

基于FAHP的能效水效强制性国家标准 实施效果评价研究

——以GB 21455—2019为例

张玉博,白雪,林翎

(中国标准化研究院,北京100191;国家市场监督管理总局重点实验室(能效水效及绿色化),北京102299)

摘要: 本文以反馈标准的实施效果为评价目标,采用模糊层次分析法(fuzzy analytic hierarchy process, FAHP),从技术指标、实施情况、实施效益等角度分析影响实施效果的要素,建立了包含31个评价指标的能效水效标准实施效果评价模型,并对《房间空气调节器能效限定值及能效等级》(GB 21455—2019)进行了实证研究。本文首次建立了能效水效强制性国家标准实施效果综合评价方法体系,为后续能效水效标准实施效果评价提供理论基础,可用于指导标准更新修订、宣传和监督等工作。

关键词: 能效标准;水效标准;实施效果;评估体系;模糊层次分析法

中图分类号: G203 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)2—0178—08

一、引言

随着人口增加、工业化和城镇化进程的加快,我国对能源和水资源的需求大幅度上升,能源和水资源成为社会发展、经济建设中突出的限制和矛盾来源。资源短缺形势要求我国不断提升能源、水资源的利用率,保证社会的可持续发展。《中华人民共和国节约能源法》要求相关部门制定用能产品、设备的强制性能效标准。《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》(中发[2011]1号)提出抓紧制定节水强制性标准,淘汰不符合节水标准的工业、设备和产品。按照上述法律和文件要求,能效水效标准数量逐年增加,已发布能效和水效强制性国家标准123项;现行87项,其中能效标准77项、水效标准8项、能效水效标准2项,涉及产品包括电冰箱、洗衣机、座便器、洗碗机等百余种产品。

能效水效强制性国家标准的实施在规范市场、更新技术、推动产品结构调整上发挥了重要作用,是节能、节水工作的重要支撑。然而,标准的实施情况如何、取得哪些效益、是否仍然满足当前市场和管理的需要、哪些因素影响其实施效果、如何抓住关键环节提高标准制修订的科学性和前瞻性,成为标准化工作者、政府管理部门关心的重要问题。2015年,国务院颁布《深化标准化工作改革方案》,明确提出加强标准实施效果评价,建立标准实施信息反馈和评估机制,针对强制性国家标准建立实施情况统计分析报告制度。本文初步探索构建了能效水效强制性国家标准的实施效果评价模型和方法,以期指导能效水效标准的实施和评估工作,并为其他能源资源节约类标准的实施效果评估提供参考。

二、研究进展

国际上对标准实施效果的评估工作侧重于经济效益研究。2005—2016年,英国、法国、澳大利亚、德国等相继在宏观经济层面开展了标准化的经济效益评价。这些研究普遍采用柯布-道格拉斯函数(Cobb-Douglas function)分析标准净存量变化与生产率增长之间的长期关系,结果均表明标准的应用对经济和其他方面具有正向促进作用,其中,对英国(Temple et al 2005; Centre for Economics and Business Research, 2015)、法国(Association Française de Normalisation, 2009)、加拿大(Standards Council of Canada, 2007)、德国

收稿日期:2021-03-11

基金项目:国家市场监督管理总局科技计划项目“节水标准实施效果评价方法及应用研究”(2020MK168);中国标准化研究院院长基金项目“节水标准实施效果评价方法及应用研究”(542020Y-7456)

作者简介:张玉博,博士,中国标准化研究院资源环境研究分院助理研究员,研究方向:节水标准化;白雪,博士,中国标准化研究院资源环境研究分院研究员,研究方向:节水标准化;(通讯作者)林翎,研究员,中国标准化研究院资源环境研究分院院长,研究方向:资源环境领域标准化。

