

# 西南地区科技创新与产业结构升级耦合协调研究

周 伟, 杨丽莎

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年8月30日; 录用日期: 2023年10月12日; 发布日期: 2023年10月24日

## 摘 要

探究科技创新与产业结构升级的耦合协调关系, 对于实现区域高质量协调发展具有重要意义。文章通过构建科技创新与产业结构升级评价指标体系, 基于熵值法、耦合协调度模型分析2009~2021年西南地区科技创新与产业结构升级的协调发展状况。研究发现: 西南地区科技创新与产业结构升级发展水平呈逐年上升趋势, 表现为四川和重庆优势明显, 云南和贵州相对较弱; 重庆、贵州和云南属于科技创新滞后型, 四川为产业结构升级滞后型; 西南地区两系统的耦合协调水平同样呈稳步上升趋势, 2021年, 四川和重庆分别达到优质协调、良好协调阶段, 云南和贵州处于初级协调阶段。

## 关键词

科技创新, 产业结构升级, 耦合协调模型, 西南地区

# Research on the Coupling and Coordination of Scientific and Technological Innovation and Industrial Structure Upgrading in Southwest China

Wei Zhou, Lisha Yang

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 12<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 24<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Exploring the coupling and coordination relationship between scientific and technological innova-

tion and industrial structure upgrading is of great significance for achieving regional high-quality and coordinated development. By constructing the evaluation index system of science and technology innovation and industrial structure upgrading, this paper analyzes the coordinated development of science and technology innovation and industrial structure upgrading in Southwest China from 2009 to 2021 based on entropy method and coupling coordination degree model. The results show that the development level of technological innovation and industrial structure upgrading in southwest China is increasing year by year, and Sichuan and Chongqing have obvious advantages, while Yunnan and Guizhou are relatively weak. Chongqing, Guizhou and Yunnan are lagging in scientific and technological innovation, while Sichuan is lagging in industrial structure upgrading. The coupling coordination level of the two systems in Southwest China also shows a steady upward trend. In 2021, Sichuan and Chongqing will reach the stage of high-quality coordination and good coordination respectively, while Yunnan and Guizhou will be in the primary coordination stage.

## Keywords

Scientific and Technological Innovation, Industrial Structure Upgrading, Coupling Coordination Model, Southwest China

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. 引言及文献综述

当前我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。随着我国经济发展进入新常态,区域创新能力不足、核心竞争力不强、产业结构发展不平衡等问题成为制约我国产业升级与经济社会健康发展的主要瓶颈。以创新驱动产业结构升级,提高经济增长质量的任务迫在眉睫。国家“十四五”规划中明确提出:“要坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位,加快建设科技强国;构建实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的现代产业体系”,以此来推动经济体系的优化升级。因此,厘清区域科技创新与产业结构升级的耦合关系,对促进产业结构优化升级、实现经济高质量发展具有重要的现实意义。

近年来,国内外学者对科技创新与产业结构升级的关系进行了诸多探索,绝大多数学者认为科技创新能够有效的推动产业结构升级[1] [2] [3] [4],并且具有显著的正向空间溢出效应[1] [2],技术创新不仅能促进本地产业结构优化,还有助于邻近地区的合理化发展[3]。而且,不同地区科技创新对产业升级的影响存在着显著差异,相比于中西部地区,科技创新投入对东部地区产业结构优化升级影响更加显著[2]。此外,少部分学者研究发现产业结构的升级调整能够有效带动国家和区域自主创新能力的提升[5],究其本质,是通过促使生产要素由低效率生产的部门向高效率生产部门转移,在这一过程中创新资源的空间重置必然会对技术创新的产出产生影响[6]。还有一些学者认为科技创新是产业结构调整的动力,产业结构调整也会推动科技创新的发展,两者之间存在着良性的互动关系[7]。

此外,国内学者基于耦合理论也从不同角度出发探讨了科技创新与产业升级的互动关系。在理论层面上,任燕认为科技创新与产业结构升级之间存在相互依赖的动态关联关系,两者能够实现良性互动及协调共生的耦合关系主要依赖于需求变动机制、劳动生产率提升机制、产业关联强化机制、技术创新转化机制和政府推动机制这五个方面[8]。在实证研究上,叶堂林等学者运用耦合协调度模型对京津冀地区

