

# 时空演化视角下我国西部地区 人口—资源—环境—经济协调发展研究

蔡绍洪<sup>1, 2</sup> 谷城<sup>1</sup> 张再杰<sup>21</sup>

(1. 贵州财经大学 经济学院, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州财经大学 贵州绿色发展战略高端智库, 贵州 贵阳 550025)

**【摘要】:** 通过构建西部地区人口—资源—环境—经济四系统评价指标体系, 基于熵权法、耦合协调度模型测算 2009—2019 年我国西部地区子系统发展指数及系统耦合协调度, 借助探索性空间数据分析模型与 ArcGIS 软件从时间和空间两个维度探讨协调度情况。研究发现: 我国西部地区人口、环境与经济发展指数稳定提升, 资源发展指数有较大波动。耦合协调水平不断优化, 从 2009 年部分地区濒临失调衰退, 到 2019 年多数地区达到初级与中级耦合协调水平, 经济发展水平滞后于其他子系统发展是制约其协调度提升的主要因素。全局 Moran' s I 体现出西部地区耦合协调度存在正向的空间相关性, 具有“俱乐部趋同”特征, 高一高集聚主要位于陕西、四川与云南一带, 低—低集聚位于甘肃、宁夏、新疆和青海地区。基于上述结论, 提出相应的对策建议。

**【关键词】:** 耦合协调度 人口—资源—环境—经济 熵权法 ESDA 西部地区

**【中图分类号】:** X196; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)02-168-08

进入新时代后, 发展条件的深刻变化伴随着新的机遇和挑战。新型城镇化是我国迈向高质量发展的重要环节<sup>[1]</sup>。区域人口、资源、环境与经济作为城镇化的重要因素, 在政府和市场的调节作用下重新配置, 加快了新型城镇化的进程。人口作为社会生产生活的主体, 在消耗资源的同时, 也通过自身掌握的科学技术, 汇聚劳动力发展经济。但是, 人口过多将导致人均资源占有量减少, 物质财富消耗过大, 影响到生态环境, 继而制约经济发展。资源为社会经济发展提供了物质基础, 而技术进步可以提高资源的利用效率, 彼此之间相互影响。西部地区因其独特的地质构造、气候条件及地理位置, 成为我国重要的资源储备区和生态屏障, 为中部、东部地区提供原材料和能源, 同时也承接了其他地区的产业转移。西部大开发战略实施以来, 西部经济发展取得了显著成就, 是我国近几年经济增长最迅速的区域板块, 但其生态环境脆弱、自然条件恶劣、资源开发依赖性强, 环境问题的涉外性、内部性显著。人口—资源—环境—经济系统(下文简称 PSEE 系统)的协调发展, 不仅影响到新型城镇化建设<sup>[2]</sup>, 也是新型城镇化背景下经济发展研究的热点和难点问题之一。当前, 我国西部地区 PSEE 系统的综合发展水平如何?彼此之间的关系如何?时空演化视角下四者耦合协调水平如何变化?本文围绕以上问题展开研究, 期望为促进四者之间协调发展提供参考价值。

国内外学者关于人口、资源、环境、经济之间的关系研究已有较大建树。从经济与生态环境的关系来看, Grossman & Krueger<sup>[3]</sup>提出了环境库兹涅茨曲线(EKC); Panayotou<sup>[4]</sup>验证了环境污染与收入水平之间的倒“U”型关系; 李鹏涛<sup>[5]</sup>、夏勇和钟茂初<sup>[6]</sup>分别

**作者简介:** 蔡绍洪, 博士, 教授, 研究方向为生态经济、产业经济。E-mail: shc@gzu.edu.cn

**基金项目:** 国家社会科学基金西部项目“绿色发展视域下构建解决民族地区农村相对贫困的长效机制研究”(20XMZ079); 贵州省哲学社会科学规划重大课题“贵州国家生态文明试验区建设与经济高质量发展双向驱动融合路径研究”(21GZZB22)

对我国省级和市级层面的 EKC 曲线进行了实证检验；任祁荣和于恩逸<sup>[7]</sup>、刘波等<sup>[8]</sup>分别对甘肃省和海洋经济与生态环境的耦合协调水平进行了测算，都得出了耦合协调发展水平处于稳步上升趋势。就人口与经济的关系而言，马尔萨斯认为人口增长不利于人均收入增加，但发达国家的发展经验否定了马尔萨斯的理论。Matteo & Uwe<sup>[9]</sup>、d' Albis 等<sup>[10]</sup>分析了众多因素导致的人口变化与经济增长之间的关系；王金营和刘艳华<sup>[11]</sup>提出人口回旋空间的概念和理论框架，并指出未来中国人口负增长情况下经济发展的新路径；宋书杰和陆旸<sup>[12]</sup>总结了我国人口与宏观经济发展的演进历程，归纳出学者研究的重点逐渐从人口总量转移至人口结构和人口红利；睢党臣等<sup>[13]</sup>、史桂芬等<sup>[14]</sup>分别就人口结构转变、人口红利和人口流动对经济增长的影响进行了测度。关于多系统发展关系的研究，童玉芬和刘长安<sup>[15]</sup>测算了北京市人口、经济和环境之间的耦合协调水平，结果表明：系统间协调度指数逐年提升，但整体水平仍然不高；段永惠等<sup>[16]</sup>测算了 2004—2014 年山西省人口、资源环境与经济协调发展水平，结果显示：系统协调度整体水平较低，并且稳定性差，资源环境发展相对滞后；刘承良等<sup>[17]</sup>建立了武汉都市圈社会经济、资源、环境系统评价指标体系，对耦合协调的时空结构进行了分析，结果表明：系统协调度指数剧烈波动，但整体上呈现上升趋势，空间聚集性明显；刘建华等<sup>[18]</sup>测算了黄河下游人口、资源、环境与经济和谐发展水平，结果表明：黄河下游各城市和谐发展水平具有空间相关性，高水平集聚区的空间分布主要以郑州和济南为中心。