(Jungmittag et al, 1999; Jungmittag et al, 2011)的经济增长贡献分别达到了0.3%~0.7%、0.8%、0.3%、0.7%~0.9%。在企业 and 行业层面,为了使不同组织的研究具有可比性,国际标准化组织(ISO)基于价值链(value chain)方法开发了用于定量标准经济效益的方法,着重分析企业内部各职能部门的各项经营活动,结合它们在价值链中的地位和标准的影响程度,加总推算出对职能的影响及对企业整体的影响,然后结合行业价值链,可扩展到对行业整体的经济影响的研究(Gerundino 和 Hilb, 2012)。

标准实施效果评价也是我国标准化工作的重要内容。2017年,我国修订了《标准化效益评价》系列国家标准(GB/T 3533.1—2017和GB/T 3533.2—2017),梳理了标准化实施效益评估方法,除上述生产函数法、价值链分析法,还推荐使用层次分析和模糊综合评价相结合的方法(FAHP)评价行业和国家层面的标准化经济效益。该方法在层次分析法确定的指标模型的基础上,基于模糊数学原理,根据隶属度理论把定性评价转化为定量评价,广泛应用于产业发展(李锶宇等, 2021)、工程设计(邱成虎, 2021)、风险投资(郭海成, 2014)、产品性能(付自由等, 2021)等各类评估活动中。在标准化评估领域,韩冰等(2020)采用FAHP法探讨了石油工业标准的实施效果;张博等(2016)针对海洋环境监测标准实施情况,建立了层次分析模型,并对36项标准进行了综合评估。叶青等(2013)基于层次分析法构建了农业标准实施效果综合评价模型,对陕西省4个农业示范区对评价模型进行了验证。

总体而言,柯布-道格拉斯函数法适用于分析区域经济与全社会标准总量的关系,价值链法更适用于评价标准对微观企业的经济效益影响。能效水效强制性国家标准是我国强制性国家标准的重要组成部分,其历年累计数量如图1所示。它们对相关产品等用能用水效率提出的目标要求,不对企业生产具体技术方法进行具体指导,其经济效益与区域整体经济增长难以拟合,其实施效果不适合采用上述两种方法进行评价。FAHP法可对定性与定量指标进行综合分析,适于评价包含实施情况、实施效益等多项评估内容的能效水效标准实施效果。在能源资源节约领域,我国标准实施效果评价尚处于探索阶段,尚未建立针对能效水效强制性国家标准的系统、实用的标准实施效果评价模型。胡梦婷等(2018)从技术指标、实施情况和实施效益三方面定性地探讨了评价取水定额系列标准实施效果的指标构成,提出了评价程序和方法。张玉博等(2020)初步探讨了影响水效标准实施效果评价的指标因素。在此基础上,本文探索采用FAHP法构建能效水效强制性国家标准的实施效果评价模型,并开展实证分析。

