

基于ISM和AHP的危险品 仓储风险影响因素研究

张博倩¹ 吕淑然¹ 马子超² 高焕然¹

1.首都经济贸易大学 2.中国建筑科学研究院

【摘要】本文采用解释结构模型(ISM)分析影响危险品仓储系统的各个因素之间的联系,建立3级多层递阶模型。应用层次分析法(AHP)从仓储人员问题、硬件问题、软件问题和意外问题四个方面对结构模型中各因素指标的影响力进行排序,建立指标综合权重体系。结果表明:法律法规和安全管理是最深层次的影响因素;在一级指标中,软件问题为主要因素,在三级指标中,法律法规、安全责任意识和存储方式最为重要。建议企业应遵守相关法律法规,预防和控制习惯性违章行为,加强安全管理,提高责任意识。

【关键词】危险品;仓储安全;解释结构模型;层次分析法

我国现在已经跻身世界级的危险品生产和应用大国,每年通过仓库存储的危险品已经超过3亿吨,且呈逐年上升的趋势。我国危险品的生产量已达15亿吨,仓储单位1万多家^[1]。危险品存储场所的典型危险事故类型是爆炸、池火灾以及毒气泄漏与扩散。历年来,我国政府颁布了许多国家标准规范,但由于危险品易燃易爆的特性,加之某些企业不能落实到位相关法律法规,导致危化品储存安全事故时有发生。天津“8·12”危险品仓库特大火灾爆炸事故发生后,危险品仓储的安全问题开始受到高度关注,如何使得企业在追求低成本高效益的同时,又能确保各个环节的安全,已经成为研究的重点。本文从企业的角度,探讨影响危险品仓储安全的因素,以ISM和AHP对危险品仓储系统进行研究,从而制定有效的预防措施,减少事故的发生。

1 ISM模型分析

解释结构模型(简称ISM)技术是最基本和最具特色的系统结构模型化技术,是美国J.华费尔特教授1973年在进行复杂的社会经济系统的研究过程中开发的一种方法^[2]。ISM的特点是把复杂的系统分解为若干个子系统(要素),利用人们的实践经验和相关知识,以及计算机的帮助,最终将系统构造成一个多级递阶的结构模型。

1.1 影响因素选取

综合考虑危险品仓储环境以及对以往事故报告的分析,在查阅相关文献资料^[3-4]的基础上,最终确定了13个影响危险品仓储安全的因素,见表1。

1.2 建立邻接矩阵

邻接矩阵是一个布尔矩阵,危险品仓储风险系统的邻接矩阵是用0和1表示出每个要素之间的关

表1 危险品仓储系统安全影响因素

序号	影响因素	符号
1	自然天气	S_1
2	周边环境	S_2
3	法律法规	S_3
4	安全责任意识	S_4
5	专业技术能力	S_5
6	危险品性质	S_6
7	安全管理	S_7
8	教育培训	S_8
9	消防与安全设施	S_9
10	应急预案	S_{10}
11	存储方式	S_{11}
12	仓储设备	S_{12}
13	仓库布局	S_{13}

$$M = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 & S_{10} & S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ S_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ S_3 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ S_4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ S_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ S_6 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ S_7 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ S_8 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ S_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ S_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ S_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ S_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ S_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

系,得出一个13×13的矩阵,根据影响危险品仓储安全的因素间的直接、间接关系,对13个影响因素进行两两比较,如式(1)所示。

$$A=[a_{ij}] = \begin{cases} 1, S_i \text{与} S_j \text{有直接关系} \\ 0, S_i \text{与} S_j \text{没有直接关系} \end{cases} (i, j=1, 2, \dots, 13) \quad (1)$$

其中, S_i 为行 S_j 为列, 最终所得出的矩阵 A 即为邻接矩阵^[5]。

$$A = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 & S_{10} & S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ S_3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ S_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ S_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_6 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ S_7 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ S_8 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ S_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ S_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

