

# 长江经济带绿色发展与数字经济时空耦合及障碍因子研究<sup>1</sup>

裴 潇，袁 帅，罗 森\*

(长江大学经济与管理学院，湖北 荆州 434023)

**【摘要】**：长江经济带是我国“黄金经济带”，探究其绿色发展与数字经济的协调关系对构建区域绿色发展格局，实现“中国式现代化”意义重大。以长江经济带 11 省市为研究对象，通过构建绿色发展与数字经济耦合协调指标体系，结合空间自相关模型、障碍度模型等，从地理时空二维角度评价两者发展水平、耦合协调演化特征以及制约耦合协调度的主要障碍因子，主要结论如下：(1) 长江经济带绿色发展、数字经济水平均呈上升趋势，二者耦合协调度亦逐年递增，但流域整体耦合协调度不高，时间上发展不充分，空间上发展不均衡。(2) 空间自相关分析表明，长江经济带整体绿色发展与数字经济耦合协调度的空间正相关特征显著，流域内相邻省市间亦存在明显的空间关联特征。(3) 制约绿色发展与数字经济耦合协调度的准则层障碍因子由高到低依次为经济发展>数字经济发展>社会服务>生态环境；指标层排名前 7 的障碍因子主要有 9 项，不同省市存在异质性特征。基于上述结论，提出政策建议，以期为促进绿色发展与数字经济的良性互动、实现“中国式现代化”建言献策。

**【关键词】**：长江经济带；绿色发展；数字经济；耦合协调度；空间自相关；障碍因子

**【中图分类号】**：F061.5      **【文献标识码】**：A      **【文章编号】**：1004- 8227(2023)10- 2045- 15

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj202310005

党的二十大报告提出，“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”，为我国未来的发展指明了方向，绿色发展成为“中国式现代化”的鲜亮旗帜。长江经济带是我国产业规模最大、辐射范围最广的“黄金经济带”，亦是我国生态优先绿色发展的主战场，推动长江经济带绿色发展关乎我国发展全局。而数字经济作为我国发展新动能，已成为赋能绿色发展的重要引擎。如何紧抓新一轮科技与产业革命的重大机遇，利用数字经济促进长江经济带绿色发展，成为当下学界研究的热点之一。

围绕长江经济带绿色发展与数字经济，已有研究可大致分为三类：一是围绕数字经济的相关研究，主要围绕数字经济的发展状况及其影响效应展开。钟业喜等[1]以长江经济带 125 市为研究单元，对流域数字经济发展水平及空间格局进行了深入探讨；在对数字经济进行测算的基础上，孙勇等[2]、孙文婷等[3]探讨了数字经济对产业结构升级、农民增收等的影响。二是围绕绿色发展的相关研究，主要围绕流域绿色发展水平的测度及影响因素展开。吴武林等[4]基于熵权法等方法考察了包容性绿色发展在长江经济带 11 省份的动态分布状况，指出流域绿色发展效率呈增长趋势，并呈现“下游>上游>中游”的空间分布格局。对于绿色发展的影响因素，部分学者通过实证检验验证了城市技术创新与合作[5]以及政府环境审计[6]对长江经济带绿色发展的积极影响；还有学者则基于空间杜宾模型指出外商直接投资对长江经济带绿色发展的影响呈现“倒 U 型”特征[7]。三是围绕绿色发展

<sup>1</sup> 收稿日期：2023- 02- 01；修回日期：2023- 03- 21

基金项目：国家社会科学基金项目(22BGL082)

作者简介：裴潇(1968~)，女，教授，主要研究方向为环境会计与环境管理。E-mail: 308089209@qq.com

\* 通讯作者 E-mail: 70801658@qq.com

---

与数字经济间作用关系的研究,已有研究通过实证检验证实,数字经济是长江经济带实现绿色发展的有力支撑。文传浩等、刘新智等分别基于长江经济带上游 33 个地级市的数据以及长江经济带整体 110 个地级市以上城市的数据,实证检验了数字经济对城市绿色转型的影响[8,9];同样从地级市角度出发,吴传清等则考察了长江经济带数字化转型对制造业绿色发展的直接以及空间影响[10]。

综上所述,针对长江经济带绿色发展与数字经济的相关研究日渐丰富,但有关两者发展水平及双向关系的定量分析较少,在量化分析基础上探索制约二者耦合协调障碍因子的研究更为鲜见。基于此,本文以 2011~2020 年长江经济带 11 省市为研究对象,建立绿色发展与数字经济耦合协调的机理框架以及综合评价体系,运用熵值法、耦合协调度模型、空间自相关模型以及障碍度模型等对长江经济带绿色发展与数字经济的发展水平、耦合协调水平以及障碍因子等进行研究。旨在回答不同时空下长江经济带绿色发展与数字经济的发展程度如何?两者的耦合协调度处于什么水平?制约其耦合协调度的主要障碍因子又是什么?等一系列问题,以期为促进绿色发展与数字经济的良性互动建言献策。

## 1 机理分析

耦合度用以度量系统内部要素间的协同作用,协调度则用以度量系统演变过程中的各要素异质部分在同一整体中的一致程度。二者共同反应系统内部的和谐性,展现系统内部各要素经相互作用后由无序转为有序的态势[11]。将耦合协调理论用之于绿色发展与数字经济复合系统的理论基础是:(1)绿色发展系统分为经济发展、社会服务以及生态环境三个子维度。其中,对于经济发展维度,虽然良好的经济发展可为数字经济的发展提供坚实的物质基础;但经济绿色转型亦会引致发展观念、发展模式的转变,催生新经济、新业态的培育,进而倒逼数字经济发展[12]。对于社会服务维度,社会服务水平的提升可为数字经济的发展提供广泛的人才支撑[13];同时,目前我国人民对美好生活的向往愈发强烈,渴求更为优质公平的教育、医疗以及养老等服务,数字经济则是实现此目标的有力抓手,由此催生了线上教育、互联网医疗等众多数字技术应用场景。对于生态环境维度,生态环境的改善不仅有助于降低数字基础设施的建设成本,还为数字经济规模的扩大以及数字技术的应用提供了便捷。(2)数字经济以兼具环保和技术属性的数据为核心要素,天然地将绿色理念嵌入发展过程,对绿色发展模式的形成有着深刻影响。(1)数字经济有着较强的规模经济、范围经济以及长尾经济效应[14],在促进生产要素集约化整合、高效化利用方面,改善传统生产、消费方式方面[15]以及提高政府治理效能方面[16]皆发挥着重要作用,可通过推动产业结构升级、优化资源配置[17]等途径赋能经济绿色转型。(2)数字经济在满足人民日益增长的美好生活需要方面扮演着重要角色[18]。“越智慧,越便捷”,数字技术的普及有助于补足我国在教育、医疗以及就业等领域的短板,可有效促进我国电子政务水平的提升、智慧城市以及数字乡村建设工作的推进,切实提升人民的幸福指数。(3)数字经济不仅可以通过技术的迭代和落后产能的淘汰直接减轻资源环境压力[19],还可以通过卫星遥感器、生物传感器等智能手段完善生态保护监督机制,实现对绿水青山的智能监测与高效防护[16]。

综上所述,作为中国发展的目标以及促进发展的重要引擎,绿色发展与数字经济相互影响、相互作用,构成“绿色发展与数字经济”耦合协调系统,其耦合协调机理如图 1 所示。

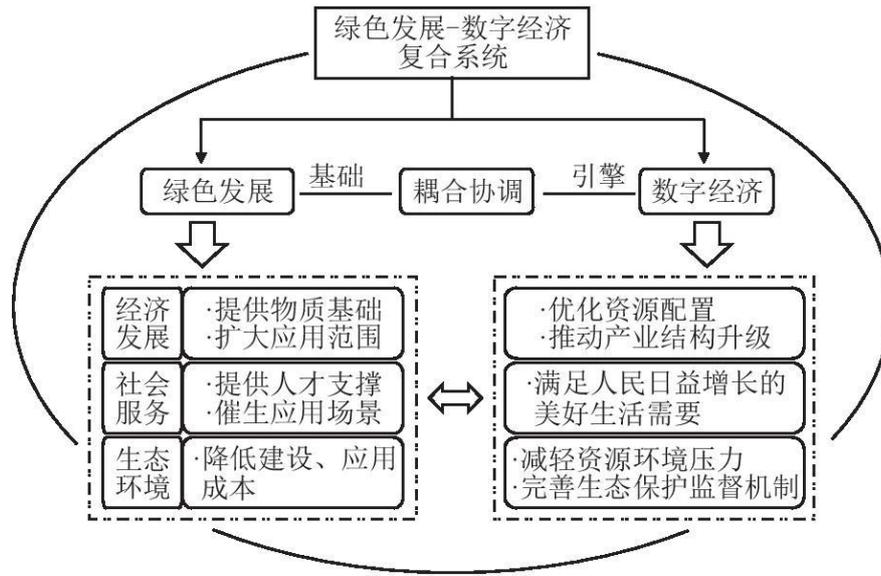


图1 绿色发展与数字经济耦合协调机理

## 2 指标体系、数据来源与研究方法

### 2.1 指标体系构建

#### 2.1.1 绿色发展指标体系的构建

我国著名生态学家马世骏等[20]于20世纪80年代提出复合生态系统理论，指出经济、社会以及生态3个系统辩证统一。绿色发展与经济、社会以及生态系统密切相关，要求三大系统在内在规律的作用下相互影响，最终实现复合系统整体的功能完善和结构优化。因此，在研究绿色发展问题时，应当将经济、社会以及生态纳入复合系统，以全面揭示区域绿色发展的本质规律。基于上述思想，本文遵循科学性、系统性以及前瞻性等原则，在参照国家发展改革委等部门发布的《绿色发展指标体系》的基础上，进一步参考刘潭等[21,22,23]的研究成果，并结合长江经济带绿色发展实况，从经济发展、社会服务以及生态环境三个维度构建绿色发展指标评价体系，计算长江经济带各省市绿色发展指数。

