

弹药储备风险分析模型研究

杨兴东

(山东银光化工集团有限公司 山东省费县 273400)

〔摘要〕 针对弹药储备风险分析的复杂性,依据定性与定量相结合的原则,从建模的角度对弹药储备风险进行抽象和分析,并分别对弹药储备分析中的风险识别、风险评估和风险控制给出了相应的研究方法和模型,为弹药储备风险分析的量化研究提供了思路。

〔关键词〕 风险分析 风险识别 风险评估 风险控制 量化研究

〔中图分类号〕 TJ410.89 E932

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)05-0037-03

STUDY ON THE ANALYSIS MODEL OF THE RISK OF AMMUNITION STORE

YANG Xing-dong

(Shandong Yinguang Chemical Group Co. Ltd., Fei County 273400, Shandong Province, China)

Abstract: The analysis for the risk of ammunition store is a complicated problem. Based on the rule of qualitative analysis and quantitative evaluation, the problem was analyzed and abstracted by the point of view of modeling. Then, the methods and models were established from the aspects including risk recognition, risk evaluation and risk control. This study offers a thinking on the quantitative research for the risk of ammunition store.

Key Words: risk recognition, risk evaluation, risk control, quantitative research

CLC Numbers: TJ410.89 E932

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)05-0037-03

1 引言

弹药储备风险是指弹药储备方案无法实现弹药储备预期安全要求的总体可能性,其研究对象是弹药储备方案。弹药储备风险分析模型研究的主要任务是通过模型求解,找出弹药储备方案达不到弹药储备预期安全要求的主要风险因素,评估其后果的严重性,并进行以规避风险为主要途径的风险控制分析。其根本目的是选出可接受风险条件下的弹药储备方案,具体为以下3个方面:排除风险太大而不可行的方案;在风险可承受的可行方案中,选出较优的方案;提出构想实施过程中风险控制的预案。

弹药储备风险客观存在且复杂多样,很难直接观察并度量其大小。对弹药储备风险进行量化分析时,要求在建模过程中尽量采用简单有效的模型来说明问题,避免过多且不必要的细节,由此将复杂问题简单化;同时,还须考虑到模型的合理性,争取所采用的模型能够便于描述这种高层次的复杂问题。本文充分运用定性与定量相结合的方法,对弹药储备风险分析中的风险识别、风险评估和风险控制等3个关键过程的模型化进行了尝试性研究。

2 弹药储备风险识别模型

弹药储备风险识别是进行弹药储备风险分析时首先要进行的重要工作,主要回答以下几个问题:现存和潜在的风险应有哪些?哪些风险应予研究?引起这些风险的主要因素是什么?这些风险所引起后果的严重程度如何?

弹药储备风险总体上包括温度条件风险、湿度条件风险、通风条件风险、压力条件风险和包装条件风险等多种类型的风险因素,其中每一类风险又可能包括多种子风险因素。弹药储备风险识别模型应具备将这些风险因素通过模型方法识别出来的功能。弹药储备风险识别是在信息不清楚、不完全和不准确的情况下识别弹药储备风险因素的过程。由于在风险识别阶段的主要任务是找出各种潜在的风险并作出对其后果的定性的估计,又由于有些风险很难在短时间内用统计的方法、实验分析的方法或因果关系论证得到证实,因此,可以运用德尔菲法(Delphi)构建弹药储备风险识别的定性分析模型。德尔菲法采用问卷和匿名发表意见的方式,各专家主要依靠自己的经验和能力来回答问题,通过多轮次调查专家对问卷所提问题的看法,经过反复征询、归纳、修改,最后汇总成专家基本一致的看法,作为预测的结果。这种方法具有广泛的代表性,较为可靠。德尔菲法作为一种主观、定性的方法,可以用于定性分析弹药储备风险的风险识别过程。运用德尔菲法构建弹药储备风险识

