

层次分析法在长城钻探公司审核标准中的应用

张永娟¹ 魏夕原² 申伟平¹ 郑辉¹ 张鑫¹ 杨正龙¹

(1. 中国石油集团安全环保技术研究院有限公司; 2. 中国石油集团长城钻探工程有限公司)

摘 要 文章提出将层次分析法(AHP)运用于长城钻探公司健康安全环境(HSE)管理体系审核标准中,对审核标准、审核主题和审核项构建层次结构模型,合理分配各审核主题和审核项分值,对下属单位HSE管理水平量化。结合层次分析法的特点,通过建立递阶层次结构,完善新的量化指标;通过两两比较矩阵,对各项审核主题和审核项之间的重要性进行比较;通过计算各指标权重,解决现有指标受人为的主观因素影响的问题,增强审核主题和审核项的说服力。选择运用层次分析法来建立审核标准模型,制定合适的审核主题和审核项,将HSE管理体系中各项要素在日常管理中量化,方便进行日常管理和考核,最终达到安全生产的目的。

关键词 层次分析法; 审核标准; 审核主题; 审核项; 钻井

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2020.04.017

文章编号:1005-3158(2020)04-0065-05

0 引 言

长城钻探公司的主营业务是钻井生产施工,由于钻井施工作业有其固有的特点,存在着井喷失控或着火爆炸的重大危险,施工区域的地理环境、气候、地方病等,对钻井员工的身心造成一定的伤害^[1-4]。除此之外,受地质条件、技术水平、管理规范等因素的限制,同时受错综复杂的海外市场的政治局势等各种风险因素和外界因素影响,HSE风险越来越大^[5-8]。钻井事故一般都是大型事故,一旦发生后果不堪设想,生命财产受损失的同时,带来严重的社会负面影响,加强钻井工程作业过程的安全生产势在必行^[9-12]。因此,实施HSE管理体系对安全生产等方面有极其重要的意义^[13-19],而HSE体系审核标准又是确保体系得以正确实施的关键。

HSE管理体系指标(即审核主题和审核项)量化的作用就是利用审核对公司HSE管理情况进行量化。管理必须审核,有助于推动持续改进;督促落实上级和自身年度HSE管理政策和要求;指导和帮助企业查找HSE管理短板和薄弱环节,提出对策措施和改进建议;发现和总结HSE管理的典型经验和有效做法,锻炼、培养HSE骨干人员。

为了更好地评估长城钻探公司指标分配合理性,更客观准确的评价各下属单位HSE管理现状,确保HSE管理体系审核标准的有效性,使HSE管理体系真正起到减少事故发生的作用,提出将层次分析法应

用于长城钻探公司的HSE管理体系审核标准现状分析,并把层次分析结果运用在安全管理过程,通过设定风险警戒线提前干预;通过设定目标值,将主要安全管理重点放在促进落后单位和加强管理中游水平的单位,不断完善并提高长城钻探公司HSE管理的能力。

1 层次分析法原理

层次分析是一个多层次的分析结构模型,根据问题的性质和要达到的总目标,将问题分解为不同的组成因数,并按因数间的相互关系以及隶属关系将因数按照不同层次组合,将需要分析的问题层次化^[20-21]。

层次分析法一般按照以下4个步骤进行:

第一步,建立层次结构模型。层次分析法首先要求决策者将决策问题根据其性质和隶属关系分解成目标层(审核标准)、准则层(审核主题)和方案层(审核项),建立递阶层次架构。从本案例来说,目标层是确定HSE管理体系量化指标,准则层是各体系具体要素指标,最底层是方案各要素详细指标^[22-23],建立长城钻探公司审核标准层次模型,见图1。

第二步,标度及两两比较矩阵。层次结构反应了因数之间的关系,但各准则在目标评价中所占的重要程度往往不同。相对重要性标度是指运用两两比较的方法来确定各准则所占的比重。标度是表示两两要素之间相对重要性的尺度,结果见表1。

