

分类号 \_\_\_\_\_  
U D C \_\_\_\_\_

密级 \_\_\_\_\_  
编号 10741



## 硕士学位论文

论文题目 我国区域绿色发展水平差异测度  
及时空演变特征分析

研究生姓名: 侯威

指导教师姓名、职称: 赵煜教授

学科、专业名称: 统计学 管理统计学

研究方向: 统计质量管理

提交日期: 2022年5月30日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 侯威 签字日期： 2022.5.30

导师签名： 赵煜 签字日期： 2022.5.30

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 侯威 签字日期： 2022.5.30

导师签名： 赵煜 签字日期： 2022.5.30

# **Analysis on the Measure and Spatial-temporal Evolution Characteristics of Regional Green Development Level Differences in China**

**Candidate : Hou Wei**

**Supervisor: Zhao Yu**

## 摘 要

随着我国社会发展进入新时代,区域发展也进入了新的发展阶段,即已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。党的十九大报告对当前我国社会主要矛盾作出新表述,强调“中国特色社会主义进入新时代,我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”,并指出现阶段要解决好区域发展不平衡不充分问题,必须坚持五大发展理念,特别是绿色、共享的发展理念。论文从定量角度,对我国区域绿色发展水平差异进行科学测度及时空演变特征分析,从而科学识别区域绿色发展水平差异及演变规律,揭示我国区域绿色发展的现状与问题,提出切实有效的建议与对策,进而可以对未来我国区域绿色协调发展提供一定的政策依据。

论文以生态文明理论、生态经济学理论、区域协调发展理论和生态位理论为指导,以我国30个省市自治区为研究对象,以2010—2019年面板数据为基础,对我国区域绿色发展差异性特征展开研究。首先,参考绿色发展与区域差异相关研究,构建了经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活四个子系统层共51个具体指标的我国绿色发展水平评价指标体系;其次,基于生态位理论构建绿色发展生态位态势模型对我国30个省市自治区绿色发展及四个子系统层发展水平进行综合评价,分析了绿色发展综合指数及四个子系统层指数发展现状与趋势;再次,通过改进泰尔指数及其分解公式并结合计算得到的生态位构建及测算绿色发展生态位泰尔指数,从全国和东中西三大地带视角进一步揭示我国区域绿色发展差异及其来源;接着,借助莫兰指数和莫兰散点图从空间相关性角度分析了我国绿色发展水平的区域集聚程度,考察了30个省市自治区绿色发展水平的空间差异;最后,对我国区域绿色发展水平进行收敛性分析,揭示了我国绿色发展水平区域差异的演化趋势。

**关键词:** 中国 绿色发展 生态位 区域差异 生态位泰尔指数

## Abstract

As China's social development has entered a new era, regional development has also entered a new stage of development, that is, it has changed from the stage of high-speed growth to the stage of high-quality development. The report of the 19th National Congress of the Communist Party of China made a new statement on the current main social contradictions in China, emphasizing that "as socialism with Chinese characteristics enters a new era, the main social contradictions in China have been transformed into the contradiction between the people's growing needs for a better life and unbalanced and insufficient development", and pointed out that in order to solve the problem of unbalanced and insufficient regional development at the emerging stage, we must adhere to the five development concepts, especially the concept of green and shared development. From a quantitative perspective, this thesis scientifically measures the differences of regional green development level in China and analyzes the characteristics of temporal and spatial evolution, so as to scientifically identify the differences and evolution laws of regional green development level, reveal the current situation and problems of regional green development in China, and put forward practical and effective suggestions and countermeasures, which can provide a certain policy basis for the coordinated development of regional green in China in the future.

Under the guidance of ecological civilization theory, ecological economics theory, regional coordinated development theory and niche theory, taking 30 provinces and autonomous regions of China as the research object and based on the panel data from 2010 to 2019, this thesis studies the differential characteristics of regional green development in China. Firstly, referring to the research on green development and regional differences, this thesis constructs an evaluation index system of China's green development level with 51 specific indicators in four subsystem levels: economic development, green ecology, infrastructure and green life; Secondly, based on the niche theory, this thesis constructs the niche situation model of green development, comprehensively evaluates the green development and the development level of four subsystem levels in 30 provinces and autonomous regions of China, and analyzes the development status and trend of green development comprehensive index and four subsystem level index; Thirdly, by improving the Theil index and its decomposition formula, combined with the calculated niche construction and calculating the green development niche Theil index, this thesis further reveals the differences and sources of regional green development in China from the perspective of the whole country, the East, the middle and the West; Then, with the help of Moran index and Moran scatter diagram, this thesis analyzes the regional agglomeration degree of China's green development level from the

perspective of spatial correlation, and investigates the spatial differences of green development level in 30 provinces and autonomous regions; Finally, the convergence analysis of China's regional green development level reveals the evolution trend of regional differences in China's green development level.

**Keywords:** China; Green development; Niche; Regional differences; Niche Theil Index

# 目 录

<b>1 引言</b> .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究目的与意义 .....	2
1.2.1 研究目的 .....	2
1.2.2 研究意义 .....	2
1.3 文献综述 .....	3
1.3.1 绿色发展相关研究 .....	3
1.3.2 区域发展差异研究 .....	4
1.3.3 文献述评 .....	6
1.4 研究内容、研究思路与可能的创新点 .....	6
1.4.1 研究内容 .....	6
1.4.2 研究思路 .....	8
1.4.3 可能的创新点 .....	9
<b>2 相关理论与方法</b> .....	10
2.1 理论基础 .....	10
2.1.1 生态文明理论 .....	10
2.1.2 生态经济学理论 .....	10
2.1.3 区域协调发展理论 .....	11
2.1.4 生态位理论 .....	11
2.2 统计测度方法 .....	12
2.2.1 综合评价方法 .....	12
2.2.2 生态位测度模型 .....	14
2.2.3 区域发展差异测度方法 .....	16
<b>3 研究设计</b> .....	19
3.1 区域绿色发展差异性测度体系的构建 .....	19
3.1.1 评价指标体系的构建 .....	19
3.1.2 绿色发展评价函数的确定 .....	23



3.1.3 区域绿色发展的差异性度量 .....	25
3.2 差异性空间演变特征分析 .....	27
3.2.1 空间自相关分析 .....	27
3.2.2 收敛性的检验 .....	28
<b>4 实证分析</b> .....	<b>30</b>
4.1 区域生态经济系统发展现状 .....	30
4.2 绿色发展水平测算与分析 .....	32
4.2.1 数据来源与预处理 .....	32
4.2.2 绿色发展水平评价 .....	32
4.3 区域绿色发展差异测算与分析 .....	43
4.3.1 全国区域差异测评 .....	43
4.3.2 三大地带差异测评 .....	45
4.4 绿色发展差异的空间特征分析 .....	48
4.4.1 全局空间自相关分析 .....	49
4.4.2 局部空间自相关分析 .....	49
4.5 区域绿色发展的收敛特征分析 .....	51
<b>5 结论与建议</b> .....	<b>53</b>
5.1 结论 .....	53
5.2 建议 .....	54
<b>参考文献</b> .....	<b>56</b>
<b>附 录</b> .....	<b>59</b>
<b>后 记</b> .....	<b>66</b>