综上所述，现有文献对本文有着极其重要的参考价值，但仍存在需深入研究的问题：第一，当前比较侧重于经济与环境协调、经济与人口协调的分领域研究，三系统耦合协调研究也不多见，缺乏人口—资源—环境—经济四系统耦合作用的实证研究，特别鲜有基于时空视阈下探究四系统的耦合协调演化规律。第二，国内的研究多集中于国家、某一省份或城市圈范围，而西部地区作为我国三大板块之一，其战略地位尤为重要，因此对于西部地区四系统协调研究的重要性不言而喻。鉴于此，本文以西部地区 11 个省份（因西藏地区数据部分缺失，本文暂不研究）为研究对象，建立 PSEE 系统指标评价体系，通过熵权法、耦合协调度、探索性空间数据分析（ESDA）等模型对西部地区 2009—2019 年四大子系统综合发展水平、耦合协调水平及空间分异特征展开研究，以期西部地区新型城镇化和系统协调发展提供理论借鉴和决策参考。

# 1 机理分析、指标体系、研究方法

## 1.1 PSEE 系统耦合协调机理分析

耦合协调发展被理解为“耦合”“协调”与“发展”三者之间的结合体，是系统与要素之间配置合理，由无序到有序、由低级协调状态到高级协调状态的演化过程<sup>[19]</sup>。

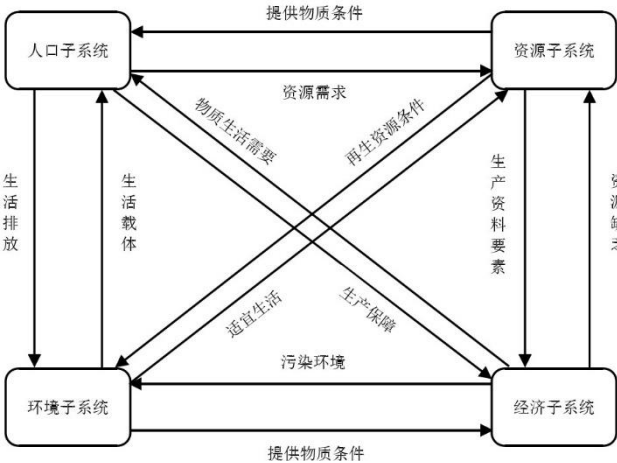


图 1 人口—资源—环境—经济协调机制流程

人口、资源、环境与经济相互作用关系表现为：人口子系统包括人口数量和人口质量，为经济发展提供了劳动力，是社会生产活动的主体，对资源与生态环境有着依赖性。资源子系统(本文指自然资源)为经济发展提供原材料和能源，但无休止地开采资源，对生态环境的负面影响是巨大的，可通过研发可再生资源 and 有序开采提高资源存量。环境子系统是人类生存的载体，环境与经济发展之间存在着冲突与协调的关系，一方面人们错误的开采方式改变了环境的状态和构成，工厂废物排放的处理不当对生态环境造成了严重破坏；另一方面人们积极发布政策、措施，挽救生态环境。经济子系统包括人们物质生活资料的生产、流转和分配，主要包括农业、工业和服务业等，通过科技创新能够提高生产过程中的资源利用效率，减少对于环境的损害。虽然经济系统能够满足人类的物质文化生活需要，但消费后的商品没有消失，而是转换成其他形式的物质和能量，包括对环境产生污染的垃圾。综上，PSEE 系统内部并不是相互独立的，其系统之间反馈机制流程如图 1 所示。

## 1.2 指标体系构建

指标选取的合理性和科学性将直接影响研究结果的准确性，参照已有相关研究成果<sup>[20,21,22,23]</sup>，构建 PSEE 系统耦合协调评价指标体系(表 1)。本文研究年限为 2009—2019 年，相关所需原始数据来自各省份统计年鉴、生态环境公报、《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国环境年鉴》，对于个别缺失数据利用线性插补计算。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 综合发展评价模型

(1) 标准化处理。

考虑到不同指标之间量纲不同，无法直接进行比较，因此，对指标原始数据标准化处理，将所有数据按照指标划分为初始矩阵  $X=(x_{ij})_m$ ， $i=1,2,\dots,m$ ， $m$  代表研究区个数； $j=1,2,\dots,n$ ， $n$  代表指标个数。正向指标与负向指标无量纲公式见公式(1)和(2)，标准化后的指标数据区间为  $[0,1]$ ，为消除去量纲后数据为 0 对熵权法对数取值的影响，本文对取 0 数据加上 0.05。

$$\text{正向指标: } x_{ij}^0 = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } x_{ij}^0 = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

(2) 指标权重确定。

首先计算各项评价指标的信息熵  $E_j$ ，即：

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

$$K = \frac{1}{\ln m}, P_{ij} = \frac{x_{ij}^0}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^0}$$

其中，

熵权  $W_j$  的计算公式为:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^n (1 - E_j)} \tag{4}$$