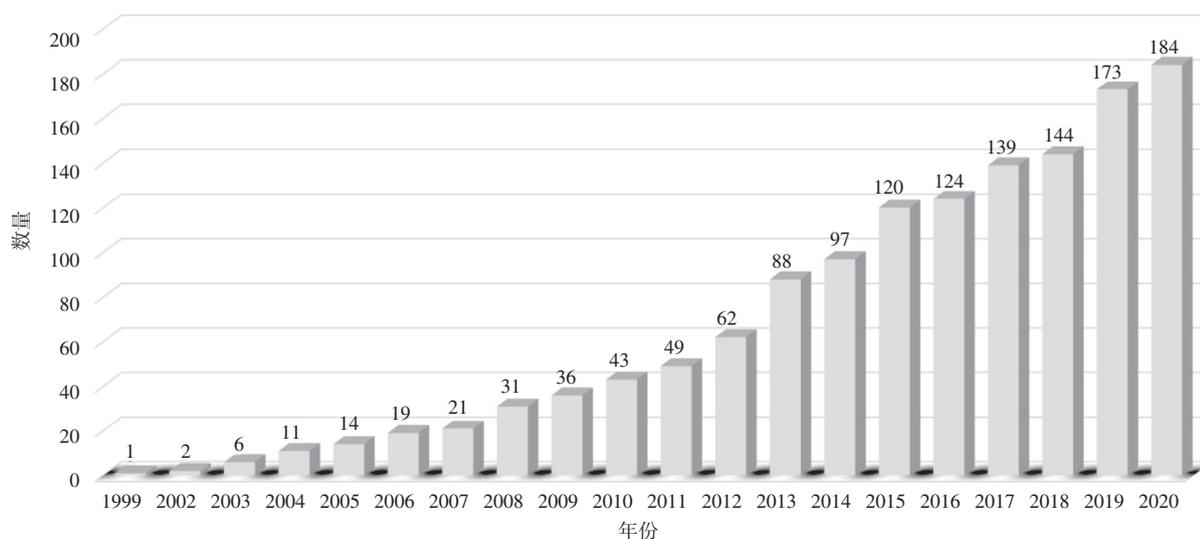


图1 历年发布的能效水效强制性国家标准累计量

三、评价指标体系构建

(一) 指标构成

对标准实施效果进行评价,包括对标准的质量评价、效益评价、实施状况评价等。标准的质量评价考察标

准的技术内容的适用程度、先进性和可操作性等(高艳玲等,2020)。效益评价包括对一般经济效益、社会效益、生态效益等的评价(韩冰等,2020);经济效益指标准实施对于提高产品产量、质量、利润的作用效果;社会效益为对于促进行业发展、技术进步的影响;生态效益主要指标对于节能环保、可持续环保的意义。标准的实施状况包括标准实施的相关方对标准的采用情况、标准被引用的情况、标准实施监督情况等(韩冰等,2020)。

能效水效标准规定了产品的用能或用水效率和等级。与其他标准不同,能效水效标准的经济效益主要体现在终端用户节约了能源和水资源、从而节省的相关费用上;生态效益为节约能源资源引起的减排效果,主要为减少的温室气体排放量和污水排放量。同时,能效水效标准配套了节能节水产品认证、能效水效标识、能效水效领跑者等制度措施,这些配套制度的实施情况可以侧面反映标准的执行情况。由于能效水效标准的目标是淘汰能耗或水耗高的低端产能。因此,它们规定的能效水效指标应反映当前行业发展现状,并应达到淘汰落后产能的政策目的。

本文综合文献调研和专家咨询结果,基于层次分析的思想,以能效水效标准实施效果为目标层,从实施效益、实施效果和技术指标三个方面(准则层)出发,确定了包含 9 个一级指标和 19 个二级指标的指标模型。指标模型如图 2 所示。