的科技创新与产业结构升级之间的关系进行了研究, 结果表明, 京津冀三地两系统的耦合处于不同的发展阶段且具有明显的地域特征, 制约耦合度提升因素有所不同[9]。白福臣等学者进一步丰富研究视野, 从我国 11 个涉海省份的面板数据出发, 研究了海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的时空耦合协调关系, 发现耦合协调类型由轻度失调上升到勉强协调阶段, 耦合协调度在空间上呈现“南部 > 北部 > 东部”的态势[10]。

综上所述, 国内外关于科技创新与产业结构升级的研究成果颇丰, 但尚存在不足: 在研究区域上, 多集中于全国层面或具体省份, 对于区域层面的研究相对较少; 在研究内容上, 探讨科技创新与产业结构升级之间单向影响的文献较多, 基于耦合协调视角分析二者互动关系的研究相对匮乏。鉴于此, 本文基于 2009~2021 年西南地区省域面板数据, 运用熵值法、耦合协调度模型对西南地区科技创新与产业结构升级的综合评价指数, 耦合协调度进行研究, 旨在为促进西南地区科技创新与产业结构升级高效协调发展提供参考。

## 2. 科技创新与产业结构升级的耦合机理

耦合理论源于物理学, 用于反映两个系统或两个以上系统之间相互依赖、相互促进、协调共生的状态。科技创新与产业结构升级两者相互关联、相互促进, 主要在要素层面、需求结构和环境层面上存在耦合协调关系。

首先, 在要素层面上, 科技创新通过聚集大量资金、人才、技术等资源要素, 逐步升级、改造原有的生产工艺流程, 优化资源配置效率, 促进劳动生产率的提升。在此过程中, 由于不同产业之间的关联性不断深化, 促进产业集群形成, 进而催生高技术新兴产业, 实现产业结构的转型升级。与此同时, 由产业结构转型升级而带来的新技术、新产业、高素质人才等将进一步拉动科技创新的发展。

其次, 在需求结构上, 科技创新通过提高生产技术创造出新产品、新工艺, 满足消费者的消费需求, 促进市场新消费理念的形。在此过程中, 生产企业将重新整合资源, 推动生产要素流向生产效率更高的部门或产业, 进而推动产业结构调整升级。面对激烈的市场竞争, 企业为了在新兴产业的竞争中获得比较优势, 会对新产品、新工艺提出更高的创新需求, 促使企业投入更多的技术、资金等要素, 在更深层次上推动科技创新。

最后, 在环境层面上, 科技创新与产业结构升级所处的政策、经济、文化等环境相互协调, 一方面能够推动区域科技创新环境的改善, 另一方面能够促进产业的可持续发展。

## 3. 研究方法、指标构建与数据来源

### 3.1. 研究方法

#### 3.1.1. 熵值法

熵值法是依据各项指标的大小来确定权重的一种客观赋权法, 能够客观真实地反映指标中的隐含信息。具体计算过程如下:

##### (1) 数据标准化处理

由于科技创新和产业结构升级系统各项指标之间存在量纲差异, 为消除数据量纲差异影响, 采用极差标准化法对原始数据进行无量纲化处理:

正向指标计算公式:

$$F_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

负向指标计算公式:

$$F_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式(1)、(2)中:  $F_{ij}$  为标准化后的数值,  $X_{ij}$  代表原始数据中第  $i$  年的第  $j$  项指标,  $X_{\max}$  与  $X_{\min}$  代表第  $j$  项指标的最大值与最小值。

(2) 指标权重确定

第一步: 计算第  $i$  年的第  $j$  项指标的比值  $P_{ij}$ :

$$P_{ij} = F_{ij} / \sum_i^m F_{ij} \quad (3)$$

第二步: 计算信息熵  $e_j$ :

$$e_j = -K \sum_i^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4)$$

式(4)中:  $K = 1/\ln(m)$ ,  $m$  为年份数。

第三步: 计算各指标的权重值  $W_j$ :

$$W_j = (1 - e_j) / \sum_i^n (1 - e_j) \quad (5)$$

(5) 计算综合得分:

$$V_t = \sum_j^m W_j \times F_{ij} \quad (t=1,2) \quad (6)$$

式(6)中:  $V_1$ 、 $V_2$  分别为科技创新系统和产业结构升级系统综合评价指数。

### 3.1.2. 耦合协调度模型构建

借鉴物理学中的耦合协调度模型来探求西南地区科技创新与产业结构升级的耦合协调情况, 具体公式如下:

$$C = 2 \left[ \frac{V_1 \times V_2}{(V_1 + V_2)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$T = \alpha V_1 + \beta V_2 \quad (8)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (9)$$

