

基于AHP-EWM的发电企业信息披露指标体系

孟晓星, 赵倩, 赵雪婷, 聂元弘

引用本文:

孟晓星, 赵倩, 赵雪婷, 等. 基于AHP-EWM的发电企业信息披露指标体系[J]. 上海电力大学学报, 2025, 41(6): 571-578.

MENG Xiaoxing, ZHAO Qian, ZHAO Xueting, et al. Information Disclosure Index System for Power Generation Enterprises Based on AHP-EWM Method[J]. *Journal of Shanghai University of Electric Power*, 2025, 41(6): 571-578.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

我国发电产业有序发展的激励相容性研究

Research on Incentive Compatibility for Orderly Development of China's Power Generation Industry

上海电力大学学报. 2019, 35(6): 587-596 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2019.06.013>

基于AHPRS的电网本质安全评价指标权重计算

Weight Calculation of Grid Intrinsic Safety Evaluation Index Based on AHPRS

上海电力大学学报. 2019, 35(5): 449-454 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2019.05.008>

我国电力项目海外投资风险评价研究

Study on Overseas Investment Risk Evaluation of Chinese Power Companies

上海电力大学学报. 2019, 35(3): 277-283 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4729.2019.03.015>

基于模糊熵权的黑启动方案评估方法

Black-start Scheme Evaluation Method Based on Fuzzy Entropy Weight

上海电力大学学报. 2020, 36(5): 466-470,499 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-8299.2020.05.010>

并网机组一次调频和AGC性能考核在线监测与评估系统

An On-line Monitoring and Evaluation System of Primary Frequency Modulation and AGC Performance Assessment of Gridconnected Units

上海电力大学学报. 2021, 37(4): 324-329,334 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-8299.2021.04.003>

DOI: 10.3969/j.issn.2096-8299.2025.06.008

基于AHP-EWM的发电企业信息披露 指标体系

孟晓星¹, 赵倩², 赵雪婷², 聂元弘¹

(1. 国网安徽省电力有限公司经济技术研究院, 安徽 合肥 310016;
2. 安徽电力交易中心, 安徽 合肥 230061)

摘要: 在构建健康稳定的电力市场过程中, 信息披露是维护市场公信力、推进市场建设的关键环节。立足市场主体决策需求, 遵循“够用、适用”原则, 构建了一套基于层次分析法和熵权法的发电企业信息披露指标体系。在传统发电企业信息披露指标基础上, 结合“双碳”目标, 引入了环境信息披露指标, 增设了表征发电企业对电力系统贡献的信息披露指标, 补充了评估发电企业供电能力的信息披露指标。

关键词: 发电企业; 信息披露; 层次分析法; 熵权法

中图分类号: TM732

文献标志码: A

文章编号: 2096-8299(2025)06-0571-08

Information Disclosure Index System for Power Generation Enterprisess Based on AHP-EWM Method

MENG Xiaoxing¹, ZHAO Qian², ZHAO Xueting², NIE Yuanhong¹

(1. Economic and Technological Research Institute of State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Hefei, Anhui 310016, China; 2. Anhui Electric Power Trading Center, Hefei, Anhui 230061, China)

Abstract: To establish a robust and stable electricity market necessitates effective, information disclosure is important to uphold market credibility and facilitate market development. To support the decision-making of market entities and in line with the principle of “sufficiency and appropriateness”, this paper constructs an evaluation system for the information disclosure indicator system of power generation enterprises based on the analytic hierarchy process and entropy weight method. Building upon conventional indicators for power generation companies, this study innovatively introduces environmental disclosure indicators, aligning with China’s “dual carbon” goals. It further incorporates indicators reflecting power generation companies’ contributions to the power system, and power supply capacity indicators.