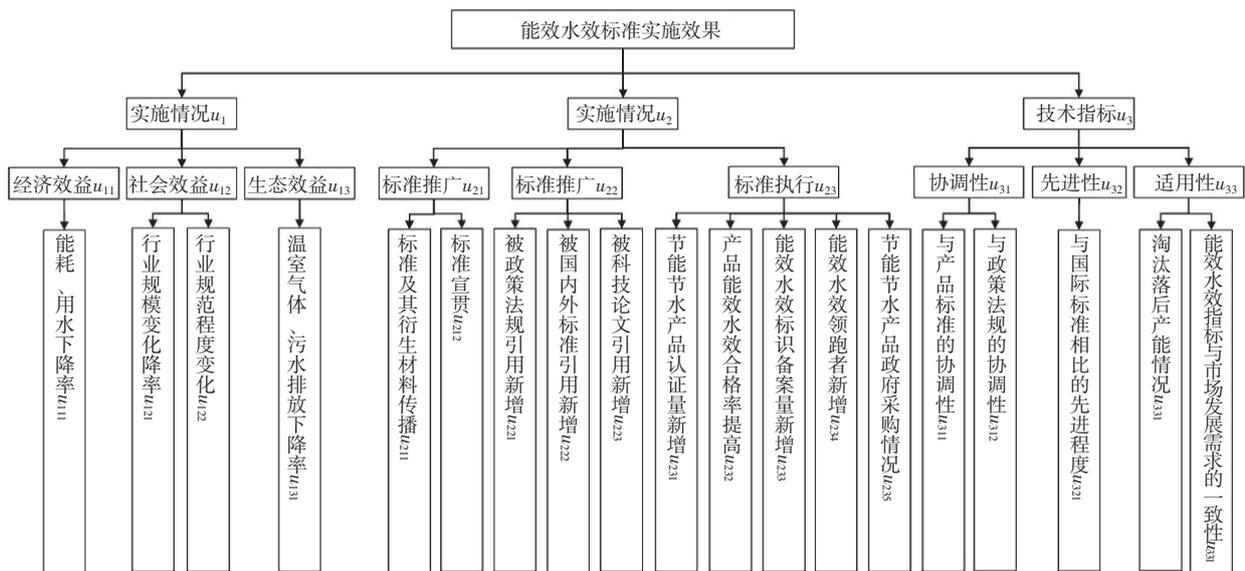


图 2 能效水效标准实施效果评价指标模型

(二) 指标权重

为了确定各指标对于能效水效标准实施效果的影响程度,研究采用层次分析原理确定各指标权重。研究进行评价指标两两重要性比较问卷调查,共收到来自科研机构、管理部门和企业等的 83 位行业专家的反馈。利用调研结果构建判断矩阵、一致性检验和权重分析,其过程和结果如下。

1. 构建判断矩阵

将评价指标两两重要性比较调研结果转化为标度(Saaty,1980)。标度转化依据见表 1,分别建立准则层指标(A)、一级指标(B)、二级指标(C)的判断矩阵(不包括只含有一个下级指标的项目),见表 2~表 11。

表 1 标度转化依据

标度 α_{ij}	含义
1	X_i 与 X_j 具有同样重要性
3	X_i 比 X_j 稍微重要
5	X_i 比 X_j 明显重要
7	X_i 比 X_j 强烈重要
9	X_i 比 X_j 极端重要
2,4,6,8	X_i 与 X_j 在上述两相邻判断的中值
倒数	X_i 与 X_j 的判断 α_{ij} , 则 X_j 与 X_i 比较的判断 $\alpha_{ji} = 1/\alpha_{ij}$

表2 准则层指标判断矩阵(A)

	实施效益	实施情况	技术指标
实施效益	1	0.3222	0.2847
实施情况	3.1037	1	0.4098
技术指标	3.5125	2.4402	1

表3 一级指标判断矩阵(B₁)

标准实施效益	经济效益	社会效益	生态效益
经济效益	1	0.2688	0.3756
社会效益	3.7202	1	0.5841
生态效益	2.6624	1.7120	1

表4 一级指标判断矩阵(B₂)

标准实施情况	标准推广	标准引用	标准执行
标准推广	1	0.9058	0.2404
标准引用	1.1040	1	0.1969
标准执行	4.1597	5.0787	1

表5 一级指标判断矩阵(B₃)

标准技术指标	协调性	先进性	适用性
协调性	1	0.5000	0.2033
先进性	2.0000	1	0.2083
适用性	4.9188	4.8008	1

表6 二级指标判断矩阵(C₁)

标准的社会效益	行业规模变化	行业规范程度变化
行业规模变化	1	0.2019
行业规范程度变化	4.9529	1

表7 二级指标判断矩阵(C₂)

标准的推广情况	标准及其衍生材料的传播	标准宣贯
标准及其衍生材料的传播	1	0.2874
标准宣贯	3.4795	1

表8 二级指标判断矩阵(C₃)

标准的引用情况	被政策法规引用情况	被国内外标准引用情况	被科技论文引用情况
被政策法规引用情况	1	1.2480	1.8160
被国内外标准引用情况	0.7418	1	1.3680
被科技论文引用情况	0.5507	0.7310	1

表9 二级指标判断矩阵(C₄)