(1)经济发展维度。经济发展是绿色发展的核心，不仅要体现经济规模，还要注重经济结构合理有效，以科技进步促进绿色发展。从经济总量与经济增长质量的角度考虑，该维度纳入经济规模、经济结构、经济活力等方面的12项指标。(2)社会服务维度。增进民生福祉，提高人民生活品质是绿色发展的出发点和落脚点。从改善居民生活环境、完善保障体系的角度考虑，该维度纳入宜居适度、保险医疗以及教育文化等方面的9项指标。(3)生态环境维度。生态环境是绿色发展的载体，必须重视发展与生态可持续的关系，既要追求经济效益、社会效益又要兼顾生态效益。从资源的开发利用与生态保护的角度考虑，该维度纳入资源禀赋、环境压力以及污染治理等方面的11项指标。具体指标体系见表1。

#### 2.1.2 数字经济指标体系的构建

数字经济，本文借鉴赵涛等的研究成果[24]，选取每百人互联网用户数、计算机服务和软件从业人员占比、人均电信业务总量、每百人移动电话用户数以及数字普惠金融指数5个指标，计算得到数字经济发展指数，对长江经济带各省市的数字经济发展水平进行测度。其中，数字普惠金融采用由北京大学数字金融研究中心联合蚂蚁金服集团编制的中国数字普惠金融指数予以表征。具体指标体系见表1。

## 2.2 数据来源

本文以长江经济带沿线 11 省市作为研究对象，具体包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州以及云南，对流域内 2011~2020 年绿色发展与数字经济发展水平以及二者耦合协调关系的时空演化特征进行定量分析与评价，并进一步探讨可能的障碍因子。基础数据主要来源于 2012~2021 年《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省市的统计年鉴、统计公报等公开数据，部分省份的缺失数据采用插值法补充。

## 2.3 研究方法

### 2.3.1 熵值法

熵起源于物理学中的热力学，是热能转化为功的程度的量度，同时用以度量微观态数大小以及分子运动的混乱程度。熵越高，表明系统越无序，提供的信息量越少；反之，熵越低，表明系统越有序，系统结构越失衡[25]。而后申农将熵引入信息论，信息熵等同于热力学中的熵。熵值法是常用的客观赋权法，它依据指标的信息熵进行权重确定，可有效克服层次分析法等主观赋权法的缺陷。参考文献[26]，熵值法具体计算过程如下：

(1)采用极差法对原始数据进行标准化处理，建立  $m$  行  $\times$   $n$  列的数据矩阵  $X^*=(x_{ij})_{m \times n}$ ，其中  $m$  为样本省的个数， $n$  为评价指标个数：

正向指标：

$$x_{ij}^* = (x_{ij} - \min(x_j)) / (\max(x_j) - \min(x_j)) \times 0.99 + 0.0001$$

负向指标：

$$x_{ij}^* = (\max(x_j) - x_{ij}) / (\max(x_j) - \min(x_j)) \times 0.99 + 0.0001$$

式中： $x_{ij}$  是第  $i$  个省第  $j$  项指标的原始数据； $x_{ij}^*$  是标准化后的指标值； $\max(x_j)$  与  $\min(x_j)$  分别为第  $j$  列指标的最大值和最小值。

(2)计算各指标比重：

$$P_{ij} = x_{ij}^* / \sum_{i=1}^m x_{ij}^*$$

(3)计算各指标信息熵:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}$$

(4)计算各指标权重

$$\omega_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j)$$

式中: (1-e<sub>j</sub>)为第j项指标信息冗余度, 该值越大, 说明指标越重要。

(5)计算综合得分

$$u_{ij} = \sum_{i=1}^n \omega_j \times x_{ij}^*$$

### 2.3.2 耦合协调度模型

绿色发展与数字经济耦合协调度的计算公式为:

表 1 绿色发展、数字经济耦合协调指标体系

目标层	系统	准则层	指标层	单位	指标属性
长江流域 11 省市绿色发展与数字经济耦合协调度	绿色发展系统	经济发展(B1)	人均 GDP(C1)	元	+
			人均财政收入(C2)	元	+
				元	+

			人均固定资产投资额(C3)		
			人均社会消费品零售额(C4)	元	+
			第一产业增加值占 GDP 比重(C5)	%	-
			第三产业增加值占 GDP 比重(C6)	%	+
			财政支出占 GDP 比重(C7)	%	+
			人均技术市场成交额(C8)	元	+
			研究与试验发展(R& D)经费投入强度(C9)	%	+
			万人专利授权量(C10)	项	+
			实际利用外资金额(C11)	亿元	+
			进出口贸易总额(C12)	亿元	+
		社会服务	PM2.5 均值(C13)	μ g/m3	-

		(B2)	建成区绿化覆盖率(C14)	%	+
			人均绿地面积(C15)	m2/人	+
			地方财政社会保障和就业支出(C16)	亿元	+
			城镇登记失业率(C17)	%	-
			每万口人卫生技术人员(C18)	人	+
			教育支出占财政支出比重(C19)	%	+
			每十万人人口高等教育学校在校学生人数(C20)	人	+
			人均拥有公共图书馆藏书(C21)	册	+
		生态环境 (B3)	人均森林蓄积量(C22)	m3/人	+
人均水资源量(C23)	m3/人		+		

			人口密度(C24)	人/km2	-
			单位工业增加值氮氧排放量(C25)	t/亿元	-
			单位工业增加值二氧化硫排放量(C26)	t/亿元	-
			单位工业增加值废水排放总量(C27)	t/万元	-
			一般工业固体废物综合利用率(C28)	%	+
			生活垃圾无害化处理率(C29)	%	+
			污水处理率(C30)	%	+
	数字经济系统	数字经济发展(B4)	每百人互联网用户数(C31)	户	+
			计算机服务和软件从业人员占比(C32)	%	+
				元	+

			人均电信业务总量(C33)		
			每百人移动电话用户数(C34)	户	+
			中国数字普惠金融指数(C35)	%	+

$$C = \left\{ \frac{U_1 \times U_2}{\left[ \frac{U_1 + U_2}{2} \right]^2} \right\}^{1/2}$$

$$D = \sqrt{C \times T}$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2$$

式中：U1、U2 分别代表绿色发展与数字经济水平；C 为耦合度，D 耦合协调度，二者取值范围为(0,1);T 为绿色发展与数字经济系统的综合协调指数；α、β 为绿色发展系统与数字经济系统对二者协同性的贡献率，考虑当前发展现状，本文假定两个子系统同等重要，故取 α = β = 0.5,并进一步参考已有研究[27],采用均匀分布函数确定长江经济带绿色发展与数字经济的耦合协调等级，具体划分见表 2。

表 2 耦合协调度等级分类

耦合协调度	耦合协调等级	耦合协调度	耦合协调等级
0~0.09	极度失调	0.5~0.59	勉强协调
0.1~0.19	严重失调	0.6~0.69	初级协调
0.2~0.29	中度失调	0.7~0.79	中级协调

0.3~0.39	轻度失调	0.8~0.89	良好协调
0.4~0.49	濒临失调	0.9~1	优质协调

### 2.3.3 空间自相关模型

地理学第一定律指出：任何事物都是相互联系的，且空间上距离越近，事物间的联系越紧密。空间自相关模型用以分析同一变量位于不同空间时的相关性，具体方法包括全局自相关以及局部自相关两种。其中，全局自相关采用全局莫兰指数(Moran's I)描述某变量在研究区域整体内的空间集聚程度；局部自相关则通过莫兰散点图展示单个空间单元与邻近单元某变量的集聚程度。本文借助 Stata17.0 软件检验 Moran's I 指数，在此基础上，对长江经济带绿色发展与数字经济耦合协调度的全局以及局部自相关特征进行分析。

### 2.3.4 障碍度模型

厘清影响绿色发展与数字经济耦合协调的障碍因子有助于明晰造成不同省市耦合协调度差异的原因，进而便于提出更有针对性的建议，以促进绿色发展以及数字经济发展水平的提升。障碍度模型用于衡量指标体系中某一层次的障碍度对系统发展的制约程度。因此，本文引入障碍度模型，深入挖掘阻碍长江经济带绿色发展与数字经济耦合协调度提升的因素。参考文献[28]，其具体计算过程如下：

(1)计算因子贡献度  $F_i$ ，指标偏离度  $I_i$

$$F_i = w_i \times y_{ij}$$

$$I_i = 1 - x_{ij}^*$$

式中： $w_i$  是第  $i$  个单项指标权重； $y_{ij}$  是第  $i$  个单项指标所属的第  $j$  个准则层的权重。

(2)计算指标层第  $i$  个指标对耦合协调的障碍度  $O_i$

$$O_i = \frac{I_i \times F_i}{\sum_{i=1}^n I_i \times F_i} \times 100\%$$

(3)计算准则层对耦合协调的障碍度  $U_j$

$$U_j = \sum o_{ij}$$

### 3 实证分析

#### 3.1 绿色发展与数字经济发展水平分析

在利用熵值法计算得到 2011~2020 年长江经济带绿色发展、数字经济耦合协调指标体系各项指标权重的基础上，本文分别计算了绿色发展与数字经济 2 个子系统的发展指数，如图 2、图 3 所示。