(3) 系统综合水平测算。

表 1 西部地区 PSEE 系统耦合协调评价指标体系

| 系统层             | 测量维度 | 评价指标                | 指标熵权   |
|-----------------|------|---------------------|--------|
| 人口子系统 ( $U_1$ ) | 人口规模 | 年末人口总量/万人           | 0.1500 |
|                 |      | 人口自然增长率/%           | 0.0393 |
|                 |      | 人口密度/(人/平方千米)       | 0.2558 |
|                 | 人口结构 | 人口性别比/%             | 0.0441 |
|                 |      | 第三产业从业人员比重/%        | 0.0756 |
|                 |      | 城镇化率/%              | 0.0528 |
|                 |      | 15~64 岁人口占总人口比重/%   | 0.0640 |
|                 | 人口质量 | 平均受教育年限/年           | 0.0446 |
|                 |      | 万人医生数/人             | 0.0879 |
|                 |      | 每万人在校大学生人数/人        | 0.1081 |
|                 |      | 恩格尔系数/%             | 0.0778 |
| 资源子系统 ( $U_2$ ) | 资源条件 | 人均水资源量/(立方米/人)      | 0.2875 |
|                 |      | 人均耕地面积/公顷           | 0.2134 |
|                 |      | 森林覆盖率/%             | 0.2004 |
|                 | 资源利用 | 单位 GDP 水耗/(立方米/万元)  | 0.0149 |
|                 |      | 单位 GDP 能耗/(吨标准煤/万元) | 0.0371 |
|                 |      | 单位工业增加值能耗/(吨标准煤/万元) | 0.0562 |
|                 | 资源质量 | 能源生产弹性系数            | 0.0197 |
|                 |      | 电力生产弹性系数            | 0.0609 |
|                 |      | 亩均粮食产量/(吨/公顷)       | 0.1101 |
| 环境子系统 ( $U_3$ ) | 环境质量 | 建成区绿化覆盖率/%          | 0.0914 |

|               |                         |                           |            |
|---------------|-------------------------|---------------------------|------------|
|               |                         | 人均公园绿地面积/(平方米/人)          | 0.1231     |
|               |                         | 单位耕地面积化肥施用量/(吨/公顷)        | 0.1308     |
|               | 环境污染                    | 工业 SO <sub>2</sub> 排放量/万吨 | 0.1122     |
|               |                         | 工业废水排放量/万吨                | 0.0284     |
|               |                         | 工业固体废物产生量/万吨              | 0.0678     |
|               | 环境治理                    | 工业固体废物综合利用率/%             | 0.1259     |
|               |                         | 生活垃圾无害化处理率/%              | 0.0473     |
|               |                         | 环境污染治理投资占 GDP 比重/%        | 0.2271     |
|               |                         | 城市污水处理率/%                 | 0.0459     |
|               | 经济子系统 (U <sub>4</sub> ) | 经济水平                      | 人均 GDP/元/人 |
| 人均固定资产投资/元/人  |                         |                           | 0.0940     |
| 社会消费品零售总额/亿元  |                         |                           | 0.1988     |
| 地方财政一般预算收入/亿元 |                         |                           | 0.1193     |
| 经济结构          |                         | 第一产业比重/%                  | 0.0705     |
|               |                         | 第二产业比重/%                  | 0.0362     |
|               |                         | 第三产业比重/%                  | 0.0398     |
| 对外贸易          |                         | 对外贸易依存度/%                 | 0.1085     |
|               |                         | 外商直接投资合同金额/万美元            | 0.2454     |

人口、资源、环境与经济子系统综合发展指数计算公式为：

$$f(U_i)=\sum_{j=1}^nW_jx_{ij}^0$$

(5)

1. 3. 2 耦合协调度模型

耦合度模型在社会科学领域被广泛应用，但对于模型的应用存在大量的误解和误用现象，本文借鉴姜磊等<sup>[24]</sup>的研究成果，选取耦合度 (C) 和耦合协调度 (D) 模型分别为：

$$C = \sqrt[4]{\frac{f(U_1) \times f(U_2) \times f(U_3) \times f(U_4)}{\left(\frac{f(U_1) + f(U_2) + f(U_3) + f(U_4)}{4}\right)^4}} \quad (6)$$

$$D = \sqrt{C \times T}; T = \alpha \times f(U_1) + \beta \times f(U_2) + \gamma \times f(U_3) + \delta \times f(U_4) \quad (7)$$

式中：C 为 PSEE 系统耦合度协调度指数，T 为 PSEE 系统综合协调指数， $T \in [0, 1]$ 。本文认为人口、资源、环境与经济子系统重要程度相同，因此待定系数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$  取值均为 1/4。参照相关研究<sup>[25, 26]</sup>，对 PSEE 系统耦合协调等级进行划分，见表 2。

表 2 西部地区 PSEE 系统耦合协调等级评价标准

| 所处阶段 | 耦合协调度        | 协调水平   |
|------|--------------|--------|
| 失调衰退 | (0, 0.10]    | 极度失调衰退 |
|      | (0.10, 0.20] | 严重失调衰退 |
|      | (0.20, 0.30] | 中度失调衰退 |
|      | (0.30, 0.40] | 轻度失调衰退 |
| 过渡调适 | (0.40, 0.50] | 濒临失调衰退 |
|      | (0.50, 0.60] | 勉强耦合协调 |
|      | (0.60, 0.70] | 初级耦合协调 |
| 协调发展 | (0.70, 0.80] | 中级耦合协调 |
|      | (0.80, 0.90] | 良好耦合协调 |
|      | (0.90, 1.00] | 优质耦合协调 |