# 1 引言

## 1.1 研究背景

随着我国社会发展进入新时代，区域发展也进入了新的发展阶段，即已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，而坚持绿色发展理念推进生态文明建设是新时代的要求。绿色发展与可持续发展思想一脉相承，是对发展模式的有益探索<sup>[1]</sup>。绿色发展就是要解决人与自然和谐发展问题，走一条生态优先的绿色发展之路，通过生态绿色化、生产绿色化、生活绿色化，走向生态文明新时代。党的十九大报告对当前我国社会主要矛盾作出新表述，强调“中国特色社会主义进入新时代，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”，并指出现阶段要解决好区域发展不平衡不充分问题，必须坚持五大发展理念，特别是绿色、共享的发展理念。

区域发展差异作为一种在世界范围内普遍存在、并长期存在的现象，区域间适度的差异可以使资源得到合理的配置，进而促进区域的发展，但过大的差异将会阻碍区域间的有序竞争。我国地域辽阔，由于各区域间自然资源禀赋状况、地理位置以及历史发展状况等方面的原因，区域发展差异始终存在<sup>[2]</sup>，并且部分区域间的发展状况存在较大的差异。目前我国的发展更加突出区域协调发展战略，国家层面强调要深入实施西部大开发、东北振兴、中部崛起、东部率先发展的区域发展总体战略，持续推进京津冀协同发展、长江经济带发展、“一带一路”建设三大战略；地方层面要求围绕国家总体战略及三大战略，推进解决地方区域发展所存在的问题。

绿色发展是实现可持续发展的必然要求，是实现人民群众根本利益的重要途径，是解决我国社会发展基本矛盾的重要手段。论文为进一步促进我国区域协调发展，在绿色发展理念下构建科学合理的测算模型对我国区域绿色发展差异进行测度及时空演变特征分析，从而科学识别区域绿色发展差异及演变规律，揭示我国区域绿色发展的现状与问题，提出切实有效的建议与对策，推进我国区域绿色发展水平的整体提升，进而对未来我国绿色发展以及区域协调发展提供一定的政策依据。

## 1.2 研究目的与意义

### 1.2.1 研究目的

论文以我国 30 省市自治区为研究对象，以生态文明理论、区域协调发展理论、生态经济学理论和生态位理论为基础，构建了一套实用性强、测度方法科学有效的测度体系。目前该测度体系在研究区域绿色发展水平差异问题上较为新颖，能够合理的对我国区域绿色发展水平差异测度及时空演变特征分析，以期对促进我国区域绿色协调发展提出切实有效的政策建议，在空间上精准施策、因地施策提供方向和目标，进而为相关部门的决策提供定量化的依据。

### 1.2.2 研究意义

区域发展差异是一种客观存在且具有普遍性的社会经济现象，我国国土幅员辽阔、人口众多，各区域间的自然地理、经济社会、生态环境与人口资源等方面都存在明显的差异。区域间发展不平衡、不充分是我国发展的客观现实，适当的差异有助于促进区域间的良性竞争，从而加快区域发展，但差距过大将会阻碍区域协调发展。研究区域绿色发展差异，探索绿色发展道路，实施绿色发展战略，不但可以为我国可持续发展注入新鲜力量，而且能够进一步发现我国区域发展差异状况与问题，也能对广大发展中国家起到启示和示范作用，具有深远而广泛的影响。因此，研究我国区域绿色发展差异对促进我国区域协调发展、可持续发展具有重大理论意义。

深入研究我国区域绿色发展差异现状，让各区域为自身准确定位，发现自身发展中存在的问题从而找准切入点，进而在区域经济发展过程中兼顾生态环境保护，进一步加强生态文明建设，才能科学有效的提高自身绿色发展水平，缩小与其他区域的差距。对我国区域绿色发展差异进行实证研究，根据分析的结果提出有效推动我国区域绿色发展差异的优化措施，可以为各级政府进行区域管理和调控提供科学依据。因此，为进一步促进我国区域绿色协调发展，对区域绿色发展差异展开研究十分重要且有着独特的现实意义。

## 1.3 文献综述

### 1.3.1 绿色发展相关研究

#### (1) 绿色发展的内涵研究

“绿色发展”是在生态环境容量与资源承载能力的约束下,对生态环境进行保护进而实现可持续发展的新型发展模式<sup>[3]</sup>。绿色发展的内涵十分丰富,包括绿色环境发展、绿色经济发展、绿色文化发展和绿色政治发展等多方面内容。庄友刚认为坚持绿色发展是全面推进生态文明建设的必然选择和生态动力,准确把握绿色发展理念的科学规定性才能更加全面、深入地推进绿色发展理念<sup>[4]</sup>;邬晓霞、张双悦对绿色发展未来走势进行了深入的研究,认为“绿色发展”将成为指导我国未来经济发展与社会发展的行为准则<sup>[5]</sup>,并对绿色发展的重要性进行了详细的论述;王淑芹认为要解决我国经济可持续发展中资源短缺与生态环境保护等突出问题必须坚持绿色发展理念<sup>[6]</sup>。

#### (2) 绿色发展理念实现路径的研究

余晓钟等人在绿色低碳化能源合作的实现路径研究中提出要进一步完善清洁能源的合作机制、积极参与沿线绿色能源的项目合作、还应充分借鉴国外绿色能源的技术与经验,进而实现我国能源结构的转型<sup>[7]</sup>;霍艳丽、刘彤在我国实现绿色发展的路径研究中认为应加强我国生态经济建设<sup>[8]</sup>,具体内容为加强生态文明教育、健全生态经济建设的法制体系、大力发展生态科技、建立完善的生态补偿机制等,进而推动绿色发展的实现;吴学榕、程铖认为要实现绿色发展必须坚持生态优先原则,要加速绿色产业的发展,要对经济结构进行优化进而提高效益,同时要提升绿色治理能力<sup>[9]</sup>;韩红蕾运用计量经济分析模型研究绿色经济发展的影响因素,发现绿色补贴、绿色研发、中介服务对于绿色经济发展有促进作用,并且绿色技术转让的促进作用十分明显<sup>[10]</sup>;何爱平等人对黄河流域的绿色发展效率进行了深入的研究,分析得出要提高绿色发展效率需要转变经济发展的方式,并对产业结构进行升级、大力发展科技和进一步提升对外开放的程度与质量<sup>[11]</sup>;胡鞍钢、周绍杰在研究中认为我国实施绿色发展战略应科学制定绿色规划、积极强化绿色投入和突出绿色政绩考核<sup>[12]</sup>。

