

“双重”风险评估模型的研究及实例应用

高伟伟¹ 陈晓春^{1*} 于光认¹ 王如君² 陈思凝² 吕辰³

(1. 北京化工大学 化学工程学院, 北京 100029; 2. 中国生产科学研究院, 北京 100012;

3. 中国矿业大学(北京), 北京 100083)

摘要: 针对当前化工企业风险评估模型种类繁多, 但均存在不能客观、准确反映风险值及各风险因子权重无法合理确定的问题, 建立了一种“双重”风险评估模型, 通过利用 Delphi 法对层次分析法(AHP)进行改进, 从而使得出的风险因子权重值更接近实际; 其次, 将风险矩阵法和 Borda 序值法相结合对企业各风险因子的影响度进行排序, 进而得出“生产装置未定期检查”和“飓风”这两种因子对化工厂的风险影响最大的结论。该风险评估模型能有效避免传统方法的弊端, 最终评估结果(风险值为 0.608)与实际风险辨识结果一致, 为化工企业的防灾、减灾、应急救援提供了理论依据和指导方向。

关键词: Delphi 法; 层次分析法(AHP); 风险矩阵法; Borda 序值法; “双重”风险评估模型

中图分类号: X937 **DOI:** 10.13543/j.bhxbzr.2018.01.001

引言

近几年, 因化工事故频繁发生引起了人们对化工安全的广泛关注^[1-3], 故相关政府部门对化工企业的风险评估极其重视, 尤其是针对危险化学品生产、储存、经营的化工企业。虽然国内对化工企业有关风险评估的方法以及模型已经获得了较大的突破并取得了很大的进步^[4-7], 但是关于化工企业风险评估的研究还不够成熟。当前, 化工企业风险评估模型的理论研究方法比较简单, 模型中的变量因子也比较单一。这些方法一般都是专家根据经验以及对企业资料分析划分出风险等级, 但对化工企业风险评估的定量分析却少见报道。本文通过运用 Delphi 法改进层次分析法(AHP)建立了一种理论模型, 并将风险矩阵法和 Borda 序值法相结合建立了一种定量风险评估模型, 再综合以上两种模型得到“双重”风险评估模型, 使用此模型对某化工厂进行风险评估, 最终得出具体的风险值, 进而可以准确判断出该化工厂的风险大小, 为化工企业的防灾、减灾、应急救援提供了一定的理论依据和指导方向。

1 理论方法

1.1 Delphi 法

Delphi 法主要有 3 个特征^[8]: (1) 匿名方式, 即所有调研人员通过匿名的方式, 独立填写调研目的、内容和结论; (2) 反馈原则, 即将各调研人员调研的目的、内容和结论进行整理归纳, 若有不同意见者, 反复进行修改, 直到达到意见基本一致, 最终作为决策的结果; (3) 统计规律, 即出现结果不一致时, 反复进行修改, 在此过程中找出规律, 发现分歧的原因, 最终达到一致的结论。本文主要运用该方法得出各危险因子对化工企业影响的权重值。

Kendall 协调系数 W 对各专家判断结果是否存在偏差进行验证, χ^2 对协调系数 W 值进行验证。 W 值一般在 0.4 ~ 0.5 范围内波动, 当 χ^2 计算值小于 0.05 时, 说明各专家判断结果基本一致, 得出的结果具有客观性和有效性; 反之, 则需要重复进行评估。 W, χ^2 计算公式见式(1)、(2)。

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3b^2k(k+1)^2}{b^2k(k^2-1)} \quad (1)$$

$$\chi^2 = b(k-1)w \quad (2)$$

式中, b 为调研企业个数; k 为各风险因子个数; R_j 为专家给第 j 个风险因子的秩次的合计; w 为各风险因子权重。

当某专家的判断结果有两个及两个以上相同

收稿日期: 2017-05-27

基金项目: 国家“十三五”规划(2016YFC0801500)

第一作者: 男, 1992 年生, 硕士生

* 通讯联系人

E-mail: chenxc@mail.buct.edu.cn

时,则协调系数 W 的计算公式如下^[9-10]

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3b^2k(k+1)^2}{b^2k(k^2-1) - b \sum (t^3-t)}$$

(3)