Key words: power generation enterprise; information disclosure; analytic hierarchy process; entropy weight method

收稿日期: 2025-10-15

通信作者简介: 孟晓星 (1995—), 女, 在读硕士。主要研究方向为电力市场。E-mail: 15090959190@163.com。

基金项目: 国网安徽省电力有限公司经济技术研究院“双碳”目标下安徽发电企业信息披露指标设计及可视化展示方案研究项目。

电力市场的高效运行和公平竞争,其基础在于市场信息的充分流通和对称分布。作为能源供给侧的核心主体,发电企业的信息披露质量,不仅直接影响电价形成的合理性和资源配置的效率,更深刻影响全国统一电力市场建设进程及“双碳”目标的实现。

自2015年我国深化电力体制改革以来,电力市场体系逐步完善,信息披露的重要性愈发凸显。国家层面持续发布并修订了一系列政策法规,明确信息披露需满足“准确性、完整性、及时性、易用性”四大要求,为市场公开透明运行提供了制度保障。然而,随着电力市场信息披露工作的深入,实践中仍面临多重挑战:在处理日益繁杂的数据类型和多元数据来源时,现有技术支撑系统的数据集成能力尚显不足;当前的电力交易平台缺乏科学直观的指标体系,难以全面量化反映发电企业的供应性、服务质量及市场响应速度等实际成效;此外,信息展示方式相对固化,对用户快速灵活的数据分析需求响应滞后。鉴于上述问题,构建一套合理有效的信息披露机制,已成为当前电力市场发展的紧迫任务。

现有研究已对电力市场信息披露的演进、国内外机制差异、发电企业信息需求及具体披露指标均有探讨。文献[1]聚焦信息披露机制本身,对整体机制有效性及国外先进经验进行了深入剖析。文献[2]针对国内电力市场信息披露的现状和不足,通过构建科学的信息披露机制,为市场主体提供可靠的决策依据,以保障其合法权益,最终提升电力市场的整体决策效能和运行效率,为市场机制的完善提供理论参考和实践路径。文献[3]从国家和区域两个层面深入分析了美国电力市场信息披露体系,提出了以引导资源跨区域流动、自证市场公信力为核心的政策建议。文献[4]侧重于指标构建,在广东等区域性电力市场中探索了交易大数据指标体系的设计和应用。文献[5-6]进一步将视角延伸至零售市场信息披露框架和市场综合评价模型。目前,在“双碳”战略背景下,如何将发电活动的环境影响融入信息披露体系,以及如何全面评估发电企业对电力系统的综合贡献,仍是研究的薄弱环节。

基于上述研究成果,本文以安徽电力市场为研究对象,依托现有技术系统的数据集成能力,系统梳理业务需求,构建一套符合安徽电力市场现

状、多维度且具有创新性的发电企业信息披露指标体系,并结合层次分析法-熵权法(Analytic Hierarchy Process-Entropy Weight Method, AHP-EWM)建立科学的评价机制。通过完善信息披露体系,建立电力交易指数,提升信息发布的精细化管理水平,健全市场信息管理和信用机制,进而充分发挥信息在市场价格发现和监管中的核心作用,促进电力市场适应能源变革要求。

1 发电企业信息披露的内容

在电力市场信息披露体系构建中,可依据披露周期、披露对象范围及保密要求对信息实施分类管理。

根据不同的披露周期,信息可分为年度信息、季度信息、月度信息及滚动更新信息^[7]。这一划分方法有助于市场主体根据不同时间尺度开展规划决策和风险评估。

按照披露对象范围及保密要求,信息可分为公众信息、行业信息和私有信息。3类信息的具体内容如下。

(1) 公众信息是面向全体社会公众公开的数据。市场主体应及时公开此类信息,以提升市场透明度。市场主体应完成基础信息注册,包括联系人、联系地址、联系方式等关键数据;同时,需精确说明其所管理机组的数量、功率容量、关键性能指标、机组规格及调配机制,并动态监控与自身市场交易相关的各企业重大事件的变动状态。

(2) 行业信息是面向所有或部分电力市场主体公开的数据。及时公开此类信息是市场主体开展交易、参与公平竞争的基本义务。该类信息包括以下内容:一是月度报告,包括电力业务许可证获取情况、电厂调度名称(需结合机组接入电网电压等级与所在电网分区)、机组检修情况、新机组和环保设施等建设改造情况,以及次月检修和改造计划;二是年度报告,包括全年的发电量情况、交易合同签订及履约情况、市场规则和调度纪律执行情况、信用承诺履行情况、机组检修情况、建设改造情况、次年发电能力等。

(3) 私有信息是面向信息相关方公开的数据。市场主体必须按约定或规定提供此类信息,以维护市场信用、保障合同履行。该类信息包括机组调频、调压、调峰等性能参数,以及与售电公司或用户签订的双边协商合同情况等。