### 1.3.3 探索性空间数据分析模型

探索性空间数据分析模型可以判断出 PSEE 系统耦合协调的空间分布特征，主要包括全局莫兰指数(Global Moran' sI)和局部莫兰指数(Local Moran' sI)，全局莫兰指数取值范围为 $[-1, 1]$ ，若其大于 0 代表正相关，表现为不同省份的耦合协调度在空间上具有依赖性；小于 0 表示负相关，表现为相异属性值聚集在一起；局部莫兰指数为正说明某地区的高值或低值(耦合协调度)被周围的高值或低值所包围，局部莫兰指数为负说明某地区的低值或高值被周围的高值或低值所包围。相关公式如下：

$$\text{Global Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (D_i - D)(D_j - D)}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij}} \quad (8)$$

$$\text{Local Moran's } I = \frac{(D_i - D)}{S^2} \sum_{j=1}^m W_{ij} (D_j - D) \quad (9)$$

式中： $S^2$ 表示得分方差。 $W_{ij}$ 表示空间权重，当地区*i*与地区*j*相邻时， $W_{ij}=1$ ；若地区*i*与地区*j*不相邻， $W_{ij}=0$ 。 $D_i$ 与 $D_j$ 为空间区域单元*i*与*j*的属性值， $D$ 表示属性值均值。

## 2 实证结果分析

### 2.1 西部地区人口—资源—环境—经济综合发展的时空特征

利用综合评价模型测算西部地区 PSEE 系统内各子系统综合发展指数，从图 2 可知，环境发展指数相对较高，由 2009 年的 0.43 上升至 2019 年的 0.59，年均增长率为 3.2%，在 2017 年首次出现下降，未来仍有上升趋势。人口发展指数紧随其后，研究时限内可以分为急剧上升—平稳过渡两个阶段，2009 年、2019 年人口发展指数分别为 0.33、0.53，年均增长率为 4.8%，在 2018—2019 年内的增速高于年均增长率，略微呈现“翘尾”趋势。资源发展指数上下波动明显，整体增长水平较低，从 2009 年的 0.33 提升至 2019 年的 0.39，在 2011 年、2015—2016 年、2019 年均出现了下降的现象，侧面反映了西部地区对于资源利用不够科学，资源发展质量仍有待提高。经济发展指数在四大系统中处于较低水平，但其增速最快，从 2009 年的 0.15 到提升至 2019 年的 0.37，增长了 0.22，年均增长率为 9.1%，2009—2010 年增速较慢，此阶段为国际金融危机冲击后的恢复期，引致实际利用外资与对外开放程度受到影响。经济发展指数的逐步增长，体现出了西部大开发战略的意义，促使西部地区经济保持平稳较快发展，经济实力大幅提升。

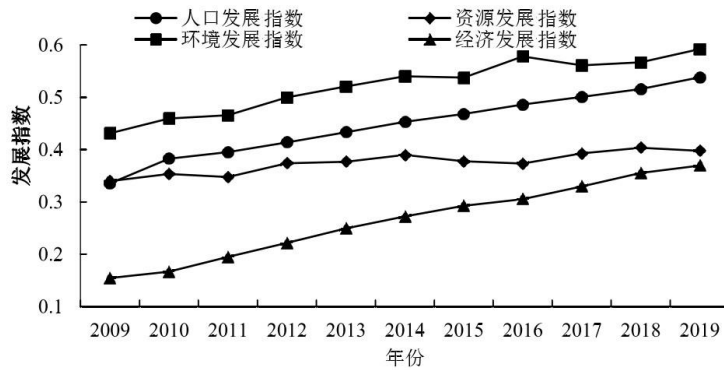


图 2 2009—2019 年西部地区人口、资源、环境、经济综合发展指数变化情况

从 2009—2019 年西部地区分省份人口子系统综合发展水平来看(图 3a)，重庆处于“一枝独秀”的局面，陕西和四川紧随其后。在研究时限内，西部地区各省份人口发展指数排名没有发生变化，2009—2014 年，人口发展指数年均增长率最快的依次是青海、贵州和云南，而重庆和陕西则增长缓慢。2014—2019 年，人口发展指数年均增长率最快的依次是云南和贵州，内蒙古与重庆增速较慢，两段时期内各省份人口发展指数年均增长率均呈现不同程度下滑，内蒙古与甘肃年均增长率下降幅度较大，分别下降了 5%与 4.4%。2019 年，重庆人口发展指数仍然保持着绝对优势，但与其他地区之间的差距正在逐渐缩小，贵州与广西、内

蒙古的人口发展指数正逐步接近。

2009—2019 年, 各省份资源发展指数之间差距明显(图 3b), 整体上以云南、青海、四川为第一梯队, 广西、贵州、内蒙古、陕西为第二梯队, 重庆、甘肃、新疆、宁夏为第三梯队形式发展。2009—2014 年, 内蒙古资源发展指数增长最为迅速, 从 0.35 增长到了 0.47, 年均增长率为 6.5%; 其次是甘肃、广西与云南, 分别增长了 0.07、0.10 与 0.11, 在此期间, 新疆与青海资源发展指数略有下降。2014—2019 年, 重庆、广西、四川与云南资源发展指数均有所下降, 四川下降幅度最小。而青海资源发展指数增幅最大, 从 2014 年的 0.44 增长到了 2019 年的 0.52, 在 2019 年, 青海资源发展指数超过云南, 内蒙古紧随其后, 各省份之间的差距也在逐步缩小。

由图 3c 可知, 西部地区各省份环境发展指数整体水平不断提升, 但各省份之间仍有显著差异。2009 年, 重庆环境发展指数最高, 达到了 0.62, 其他省份之间差距较小, 差异维持在 0.2 以内。截至 2014 年, 内蒙古环境发展指数从 0.39 提升到 0.65, 与重庆仅相差 0.02。此外, 甘肃、贵州、新疆的环境发展指数也提升迅速, 分别增加了 0.15、0.14、0.16, 而云南环境发展指数则略微下降。2019 年, 环境发展指数差异性开始显现, 以重庆、内蒙古为首, 贵州紧随其后, 体现出不同省份对环境治理的重视程度和强度有所差异。