式中, t 为判断结果相同的个数。

1.2 层次分析法

层次分析法是将影响总指标的各类指标进行归类,呈树状图型,相邻的上级指标包含下级指标,一般分为 3 层^[11],如图 1 所示。

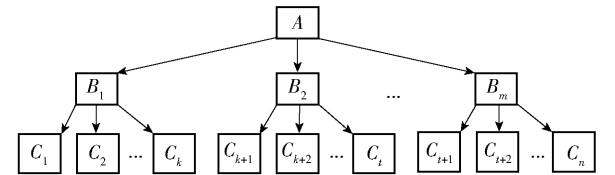


图 1 层次分析法的结构层示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the hierarchy of the analytic hierarchy process

假设有 n 个元素,经过专家和评估人员比较并赋值得到判断矩阵 $C = (C_{ij})_{n \times n}$,其中 C_{ij} 表示因素 i 相对于因素 j 对目标的重要程度^[12]。

构造的判断矩阵应有如下性质

$$C_{ij} > 0$$

(4)

$$C_{ij} = 1 / C_{ji}, i \neq j$$

(5)

$$C_{ij} = 1, i = j; i, j = 1, 2, \dots, n$$

(6)

为了实现研究结果的量化描述,需要不同专家根据同一级指标相互之间的影响判断进行量化打分,从而形成判断矩阵,如表 1 所示。

表 1 判断矩阵标度及其含义

Table 1 Scale of judgment matrix and its meaning

重要性等级	C_{ij}
i 和 j 指标同等重要	1
i 比 j 指标稍微重要	2
i 比 j 指标比较重要	3
i 比 j 指标明显重要	5
i 比 j 指标十分重要	6
i 比 j 指标强烈重要	7
i 比 j 指标极其重要	8
i 比 j 指标极端重要	9

1.3 指标权重的确定

利用 Delphi 法与层次分析法相结合确定出指标权重^[12],具体步骤如下。

1) 按行计算矩阵乘积 D_i

$$D_i = \prod_{j=1}^n C_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

(7)

2) 计算平均权重 \bar{w}_i

$$\bar{w}_i = n \sqrt[n]{D_i}$$

(8)

3) 计算各因子权重 w_j

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij}}{n}$$

(9)

w_{ij} 表示第 i 个专家对第 j 个风险因子给予的权重,则第 j 个风险因子的权重值为 w_j , σ_j^2 是 w_{ij} 的标准方差

$$\sigma_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (w_{ij} - w_j)^2}{n - 1}$$

(10)

假定所有专家的结果服从正态分布 $N(v_j, \sigma_j^2)$ (可以用最小二乘法检验此假定是否成立),根据公式(9)、(10) 计算得出 w_j 和 σ_j^2 ,可以确定一个置信区间^[12],即

$$\left(w_j - \frac{\sigma_j}{\sqrt{n}} Z_{\alpha/2}, w_j + \frac{\sigma_j}{\sqrt{n}} Z_{\alpha/2} \right)$$

(11)

式中, $1 - \alpha$ 为置信度, $Z_{\alpha/2}$ 是标准正态分布上的 $\alpha/2$ 分位点,可以从标准正态分布表中查得。

如果专家的判断结果都在置信区间内,说明该专家对指标的权重判断结果相对准确,若不在置信区间内,则说明该专家给出权重结果差别过大,需要分析原因并增加风险因子数量,直到 90% 以上专家对各指标权重判断结果都在置信区间内,从而得出各指标的平均权重。

相关研究依据风险矩阵法对指标的总风险进行了量化分级,如表 2 所示。

表 2 风险等级量化表

Table 2 Quantification table for risk level

风险等级	量化分数
高	0.8
中	0.6
低	0.4

总风险值 R 是对化工企业的整体评估,它是由风险等级量化值与风险因子个数共同决定的,具体公式如下

$$R = \sum_{i=1}^N Q_i w_i$$

(12)

式中, Q_i 为风险等级量化值; N 为风险因子个数; w_i 为第 i 个风险因子的权重。

1.4 风险矩阵法

风险矩阵法是把风险大小以矩阵的形式表现出来^[13]。将风险影响严重度等级作为矩阵的行,风险概率作为矩阵的列,构成的矩阵与各个风险因子的权重相乘得到风险值,从而对风险因子在矩阵中所对应的位置做出评估。由于各个行业的风险因子不同,对于化工企业的风险评估,通常把风险严重度和风险概率各分成 5 个等级^[14],见表 3 和表 4。

表 3 风险严重度等级及定义

Table 3 Risk severity levels and definition		
风险影响程度	严重度等级	定义或说明
灾难	I	人员死亡或整体装置爆炸
严重	II	人员重伤或装置爆炸
中度	III	人员中伤或装置报废
微小	IV	人员轻伤或装置破裂
可忽略	V	无人人员伤亡或装置无破裂

