

基于 AHP-TOPSIS 的电梯维保企业质量信用评价

黄文翰

(福建省特种设备检验研究院, 福建 福州 350008)

摘要:为解决电梯维保企业质量信用评价缺乏科学有效方法导致的质量安全问题,提出一种结合层次分析法(AHP)和贴近理想解法(TOPSIS)的电梯维保企业质量信用评价新方法。从意愿、能力和表现三个维度构建评价指标体系,采用 AHP 确定指标权重,运用 TOPSIS 计算理想解和相对贴近度,得到评价结果,通过实例进行应用分析。研究表明,该方法通过对企业质量信息的归集、处理、分析和评价,可实现对电梯维保企业质量信用的直观考量,促进企业持续改进和提高特种设备安全管理水平。

关键词: 电梯; 维保企业; 质量信用评价; 层次分析法; 贴近理想解法

中图分类号: X948 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5276(2020)06-0044-04

Quality and Credit Evaluation of Elevator Maintenance Enterprises Based on AHP-TOPSIS

HUANG Wenhan

(Fujian Special Equipment Inspection and Research Institute, Fuzhou 350008, China)

Abstract: Because a scientific evaluation method is a lack in the quality and credit evaluation of elevator maintenance enterprises, it is hard to ensure the maintenance quality and the elevator safety. This paper proposes a new method for the quality and credit evaluation, combining AHP and TOPSIS. A quality credit evaluation index system is constructed from the three dimensions of capital, capacity and character. AHP is used to determine the index weight and the ideal solutions and relative closeness degrees are calculated, based on TOPSIS, thus obtaining the result of the evaluation. An example is given, which is used to do the applied analysis. The research result shows that this method can be used to evaluate the quality and credit of the elevator maintenance enterprises and improve the safety management level of the special equipment through collecting, processing, analysis and evaluation of enterprise quality information.

Keywords: elevator; maintenance enterprises; quality and credit evaluation; AHP; TOPSIS

0 引言

随着我国社会经济发展和城市化进程加快,在用电梯规模庞大,其增长速度相当惊人,截至 2019 年底,我国特种设备总量达 1 525.47 万台,其中电梯总量达 709.75 万台,占特种设备总量的 46.53%,在用电梯总量较 2018 年底增长 13.05%^[1]。由于维护保养和管理不善引起的电梯安全事故也随之增加。2015-2019 年,我国电梯事故共 226 起,死亡人数高达 179 人,其中既有维保不当导致设备缺陷、安全附件失效的人员伤害事故,也有救援不及时导致的人员二次伤害事故,更有管理不善、违章作业导致的维保人员自身伤害事故。一些电梯维保企业为抢夺市场而低价竞争,以修代保、编造维保记录等不良违法失信事件及其导致的安全事故时有发生,严重影响电梯安全和公众信任。党和政府高度重视质量发展,国务院《质量发展纲要》(2011~2020)^[2]和国家市场监督管理总局文件明确要求健全质量信用评价体系;一些地方监管部门做了部分探索性工作。但是,由于我国对信用研究的时间不长,还缺乏科学、合理的评价方法,质量信用评价

管理工作的成效不明显。因此,研究建立科学的电梯维保企业质量信用评价方法,真实反映企业维保质量水平,是创新特种设备安全监管的必然要求。

国内学者针对中国特色社会主义市场经济发展中的质量信用缺失问题,创新地将质量信用评价从信用评价中分离出来单独研究。周莉^[3]从质量信用的定义着手,分析了企业质量信用作为企业信用特殊表现形式所具有的特性,从经济学角度界定其概念。咸奎桐等^[4]根据质量信用的内涵归纳出资本(Capital)、能力(Capacity)和品格(Character)三个方面的“3C”质量信用评价模型,以法定资质、强制性认证等国家强制力要求构建意愿维度下的评价指标。罗雪等^[5]将意愿维度纳入了顾客需求关注度、企业文化等非强制要素。王铁旦等^[6]考虑员工、设备和管理水平三方面要素来反映企业兑现质量承诺的能力保障。钱建平等^[7]用产品检验比率、自检合格率、抽检合格率等指标评价质量信用表现。

这些文献在企业质量信用方面的研究成果颇丰,但研究主体一般是制造业、进出口企业,研究电梯维保等服务性企业的并不多见。彭成辉等^[8]采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)开展电梯维保质量评价。陈兆