1.3 建立可达矩阵

可达矩阵 M 是指用矩阵的形式来描述有向连接图各节点之间, 经过一定长度的通路后可能达到的程度。用1表示两个要素之间能够建立起通路, 用0表示不能建立通路。邻接矩阵 A 反映了影响因素之间的直接关系, 而可达矩阵 M 反映了影响因素之间存在的间接关系。根据邻接矩阵 A , 运用布尔矩阵法则计算至 $M = (A+I)^{r+1} = (A+I)^r \neq (A+I)^{r-1}$, 其中, I 为单位矩阵, M 为可达矩阵, 在该模型中, 计算得: 当 $r=3$ 时, 满足上述条件, 其结果如下。

1.4 层级划分

在可达矩阵中由 S_i 可达到的各个系统要素所构成的集合即为可达集 $R(S_i)$; 可到达 S_i 的各个要素

所构成的集合即为先行集 $A(S_i)$; S_i 在可达集 $R(S_i)$ 与先行集 $A(S_i)$ 的共同部分为共同集 $C(S_i)$, 即交集。当 $R(S_i) = C(S_i)$ 时, S_i 即为最上级因素, 将 S_i 所在的行与列去掉即可得到新的可达矩阵, 以此类推划分出各个层级。最终计算求得: $L_1 = \{S_9, S_{10}, S_{12}\}$, $L_2 = \{S_1, S_{13}\}$, $L_3 = \{S_2, S_4, S_5, S_8\}$, $L_4 = \{S_1, S_7\}$, $L_5 = \{S_3\}$, $L_6 = \{S_6\}$ 。根据分级结果经简化处理后, 得到危险品仓储安全系统的ISM模型, 如图1。

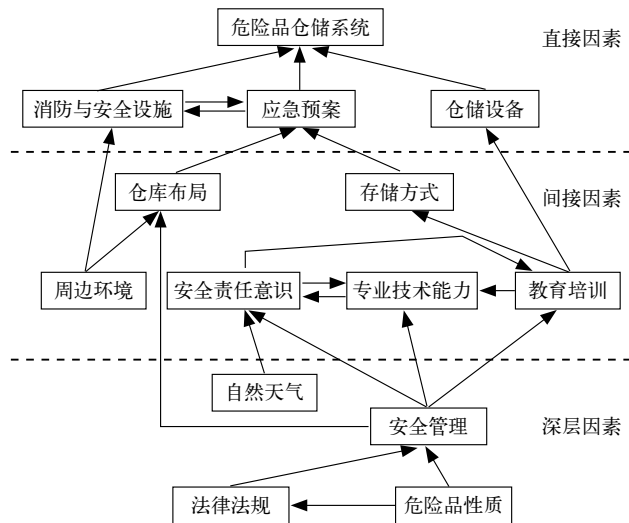


图1 危险品仓储系统的ISM模型

影响危险品仓储的13个因素分为了三层, 第一层直接影响因素为消防与安全设施, 应急预案, 仓储设备。这些因素直接影响到危险品仓储系统应对危险的能力。第二层的间接因素对第一层因素造成影响, 第三层为根本因素, 是导致事故发生的最深层次的原因, 如: 法律法规、危险品性质、自然天气、安全管理。其中自然天气是不可控因素, 危险品固有的性质是不可改变的, 法律法规和安全管理是规范危险品仓储最主要的手段, 企业应杜绝有法不依、有章不

循的现象,严格遵守相关法律法规、做好安全管理工作以减少事故的发生。此外,周边环境没有下层因素的影响,比较独立,也应予以重视。由ISM模型可以看出,影响危险品仓储安全的是一个复杂的系统。

2 AHP方法分析

ISM分析方法能定性分析影响危险品仓储系统安全的要素间的内在关系,但是不能确定各影响因素的权重,而层次分析法可对其进行定量分析。美国运筹学家A.L.Saaty教授最早提出了层次分析法(Alytic hierarchy process 简称AHP),AHP是对定性问题进行定量分析的一种简便、灵活并且实用的多准则决策方法^[6]。AHP法在决策分析时,可以把一个由众多因素构成的互相关联、制约的复杂的系统从不同的角度进行评价,根据系统的决策目标将研究的问题层次化、条理化,建立递阶层次结构并形成多层次的分析结构模型,一般由高到低分层,即:目标层、准则层和指标层,利用下层对其上层的相对重要性来评价因素的权重。