表 5 风险评估矩阵表

风险发生概率/%		可能性等级	风险影响等级				
			灾难(I)	严重(II)	中度(III)	微小(IV)	可忽略(V)
91 ~ 100	A	高	高	高	高	高	中
61 ~ 90	B	高	高	高	中	中	中
41 ~ 60	C	高	高	中	中	中	低
11 ~ 40	D	高	高	中	中	低	低
0 ~ 10	E	中	中	中	低	低	低

风险因子的严重度序值是指某风险因子相对于其他风险因子导致后果严重度的排序值,计算公式如下

$$V_i = M_i + \frac{(1 + N_i)}{2} \tag{13}$$

$$M_i = \sum_{j=1}^{i-1} N_j, i > 1 \tag{14}$$

其中,当 $i = 1$ 时, $M_i = 0$; V_i 为第 i 个风险因子的严重度序值; N_i 表示与第 i 个风险因子严重度等级相同的风险因子个数。

风险因子的可能性序值是指某风险因子相对于其他风险因子所发生危害可能性次序的值。具体计算公式如下

$$R_j = Z_j + \frac{(1 + Y_j)}{2} \tag{15}$$

表 4 风险发生概率等级及定义

Table 4 Risk occurrence probability levels and definition		
风险发生概率/%	可能性等级	定义或说明
91 ~ 100	A	极有可能发生
61 ~ 90	B	很可能发生
41 ~ 60	C	可能发生
11 ~ 40	D	不太可能发生
0 ~ 10	E	不可能发生

综合表 3 和表 4 给出的信息,构成了相关化工企业的风险评估矩阵,如表 5 所示。

1.5 Borda 序值法

Borda 序值法主要用于在风险矩阵确定后的条件下对各指标进行排序^[15]。本文通过将风险矩阵法与该方法相结合,对各风险因子进一步分析排序,解决了同一等级的风险因子无法深入比较的问题,同时最大限度地降低了主观因素影响,使得出的评价结果更加客观、真实。

$$Z_j = \sum_{k=1}^{j-1} Y_k, k > 1 \tag{16}$$

其中,当 $j = 1$ 时, $Z_1 = 0$; R_j 为第 j 个风险因子的可能性序值; Y_j 表示与第 j 个风险因子可能性等级相同的风险因子个数。

Borda 数值是关于化工厂存在的风险因子对该厂的风险影响程度大小的衡量。Borda 数值与各风险因子的严重度序值、可能性序值有关,表达式如下

$$B_i = (N - V_i) + (N - R_j) \tag{17}$$

式中, N 为风险因子总数。

Borda 序值法是通过得到的 Borda 数值从大到小依次进行排序确定的^[16]。即 Borda 数值越大, Borda 序值就越小, Borda 数值最大的风险因子对应的 Borda 序值为 0。通过 Borda 序值进行排序可

以清楚地看出各个风险因子对总风险的影响程度。

2 应用实例

以某化工厂为例,针对该化工厂的地理环境及其他自然信息,采用第一章方法对其进行风险评估,相关判断数据分别由 8 位相关专家对该化工厂进行风险评估获得。影响该化工厂风险因子的因素主要有自然灾害、化工厂管理状况和工作人员的个人因素 3 方面。运用 AHP 法构建树状图,处于最高层的为化工厂的综合风险(A),中间层为自然灾害(B₁)、化工厂管理(B₂)和个人因素(B₃)。通过资料分析,运用上述理论方法,组织各专家对这 3 种风险因子进行权重的判断。

以下是某专家依据上述 AHP 理论建立的判断矩阵

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/2 \\ 5 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

依据公式(8)得
$$\bar{w} = [0.4149, 2.410, 1]^T \tag{18}$$

由公式(9)得
$$w = [0.098, 0.632, 0.260]^T \tag{19}$$

首先,依次收集 8 位专家对这 3 种指标权重的判断结果,由公式得出各指标的标准方差和置信区间,见表 6。

表 6 专家第一次指标权重判断结果表
Table 6 Table of results using the first indicator of expert weight

专家序号	自然灾害 (B ₁)	化工厂管理 (B ₂)	个人因素 (B ₃)
1	0.098	0.632	0.271
2	0.079	0.543	0.378
3	0.125	0.723	0.152
4	0.156	0.663	0.181
5	0.086	0.726	0.188
6	0.076	0.568	0.356
7	0.091	0.613	0.296
8	0.089	0.682	0.229
平均权重 <i>w</i>	0.100	0.644	0.256
标准方差 <i>σ</i>	0.023	0.025	0.036
置信区间上限	0.156	0.726	0.356
置信区间下限	0.079	0.543	0.152