2 信息披露指标体系的功能和工作流程

在构建发电企业信息披露指标体系时,应紧密结合国家“双碳”目标和新型电力系统建设需求,突出场景创新。一方面,将“双碳”目标系统性地转化为可量化、可披露的环境效益指标,如碳浓度指数(Carbon Concentration Index, CCI)和碳产出(Carbon Output, CO)指数等;另一方面,将发电企业对电力系统的综合贡献(如调峰、备用、调压等)纳入披露和评价范畴,弥补传统信息披露体系在环境责任和系统服务能力评估方面的不足,为市场参与者和监管机构提供更全面的决策依据^[8-11]。

本文构建的发电企业信息披露指标体系,核心功能在于通过系统化、多维度的信息供给,直接赋能电力市场的价格确定和监管执行。具体而言,在价格确定方面,该指标体系通过披露关键信

息,促使电价更真实地反映市场供需和环境成本。首先,市场力指标的透明化,有助于识别和抑制市场操纵行为,维护出清价格的竞争性,确保其核心信息反映真实的物理供需情况;其次,环境效益指标的引入,将发电的外部环境成本内部化,为市场量化评估绿色电力价值提供依据,直接支撑并引导绿色电力溢价的形成,使价格能够更全面地反映能源的稀缺性。在市场监管执行方面,该指标体系为监管机构提供了全覆盖、可量化的决策工具:供应能力指标和服务能力指标构成了对市场稳定性和成员可靠性的动态监测网络,使监管机构能够评估系统运行的可靠性,并对供应短缺、信用风险等潜在问题实施预警和干预;同时,环境效益指标完成情况和违规排名的披露,为环保合规监管和市场纪律执行提供了客观、直接的证据。

电力市场信息披露指标体系工作流程如图1所示。

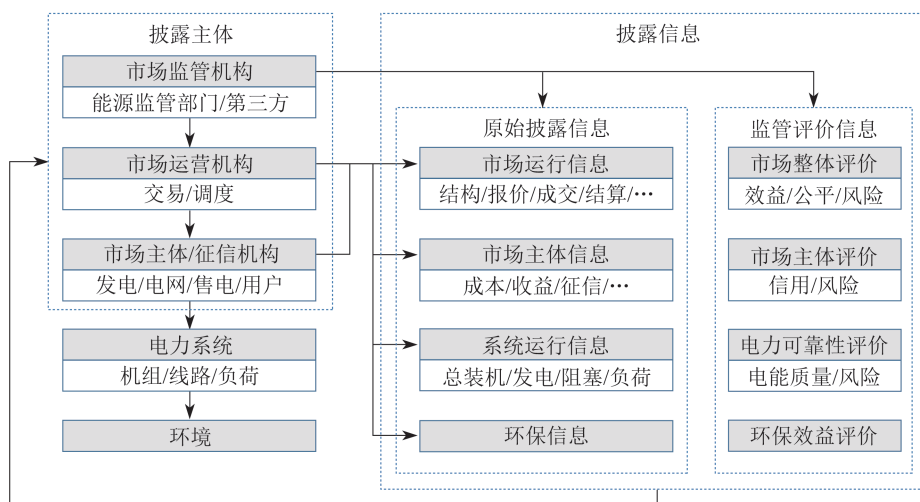


图1 电力市场信息披露指标体系工作流程

3 信息披露的各项指标

本文主要从效益、公平、发展3个维度设置信息披露指标。其中,效益类指标包括市场效益指标、配电网效益指标及环境效益指标,用于综合考量市场、配电网和社会的综合效益;市场公平指标用于衡量经济效益在市场主体间的分配公平性;市场发展指标通过分析市场主体的准入、退出及交易情况,实现对电力市场发展趋势和活跃度的评估;其他指标还包括发电企业供应能力指标、市场响应能力指标、服务能力指标及绿色环保指标。

3.1 市场效益指标

(1) 平均申报电价。发电侧平均申报电价 C 的计算公式如下:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N NP_{AS-i} Q_i}{\sum_{i=1}^N NQ_i} \quad (1)$$

式中: N ——集中市场数量;

P_{AS-i} ——第 i 个市场内平均交易电价;