根据图 2 可知：长江经济带绿色发展水平整体呈现稳步上升态势。绿色发展指数由 2011 年的 0.197 上升至 2020 年的 0.355，说明长江经济带绿色转型工作取得阶段性成效，绿色发展水平得到显著提升。具体而言，2011~2014 年间，流域绿色发展指数缓慢增长，2015~2017 年涨幅最大，2018~2020 年涨幅趋于平稳。流域整体绿色水平的提升主要得益于国家及各省市的重视。同时，流域内 11 省市绿色发展指数呈现东部>中西部的空间差异特征，下游除安徽以外的上海、江苏、浙江三省市绿色发展水平提升较快，领跑流域内其他省市。

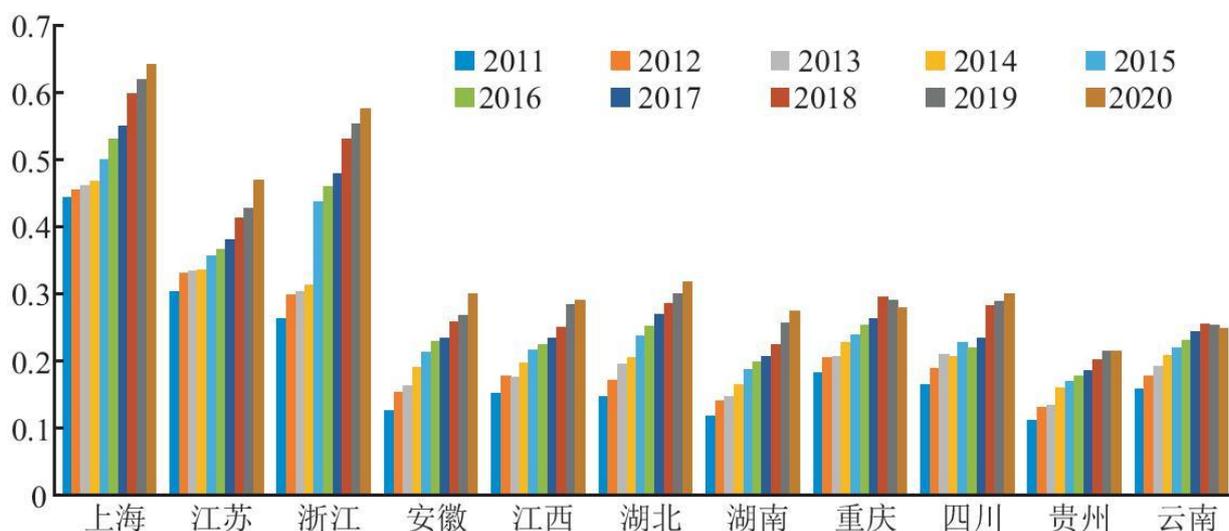


图 2 2011~2020 年长江经济带 11 省市绿色发展指数

根据图 3 可知：长江经济带数字经济发展水平呈现逐年上升态势。具体而言，数字经济发展指数在 2011~2014 年间涨幅较小，2015~2020 年指数进入高速增长阶段。整体来看，流域内平均指数由 2011 年的 0.059 上升至 2020 年的 0.565，数字经济发展成效显著。同时，流域内数字经济发展指数呈现出下游(除安徽以外)>上游>中游的空间差异特征。下游江浙沪三省市区位优势明显，经济社会基础良好，为数字经济的发展提供了有力支撑，三省市的数字经济发展状况在流域内表现最佳。上游重庆及四川省的成都作为泛成渝城市圈的核心，凭借着“虹吸效应”吸引了周边地区大量的人力、财力及物力[29]，为两省市数字经济的发展带来强劲动力，两者数字经济发展状况在整个流域内也相对亮眼；贵州省虽经济社会基础薄弱，但该省高度重视数字经济的发展，其数字经济发展状况在流域内处于中等水平。而云南不仅经济社会基础比较薄弱，且数字信息技术起步较晚，因此数字经济发展状况在流域内表现欠佳。安徽以及中游赣鄂湘四省，虽经济社会基础良好，但过多依赖第二产业，存在高新技术产业基础薄弱、数字资源配置不合理等问题[30]，因此，四省份的数字发展水平在流域内相对靠后。

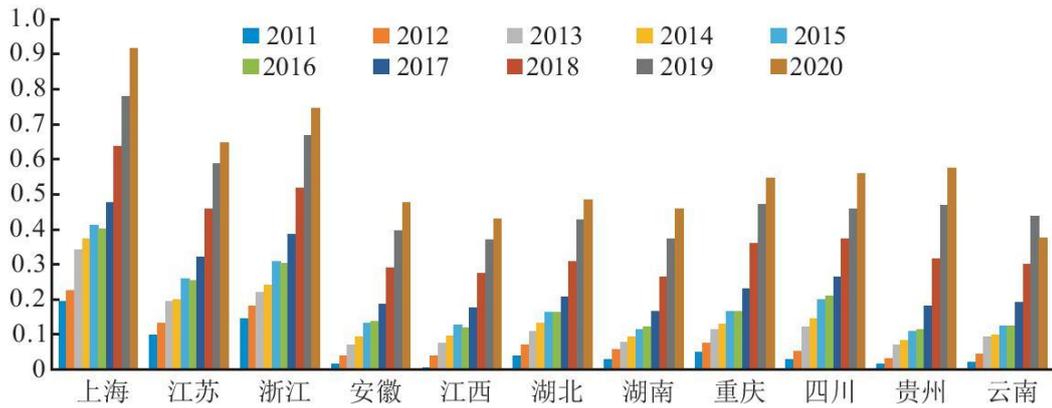


图 3 2011~2020 长江经济带 11 省市数字经济发展指数

### 3.2 耦合协调度时空演变分析

在运用耦合协调度模型测度 2011~2020 年长江经济带绿色发展与数字经济耦合协调度的基础上，本文依据表 3 所示耦合协调度数值对长江流域 11 省市的耦合协调度等级进行划分，据此分析二者耦合协调度的时空演变状况。

表 3 长江经济带 11 省市绿色发展与数字经济耦合协调度值

年份	全 域	上 海	江 苏	浙 江	安 徽	江 西	湖 北	湖 南	重 庆	四 川	贵 州	云 南
2011	0.303	0.541	0.416	0.442	0.216	0.178	0.277	0.244	0.307	0.266	0.206	0.245
2012	0.357	0.566	0.458	0.483	0.279	0.289	0.332	0.300	0.352	0.317	0.255	0.298
2013	0.408	0.630	0.506	0.509	0.327	0.340	0.382	0.328	0.391	0.400	0.311	0.366
2014	0.430	0.646	0.509	0.524	0.367	0.370	0.406	0.354	0.414	0.416	0.340	0.379
2015	0.469	0.673	0.552	0.606	0.409	0.408	0.444	0.383	0.446	0.462	0.369	0.407
2020	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4

2016	75	80	53	11	22	06	51	94	54	63	77	12
2017	0.5 16	0.7 15	0.5 91	0.6 56	0.4 57	0.4 50	0.4 86	0.4 30	0.4 97	0.4 99	0.4 29	0.4 65
2018	0.5 83	0.7 85	0.6 60	0.7 24	0.5 23	0.5 12	0.5 44	0.4 94	0.5 70	0.5 70	0.5 02	0.5 26
2019	0.6 33	0.8 33	0.7 07	0.7 79	0.5 71	0.5 69	0.5 98	0.5 56	0.6 08	0.6 03	0.5 63	0.5 78
2020	0.6 61	0.8 76	0.7 42	0.8 09	0.6 14	0.5 94	0.6 26	0.5 95	0.6 25	0.6 40	0.5 92	0.5 53

### 3.2.1 耦合协调度时序变化分析

根据表 3,长江经济带 11 省市 2011~2020 年绿色发展与数字经济的耦合协调度逐年上升。其中, 2011~2015 年流域耦合协调度处于失调状态。主要是由于 2011~2015 年流域对绿色发展重视程度不够, 粗放式的发展方式并未得到有效转变, 生态保护压力较大, 且数字基础比较薄弱, 导致耦合协调等级表现为失调。自 2016 年起, 长江流域绿色发展与数字经济耦合协调等级进入勉强协调阶段, 并不断向着优质协调迈进。这主要得益于两方面因素, 一方面, 2016 年《长江经济带发展规划纲要》印发实施, 促使流域内各省市加快转变粗放式发展方式的步伐, 高耗能产业逐渐退出、产业结构亦趋于合理; 另一方面, 自 2015 年发展数字经济上升为国家战略以来, 各方高度重视, 先后出台发展大数据、人工智能系列文件, 驱动数字经济快速发展, 两大系统持续优化, 促使二者耦合协调度不断上升。

### 3.2.2 耦合协调度空间演变分析

本文选取 2011、2014、2017 以及 2020 年 4 个时间截面, 利用 ArcGIS10.6 软件对测算结果进行空间格局分析, 具体情况如图 4 所示。研究期内, 11 省市耦合协调度分别处于 $[0.178,0.541]$ 、 $[0.340,0.646]$ 、 $[0.430,0.715]$ 、 $[0.553,0.876]$ 区间内, 总体均值分别为 0.304、0.430、0.516 以及 0.661, 耦合协调度总体向着优质协调的方向演进。而对于不同省市, 无论是从耦合协调度跃升的时间来看, 抑或耦合协调度数值的大小来看, 绿色发展与数字经济的耦合协调度在 2011~2020 年均保持“下游>上游>中游”的空间分布格局。具体而言, 2011 年, 上海是流域内唯一一个耦合协调度等级处于勉强协调的省市, 其余省市均为失调。2013 年, 江浙两省升至勉强协调区间, 其余省市则在 2018 年左右升至勉强协调。截至 2020 年, 流域内安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州省以及云南八省市耦合协调度等级多为勉强协调与初级协调, 上海和浙江耦合协调度等级则均升至良好协调, 江苏耦合协调度等级也升至中级协调。