张永娟,2013年毕业于东北林业大学环境科学专业,现在中国石油集团安全环保技术研究院有限公司从事HSE技术支持工作。通信地址:北京市昌平区黄河北街1号院1号楼,102206。E-mail:zhang-yongjuan@cnpc.com.cn。

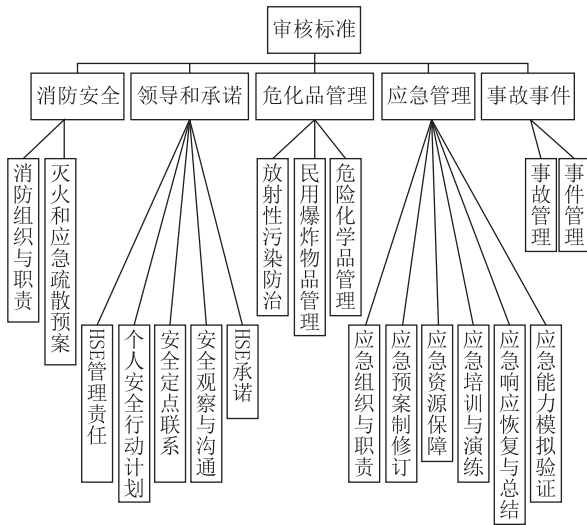


图 1 长城钻探公司审核标准层次模型

表 1 标度及定义

标度 a_{ij}	定义
1	i 因数与 j 因数相同重要
3	i 因数比 j 因数略重要
5	i 因数比 j 因数明显重要
7	i 因数比 j 因数非常重要
9	i 因数比 j 因数绝对重要
2, 4, 6, 8	为以上两判断之间的中间状态对应的标度
倒数	若 j 因数与 i 因数比较, 得到的判断值为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

标度是对因数进行两两比较, 以确定互相之间的相对重要性, 以得出两两比较矩阵。

$$A = a_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

第三步, 层次单排序及一致性检验。层次单排序: 对判断矩阵 A 求其最大特征根 $\lambda_{\max} = AW$, $\lambda_{\max}$ 所对应的特征向量 W 经过统一化处理, 得到同一层次相应因数对于上一层次某一因数相对重要性的排序权值。

检验一致性指标来判断偏离程度是否可接受。

一致性指标:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

式中: n 为比较因数的数目。然后, 查找相应的随机一致性指标, $n=1, 2, 3 \cdots 9$ 时的 RI 值, 见表 2。

表 2 随机一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

一致性比率:

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.1 \quad (3)$$

$CR < 0.1$, 则层次单排序的结果具有满意的一致性; $CR \geq 0.1$, 则需要对判断矩阵进行必要的修正。

第四步, 层次总排序及一致性检验。

第一层次 A 包含 A_1, A_2, A_m 等 m 个因数, 其层次总排序权值分别为 a_1, a_2, a_m , 第二层次 B 包含 B_1, B_2, B_n 等 n 个因数, 它们对于因数 A_1 的层次单排序权值分别为 b_{1j}, b_{2j}, b_{nj} 。

层次总排序做一致性检验。如果 B 层某些因数对于 A_j 单排序的一致性指标为 CI_j , 相应的平均随机一致性指标为 RI_j , 则 B 层总排序随机一致性比率为 CR :

$$\frac{\sum_{j=1}^m a_j CI_j}{\sum_{j=1}^m a_j RI_j} \quad (4)$$

$CR < 0.1$, 层次总排序结果具有满意的一致性; $CR \geq 0.1$, 则需要重新调整判断矩阵元素的取值, 直到满意为止。

2 建立基于层次分析法的定量化指标完善体系

2.1 准则层对于目标层的判断矩阵计算

经与各部门专家多次探讨, 选取 5 个相对权重较大审核主题, 形成两两比较矩阵, 见表 3。

表 3 审核主题的两两比较矩阵

审核主题	消防安全	领导和承诺	危险品管理	应急管理	事故事件
消防安全	1	1/3	1/6	1/4	1/4
领导和承诺	3	1	2	1	1
危险品管理	6	2	1	2	2
应急管理	4	1	1/2	1	1
事故事件	4	1	1/2	1	1
列总和	18	16/3	25/6	21/4	21/4