基金项目:福建省自然科学基金项目(2020J05186);福建省教育厅项目(JT180351);福建工程学院科研启动基金项目(GY-Z17131)

作者简介:黄文翰(1977—),男,福建福州人,高级工程师,工程硕士,研究方向为特种设备检验、特种设备安全风险评价等。

芳等^[9]提出了基于熵权和灰色关联的电梯安全评价方法。李向东等^[10]应用神经网络开展电梯功能安全评估。这些研究带来很好的启示,但都是以产品服务质量为评价目标,研究视角和评价维度不同,在指标系统性和权重客观性等方面也存在一定不足。

本文拟从意愿、能力和表现三方面来构建电梯维保企业质量信用评价指标体系,提出一种结合贴近理想解法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)与 AHP 的新评价方法,建立加权标准化决策矩阵,确定正负理想解及相对贴近度,得到电梯维保企业质量信用评价结果的排序。

1 基于 AHP-TOPSIS 的评价方法

AHP-TOPSIS 评价方法运用 AHP 定量描述各因素相对重要性并计算指标权重值,再结合 TOPSIS 以各方案的最优、最劣指标数据确定正、负理想解,最后通过排序比较各方案与理想解的距离来评判方案的优劣。

1.1 评价指标体系构建

本文依据国质检[2006]464号文件对质量信用的

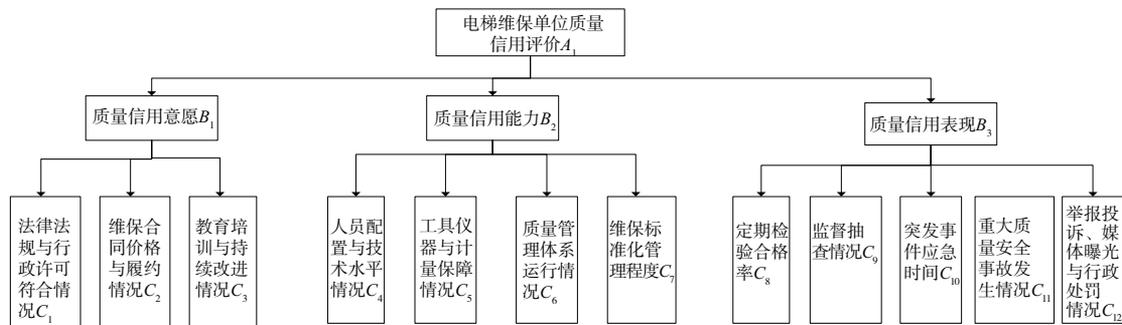


图1 电梯维保企业质量信用指标体系架构

1.2 构建判断矩阵

设电梯维保单位质量信用评价指标体系的 n 个因素对上一层因素存在相对重要性,比较第 i 个因素 ($i=1,2,\dots,n$) 与第 j 个因素 ($j=1,2,\dots,n$),建立相对重要性 a_{ij} 的判断矩阵,记为

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad a_{ij} > 0, a_{ji} = 1/a_{ij} \quad (1)$$

采用表1所示的1-9标度法,作为成对比较判断两个质量信用因素相对重要程度的标度。

表1 相对重要性1-9标度法

标度	含义
1	两因素相比较,有相同重要性
3	两因素相比较,前者比后者稍微重要
5	两因素相比较,前者比后者明显重要
7	两因素相比较,前者比后者强烈重要
9	两因素相比较,前者比后者极端重要
2,4,6,8	上述相邻判断的中间值

定义、特种设备安全法律法规和全面质量管理理论,借鉴以往学者对企业质量信用评价研究成果并考虑电梯维保企业生产与管理特点,以企业信用评价“3C”模型为基础,将影响企业质量信用 A_1 的关键因素划分为质量信用意愿 B_1 、质量信用能力 B_2 和质量信用表现 B_3 的评价维度,以此来构建电梯维保企业质量信用评价指标体系。