式(7) (8) (9)中:  $C$  表示两个子系统的耦合度;  $T$  为系统间的综合协调指数,  $\alpha$  与  $\beta$  为待定系数, 本研究认为科技创新和产业结构升级具有同等的重要性, 因此各赋予权重 0.5;  $D$  表示系统的耦合协调度, 取值范围一般为 0 到 1, 数值越大表示两系统之间协调发展情况越好。通过参考苗龙等[11]学者的研究, 确定耦合协调度划分标准, 见表 1 所示。

**Table 1.** Classification standard of coupling coordination degree

**表 1.** 耦合协调度等级划分标准

划分区间	协调等级	耦合协调程度	划分区间	协调等级	耦合协调程度
(0.0~0.1)	1	极度失调	[0.5~0.6)	6	勉强协调
[0.1~0.2)	2	严重失调	[0.6~0.7)	7	初级协调
[0.2~0.3)	3	中度失调	[0.7~0.8)	8	中级协调
[0.3~0.4)	4	轻度失调	[0.8~0.9)	9	良好协调
[0.4~0.5)	5	濒临失调	[0.9~1.0)	10	优质协调

### 3.2. 指标构建

遵循指标选取的科学性、全面性以及可获得性原则, 构建西南地区科技创新与产业结构升级的评价指标体系, 见表 2 所示。在科技创新方面, 主要借鉴陈章喜等[12][13]学者的研究成果, 结合西南地区的实际情况, 从创新环境、创新投入、创新产出 3 个准则层, 共 12 个指标构建了科技创新评价指标体系。在产业结构升级方面, 本文主要参考干春晖等[14][15]等学者的研究成果, 从产业结构高级化、产业结构高效化、产业结构合理化 3 个准则层, 共 6 个指标构建了产业结构升级综合指标体系。其中, 产业结构合理化水平, 本文借鉴干春晖等[14]学者的研究, 使用泰尔指数(TL)来衡量, 计算公式为:

$$TL = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left( \frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) \quad (i=1,2,3) \quad (10)$$

式中: TL 为泰尔指数,  $Y_i$  为第  $i$  产业产值,  $Y$  为地区生产总值,  $L_i$  为第  $i$  产业的就业人数,  $L$  为地区总就业人数。泰尔指数介于 0~1 之间, 越接近于 1, 表明产业结构越不合理, 产业部门间的协调性越差, 反之, 越接近于 0, 则产业结构越合理, 产业部门间的协调性越强。

**Table 2.** Evaluation index system of scientific and technological innovation and industrial structure upgrading

**表 2.** 科技创新与产业结构升级评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标权重	作用方向	
科技创新	创新环境	人均 GDP (元)	0.044	正向	
		高等院校数量(所)	0.051	正向	
		每十万人高等院校平均在校生人数(万人)	0.033	正向	
	创新投入	创新投入	高技术产业企业数量(个)	0.096	正向
			R&D 经费投入强度(%)	0.084	正向
			R&D 人员全时当量(人/年)	0.080	正向
			地方财政科技经费支出(亿元)	0.149	正向
			高技术产业新产品开发支出(万元)	0.122	正向
			专利申请量(项)	0.085	正向
	创新产出	创新产出	专利申请授权量(项)	0.093	正向
			高等院校科研论文数(篇)	0.040	正向
			高技术产业利润总额(亿元)	0.123	正向
产业结构升级	产业结构高级化	第三产业产值/第二产业产值(%)	0.186	正向	
		第三产业产值占比(%)	0.138	正向	
		第三产业就业人数占比(%)	0.180	正向	
	产业结构高效化	产业结构高效化	第二产业人均产值(亿元/万人)	0.148	正向
			第三产业人均产值(亿元/万人)	0.250	正向
			泰尔指数	0.098	负向