由图 3d 可知, 2009—2019 年西部各省份经济发展指数呈现上升态势, 2009 年各省份间差异性较小, 但整体处于较低水平。至 2014 年, 重庆经济发展指数突飞猛进, 从 0.17 增长至 0.41, 四川其次, 从 0.19 增长至 0.38, 其他地区经济发展指数仍维持较低差异。2019 年, 四川经济发展指数超越重庆达到 0.58, 甘肃、内蒙古、宁夏、新疆增长较为缓慢, 年平均增长率持续走低, 而贵州、广西、云南则处于稳定增长阶段, 但区域之间的差异性逐渐增大。

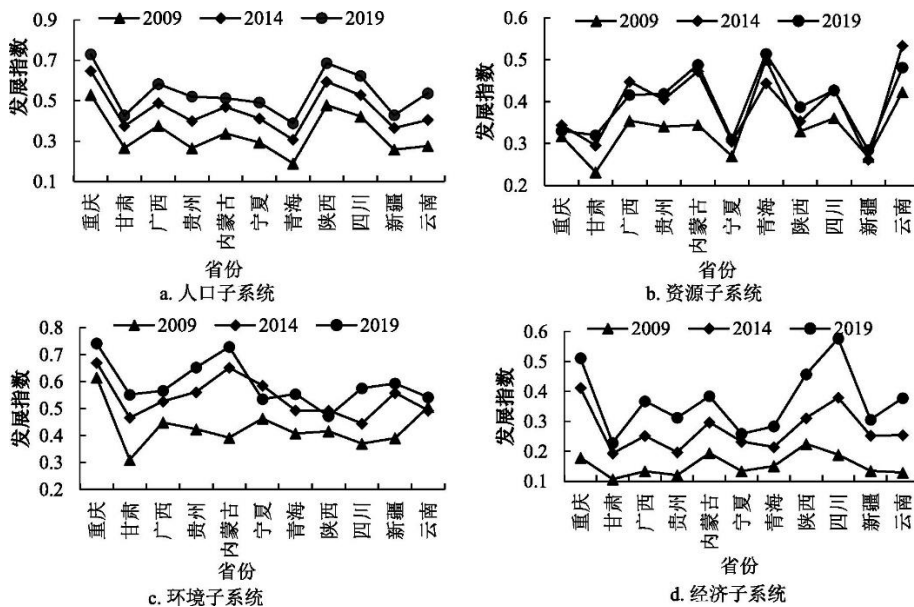


图 3 西部地区分省份人口、资源、环境、经济综合发展水平

## 2.2 西部地区人口—资源—环境—经济耦合协调发展的时空特征

运用耦合度及耦合协调度模型测算 2009—2019 年西部地区 PSEE 系统耦合协调水平, 根据上文给出的判定条件, 对其结果进行分析。由表 3 可以看出, 2009 年, 西部地区 PSEE 系统耦合协调水平所处阶段为过渡调适, 表明各地区四系统之间相互作用明显。耦合协调度最高的为重庆, 达到 0.607, 重庆作为六大老工业基地之一, 工业结构逐渐向高端化、集群化发展, 生产性与



生活性服务业发展迅速，是其耦合协调度较高的重要原因之一。甘肃与新疆耦合协调度分别为 0.461 与 0.496，协调水平处于濒临失调衰退状态，两地经济发展与其他地区相比较为落后，农业与工业产业比重较大，资源、环境保护意识欠缺，导致耦合协调度较低。其他地区均处于勉强耦合协调状态，对比各地区子系统综合发展情况，多数地区 2009 年经济发展水平滞后于其他子系统发展水平。

至 2014 年，西部地区各省份耦合协调度均有所提升，重庆率先突破 0.700 大关，达到中级耦合协调状态。除甘肃、青海、新疆为勉强耦合协调外，其他地区均达到初级耦合协调状态。甘肃耦合协调度较低，主要由于其脆弱的生态条件和落后的基础设施建设制约了经济发展，从而致使自身协调度水平增速缓慢。青海因人口发展指数滞后导致其耦合协调度较低，地广人稀的人口特征对青海发展有一定的抑制作用。新疆地区土地面积广阔，区内人口与经济集聚性差异较大，科创人才和经济主导产业主要集中在乌鲁木齐市与克拉玛依市，两市在区内经济增长极作用并不显著，经济基础薄弱间接导致了协调度较低。耦合协调度增长幅度最大的为内蒙古，通过不断提高外贸开放程度、融入“一带一路”经济带，内蒙古经济得到了跨越式发展，未来仍然需要依托与沈阳经济区、哈长城市群的合作基础，在保护好生态环境的前提下，发展现代经济。

至 2019 年，西部地区 PSEE 系统耦合协调度提升显著。其中，重庆、内蒙古、陕西、四川实现了中级耦合协调，从发展趋势来看，四川与重庆即将达到良好耦合协调状态。在研究时限内，以重庆为增长极，显著地带动了周边地区耦合协调水平的提升，如四川、陕西、贵州的快速发展。但值得注意的是，重庆与四川已经脱离单纯追求经济增长的发展模式，随着教育质量的不断提高，以及产业生态化的逐步推进，两地区支柱产业已转变以高新技术为主的现代化数字产业，而其他部分地区虽然达到协调阶段，但经济水平仍有较大发展空间，对于环境污染的治理、人才培养、新型城镇化建设与重庆和四川仍有一定差距。整体来看，西部地区 PSEE 系统耦合协调水平呈现出逐年上升的发展态势，由 2009 年的濒临失调衰退到 2019 年的中级耦合协调，实现了系统间的不断优化，多数地区制约其协调度提升的主要因素为经济发展指数滞后。