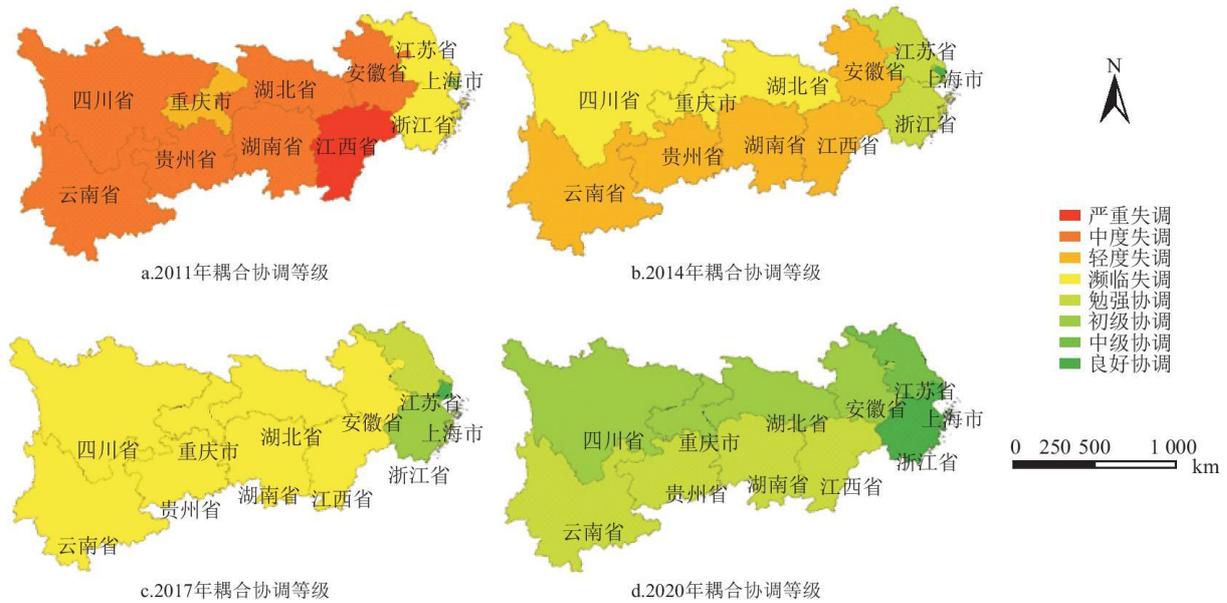


图 4 绿色发展与数字经济耦合协调度时空演进

综合来看，长江经济带绿色发展与数字经济的耦合协调度存在时间上发展不充分、空间上发展不平衡的问题，省际差异明显。下游江浙沪三省市凭借着区位与资源双重优势，更有利于形成绿色发展与数字经济相互促进的良性循环，使自身耦合协调度始终保持优势地位；上游凭借着政策红利，耦合协调度水平在整个流域内亦相对亮眼；而中部地区资源优势薄弱，且政策扶持有限，耦合协调度水平表现最差，导致整个流域形成“中部凹陷”的局面。因此，缩小区域间的绿色发展差异、弥合区域间数字鸿沟是促进长江经济带整体协调发展的当务之急。

### 3.3 耦合协调度空间自相关分析

本文利用 Stata17.0 软件对长江经济带绿色发展与数字经济的耦合协调度进行全局自相关以及局部自相关分析，以清晰展示绿色发展与数字经济两个系统耦合协调度的动态集聚趋势和区域内相邻地区的空间关联效应。

#### 3.3.1 全局空间自相关

借助 Stata17.0 软件，计算出长江经济带 2011~2020 年绿色发展与数字经济耦合协调度的全局 Moran' s I 指数，其历年的值均通过 1% 水平上的显著性检验。进一步根据指数结果绘制成图 5,可知长江经济带绿色发展与数字经济的 Moran' s I 指数在 2011~2020 年均为正值且呈上升趋势，其中 2011~2015 年波动上升，2016~2020 年则稳定增长。这说明长江经济带各省市绿色发展与数字经济耦合协调度存在显著的空间集聚特征，且集聚程度呈增强态势。近年来，在“共抓大保护，不搞大开发”理念的指导下，长江经济带各省市高度重视绿色发展，强调经济、社会以及生态三系统协同并进。同时，在“国家大数据”战略的影响下，各省市相继出台政策文件，助力数字经济发展。基于国家引领、自身积极投入的双重作用，部分省市绿色发展与数字经济的耦合协调度得以快速提高，集聚趋势逐渐增强。

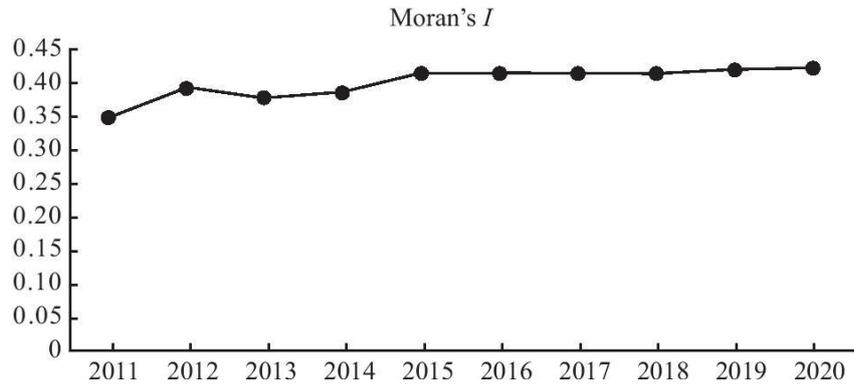


图5 绿色发展与数字经济耦合协调度全局 Moran' s I 指数

### 3.3.2 局部空间自相关

上述全局空间自相关分析展示了长江经济带整体绿色发展与数字经济耦合协调的空间关联度，而无法体现流域内相邻省市的空间关联特征。因此，本文借助 Stata17.0 进一步测算 2011~2020 年流域 11 省市绿色发展与数字经济耦合协调的局部 Moran' s I 指数，并选取 2011、2014、2017 以及 2020 年 4 个时点作为研究断面绘制如图 6 所示莫兰散点图。