Q_i ——第 i 个市场内交易电量。

(2) 市场总剩余。根据中长期集中市场和现货市场供需双方平均申报电价和交易电量,计算

市场总剩余 W 。计算公式如下:

$$W = \sum_{i=1}^N N(P_{AD-i} - P_{AS-i})Q_i \quad (2)$$

式中: P_{AD-i} ——第 i 个市场内平均申报电价。

(3) 市场剩余率。市场剩余率 P_R 的计算公式如下:

$$P_R = \frac{W}{C \sum_{i=1}^N NQ_i} \quad (3)$$

3.2 配电网效益指标

配电网效益指标包含电能质量和失负荷价值。电能质量 Q_E 的计算公式如下:

$$Q_E = \frac{T_0}{T_Y} \quad (4)$$

式中: T_0 ——用户年平均停电时间;

T_Y ——用户年运行总小时数,取 8 760 h。

失负荷价值是停电经济损失的量化体现,其核算与失负荷电力价值曲线密切相关。计算最小失负荷价值的数学模型中,首先根据各产业的用电量及该产业的电力经济价值,将二者的比值定义为电力价值;然后将各部门的电力价值按从小到大的顺序排列,形成一条电力价值曲线,即失负荷电力价值曲线。

最小失负荷价值 V_{LL} 的计算公式如下:

$$V_{LL}(Q) = \begin{cases} \sum_{j=1}^{i-1} V_j Q_j + V_i \left(Q - \sum_{j=1}^{i-1} Q_j \right), & i > 1 \\ V_i Q, & i = 1 \end{cases} \quad (5)$$

式中: V_i, V_j ——第 i, j 个市场的单位失负荷价值;

Q_j ——第 j 个市场内交易电量;

Q ——失负荷电量。

失负荷电力价值曲线如图 2 所示。其中, V_1, V_2, V_3 表示第 1、2、3 个市场的单位失负荷价值;当失负荷电量为 Q' 时,最小失负荷价值为阴影区域面积。

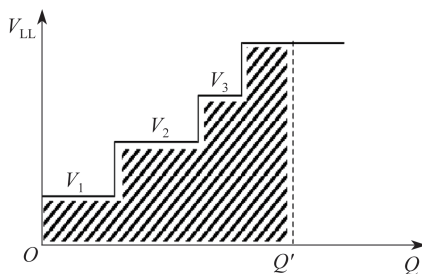


图 2 失负荷电力价值曲线

通过对失负荷电量 Q 的概率分布特征开展深入分析,并结合各类失负荷价值概率函数和最小失负荷价值的关系,可实现对期望失负荷价值 V_{LL}^E 的精确评估。 V_{LL}^E 的计算公式如下:

$$V_{LL}^E = \int_0^{Q_{\max}} v_{LL}(Q) f(Q) dQ \quad (6)$$

式中: Q_{\max} ——失负荷电量的最大值;

$v_{LL}(Q)$ ——失负荷电量 Q 下的单位经济损失;

$f(Q)$ ——失负荷电量 Q 的概率密度函数。

3.3 环境效益指标

对新能源发电企业来说,环境效益体现在成本层面,对传统发电则体现在污染排放层面。由于降低发电活动的环境影响是电力体制改革的重要目标,因此需重点考量环保成本。

可再生能源整体配额完成率 Q_P 的计算公式如下:

$$Q_P = \frac{Q_{IR} + Q_{OR} + Q_{SR} + Q_{LZ} + Q_{EG}}{Q_{OS} - Q_E} \quad (7)$$

式中: Q_{IR} ——市场主体配额完成量净受让量之和;

Q_{OR} ——区域外输入的可再生能源电量;

Q_{SR} ——市场主体配额完成量净出让量之和;

Q_{LZ} ——绿证认购电量;

Q_{EG} ——免考核电量对应的可再生能源电量;

Q_{OS} ——区域内总社会用电量;