质量信用意愿 B_1 是企业是否重视特种设备安全、尊重消费者合法权益、满足顾客要求的主观意愿程度,通过满足法律法规与行政许可情况 C_1 、维保合同价格与履约情况 C_2 、教育培训与持续改进情况 C_3 等指标来反映;质量信用能力 B_2 是企业兑现质量安全承诺并满足消费者合理需求的能力与保障,通过专业人员配置与技术水平情况 C_4 、工具仪器设备与计量保障情况 C_5 、质量管理体系运行情况 C_6 、维保标准化管理程度 C_7 等指标来反映;质量信用表现 B_3 是企业兑现质量安全承诺的行为表现,通过定期检验合格率 C_8 、维保质量监督抽查情况 C_9 、突发事件应急救援时间 C_{10} 、重大质量安全事故发生情况 C_{11} 、投诉曝光与行政处罚情况 C_{12} 等指标来反映,从而构建出电梯维保单位质量信用评价指标体系,如图1所示。

1.3 指标权重计算及一致性检验

将电梯维保企业各质量信用因素的相对重要性矩阵 A 逐列归一化,得到判断矩阵 \bar{A} 。

$$\bar{a}_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj} \quad (2)$$

将 \bar{A} 按行相加并对 w_i 归一化,得到

$$w_i = \bar{w}_i / \sum_{j=1}^n \bar{w}_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

按式(4)计算特征向量 W 作为权重。

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T \quad (4)$$

按式(5)计算最大特征值 λ_{\max} 。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{nw_i} \quad (5)$$

按式(6)、式(7)分别求一致性指标 C_i 和一致性比率 C_R ,当 $C_R < 0.1$ 时,满足一致性检验,否则需要对质量信用指标权重进行重新调整和检验。平均随机一致性指标 R_i 取值如表2所示。

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

$$C_R = \frac{C_I}{R_I} \quad (7)$$

表 2 平均随机一致性指标

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_I	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

层次总排序按式(8)-式(10)由上到下逐层进行一致性检验。

$$C_I = \sum_{j=1}^m w_j C_{I_j} \quad (8)$$

$$R_I = \sum_{j=1}^m w_j R_{I_j} \quad (9)$$

$$C_R(B) = C_R^{(A)} + \frac{C_I}{R_I} \quad (10)$$

1.4 建立加权标准化决策矩阵

设定 n 个电梯维保企业为评估方案, m 个质量信用指标, 构建初始矩阵。

$$X = (x_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix} \quad (11)$$

按式(12)对效益型指标进行标准化:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (12)$$

按式(13)对成本型指标进行标准化:

$$y_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (13)$$

按式(14)对标准化矩阵进行加权。

$$Z = W^T Y = (w_j y_{ij})_{n \times m} \quad (14)$$

1.5 确定正负理想解及相对贴近度

按式(15)、式(16)确定正理想解和负理想解。

$$Z_j^+ = \{ \max_{1 \leq i \leq n} (\{z_{ij}\}_{i=1}^n) \mid j \in J^+, \min_{1 \leq i \leq n} (\{z_{ij}\}_{i=1}^n) \mid j \in J^- \} \quad (15)$$

$$Z_j^- = \{ \min_{1 \leq i \leq n} (\{z_{ij}\}_{i=1}^n) \mid j \in J^+, \max_{1 \leq i \leq n} (\{z_{ij}\}_{i=1}^n) \mid j \in J^- \} \quad (16)$$

式中: J^+ 表示效益型指标; J^- 表示成本型指标。

按式(17)、式(18)计算方案到理想解和负理想解的欧氏距离。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [z_{ij} - Z_j^+]^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [z_{ij} - Z_j^-]^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

按式(19)计算各方案相对理想解的贴近度, E_i 越大表示该方案与正理想解越接近, 通过排序比较各方案的相对贴近度, 来评价各电梯维保企业质量信用的优劣。

$$E_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (19)$$

2 实例分析

福建省某地市场监管部门组织开展当地电梯维保企业的质量信用等级评定工作, 由监管部门、检验机构和相关领域的专家根据专业知识、经验和掌握的信息资料评价各质量信用因素的相对重要性, 来构建电梯维保企业质量信用评价指标体系。

1) 以目标层 A_1 作为比较准则, 对准则层 B_1 、 B_2 、 B_3 两两比较构造判断矩阵。

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} \\ 3 & 1 & \frac{1}{2} \\ 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

由式(2)-式(7)计算可得指标权重 $w_1 = 0.1220, w_2 = 0.3196, w_3 = 0.5584$ 。 $\lambda_{\max} = 3.0183, C_R = 0.0176 < 0.1$, 一致性检验通过。分别构造各指标对准则层 B_1 、 B_2 、 B_3 的判断矩阵, 计算单排序权重和总排序权重, 按式(8)-式(10)检验一致性, 其结果如表3所示。