### 3.3. 数据来源

本研究相关数据主要来源于 2010~2022 年《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》、西南地区各省市的统计年鉴(因数据缺失问题未包含西藏地区)与国民经济和社会发展统计公报, 对于部分缺失的数值采用线性插值法补充完整。

## 4. 实证结果分析

### 4.1. 西南地区科技创新与产业结构升级综合发展水平分析

#### 4.1.1. 西南地区科技创新综合发展水平分析

2009~2021 年, 西南地区整体的科技创新综合发展指数呈稳步增长态势(见图 1), 由 0.107 上升至

0.495, 增幅为 362.62%, 发展态势良好。从空间上看, 西南地区各省市科技创新发展水平差异较为明显, 其中四川发展水平最高、重庆次之、贵州和云南相对较弱。从时间上看, 四川科技创新综合发展指数增幅最大, 从 2009 年的 0.277 上升到 2021 年 0.976, 增幅为 249.10%。长期以来, 四川省高度重视科技创新发展, 在这一时期, 先后出台了《关于改革完善体制机制大力促进大学生和科技人才创新创业的意见》《四川省“十三五”科技创新规划》等政策文件, 为科技创新发展提供了坚实的政策保障。重庆与西南地区平均发展水平相差不大, 由 2009 年的 0.103 上升至 2021 年的 0.552; 贵州和云南的科技创新发展指数显著低于西南地区的平均水平, 2009 年两省的综合发展指数分别为 0.017 和 0.031, 2021 年两省的综合发展指数仅达到 0.200 和 0.253。

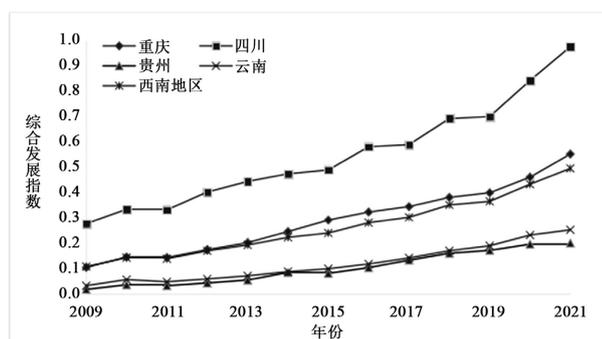


Figure 1. Evolution trend of comprehensive development index of science and technology innovation system  
图 1. 科技创新系统综合发展指数演化趋势

#### 4.1.2. 西南地区产业结构升级综合发展水平分析

西南地区整体的产业结构升级综合发展指数呈波动上升态势(见图 2), 从 2009 年的 0.223 增长到 2021 年的 0.804, 增幅为 260.54%。从城市分异来看, 以 2013 年为时间节点可划分为两个时期: 一是 2009~2013 年, 四省市发展水平相差不大, 综合发展指数在 0.190 与 0.418 之间波动。二是 2013~2021 年, 呈现重庆引领发展的格局, 综合发展指数由 0.418 增加到 0.953, 在这一时期, 重庆市深入推进工业供给侧结构性改革, 促进工业向高质量发展转型, 实现了传统产业的改造升级。而其余省份的产业结构升级综合发展指数呈波动上升态势, 其中四川由 2013 年的 0.251 增加到 2021 年的 0.796; 贵州与云南的产业结构升级发展水平较为接近, 2021 年分别达到 0.730 和 0.735, 略低于西南地区的平均发展水平。此外, 通过对比西南地区各省市科技创新与产业结构升级水平的演变过程不难发现, 四川科技创新发展要领先于产业结构升级水平, 而重庆、贵州和云南三省的科技创新发展均滞后于产业结构升级水平。

