

电力企业科技成果转化风险评估体系研究

张小店¹, 林桃贝¹, 陈 娇¹, 朱德焕¹, 熊 晖², 柳建蓉³

¹海南电网有限责任公司, 海南 海口

²深圳南方电网深港科技创新有限公司, 广东 深圳

³中能国研(北京)电力科学研究院, 北京

收稿日期: 2023年4月17日; 录用日期: 2023年5月7日; 发布日期: 2023年5月19日

摘 要

根据电力企业科技成果转化的实际需要, 本文从科技成果转化风险的角度出发, 综合考虑技术、市场、生产、投入、管理、协作和环境等维度, 构建了科技成果转化风险评估指标体系, 并运用层次分析法和模糊综合评价法构建评价模型, 从而确定各级评价指标的权重。通过构建科技成果转化风险评估体系, 以为电力企业提升科技成果转化成功率和管理水平提供支撑。

关键词

科技成果转化, 风险识别, 层次分析法, 模糊综合评价法

Research on Risk Assessment System for Transformation of Scientific and Technological Achievements in Electric Power Enterprises

Xiaodian Zhang¹, Taobei Lin¹, Jiao Chen¹, Dehuan Zhu¹, Hui Xiong², Jianrong Liu³

¹China Southern Power Grid, Haikou Hainan

²CSG Shenzhen-Hong Kong Innovation and Technology Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

³EPTC (Beijing) Electric Power Research Institute, Beijing

Received: Apr. 17th, 2023; accepted: May 7th, 2023; published: May 19th, 2023

Abstract

According to the actual needs of the transformation of scientific and technological achievements in

文章引用: 张小店, 林桃贝, 陈娇, 朱德焕, 熊晖, 柳建蓉. 电力企业科技成果转化风险评估体系研究[J]. 管理科学与工程, 2023, 12(3): 295-303. DOI: 10.12677/mse.2023.123033

electric power enterprises, this paper constructs a risk assessment index system for the transformation of scientific and technological achievements from the perspective of the transformation risk of scientific and technological achievements, taking into account the dimensions of technology, market, production, input, management, collaboration and environment, and constructs an evaluation model by using hierarchical analysis and fuzzy comprehensive evaluation method, so as to determine the weights of evaluation indexes at all levels. By constructing the risk assessment system for transformation of scientific and technological achievements, it is expected to provide support for electric power enterprises to improve the success rate and management level of transformation of scientific and technological achievements.

Keywords

Transformation of Scientific and Technological Achievements, Risk Identification, Hierarchical Analysis Method, Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

伴随着我国已经开启全面建设社会主义现代化国家新征程，科学技术更加深刻地影响着国家前途命运与人民生活福祉。科技赋能发展，创新决胜未来，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中首次做出“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位”的重要战略部署。其中，科技成果转化是实施创新驱动发展战略的关键环节，对于促进电力企业转型、推动产业升级具有重大的现实意义。

具体来说，科技成果转化是指为提高生产力水平而对科学研究与技术开发所产生的具有实用价值的科技成果所进行的后续试验、开发、应用、推广直至形成新产品、新工艺、新材料，发展新产业等活动[1] [2]。在科技成果转化的过程中，对其转化风险进行识别和评估是关键环节，与科技成果转化成功与否密切相关。因此，设计一套适合电力企业的科技成果转化风险评估体系尤为必要。鉴于此，本文从促进科技成果转化、提高科技成果转化成功率的目标出发，利用层次分析法和模糊综合评价法，构建科技成果转化风险评估体系，为电力企业提升科技成果转化管理水平和自主创新能力提供坚强支撑。

