

# 安徽金融集聚与生态效率评价及耦合关系的研究

朱家明<sup>1</sup>, 潘紫萱<sup>2</sup>

(1.安徽财经大学统计与应用数学学院,安徽蚌埠 233030)

(2.安徽财经大学金融学院,安徽蚌埠 233030)

**[摘要]** 从规模、效率、环境和污染、效益、处理角度分别构建金融集聚与生态效率的评价指标体系,利用熵值法计算各指标权重及2010—2018年安徽金融集聚与生态效率的综合分数,分析各影响因素变化程度,并基于变异系数法计算两者耦合度及优化后的耦合协调度。研究得出:影响金融集聚的最大因素是金融规模,权重为0.424,而影响生态效率的最大因素是环境污染,权重为0.572;安徽金融集聚程度逐年提高,而生态效率具有较大波动,但整体处于中等偏上水平;2010—2018年安徽金融集聚与生态效率耦合度不断提高,等级从低度耦合向高度耦合不断增级,耦合协调水平从严重失调向高级协调发展,且提高程度更为精确与稳定。最后对如何有效增强金融集聚与生态效率耦合关系提出了相关建议。

**[关键词]** 金融集聚,生态效率,耦合关系,熵值法,变异系数法,评价指标体系

**[中图分类号]** F299.27; X22 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2020)03-0087-06

## Research on the Evaluation and Coupling Relationship of Financial Agglomeration and Ecological Efficiency in Anhui Province

Zhu Jiaming<sup>1</sup>, Pan Zixuan<sup>2</sup>

(1.School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China)

(2.School of Finance, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China)

**Abstract:** From the perspectives of scale, efficiency, environment and pollution, efficiency, and treatment, evaluation index systems for financial agglomeration and ecological efficiency are constructed, and the entropy method is used to calculate the weight of each indicator and the comprehensive scores of Anhui financial agglomeration and ecological efficiency from 2010 to 2018. The degree of influencing factors changes, and the coupling degree of the two and the optimized coupling coordination degree are calculated based on the coefficient of variation method. The study concludes that the largest factor affecting financial agglomeration is the financial scale with a weight of 0.424, and that the largest factor affecting ecological efficiency is environmental pollution. The weight is 0.572; the degree of financial agglomeration in Anhui is increasing year by year, and the ecological efficiency fluctuates greatly, but the overall level is at a moderately high level; from 2010 to 2018, the degree of coupling between financial agglomeration and ecological efficiency in Anhui continued to increase, and the level has changed from low to high. The degree of high degree of coupling is constantly increasing, and the level of coupling and coordination has developed from a serious disorder to a high degree of coordination, and the degree of improvement has become more accurate and stable. Finally, some suggestions are made on how to effectively strengthen the coupling relationship between financial agglomeration and ecological efficiency.

**Key words:** financial agglomeration, ecological efficiency, coupling relationship, entropy method, coefficient of variation method, evaluation index system

金融集聚是金融人才、信息、机构汇聚的结果,也是金融高速发展的产物。金融集聚与生态效率密切相关,二者的关系对促进地区经济增长和实现可持续发展目标有重要意义。

金融业的发展是现代经济发展的核心,生态效率提高是经济健康发展的基础,许多学者对此进行了深入的研究与探讨。从金融集聚看,黄丹荔等<sup>[1]</sup>构建了长三角城市群金融集聚的评价体系,发现长三角城市

收稿日期:2020-01-21.

基金项目:国家自然科学基金项目(71934001)、教育部人文社会科学研究项目(19YJCZH069)、安徽省教研项目(2018jyxm1305).

通讯作者:朱家明,副教授,研究方向:应用数学. E-mail: zhujm1973@163.com

群金融业发展不均衡,金融集聚度高的城市对其周边产生辐射作用;刘诗琳<sup>[2]</sup>对区域间金融集聚和区域创新能力进行耦合研究,有助于激发金融行业的创新潜力、调整资源配置;袁华锡等<sup>[3]</sup>采用 SPDM 与 PTR 实证研究金融集聚对绿色发展效率的空间溢出效应,发现空间溢出表现为明显的空间衰减特征.从生态效率上看,任小静等<sup>[4]</sup>采用空间计量模型从 3 种角度探讨环境规制如何作用于省际生态效率,研究得出生态效率区域差异及集聚特征显著,命令型、市场型、自愿型规制工具作用各异;何念鹏等<sup>[5]</sup>提出了“理想参照系”的概念体系,满足了新时期区域或国家生态系统质量快速评估的需求;刘莎莎<sup>[6]</sup>以西北五省区为样本,研究了金融集聚、经济发展对生态效率的空间溢出效应.