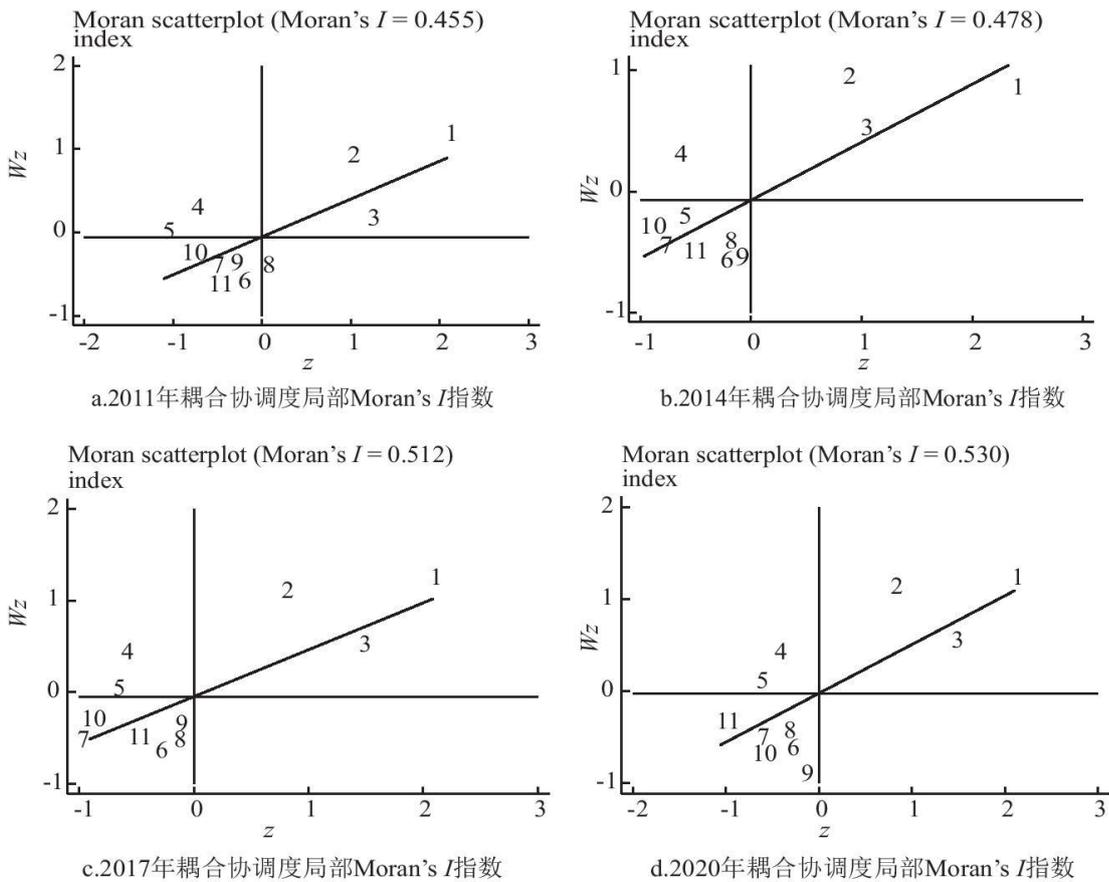


图6 绿色发展与数字经济耦合协调度局部 Moran' s I 指数

根据图 6,可知 2011~2020 年长江经济带 11 省市绿色发展与数字经济耦合协调的整体分布格局基本不变,各省市基本未发生跃迁。高高集聚区主要集中于长三角地区,依托资源禀赋抑或“虹吸效应”,其不仅较早形成较为合理的产业结构,有力助推经济社会绿色转型,还为数字经济的发展奠定了坚实基础,因而率先形成绿色发展与数字经济良性互动的局面[31]。低高集聚区,安徽以及江西两省在四个时期中一直处于该区域。安徽、江西东部毗邻江浙沪,虽然三者自身绿色发展、数字经济发展状况亮眼,耦合协调度亦处于较高水平,但“涓滴效应”并不显著,在一定程度上剥夺了赣皖两省的发展空间,使二者形成低-高的发展逆差。低低集聚区,此种类型的集聚在 2011、2014、2017 以及 2020 年四个时期中占比最高。位于该区域的省市有湖北、湖南、重庆、四川以及云南等,这些省市无论是绿色发展水平还是数字经济发展水平均无法与江浙沪相比。具体而言,一方面,这些省市经济发展相对迟缓,产业结构不甚合理,亦难以集聚新型创新人才[32],无法为转型发展提供有力的支撑;另一方面,其缺乏发展数字经济的先决条件,如数字基础设施、数字产业等相对匮乏,多重因素的共同影响使这些省市耦合协调度一直处于较低水平,难以摆脱“贫困陷阱”。故而,如何有效提升此类区域的绿色发展、数字经济发展水平,是推动长江经济带协调发展的重要抓手。

### 3.4 耦合协调度障碍因子分析

通过熵值法以及空间自相关模型对长江经济带 11 省市绿色发展与数字经济耦合协调度的分析可知,研究区间内耦合协调度存在明显的空间分异特征。因此,需进一步明晰制约长江经济带不同省市绿色发展与数字经济耦合协调度的因素,以便为推进区域协调发展精准施策。本文依据障碍度模型计算出 2011、2014、2017 以及 2020 年长江经济带绿色发展与数字经济准则层以及指标层的主要障碍因子,并依据障碍度,对流域内的障碍因子进行分析。准则层以及指标层的主要障碍因子情况如表 4、表 5 所示。

#### 3.4.1 准则层障碍因子分析

根据表 4,从所有省市的平均障碍度来看,2011~2020 年各准则层障碍度从高到底依次为经济发展(B1)>数字经济发展(B4)>社会服务(B2)>生态环境(B3),平均障碍度分别为 51.37%、19.08%、18.16%以及 11.40%。进一步来看:首先,经济发展的影响在研究期间始终保持高位且呈上升态势。这说明经济是制约长江经济带绿色发展与数字经济耦合协调度水平提升的最重要因素。一方面,数字经济是经济社会发展至一定水平的产物,是生产力进步的体现[31],其发展需要良好的物质基础、科技支撑以及人才支持,而经济则是满足数字经济上述发展需求的基石;另一方面,虽然长江经济带整体经济总量可观,但经济底色“绿色化”不足,粗放式经济发展方式依然存在,且流域内人口众多,而资源有限,不利于生态环境的改善以及社会服务水平的提升。因此,经济牵动着发展数字经济、提升社会服务以及改善环境状况的方方面面,成为制约耦合协调度的最大障碍因子。其次,数字经济障碍度水平呈下降趋势,说明国家的大力扶持以及各省的重视在促进数字经济发展方面取得了一定成效。最后,社会服务以及生态环境的障碍度呈上升趋势。2020 年,二者障碍度水平超越数字经济,分别成为第二、第三的障碍因子。可见,提升社会服务水平、改善环境治理是未来促进长江经济带绿色发展与数字经济耦合协调度水平提升的重要举措。

#### 3.4.2 指标层障碍因子分析

仅依据准则层障碍度识别绿色发展与数字经济耦合协调度的障碍因子难免会掩盖子指标的个体差异。因此,在分析准则层障碍度的基础上,本文进一步测算 2011~2020 年长江经济带指标层的主要障碍因子及障碍度,并对主要障碍因子进行排序。鉴于指标较多,本文仅列出了流域内各省市排名前 7 的障碍因子及障碍度,具体如表 5 所示。

由表 5 可知,从时间维度来看,长江流域内排名前 7 的二级指标相对稳定,主要有 9 项。一是经济发展维度,进出口贸易总额(C12)、人均技术市场成交额(C8)以及人均财政收入(C2)三项指标是主要障碍因子。其中,进出口贸易总额的障碍度水平在 10 年间稳居首位,是制约耦合协调度的最大障碍因子。一方面,虽然进出口贸易是经济增长的强心剂,但亦存在风险隐患[33]。如果主体贸易依存度过高,便较易受到国际不确定事件(如:中美贸易冲突)的冲击。江浙沪是我国最大的外贸基地,贸易依存度

居全国前列，三者的发展更易受进出口贸易影响。另一方面，发展数字经济过程中，目前我国在高端芯片、基础硬件方面的“卡脖子”问题尚未得到根本解决；在建设环境友好型经济社会的过程中，关键产品、技术亦有待突破。进出口贸易则不仅有助于我国突破技术“瓶颈”、提升创新水平[34],进而促进经济结构转型[35];还可以通过出口吸纳先进资本，促进企业优化重组，推动产业结构升级[36],进而助力我国数字经济水平的提升。人均技术市场成交额是经济发展维度仅次于进出口贸易的障碍因子。技术市场是联结科技与经济的纽带，虽然上海的技术市场交易状况亮眼，但流域内其他省市却不容乐观，说明流域整体创新能力不足，制约了经济社会发展与数字经济的良好互动。因此，流域内各省市应当注重技术的开发与引进，加大对科技创新的支持力度。人均财政收入是衡量居民实际生活水平的重要指标，10年间，该指标障碍度水平呈上升趋势，成为制约耦合协调度水平的重要因素。随着我国社会主要矛盾的转变，人民更加向往绿色、健康的生活方式，而居民实际生活水平落后会阻碍区域绿色发展以及数字经济发展水平的提升，进而影响二者的耦合协调度。二是社会服务维度。人均拥有公共图书馆藏书(C21)以及人均绿地面积(C15)是主要障碍因子。长江经济带孕育着全国40%以上的人口，流域内各省市尤其是中下游经济相对发达的省市各种资源供需矛盾突出，导致人均拥有公共图书馆藏书等社会服务水平亟需提升。三是生态环境维度，人均森林蓄积量(C22)以及人均水资源量(C23)是主要的障碍因子，反映出长江流域资源环境承载力较大，发展过程中应注重生态环境问题，并通过发展新经济、新业态减轻资源环境压力。四是数字经济维度，计算机服务和软件从业人员占比(C32)以及人均电信业务总量(C33)是主要的障碍因子。其中，人均电信业务总量障碍度水平呈下降趋势，表明长江流域数字互联网相关产出增加，数字基础设施建设取得一定成效。而计算机服务和软件从业人员占比的障碍度水平有上升趋势，说明流域内的人力资本水平尚不能满足发展数字经济的需求，未来应更加注重教育投入、人才培养，为数字经济的发展提供更广泛地人才支撑。

表4 绿色发展与数字经济耦合协调度准则层要素障碍度

年份	全 域	上 海	江 苏	浙 江	安 徽	江 西	湖 北	湖 南	重 庆	四 川	贵 州	云 南
20 11	B1(49 .80)	B1( 48.31)	B1( 46.74)	B1( 49.73)	B1( 50.54)	B1( 51.54)	B1( 50.13)	B1( 50.01)	B1( 49.15)	B1( 51.17)	B1( 49.21)	B1( 52.40)
	B4(21 .47)	B4( 25.12)	B4( 23.05)	B4( 21.15)	B4( 20.65)	B4( 21.31)	B4( 20.68)	B4( 20.27)	B4( 21.21)	B4( 21.17)	B4( 20.38)	B4( 21.19)
	B2(18 .01)	B3( 16.36)	B2( 18.21)	B2( 19.76)	B2( 18.83)	B2( 17.64)	B2( 18.89)	B2( 19.08)	B2( 19.38)	B2( 19.35)	B2( 19.21)	B2( 19.28)
	B3(10 .73)	B2( 10.22)	B3( 12.00)	B3( 11.16)	B3( 11.15)	B3( 9.50)	B3( 10.31)	B3( 10.63)	B3( 10.26)	B3( 8.30)	B3( 11.21)	B3( 7.14)

20 14	B1(50.93)	B1(49.11)	B1(47.98)	B1(50.86)	B1(50.39)	B1(52.58)	B1(50.39)	B1(50.51)	B1(50.21)	B1(52.54)	B1(51.34)	B1(54.34)
	B4(20.60)	B4(21.43)	B4(21.78)	B4(20.37)	B4(20.57)	B4(20.64)	B4(20.13)	B4(20.05)	B4(20.70)	B4(19.96)	B4(20.14)	B4(20.85)
	B2(18.11)	B3(17.11)	B2(17.79)	B2(17.70)	B2(19.01)	B2(18.14)	B2(18.17)	B2(19.18)	B2(18.86)	B2(19.39)	B2(18.87)	B2(19.75)
	B3(10.36)	B2(12.36)	B3(12.45)	B3(11.08)	B3(10.03)	B3(8.64)	B3(11.29)	B3(10.26)	B3(10.24)	B3(8.12)	B3(9.65)	B3(5.07)
20 17	B1(50.95)	B1(47.42)	B1(49.53)	B1(44.44)	B1(50.87)	B1(52.85)	B1(50.97)	B1(50.61)	B1(51.57)	B1(53.69)	B1(52.83)	B1(55.64)
	B4(19.88)	B4(21.25)	B4(20.28)	B4(19.65)	B4(19.73)	B4(19.96)	B4(20.10)	B4(19.59)	B4(19.45)	B2(18.66)	B4(18.86)	B4(19.83)
	B2(17.79)	B3(20.27)	B2(16.82)	B2(19.65)	B2(18.68)	B2(18.29)	B2(17.89)	B2(18.74)	B2(18.77)	B4(18.19)	B2(18.11)	B2(19.06)
	B3(11.38)	B2(11.06)	B3(13.37)	B3(14.48)	B3(10.71)	B3(8.90)	B3(11.03)	B3(11.05)	B3(10.21)	B3(9.46)	B3(10.20)	B3(5.47)