标准的执行情况	节能节水产品认证量变化情况	用能用水产品用水效率合格率变化情况	能效水效标识备案 量变化情况	能效水效领跑者 遴选情况	节能节水产品 政府采购情况
节能节水产品认证量变化情况	1	0.2556	0.3324	0.6345	0.2894
用能用水产品用水效率合格率变化情况	3.9124	1	0.8013	0.8065	0.3378
能效水效标识备案 量变化情况	3.0084	1.2480	1	0.5580	0.3406
能效水效领跑者 遴选情况	1.5760	1.2400	1.7921	1	0.2867
节能节水产品 政府采购情况	3.3512	2.9603	2.9360	3.4880	1

表10 二级指标判断矩阵(C₅)

标准的协调性	与产品标准的协调性	与政策法规的协调性
与产品标准的协调性	1	0.3453
与政策法规的协调性	2.8960	1

表11 二级指标判断矩阵(C₆)

标准的适用性	淘汰落后产能情况	能效水效指标与市场 发展需求的一致程度
淘汰落后产能情况	1	0.2490
水效指标与市场 发展需求的一致程度	4.0161	1

2. 权重计算和一致性检验

判断矩阵 $X=(x_{ij})_{n \times n}$, 经过行求和、变换、归一化得到权重公式(王莉芳和董稳改, 2015)。判断矩阵权重公

式为

$$w_i = \frac{\sum_j x_{ij} - 1 + \frac{n}{2}}{n(n-1)}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其最大特征根计算公式为

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(XW)_i}{nw_i} \quad (2)$$

一致性指标计算公式为

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

其中： x_{ij} 为矩阵第*i*列、第*j*行的元素； $(XW)_i$ 表示向量*XW*的第*i*个元素。

结合随机一致性指标 *RI*，计算一致性比率： $CR = CI/RI$ 。当 $CR < 0.1$ 时，判断矩阵通过一致性检验。根据上述判断矩阵计算的权重向量和一致性检验结果见表 12。一致性检验结果均满足 $CR < 0.1$ ，即通过一致性检验。

表 12 各判断矩阵一致性检验情况表

判断矩阵	权重向量	λ_{\max}	CI	CR
A	$W = (0.13, 0.30, 0.57)$	3.0660	0.0330	0.0643
B_1	$W_1 = (0.14, 0.38, 0.49)$	3.0851	0.0426	0.0819
B_2	$W_2 = (0.15, 0.15, 0.70)$	3.0099	0.0051	0.0095
B_3	$W_3 = (0.11, 0.18, 0.70)$	3.0499	0.0250	0.0480
C_{12}	$W_{12} = (0.17, 0.83)$	2.0000	0.0000	0.0000
C_{21}	$W_{21} = (0.22, 0.78)$	2.0000	0.0000	0.0000
C_{22}	$W_{22} = (0.43, 0.33, 0.24)$	3.0004	0.0002	0.0004
C_{23}	$W_{23} = (0.07, 0.16, 0.16, 0.17, 0.43)$	5.2723	0.0681	0.0608
C_{31}	$W_{31} = (0.26, 0.74)$	2.0000	0.0000	0.0000
C_{33}	$W_{33} = (0.20, 0.80)$	2.0000	0.0000	0.0000

四、实证分析

本文以《房间空气调节器能效限定值及能效等级》(GB 21455—2019)为研究对象,基于上述评价指标体系,构建指标评价集,并开展实施情况问卷调查。研究过程中共收到 37 家企业或管理者的反馈。结合问卷调查、网络数据采集和专家咨询结果,本文基于模糊数学原理对标准的实施效果进行评价。