从已有文献可知,大多数学者是从金融集聚或生态效率角度来单独进行分析,结合二者特点研究相关关系与耦合程度的文献较少.安徽省紧邻长三角地区,经济发展得天独厚<sup>[7]</sup>,且生态源较为核心<sup>[8]</sup>.本文以安徽省为研究对象,对金融集聚与生态效率进行评价分析,研究两者的耦合度,以期促进两者的协调发展.

## 1 金融集聚与生态效率评价指标体系的构建

### 1.1 指标选取

由于金融集聚与生态效率的影响因素众多,且各自影响因素不同,因而需分别建立评价指标体系.结合安徽省特点与数据的可获得性,以及指标选取的科学性、合理性原则,从规模、效率、环境 3 方面构建金融集聚评价指标体系,从污染、效益、处理 3 方面构建生态效率评价指标体系.

金融集聚的规模以城乡储蓄、保费收入和融资规模来衡量,规模越大,代表金融集聚程度也越大,呈正向效应;效率包括保险密度和存贷两方面,数值越大,代表金融效率越高,促进金融集聚;环境以金融业就业人员数、固定资产投资额和社会消费零售总额来体现,金融环境是金融集聚形成的基础,指标数值越大,越有利于金融集聚形成.生态效率的污染以工业废水、工业废气和城市污水来衡量,污染越大,生态系统被破坏程度也就越大,效率就越低;效益包括 GDP 和工业总产值,效益越大,则有利于提高生态效率;处理体现的是人为改善生态系统的举措,包括处理固体废物、污水以及污染治理,资金投入数值越大,则处理程度就越大,越能改善生态系统,最终提高区域生态效率.

### 1.2 指标体系构建

具体评价指标体系如表 1 所示.

表 1 金融集聚与生态效率评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of financial agglomeration and ecological efficiency

| 目标   | 一级指标 | 二级指标       | 单位  | 目标   | 一级指标 | 二级指标       | 单位               |
|------|------|------------|-----|------|------|------------|------------------|
| 金融集聚 | 规模   | 城乡储蓄       | 亿元  | 生态效率 | 污染   | 工业废水排放总量   | 万 t              |
|      |      | 保费收入       | 亿元  |      |      | 工业废气排放总量   | 亿 m <sup>3</sup> |
|      |      | 社会融资规模     | 亿元  |      |      | 城市污水排放量    | 万 m <sup>3</sup> |
| 金融集聚 | 效率   | 全部保险机构保险密度 | 元/人 | 生态效率 | 效益   | 国内生产总值     | 亿元               |
|      |      | 存贷比        | —   |      |      | 工业总产值      | 亿元               |
| 金融集聚 | 环境   | 就业人员数      | 万人  | 生态效率 | 处理   | 固体废物综合利用率  | %                |
|      |      | 固定资产投资     | 亿元  |      |      | 污染治理投资/GDP | %                |
|      |      | 社会零售总额     | 万元  |      |      | 污水处理率      | %                |

## 2 数据来源与数据处理

### 2.1 数据来源

指标数据来源于《安徽统计年鉴》(2010—2018 年)、《中国环境年鉴》(2010—2018 年)、《中国金融年鉴》(2010—2018 年)、EPS 数据平台等.

### 2.2 数据处理

在建立指标体系的基础上,将指标分为正指标与负指标,为了保证分析结果的准确性,需对两类指标进行标准化处理,其中,式(1)为正指标处理公式,式(2)为负指标处理公式:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}, \quad (1)$$

$$Y_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}, \quad (2)$$

式中,  $x_{ij}$  为指标的原始数据;  $Y_{ij}$  是标准化后的指标值;  $\min(x_{ij})$  为指标中的最小值;  $\max(x_{ij})$  为最大值. 指标数据的处理有助于进一步分析研究.

### 3 基于熵值法对金融集聚与生态效率的评价

#### 3.1 研究思路

权重有利于突出各二级指标对目标层的作用程度, 因此, 为更好地评价金融集聚与生态效率, 需确立各指标权重. 本文利用客观性较强的熵值法<sup>[9-11]</sup>确立 16 个二级指标的权重, 并据此计算出 2010—2018 年安徽金融集聚与生态效率的综合分数, 进行分析评价.