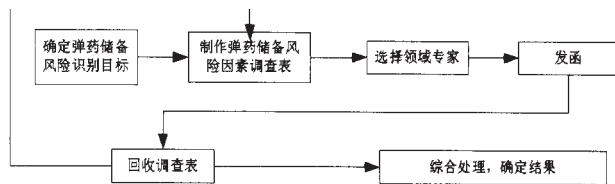


图1 德尔菲法流程图

收稿日期:2005-04-09

作者简介:杨兴东,山东省费县山东银光化工集团有限公司,助理研究员,研究方向为弹药安全评估;E-mail: yang8565@263.net

别过程如图 1 所示。

通过弹药储备风险识别模型,可以识别出所有主要的弹药储备风险因素,为弹药储备风险评估模型中评估指标体系的构建提供了基础条件,并且可以通过该模型对弹药储备风险因素进行初步量化,即对弹药储备风险因素出现的概率和其影响程度这两个因素进行概略性量化。这两个因素结合起来可得到弹药储备因素风险度的概念:弹药储备因素风险度=弹药储备因素风险概率×弹药储备因素风险影响,可用数学公式表示: $FD=f(P,X)$ 。其中, P 是各种弹药储备风险因素的发生概率, X 是各种弹药储备风险因素的影响程度。不同的 $X_i(i=1,2,\dots,n)$ 对应不同的概率 P_i ; P 是 X 的概率分布,而函数 f 所表示的是 X 的数学特征,如均值、标准差等。弹药储备因素风险概率是弹药储备风险因素发生可能性的百分比表示,可用表 1 所示方式量化。弹药储备因素影响程度是指一旦弹药储备风险因素发生,可能对弹药储备预期安全造成的影响大小,可用表 2 所示方式量化。

表 1 弹药储备风险因素发生概率的量化

级别	数值	判断标准
几乎肯定	5	在多数情况下会发生
很有可能	4	在多数情况下可能发生
可能	3	某些情况下可能发生
不大可能	2	多数情况下不会发生
极不可能	1	只在例外情况下会发生

表 2 弹药储备风险因素影响程度的量化

级别	数值	判断标准
灾难性的	5	导致整个弹药储备安全目标无法实现
严重的	4	严重影响弹药储备安全目标的实现
一般程度	3	导致弹药储备安全目标打折扣
微小的	2	对弹药储备安全目标的实现影响不大
可忽略的	1	对实现弹药储备安全目标的影响可以忽略不计

3 弹药储备风险评估模型

弹药储备风险评估需要回答两个问题:弹药储备方案是否有可能失败,失败的后果是什么。因此,评估风险是对两个变量评估的函数:不期而至的结果发生的可能性及其量级的评估。由于弹药储备风险评估具有很多不确定性,且很多因素又具有模糊性,不能精确量化,因此可采用模糊综合评估方法建立弹药储备风险评估模型。模糊综合评估方法,是针对现实世界中评估问题所具有系统性、层次性、模糊性、随机性、经验性及各因素综合影响等特点所提出的一种综合评估方法。下面对弹药储备风险模糊综合评估模型的主要过程和模型进行简要描述。

3.1 指标权重的量化

弹药储备风险评估指标体系是弹药储备风险模糊综合评估模型的核心,它可以依据前述的弹药储备风险识别模型进行构建。有了评估指标体系之后,权重系数 w 的确定很重要,这里可采取 AHP 方法和模式识别相结合的智能化方法来求得。应用 AHP 方法的基本步骤主要有:第一步,建立层次结构;第二步,运用两两比较方法建立判断矩阵;第三步,计算各判断矩阵的权重并作一致性检验。若 2 个模式分别由各自的特征构成 2 个 n 维向量, $x_i=(x_{i1},x_{i2},\dots,x_{in})$, $x_j=(x_{j1},x_{j2},\dots,x_{jn})$,则有:

$$dr(x_i, x_j) = \left[\sum_{q=1}^n |x_{iq} - x_{jq}|^r \right]^{\frac{1}{2}}$$

通常使用 $r=2$ 时的欧式距离函数。

在这里,模式表示各个专家评估得到的权重系数 $w_i=(w_{i1},w_{i2},\dots,w_{in})$ 。假设有 m 个专家参加评估,则“综合意见”(中心模式) w 的各个分量为:

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^m w_{ki}}{m} \quad i=1, 2, 3, \dots, n$$

于是欧式距离为:

$$dr = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_{ki} - w_i)^2}$$

即第 k 个专家模式与中心模式的距离标准差为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n (w_{ij} - w_i)^2}{m}}$$