(一)评价集

对标准实施效果各个指标进行等级量化处理。通过专家咨询,确定了不同实施效果评价等级时对应的各指标的评语或得分,见表 13。

表 13 不同评级时对应的各指标评语

指标			评级			
			优秀	良好	一般	差
实施效益 u_1	经济效益 u_{11}	能耗下降率 u_{111}	$\geq 10\%$	5%~10%	0%~5%	$\leq 0\%$
	社会效益 u_{12}	行业规模变化 u_{121}	优	良	一般	差
		行业规范程度变化 u_{122}	优	良	一般	差
生态效益 u_{13}		温室气体排放下降率 u_{131}	$\geq 10\%$	5%~10%	0%~5%	$\leq 0\%$
实施情况 u_2	标准推广 u_{21}	标准及其衍生材料传播 u_{211}	优	良	一般	差
		标准宣贯 u_{212}	优	良	一般	差
	标准引用 u_{22}	被政策法规引用新增 u_{221}	≥ 5	3~5	0~3	0
		被国内外标准引用新增 u_{222}	≥ 20	10~20	0~10	0
		被科技论文引用新增 u_{223}	≥ 20	10~20	0~10	0
	标准执行 u_{23}	节能产品认证量新增 u_{231}	$\geq 50\%$	20%~50%	0~20%	$\leq 0\%$
		产品能效合格率提高 u_{232}	$\geq 10\%$	5%~10%	0~5%	$\leq 0\%$
能效标识备案量新增 u_{233}		$\geq 50\%$	20%~50%	0~20%	$\leq 0\%$	
能效领跑者新增 u_{234}		$\geq 50\%$	20%~50%	0~20%	$\leq 0\%$	
	节能产品政府采购情况 u_{235}	$\geq 10\%$	5%~10%	0~5%	$\leq 0\%$	
技术指标 u_3	协调性 u_{31}	与产品标准的协调性 u_{311}	优	良	一般	差
		与政策法规的协调性 u_{312}	优	良	一般	差
	先进性 u_{32}	与国际标准相比的先进程度 u_{321}	优	良	一般	差
	适用性 u_{33}	淘汰落后产能情况 u_{331}	$\geq 20\%$	10%~20%	0~10%	$\leq 0\%$
能效指标与市场发展需求的一致性 u_{332}		优	良	一般	差	

(二)评价指标隶属度矩阵

结合问卷调查、网络数据采集和专家咨询等形式收集到的数据,结合表 13 建立模糊子集,得到单因素的隶属向量 $r_{ijm} = \{r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijm}\}$, 构建二级指标的隶属度矩阵 R_j , 分别为

$$R_{11} = r_{111} = (0 \ 0 \ 1 \ 0); R_{12} = \begin{pmatrix} 0.31 & 0.66 & 0.03 & 0 \\ 0.88 & 0.09 & 0.03 & 0 \end{pmatrix}; R_{13} = r_{131} = (0 \ 0 \ 1 \ 0);$$

$$R_{21} = \begin{pmatrix} 0.72 & 0.19 & 0.04 & 0.04 \\ 0.39 & 0.33 & 0.28 & 0 \end{pmatrix}; R_{22} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}; R_{23} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$R_{31} = \begin{pmatrix} 0.28 & 0.68 & 0.03 & 0 \\ 0.22 & 0.75 & 0.03 & 0 \end{pmatrix}; R_{32} = r_{321} = (0.28 \ 0.63 \ 0.94 \ 0); R_{33} = \begin{pmatrix} 0.78 & 0.63 & 0.12 & 0.03 \\ 0.75 & 0.19 & 0.06 & 0 \end{pmatrix}。$$

(三) 模糊综合评判

(1) 由二级指标的模糊综合评判隶属度矩阵及其相应权重计算一级指标的模糊综合评判集 $B_{ij} = W_{ij} \times R_{ij}$ 。其中, $B_{11} = (0 \ 0 \ 1 \ 0)$; $B_{12} = (0.78 \ 0.19 \ 0.03 \ 0)$; $B_{13} = (0 \ 0 \ 1 \ 0)$; $B_{21} = (0.46 \ 0.30 \ 0.23 \ 0.01)$; $B_{22} = (0 \ 0 \ 1 \ 0)$; $B_{23} = (0 \ 0.07 \ 0.92 \ 0)$; $B_{31} = (0.24 \ 0.73 \ 0.03 \ 0)$; $B_{32} = (0.28 \ 0.63 \ 0.94 \ 0)$; $B_{33} = (0.76 \ 0.28 \ 0.07 \ 0.01)$ 。