表 3 西部地区 PSEE 系统耦合协调度及类型

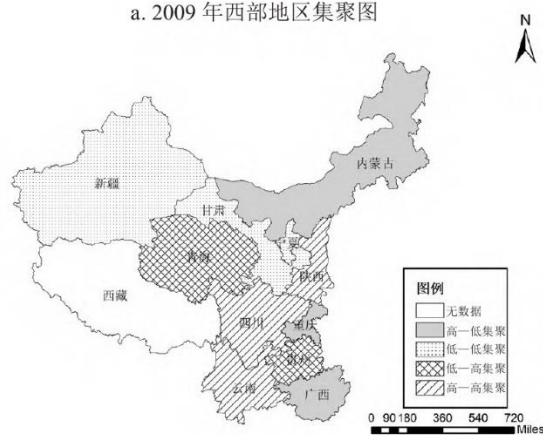
| 省份  | 2009 年 |      |        | 2014 年 |      |        | 2019 年 |      |        |
|-----|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|
|     | D      | 所处阶段 | 协调水平   | D      | 所处阶段 | 协调水平   | D      | 所处阶段 | 协调水平   |
| 重庆  | 0.607  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.706  | 协调发展 | 中级耦合协调 | 0.742  | 协调发展 | 中级耦合协调 |
| 甘肃  | 0.461  | 过渡调适 | 濒临失调衰退 | 0.562  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.602  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |
| 广西  | 0.547  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.642  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.688  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |
| 贵州  | 0.510  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.605  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.677  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |
| 内蒙古 | 0.554  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.675  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.717  | 协调发展 | 中级耦合协调 |
| 宁夏  | 0.515  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.601  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.617  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |
| 青海  | 0.526  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.588  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.649  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |
| 陕西  | 0.590  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.651  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.700  | 协调发展 | 中级耦合协调 |
| 四川  | 0.567  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.665  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.738  | 协调发展 | 中级耦合协调 |
| 新疆  | 0.496  | 过渡调适 | 濒临失调衰退 | 0.584  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.621  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |
| 云南  | 0.544  | 过渡调适 | 勉强耦合协调 | 0.637  | 过渡调适 | 初级耦合协调 | 0.693  | 过渡调适 | 初级耦合协调 |

### 2.3 西部地区人口—资源—环境—经济耦合协调度空间相关性分析

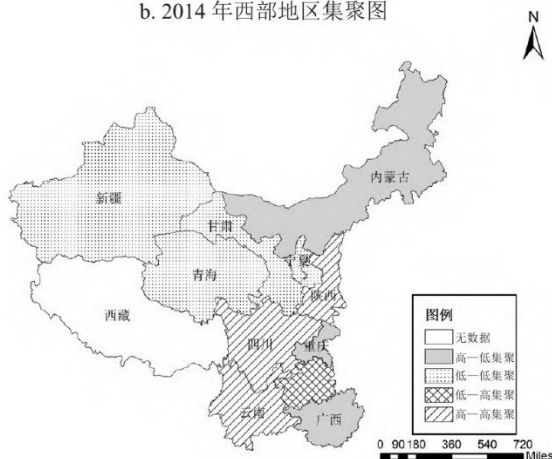
运用 GeoDa 软件测算 2009 年、2014 年和 2019 年我国西部地区 PSEE 系统耦合协调度的全局 Moran' sI (采用地理距离构建空间权重矩阵)。结果显示, 2009 年、2014 年和 2019 年的全局 Moran' sI 分别为 0.220、0.074、0.480, 表明我国西部地区 PSEE 系统耦合协调度在空间上并非随机分布。从数值上理解, 虽然研究地区之间的空间相关性有较大波动, 但整体呈现出逐步增强的发展趋势。全局 Moran' sI 只能从整体上反映我国西部地区 PSEE 系统耦合协调度的空间关联特征, 但不能体现出各地区之间的集聚类型, 因此本文选取三个研究断面来探究研究区域 PSEE 系统耦合协调度的集散和演化特征。可将其集聚类型分为四类: 第一象限为高一高集聚(HH)、第二象限为低—高集聚(LH)、第三象限为低—低集聚(LL)、第四象限为高一低集聚(HL)。为便于考察, 应用 ArcGIS10.5 软件绘制其集聚图, 如图 4 所示。



a. 2009 年西部地区集聚图



b. 2014 年西部地区集聚图



c. 2019 年西部地区集聚图

图 4 西部地区人口—资源—环境—经济耦合协调度集聚图

注：本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2019)1825 号的标准地图制作，底图无修改。

(1) 高一高集聚。

位于高一高集聚类型的区域在三个研究断面较为稳定，主要分布在陕西、四川、云南一带，广西在 2009 年同样处于高一高集聚区，由于其与贵州协调度水平间存在高低差异，从 2014 年便脱离了高一高集聚地区。该类型地区自身协调度水平较高，周边地区的协调度同样处于较高水平。云南借助第三产业优势、合理的产业结构以及对于生态环境保护的重视使 PSEE 系统耦合协调度不断攀升。高一高集聚类型的区域主要以四川为中心，凭借其先进的科学技术支撑，经济发展迅速，对周边地区起到了明显的辐射作用。陕西近年来碳排放强度持续降低，生态文明建设实现了新进步，凭借承东启西，连接南北的区位优势，陕西社会经济和生态环境均呈现向好发展趋势，为耦合协调度的提升奠定了基础。