### 1.3.2 区域发展差异研究

#### (1) 区域发展差异的研究尺度

在研究区域的划分中,相关学者对我国东、中、西三大地带、南北区域以及省域层面区域发展差异的研究相对较多,其次有将研究区域划分为东南、东北和西部三大区域展开研究的,有根据 GDP 高低划分研究区域的,还有在县域层面上分析我国区域发展差异的。许宪春等人在区域平衡发展研究上较为深入,为定量研究我国区域发展差异构建了中国平衡发展指数指标体系<sup>[13]</sup>,并使用极差标准化法测算了我国南北区域发展充分性的发展指数,运用基尼系数法测度了南北区域内部差异系数,从而确定了南北区域平衡发展指数<sup>[14]</sup>;杨多贵等人将我国 1953 年以来的区域发展历程分为四个阶段并对每个阶段进行了较为详细的分析,研究发现我国南北区域发展差距形势较为严峻<sup>[15]</sup>;吕韬等人构建了“时空接近”自相关模型来分析长三角区域的经济发展差异,研究发现长三角地区的经济差异呈现出沿海岸线方向逐渐递减的趋势<sup>[16]</sup>。

国外相关学者对我国区域发展差异的尺度关系特征也进行了相关研究,其中 Knight J & Song L 运用锡尔系数与基尼系数分解模型对我国区域经济差异进行了分解,得到省际经济发展差异大于省内经济发展差异的结论<sup>[17]</sup>;Wei Y 将工业产值作为测度我国区域经济差异的指标,对我国区域经济发展差异进行了较为详细的分析,研究发现自改革开放来,我国东中西三大地带间的经济发展差异呈现不断增大的趋势,而省际间的差异则呈现逐渐缩小的趋势<sup>[18]</sup>;Herrmann-Pillath C & Kirchert D & Pan J 对我国区域经济尺度特征的差异进行了深入研究,发现我国地区发展差异大于省际和地带的发展差异<sup>[19]</sup>;TP Lyons 以福建省县域为研究对象,较为详细的分析了 1978—1995 年福建区域经济发展差异,发现福建区域内部存在较大的差异且差异呈现不断增大的趋势<sup>[20]</sup>;Yamamoto D 从州、市、县三级空间尺度对美国 1955—2003 年的区域经济发展差异进行了深入的分析,得到越小的空间尺度经济发展差异越大的结论<sup>[21]</sup>。

#### (2) 区域发展差异测度方法的研究

目前对区域发展差异进行测度方法有多种,大多数是通过运用各种统计方法来分析不同区域发展差异的大小及其随时间变动的趋势,从而进一步探求区域发展的演变特征和规律。Lyons 将变异系数与加权变异系数相结合对我国不同时期

区域发展差异的特征与变化趋势进行了分析<sup>[22]</sup>；Fleisher 等人利用索罗经济增长模型分析了 1978—1993 年我国 31 个省市自治区的人均 GDP 变化趋势<sup>[23]</sup>；Yamamoto D 运用核密度估计方法、不平等指数、空间自相关统计与尺度方差对美国区域人均收入差异的多个方面展开进行分析<sup>[21]</sup>；Williamson 在研究区域经济发展差异中发现，区域在发展的前期阶段差异不断增大，在达到临界点后发展差异会不断减小，总体呈现“U”型的发展趋势<sup>[24]</sup>；Ying<sup>[25]</sup>、Kim 等<sup>[26]</sup>、Fujiata 等<sup>[27]</sup>使用 Theil 指数对我国各个时期的区域发展差异进行空间分解，进而对我国区域间与区域内部差异进行分析；Rozelle<sup>[28-29]</sup>在研究我国区域发展差异的影响因素中，利用 Gini 系数及其分解公式分析发现农村工业化使得我国区域发展差异不断增大；Knight 等<sup>[17]</sup>将 Theil 指数与 Gini 系数相结合来研究区域发展不平衡不充分问题，得到了更加科学合理的测度结果，并且对区域发展差异的解读更加全面。

我国相关学者也运用了各种方法对区域发展差异进行测度，魏后凯等运用加权变异系数法对我国 1952—1995 年区域收入差异的产业构成进行了分解，研究发现导致我国省际人均国民收入差异的主要因素是工业发展<sup>[30]</sup>；苟兴朝、张斌儒运用了改进的熵权法、泰尔指数与 Moran 指数对我国黄河流域八个省份的区域发展差异、绿色发展水平和空间相关性进行了科学合理的测度与分析<sup>[31]</sup>；邓宗兵、何若帆等人在研究我国八大综合经济区生态文明的发展差异中，运用了 Dagum 基尼系数对区域差异进行了分解并使用  $\sigma$  收敛和  $\beta$  收敛分析了其收敛性<sup>[32]</sup>；刘帅等运用 DEA 方法对我国经济增长质量进行了测算，并使用 Dagum 基尼系数分析了我国经济增长质量的区域差异与来源<sup>[33]</sup>；魏艳华等利用主成分分析技术构造了两种新的聚类 and 综合评价方法，针对标准化后的数据对区域发展差异测度不适用问题提出了新的测度指标，在对我国八大综合经济区发展差异研究中，运用了偏相关系数与复相关系数探究了指标间的真实关系并对区域差异测度与评价<sup>[34]</sup>；高赢运用 US-SBM-Malmquist 模型、Dagum 基尼系数对我国八大综合经济区绿色发展绩效与区域发展差异进行了全面的分析，研究发现八大综合经济区绿色发展绩效水平整体偏低，缩小区域发展差异有利于绿色发展<sup>[35]</sup>。

### （3）区域协调发展的研究

在区域协调发展相关研究中，梁亿南认为协调是对区域中各个群体的利益格

局进行统一的考虑而不是简单的妥协和迁就,只有区域协调才能更好更快的进行发展<sup>[36]</sup>;胡鞍钢对经济发展与社会发展间的相互联系进行了定量分析,探讨了区域发展差异的多个基本理论问题,并提出了缩小我国区域发展差距的思路与公共政策<sup>[37]</sup>;陈南京认为要实现我国区域协调发展,应遵循经济发展规律把东部发达区域的优势向中、西部延伸,将中、西部资源丰富的优势与东部的经济技术优势相结合,使资源得到合理配置,在不平衡中求平衡发展,从而达到共同富裕<sup>[38]</sup>;徐盈之、吴海明对我国区域协调发展水平进行了客观评价并运用 DEA 方法分析了我国区域协调发展水平的综合效率与影响因素,研究发现东部区域协调发展水平的综合效率最高,并且外资水平对综合效率有积极影响<sup>[39]</sup>;周成等以长江经济带沿线各省市为研究对象,对区域经济、生态环境和旅游产业进行了耦合协调分析与预测,研究发现经济发展与环境保护两者并不冲突以及制约东中西部区域协调发展的因素各有不同<sup>[40]</sup>。