20 20	B1(54 .60)	B1( 51.24)	B1( 52.32)	B1( 42.15)	B1( 55.11)	B1( 56.28)	B1( 54.83)	B1( 54.79)	B1( 55.79)	B1( 58.56)	B1( 57.87)	B1( 61.66)
	B2(18 .94)	B3( 31.03)	B2( 17.90)	B2( 23.94)	B2( 19.03)	B2( 18.51)	B2( 18.86)	B2( 18.56)	B2( 19.69)	B2( 19.32)	B2( 19.54)	B2( 20.38)
	B3(13 .81)	B2( 12.57)	B3( 16.46)	B3( 21.83)	B4( 14.71)	B4( 15.65)	B4( 14.88)	B4( 14.68)	B4( 12.66)	B4( 12.70)	B3( 11.52)	B4( 12.56)
	B4(12 .65)	B4( 5.16)	B4( 13.32)	B4( 12.08)	B3( 11.15)	B3( 9.56)	B3( 11.43)	B3( 11.96)	B3( 11.86)	B3( 9.41)	B4( 11.08)	B3( 5.70)

表 5 绿色发展与数字经济指标层要素障碍度

年份	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
20 11	C12(1 8.17)	C12( 14.27)	C12( 15.22)	C12( 14.37)	C12( 14.67)	C12( 14.71)	C12( 14.36)	C12( 15.25)	C12( 14.84)	C12( 14.30)	C12( 14.90)
	C33(1 0.65)	C8(9 .46)	C8(9 .70)	C8(8 .28)	C8(8 .50)	C8(8 .30)	C8(8 .32)	C8(8 .57)	C8(8 .64)	C8(8 .27)	C8(8. 68)
	C22(9. 20)	C33( 9.30)	C33( 8.77)	C33( 7.95)	C33( 8.11)	C33( 8.07)	C33( 7.87)	C33( 8.31)	C33( 8.18)	C33( 7.82)	C33( 8.13)

	C32(7.97)	C21(7.57)	C21(6.94)	C21(7.28)	C21(7.10)	C21(7.00)	C21(6.94)	C21(7.32)	C21(7.17)	C21(6.92)	C21(7.17)
	C8(7.59)	C22(7.42)	C32(6.79)	C2(6.26)	C2(6.42)	C2(6.35)	C2(6.27)	C32(6.24)	C2(6.48)	C2(6.24)	C2(6.47)
	C10(5.40)	C32(7.07)	C22(6.65)	C32(5.97)	C32(6.24)	C32(6.23)	C32(5.75)	C2(5.85)	C32(6.21)	C32(5.83)	C32(6.05)
	C2(4.15)	C2(6.23)	C2(6.29)	C22(5.78)	C10(5.49)	C22(5.63)	C22(5.45)	C22(5.82)	C10(5.37)	C10(5.32)	C10(5.58)
20 14	C12(20.25)	C12(15.59)	C12(16.52)	C12(15.47)	C12(15.58)	C12(15.85)	C12(15.47)	C12(15.95)	C12(15.78)	C12(15.15)	C12(15.85)
	C33(11.00)	C8(9.66)	C8(10.50)	C8(8.67)	C8(9.00)	C8(8.43)	C8(8.67)	C8(8.67)	C8(8.97)	C8(8.76)	C8(9.14)
	C22(10.06)	C33(9.45)	C33(9.03)	C33(8.35)	C33(8.41)	C33(7.67)	C33(8.08)	C33(8.51)	C33(8.43)	C33(8.05)	C33(8.33)
	C8(7.83)	C22(7.90)	C21(7.07)	C21(7.72)	C21(7.30)	C21(7.37)	C21(7.35)	C21(7.73)	C21(7.67)	C21(7.32)	C21(7.58)
	C10(5.90)	C21(7.72)	C32(7.04)	C2(6.45)	C2(6.35)	C2(6.40)	C2(6.37)	C2(6.67)	C32(6.61)	C2(6.25)	C2(6.60)

	C32(5.14)	C32(6.76)	C22(6.91)	C32(6.14)	C32(5.96)	C32(6.13)	C32(6.08)	C2(5.96)	C15(5.59)	C32(6.23)	C32(6.38)
	C23(3.98)	C2(6.00)	C2(6.49)	C22(6.07)	C10(5.66)	C22(5.86)	C22(5.61)	C22(5.90)	C32(5.56)	C10(5.48)	C10(5.87)
20 17	C12(23.87)	C12(16.78)	C8(12.76)	C12(16.48)	C12(16.49)	C12(17.26)	C12(16.03)	C12(17.11)	C12(16.72)	C12(15.91)	C12(16.83)
	C33(12.56)	C8(10.11)	C33(10.73)	C8(9.06)	C8(9.38)	C33(8.90)	C8(8.94)	C8(9.89)	C8(9.11)	C8(8.94)	C8(9.56)
	C22(11.93)	C33(9.58)	C22(9.21)	C33(8.58)	C33(8.49)	C21(7.70)	C33(8.28)	C33(8.51)	C33(8.65)	C33(7.59)	C21(7.92)
	C8(7.37)	C22(8.65)	C32(8.03)	C21(7.91)	C21(7.57)	C8(7.16)	C21(7.57)	C21(7.88)	C21(7.93)	C21(7.58)	C33(7.89)
	C10(5.42)	C21(7.52)	C21(7.59)	C2(6.65)	C2(6.57)	C2(6.72)	C2(6.58)	C32(7.05)	C2(6.89)	C2(6.45)	C2(6.93)
	C23(4.78)	C32(7.30)	C2(7.58)	C22(6.56)	C32(6.53)	C22(6.40)	C32(6.49)	C2(6.32)	C10(5.63)	C32(6.40)	C32(6.77)
	C32(4.08)	C2(6.40)	C15(6.01)	C32(6.28)	C10(5.55)	C32(6.26)	C22(5.94)	C22(6.17)	C15(5.62)	C10(5.70)	C10(6.08)

	C12(3 6.15)	C12( 21.22)	C22( 12.72)	C12( 19.01)	C12( 18.69)	C12( 19.61)	C12( 18.41)	C12( 18.84)	C12( 19.28)	C12( 18.07)	C12( 18.66)	
	C22(1 8.07)	C8(1 0.97)	C8(1 2.60)	C8(9 .35)	C8(1 0.16)	C21( 8.29)	C8(8 .99)	C8(1 0.61)	C21( 9.07)	C8(9 .44)	C8(1 0.80)	
	C23(7. 09)	C33( 9.31)	C2(9 .83)	C21( 8.65)	C21( 8.29)	C2(8 .17)	C21( 8.33)	C21( 8.49)	C8(8 .87)	C33( 8.49)	C21( 8.63)	
20 20	C7(5.5 0)	C22( 8.81)	C32( 9.69)	C2(7 .63)	C32( 7.61)	C22( 7.28)	C2(7 .61)	C32( 7.25)	C2(7 .92)	C21( 7.30)	C2(7. 68)	
	C11(4. 23)	C21( 8.22)	C21( 9.61)	C22( 7.62)	C2(7 .41)	C8(6 .34)	C32( 7.28)	C2(7 .20)	C15( 6.24)	C2(7 .06)	C32( 7.21)	
	C16(3. 59)	C32( 8.03)	C15( 7.85)	C32( 7.12)	C22( 5.99)	C32( 6.07)	C22( 6.89)	C22( 7.03)	C10( 5.93)	C32( 5.89)	C15( 6.45)	
	C33(3. 33)	C2(4 .86)	C7(5 .41)	C15( 5.60)	C15( 5.77)	C15( 5.90)	C15( 6.27)	C15( 5.28)	C32( 5.85)	C10( 5.82)	C10( 6.41)	

从空间维度来看，不同省市的障碍因子存在差别。具体而言，下游江浙沪是长江经济带发展的领头羊，在经济发展、社会服务方面具有突出优势，除受贸易依存度的影响导致进出口贸易的障碍度水平大于中上游省市外，三者的障碍因子主要为社会服务维度的人均拥有公共图书馆藏书、人均绿地面积以及生态环境维度的人均森林蓄积量、人均水资源量，这一结果在上海的表现尤为显著。这主要是由于：一方面，江浙沪人口规模大、集聚程度高，导致人地矛盾、城市不公平现象突出[37]；另一方面，在森林覆盖率、水资源量等自然资源方面，江浙沪存在天然劣势。上游的重庆、四川、贵州以及云南虽然在经济发展、社会服务等处于劣势，但却拥有得天独厚的资源优势，且经济“绿色化”特征明显。因此，重庆、四川、贵州以及云南四省市在生态环境维度的人均森林蓄积量、人均水资源量等指标障碍度低于中下游省市，制约耦合协调度水平的主要障碍因子为经济发

