

基于层次分析法 (AHP) 的检测和校准实验室风险管理指标体系研究

马 健 罗福生

广州能源检测研究院 广东 广州 511447

摘要: 针对现有检测和校准实验室风险管理中存在的不足之处, 笔者从系统思维的角度出发, 应用层次分析法 (AHP) 原理构建检测和校准实验室风险管理指标体系, 采用比较矩阵的特征向量作为风险评价因子的权重, 确定相关风险因子的排序。结果显示: 影响检测和校准实验室风险管理能力的最重要的是管理因素; 其次是设备和人员因素; 再次是技术因素。该顺序反映出检测和校准实验室风险管理的实际状况。持续提高实验室管理水平、加强设备装备和管理、加强人员培训提高风险意识, 是提高检测和校准实验室风险管理能力的重要举措。

关键词: 检测和校准实验室; 层次分析法 (AHP); 风险

1 层次分析法 (AHP) 原理和步骤

1.1 方法概述

层次分析法是将许多相互影响、相互作用的因素构成的系统逐层, 在此基础上进行多目标、多层次、多因素分析, 特别适用于定性定量相结合的和复杂系统决策。

1.2 具体步骤

1.2.1 建立递阶层次结构模型。首先析影响决策的多种因素和相互关系, 并将这些问题层次化, 将上层因素逐层展开, 形成了多层结构模型

1.2.2 构造各层次判断矩阵。对隶属于同一因素下的任意两个子因素的重要性进行判断, 给予量化, 构成判断矩阵P。采用1~9位标度量, 见表1。

表1 标度及其含义

标度	含义
1	X与Y比较, X相同重要
3	X与Y比较, X稍微重要
5	X与Y比较, X明显重要
7	X与Y比较, X强烈重要
9	X与Y比较, X极端重要
2、4、6、8	介于两种比较的标度值
倒数	X与Y比较标度为a, Y与X比较标度为1/a

1.2.3 计算层次排序。判断矩阵最大特征值 λ_{max} 对应的特征向量W经归一化即为各子因素对上层因素的的重要性排序, 也就是权重分配。方程如下:

$$PW = \lambda_{max} W \quad (1)$$

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{[AW]_i}{mw_i} \quad (2)$$

1.2.4 一致性检验。为验证各层次因素排序的逻辑合

基金项目: 广州市市场监督管理局科技项目 (2021kj27)

理性, 还需要计算判断矩阵的一致性比例。

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

$$CR = CI / RI \quad (4)$$

式中CR为一致性比例, RI为一致性指标 (如表2所示), λ_{max} 为判断矩阵最大特征根, n为成对比较的个数。当 $CR < 0.1$ 时, 认为判断矩阵P的一致性可以接受。

表2 一致性指标RI的值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

3 AHP 在检测和校准实验室风险管理评价中的应用

3.1 确定评价指标

CNAS-CL01: 2018《检测和校准实验室能力认可准则》引入风险管理要求, 期望实验室能够通过应对风险管理体系的有效性、取得改进效果、以及预防负面影响。实验室首先要通过评估确定应对哪些风险^[1]。

从“人-机-环-管”系统的角度对检测和校准实验室风险管理系统进行综合分析, 影响检测和校准实验室风险主要可以从人员因素、设备因素、技术因素、管理因素4个方面进行管理与控制。由于检测和校准实验室的特殊性和复杂性, 评价检测和校准实验室风险管理能力的指标体系应将影响实验室活动结果的因素纳入风险管理范围, 这些因素相关作用、相互补充构成一个有层次的结构指标体系^[4]。

人员因素指检测和校准实验室管理和技术人员的基本能力和风险意识, 主要指标包括文化程度、技能水平、人员培训、监督监控。

设备因素指实验室配备检测和校准设备的硬件条件, 主要指标有测量准确度、计量溯源性、期间核查。

技术因素指实验室开展检测和校准的技术水平，影响技术因素的主要指标有方法的选择、验证和确认，设施环境条件，测量不确定度，技术记录^[5]。

管理因素指检测和校准实验室风险管理体系的建设和运行状态，主要指标包括体系文件、确保结果有效

性、改进措施、信息化水平^[2]。

3.2 建立层次结构模型

根据确定的评价指标，本文构建了检测和校准实验室风险管理能力评价递阶层次模型，包括4个一级指标及15个二级指标，如图1所示。

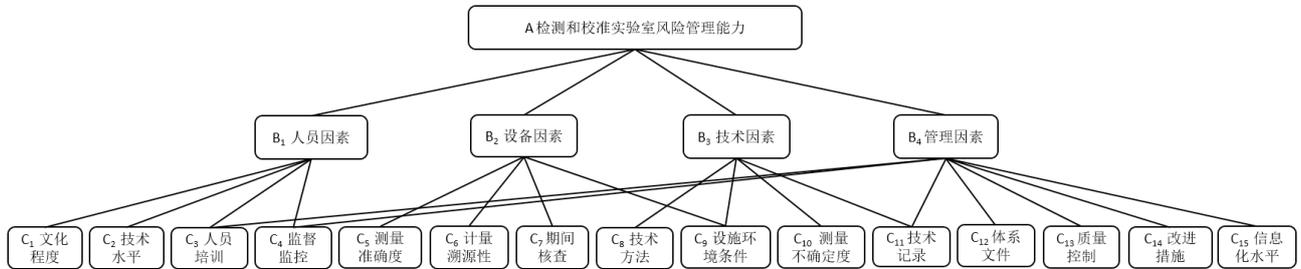


图1 检测和校准实验室风险管理能力评价递阶层次结构模型

3.3 构造判断矩阵并检验

应用德菲尔法判断各因素的相对重要程度，用1~9位标度法给予量化，逐层构造判断矩阵，计算最大特征值对应的特征向量并进行一致性检验。

构造第一层判断矩阵A = (B₁, B₂, B₃, B₄)

