a_4 和 a_6,由此确定第 1 级 L_1 为 $\{a_1, a_2, a_4, a_6\}$。

同理可得到第 2 级 L_2 为 $\{a_3, a_5\}$。

3.4　建立结构模型

按层次级别划分顺序,对可达矩阵 M 进行重行排列,得矩阵 M^*,M^* 中行和列的排列顺序为 a_1,a_2,a_4,a_6,a_3,a_5。

$$M^* = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

由此,可以绘制出面向目标的弹药需求的影响因素的解释结构模型,如图 2 所示。

从图 2 中可以看出,弹药威力、毁伤幅员、目标易损性和毁伤程度对面向目标的弹药需求影响最直接,在确定面向目标的弹药需求时应重点考虑。

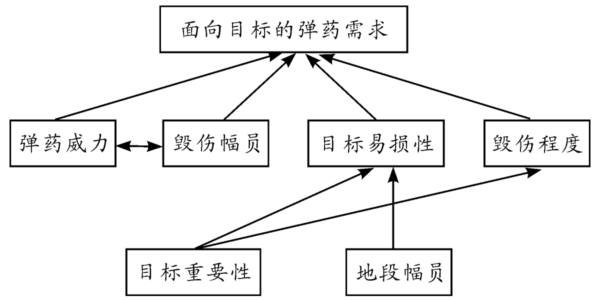

图 2　解释结构模型

4　结束语

ISM 方法能够能明确各因素、指标之间的内在联系以及对目标函数的影响程度,具有一定的应用价值。通过 ISM 方法建立了面向目标弹药需求的影响因素的解释结构模型,使这些因素系统化,并得到层次结构和相互作用关系。本文中在应用 ISM 方法进行分析时仅考虑了因果关系,如对所研究的问题的各种因素赋予权重,还可以研究分析其量化的影响程度。

参考文献:

[1]　余高达,黄成林. 战役装备保障学[M]. 北京:国防大学出版社,2002:202.

[2]　陈森发. 复杂系统建模理论与方法[M]. 南京:东南大学出版社,2005:130－137.

[3]　王从陆,尹长林,李树清. ISM 在事故原因层次分析中的应用[J]. 工业安全与环保,2005,31(1):56－58.

[4]　陈会娥,李铁治. 基于 ISM 的名牌战略影响因素分析[J]. 技术与创新管理,2009,30(3):366－369.

[5]　曹俊琴. 结构模型解析法在棉花价格影响因素分析中的应用[J]. 中国制造业信息化,2009,38(19):62－64.

[6]　王儒策. 弹药工程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002.

[7]　张野鹏. 作战模拟基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

[8]　潘承泮. 武器系统射击效力分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.

[9]　王超. 压制武器弹药消耗预测研究[D]. 石家庄:军械工程学院,2008:15－23.

(**责任编辑**　陈　松)