通过对近些年来发生的事故进行分析,总结出事故发生的原因大致可分为四类:仓储人员问题、硬件问题、软件问题和意外问题^[7]。本文从这四个方面进行考虑,应用Yaaph层次分析法软件建立危险品仓储安全等级层次分析结构,如图2。

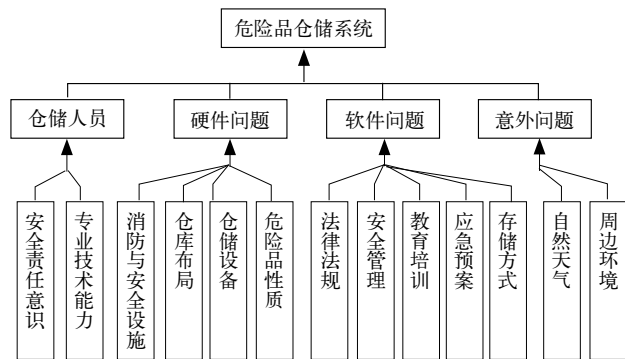


图2 危险品仓储安全等级评价指标体系

依据图2中指标体系,用成对比较法和1-9比较尺度,经专家打分法构建判断矩阵。如构造硬件问题因素的判断矩阵,见表2。判断矩阵一致性比例为0.012,对危险品仓储安全体系的权重为0.153。同理,对人员因素、软件因素、意外问题,分别构造判断矩阵,请专家打分后,得出危险品仓储安全体系的每一

个元素的权重,见表3。

表2 硬件因素判断矩阵

	消防与安全设施	仓库布局	仓储设备	危险品性质
消防与安全设施	1	1/3	1/2	2
仓库布局	3	1	2	4
仓储设备	2	1/2	1	3
危险品性质	1/2	1/4	1/3	1

由表3可得,危险品仓储安全影响体系中,软件问题为主要因素,其权重为0.549,在二级指标中占了总权重的一半,仓储人员的因素占0.245,硬件因素占0.153,意外问题因素影响最小仅为0.053。在三级指标中,法律法规、安全责任和存储方式最为重要。

表3 影响因素的指标权重

一级要素	二级要素	权重	三级要素	权重
危险品 仓储系统	仓储人员	0.245	安全责任意识	0.163
			专业技术能力	0.082
	硬件问题	0.153	消防与安全设施	0.025
			仓库布局	0.071
			仓储设备	0.042
			危险品性质	0.015
	软件问题	0.549	法律法规	0.217
			安全管理	0.085
			教育培训	0.087
			应急预案	0.032
			存储方式	0.128
	意外问题	0.053	自然天气	0.013
			周边环境	0.040

结合图1的模型和表3的各个指标权重可以得到图3。危险品仓储风险的影响因素变量众多、关系复杂而结构不清晰,采用ISM和AHP相结合的方法,不仅可以看出各个因素之间的关系,还可以明确各因素在该系统中的权重。如在影响危险品仓储的直接因素中,仓储设备所占的权重(0.042)较大,应急预案所占的权重(0.032)相对较小,所以企业在进行安全管理时,应有所偏重,采取重点且有针对性的防范管理措施。

3 结论

ISM解释结构模型法,针对危险品仓储的特点,分析总结出危险品仓储安全的13个影响因素。用ISM模型对13个因素进行分析,分成3个层次并得出他们之间逻辑关系。危险品仓储系统中最深层次因素是危险品性质和法律法规,所以企业应充分了解所存储的各类危险品性质,合理布局并严格遵守相