针对科技成果转化风险评估，文献[3]构建了基于后果损失的科技成果转化评价指标体系，并从技术、市场、生产、投资、管理和环境六个角度出发，对我国民航某科技单位的科技成果转化风险进行了评估；文献[4]系统梳理了我国高校科技成果转化面临的主要风险，相应地提出了防范风险的对策建议；文献[5]从科技成果转化风险的管理规划、识别、评价、应对和监控五个方面出发，按照科技成果前期计划、中期转化和后期产业化的实施阶段构建风险清单，对新型研发机构的科技成果转化风险管理进行了深入研究；文献[6]从高校科技成果转化风险防控法律的角度出发，提出了党的全面领导、正当法律程序、诚实信用与信赖保护、维护和促进社会经济总体效率和社会公平四条法律原则，在一定程度上规范和约束了高校科技成果转化行为。

在权重确定的过程中，为保证权重能够较好地反映评价指标的重要程度，研究者们多将主观赋权法与客观赋权法相结合运用，常用方法有多属性决策法、层次分析法、模糊综合评价法、熵权法以及 Critic

方法等[7]-[13]。其中,层次分析法能够准确量化不同层次中的指标权重,简明扼要地显示出各类因素之间的相关关系,在此基础上,模糊综合评价法能够进一步解决评价因素的复杂性、评价标准中存在的模糊性以及评价影响因素的不确定性等一系列问题,具有较好的评价效果,在各类评价指标体系中得到了广泛的应用。

综上,对于科技成果转化风险的评估既是电力企业的现实需求,又是当前理论研究中需要进一步探索的问题,因此,本文的主要研究内容为:对科技成果转化过程中的风险因素进行分析,基于电力科技成果转化特点建立电力科技成果转化风险评估指标体系,为电力企业降低科技成果转化风险提供参考依据。

2. 科技成果转化风险评估模型构建

2.1. 科技成果转化风险因素识别

在企业确定一个科技项目,进行技术攻关,科技成果的产出以及成果转化过程中所进行的后续试验、开发、应用、推广等活动中,存在诸多的不确定风险因素,并且这些不确定风险随着科技成果技术含量的增加而增加。因此,电力企业的科技成果转化风险识别和防范工作需要采用科学合理的方法。

通常情况下,电力企业科技成果以成果转让的方式实现成果转化,以向产业单位的产业化转让并通过产品应用的形式形成成果推广,这一过程可描述为“成果征集和推荐→成果的评估→转化实施→推广应用”。在成果征集和推荐阶段,电力企业组织征集系统内成果拥有单位的待转化成果推荐建议,将具备转化条件的科技成果进行收集汇总;在成果评估阶段,电力企业统一组织对收集的科技成果的成果先进性、成熟度、应用方式、适用范围、转化条件、预期效益等进行综合分析评价,各方面评价结果均满足要求的科技成果进入下一个阶段;转化实施阶段,成果拥有单位与成果转化单位签订成果转化及合作协议,以成果转让的形式实施成果转化,成果拥有单位监督成果转化的实施过程,成果转化单位落实成果转化条件,进行成果转化实施;推广应用阶段,成果拥有单位、成果转化单位参与成果应用推广,成果应用单位组织落实新成果的推广应用。

2.2. 科技成果转化风险评估指标体系构建

本文依据风险源对电力企业科技成果转化风险进行分解,横向确定转化过程中的主要风险源,纵向对各个风险源的关键影响因素进行分析,进而层层分解形成树状分解指标,构建了如表1所示的电力企业科技成果转化风险评估指标体系。该体系由七个风险源构成:技术风险、市场风险、生产风险、管理风险、投入风险、环境风险和协作风险。

其中,各指标及其具体含义如下:

1) 技术风险

在科技成果转化中,由于新技术尚未经过市场和生产过程的检验,技术究竟是否可行,是否具有市场价值,可能会与预期目标发生偏差,具体表现为技术的先进性不足、成熟度不足、配套技术的可获得性不足、知识产权和技术替代等风险。

2) 市场风险

电力企业科技成果转化面临的市场风险主要是指相关产品或技术不能满足市场需求而带来的一系列风险,主要来自于科技成果转化技术或产品的转化者和使用者两个方面。具体来说,转化者无法用足够的力量成功转化、使用者对相关产品和技术的难以产生认同等都属于市场风险,具体表现为市场需求、技术竞争力和市场可接受度等风险。