### 1.3.3 文献述评

经过对相关文献的梳理,可以看到在绿色发展研究中主要对绿色发展的内涵、意义和绿色发展理念实现路径等研究较为深入;在区域发展差异研究中主要围绕研究尺度、指标选取、测度方法和区域协调发展等方面。进一步深入研究可以发现,多数学者对于区域发展差异的研究主要针对经济发展上的差异,对于结合生态环境与绿色发展的研究相对较少;区域发展差异测度方法选择上主要是变异系数、泰尔指数和基尼系数,目前结合生态学理论构建区域差异测算方法的文献非常少;相关学者们当前主要对我国东中西部差异、南北差异和省域差异进行深入研究,但结合时空特征分析区域发展差异的研究不多。

## 1.4 研究内容、研究思路与可能的创新点

### 1.4.1 研究内容

论文的主要内容由三大部分构成:

第一部分,主要包括研究背景、研究目的与意义、绿色发展与区域发展差异相关文献综述、研究述评、研究内容与研究思路、可能的创新点以及理论基础与

统计测度方法的介绍。

第二部分，主要从我国区域绿色发展水平差异的研究设计与实证分析两方面展开研究，具体为：

(1) 研究设计：构建一套科学性、可操作性强的我国区域绿色发展水平测度指标体系；绿色发展评价函数的确定，构建绿色发展生态位综合评价方法对我国 30 省市自治区的绿色发展水平进行测算与分析，定量剖析我国 30 省市自治区绿色发展生态位特征；区域绿色发展的差异性度量，构建绿色发展生态位泰尔指数对我国 30 省市自治区和东中西三大地带的绿色发展差异进行测算；区域绿色发展差异性空间演变特征分析模型构建，利用空间自相关分析法进一步研究绿色发展的区域差异，论文使用 Moran 指数对全局和局部空间自相关进行分析；绿色发展的区域差异的收敛性分析，用前文已经测算的我国 30 省市自治区和东中西三大地带的绿色发展生态位泰尔指数作为判断  $\sigma$  收敛的指标，选择面板数据的双向固定效应模型对条件  $\beta$  收敛进行检验。

(2) 实证分析：论文选取 2010—2019 年我国 30 省市自治区与绿色发展相关的面板数据，首先对我国区域生态经济系统发展现状进行了说明，然后根据构建的区域绿色发展差异测度体系对我国区域进行实证分析。主要内容分别为：根据构建的绿色发展生态位态势模型进行测算，得到我国 30 省市自治区绿色发展及四个子系统层的生态位数值与排名并根据测算结果对区域绿色发展水平进行综合分析；根据测算得到的我国各区域的绿色发展生态位，使用构建的生态位泰尔指数对我国区域绿色发展差异展开分析；为深入分析差异，借助 Moran 指数和双向固定效应模型进一步对我国区域绿色发展差异的空间特征与收敛性进行分析。

第三部分，总结与建议。根据实证分析的结果，结合我国区域生态经济系统发展现状、区域绿色发展水平差异及时空演变特征，对论文进行深刻总结，梳理出我国区域绿色发展存在的问题并进行深入思考，对我国区域因地制宜的提出切实有效的绿色发展实践路径与促进区域协调发展的可行性建议。



### 1.4.2 研究思路

论文的研究框架如图 1.1 所示：

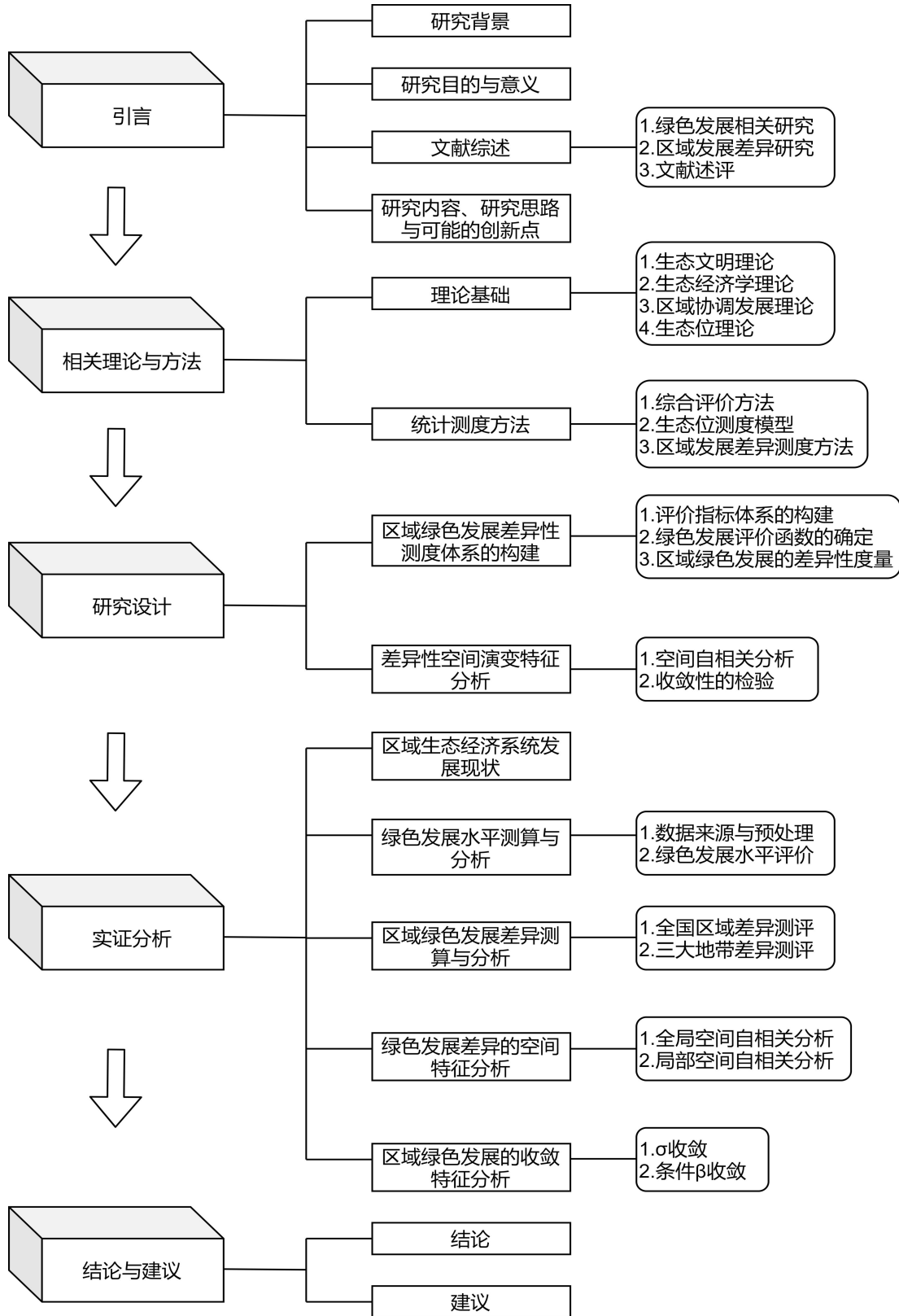


图 1.1 研究框架图

### 1.4.3 可能的创新点

(1) 研究视角的创新。目前区域发展差异相关的研究，主要以经济发展差异为主，结合区域生态经济系统分析我国区域差异的研究相对较少，并且研究的时间段往往较短，不能有效的分析区域发展差异的时空特征和发展趋势。论文结合我国区域生态经济系统发展现状，运用生态学理论，并在绿色发展理念下，基于我国 30 个省市自治区 2010—2019 年的面板数据，能够更加科学有效的对我国区域绿色发展水平差异进行测度及时空演变特征分析。