标准两两比较矩阵, 以图 1 第 2 列的计算过程为例:

$$1/18 = 0.056$$

$3/18=0.167$

$6/18=0.333$

$4/18=0.222$

$4/18=0.222$

标准两两矩阵每一行的平均值即为相应准则对于目标层的权值 W_1 , 计算结果见表 4。

表 4 审核主题的权重值

审核要素	消防安全	领导和承诺	危险品管理	应急管理	事故事件	权重 W_1
消防安全	0.056	0.063	0.040	0.048	0.048	0.255
领导和承诺	0.167	0.188	0.480	0.190	0.190	1.215
危险品管理	0.333	0.375	0.240	0.381	0.381	1.710
应急管理	0.222	0.188	0.120	0.190	0.190	0.910
事故事件	0.222	0.188	0.120	0.190	0.190	0.910

2.2 特征根计算及一致性检验

第一步, 由两两比较矩阵和权值向量相乘, 获得赋权和向量如下:

1

1/3

1/6

1/4

1/4

3

1

2

1

1

6

2

1

2

2

4

1

1/2

1

1

4

1

1/2

1

1

0.375

1.215

1.71

0.91

0.91

=

1.522

7.58

10.03

5.39

5.39

(5)

第二步, 每个赋权和向量分别除以对应的权值:

$1.522/0.375=4.059$

$7.58/1.215=6.239$

$10.03/1.71=5.865$

$5.39/0.91=5.923$

$5.39/0.91=5.923$

第三步, 取第二步结果的平均值即为最大特征根 $\lambda_{\max}$,

$$\lambda_{\max} = (4.059 + 6.239 + 5.865 + 5.923 + 5.923) / 5 = 5.602$$

第四步, 计算一致性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5.602 - 5}{5 - 1} = 0.1505 \quad (6)$$

n 为进行两两比较的因数的数目, 在此 $n=5$ 。

第五步, 进行一致性检验, 查表得到 $RI=1.12$, 所以

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.1505}{1.12} = 0.134 \quad (7)$$

$CR>0.1$, 一致性检验未通过, 所以此定量化赋

值存在问题。

3 优化完善审核主题

经过研究分析后, 重新对审核主题进行定量赋值, 见表 5~表 9。

表 5 消防安全

审核主题	审核项
消防安全 140 分	1. 消防组织与职责 110 分
	2. 灭火和应急疏散预案 30 分

表 6 领导和承诺

审核主题	审核项
领导和承诺 390 分	1. HSE 管理责任 160 分
	2. 个人安全行动计划 70 分
	3. 安全定点联系 60 分
	4. 安全观察与沟通 60 分
	5. HSE 承诺 40 分

$CR=0.058$

表 7 危化品管理

审核主题	审核项
危化品管理 680 分	1. 放射性污染防治(210 分)
	2. 民用爆炸物品管理(140 分)
	3. 危险化学品管理(330 分))

$CR=0.0075$

表 8 应急管理

审核主题	审核项
应急管理 485 分	1. 应急组织与职责(75 分)
	2. 应急预案制修订与备案管理(105 分)
	3. 应急资源保障(135 分)
	4. 应急培训与演练(80 分)
	5. 应急响应恢复与总结(60 分)
	6. 应急能力模拟验证(30 分)

$CR=0.003$

表 9 事故事件

审核主题	审核项
消防安全 450 分	1. 事故管理(200 分)
	2. 事件管理(250 分)