表 3 指标权重排序表

目标层	准则层	权重	指标层	单排序权重	总排序权重
A_1	B_1	0.1220	C_1	0.3196	0.0390
			C_2	0.5584	0.0681
			C_3	0.1220	0.0149
	B_2	0.3196	C_4	0.4673	0.1493
			C_5	0.2722	0.0870
			C_6	0.1601	0.0512
			C_7	0.0954	0.0305
			C_8	0.1599	0.0893
			C_9	0.0618	0.0345
	B_3	0.5584	C_{10}	0.0973	0.0543
			C_{11}	0.4185	0.2337
			C_{12}	0.2625	0.1466

2) 归集当地 10 家电梯维保企业的质量安全信息, 质量信用表现以统计数据为主, 对 C_2 、 C_8 、 C_9 、 C_{10} , 分别统计价格(元)、合格率(%)、符合率(%)、时间(min); 对 C_{11} 、 C_{12} 分别统计事故和投诉、曝光、处罚情况, 并按严重性和频次评分。质量信用意愿和能力以专家判断为主, C_1 、 C_5 因素按“符合”(0.7~1.0)、“基本符合”(0.3~0.6)和“不符合”(0~0.2)进行符合性评分; C_3 、 C_4 、 C_6 、 C_7 因素, 按“合理”(0.8~1.0)、“基本合理”(0.4~0.7)、“不合理”(0~0.3)进行合理性评分。电梯维保企业质量信息如表4所示。

表 4 电梯维保企业质量信息

企业	指标											
	C_1	$C_2/\text{元}$	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	$C_8/\%$	$C_9/\%$	C_{10}/min	C_{11}	C_{12}
A	0.8	385.4	0.8	0.4	0.7	0.8	0.7	78.2	72.2	60.3	2.0	0.2
B	0.5	342.1	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9	72.1	64.1	72.7	1.0	4.5
C	0.8	241.4	0.6	0.7	0.5	0.4	0.8	54.3	64.3	108.6	1.2	2.5
D	0.9	448.5	0.8	0.9	0.8	0.8	0.6	85.8	75.7	87.5	2.1	4.1
E	0.9	432.6	0.6	0.7	0.6	0.9	0.7	89.2	85.8	96.8	0.1	1.2
F	0.7	349.1	0.8	0.9	0.7	0.7	0.4	68.4	62.4	82.4	0.2	2.5
G	1.0	413.7	0.9	0.4	0.6	0.9	0.7	73.5	83.5	85.2	2.8	4.5
H	0.6	321.7	0.8	0.7	0.5	0.5	0.8	86.7	76.7	109.8	1.8	2.9
I	0.9	340.0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	77.5	74.5	57.8	0.6	4.4
J	0.9	219.4	0.6	0.8	0.3	0.7	0.7	60.3	55.3	58.4	0.9	0.5

按式(11)-式(14)对各方案初始值进行标准化加权处理,计算结果如表 5 所示。按式(15)-式(19)计算各评价值到最优、最劣解的欧式距离,比较其相对贴近度,结果如表 6 所示。

表 5 加权标准化指标

企业	指标											
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
A	0.255 7	0.065 7	0.108 4	0.207 7	0.211 7	0.142 3	0.074 2	0.140 2	0.052	0.093 3	0.020 9	0.262 5
B	0.159 8	0.414 5	0.094 9	0.467 3	0.272 2	0.124 5	0.095 4	0.129 2	0.046 2	0.077 4	0.041 8	0.011 7
C	0.255 7	0.036 5	0.081 3	0.363 5	0.151 2	0.071 2	0.084 8	0.097 3	0.046 3	0.051 8	0.034 9	0.021 0
D	0.287 6	0.029 5	0.108 4	0.467 3	0.242 0	0.142 3	0.063 6	0.153 8	0.054 5	0.064 3	0.019 9	0.012 8
E	0.287 6	0.034 2	0.081 3	0.363 5	0.181 5	0.160 1	0.074 2	0.159 9	0.061 8	0.058 1	0.418 5	0.043 8
F	0.223 7	0.223 0	0.108 4	0.467 3	0.211 7	0.124 5	0.042 4	0.126 6	0.044 9	0.068 3	0.209 2	0.021 0
G	0.319 6	0.042 4	0.122 0	0.207 7	0.181 5	0.160 1	0.074 2	0.131 8	0.060 1	0.066 0	0.014 9	0.011 7
H	0.191 8	0.275 8	0.108 4	0.363 5	0.151 2	0.088 9	0.084 8	0.154 4	0.055 2	0.051 2	0.023 3	0.018 1
I	0.287 6	0.558 4	0.067 8	0.311 5	0.211 7	0.142 3	0.074 2	0.138 9	0.053 7	0.097 3	0.069 8	0.011 9
J	0.287 6	0.029 5	0.081 3	0.415 4	0.090 7	0.124 5	0.074 2	0.108 1	0.039 8	0.096 3	0.046 5	0.105 0