#### 3.2 研究方法

##### 3.2.1 确定指标权重

第  $i$  年份的第  $j$  项指标权重由如下过程计算可得:

$$L_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}, \quad (3)$$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n (L_{ij} * \ln L_{ij}), \quad (4)$$

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}, \quad (5)$$

式中,  $L_{ij}$  为第  $j$  项指标下第  $i$  年所占比重;  $y_{ij}$  为标准化值;  $e_j$  为指标信息熵;  $m$  为年份数;  $n$  为指标数;  $k = 1/(\ln m)$ ;  $w_j$  为权重;  $1 - e_j$  为信息冗余度. 由于标准化后的数据存在 0, 而  $\ln 0$  无意义, 因此直接认定  $e_j = 0$ .

##### 3.2.2 计算综合分数

综合分数由下式计算可得:

$$F_i \text{ or } G_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} * w_j, \quad (6)$$

式中,  $F_i$  为第  $i$  年金融集聚综合分数;  $G_i$  为第  $i$  年生态效率综合分数;  $Y_{ij}$  为标准化值;  $w_j$  为第  $j$  个指标的权重. 综合分数越大, 代表金融集聚程度越高, 生态效率越高, 反之则越低.

#### 3.3 结果分析

根据熵值法公式, 首先计算 2010—2018 年安徽金融集聚与生态效率各指标权重, 结果如表 2 所示.

表 2 权重计算结果

Table 2 Weight calculation results

| 一级指标 | 权重    | 二级指标   | 权重    | 一级指标 | 权重    | 二级指标       | 权重    |
|------|-------|--------|-------|------|-------|------------|-------|
| 金融规模 | 0.424 | 城乡储蓄   | 0.093 | 环境污染 | 0.572 | 工业废水排放量    | 0.314 |
|      |       | 保费收入   | 0.211 |      |       | 工业废气排放量    | 0.127 |
|      |       | 社会融资规模 | 0.120 |      |       | 城市污水排放量    | 0.131 |
| 金融效率 | 0.283 | 保险密度   | 0.205 | 经济效益 | 0.175 | 国内生产总值     | 0.093 |
|      |       | 存贷比    | 0.078 |      |       | 工业总产值      | 0.082 |
| 金融环境 | 0.293 | 就业人员数  | 0.079 | 污染处理 | 0.253 | 固体废物综合利用   | 0.108 |
|      |       | 固定资产投资 | 0.109 |      |       | 污染治理投资/GDP | 0.080 |
|      |       | 社会零售总额 | 0.105 |      |       | 污水处理率      | 0.065 |

从表 2 可知, 影响金融集聚的最大因素是金融规模, 权重为 0.424; 影响生态效率的最大因素是环境污染, 权重为 0.572. 生态效率二级指标中权重最大的是工业废水排放量, 权重为 0.314; 其次为城市污水排放, 权重为 0.131; 污水处理率权重最小, 仅为 0.065. 可见, 污染往往严重影响生态效率, 而人为保护对提高生态效率的作用是微弱的.

由权重计算结果计算金融集聚与生态效率综合分数并排名, 如表 3 所示.

由表 3 可知,安徽金融集聚程度逐年提高,生态效率则有较大波动,但整体处于中等偏上水平. 2010 年金融集聚综合分数仅为 0.029,2018 年金融集聚综合分数则达到 1.000,说明 9 年来金融业发展迅猛. 从生态效率上看,综合分数大于 1 的有 2010 年和 2016 年,其他年份均大于 0.5. 近两年,安徽生态效率有所下降,工业快速发展、城市人口增多等都对生态系统造成了一定的损伤,但由于环境保护等措施得当,对损伤程度有减弱作用. 总体来看,安徽金融集聚发展较好,生态效率也处于较高水平.