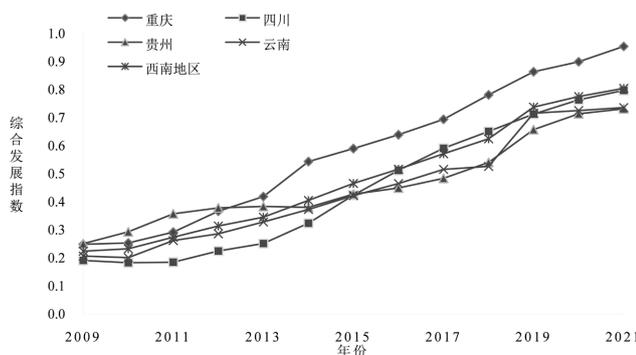


Figure 2. Evolution trend of comprehensive development index of industrial structure upgrading system  
图 2. 产业结构升级系统综合发展指数演化趋势

## 4.2. 西南地区科技创新与产业结构升级耦合协调度分析

在 2009~2021 年之间, 西南地区整体的科技创新与产业结构升级耦合协调度呈稳步上升发展趋势(见表 3), 表明两系统的耦合协调程度在不断的优化。耦合协调度的得分由 2009 年的 0.354 上升到 2021 年的 0.766, 增幅为 116.38%, 耦合协调程度也由轻度失调阶段过渡到中级协调阶段, 但从整体的耦合水平来看, 西南地区距离实现优质协调还有一定距离。从城市分异而言, 西南地区各省市科技创新与产业结构升级耦合协调程度呈现四川 > 重庆 > 云南 > 贵州的格局。具体而言, 四川两系统的耦合程度呈快速上升趋势, 耦合协调度明显高于西南地区的平均水平, 由 2009 年的 0.479 上升至 2021 年的 0.939, 实现从濒临失调到优质协调的转变; 重庆两系统的耦合协调度也明显高于西南地区的平均水平, 略低于四川, 2009~2011 年处于失调状态, 2012 年进入勉强协调阶段, 到 2021 年转变为良好协调; 而贵州和云南两系统耦合协调发展情况相似, 明显低于西南地区的平均水平, 2009~2016 年一直处于失调状态, 2017 年同时进入勉强协调阶段, 2020、2021 年相继进入初级协调阶段。

**Table 3.** Degree of coupling coordination between scientific and technological innovation and industrial structure upgrading in Southwest China

**表 3.** 西南地区科技创新与产业结构升级耦合协调度

年份	重庆		四川		贵州		云南		西南地区	
	D 值	耦合协调程度								
2009	0.400	轻度失调	0.479	濒临失调	0.255	中度失调	0.283	中度失调	0.354	轻度失调
2010	0.438	濒临失调	0.496	濒临失调	0.319	轻度失调	0.325	轻度失调	0.395	轻度失调
2011	0.452	濒临失调	0.497	濒临失调	0.326	轻度失调	0.333	轻度失调	0.402	濒临失调
2012	0.502	勉强协调	0.548	勉强协调	0.355	轻度失调	0.359	轻度失调	0.441	濒临失调
2013	0.539	勉强协调	0.577	勉强协调	0.379	轻度失调	0.390	轻度失调	0.471	濒临失调
2014	0.604	初级协调	0.625	初级协调	0.422	濒临失调	0.424	濒临失调	0.519	勉强协调
2015	0.643	初级协调	0.674	初级协调	0.430	濒临失调	0.451	濒临失调	0.550	勉强协调
2016	0.673	初级协调	0.738	中级协调	0.463	濒临失调	0.483	濒临失调	0.589	勉强协调
2017	0.699	初级协调	0.768	中级协调	0.503	勉强协调	0.519	勉强协调	0.622	初级协调
2018	0.738	中级协调	0.819	良好协调	0.542	勉强协调	0.547	勉强协调	0.662	初级协调
2019	0.766	中级协调	0.840	良好协调	0.579	勉强协调	0.607	初级协调	0.698	初级协调
2020	0.802	良好协调	0.895	良好协调	0.611	初级协调	0.640	初级协调	0.737	中级协调
2021	0.852	良好协调	0.939	优质协调	0.618	初级协调	0.656	初级协调	0.766	中级协调