表 6 正、负理想解欧式距离与相对贴近度

企业	正理想解距离 d^+	负理想解距离 d^-	贴近度 E_1	评价排序
A	0.442 5	0.345 6	0.438 5	2
B	0.509 4	0.187 8	0.269 4	5
C	0.541 3	0.074 4	0.120 8	10
D	0.550 6	0.131 4	0.192 7	6
E	0.345 2	0.421 6	0.549 9	1
F	0.405 1	0.234 4	0.366 6	3
G	0.561 5	0.089 6	0.137 6	9
H	0.530 1	0.116 3	0.180 0	7
I	0.487 8	0.210 7	0.301 7	4
J	0.504 6	0.089 2	0.150 2	8

3) 通过比较各方案与正理想解的相对贴近度,得到各电梯维保企业质量信用评价结果的排序,依次为 E>A>F>I>B>D>H>J>G>C。企业 E 的评价结果最优,企业 C 的

评价结果最差。从表 5 可以看出,企业 E 有 5 项指标评价中排在所有企业的第 1 名,评价结果符合其质量信用的优秀表现,同时企业 E 的 C_3 评价排在倒数第 3 名,可知该企业在教育培训与持续改进方面仍然有较大的提升空间;企业 C 的 7 项指标评价排在倒数,符合评价结果最差,存在较多问题需要改进,特别在定期检验合格率和突发事件应急救援方面表现薄弱,有较大的安全隐患,应当引起特种设备监管部门高度重视,督促企业及时整改以保障特种设备安全。

3 结语

1) 从意愿、能力、表现三个维度构建电梯维保企业质量信用评价指标体系,注重评价企业重视特种设备安全、尊重消费者权益、满足顾客要求的主观意愿程度,重视企业兑现质量安全承诺并满足消费者合理需求的能力保障与行为表现。

(下转第 65 页)

计算量的简化。胞壁厚度的变化对层合板低阶剪切理论模型的模态计算精度影响不大,前4阶的计算误差绝对值维持在3%~6%的范围内。在 $t \leq 0.2 \text{ mm}$ 时,层合板低阶剪切理论模型的计算优于蜂窝板理论等效模型;在 $t \leq 0.15 \text{ mm}$ 时,层合板低阶剪切理论模型的计算优于Reissner和蜂窝板理论等效模型。Reissner理论等效模型的模态计算精度随着胞壁厚度的增大而减小,并随着胞壁厚度的增加计算精度趋于稳定,在 $t = 0.1 \text{ mm}$ 时,Reissner模型的精度最低,当 $t \geq 0.15 \text{ mm}$ 时,Reissner理论等效模型有较好的计算精度。同样,蜂窝板理论等效模型的模态计算精度也随着胞壁厚度的增加而减小,并随着胞壁厚度的增加计算精度趋于稳定,在 $t \geq 0.15 \text{ mm}$ 时,其计算精度维持在5%左右,在胞壁厚度在 $0.2 \text{ mm} \leq t \leq 0.35 \text{ mm}$ 时,Reissner等效模型精度为板壳类模型中最高的,精度误差 $< 2\%$ 。

3 结语

对蜂窝不同胞壁厚度与边长之比的各个理论等效模型与精细化模型模态计算结果比较可得出以下结论:

1) 不同胞壁厚度与边长的比值下,均质化理论等效模型模态计算结果精度最高,与精细化模型对比误差 $< 1\%$ 。

2) Reissner理论等效模型和蜂窝板理论等效模型模态的计算精度随着胞壁厚度与边长比例的增大而减小,在 $\lambda \geq 0.025$ 时,两种理论模型前4阶模态的误差 $< 10\%$ 。