表 3 综合分数和排名结果

**Table 3 Comprehensive scores and ranking results**

| 年份       | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 金融集聚综合分数 | 0.029 | 0.091 | 0.147 | 0.223 | 0.340 | 0.434 | 0.656 | 0.879 | 1.000 |
| 排名       | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
| 生态效率综合分数 | 1.287 | 0.516 | 0.655 | 0.772 | 0.705 | 0.684 | 1.152 | 0.877 | 0.848 |
| 排名       | 1     | 9     | 8     | 5     | 6     | 7     | 2     | 3     | 4     |

## 4 金融集聚与生态效率耦合评价研究

### 4.1 研究思路

由上述综合分数结果,根据基变异系数法计算金融集聚和生态效率两者耦合度并进一步优化,计算耦合协调度,以精确反映二者的耦合程度. 由此探讨 2010—2018 年安徽金融集聚和生态效率两者发展的内在关系及发展变化趋势,促进两者从低耦合向高耦合发展,提高整体发展水平.

### 4.2 研究方法

采用变异系数法计算金融集聚与生态效率的耦合度,并考虑两者的综合分数,对耦合度作进一步优化,以此准确描述安徽 2010—2018 年金融集聚与生态效率的耦合发展变化,具体公式为:

$$E = \left[ F_i * G_i / \left( \frac{F_i + G_i}{2} \right)^2 \right]^2, \tag{7}$$

$$T = 0.5 * F_i + 0.5 * G_i, \tag{8}$$

$$Q = \sqrt{E * T}, \tag{9}$$

式中, $E$  为变异系数法计算的初步耦合度结果. 若只采用  $E$  为最终结果,则可能会出现金融集聚与生态效率两者综合分数均较低,而整体耦合度却很高的情况,这与实际情况不符. 因此为避免偶然性情况的发生,引入  $T$  计算两者总体综合分数,由于金融集聚与生态效率对区域发展同等重要,故系数选取 0.5.  $Q$  为优化后的耦合协调度计算结果. 为更好地评价耦合度的大小,参照魏丽莉等的研究成果<sup>[12-14]</sup>,并结合实际研究特征,将数值划分如表 4 所示.

表 4 耦合度和耦合协调度等级划分

**Table 4 Classification of coupling degree and coupling coordination degree**

| 耦合度 $E$    | 耦合程度 | 耦合协调度 $Q$              | 耦合协调程度       |
|------------|------|------------------------|--------------|
| [0.0,0.3)  | 低度耦合 | [0.0,0.2)<br>[0.2,0.3) | 严重失调<br>中度失调 |
| [0.3,0.6)  | 拮抗阶段 | [0.3,0.4)<br>[0.4,0.6) | 轻度失调<br>微小失调 |
| [0.6,0.85) | 磨合阶段 | [0.6,0.7)<br>[0.7,0.8) | 初级协调<br>中级协调 |
| [0.85,1.0) | 高度耦合 | [0.8,0.9)<br>[0.9,1.0) | 良性协调<br>高级协调 |

### 4.3 结果分析

由上述公式计算得出耦合度与耦合协调度,并根据等级划分标准划分等级,如表 5 所示.

表 5 耦合度和耦合协调度计算结果

**Table 5 Calculation results of coupling degree and coupling coordination degree**

| 年份   | 耦合度 $E$ | 等级   | 排名 | 耦合协调度 $Q$ | 等级   | 排名 |
|------|---------|------|----|-----------|------|----|
| 2010 | 0.008   | 低度耦合 | 9  | 0.071     | 严重失调 | 9  |
| 2011 | 0.261   | 低度耦合 | 8  | 0.281     | 中度失调 | 8  |
| 2012 | 0.357   | 拮抗阶段 | 7  | 0.378     | 轻度失调 | 7  |
| 2013 | 0.484   | 拮抗阶段 | 6  | 0.491     | 微小失调 | 6  |
| 2014 | 0.771   | 磨合阶段 | 5  | 0.635     | 初级协调 | 5  |
| 2015 | 0.902   | 高度耦合 | 3  | 0.710     | 中级协调 | 4  |
| 2016 | 0.855   | 高度耦合 | 4  | 0.879     | 良性协调 | 3  |
| 2017 | 1.000   | 高度耦合 | 1  | 0.937     | 高级协调 | 2  |
| 2018 | 0.987   | 高度耦合 | 2  | 0.955     | 高级协调 | 1  |