(2) 研究方法的创新。在区域发展差异的测算方法上，对传统泰尔指数进行了一定的改进，论文结合了生态位理论，用生态位宽度替代传统的 GDP 进行加权，构建了生态位泰尔指数模型对我国区域绿色发展水平差异进行测度，并且实证分析中可以发现这种方法的改进能够对区域绿色发展差异更加合理有效的测度。

## 2 相关理论与方法

### 2.1 理论基础

#### 2.1.1 生态文明理论

生态文明是人类社会发展的一个全新阶段，它要求人与自然和谐共生，实现经济社会的良性循环。“生态文明”一词在 2007 年我国第十七大报告会议上被首次提出，其贯穿于社会、文化、经济、政治建设等多个方面，是人类构建美好生态环境过程中所取得的一系列制度、精神、物质成果的总和。面对资源枯竭、环境污染、生态系统退化的严峻形势，必须树立保护自然、尊重自然的生态文明理念。生态文明作为一种新的文明，将可持续发展提升到绿色发展的高度，是要重新建立一个“绿色”的世界<sup>[41]</sup>，“绿色”是青春、希望与美好的象征，“绿色”是生态系统的标志，在生态基础上建立的文明也是一种“绿色文明”。进入新时代，生态文明理论对指导我国建设美丽中国有十分重要的意义，为满足我国人民群众对美好生态环境的需求，进一步提高人民群众的生活质量与身体健康，须持续加强生态文明建设。

#### 2.1.2 生态经济学理论

生态经济学是由生态学、经济学、社会学等多学科交叉形成的一门新兴科学，主要为可持续发展提供理论基础，解决人类经济发展与自然生态系统在时空上相互依存与共同发展的生态关系。生态经济学是站在生态系统角度来分析社会经济问题的，在社会、经济和自然的复合体系下，研究生态环境与经济矛盾的矛盾运动规律以及生态与经济双赢共繁荣的技术体系。生态经济是在自然资源与生态环境承载力的基础上人类合理的利用、开发自然，以环境友好为前提，通过技术创新实现经济发展与生态环境保护相协调的高级经济形态。生态经济强调经济的可持续性，在考虑经济成本与社会成本同时也要考虑生态成本，并且主张人类社会的物质资本对自然资本的不可代替性<sup>[42]</sup>。发展生态经济必须正确处理人与自然、生态效益与经济效益、生态经济效益与社会效益三大关系。

### 2.1.3 区域协调发展理论

区域协调发展是在经济全球化和区域经济一体化的发展趋势下,各区域间相互开放、加强合作,相互依赖程度不断增加,区域间经济发展协调互动、优势互补、合理分工,积极发挥区域自身优势和特点,进而缩小区域发展差异,促进区域全方位的发展。区域协调发展包括对区域内经济、环境、社会和资源等多方面的协调;区域内与区域间的协调;人与自然的协调;人与人之间的协调;城市与乡村的协调;经济社会方面的协调等,进而营造一个经济、环境、社会和资源全方位协调发展的区域环境<sup>[43]</sup>。区域协调发展的内涵包括四个方面,一是保持各区域人均生产总值差异在合理的范围内;二是各区域人民能够享受均等化的基本公共服务;三是各区域优势得到充分发挥;四是人与自然应和谐相处,保护好生态环境。推动区域协调发展具有十分重要的意义,区域协调发展是构建高质量国土空间布局的客观需要,是解决区域发展不平衡不充分问题的内在要求,是构建新发展格局的重要途径。

### 2.1.4 生态位理论

生态位是现代生态学重要的理论之一,在解释群落中物种共存、多度分布、生物多样性、种间相互作用等生态过程十分有用。最早使用“生态位”一词的是 Grinnell (1917),他把生态位定义为种的最后分布单位;Elton 认为生态位是种在群落中功能作用与地位;Hutchinson (1958)认为生态位是每种生物对环境变量的选择范围,由于环境变量是多维的,那么生态位也可以视为多维空间<sup>[44]</sup>;Odum (1959)认为生态位是种在其群落或生态系统的地位,所处的地位取决于该种的形态适应、生理反应与特有的行为;Pianka 在 1973 年提出一个生物单位的生态位是该生物适应性的总和。目前,生态位的概念已同种间竞争密切联系在一起,而且越来越同资源的利用联系在一起,因此一个种的生态位表示该种在群落或生态系统中利用资源的能力。一个种的生态位受群落内生物和非生物环境的影响,所以一个种在不同的群落中有不同的生态位。生态位概念自提出以来,生态位理论获得了不断地发展,也有力地推动着现代生态学理论的发展。

## 2.2 统计测度方法

### 2.2.1 综合评价方法

随着相关学者对综合评价研究的不断深入,使得综合评价方法不断丰富,常用的经典方法有专家会议法、层次分析法、模糊数学法、灰色关联分析法、熵权法、主成分分析法、数据包络分析法、TOPSIS法、聚类分析法等,但大致可以分为定性评价方法和定量评价方法,下面对常用的经典方法进行简单介绍。

#### (一) 模糊综合评价法

模糊综合评价是在考虑多种因素影响下,借助模糊数学工具对事物进行评价的一种方式,其方法原理为:

设  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  为对象的因素集,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  为每一因素的评语集。对单个因素  $u_i (i=1, \dots, m)$  进行评判,得  $V$  上的  $F$  集  $\{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\}$ , 所以它是从  $U$  到  $V$  的一个映射:

$$\tilde{f}: U \rightarrow F(V), \quad u_i \mapsto \tilde{f}(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}) \in F(V) \quad (2.1)$$

$F$  映射  $f$  可以确定一个  $F$  关系  $\tilde{\mathbf{R}} \in \mu_{m \times n}$ , 称为评判矩阵。

$$\tilde{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

确立  $U$  上各因素的权重为  $\tilde{\mathbf{A}} = (a_1, a_2, \dots, a_m)^T$ , 一般可以采用专家咨询法、层次分析法进行权重的确定,再与评判矩阵  $\tilde{\mathbf{R}}$  进行模糊运算,进而得到综合评价结果  $\tilde{\mathbf{B}} = (b_1, b_2, \dots, b_n)^T$ 。

$$\tilde{\mathbf{A}} \circ \tilde{\mathbf{R}} = \tilde{\mathbf{B}} = (b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (2.3)$$

$$\tilde{\mathbf{R}} = (r_{ij})_{m \times n}, \quad r_{ij} \in [0, 1] \quad (2.4)$$

$$b_j = \bigvee_{i=1}^m (a_i \wedge r_{ij}), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