3) 生产风险

Table 1. Risk assessment index system for transformation of scientific and technological achievements of electric power enterprises**表 1.** 电力企业科技成果转化风险评估指标体系

编号	风险源	编号	风险因素
A1	技术风险	A11	先进性风险
		A12	成熟度风险
		A13	配套技术可获取风险
		A14	知识产权风险
		A15	技术替代风险
A2	市场风险	A21	市场需求风险
		A22	技术竞争力风险
		A23	市场可接受度风险
A3	生产风险	A31	原材料供应风险
		A32	生产组织失误风险
A4	投入风险	A41	投入数量风险
		A42	投入结构风险
A5	管理风险	A51	组织决策风险
		A52	组织过程风险
		A53	战略管理与运营风险
A6	协作风险	A61	受让企业能力不足风险
		A62	合作风险
A7	环境风险	A71	经济环境风险
		A72	国家政策、法规环境风险
		A73	生态环境风险

生产风险是指与产品生产过程有关的风险，一般是因为在原材料、设备、技术人员、生产工艺及生产组织等方面出现意想不到的阻碍而带来的风险，可能会使企业无法按预定计划完成生产任务。生产风险具体表现为原材料供应和生产组织失误等风险。

4) 投入风险

科技成果转化过程中的投入要素主要包括资金和人才两部分，其中，投入要素的数量或结构与计划产生偏差都会导致投入风险的产生，从而给企业科技成果转化带来无法预估的风险。

5) 管理风险

管理风险是指在整个项目运作过程中因信息不对称、管理不善、判断失误等因素而导致项目失败的风险，在科技成果转化中，可以分为三个部分：组织决策风险、组织过程风险以及战略管理与运营风险。管理风险贯穿整个科技成果转化过程，若管理出现问题，甚至会导致科技成果转化失败。

6) 协作风险

协作风险是指多方主体在科技成果转化过程中可能出现的沟通、合作等风险，主要包括受让企业能力不足和合作风险。

7) 环境风险

通常情况下，科技成果的转化需要在各种政治、社会或自然环境下进行，因此，科技成果转化面临的风险也包括所遇到的经济、国家政策法规和生态等环境风险。其中，各类环境风险难以被各转化主体控制或解决，例如相关行业政策的突然变动可能会给科技成果转化带来政策风险。

3. 研究方法

3.1. 层次分析法

20 世纪 70 年代,美国运筹学家 T. L. Saaty 教授提出了一种能对定性问题进行定量分析的多准则决策方法,即层次分析法,它通过数学方法计算出每一层次中各指标的权重值并进行排序。基于层次分析法的基本原理,其具体步骤如下:

1、按照九标度法构造判断矩阵

九标度法通过打分来对比指标之间的重要程度,其打分值及含义如下表 2 所示。通过专家意见进行打分,可以得到两两判断矩阵。

Table 2. “1~9” ratio method
表 2. “1~9” 比例标度法

标度值	含义解释
1	两个指标相比,重要性一样
3	两个指标相比,前者比后者稍微重要
5	两个指标相比,前者比后者明显重要
7	两个指标相比,前者比后者强烈重要
9	两个指标相比,前者比后者极端重要
2、4、6、8	上述相邻判断的中间值

2、计算特征向量并检验一致性

在得到判断矩阵的基础上,还需要通过数学方法来检验判断矩阵的一致性,以避免相同重要等级的指标发生冲突,从而确保模型的合理有效,其具体步骤如下:

1) 计算判断矩阵的最大特征值 λ_{max} ;

2) 计算一致性指标 $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$, 一致性比率 $CR = CI / RI$, 其中 RI 为随机一致性指标,为固定值。计算后若检验指数 $CR \leq 0.10$ 则通过检验; 如果 $CR > 0.10$, 则需要对矩阵加以检查并调整,以确保模型可用。