(2) 建立一级指标的模糊综合评判的隶属度矩阵 $R_i = (B_{i1}^T, B_{i2}^T, \dots, B_{in}^T)^T$, 由一级指标的隶属度矩阵及其权重 W_i 计算准则层指标的模糊综合评判集 $B_i = W_i \times R_i$ 。其中, $B_1 = (0.3 \ 0.07 \ 0.64 \ 0)$; $B_2 = (0.07 \ 0.09 \ 0.83 \ 0)$; $B_3 = (0.61 \ 0.39 \ 0.22 \ 0.01)$ 。

(3) 建立准则层指标的综合评判隶属度矩阵 $R = (B_1^T, B_2^T, B_3^T)^T$ 。由此隶属度矩阵及其权重 W 计算评价目标的模糊综合评判集 $B = W \times R$ 。其中, $B = (0.41 \ 0.26 \ 0.46 \ 0.01)$ 。

(4) 根据最大隶属度原则, 结合表 14 的评价等级, 评价对象的实施效果为一般, 其中, 标准的“技术指标”评价结果为优秀, “实施效益”和“实施情况”的评价结果为一般。

五、讨论

本文首次建立了能效水效强制性国家标准实施效果综合评价方法体系。该体系以能效水效标准实施效果为目标层, 建立了包含 3 项准则层指标, 9 项一级指标, 19 项二级指标的能效水效强制性国家标准实施效果评价指标层次模型。采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)计算各指标权重, 结果显示: 在三项准则层指标中, “技术指标”对标准实施效果的影响达到 0.57, 对标准实施效果的影响权重最高; 影响“技术指标”的因素按重要程度排序分别为: 适用性(0.70)、先进性(0.18)和协调性(0.11); “能效水效指标与市场发展需求的一致程度”是决定标准适用性的主要因素, 对适用性的影响权重为 0.80。

基于上述评价模型, 本文采用模糊综合评价法评估了《房间空气调节器能效限定值及能效等级》(GB 21455—2019)的实施效果。结果显示: 标准的实施效果为一般, 其“技术指标”评价结果为优秀, “实施效益”和“实施情况”的评价结果为一般。从准则层模糊评判结果可以看出, “实施效益”评分较低的原因是经济效益和生态效益的效果没有达到评价集中的“优秀”级别(标准实施的理想效果), 考虑到标准实施(2020年)至今仅一年, 基于市场规律的空调更新换代数量不足以达到预期, 导致节能量和温室气体减排量没有达到预期水平, 评价级别较低。同理, 标准实施一年以来被政策法规、其他标准和科技文献的引用量尚未达到期望数量, 节能产品的认证、备案、领跑者评选也还没有响应到最优水平, 是导致“实施情况”的评级较低的原因。因此, 目前该标准实施总体效果为“一般”尚在可以接受的范围内。可以想见, 在未来标准实施 3~4 年后, 如果标准的“实施情况”还没有达到“良好”或“优秀”, 则应反思标准在推广、引用、执行等环节出现哪些问题, 如果评价结果显示原因为标准被其他标准引用情况评级低, 则应反思标准是否与其他标准的联系减少。同时, 我们有理由预测, 随着技术不断进步、市场活动不断进行, 以及与标准配套的相应工作的推进, 标准的“技术指标”评分会逐渐降低, 而“实施情况”和“实施效益”评分会逐渐上升, 最终标准的实施效果评分达到较稳定状态, 此时的评价结果提示标准可以进行新一轮修订, 从而持续带动产品能效提高和产业升级、减少能源消耗、降低温室气体排放。在标准评估实践中, 应进一步扩大样本数量, 对标准实施效果应进行持续的追踪研究, 以达到更加完善的评估结果。