Q_E ——免考核电量。

3.4 市场公平指标

(1) Herfindahl-Hirschman 指数。Herfindahl-Hirschman 指数 K_{HHI} 的数值范围为 0~10 000。其数值高低可有效表征市场所处的状态: $0 < K_{HHI} < 100$ 表示完全竞争状态; $100 < K_{HHI} < 1 500$ 表示充分竞争状态; $1 500 < K_{HHI} < 2 500$ 表示中度集中状态; $2 500 < K_{HHI} < 10 000$ 表示高度集中状态。该指数的计算公式如下:

$$K_{HHI} = \sum_{u=1}^N (100S_u)^2 \quad (8)$$

式中: S_u ——第 u 个主体在相应市场所占的比例。

(2) Lerner 指数。Lerner 指数 L 的计算公式如下:

$$L = 1 - \frac{C_M}{C_{SM}} \quad (9)$$

式中: C_M ——发电企业总申报电量实际边际成本;

C_{SM} ——发电企业最高申报电价。

本文采用平均发电成本 C_{MC} 作为 Lerner 指数的边际成本 C_M , 同时以市场统一出清电价 C_p 作为 Lerner 指数的申报电价 C_{SM} 。Lerner 指数的计算公式变化为

$$L = 1 - \frac{C_{MC}}{C_p} \quad (10)$$

(3) 生产者剩余占比。生产者剩余占比 P_w 的计算公式如下:

$$P_w = \frac{P_{A-MC} - P_{AS-MC}}{P_{AD-MC} - P_{AS-MC}} \quad (11)$$

式中: P_{A-MC} ——月竞市场平均成交价;

P_{AS-MC} ——月竞市场成交的发电申报均价;

P_{AD-MC} ——月竞市场成交的用电申报均价。

3.5 市场发展指标

市场发展指标包括市场主体进出数量、交易参与数量及市场交易电量,可表征市场活跃度,辅助判断市场发展趋势。本文根据每年各类市场主体进场和退出数量、参与交易的数量及比重、市场交易电量占全社会用电量的比重等数据,综合测算市场的活跃程度。

3.6 其他指标

3.6.1 供应能力指标

发电企业供应能力指标包括市场满足程度 M_s 、发电企业装机容量市场化参与度 c_p 、检修效益指标 R_T 和电力投入能力 G_p 等。相关计算公式如下:

$$M_s = \frac{Q_c}{Q_y} \quad (12)$$

$$c_p = \frac{P_B}{P_Z} \quad (13)$$

$$R_T = \frac{T_r}{T_y} \quad (14)$$

$$G_p = \frac{Q_T}{Q_A} \quad (15)$$

式中: Q_c ——发电企业在统计周期内输入配电网的电量总和;

Q_y ——用户侧总申报电量;

P_B ——已备案且有资格参与市场交易的发电企业装机容量总和;

P_Z ——安徽省全部发电企业总装机容量;

T_r ——机组每年检修所占用的可发电时长;

T_y ——全年可发电时长;

Q_T ——发电企业全年输入配电网的电量总和;

Q_A ——发电企业全年总发电量。

3.6.2 市场响应能力指标

市场响应能力指标包括市场响应速度指标 k_{TM} 和填谷能力指标 k_{GT} 。其中,市场响应速度指标可用于衡量发电企业对用电需求的响应效率。相关计算公式如下:

$$k_{TM} = \frac{t_s}{t_a} \quad (16)$$

$$k_{GT} = \frac{Q_G}{Q_q} \quad (17)$$

式中: t_s ——发电企业调整发电量所需时间;

t_a ——电力市场总的用电高峰或低谷时间。

Q_G ——用电高峰发电企业输入配电网的电量;

Q_q ——电网的电量缺额。

3.6.3 服务能力指标

服务能力指标包括信用能力 k_{TR} 和违规排名。其中,信用能力是指发电企业每年履行契约次数 s_q 与年度总签约次数 s_{qy} 的比例,反映市场信用水平;违规排名是指发电企业违反市场纪律的次数在该省或该地区所有发电企业间的排名。信用能力的计算公式如下:

$$k_{TR} = \frac{s_q}{s_{qy}} \quad (18)$$

3.6.4 绿色环保指标

绿色环保指标包括发电综合煤耗指数、发电碳排放指数、发电权购入量、清洁能源消纳指标完成情况,以及碳市场交易量和价格。其中,发电综合煤耗指数 k_{CCI} 的计算涵盖火电、风电、光伏、水电等发电企业的上网电量,该指数越低,表明清洁能源利用程度越高;发电碳排放指数 k_{CO} 是指发电企业每年的总发电量 Q_F 与发电企业二氧化碳排放量 H_C 的比值;发电权购入量越多,说明发电企业损耗越低、污染越小;清洁能源消纳指标完成情况越好,说明发电企业消纳清洁能源的能力越强;碳交易量越少、价格越低,说明发电过程越环保。绿色环保指标的相关公式如下:

$$k_{CCI} = \frac{c_s}{Q_{Gall}} \quad (19)$$

$$k_{CO} = \frac{Q_F}{H_C} \quad (20)$$

式中: c_s ——全年火力发电耗用标准煤数量;