3、分配指标权重

根据评价指标体系的层次结构和判断矩阵的计算结果,用 W_i 表示一级指标权重, W_j 表示二级指标在一级指标维度内的权重,计算各指标的综合权重 $W_{ij} = W_i \times W_j$ 得到二级指标的权重分配。

3.2. 模糊综合评价法

模糊综合评价是在对评价对象进行评价时考虑多方面影响的一种方法。与传统综合评价方法不同,该方法以模糊数学理论为基础,可以方便高效地分析处理定性的因素,其数学模型一般包括以下三个基本要素:

1) 特征因素的集合: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$;

2) 评价语句的集合: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$;

3) 单因素的评判函数 $f: U \rightarrow F(V)$, $u_i \mapsto f(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}) \in F(V)$ 。

在确定以上三个基本要素以后，进而可以计算求得模糊关系 $R_f \in F(U \times V)$ ，有：
 $R_f(u_i, v_j) = f(u_i)(v_j) = r_{ij}$ 。通过 R_f 可构造从 U 到 V 的模糊变换矩阵：

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (3-1)$$

为了对模糊综合评价模型 (U, V, R) 有一个更加清晰的认知，我们做出图 1 的示意图，将它近似看成一种转换器，首先是输入 $A \in F(U)$ ，然后通过 R 以及相对应的模糊运算规则 $B = A \circ R$ ，最后可以得到输出的综合评价结果 $B \in F(V)$ 。

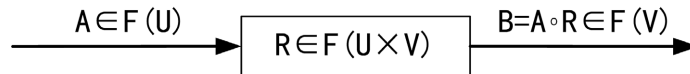


Figure 1. Schematic diagram of fuzzy converter
 图 1. 模糊转换器示意图

采用模糊综合评价法的基本步骤如下：

步骤一：确定隶属度。

邀请来自多个领域的 5 位专家进行打分，如 5 位专家对某个指标按“高险、较高、一般、较低、低”5 个等级进行打分，其中有 2 位认为高，1 位认为较高，2 位认为一般，0 位认为较低，0 位认为低，则该指标对应的隶属度为 0.4, 0.2, 0.4, 0, 0，对应的模糊隶属矩阵为 $[0.4, 0.2, 0.4, 0, 0]$ 。这样通过专家评价得到的模糊隶属矩阵如下：

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i,j1} & r_{i,j2} & r_{i,j3} & r_{i,j4} & r_{i,j5} \\ r_{i,j1} & r_{i,j2} & r_{i,j3} & r_{i,j4} & r_{i,j5} \\ r_{i,j1} & r_{i,j2} & r_{i,j3} & r_{i,j4} & r_{i,j5} \\ r_{i,j1} & r_{i,j2} & r_{i,j3} & r_{i,j4} & r_{i,j5} \\ r_{i,j1} & r_{i,j2} & r_{i,j3} & r_{i,j4} & r_{i,j5} \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

步骤二：初级模糊综合评价。

由准则层 i 包含的最底层模糊隶属和权重矩阵，采用如下公式进行计算：

$$A_i = (r_{i,1}, r_{i,2}, \dots, r_{i,5}) = W_i \circ R_i = (w_{i,1}, w_{i,2}, \dots, w_{i,n}) \circ \begin{bmatrix} r_{i,11} & r_{i,12} & \cdots & r_{i,15} \\ r_{i,21} & r_{i,22} & \cdots & r_{i,25} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i,n1} & r_{i,n1} & \cdots & r_{i,n5} \end{bmatrix} \quad (3-3)$$

其中， A_i 为准则层中第 i 项指标的模糊评价矩阵； W_i 为指标层中各因素相对于其所属准则层第 i 项指标的权重矩阵。

步骤三：二级模糊综合评价。

由初级模糊综合计算得出准则层中各项指标所对应的不同评价等级的隶属度 R ：

$$R = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,5} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,5} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{6,1} & r_{6,2} & \cdots & r_{6,5} \end{bmatrix} \quad (3-4)$$