蜂窝板理论等效模型的精度低于Reissner理论等效模型。

3) 层合板低阶剪切理论模型的模态计算精度随胞壁厚度与边长的比值变化基本不变,与精细化模型的计算误差维持在5%左右。

参考文献:

- [1] 徐胜今,孔宪仁,王本利,等. 正交异性蜂窝夹层板动、静力学问题的等效分析方法[J]. 复合材料学报,2000(3): 92-95.
- [2] 张铁亮,丁运亮,金海波. 蜂窝夹层板结构等效模型比较分析[J]. 应用力学学报,2011,28(3): 275-282.
- [3] REISSNER E. On bending of elastic plates[J]. Quarterly of Applied Mathematics,1947,5(1): 55-68.
- [4] 赵金森. 铝蜂窝夹层板的力学性能等效模型研究[D]. 南京: 南京航空航天大学,2006: 7-28.
- [5] HOLT P J,WEBBER J P H. Finite elements for honeycomb sandwich plates and shells: part 1: formulation of stiffness and consistent load matrices[J]. Aeronautical Journal,2016,84: 113-123.
- [6] 刘健,周春燕. 长厚比对正六边形铝蜂窝夹层板等效板模型动力学计算精度的影响[J]. 复合材料学报,2016,33(8): 1838-1847.
- [7] 徐胜今,宋宇. 正交异性蜂窝夹层板的动力学分析[J]. 复合材料学报,1998,15(4): 74-80.
- [8] LORNA J Gibson, MICHAEL F Ashby. 多孔固体结构与性能[M]. 刘培生,译. 北京:清华大学出版社,2003.

收稿日期:2020-06-03

(上接第47页)

2) 提出基于AHP-TOPSIS的综合方法。研究验证了所构建评价体系的合理性,该方法有利于多目标复杂问题的条理化,有效消除主观因素对评价结果的影响,有利于直观衡量电梯维保企业的质量信用水平,可以为电梯维保企业和监管部门提供参考和借鉴,促进并引导企业实施质量信用分级管理,有效提高特种设备安全管理水平。

3) 本文研究还存在一定局限,主要是由于评价专家、企业人员的技术背景和个人偏好不同,可能导致对评价指标的理解和熟悉存在差异,一定程度上影响质量信用评价的客观性和准确性。同时,电梯维保企业质量信用评价是一个动态发展过程,本研究选择的指标主要针对企业的当前状态,还缺乏对评价动态性的考虑,需要在未来深入研究。

参考文献:

- [1] 市场监督管理总局. 关于2019年全国特种设备安全状况的通告[J]. 中国特种设备安全,2020(4):1-4.
- [2] 国务院. 质量发展纲要(2011-2020年)[J]. 机械工业标准化与质量,2012(4):8-10.

- [3] 周莉. 企业质量诚信管理实施规范 国家标准系列解析(上)—有关标准的基本定位[J]. 标准科学,2014(5): 76-78.
- [4] 咸奎桐,叶如意. 基于产品质量记录的企业质量信用评价模型及应用研究[J]. 世界标准化与质量管理,2008(1):45-48.
- [5] 罗雪,谈立. 层次分析法在企业质量信用等级评定标准中的应用研究[J]. 中国质量与标准导报,2017(6):66-74.
- [6] 王铁旦,罗雪. 基于情景模糊的食品企业质量信用评价研究[J]. 昆明理工大学学报(社会科学版),2015(3):59-67.
- [7] 钱建平,李海燕,杨信廷,等. 基于可追溯系统的农产品生产企业质量安全信用评价指标体系构建[J]. 中国安全科学学报,2009(6):135-141.
- [8] 彭成辉,陈芙蓉,李洪浩. AHP在电梯维保质量评价中的应用研究[J]. 贵州大学学报(自然科学版),2017(1):41-45.
- [9] 陈兆芳,张岐山. 基于熵权和灰色关联方法的电梯安全评价及其应用[J]. 安全与环境工程,2016(4):109-112.
- [10] 李向东,贡业轩,姜武. 神经网络在电梯功能安全评估中的应用[J]. 机械制造与自动化,2019,48(1):214-218.

收稿日期:2020-09-09