Q_{Gall} ——全部发电类型的总上网电量。

4 AHP-EWM组合方法介绍

本文采用改进的AHP-EWM组合方法确定指标权重。相较于单一的权重确定方法,该方法具有显著优势。传统AHP虽能有效整合专家经验,但其权重结果易受主观偏好影响。EWM虽能基于数据客观赋权,但对数据质量和样本数量依赖较高,且缺乏对实际背景的考量。AHP-EWM组合方法通过融合主客观信息,既充分利用专家经验对指标重要性进行初步判断,又依据实际数据对权重进行客观修正,从而有效避免了主观臆断和数据片面性带来的偏差,显著提升了权重结果的科学性、稳健性和可信度,更适用于复杂多属性决策场景下的指标评价^[12-15]。

改进的AHP使用三标度法构建判断矩阵,简化了专家对因素相对重要性的判断过程,同时避免了传统一致性检验的复杂计算过程^[16-17]。主观权重的计算步骤如下。

步骤1 按AHP设置指标层,建立评价模型。

步骤2 一级指标包括充放电能力、能效水平、设备运行状态和可靠性分析。采用三标度法建立判断矩阵 $\mathbf{A}=(a_{st})_{n \times n}$, $a_{st}(s, t=1, 2, 3, \dots, n; n$ 为一级指标数),其元素可表示为

$$a_{st} = \begin{cases} 1, & \text{指标}s\text{比指标}t\text{重要} \\ 0, & \text{指标}s\text{与指标}t\text{同等重要} \\ -1, & \text{指标}t\text{比指标}s\text{重要} \end{cases} \quad (21)$$

步骤3 确定最佳传输矩阵。判断矩阵 \mathbf{A} 的最佳传输矩阵为 $\mathbf{O}=(o_{st})_{n \times n}$,其元素可表示为

$$o_{st} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (a_{sv} + a_{vt}) \quad (22)$$

步骤4 确定最佳一致性矩阵。矩阵 \mathbf{O} 的最佳一致性矩阵为 $\mathbf{C}=(c_{st})_{n \times n}$,其元素可表示为

$$c_{st} = \exp(o_{st}) \quad (23)$$

步骤5 利用算术平均法计算主观权重 W 为

$$W = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{c_{st}}{\sum_{k=1}^n c_{kt}} \quad (24)$$

采用EWM消除人为因素对权重造成的影响,客观权重的计算步骤如下^[18]。

步骤1 确定 n_0 个二级评价指标 m 个样本的原始矩阵 $\mathbf{Y}=(y_{hl})_{n_0 \times m}$ 。其中: $h=1, 2, 3, \dots, n_0; l=1, 2, 3, \dots, m$ 。

步骤2 将上述数据归一化,得到归一化矩

阵 $\mathbf{Z}=\{z_{hl}\}_{n_0 \times m}$,其元素可表示为

$$z_{hl} = \frac{y_{hl}}{\sum_{h=1}^{n_0} y_{hl}} \quad (25)$$

步骤3 将 z_{hl} 代入信息熵函数,得到信息熵函数值 e_l 为

$$e_l = -\frac{1}{nm} \sum_{h=1}^{n_0} z_{hl} \ln z_{hl} \quad (26)$$

步骤4 计算每个指标的效用价值 H_l 为

$$H_l = 1 - e_l \quad (27)$$

步骤5 计算指标客观权重值 w_l 为

$$w_l = \frac{H_l}{\sum_{l=1}^m H_l} \quad (28)$$

将主观权重和客观权重结合,即可得到组合权重。

5 信息披露能力指标体系综合评价

本文构建的发电企业信息披露指标体系,能够全面、客观地反映发电企业在市场效率、环境责任、系统安全和社会贡献等多维度的信息披露水平。该指标体系可以将分散、复杂的信息披露内容转化为统一、有可比性的评估指标,实现从信息罗列到价值判断的跨越。在应用层面,该指标体系不仅为发电企业提供自我诊断和持续改进的参照,助力企业实现自身表现的纵向追踪和对标;同时,也为监管机构实施精准化、差异化市场监管政策提供科学依据,并为电力用户、投资者等市场主体选择合作伙伴时提供关键信息,进而引导市场资源向信息披露充分、履责表现优异的企业倾斜,推动整个电力行业向更加透明、高效、绿色的方向发展。