(2) 低—高集聚。

位于该集聚类型的地区较少，具体表现为区域自身耦合协调度较低，但是周边区域的耦合协调度拥有较高水平。贵州始终处于该集聚类型，其原因可能为：独特的地理位置限制了 PSEE 系统耦合协调度的提升，贵州位于云贵高原东部斜坡地带，山高坡陡，人多地少，常年的垦殖使得贵州石漠化严重，生态环境十分脆弱。此外，贵州经济基础薄弱，水陆交通不便，虽然境内煤炭、铝土、重晶石等矿产资源丰富，但粗放式的发展模式已不可取，未来发展重心应集中在大数据、现代旅游业等产业。青海在 2014 年也位于低—高集聚区域，由于其第一产业就业人数较多，农业现代化水平不足，经济发展主要依靠第二产业，产业结构合理化程度较低，经济和人口发展指数滞后是制约其耦合协调度提高的主要因素。因此，青海与贵州应充分借助与四川邻接的地理区位优势，发展自身特色产业的同时，利用四川高协调度的辐射效应带动自身协调水平的提升。

(3) 低—低集聚。

低—低集聚类型表现为自身耦合协调度较低，周边地区的耦合协调度也处于低水平状态。位于此类型的区域主要为甘肃、宁夏、新疆和青海，除青海在 2014 年为低—高集聚外，该类型的地区数量并没有随着时间的推移而减少。甘肃、宁夏、新疆和青海四地相邻，与我国发达地区距离较远，无明显的区位优势，虽然自身资源丰富，但由于技术创新能力不足，对资源利用效率较低，并且多以自身传统的资源型产业为主，产业结构不平衡，导致经济发展速度缓慢，协调度水平较低。因此，甘肃、青海与宁夏应建立与周边地区的合作机制，拓展产业链的升级与延伸，实现经济的快速发展与产业布局的合理性；新疆应在资源环境承载力阈值内，向集约高效型的发展方式转变，增强人民的环保意识。

(4) 高一低集聚。

高一低集聚类型表现为自身耦合协调度较高，但周边地区的耦合协调度处于较低水平。2009 年，重庆、内蒙古为该集聚类型区域，2014 年、2019 年，广西也加入高一低集聚类型。近年来重庆第三产业占比不断扩大，经济结构趋向合理化，逐渐摆脱要素驱动的发展方式，有效提高了城市环境质量，PSEE 系统耦合协调度不断提升。西部大开发战略实施以来，内蒙古经济发展迅速，对于生态环境的保护也越加重视，在“一带一路”倡议的发展背景下，内蒙古应加强与邻近地区的经济合作，加强自身经济一体化建设，缩小自治区域内的经济差距。广西与东盟国家有陆地接壤，近年不断扩大对外开放程度，增强与东盟的区域合作，在促进自身经济增长的同时，也不断推动着边境建设新格局的形成。

由以上分析可知，我国西部地区 PSEE 系统耦合协调度存在着正向空间相关性，邻近区域的协调度能够相互影响、相互作用，高协调度地区的空间集聚现象明显，低协调度区域也呈现出集聚现象，具体表现为“大连片、小散落”的集聚特征。四川作为高

协调度地区，其空间溢出效应对周边地区的辐射作用明显，未来对于低—低集聚地区的扶持力度还需进一步加强。

### 3 结论与政策启示

本文构建了西部地区 PSEE 系统耦合协调评价指标体系，利用综合评价模型、耦合协调模型、探索性空间数据分析模型分别测算和研究了 PSEE 子系统综合发展水平、耦合协调度状态及其空间集聚类型，并从时间与空间角度对其进行实证分析，结论如下：

第一，我国西部地区人口、环境与经济子系统综合发展水平稳步提升，经济发展指数最低，但其年均增长率最高，资源发展指数有较大波动，发展缓慢，侧面反映了西部地区经济的快速发展依赖于资源的过度索取。重庆在人口、环境与经济发展指数方面有较大优势，云南在资源发展指数方面有较大优势，内蒙古和四川为研究区域单元中各子系统均显著提升的地区。

第二，从时间维度分析，西部地区 PSEE 系统耦合协调水平不断优化，各省份协调状态不断提升，从 2009 年部分地区濒临失调衰退、协调度水平偏低，到 2019 年多数地区达到初级与中级耦合协调水平，经济发展水平滞后于其他子系统发展是制约其协调度提升的主要原因。

第三，从空间维度分析，全局 Moran' sI 体现出西部地区耦合协调度存在着正向的空间相关性，并存在一定的空间分异现象。高一高集聚主要位于陕西、四川与云南一带，低—低集聚位于甘肃、宁夏、新疆和青海地区。2009—2019 年，地区之间的集聚类型趋于稳定，这种空间集聚类型的稳定性是城市历史基础、地理位置、政策规划等多种因素相互作用、相互耦合、相互影响的结果。

基于以上研究结论，提出如下政策建议：

第一，转变生产方式，实现经济发展与低效利用资源之间的脱钩联系。由上文分析可知，西部地区经济的快速发展依赖于对资源的索取，因此，实现经济发展与低效利用资源之间的脱钩联系有助于推动西部地区高质量发展。甘肃、新疆、宁夏等地资源与经济发展指数较低，生态环境脆弱，应着力打造生态城市，发展旅游产业，注重基础设施建设，尤其是对于环保基础设施的建设。生态涵养区云南、贵州、广西等地，应利用其资源优势，加大对太阳能、风能等清洁能源的开发利用。重庆、四川、陕西应发挥引领新能源、环保等高科技产品向周边地区溢出和辐射的作用。