## 5. 结论及建议

### 5.1. 主要结论

本文基于 2009~2021 年我国西南地区面板数据, 实证分析科技创新与产业结构升级发展的整体水平和耦合协调程度, 得出如下结论: (1) 从综合发展水平来看, 西南地区科技创新与产业结构升级综合发展水平呈逐年上升趋势。在科技创新发展方面, 表现为四川优势明显, 重庆次之, 云南和贵州的相对较弱; 在产业结构升级水平方面, 2009~2013 年四省市发展水平相差不大, 2013~2021 年呈现重庆引领发展的格局。(2) 从两系统的对比情况来看, 四川省科技创新发展要领先于产业结构升级水平, 而重庆、贵州和云南三省市科技创新发展均滞后于产业结构升级水平。(3) 从耦合协调度的分析来看, 2009~2021 年西南地区科技创新与产业结构升级耦合协调度呈稳步上升趋势。其中, 四川由濒临失调型发展成优质协调型, 处于协调发展最好水平; 重庆由轻度失调型发展成良好协调型; 贵州和云南均从中度失调发展成初级协调型。

## 5.2. 相关建议

基于上述结论, 提出促进西南地区科技创新与产业结构升级协同发展的相关建议。第一, 西南地区各省市应充分依托自身资源禀赋与发展基础, 发展当地优势特色产业, 加快构建现代化产业体系, 推动产业结构优化升级。第二, 贵州和云南要深入实施创新驱动发展战略, 加强对科技创新的政策倾斜与扶持力度, 不断优化科技创新环境, 提升科技创新能力。第三, 政府部门要做好顶层规划设计, 制定科学合理的区域性政策, 加快构建区域创新合作与交流平台, 促进资金、人才和技术等要素资源在区域内的畅通流动与高效配置。

## 基金项目

国家社会科学基金一般项目“多重排斥与西部特困地区包容性发展机制生成研究”(编号: 18BGL222)。

## 参考文献

- [1] 汪发元, 张东晴, 吴雨涵. 科技创新、金融发展与产业结构升级——基于安徽省的实证[J]. 统计与决策, 2023, 39(3): 159-163.
- [2] 姜帅, 龙静. 科技创新促进地区产业结构优化升级了吗? [J]. 中国矿业大学学报(社会科学版), 2022, 24(5): 167-180.
- [3] 江三良, 纪苗. 技术创新影响产业结构的空间传导路径分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(13): 15-23.
- [4] Acemoglu, D., Akcigit, U., Bloom, N., et al. (2013) Innovation, Reallocation and Growth. *PIER Working Paper Archive*, 23, 56-59. <https://doi.org/10.3386/w18993>
- [5] 吴丰华, 刘瑞明. 产业升级与自主创新能力构建——基于中国省际面板数据的实证研究[J]. 中国工业经济, 2013(5): 57-69.
- [6] 赵庆. 产业结构优化升级能否促进技术创新效率? [J]. 科学学研究, 2018, 36(2): 239-248.
- [7] 王慧艳, 李新运, 徐银良, 等. 科技创新与产业升级互动关系研究——基于双向贡献率的测算[J]. 统计与信息论坛, 2019, 34(11): 75-81.
- [8] 任燕. 科技创新与产业升级的耦合机制研究[J]. 全国流通经济, 2017(12): 63-64.
- [9] 叶堂林, 毛若冲. 京津冀科技创新与产业结构升级耦合[J]. 首都经济贸易大学学报, 2019, 21(6): 68-79.
- [10] 白福臣, 高鹏. 海洋科技创新与海洋产业结构升级水平的时空耦合协调关系研究[J/OL]. 生态经济: 1-21. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1193.F.20220826.1547.002.html>, 2023-08-20.
- [11] 苗龙, 文炳勋, 文倩雅. 中国地方财政教育投入与经济发展水平的时空耦合协调关系研究[J]. 经济地理, 2021, 41(12): 149-157.
- [12] 陈章喜, 颀孙冠华. 粤港澳大湾区科技创新与经济高质量发展耦合协调研究[J]. 云南社会科学, 2021(4): 92-100.
- [13] 陈玉玲, 路丽, 赵建玲. 区域创新要素协同发展水平测度及协同机制构建——以京津冀地区为例[J]. 工业技术经济, 2021, 40(4): 129-133.
- [14] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011, 46(5): 4-16+31.
- [15] 郭彬, 张笑. 金融集聚与产业结构升级耦合协调性研究[J]. 管理现代化, 2018, 38(5): 31-34.