审核主题两两比较矩阵见表 10。

表 10 审核主题的两两比较矩阵

审核主题	消防安全	领导和承诺	危险品管理	应急管理	事故事件
消防安全	1	1/2	1/4	1/3	1/3
领导和承诺	2	1	1/2	1	1
危险品管理	4	2	1	2	2
应急管理	3	1	1/2	1	1
事故事件	3	1	1/2	1	1
列总和	13	11/2	11/4	16/3	16/3

$CR=0.006\ 25$,一致性比率 $CR<0.1$,通过一致性验证,因此表明此赋值合理,见表 11。

表 11 整体权重表

审核主题	对审核内容权重	审核项	对审核主题权重	综合权重
消防安全	0.051	消防组织与职责	0.8	0.041
		灭火和应急疏散预案	0.2	0.011
领导和承诺	0.243	HSE 管理责任	0.413	0.101
		个人安全行动计划	0.175	0.043
		安全定点联系	0.162	0.039
		安全观察与沟通	0.162	0.039
		HSE 承诺	0.088	0.022
危化品管理	0.342	放射性污染防治	0.297	0.101
		民用爆炸物品管理	0.164	0.056
		危险化学品管理	0.539	0.184
应急管理	0.182	组织与职责	0.134	0.024
		预案制修订与备案管理	0.232	0.042
		资源保障	0.269	0.049
		培训与演练	0.165	0.030
		响应恢复与总结	0.134	0.024
		能力模拟验证	0.066	0.012
事故事件	0.182	事故管理	0.5	0.091
		事件管理	0.5	0.091

公司组织 HSE 管理体系审核时,各位审核人员分别对 A 公司、B 公司、C 公司 3 家下属单位 HSE 管理工作进行量化打分,取平均值后,结合指标权重,3 家下属单位的最终得分及排序见表 12。

表 12 3 家单位加权综合得分及排序

审核主题	审核项	综合权值	原始得分			最终得分		
			A	B	C	A	B	C
消防安全	消防组织与职责	0.041	59	61	54	2.419	2.501	2.214
	灭火和应急疏散预案	0.011	20	16	18	0.22	0.176	0.198
领导和承诺	HSE 管理责任	0.101	116	123	113	11.716	12.423	11.413
	个人安全行动计划	0.043	52	46	32	2.236	1.978	1.376
	安全定点联系	0.039	43	41	40	1.677	1.599	1.56
	安全观察与沟通	0.039	40	34	45	1.56	1.326	1.755
危化品管理	HSE 承诺	0.022	44	51	48	0.968	1.122	1.056
	放射性污染防治	0.101	/	/	/	/	/	/
	民用爆炸物品管理	0.056	/	/	/	/	/	/
	危险化学品管理	0.184	272	289	275	50.048	53.176	50.6
应急管理	组织与职责	0.024	65	63	55	1.56	1.512	1.32
	预案制修订与备案管理	0.042	93	74	88	3.906	3.108	3.696
	资源保障	0.049	87	82	76	4.263	4.018	3.724
	培训与演练	0.030	48	36	56	1.44	1.08	1.68
	响应恢复与总结	0.024	26	14	15	0.624	0.336	0.36
	能力模拟验证	0.012	0	0	0	0	0	0
事故事件	事故管理	0.091	77	92	74	7.007	8.372	6.734
	事件管理	0.091	119	134	108	10.829	12.194	9.828
总分						100.47	104.92	97.51

通过审核人员分别对 3 个单位 HSE 管理进行量

化审核评分,然后使用加权综合,并运用层次分析法计算可知,从得分值上来说得分最高为 B(104.92 分) > A(100.47 分) > C(97.51 分)。

4 结 论

3 个下属单位通过计算得出的排名与日常 HSE 综合管理考核排名一致,因此可认为此审核主题和审核项符合实际。通过层次分析法对审核主题和审核项进行分值权重重新分配,使得各分值更为合理,更能公平公正的量化下属单位的 HSE 管理水平。