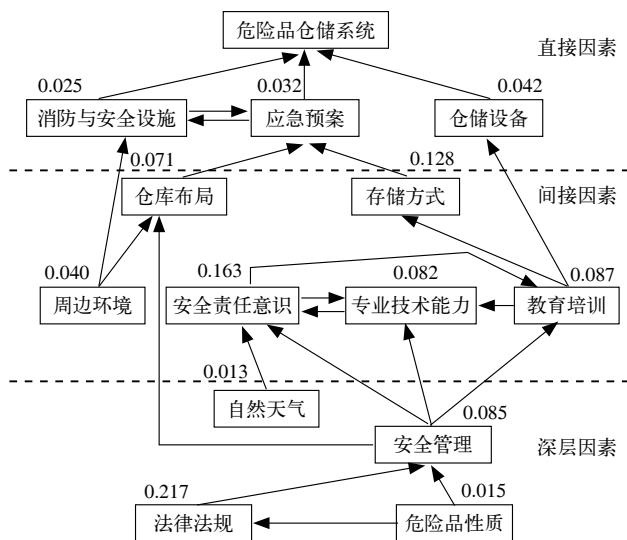


图3 危险品仓储系统结构及权重

关法律法规,降低风险。

AHP层次分析法,计算得出了危险品仓储系统的所有元素的权重。法律法规的权重为0.217,安全责任的权重为0.163,存储方式的权重为0.128。因此,应加强对这三个因素重视,在危险品仓储的各个环节、各个层面严格加强安全管理,进一步明确各有关部门和相关利益主体的职能和责任,完善相关法律法规,根据企业发展需求,适时调整和修订危险品

仓储相关规范,以实现危险品仓储的安全。该方法能够较好地衡量各影响因素之间的优劣关系,提高分析的可靠性。

危险品仓储的影响因素众多且关系复杂,采用ISM构建多级递阶层次模型,定性分析要素之间的关系,AHP分析法,通过两两比较确定层次中复杂因素的相对重要性,经过综合判断,得出各个要素权重。定性分析和定量分析有效结合,提高分析的可靠性和有效性,从而为危险品仓储安全管理提供依据。

参考文献

- [1] 苏立亭.企业危险品仓储安全集成管理研究[D].西安:长安大学,2016
- [2] 姜林林,左忠义.基于ISM方法的城市轨道交通系统运营安全分析[J].中国安全科学学报,2013,23(6):172-176
- [3] 商明.危险品物流行业消防安全管理分析[J].安全,2012,33(7):46-49
- [4] 白世贞,王海滨.HACCP原理在危险品物流安全问题中的应用[J].物流科技,2007,30(10):79-81
- [5] 马子超,李杰,李泽华.以ISM和AHP分析燃气输配站设施的风险影响因素[J].安全,2016,37(10):12-14
- [6] 马士治,曹雄,朱劭涌,等.基于AHP的成品油储备仓库安全评价[J].山东化工,2011,40(6):53-55
- [7] 何凡,王海燕.危害分析与关键控制点方法在危险品仓储管理中的应用[J].中国安全生产科学技术,2006,2(2):105-108

北京市劳动保护科学研究所

荣获2017年北京市“职工技协杯”优秀组织奖

2018年1月,北京市安全生产监督管理局发布《北京市安全生产监督管理局关于公布2017年北京市“职工技协杯”职业技能竞赛安全生产领域六项赛事获奖个人、团体及单位名单的通知》(京安监通[2018]16号),北京市劳动保护科学研究所获得“2017年北京市职工技协杯职业技能竞赛优秀组织奖”称号。我所组织承办了第一场职业技能竞赛的组织工作,并开展了有限空间作业职业技能竞赛的初赛、决赛等赛事的组织工作,与北京京港地铁有限公司协作开展城轨列车信号工职业技能竞赛的初赛、决赛等赛事的组织工作。

通过承办职业技能竞赛,强化有限空间特种作业人员的安全生产意识,全面提升作业人员安全操作能力和职业荣誉感,大力宣传有限空间安全作业的重要性,为避免有限空间作业事故的发生,动员全社会各方面力量共同参与到安全生产工作中来。