其次,经过整理分析后,将表 6 的结果反馈给各专家,分析该专家与其他专家给出的数值不同的原因,修改相应的指标体系和范围,该专家据此重新判断并给出权重值,然后再次统计整理,如此反复直到所有专家的判断结果都在置信区间内,从而获得各指标最终权重值,见表 7。

表 7 专家最终指标权重判断结果表
Table 7 Weight judgment results table for expert final indicators

专家序号	自然灾害 (B ₁)	化工厂管理 (B ₂)	个人因素 (B ₃)
1	0.098	0.668	0.234
2	0.096	0.669	0.235
3	0.097	0.665	0.238
4	0.099	0.662	0.239
5	0.094	0.667	0.238
6	0.096	0.665	0.243
7	0.095	0.664	0.241
8	0.098	0.666	0.240
平均权重 <i>w</i>	0.095	0.666	0.239
标准方差 <i>σ</i>	0.002	0.003	0.002
置信区间上限	0.099	0.669	0.243
置信区间下限	0.094	0.662	0.234

通过一系列类似分析,最终确定出自然灾害、化工厂管理和个人因素三者对综合风险的指标权重为
$$w = [0.095, 0.666, 0.239]^T \tag{20}$$

受该化工厂地理位置的影响,该企业面临自然灾害影响的风险种类主要有地震(C₁)、飓风(C₂)、雷电(C₃)、泥石流(C₄)和海啸(C₅)5 种;企业管理对化工安全起着决定性作用,企业管理措施的缺失会导致化工企业安全风险的提高。考虑到化工企业管理不完善,其中主要有消防设施弱(C₆)、危险化学品管理不当(C₇)、生产装置未定期检查(C₈)、管理制度不严谨(C₉)和紧急疏散通道差(C₁₀)等 5 种风险因子;个人因素同样影响化工厂的运行风险,其中影响力较大的风险因子有仪器操作错误(C₁₁)、未注意防护措施(C₁₂)和未及时处理装置故障(C₁₃)3 种。

通过上述研究与分析,运用公式(13)~(17)可以计算出各风险因子的相关数据,包括风险因子严重度序值、可能性序值以及 Borda 数值。以地震影响为例的计算过程如下。

依据专家的判断结果可知,地震的严重度为 I, $i = 1, M_1 = 1$; 与地震严重度等级相同的风险因子个数为 1, 故 $N_1 = 1$, 则

$$V_1 = M_1 + \frac{(1 + N_1)}{2} = 0 + \frac{(1 + 1)}{2} = 1 \tag{21}$$

地震的可能性等级为 D, $j = 4, Z_4 = 9$; 与其可能性等级相同的风险因子的个数为 4, 故 $Y_4 = 4$, 则

$$R_4 = Z_4 + \frac{(1 + Y_4)}{2} = 9 + \frac{(1 + 4)}{2} = 11.5 \tag{22}$$

故地震的 Borda 数为

$$B_1 = (13 - 1) + (13 - 11.5) = 13.5 \tag{23}$$

由公式(2)、(3)对上述 13 种风险因子发生的可能性和后果严重性进行计算, 得到的 Kendall 协调系数 W 计算值分别为 0.464、0.468, 均在 (0.4, 0.5) 区间内, 说明评估结果有效可行。

通过将 Delphi 法与层次分析法相结合, 最终确定出上述 13 种风险因子的权重; 运用 Borda 序值法对 13 种风险因子进行排序得到结果如表 8 所示。

表 8 化工厂风险矩阵评估结果一览表
Table 8 Assessment results of the risk matrix for a chemical plant

危险因素	各风险因子权重	严重度	可能性	风险等级	严重度序值	可能性序值	Borda 数	Borda 序值
地震	0.024	I	D	高	1	11.5	13.5	4
飓风	0.020	II	B	高	4.5	3.5	18	0
雷电	0.015	III	C	中	9.5	7	9.5	9
泥石流	0.019	II	D	低	4.5	11.5	10	5
海啸	0.019	II	C	中	4.5	7	14.5	2
消防设施弱	0.118	III	C	中	9.5	7	9.5	9
危险化学品管理不当	0.166	II	C	中	4.5	7	14.5	2
生产装置未定期检查	0.170	II	B	高	4.5	3.5	18	0
管理制度不严谨	0.092	IV	B	中	12.5	3.5	10	5
紧急通道有障碍	0.095	IV	B	中	12.5	3.5	10	5
仪器操作错误	0.103	II	D	中	4.5	11.5	10	5
未注意防护措施	0.080	III	C	中	9.5	7	9.5	9
未及时处理故障	0.077	III	D	中	9.5	11.5	5	12