通常模式代表的意见呈正态分布,去掉 $dr>3s$ 的意见后,余下的模式利用求 W_i 的公式再求得“综合意见”即为我们所需的权重系数。

3.2 建立模糊集

主要互指标集为 $C=\{c_1, c_2, \dots, c_p\}$, 相应的权重集为 $A=(a_1, a_2, \dots, a_p)$ 。子因素指标集为 $C_k=\{c_{k1}, c_{k2}, \dots, c_{kq}\}$, 相应的权重集为 $A_k=(a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kq})$, 其中 $a_{k1}(l=1, 2, \dots, q)$ 表示 C_{kl} 在 C_k 中的比重。次子因素指标集为 $C_{kl}=\{c_{kl1}, c_{kl2}, \dots, c_{klm}\}$, 相应的权重集为 $A_{kl}=(a_{kl1}, a_{kl2}, \dots, a_{klm})$, 其中 $a_{kli}(i=1, 2, \dots, m)$ 表示 C_{kli} 在 C_{kl} 中的比重。

设评语集 $V=\{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ 。其中, V_1 代表低风险, V_2 代表较低风险, V_3 代表一般风险, V_4 代表较高风险, $\dots, V_n$ 代表高风险。

3.3 确定模糊矩阵

从 C_{kl} 到评语集 V 的模糊评估矩阵为:

$$R_{kl} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

其中, $r_{ij}(i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$ 表示子因素层指标 C_{kli} 对于第 j 级评语 V_j 的隶属度。 r_{ij} 的取值方法为:对各专家的评分结果进行统计整理,得到对于指标 C_{kli} 有 V_{j1} 个 V_1 个评语、 V_{j2} 个 V_2 个评语、 V_{jn} 个 V_n 个评语,则对于 $i=1, 2, \dots, m$ 有:

$$r_{ij} = v_{ij} \left/ \sum_{j=1}^n v_{ij} \right. \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

3.4 模糊矩阵运算

先对各次子因素指标 C_{kli} 评估矩阵 R_{kl} 做模糊矩阵运算,得到子因素指标 C_k 对于评语集 V 的隶属向量 $B_k=A_k \cdot R_k=(b_{k1}, b_{k2}, \dots, b_{kn})$,再对各子因素层指标 C_k 评估矩阵作模糊矩阵运算,得到子因素层指标 C_k 对于评语集 V 的隶属向量 $B_k=A_k \cdot R_k=(b_{k1}, b_{k2}, \dots, b_{kn})$;然后对 R 进行模糊矩阵运算,即得到目标层指标 C 对于评语集的隶属向量 B 。这里 $B=(b_1, b_2, \dots, b_n)$ 就是对各弹药储备方案风险表现的总的评估结果,此时可以用 $b_1, b_2, \dots, b_n$ 分别表示各弹药储备方案处于各风险等级的可能性大小,再按照最大隶属度原则,就可以判断弹药储备各方案风险的大小。

4 弹药储备风险控制模型

弹药储备风险控制是指决策者针对弹药储备风险因素,有目的地对弹药储备方案进行控制,从而达到消除或降低风险因素的不确定性和减少损失的目的。不同的弹药储备风险控制决策准则会得到不同的决策结果。可用于弹药储备风险控制的决策准则主要有:期望收益最大准则,期望风险最小准则,低收益、低风险准则,高收益、高风险准则,风险与收益共存准则。其中风险与收益共存准则是 Portfolio 理论的核心准则,它一般是指在风险控制下使收益最大,或在确保收益条件下使风险最低两种情形,属于多准则决策。下面从风险最低模型着手,引入预警控制参数,得到弹药储备风险控制模型。

收益在单纯的经济投资领域,仅指经济上的收益。弹药储备收益不仅仅只是经济收益,而是在经济、军事和社会等各个可能影响安全的领域所获得收益的一个综合收益值,最终表现为达成弹药储备目标的有效性。收益率体现的是弹药储备各方案在各种风险条件下获得的平均收益。收益方差表示为各方案在风险条件下的实际收益与期望收益值之间的偏离程度,在弹药储备风险控制模型中用来描述风险大小。借鉴 Portfolio 理论,这里假设:

1) 决策者是理性的和风险厌恶型的,即满足边际期望收益效用非负和递减规律;

2) 有 n 项弹药储备方案 $F_1, F_2, \dots, F_n, F_j$ 的收益率 R_j 的已知,并且 $R_j (j=1, 2, \dots, n)$ 之间存在线性相关(无系统风险),对于第 i 个事件的收益率取值为 R_{ij} ,显然 R_j 是随机变量;

3) 方案 $F_1, F_2, \dots, F_n$ 的组合投资系数向量为 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$,且满足 $\sum x_j=1, x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n$ 。这里组合投资系数可指弹药储备各方案中投入的作战力量。

收益率或回报率: $R_{ij} = \text{方案收益} \div \text{方案投入}$,当收益率 < 0 时表示亏损。期望收益率为:

$$E(R_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_{ij}$$

m 为事件数或为样本容量, $m \geq n$ 。

协方差矩阵记为:

$$\Sigma = (\sigma_{ij})_{m \times n}$$

当 $i=j$ 时有:

$$D(R_i) = \sigma_{ii} = \sigma_i^2$$

方差是描述随机变量对期望值的离散程度的统计量。

R_i 的方差 σ_i^2 越大表示收益率 R_i 背离 $E(R_i)$ 越远,说明风险越大,反之亦然。这里将 σ_i^2 定义为弹药储备方案 A_j 的风险系数。

由此可以推出,对于 n 种组合方案的样本联合方差为:

$$\sigma^2 = \sum_i \sum_j \sigma_{ij} x_i x_j = X \Sigma X^T \quad (1)$$

均方差就是组合方案的风险厌恶系数。组合方案的期望收益率为:

$$R = \sum_j E(R_j) x_j \quad (2)$$

决策者期望式(1)取最小值和式(2)取最大值,并且满

足 $\sum x_j=1, x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n$ 。这种风险最小、收益最大准则的方案几乎不存在。决策者实际上可能会按下列几种准则进行决策。

1) 选择投资系数使收益最大,其数学模型为:

$$\begin{aligned} \max R &= \sum_j E(R_j) x_j \\ \begin{cases} \sum_j x_j = 1 \\ x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

2) 选择投资系数使风险最低,其数学模型为:

$$\begin{aligned} \min \sigma^2 &= \sum_i \sum_j \sigma_{ij} x_i x_j \\ \begin{cases} \sum_j x_j = 1 \\ x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

3) 给定一个收益率 R_0 ,使得收益不低于 R_0 的条件下,使风险最小,数学模型为:

$$\begin{aligned} \min r &= \sum_i \sum_j \sigma_{ij} x_i x_j \\ \begin{cases} \sum E(R_j) x_j \geq R_0 \\ \sum_j x_j = 1 \\ x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

式(3)是线性规划模型,最优决策是将全部资金投入到期望收益率最大的方案,它不属于组合投资问题。式(4)是二次规划模型,其含义是为了降低风险,将资金分散投入到不同方案的最优组合。式(5)也是二次规划模型,式中称为弹药储备风险控制参数。决策者可以将 R_0 看作一个弹药储备收益率控制参数,模拟得到所需要的 r 值,这是因为 R_0 越大风险越大,反之亦然,决策者通过模拟达到自己的愿望。

5 结语

弹药储备的高风险性使得弹药储备风险分析研究成为热点问题。本文利用目前相对成熟的方法和模型对弹药储备风险分析的各个过程分别进行了建模,对弹药储备风险分析过程进行了定性描述和定量分析,从而构建起一种科学的弹药储备风险分析框架,为弹药储备风险分析的量化研究提供了一种思路。

参考文献(References)

- [1] Markowitz H M. Portfolio Selection[J]. *Journal of Finance*. 1952, (3)
- [2] 柯加山. 战争风险分析模型研究 [J]. 军事运筹与系统工程, 2004, (4)
- [3] 熊伟, 谢科范. 组合投资风险控制决策模拟模型研究[J]. 武汉理工大学学报, 2002, (6)
- [4] 张明智. 模糊数学与军事决策 [M]. 北京: 国防大学出版社, 1997

(责任编辑 李慧政)