根据最大隶属度的原则,选择综合评级集  $\tilde{\mathbf{B}}$  中最大的  $b_j$  所对应的评语  $v_j$  作为综合评价的结果。对多个对象评价时,需考虑对象集  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ , 选出

优胜者。

## (二) TOPSIS 法

TOPSIS 法是通过有限个被评价对象与理想解的逼近程度进行排序, 进而得到被评价对象的优劣, 其方法原理为:

假设有  $m$  个被评价对象,  $n$  个指标, 原始数据矩阵为:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

对于极大型指标, 使用标准化公式为:

$$Z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2} \quad (2.7)$$

对于极小型指标, 使用标准化公式为:

$$Z_{ij} = \left( \frac{1}{x_{ij}} \right) \sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2.8)$$

标准化后的矩阵为:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

由矩阵  $\mathbf{Z}$  确定每项指标的最优解和最劣解, 最优解向量和最劣解向量可分别表示为:

$$\mathbf{Z}^+ = (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_n^+)^T \quad (2.10)$$

$$\mathbf{Z}^- = (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_n^-)^T \quad (2.11)$$

其中,  $Z_i^+ = \max \{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}\}$ ,  $Z_i^- = \min \{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。

被评价对象与最优解和最劣解的距离可分别用  $\mathbf{D}^+$  和  $\mathbf{D}^-$  表示, 则第  $j$  个被评价对象的  $D_j^+$  和  $D_j^-$  计算公式为:

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z_i^+ - z_{ij})^2} \quad (2.12)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z_i^- - z_{ij})^2} \quad (2.13)$$

第  $j$  个被评价对象与最优解相对的接近程度用  $C_j$  表示，计算公式为：

$$C_j = D_j^- / (D_j^+ + D_j^-) \quad (2.14)$$

根据  $C_j$  的大小进行排序， $C_j$  越大，说明被评价对象越接近最优值。

## 2.2.2 生态位测度模型

生态位研究在分析群落结构和功能、群落内物种间关系、群落动态演替和种群进化等方面十分重要，生态位测度主要是生态位宽度和生态位重叠的测度，下面对较为常用的测度方法进行介绍。

下面公式中  $n_{ij}$  为第  $i$  个种在第  $j$  个资源状态下的个体数； $S$  为总种数； $r$  为资源状态数； $N_{i+}$  为第  $i$  个种的所有个体数； $N_{+j}$  为第  $j$  个资源状态下的全部种个体数之和； $N$  为全部个体总数。

(一) 生态位宽度的测度

(1) Levins (1968) 指数计算公式为：

$$B_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^r (P_{ij})^2} \quad (2.15)$$

式中： $B_i$  为种  $i$  的生态位宽度； $P_{ij} = n_{ij} / N_{i+}$ ，表示种  $i$  在第  $j$  个资源状态下的个体数占该种所有个体数的比例。

(2) 信息指数是以 Shannon-Wiener 信息公式为基础的，其计算公式为：

$$B_i = -\sum_{j=1}^r (P_{ij} \ln P_{ij}) \quad (2.16)$$

Levins 指数和信息指数  $B_i$  值越大，表示生态位越宽。当一个种的个体以相等的数目利用每一资源状态时， $B_i$  最大化，即该种具有最宽的生态位；当种  $i$  的所有个体都集中在某一个资源状态下时， $B_i$  最小，该种具有最窄的生态位。

(3) Smith 指数是 Smith 在 1982 年提出的一个生态位宽度指数，允许考虑资源的可利用性。

$$B_i = \sum \sqrt{P_{ij} a_j} \quad (2.17)$$

式中： $a_j$ 是第  $j$  个资源状态下资源占总资源的比例。由于实验中可以对资源量准确量化，因此该指数对实验数据更加有效。

(4) 生态位态势模型是朱春全提出的，在测度生物单元的生态位时，既测度了其状态，又测度了其对环境的影响力或支配力，其计算公式为：

$$N_i = \frac{S_i + A_i P_i}{\sum_{j=1}^n (S_j + A_j P_j)} \quad (2.18)$$

式中： $i, j = 1, 2, \dots, n$ ； $N_i$ 为生物单元  $i$  的生态位； $S_i$ 为生物单元  $i$  的态； $P_i$ 为生物单元  $i$  的势； $S_j$ 为生物单元  $j$  的态； $P_j$ 为生物单元  $j$  的势； $A_i$ 和  $A_j$ 为量纲转换系数。

## (二) 生态位重叠的测度

(1) Levins (1968) 重叠指数计算公式为：

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r (P_{ij} P_{kj})}{\sum_{j=1}^r (P_{ij})^2} \quad (2.19)$$

式中： $O_{ik}$ 表示种  $i$  的资源利用曲线与种  $k$  的资源利用曲线的重叠指数。由公式 (2.19) 可以看到，该指数与种  $i$  的生态位宽度有关，并且  $O_{ik}$  和  $O_{ki}$  的值与含义均不相同。当种  $i$  和种  $k$  在所有资源状态中的分布完全相同时， $O_{ik}$  最大，其值为 1，说明种  $i$  与种  $k$  生态位完全重叠。相反，当两个种不具有共同资源状态时，它们的生态位完全不重叠， $O_{ik} = 0$ 。

(2) Schoener (1974) 重叠指数计算公式为：

$$O_{ik} = 1 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^r |P_{ij} - P_{kj}| \quad (2.20)$$

其中， $0 \leq O_{ik} \leq 1$ 。

(3) Hurlbert (1978) 重叠指数是为了改进 Levins 指数而提出来的，考虑了每一个资源状态的量值的相对大小，其计算公式为：



$$O_{ik} = \sum_{j=1}^r \frac{P_{ij}P_{kj}}{C_j} \quad (2.21)$$

式中： $C_j$ 表示第  $j$  个资源状态的量值。

(4) Pianka (1973) 重叠指数计算公式为：

$$O_{ik} = \sum_{j=1}^r P_{ij}P_{kj} / \sqrt{\left(\sum_{j=1}^r P_{ij}\right)^2 \left(\sum_{j=1}^r P_{kj}\right)^2} \quad (2.22)$$

(5) Morisita (1959) 重叠指数计算公式为：

$$O_{ik} = \frac{2\sum_{j=1}^r (P_{ij}P_{kj})}{\sum_{j=1}^r P_{ij} \left[ \frac{(n_{ij}-1)}{(N_{i+}-1)} \right] + \sum_{j=1}^r P_{kj} \left[ \frac{(n_{kj}-1)}{(N_{k+}-1)} \right]} \quad (2.23)$$

该指数一般只用于密度或多度数据，如果数据是其他类型可以选用 Horn (1966) 提出的简化的 Morisita 指数，其计算公式为：

$$O_{ik} = \frac{2\sum_{j=1}^r (P_{ij}P_{kj})}{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 + \sum_{j=1}^r P_{kj}^2} \quad (2.24)$$