参考文献

- [1] 付自由, 兰建义, 王放, 2021. 改进模糊层次分析法在绿色包装评价中的应用[J]. 包装工程, 42(1): 230-236.
- [2] 高艳玲, 王志民, 隋媛, 等, 2020. 标准质量与实施效果评价方法及应用研究[J]. 标准科学, (5): 60-74.
- [3] 郭海成. 2014. 基于模糊层次评价法的我国保险投资风险评价研究[D]. 济南: 山东大学.
- [4] 韩冰, 徐婷, 陈俊峰, 等, 2020. AHP-模糊综合评价法在标准实施效果评价中的应用[J]. 标准科学, (4): 35-38.
- [5] 胡梦婷, 白雪, 朱春雁, 2018. 取水定额标准实施效果评价方法研究[J]. 标准科学, (4): 52-56.
- [6] 李锶宇, 杨燕, 丁建琪, 等, 2021. 云南省生物医药产业发展量化分析[J]. 科技和产业, 21(1): 80-86, 102.
- [7] 邱成虎, 2021. 基于FAHP的设计阶段隧道风险评价[J]. 西部探矿工程, (3): 185-188, 192.
- [8] 王莉芳, 董稳改, 2015. 基于FAHP的西安市水资源开发利用措施评价[J]. 科技和产业, 15(11): 66-69.
- [9] 叶青, 马明, 骆红, 2013. 基于层次分析法农业标准实施效果评价[J]. 中国标准导报, (12): 34-39.
- [10] 张博, 袁玲玲, 王颖, 2016. 海洋环境监测标准实施水平评价[J]. 海洋开发与管理, 33(5): 95-99.
- [11] 张玉博, 白雪, 胡梦婷, 2020. 水效标准实施效果评价指标体系研究[J]. 标准科学(1): 11-14.
- [12] ASSOCIATION FRANÇAISE de NORMALISATION, 2009. Impact économique de la Normalisation[R]. Paris: AFNOR.
- [13] CENTRE for ECONOMICS and BUSINESS RESEARCH, 2015. The economic contribution of standards to the UK economy [R]. London: The British Standards Institution.
- [14] GERUNDINO D, HILB M, 2012. The ISO methodology assessing the economic benefits of standards [J]. ISO Focus+. Switzerland: ISO Central Secretariat.
- [15] JUNGMITTAG A, BLIND K, MANGELSDORF A, 1999. Economic benefits of standardization [R]. Berlin: DIN German Institute of Standardisation.
- [16] JUNGMITTAG A, BLIND K, MANGELSDORF A, 2011. The economic benefits of standardization [R]. Berlin: DIN German Institute of Standardisation.
- [17] SAATY T L, 1980. The analytic hierarchy process[M]. New York: McGraw-Hill Inc.
- [18] STANDARDS COUNCIL of CANADA, 2007. Economic value of standardization [R]. Ottawa: The Conference Board of Canada, Ottawa.
- [19] TEMPLE P, BLIND K, JUNGMITTAG A, et al, 2005. The empirical economics of standards[M]. DTI Economics Paper, 12. London: DTI.

Research on the Evaluation System for the Implementation Effect of the Energy and Water Efficiency Mandatory National Standards Based on FAHP: Taking GB 21455—2019 as an Example

Zhang Yubo, Bai Xue, Lin Ling

(China National Institute of Standardization, Beijing 100191; Key Laboratory of Energy Efficiency, Water Efficiency and Greenization for State Market Regulation, Beijing 102299)

Abstract: Targeting to feedback implementation effect of standards and analysing the factors affecting the implementation effect from the perspectives of technical indicators, implementation status and implementation benefits, an evaluation model was established based on the fuzzy analytic hierarchy process. The model consisted of thirty-one evaluation indexes. Empirical research was conducted on the standard “Minimum allowable values of the energy efficiency and energy efficiency grades for room air conditioners” (GB 21455—2019). For the first time, a comprehensive method system for evaluating the implementation effect of energy efficiency and water efficiency was established, which explored the theoretical basis for assessing the implementation effects of the energy and water efficiency standards, and would guide the revision, publicity and supervision of them.

Keywords: energy efficiency standards; water efficiency standards; implementation effects; evaluation system; fuzzy analytic hierarchy process(FAHP)