可以看出,2010—2018年间金融集聚与生态效率的耦合度是不断提高的,等级也由低度耦合向高度耦合发展。2010年和2011年两者处于低度耦合阶段,此时安徽尚未形成规模金融集聚,同时生态系统也遭受一定破坏;2012年和2013年处于拮抗阶段,金融集聚与生态效率相互制约;2014年处于磨合阶段,两者相互适应;2015—2018年均处于高度耦合阶段,此时安徽金融集聚形成规模,生态效率也处于较高水平,两者能较好地协同发展。由于耦合度计算结果较粗糙,等级划分也不细致,因此需采用耦合协调度对两者耦合关系进行精确描述。2010年的耦合协调度为0.071,由原始数据可知,生态效率处于较高水平,但金融业发展较为落后;2010—2016年,耦合协调度逐年增长,2017年和2018年耦合协调度达高级协调阶段,表明这两年安徽省的金融迅猛发展与环境保护措施均对提高两者耦合协调度起到积极作用。而由原始数据可知,这两年生态效率存在下降趋势,而耦合协调度却仍处于上升趋势,说明安徽金融高速发展和金融集聚扩大超过了生态效率降低的影响。若要使二者长期处于高级协调阶段,需在金融发展的同时,加大对生态环境保护的力度,促进金融集聚与生态效率更好地协同发展。

图1所示为耦合度与耦合协调度的发展趋势,可以看出,耦合度与耦合协调度均呈上升趋势。耦合度的总体增长波动较大,2011年和2014年波动最大,这可能是由于生态效率的波动引起的。2010年耦合度几乎为0,2011年耦合度超过0.2,生态效率从大于1.2急剧下降至0.5左右,说明2011年安徽的发展对生态造成了较大的破坏。2012年以后,人们生态保护意识增强,金融集聚迅速发展,耦合度不断提升。2016年生态效率与金融集聚均快速提高,耦合度却处于下降趋势,这表明单用变异系数计算出的耦合度存在不合理性,需进一步优化。耦合协调度整体较为稳定,对金融集聚与生态效率的耦合关系表现也更为准确。2010—2018年间,耦合协调度不断增长,金融集聚与生态效率的协同发展使得耦合协调度有进一步提高的趋势。

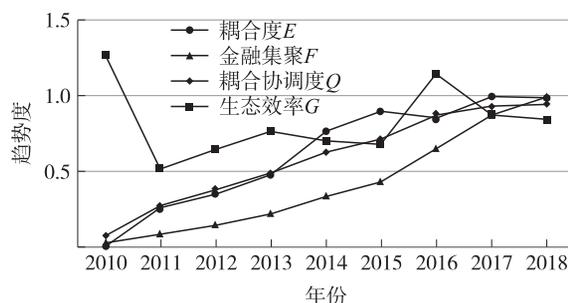


图1 耦合度与耦合协调度趋势图

Fig. 1 Trend diagram of coupling degree and coupling coordination degree

## 5 结论

本文从规模、效率、环境和污染、效益、处理角度分别构建金融集聚与生态效率的评价指标体系,筛选出16个二级指标,利用熵值法计算各指标权重及2010—2018年安徽金融集聚与生态效率的综合分数,分析各影响因素的变化程度,并基于变异系数法计算两者耦合度及优化后的耦合协调度,研究得出以下结论:影响金融集聚的最大因素是金融规模,权重为0.424;影响生态效率的最大因素是环境污染,权重为0.572;安徽金融集聚程度逐年提高,生态效率具有较大波动,但整体处于中等偏上水平;2010—2018年安徽金融集聚与生态效率耦合度不断提高,等级从低度耦合向高度耦合不断提升,耦合协调水平从严重失调向高级协调发展,且提高得更为精确与稳定。

为了有效促进安徽金融集聚与生态效率协同发展,增强两者耦合关系,提出以下建议:优化资源配置,完善金融市场法律法规体系,加强监管,并注重各区域间金融合作,提高金融业发展效率;加强金融人才培养,建立孵化基地,设立优惠政策,引入优秀人才,为金融发展注入新动力;加强环境保护宣传教育,培养公民保护环境意识,减少生态系统人为破坏程度,做好生态系统防护措施,控制生态效率降低程度;促进绿色经济的发展,提高新能源使用的强度与效率,转变产业结构,以第三产业为主发展区域经济,实现金融集聚与生态效率耦合水平的有效提升。

## [参考文献] (References)

- [1] 黄丹荔,吴映. 长三角城市群的金融集聚效应和金融辐射效应研究[J]. 财经问题研究,2019(12):65-72.
- [2] 刘诗琳. 金融集聚与区域创新能力耦合研究[D]. 天津:天津商业大学,2019.
- [3] 袁华锡,刘耀彬,封亦代. 金融集聚如何影响绿色发展效率?——基于时空双固定的SPDM与PTR模型的实证分析[J]. 中国管理科学,2019,27(11):61-75.