该指数与 Levins 和 Pianka 指数较为接近，但相比 Pianka 指数精度更高。

(6) Horn (1966) 重叠指数计算公式为：

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r \left[ (P_{ij} + P_{kj}) \lg(P_{ij} + P_{kj}) \right] - \sum_{j=1}^r (P_{ij} \lg P_{ij}) - \sum_{j=1}^r (P_{kj} \lg P_{kj})}{2 \lg 2} \quad (2.25)$$

(7) 上述指数均是测度两个种的生态位重叠，Petraitis (1979) 提出了多种群生态位重叠指数，其计算公式为：

$$O = \exp \frac{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r \left[ n_{ij} (\ln c_j - \ln P_{ij}) \right]}{N} \quad (2.26)$$

式中： $n_{ij}$ 、 $N$ 、 $P_{ij}$  的含义同前； $c_j$  表示第  $j$  个资源状态的相对多度。

### 2.2.3 区域发展差异测度方法

在区域发展差异的测度方法选择上，多数学者使用变异系数、基尼系数和泰

尔指数来测算区域发展差异。其中，变异系数只是简单的用研究对象的标准差除以平均值进行计算的，其值受到原始数据平均值的影响比较大且对指标的变动情况和引起差异的原因不能进行解释。基尼系数是由经济学家基尼通过洛伦兹曲线得出的，其值越大表示分配的差异越大，最初用来测度收入分配是否公平，现在也被用来度量差异，但是其不能对差异进行分解，无法反映组内与组间的差异，使得对各区域间和区域内的差异无法进一步解释。而泰尔指数在测度区域发展差异中有着明显的优点，可以从地域尺度上对区域的发展差异进行有效的分解，能够较为合理的分析和测度区域发展差异，论文后续将结合生态位理论对泰尔指数进行改进，因此下面对泰尔指数进行较为详细的介绍以及其分解公式的推导。

泰尔指数是 1967 年泰尔利用信息理论中熵的概念来测度收入不平等的。在信息理论中，如果某事件  $E$  以某概率  $P$  发生，且之后收到确定消息证实事件  $E$  发生，则该消息所包含的信息量可以表示为：

$$h(p) = \ln\left(\frac{1}{p}\right) \quad (2.27)$$

设某完备事件组由各自发生概率依次为  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$  的  $n$  个事件  $(E_1, E_2, \dots, E_n)$  构成，则有  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ ，熵等于各事件的信息量与其相应概率乘积的总和：

$$H(x) = \sum_{i=1}^n p_i h(p_i) = \sum_{i=1}^n p_i \log\left(\frac{1}{p_i}\right) = -\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i) \quad (2.28)$$

将信息理论中熵的概念用于收入差异测度时，收入差异的测度可以理解为人人口份额转为收入份额的消息所包含的信息量。根据加权指数类型，泰尔指数可分为 GDP 加权指数和人口加权指数，其计算公式为：

$$\text{GDP 加权指数: } Theil = \sum_{i=1}^n y_i \log\left(\frac{y_i}{p_i}\right) \quad (2.29)$$

$$\text{人口加权指数: } Theil = \sum_{i=1}^n p_i \log\left(\frac{p_i}{y_i}\right) \quad (2.30)$$

式中： $Theil$  为泰尔指数； $y_i$  为第  $i$  个体占有所有个体的 GDP 比重； $p_i$  为第  $i$  个体占有所有个体的比重。泰尔指数具备可分解特性，可将总体差异分解为组内差异

$T_\omega$  和组间差异  $T_b$ ，其推导过程为：

$$\begin{aligned}
Theil &= \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \log \left( \frac{\frac{Y_{ij}}{Y}}{\frac{p_{ij}}{p}} \right) \\
&= \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \log \left( \frac{\frac{Y_{ij}}{Y} \frac{Y_i}{Y}}{\frac{p_{ij}}{p_i} \frac{p_i}{p}} \right) \\
&= \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \left[ \log \left( \frac{\frac{Y_{ij}}{Y}}{\frac{p_{ij}}{p_i}} \right) + \log \left( \frac{\frac{Y_i}{Y}}{\frac{p_i}{p}} \right) \right] \\
&= \sum_i \sum_j \left[ \frac{Y_{ij}}{Y} \frac{Y_i}{Y} \log \left( \frac{\frac{Y_{ij}}{Y}}{\frac{p_{ij}}{p_i}} \right) \right] + \sum_i \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y} \log \left( \frac{\frac{Y_i}{Y}}{\frac{p_i}{p}} \right) \\
&= \sum_i \frac{Y_i}{Y} \sum_j \frac{Y_{ij}}{Y_i} \log \left( \frac{\frac{Y_{ij}}{Y}}{\frac{p_{ij}}{p_i}} \right) + \sum_i \frac{Y_i}{Y} \log \left( \frac{\frac{Y_i}{Y}}{\frac{p_i}{p}} \right) \\
&= T_\omega + T_b
\end{aligned} \tag{2.31}$$

经过一定的整理，泰尔指数分解公式为：

$$Theil = T_\omega + T_b \tag{2.32}$$

$$T_\omega = \sum_{k=1}^K y_k \sum_{i \in g_k} \frac{y_i}{y_k} \log \left( \frac{y_i / y_k}{1 / n_k} \right) \tag{2.33}$$

$$T_b = \sum_{k=1}^K y_k \log \left( \frac{y_k}{n_k / n} \right) \tag{2.34}$$

式中：假设包含  $n$  个个体的样本被分为  $k$  个群组，每组分别为  $g_k (k=1, 2, \dots, k)$ ，第  $k$  组  $g_k$  中的个体数目为  $n_k$ ，则有  $\sum_{k=1}^K n_k = n$ ； $T_b$  与  $T_\omega$  分别为组间差异和组内差异； $y_i$  与  $y_k$  分别表示某个体  $i$  的收入份额与某群组  $k$  的收入总份额。

## 3 研究设计

### 3.1 区域绿色发展差异性测度体系的构建

#### 3.1.1 评价指标体系的构建

##### （一）构建原则

绿色发展有着丰富的内涵，包含了绿色环境发展、绿色经济发展、绿色政治发展、绿色文化发展等既相互独立又相互依存、相互作用的诸多子系统。因此，在对我国区域绿色发展水平进行评价时，建立科学、具有代表性、可比较的绿色发展指标体系是十分必要的，这也是接下来一系列研究的基础。论文依照以下基本原则建立我国区域绿色发展水平的评价体系：

（1）科学性原则。指标体系必须把研究对象的内涵科学、确切地体现出来。指标选取应结合我国目前绿色发展所面临的主要问题与相关政策规划的总体目标，确保选取的指标可以较为全面真实地反映我国绿色发展状况，进而达到科学评价的目标。