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B ₁	1	3/4	2	1/3
B ₂	4/3	1	2	1/2
B ₃	1/2	1/2	1	1/4
B ₄	3	2	4	1

计算其特征值W = (0.183, 0.232, 0.109, 0.477)， $\lambda_{max} = 4.016$ ，查表RI = 0.89， $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) = (4.016 - 4) / (4 - 1) = 0.0053$ ， $CR = CI / RI = 0.0053 / 0.89 = 0.0060 < 0.1$ ，该判断矩阵通过一致性检验。

同理构造判断矩阵B₁ = (C₁, C₂, C₃, C₄)，B₂ = (C₅, C₆, C₇, C₉)，B₃ = (C₈, C₉, C₁₀, C₁₁)，B₄ = (C₃, C₄, C₁₁, C₁₂, C₁₃, C₁₄, C₁₅)。最终得到各因素相对于总目标的重要排序，即权重。全部因素对检测和校准实验室风险管理能力的影响权重见表3。

表3 检测和校准实验室风险管理能力指标体系及权重

C层	B层	人员因素	设备因素	技术因素	管理因素	C层因素总排序权重
		0.183	0.232	0.109	0.477	
C ₁ 文化程度		0.215	0.000	0.000	0.000	0.039
C ₂ 技术水平		0.202	0.000	0.000	0.000	0.037
C ₃ 人员培训		0.500	0.000	0.000	0.099	0.139
C ₄ 监督监控		0.083	0.000	0.000	0.041	0.035
C ₅ 测量准确度		0.000	0.425	0.000	0.000	0.099
C ₆ 计量溯源性		0.000	0.204	0.000	0.000	0.047
C ₇ 期间核查		0.000	0.153	0.000	0.000	0.035
C ₈ 技术方法		0.000	0.000	0.274	0.000	0.030
C ₉ 设施环境条件		0.000	0.218	0.042	0.000	0.055
C ₁₀ 测量不确定度		0.000	0.000	0.466	0.000	0.051
C ₁₁ 技术记录		0.000	0.000	0.218	0.062	0.053
C ₁₂ 体系文件		0.000	0.000	0.000	0.187	0.089
C ₁₃ 质量控制		0.000	0.000	0.000	0.212	0.101
C ₁₄ 改进措施		0.000	0.000	0.000	0.283	0.135
C ₁₅ 信息化水平		0.000	0.000	0.000	0.116	0.055

3.4 结果分析

从指标体系及权重结果整体来看，管理因素(0.477)

是影响检测和校准实验室风险管理能力的首要因素，其次是设备(0.232)和人员因素(0.183)，最后是技术因

素(0.109)。

对风险管理能力产生影响的15个因素总权重排序为: 人员培训(0.139)、改进措施(0.135)、质量控制(0.101)、测量准确度(0.099)、体系文件(0.089)、信息化水平(0.055)、设施和环境条件(0.055)、技术记录(0.053)、测量不确定度(0.051)、计量溯源性(0.047)、文化程度(0.039)、技术水平(0.037)、监督监控(0.035)、期间核查(0.035)、技术方法(0.030)。

以上研究表明, 提高检测和校准实验室的风险管理能力首先要提高实验室管理和体系运作能力。因此, 加强人员培训提高风险意识, 识别改进机遇并采取必要措施, 发生不符合及时采取纠正措施, 确保结果有效性是持续提高实验室风险能力的重要措施^[3]。

结论

1 本文结合检测和校准实验室的特点, 从人员、设备、技术和管理四个方面构建了检测和校准实验室风险管理能力三级评价指标体系和层次结构模型。

2 应用层次分析法(AHP)将检测和校准实验室风险管理能力的定性分析和定量计算结合起来, 得出各因素的权重系数, 识别和评价了风险因素的等级^[6]。

3 结果分析认为管理因素是影响检测和校准实验室风险管理能力的最主要的因素, 必须持续加强人员培训提高风险意识, 识别改进机遇并采取必要措施, 发生不符合及时采取纠正措施, 确保结果有效性。对实际工作有一定的指导作用。

参考文献

[1]市场监管总局认可检测司.关于《检验检测机构监督管理办法》的解读[N].中国市场监管报,2021-05-25(006).

[2]戴福文.基于FMEA的检测实验室风险评估与应对[J].中国检验检测,2020,v.28(01):73-80.

[3]徐雪梅,续艳丽,周斌,白雯静,王冠杰.基于检验过程管理的食品药品检测实验室风险评估和控制[J].食品安全质量检测学报,2020,v.11(21):8079-8085.

[4]陈霏.风险矩阵分析法在计量实验室的应用[J].中国计量,2020,No.292(03):46-48.

[5]钱建明,过峰.基于LEC法在实验室风险评估中的应用研究[J].现代测量与实验室管理,2011,v.19(06):43-45.

[6]谢荣珍,林健,柯素容.基于国家认可委通报的问题浅谈实验室风险识别和管控[J].海峡预防医学杂志,2019,v.25(04):92-94.