第二，推动创新驱动型高质量工业化。由上文分析可知，经济子系统滞后于其他子系统是西部地区协调度较低的主要原因，加强创新驱动型高质量工业化对提升耦合协调度具有紧迫性和前瞻性。首先，应加快新型工业化基础设施建设，在传统工业化基础设施的基础上叠加信息化、智能化、数字化等要求。其次，西部地区自主创新能力与沿海城市、特大城市等还有一定差距，因此，应在承接产业转移的过程中推动新型工业化建设。

第三，强化区域协同合作，提高系统发展效益。由空间相关性分析可知，西部地区 PSEE 系统耦合协调度存在显著的空间分布差异，因此，地区之间应根据自身特色强化区域协同合作。对于高一高集聚地区的陕西、四川、云南等地，应带动周边地区协调发展，向周边地区转移人力资源和生产技术；低—低集聚地区的新疆、宁夏、甘肃和青海，应利用新一轮西部大开发的政策红利机遇，加快经济发展，吸纳人才与承接产业转移；贵州、广西等地的优势在于第三产业比重较大，产业结构合理，通过努力建设现代服务业将大有可为；高一低集聚地区的重庆、内蒙古，应加强与周边地区环境治理的联防联控，构建共建共治发展平台。

#### 参考文献：

[1] 国务院发展研究中心和世界银行联合课题组. 中国：推进高效、包容、可持续的城镇化[J]. 管理世界, 2014(4): 5-41.

- 
- [2]任喜萍,殷仲义.中国省域人口集聚、公共资源配置与服务业发展时空耦合及驱动因素[J].中国人口·资源与环境,2019(12):77-86.
- [3]Grossman G,Krueger A.Economic growth and the environment[J].The Quarterly Journal of Economics,1995,110(2):353-377.
- [4]Panayotou T.Demystifying the environmental Kuznets curve:Turning a black box into a policy tool[J].Environment & Development Economics,1997,2(4):465-484.
- [5]李鹏涛.中国环境库兹涅茨曲线的实证分析[J].中国人口·资源与环境,2017(S1):22-24.
- [6]夏勇,钟茂初.经济发展与环境污染脱钩理论及 EKC 假说的关系——兼论中国地级城市的脱钩划分[J].中国人口·资源与环境,2016(10):8-16.
- [7]任祁荣,于恩逸.甘肃省生态环境与社会经济系统协调发展的耦合分析[J].生态学报,2021(8):2944-2953.
- [8]刘波,龙如银,朱传耿,等.海洋经济与生态环境协同发展水平测度[J].经济问题探索,2020(12):55-65.
- [9]Matteo C,Uwe S.Life expectancy and economic growth:The role of the demographic transition[J].Journal of Economic Growth,2011,16(2):99-133.
- [10]d'Albis H,Greulich A,Ponthière G.Development,fertility and childbearing age:A unified growth theory[J].Journal of Economic Theory,2018,177:461-494.
- [11]王金营,刘艳华.经济发展中的人口回旋空间:存在性和理论架构——基于人口负增长背景下对经济增长理论的反思和借鉴[J].人口研究,2020(1):3-18.
- [12]宋书杰,陆旸.中国人口与宏观经济问题研究综述[J].人口研究,2020(6):114-125.
- [13]睢党臣,程旭,吴雪.人口结构转变、人口红利与经济增长——基于中日两国的比较[J].经济体制改革,2020(5):156-163.
- [14]史桂芬,李真.人口流动助推地区经济增长的机制研究——基于长三角城市群的面板数据[J].华东经济管理,2020(6):10-18.
- [15]童玉芬,刘长安.北京市人口、经济和环境关系的协调度评价[J].人口与发展,2013(1):44-51.
- [16]段永蕙,景建邦,张乃明.山西省人口、资源环境与经济协调发展分析[J].生态经济,2017(4):64-68,79.
- [17]刘承良,段德忠,余瑞林,等.武汉城市圈社会经济与资源环境系统耦合作用的时空结构[J].中国人口·资源与环境,2014(5):145-152.
- [18]刘建华,黄亮朝,左其亨.黄河下游经济-人口-资源-环境和谐发展水平评估[J].资源科学,2021(2):412-422.

- 
- [19] 钱丽, 陈忠卫, 肖仁桥. 中国区域工业化、城镇化与农业现代化耦合协调度及其影响因素研究[J]. 经济问题探索, 2012(11): 10-17.
- [20] 朱江丽, 李子联. 长三角城市群产业-人口-空间耦合协调发展研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015(2): 75-82.
- [21] 孙钰, 姜宁宁, 崔寅. 京津冀生态文明与城市化协调发展的时序与空间演变[J]. 中国人口·资源与环境, 2020(2): 138-147.
- [22] 李茜, 胡昊, 李名升, 等. 中国生态文明综合评价及环境、经济与社会协调发展研究[J]. 资源科学, 2015(7): 1444-1454.
- [23] 刘国斌, 韩世博. 人口集聚与城镇化协调发展研究[J]. 人口学刊, 2016(2): 40-48.
- [24] 姜磊, 柏玲, 吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析——兼论三系统耦合公式及其扩展形式[J]. 自然资源学报, 2017(5): 788-799.
- [25] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理, 1999(2): 76-82.
- [26] 李成宇, 张士强. 中国省际水-能源-粮食耦合协调度及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020(1): 120-128.