5.1 判断矩阵和指标数据矩阵构建

在前述权重评价方法和发电企业信息披露能力指标的基础上,确定各级指标间的判断矩阵。目标层A0—一级指标B1~B5的判断矩阵 \mathbf{A}_{A_0, B_1-5} 为

$$\mathbf{A}_{A_0, B_1-5} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (29)$$

一级指标B1—二级指标C1~C6的判断矩阵 \mathbf{A}_{B_1, C_1-6} 为

$$A_{B1,C1-6} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (30)$$

一级指标B2—二级指标C7~C10的判断矩阵

$A_{B2,C7-10}$ 为

$$A_{B2,C7-10} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (31)$$

一级指标B3—二级指标C11~C12和一级指标B5—二级指标C17~C18的判断矩阵 $A_{B3,C11-12}$ 和 $A_{B5,C17-18}$ 为

$$A_{B3,C11-12} = A_{B5,C17-18} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (32)$$

一级指标B4—二级指标C13~C16的判断矩阵 $A_{B4,C13-16}$ 为

$$A_{B4,C13-16} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (33)$$

根据式(21)至式(24)计算得到不同层级的主观权重。利用EWM为发电企业赋分,根据式(25)至式(28)计算得到相应的客观权重。

依据1[#]发电企业和2[#]发电企业的得分,以及对应的评价指标,可建立指标数据矩阵 Z_1 为

$$Z_1 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 2 \\ 96 & 81 & 62 & 77 \\ 87 & 70 & 50 & 78 \\ 60 & 82 & 42 & 80 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 50 & 52 & 46 & 35 \\ 91 & 84 & 60 & 75 \\ 95 & 92 & 94 & 97 \\ 100 & 100 & 120 & 150 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 & 0.7 \\ 88 & 72 & 54 & 62 \\ 74 & 72 & 70 & 63 \\ 92 & 76 & 55 & 63 \\ 81 & 77 & 65 & 44 \\ 89 & 72 & 57 & 67 \\ 97 & 80 & 58 & 74 \\ 80 & 95 & 57 & 74 \end{bmatrix} \quad (34)$$

5.2 基于实例数据的综合评价

在权重计算的基础上,对发电企业信息披露

能力指标进行综合评价,并结合实际算例数据验证指标体系的适用性。

目标层A0—一级指标B1~B4的判断矩阵

$A_{A0,B1-4}$ 为

$$A_{A0,B1-4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (35)$$

一级指标B2—二级指标C3~C6的判断矩阵

$A_{B2,C3-6}$ 为

$$A_{B2,C3-6} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (36)$$

一级指标B3—二级指标C7~C9的判断矩阵

$A_{B3,C7-9}$ 为

$$A_{B3,C7-9} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (37)$$

一级指标B4—二级指标C10~C15的判断矩阵

$A_{B4,C10-15}$ 为

$$A_{B4,C10-15} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (38)$$

根据现有评价标准,采用层次分析法对发电企业供应能力、市场响应能力和服务能力的二级指标赋予权重,采用熵权法对可靠性分析中的二级指标进行权重分析。根据4个发电企业的得分,可建立指标数据矩阵 Z_2 为

$$Z_2 = \begin{bmatrix} 80 & 50 & 70 & 80 \\ 80 & 60 & 70 & 80 \\ 40 & 60 & 80 & 70 \\ 75 & 50 & 80 & 95 \\ 100 & 80 & 90 & 90 \\ 100 & 80 & 90 & 100 \\ 80 & 100 & 90 & 80 \\ 90 & 70 & 80 & 90 \\ 90 & 80 & 70 & 90 \\ 100 & 100 & 90 & 100 \\ 100 & 80 & 90 & 100 \\ 90 & 80 & 70 & 100 \\ 90 & 70 & 70 & 90 \\ 80 & 70 & 90 & 80 \\ 80 & 80 & 90 & 80 \end{bmatrix} \quad (39)$$