展维度的人均技术市场成交额、人均财政收入；社会服务维度的人均拥有公共图书馆藏书以及数字经济维度的计算机服务和软件从业人员占比。故而，在发展过程中，重庆、四川、贵州以及云南应当充分发挥自身优势，探索新型经济、社会、生态协同发展之路，既要强化生态对于绿色发展的战略支撑地位，又要紧抓数字经济“新引擎”，以促进流域绿色发展与数字经济耦合调度水平的提升。安徽以及江西、湖北、湖南四省则不仅自然资源相对贫乏，且创新投入水平不高，第二产业在经济结构中的比重较大，制约其发展的不仅有生态环境维度的障碍因子，还有经济维度的人均技术市场成交额、人均财政收入，社会服务维度的人居绿地面积、人均拥有公共图书馆藏书，以及数字经济维度的计算机服务和软件从业人员占比。因此，安徽以及江西、湖北、湖南必须平衡经济、社会和自然的发展，既要增加科教文化投入，转变经济发展方式，增强经济对数字技术发展的支撑作用，还要促进社会公平、加强生态建设。

## 4 研究结论与对策建议

### 4.1 研究结论

在建立绿色发展-数字经济系统综合评价指标体系的基础上，本文基于熵值法、耦合协调度模型、空间自相关模型以及障碍度模型等方法，测算长江经济带 11 省市 2011~2020 年绿色发展与数字经济的发展水平及二者耦合协调度，探究流域绿色发展与数字经济的时序走势、空间差异以及障碍因子，主要结论如下：

(1)2011~2020 年长江经济带绿色发展指数呈上升趋势，具有下游>中上游的空间差异特征；数字经济亦呈现稳步上升趋势，呈现下游>上游>中游的空间差异特征；绿色发展与数字经济的耦合协调度逐年递增，向着协调化、优质化方向发展，但在时间上发展不充分，表现为流域整体耦合协调度水平不高，空间上发展不均衡，形成下游>上游>中游的“中部凹陷”局面。

(2)基于全局自相关的分析表明，长江流域整体绿色发展与数字经济耦合协调度的空间正相关特征显著，且集聚趋势渐强；局部自相关分析表明，长江流域内相邻省市间空间关联特征明显。具体地，高高集聚区主要是上海、江苏、浙江三省市，低高集聚区主要位于安徽、江西，湖北、湖南、重庆、四川、贵州以及云南则位于低低集聚区。

(3)基于障碍度模型的分析表明，制约长江流域 11 省市绿色发展与耦合协调度水平的障碍因子既存在一致性，亦存在一定差异。首先，依据准则层结果，绿色发展与数字经济综合系统各维度障碍度水平由高到低依次为经济发展>数字经济发展>社会服务>生态环境。其中，经济发展的障碍度始终保持高位，数字经济障碍度水平呈下降趋势，社会服务及生态环境的障碍度呈上升趋势。其次，依据指标层结果，制约流域内各省市耦合协调度水平提升的主要障碍因子是：进出口贸易总额、技术市场成交额、人均电信业务总量、计算机服务和软件从业人员占比、人均财政收入、人均公共图书馆藏书以及人均森林蓄积量等。最后，准则层以及指标层的障碍因子诊断揭示出长江流域内不同省市耦合协调度水平提升过程中的异质特征。具体地，下游江浙沪三省市，拥有坚实的经济社会基础，但贸易依存度偏高，发展较大程度受制于进出口贸易的影响，且由于人地矛盾突出，在社会服务、生态环境方面亦存在短板；上游云贵川渝四省市，具有得天独厚的生态禀赋，但在经济发展、社会服务以及数字经济方面存在不足；安徽及江西、湖北、湖南不仅生态环境脆弱，且经济发展、数字经济发展水平有限，四省不论在经济、社会、环境还是数字经济发展方面都有较大提升空间。

### 4.2 对策建议

(1)发挥政策效应，打造数字经济新引擎、助力绿色发展。

一方面，长江经济带各省市要加大对数字经济的支持力度，既要以强投入加大数字基础设施建设，又要加大人才培养与技术研发的力度，为数字经济的发展提供智力支持。另一方面，长江经济带各省市要以“绿色转型”为政策导向引领绿色发展，既要以税收优惠、价格补贴等措施激励企业绿色转型，加快形成清洁低碳的产业体系，又要健全绿色发展的动态监测与长效预警机制，落实绿色发展的监管责任。

(2)推动绿色发展与数字经济协同发力，促进二者有机融合。

一是以数字经济赋能绿色发展。一方面，要以大数据等数字技术为依托，引领生产方式、流通方式以及消费方式绿色变革，以数字化提升资源配置效率，驱动产业结构转型升级，引领绿色生活新风尚。另一方面，要以卫星遥感器等智能手段为抓手，完善生态环境的监督治理机制，高效守护“绿水青山”。二是以绿色发展为数字经济提供支撑。一方面，要以经济发展、社会进步为数字经济提供坚实的物质基础、广泛的人才支撑，以生态环境为数字基础设施的建设创造良好的条件。另一方面，要加快生产生活数字渗透，催生数字应用场景，加快建设数字中国。

(3)制定差异化发展战略，构筑区域协调发展新格局。

长江经济带各省市应当正视自身与其他省市在人才、技术以及资本等方面的差距，结合自身的资源禀赋制定发展战略。下游江浙沪三省市要充分利用良好的经济社会实力以及趋于成熟的数字技术。一方面，要在维持绿色发展、数字经济强劲劲头的同时，进一步拓宽数字经济的应用场景，推动数字技术在医疗、教育等方面的应用；另一方面，要充分把握三者的区位与资源优势，重视产学研合作，促进高校、科研院所以及政企合作，加强科研攻关力度，打造“长三角科技创新共同体”，从而为区域绿色发展与数字经济水平的提升提供科技与人才支持。安徽以及中游的江西、湖北、湖南四省要充分正视自身在绿色发展与数字经济发展方面的短板，既要加快转变发展方式的步伐，通过推动产业结构升级、优化资源配置等手段改善绿色发展现状，又要积极承接来自长三角地区的先进技术，推动数字经济与实体经济的融合，依托数字经济助力绿色转型。上游重庆、四川、贵州以云南四省市应当以各项政策红利为契机，在加大互联网基础设施建设、培育新经济、新动能的基础上，依托自身生态禀赋，因势利导发展生态旅游、休闲养老等产业，探索新型绿色发展之路。

## 参考文献：

[1]钟业喜，毛炜圣.长江经济带数字经济空间格局及影响因素[J]-重庆大学学报(社会科学版)，2020, 26( 1): 1930.

ZHONG Y X, MAO W S. Spatial differentiation of digital economy and its influencing factors in the Yangtze River Economic Belt[J]. Journal of Chongqing University( Social Sciences Edition) ,2020, 26(1): 19-30.

[2]孙勇，张思慧，赵腾宇，等.数字技术创新对产业结构升级的影响及其空间效应——以长江经济带为例[J].软科学：1-16.

SUN Y, ZHANG S H, ZHAO T Y, et al. The influence of digital technology innovation on industrial structure upgrade and its spatial effect: Evidence from the Yangtze River Economic Belt [J]. Soft Science : 1-16.

[3]孙文婷，刘志彪.数字经济、城镇化和农民增收——基于长江经济带的实证检验[J].经济问题探索，2022(3): 1-14.

SUN W T, LIU Z B. Digital economy, urbanization and the increase of farmers ' income: An empirical analysis based on cities in the Yangtze River Economic Belt [ J]. Inquiry into Economic Issues, 2022( 3): 1- 14.

[4]吴武林，罗世华，刘祥官.长江经济带包容性绿色发展的测度评价、动态分布与收敛趋势[J].江西财经大学学报，2022(6): 13-28.

WU W L, LUO S H, LIU X G. Measurement evaluation, dynamic distribution and convergent tendency of the inclusive green development in the Yangtze River Economic Belt [ J ] . Journal of Jiangxi University of Finance and Economics, 2022 (6) : 13-28.

---

[5]马海涛,王柯文.城市技术创新与合作对绿色发展的影响研究——以长江经济带三大城市群为例[J].地理研究,2022,41(12):3287-3304.

MA H T, WANG K W. The effect of urban technological innovation and cooperation on green development: A case study of the three urban agglomerations in the Yangtze River Economic Belt[J]. Geographical Research, 2022, 41 ( 12 ) : 3287 -3304.

[6]王伟,文杰,孙芳城.政府环境审计对长江经济带绿色发展的影响[J].长江流域资源与环境,2022,31(6):1187-1197.

WANG W, WEN J , SUN F C. Impact of government environmental audit on green development of Yangtze River Economic Belt[ J ] . Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(6) : 1187- 1197.

[7]黄磊,吴传清.外商投资、环境规制与长江经济带城市绿色发展效率[J].改革,2021(3):94-110.

HUANG L, WU C Q. Foreign investment, environmental regulation and green development efficiency of cities along the Yangtze River Economic Belt[J] . Reform, 2021(3): 94- 110.

[8]文传浩,谭君印,胡钰苓,等.新型基础设施建设对长江上游城市绿色转型的影响研究——基于“三生”空间视角[J].长江流域资源与环境,2022,31(8):1736-1752.

WEN C H, TAN J Y, HU Y L, et al. Research on impact of new infrastructure construction on urban green transformation in upper reaches of Yangtze River: Based on perspective of production-living-ecological space[ J ] . Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022 , 31 ( 8 ) : 1736- 1752.

[9]刘新智,孔芳霞.长江经济带数字经济发展对城市绿色转型的影响研究——基于“三生”空间的视角[J].当代经济管理,2021,43(9):64-74.