- [4] 任小静,屈小娥. 我国区域生态效率与环境规制工具的选择——基于省际面板数据实证分析[J/OL]. 大连理工大学学报(社会科学版),2020,41(1):28-36.
- [5] 何念鹏,徐丽,何洪林. 生态系统质量评估方法的再思考——理想参照系和关键指标[J/OL]. 生态学报,2020(6):1-10.
- [6] 刘莎莎. 西北五省金融集聚、经济发展对生态效率的空间溢出效应研究[D]. 石河子:石河子大学,2019.
- [7] 樊霞飞. 安徽省在长三角一体化战略中的发展机遇与路径选择[J]. 山西经济管理干部学院学报,2019,27(3):68-71,85.
- [8] 宋伟东. 基于生态功能重要性和敏感性的安徽省生态安全格局构建[J]. 阜阳师范学院学报(自然科学版),2019,36(3):103-109.
- [9] 朱家明,胡榴榴,王杨,等. 基于熵值-模糊综合评价法的宜居城市排名研究[J]. 中央民族大学学报(自然科学版),2019,28(3):42-47.
- [10] 唐沛贤,肖建武. 湖南省生态-经济-社会耦合协调演化研究[J]. 金融经济,2019(24):7-9.
- [11] 李国柱,李从欣. 基于熵值法的经济增长与环境关系研究[J]. 统计与决策,2010(24):107-109.
- [12] 魏丽莉,杨颖. 西北地区绿色金融与产业结构耦合协调发展的历史演进——基于新结构经济学的视角[J]. 兰州大学学报(社会科学版),2019,47(5):24-35.
- [13] 彭建刚,徐轩. 农业产业化与普惠金融的耦合关系及协调发展——以湖南省为例[J]. 财经理论与实践,2019,40(5):19-26.
- [14] 庞庆华,李铭珍,李涵. 长江经济带金融集聚、区域创新与生态效率的空间耦合协调发展研究[J]. 工业技术经济,2019,38(2):68-76.

[责任编辑:严海琳]

(上接第 31 页)

(2)本文提出的配电网单相接地故障选线方法适用于 35 kV 及以下中性点经消弧线圈接地系统,利用多个故障特征量构成选线模型,避免了单一判据选线方法的不足,能在复杂工况下准确判断出故障线路,具有一定的实用价值.

#### [参考文献](References)

- [1] 张利. 中性点非有效接地系统单相接地故障定位方法的研究[D]. 北京:华北电力大学,2009.
- [2] 郭清滔,吴田. 小电流接地系统故障选线方法综述[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(2):146-152.
- [3] 唐金锐,尹项根,张哲,等. 配电网故障自动定位技术研究综述[J]. 电力自动化设备,2013,33(5):7-13.
- [4] 刘东,张弘,王建春. 主动配电网技术研究现状综述[J]. 电力工程技术,2017,36(4):2-7,20.
- [5] 孟润泉,米建军. 五次谐波检测原理及其在矿井高压电网单相接地保护中的应用[J]. 工矿自动化,2004(3):10-13.
- [6] 牟龙华. 零序电流有功分量方向接地选线保护原理[J]. 电网技术,1999,23(9):60-62.
- [7] 舒凡娣,谢嘉晟,廖晓娇,等. 结合粒子群算法和穷举法的配电网故障诊断方法[J]. 智慧电力,2019,47(1):94-99.
- [8] 侯隽朗. 基于 BP 神经网络多判据小电流接地系统单相故障选线研究[D]. 太原:山西大学,2018.
- [9] 张海欣. 小电流接地系统单相接地故障多判据融合选线方法研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2019.
- [10] 林中鹏. 基于改进蜂群算法优化神经网络的小电流接地故障选线[D]. 青岛:山东科技大学,2018.
- [11] WEI X X, YANG D C. An adaptive fault line selection method based on wavelet packet comprehensive singular value for small current grounding system [C]//2015 5th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies. Changsha, China:IEEE,2015:1110-1114.
- [12] 杨慧敏,崔江,张卓然,等. 基于改进支持向量机的故障诊断方法[J]. 电工技术学报,2014,29(增刊1):164-169.

[责任编辑:陈 庆]