最后, 依据表 8 给出的相关参数, 根据公式(12)对该化工厂总风险进行评估计算, 得到结果如下

$$R = 0.8 \times (0.024 + 0.020 + 0.170) + 0.6 \times (0.015 + 0.019 + 0.118 + 0.166 + 0.092 + 0.095 + 0.103 + 0.007 + 0.077) + 0.4 \times 0.019 = 0.608$$

即该化工厂风险等级为中等。

根据文献报道, 相关专家采用模糊综合评价模型对该化工厂所收集的基本数据和资料进行分析, 最终得到该化工厂风险等级属于中等^[17], 该结论与本文最终计算得到的结论一致。

3 结论

本文将 AHP 和 Delphi 法相结合建立了一种“双重”风险评估模型, 获得了风险因子权重值, 并采用 Borda 序值法和风险矩阵法联合模拟计算, 得

到了各影响因素对化工企业风险值影响大小的次序, 从而保障了判断结果的客观性与合理性。将该模型应用于某化工企业的风险评估中, 得出该化工企业处于中等风险等级(风险值为 0.608), 该结果与企业实际判定的风险等级一致。与其他模型相比, 基于本文评估模型获得的定量结果更加客观、实用, 模型可操作性更好。

参考文献:

[1] 师立晨, 曾明荣, 魏利军. 事故应急救援指挥中心组组织架构和运行机制探讨[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(2): 115-118.
Shi L C, Zeng M R, Wei L J. On the organizational frame - structure and operation mode of an incident emergency response center[J]. Journal of Safety and Environment, 2005, 5(2): 115-118. (in Chinese)
[2] 路晓宇, 柳荣漳, 姚院平, 等. 浅析某石化企业反事