LIU X Z, KONG F X. Research on the impact of digital economy development on urban green transformation in the Yangtze River Economic Belt: Based on the perspective of productionliving-ecological Space [ J ]. Contemporary Economic Management, 2021, 43( 9 ) : 64-74.

[10] 吴传清,孟晓倩.长江经济带数字化转型对制造业绿色发展影响研究[J].南通大学学报(社会科学版),2022,38(6):37-47.

WU C Q, MENG X Q. Research on the impact of digital transformation on the green development of manufacturing industry in the Yangtze River Economic Belt [ J ] . Journal of Nantong Uni-versity( Social Sciences Edition) , 2022, 38(6) : 37-47.

[11] 吴玉鸣,张燕.中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J].资源科学,2008(1):25-30.

WU Y M , ZHANG Y . Analyzing coupled regional economic growth and environmental conservation in China[ J ] . Resources Science, 2008( 1 ) : 25-30.

[12] 柏培文,张云.数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J].经济研究,2021,56(5):91-108.

---

BAI P W , ZHANG Y. Digital economy, declining demographic dividends and the rights and interests of low-and medium-skilled labor[ J ] . Economic Research Journal, 2021 , 56(5):91- 108.

[ 13 ] DIEBOLT C, HIP P E R. The long-run impact of human capital on innovation and economic development in the regions of Euro-pe[ J ] . Applied economics, 2019, 51 ( 5 ) : 542-563.

[14]裴长洪, 倪江飞, 李越.数字经济的政治经济学分析[J].财贸经济, 2018, 39(9) : 5-22.

PEI C H, NI J F, LI Y. Approach digital economy from the perspective of political economics [J]. Finance & Trade Economics, 2018 , 39( 9) 5 -22.

[ 15 ] MANYIKA J, ROXBURGH C . The great transformer: The im-pact of the internet on economic growth and prosperity[ R ] . McKinsey Global Institute , 2011 .

[16]韩晶, 陈曦, 冯晓虎.数字经济赋能绿色发展的现实 挑战与路径选择[J].改革, 2022(9) : 11-23.

HAN J, CHEN X , FENG X H. The real challenge and path of enabling green development of digital economy [ J ] . Reform, 2022(9) : 11-23.

[ 17 ] WU H T, HAO Y, REN S Y, et al. Does internet development improve green total factor energy efficiency? Evidence from China[ J ] . Energy Policy, 2021, 153.

[18] 沈文玮, 李昱.中国式现代化、数字经济和共同富裕的 内在逻辑[J].经济纵横, 2022, (11): 1-7.

SHEN W W, LI Y. The inherent logic of Chinese path to modernization , digital economy and common prosperity[ J ] . Economic Review Journal, 2022 , ( 11 ) : 1 -7 .

[19] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 等.黄河流域生态保护与高质 量发展的耦合关系及交互响应[J].自然资源学报, 2021, 36(1) : 176 -195.

LIU L K , LIANG L T, GAO P , et al. Coupling relationship and interactive response between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin [J]. Journal of Natural Resources, 2021 , 36 ( 1 ) : 176 - 195.

[20] 马世骏, 王如松.社会-经济-自然复合生态系统[J].生 态学报, 1984(1) : 1-9.

MA S J, WANG R S. The Social-Economic-Natural complex e-cosystem[ J ] . Acta Ecologica Sinica, 1984 ( 1 ) : 1 - 9.

[21] 刘 潭, 徐璋勇, 张凯莉.数字金融对经济发展与生态环 境协同性的影响[J].现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42( 2 ) : 21-36.

LIU T, XU Z Y, ZHANG K L. The impact of digital finance on the Synergy of economic development and ecological environment [ J]. Modern Finance and Economics-Journal of Tianjin University of Finance and Economics, 2022, 42( 2 ) : 21 - 36.

- 
- [22] 陆远权, 张源.汉江生态经济带交通状况-区域经济-生态环境耦合协调发展研究[J]. 长江流域资源与环境: 1-19.
- LU Y Q, ZHANG Y. Research on coupling coordination development of traffic condition-regional economy-ecological environment in Hanjiang River Ecological Economy Belt [ J ] . Resources and Environment in the Yangtze Basin : 1 - 19.
- [23] 崔盼盼, 赵媛, 夏四友, 等.黄河流域生态环境与高质量发展测度及时空耦合特征[J].经济地理, 2020, 40 (5) : 49-57.
- CUI P P, ZHAO Y, XIA S Y, et al. Level measures and temporal and spatial coupling analysis of ecological environment and high quality development in the Yellow River Basin [ J ] . Economic Geography, 2020, 40(5): 49-57.
- [24] 赵涛, 张智, 梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J].管理世界, 2020, 36(10) : 65-76.
- ZHAO T, ZHANG Z, LIANG S K. Digital economy, entrepreneurship , and high-quality economic development empirical evidence from urban China[ J ] . Journal of Management World ,2020, 36( 10 ) : 65-76.
- [25] 何冈 U,陈文静, 叶阿忠.熵理论与制度变迁方式的选择 [J].财经研究, 2004(3) : 106-112.
- HE G, CHEN W J , YE A Z. Entropy theory and the choice of the way of mandatory transformation of system[ J ] . Journal of Finance and Economics, 2004(3) : 106- 112.
- [26] 李海波, 陈政, 欧沙.县域城镇化与人口回流耦合关系研究——基于湖南省 88 个县(市)数据的分析[J].经济地理, 2019, 39( 11 ) : 25-32.
- LI H B, CHEN Z, OU S. The coupling relationship between county urbanization and population reflux: Analysis based on data of 88 counties ( County-Level Cities) in Hunan province [ J ] . Economic Geography, 2019, 39 ( 11 ) : 25 - 32.
- [27] 任保平, 杜宇翔.黄河流域经济增长-产业发展-生态环境的耦合协同关系[J].中国人口-资源与环境, 2021, 31 (2) : 119-129.
- REN B P , DU Y X. Coupling coordination of economic growth , industrial development and ecology in the Yellow River Basin [ J ] . China Population, Resources and Environment,2021, 31(2) : 119- 129.
- [28] 王莹, 王慧敏.基于熵权 TOPSIS 模型的城市建设用地供应绩效评价及障碍度诊断——以西安市为例[J].中国农业资源与区划, 2018, 39(5) : 110-119.
- WANG Y, WANG H M. Evaluation and obstacle degree diagnosis of urban construction land supply performance under the entropy-weighting topsis method : A case study of Xi' An [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(5) : 110-119.
- [29] 陈健, 包滢晖, 伍国勇.经济圈空间经济关联与增长: 基于泛成渝地区的经验分析[J].贵州大学学报(社会科学版), 2021, 39(4) : 64-72, 122.

---

CHEN J, BAO Y H, WU G Y. Spatial economic correlation and growth of the Economic Circle: Based on the empirical analysis of Pan-Chongqing-Chengdu Area [ J ] . Journal of Guizhou University ( Social Sciences ) , 2021 , 39 ( 4 ) : 64 -72, 122.

[30] 刘超, 丁晨辉, 郑垂勇, 等.长江经济带数字经济产出效率的地区差异及动态演变[J].中国科技论坛, 2022(7): 118- 128.

LIU C, DING C H, ZHENG C Y, et al. Regional differences and dynamic evolution of digital economic output efficiency in the Yangtze River Economic Belt [ J ] . Forum on Science and Technology in China , 2022( 7 ) : 118- 128.

[31] 韩兆安, 吴海珍, 赵景峰.数字经济与高质量发展的耦合协调测度与评价研究[J].统计与信息论坛, 2022, 37(6): 22-34.

HAN Z A, WU H Z, ZHAO J F. Coupling coordination measurement and evaluation of digital economy and high-quality development[ J ] . Journal of Statistics and Information, 2022, 37(6) : 22-34.

[32] 王军, 朱杰, 罗茜.中国数字经济发展水平及演变测度[J].数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 26-42.

WANG J, ZHU J, LUO X. Research on the measurement of China' s digital economy development and the characteristics [ J ] . Journal of Quantitative & Technological Economics, 2021, 38( 7 ) : 26-42.

[33] 李小萌, 陈建先, 师磊.进出口贸易对中国就业结构的影响[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2016(3): 36-43.

LI X M, CHEN J X, SHI L. The impact of international trade on the employment structure in China [ J ] . International Business, 2016( 3 ) : 36-43.

[ 34 ] FENG L, LI Z Y, SWENSON D L. The connection between imported intermediate inputs and exports: Evidence from Chinese Firms [ J ] . Journal of International Economics, 2016, 101(7) : 86- 101 .

[ 35 ] REDMOND T, NASIR M A. Role of natural resource abundance, international trade and financial development in the economic development of selected countries [ J ] . Resources Policy, 2020, 66(6) : 101 - 124.

[36] 肖琬君, 冼国明, 杨芸.外资进入与产业结构升级: 来自中国城市层面的经验证据[J].世界经济研究, 2020(3): 33-45, 135- 136.

XIAO W J, XIAN G M, YANG Y. Inward foreign direct investment and industrial structure upgrading: Evidence from China ' s Prefecture-Level cities [J]. World Economy Studies, 2020(3) : 33-45, 135- 136.

[37] 徐丽婷, 姚士谋, 陈爽, 等.高质量发展下的生态城市评价——以长江三角洲城市群为例[J].地理科学, 2019, 39(8): 1228- 1237.

XU L T, YAO S M, CHEN S, et al. Evaluation of eco-city under the concept of high-quality development: A case study of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration [ J ] . Scientia Geographica Sinica, 2019 , 39 ( 8 ) : 1228 - 1237.