将层次分析法运用于审核中,通过重新设计量化指标,并运用层次分析法对设计后的量化指标进行验证,解决了长城钻探公司之前在 HSE 管理体系定量化指标中一直存在的问题,进一步规范各专业深化 HSE 体系审核,量化评估 HSE 绩效,提升审核工作质量和效果。提升公司 HSE 管理,改变以往在实际工作中发生的状况,确保公司管理体系的系统性和科学性。通过量化更公正公平的评价各下属单位 HSE 管理水平。

参 考 文 献

- [1] 蒲博. HSE 管理体系在石油企业中的应用现状[J]. 环境工程, 2015(33): 769-772.
- [2] 王海军. 海外钻井工程所面临的风险及解决途径[J]. 化学工程与装备, 2016(1): 80-81.
- [3] 李海. 钻井作业 HSE 风险管理研究[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2011, 13(6): 7-11.
- [4] 冯艳婷. 浅谈基层 HSE 管理体系的推进[J]. 石油化工安全环保技术, 2019, 35(5): 1-2.
- [5] 张静. HSE 管理体系在国际石油物探领域的应用研究[J]. 中国管理信息化, 2019, 22(20): 116-117.
- [6] DEWAN A, SOREN P, MATHIAS R B N, et al. Why does the offshore wind industry need standardized HSE management systems? An evidence from Denmark[J]. Renewable energy, 2019, 136: 2-7.
- [7] MARTIN TANCO, MATIAS ARESTI, JULIO VILLALOBOS, et al. Assessment of the effectiveness of a fuel additive to reduce fuel consumption of HDVs highlights the importance of verification programs[J]. Energy, 2019, 189: 1-9.
- [8] 刘贵义, 刘正连, 王鹏程, 等. 石油企业 HSE 管理体系应用现状及发展[J]. 清洗世界, 2019, 35(7): 41-44.
- [9] 陈礼斌, 包正清. HSE 管理体系在石油钻探企业安全管理的应用分析[J]. 石化技术, 2017(12): 254.
- [10] 韩鹏飞. HSE 管理在石油钻井安全管理方面的应用[J]. 当代化工研究, 2016(3): 33-34.
- [11] 李健. 分析 HSE 管理在石油钻井安全管理方面的应用[J]. 中小企业管理与科技, 2014(17): 64-65.
- [12] 胡中华. 关于石油钻井现场作业的安全管理及监护措施[J]. 化工管理, 2017(25): 98-99.
- [13] 郭振. 基于风险管理的中石油安全管理控制[J]. 化工管理, 2017(31): 106.
- [14] 崔涛. 浅析 HSE 管理体系在石油企业安全管理中的应用[J]. 建材与装饰, 2017(17): 153-154.
- [15] 徐仁浩. 石油化工企业过程安全管理风险管控的探讨与实践[J]. 石油化工安全环保技术, 2017, 33(2): 29-32.
- [16] 涂茂川, 唐勇. 石油钻井工程项目的安全管理[J]. 化学工程与装备, 2017(1): 235-236.
- [17] 梁松. 石油钻探施工过程中的安全管理措施[J]. 化工设计通讯, 2017, 43(5): 228.
- [18] 李富强. 石油钻井作业安全管理问题及解决对策[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(2): 62-63.
- [19] 刘晴. 大庆油田塔木察格钻井工程项目管理问题研究[D]. 大庆: 东北石油大学, 2016: 1-12.
- [20] 董君. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 科技资讯, 2015, 13(29): 218.
- [21] 冀永强. 层次分析法(AHP)权重向量计算及其应用分析[J]. 中国市场, 2015(52): 47-49.
- [22] 李秋洁, 侯永平, 强继红, 等. 层次分析法在西曲河水电规划环境影响评价中的应用[J]. 林业调查规划, 2016, 41(4): 126-130.
- [23] 代斌, 郑诗嘉. 模糊综合评价法在石油公司 HSE 审核中的应用[J]. 科技经济导刊, 2017(30): 5-6.

(收稿日期 2020-01-13)

(编辑 王蕊)

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告