- 故演练的成功经验[J]. 职业卫生与应急救援, 2007, 25(2): 87-88.
- Lu X Y, Liu R Z, Yao Y P, et al. Analysis on the successful experience of anti-accident drilling in a petrochemical company[J]. Occup Health & Emerg Res, 2007, 25(2): 87-88. (in Chinese)
- [3] 承奇, 郭燕秋, 张礼敬, 等. 石化企业危险化工工艺风险等级评估指标体系研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(10): 89-92.
- Cheng Q, Guo Y Q, Zhang L J, et al. Study on index system of dangerous chemical processes risk rank for petroleum chemical enterprise[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2011, 7(10): 89-92. (in Chinese)
- [4] 常青. 基于化工安全的战略性思考以及探析[J]. 化学工程与装备, 2014(11): 197-199.
- Chang Q. Strategic thinking and analysis based on chemical safety[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2014(11): 197-199. (in Chinese)
- [5] 何川, 刘功智, 任智刚, 等. 国外灾害风险评估模型对比分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(5): 148-153.
- He C, Liu G Z, Ren Z G, et al. Comparative analysis of several worldwide disaster risk assessment models[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2010, 6(5): 148-153. (in Chinese)
- [6] 叶金玉, 林广发, 张明锋. 自然灾害风险评估研究进展[J]. 防灾科技学院学报, 2010, 12(3): 20-25.
- Ye J Y, Lin G F, Zhang M F. A review of natural disaster risk assessment[J]. Journal of Institute of Disaster Prevention, 2010, 12(3): 20-25. (in Chinese)
- [7] 王文圣, 金菊良, 李跃清. 基于集对分析的自然灾害风险度综合评价研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2009, 41(6): 6-12.
- Wang W S, Jin J L, Li Y Q. Risk degree assessment of natural disaster based on set pair analysis method[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2009, 41(6): 6-12. (in Chinese)
- [8] 张镭, 毕宏焱, 解丽娜, 等. 综合应用 Delphi 法、风险矩阵法与 Borda 序值法评估医院病区药品管理风险[J]. 临床药物治疗杂志, 2015, 13(2): 29-33.
- Zhang L, Bi H Y, Xie L N, et al. Integrated application of Delphi, risk matrix and Borda count methods in assessment of risks of drugs management in wards[J]. Clinical Medication Journal, 2015, 13(2): 29-33. (in Chinese)
- [9] 程琮, 刘一志, 王如德. Kendall 协调系数 W 检验及其 SPSS 实现[J]. 泰山医学院学报, 2010, 31(7): 487-490.
- Cheng Z, Liu Y Z, Wang R D. The test for Kendalls coefficient of concordance W conducted by SPSS[J]. Journal of Taishan Medical College, 2010, 31(7): 487-490. (in Chinese)
- [10] 吴国松, 李洋, 柳丽影, 等. 基于 Delphi 法的医疗风险识别技术评价研究[J]. 中国医院, 2014, 18(4): 25-27.
- Wu G S, Li Y, Liu L Y, et al. Study on medical risk identification tools evaluation based on Delphi method[J]. Chinese Hospitals, 2014, 18(4): 25-27. (in Chinese)
- [11] 杨霞. 基于层次分析法的化工企业火灾风险评估研究[J]. 武警学院学报, 2007, 23(10): 41-43.
- Yang X. The study on the chemical corporation fire risk assessment based upon an analytical hierarchy process and fuzzy recognition[J]. Journal of Chinese People's Armed Police Force Academy, 2007, 23(10): 41-43. (in Chinese)
- [12] 张学志, 陈功玉. AHP 与 Delphi 法相结合确定供应商评价指标权重[J]. 物流技术, 2005(9): 71-74.
- Zhang X Z, Chen G Y. Integrated AHP with Delphi to decide the index weights in vendor evaluation[J]. Logistics Technology, 2005(9): 71-74. (in Chinese)
- [13] 杨永清, 许先云. 混合群体 AHP 方法判断矩阵的构造及应用[J]. 系统工程, 1994, 12(3): 68-74.
- Yang Y Q, Xu X Y. The construction and application of judgment matrix of the group—AHP method with mixed factors[J]. Systems Engineering, 1994, 12(3): 68-74. (in Chinese)
- [14] 李树清, 颜智, 段瑜. 风险矩阵法在危险有害因素分级中的应用[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(4): 83-87.
- Li S Q, Yan Z, Duan Y. Application of risk matrix in classification of dangerous and hazardous factors[J]. China Safety Science Journal, 2010, 20(4): 83-87. (in Chinese)
- [15] 朱启超, 匡兴华, 沈永平. 风险矩阵方法与应用述评[J]. 中国工程科学, 2003, 5(1): 89-94.
- Zhu Q C, Kuang X H, Shen Y P. Risk matrix method and its application in the field of technical project risk management[J]. Engineering Science, 2003, 5(1): 89-94. (in Chinese)
- [16] 刘进, 高轩能. 基于改进风险矩阵法的医院建筑火灾风险评价[J]. 数学的实践认识, 2012, 42(1): 115-121.
- Liu J, Gao X N. Fire risk assessment of hospital building based on improved risk matrix method[J]. Mathematics

in Practice and Theory, 2012, 42 (1): 115 – 121. (in Chinese)

[17] 凌志强, 李秀娟. 小型化工企业模糊综合评价模型及应用研究[J]. 科技创新导报, 2007(32): 8/10.

Ling Z Q, Li X J. Research on fuzzy comprehensive evaluation model and application of small scale chemical enterprises[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2007(32): 8/10. (in Chinese)

Applications of the“double” risk assessment model

GAO WeiWei¹ CHEN XiaoChun^{1*} YU GuangRen¹ WANG RuJun²
CHEN SiNing² LV Chen³

(1. School of Chemical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029; 2. China Academy of Safety Science & Technology, Beijing 100012; 3. China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: A variety of risk assessment models are currently employed in chemical enterprises, but they all suffer from the same problem whereby they cannot objectively and accurately reflect the risk values and determine the weight of each risk factor. In this paper, a “double” risk assessment model has been established, by using the Delphi method to improve the analytic hierarchy process (AHP) method, which makes the estimated risk factor more scientific and objective. The subsequent step, combining the risk matrix method with the Borda count method, can be used to sort the degree of influence of each risk factor, and in this way we can account for “failure to carry out regular checks of production equipment” and “hurricanes”, two factors which have a big impact on the risks associated with a chemical plant. The new risk assessment model can effectively avoid the disadvantages of traditional methods by determining the risk weights, and gives a final assessment result (the calculated risk value was 0.608) that is very close to reality, thus providing a theoretical basis and guidance for chemical disaster prevention, mitigation and emergency rescue.

Key words: Delphi method; analytic hierarchy process(AHP); risk matrix method; Borda count method; “double” risk assessment model

(责任编辑:吴万玲)