A 表示二级评价向量, 以模糊评价 B 为行向量, B 为准则层中的各项指标相对于目标层的权重矩阵, 则:

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_5) = B \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_n) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{25} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{61} & r_{62} & \dots & r_{65} \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

根据二级模糊综合评价计算所得的结果计算最终评价结果:

$$N = A \circ D^T \quad (3-6)$$

其中 N 为最终的模糊综合评价结果, 评分集 D^T 为列向量, D^T 为 $[10, 8, 6, 4, 2]^T$ 。

3.3. 指标权重确定

在前述研究基础之上, 本节利用层次分析法和模糊综合评价法, 进一步对电力企业科技成果转化风险评估指标体系进行赋权, 得到如下表 3 所示的电力企业科技成果转化风险评估指标权重。

Table 3. Risk assessment index weights for the transformation of scientific and technological achievements of power enterprises

表 3. 电力企业科技成果转化风险评估指标权重

编号	风险源	权重	编号	风险因素	权重
A1	技术风险	0.2957	A11	先进性风险	0.0250
			A12	成熟度风险	0.0773
			A13	配套技术可获取风险	0.0436
			A14	知识产权风险	0.1095
			A15	技术替代风险	0.0405
A2	市场风险	0.2130	A21	市场需求风险	0.1187
			A22	技术竞争力风险	0.0682
			A23	市场可接受度风险	0.0261
A3	生产风险	0.0881	A31	原材料供应风险	0.0587
			A32	生产组织失误风险	0.0294
A4	投入风险	0.0417	A41	投入数量风险	0.0278
			A42	投入结构风险	0.0139
A5	管理风险	0.1242	A51	组织决策风险	0.0670
			A52	组织过程风险	0.0203
			A53	战略管理与运营风险	0.0369
A6	协作风险	0.0610	A61	受让企业能力不足风险	0.0406
			A62	合作风险	0.0203
A7	环境风险	0.1762	A71	经济环境风险	0.0524
			A72	国家政策、法规环境风险	0.0950
			A73	生态环境风险	0.0289

其中，根据二级模糊综合评价计算所得的风险评价结果数值大小，将科技成果转化风险分级划分为高、较高、一般、低 4 个级，评价风险对应分级标准如表 4 所示。

Table 4. Risk classification criteria
表 4. 风险分级标准

分级标准	$N_i \geq 8$	$6 \leq N_i < 8$	$4 \leq N_i < 6$	$2 \leq N_i < 4$
风险等级	高风险	较高风险	一般风险	低风险

4. 实例分析

4.1. 实例概况

为了进一步验证上述模型的适用性和有效性，本文利用电网企业某科技成果转化实例进行验证分析。其中，该科技成果的实际情况如下：为了解决配电网线路风险隐患复杂多发、容易发生配网设备老化损耗、锈蚀、断股、引发线路故障造成停电等问题，在企业相关科技项目的研究基础上，将该项目研究成果“基于超声波技术的配网架空线路隐患检测仪”进行系统内部成果转化及推广应用，转化方式为许可

Table 5. Expert fuzzy evaluation results of risk transformation of scientific and technological achievements
表 5. 科技成果转化风险专家模糊评判结果

风险源	风险因素	高	较高	一般	较低	低
技术风险	先进性风险	0	0.1	0.5	0.3	0.1
	成熟度风险	0	0	0.3	0.4	0.3
	配套技术可获取风险	0	0.2	0.3	0.3	0.2
	知识产权风险	0	0	0.2	0.3	0.5
	技术替代风险	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1
市场风险	市场需求风险	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2
	技术竞争力风险	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2
	市场可接受度风险	0	0.1	0.3	0.4	0.2
生产风险	原材料供应风险	0	0.1	0.2	0.2	0.5
	生产组织失误风险	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3
投入风险	投入数量风险	0	0	0.2	0.2	0.6
	投入结构风险	0	0.1	0.2	0.2	0.5
管理风险	组织决策风险	0	0.1	0.3	0.3	0.3
	组织过程风险	0	0.1	0.2	0.3	0.4
	战略管理与运营风险	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2
协作风险	受让企业能力不足风险	0	0	0.1	0.2	0.7
	合作风险	0	0	0	0.3	0.7
环境风险	经济环境风险	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5
	国家政策、法规环境风险	0	0.1	0.1	0.2	0.6
	生态环境风险	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4