6 结 语

本文针对安徽电力市场,立足决策需求和“双碳”目标,构建了发电企业信息披露指标体系及评价机制。主要贡献体现在:一是创新性地融入电力系统贡献、环境效益及供电能力等多维指标,全面反映企业履责情况和绿色发展水平;二是采用改进 AHP-EWM 组合算法,建立科学评价机制,实现对信息披露能力的量化;三是完善信息体系,推动精细化管理,健全市场信用体系,有效支撑市场价格发现和监管效能提升。

本文构建的发电企业信息披露能力评价指标体系,有助于量化评估发电企业在市场效率、环境责任、系统安全和社会贡献等多维度的综合信息披露水平。该体系不仅可作为企业自身信息披露改进的标准,实现企业历史表现的纵向追踪,更可直接用于企业间的横向对比,为监管机构制定差异化监管政策提供数据支撑;同时,引导市场用户在选择合作伙伴时纳入信息透明度考量,从而促进电力市场的公平、高效和可持续发展。本文为完善电力市场信息披露制度提供了依据,未来可探索数据可视化及实时数据融入,以应对市场动态变化。

参考文献:

- [1] BAUER T, LIPS H P, THIELE G, et al. Operational tests on HVDC thyristor modules in a synthetic test circuit for the Sylmar east restoration project [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1997, 12(3): 1151-1158.
- [2] 夏凡. 我国电力市场信息披露机制及其有效性研究[D]. 北京:华北电力大学(北京), 2020.
- [3] 马子明, 钟海旺, 李竹, 等. 美国电力市场信息披露体系及其对中国的启示[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(24): 49-57.
- [4] 黄康乾. 广东电力交易大数据指标体系设计与应用研究[D]. 广州:广东工业大学, 2020.
- [5] 钱寒晗, 李永波, 何川, 等. 电力零售市场信息披露框架研究[J]. 科技创新与应用, 2020(18): 60-63.
- [6] 施建华. 广东电力市场评价指标与方法模型研究[D]. 广州:华南理工大学, 2020.
- [7] 胡曲应, 班金梅. 电力行业上市公司环境信息披露研究[J]. 财会月刊, 2013(8): 40-44.
- [8] 吴光源, 陆洲杰, 李俊波, 等. 基于改进 AHP 熵权法的综合能源配电网指标评估[J]. 电工材料, 2022(2): 56-60.
- [9] 周琳琳. 模糊综合评判中属性权重确定方法及应用的研究[D]. 沈阳:东北大学, 2014.
- [10] 郑天芳, 曲娜, 张帅, 等. 基于 AHP-熵权法的高层建筑电气火灾风险评价[J]. 沈阳航空航天大学学报, 2022, 39(1): 69-76.
- [11] 董晓宁, 赵华容, 李殿伟, 等. 基于模糊证据理论的信息系统安全风险评估研究[J]. 信息安全, 2017(5): 69-73.
- [12] MALLAPATY S. How China could be carbon neutral by mid-century[J]. Nature, 2020, 586: 482-483.
- [13] FERREIRA H L, GARDE R, FULLI G, et al. Characterisation of electrical energy storage technologies [J]. Energy, 2013, 53: 288-298.
- [14] LV X Y, LI D X, CHEN Y F, et al. Research on technical and economic feasibility evaluation model of energy storage power station [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 252(3): 032016.
- [15] LI X, WANG Q S, CHEN Y, et al. Safety analysis of energy storage station based on DFMEA [J]. E3S Web of Conferences, 2021, 236: 01006.
- [16] 陈璨, 邓鹤鸣, 曹阳, 等. 用户侧储能安全标准现状分析[J]. 供用电, 2021, 38(8): 12-18.
- [17] ASGARY A, PANTIN B, SAIHAR B E, et al. Developing disaster mutual assistance decision criteria for electricity industry [J]. Disaster Prevention and Management: An International Journal, 2017, 26(2): 230-240.
- [18] PUTRI A H, LATIEF Y, SAGITA L, et al. Developing standard operational procedures for maintenance and repair of mechanical and electrical component in government building to improving safety planning [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1858: 012082.

(责任编辑 白林雪)