他人使用该科技成果，并为试点单位配置了 6 套超声波检测仪用于线路故障隐患查找并自主分析，充分利用新型技术解决生产难题，以切实提高电网架空线路的智能化运维水平。通过试点应用，该项科技成果每年可避免的售电损失、可节省的维护费用共计 33.36 万元，净效益总额为 144.8 万元，投入产出比为 0.1519。另外，该项科技成果累计授权发明专利 7 项，授权实用新型专利 2 项，获得软件著作权 1 项。

4.2. 评估结果

邀请 10 位专家，对实例中的科技成果转化风险进行模糊评定，结果如表 5 所示。结合指标赋权结果，可以计算得到该科技成果转化风险模糊评估向量为： $A = (0.0452, 0.0873, 0.2190, 0.2779, 0.3706)$ 。根据评分集 D ，可以计算得到最终的评分值 $N = A \times DT = 4.3180$ 。

5. 总结

本研究在综合考虑多方面因素之后，构建了电力企业科技成果转化风险评估指标体系，系统全面地对科技成果转化的风险进行分析评价，为电力企业促进科技成果转化、提高科技成果转化成功率提供了有力支撑。同时，本文以电网企业某科技成果转化实例进行验证分析，进一步验证了上述模型的适用性和有效性，为企业科技成果转化指明了方向。其中不足的是，本文虽然涉及了多个评价指标并计算出所占权重，但由于局限性没能考虑到所有指标且尚未研究各评价指标间的相互关系及影响。

参考文献

- [1] 潘安娥, 杨青. 科技成果转化风险的模糊评价[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2004(6): 137-140+148.
- [2] 刘春香. 电网企业科研单位科技成果增值评估体系研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2014.
- [3] 张兴旺, 陶煜, 史万里. 基于后果损失的科技成果转化风险评估研究[J]. 中国民航飞行学院学报, 2022, 33(1): 42-47.
- [4] 刘琼. 高校科技成果转化面临的主要风险与防范对策[J]. 学习月刊, 2021(12): 38-39.
- [5] 张贤. 新型研发机构科技成果转化项目风险管理研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2019.
- [6] 闫弘宇, 麦麦提江古丽努尔. 高校科技成果转化风险防控的法律原则[J]. 伊犁师范学院学报(社会科学版), 2020, 38(1): 75-79+92.
- [7] 万晓萍. 基于模糊多属性决策法的图书馆员服务绩效评价研究[J]. 兰台世界, 2015(26): 147-148.
- [8] 徐春霞. 基于层次分析法的国际化创新型复合人才评价指标体系研究[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2022(9): 58-61.
- [9] 解婧瑶, 童慧, 陈立中. 基于层次分析法和主成分分析法的仓库 KPI 评价体系构建——以中国外运公司为例[J]. 价值工程, 2022, 41(23): 67-69.
- [10] 陈祉如, 郭亮, 杜艳, 等. 基于改进层次分析法的电能计量系统综合评价[J]. 山东大学学报(工学版), 2022, 52(6): 167-175.
- [11] 侯风垒. 基于层次分析法和模糊综合评价法的应急管理能力综合评价研究[J]. 现代城市轨道交通, 2022(9): 87-92.
- [12] 薛彦宇. 基于多层次模糊综合评价法的项目后评价研究与实践[J]. 计算机与数字工程, 2022, 50(4): 730-735.
- [13] 唐学军, 谭忠富, 李智威, 等. 基于 AHP-熵权法的配电网设备资产运检成本优化配置模型[J]. 电力建设, 2022, 43(10): 166-172.