（2）层次性原则。指标体系应根据影响区域绿色发展的经济、生态环境与生产生活等方面进行层次划分，避免筛选指标的重复和冗余，进而全面的反映我国区域绿色发展水平。

（3）可行性原则。考虑到区域绿色发展相关数据的获取具有一定的难度，因此在选取指标时应保证指标数据具备可搜集、可获取的特点，同时所得到的数据能够被量化分析，这是构建评价指标体系必须遵循的原则。

##### （4）动态性原则。

由于实现我国区域绿色发展是一项长期工程，对区域绿色发展水平评价同样应具有长期性与动态性特征，所以构建的指标体系要能反映当前的区域绿色发展水平，也要涵盖未来区域绿色发展的动态趋势，并且选取的指标应确保在不同时期具有可比性。

##### （二）构建依据

一个科学、有效的评价指标体系能精准地评估我国区域绿色发展水平，但是评价一个区域绿色发展的好坏从本质上来讲是困难的，要获得足够完美的数据建

立指标体系也是较难实现的。因此，构建本文的《我国绿色发展水平评价指标体系》必须要有相对充分的理由与一定的依据。

在 2016 年，我国制定了《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》作为生态文明建设评价考核的依据，该指标体系采用综合指数法进行测算，以 2015 年为基期，结合“十三五”规划纲要和相关部门规划目标，测算全国及分地区绿色发展指数和资源利用指数、环境治理指数、环境质量指数、生态保护指数、增长质量指数、绿色生活指数 6 个分类指数。绿色发展指数由除“公众满意程度”之外的 55 个指标个体指数加权平均计算而成。在 2017 年国家统计局根据《绿色发展指标体系》对我国 31 省市自治区的绿色发展指数进行测算并发布了 2016 年生态文明建设年度评价结果公报。

《绿色发展指标体系》虽然能够较为科学、合理的反映了各区域绿色发展水平，但其也有较为明显的不足，如指标权重的确定较为主观，由于国家构建指标体系要应用于我国各省、市、区和县，必须保持各个指标的统一性且主要选取的是基础指标，进而指标权重的确定较为主观，而本文由于仅针对省域层面，因此对指标采用客观赋权能够得到更加准确的评价结果；个别指标数据获取困难，由于国家在统计测算绿色发展指数时，往往有相关部门的配和，进而可以比较容易获得各种数据；国家的指标体系没有体现医疗卫生、文化教育等方面指标，本文在构建指标体系时加入了这些方面。因此，论文基于指标体系的构建准则，借鉴了国家制定的《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》并结合“十三五”规划纲要文件，参考国内外绿色发展指标研究成果与当前我国绿色发展状况及对我国区域发展平衡研究较为深入的作者许宪春等人发表的《关于中国平衡发展指数指标体系的构建》，最终构建了《我国绿色发展水平评价指标体系》。

### （三）我国绿色发展水平评价指标体系

根据上述指标体系的构建原则与依据，初步拟定我国绿色发展水平评价指标体系由四部分构成，分别是经济发展指标体系、绿色生态指标体系、基础设施指标体系和绿色生活指标体系。

#### （1）经济发展指标体系

由 3 个二级指标、12 个三级指标构成，分别从 GDP、城镇单位就业人员工资、第三产业产值增加值、地方财政收入与支出 5 个三级指标构建经济效益方面；从

R&D 经费、专利申请数和技术市场成交额 3 个三级指标构建创新驱动方面；从居民消费价格指数、社会消费品零售总额、居民可支配收入与消费支出 4 个三级指标构建消费水平方面（见表 3.1）。

表 3.1 经济发展指标体系

子系统层	要素层	指标层	属性
X <sub>1</sub> 经济发展	X <sub>11</sub> 经济效益	人均 GDP	正向
		城镇单位就业人员平均工资	正向
		人均地方财政一般预算收入	正向
		人均地方财政一般预算支出	正向
		人均第三产业产值增加值	正向
	X <sub>12</sub> 创新驱动	人均规模以上工业企业 R&D 经费	正向
		万人拥有规模以上工业企业专利申请数	正向
		人均技术市场成交额	正向
	X <sub>13</sub> 消费水平	居民消费价格指数	正向
		人均社会消费品零售总额	正向
		居民人均可支配收入	正向
		居民人均消费支出	正向

## （2）绿色生态指标体系

包含了 3 个二级指标和 14 个三级指标，分别从城市绿化、节能减排和环境治理三个方面反映，其中城市绿化由建成区绿化覆盖率、公园绿地面积、森林覆盖率、造林总面积、城市道路面积和建成区面积 6 个三级指标反映；节能减排由日生活用水量、废水排放总量、二氧化硫排放量、电力消费量和水资源量 5 个三级指标反映；环境治理分别由道路清扫保洁面积、生活垃圾无害化处理率和城市污水日处理能力 3 个三级指标反映（见表 3.2）。

表 3.2 绿色生态指标体系

子系统层	要素层	指标层	属性
X <sub>2</sub> 绿色生态	X <sub>21</sub> 城市绿化	建成区绿化覆盖率	正向
		人均公园绿地面积	正向
		森林覆盖率	正向
		人均造林总面积	正向
		人均城市道路面积	正向
		人均建成区面积	正向
	X <sub>22</sub> 节能减排	人均日生活用水量	负向

子系统层	要素层	指标层	属性
		人均废水排放总量	负向
		人均二氧化硫排放量	负向
		人均电力消费量	负向
		人均水资源量	正向
		人均道路清扫保洁面积	正向
	X <sub>23</sub> 环境治理	生活垃圾无害化处理率	正向
		人均城市污水日处理能力	正向

### (3) 基础设施指标体系

涵盖了 3 个二级指标和 11 个三级指标，其中衡量公共设施的指标从城市桥梁数、城市排水管道长度、城市道路照明灯数、公共厕所数和市容环卫专用车辆设备数 5 个三级指标来进行描述；衡量医疗卫生的指标从医疗机构床位数、医疗卫生机构数和卫生人员数 3 个三级指标来进行描述；衡量文化教育的指标从公共图书馆藏量、普通高等学校数和教职工总数 3 个三级指标来进行描述(见表 3.3)。

表 3.3 基础设施指标体系

子系统层	要素层	指标层	属性
		每万人拥有城市桥梁	正向
		人均城市排水管道长度	正向
	X <sub>31</sub> 公共设施	每万人拥有城市道路照明灯	正向
		每万人拥有公共厕所	正向
		每万人拥有市容环卫专用车辆设备	正向
X <sub>3</sub> 基础设施		每万人医疗机构床位数	正向
	X <sub>32</sub> 医疗卫生	每万人拥有医疗卫生机构数	正向
		每万人拥有卫生人员数	正向
		人均拥有公共图书馆藏量	正向
	X <sub>33</sub> 文化教育	每万人拥有普通高等学校数	正向
		每万人拥有普通高等学校教职工总数	正向

### (4) 绿色生活指标体系

分别从社会民生、民生改善和绿色出行 3 个二级指标以及 14 个三级指标来进行衡量，其中社会民生主要从城市人口密度、总抚养比、社会组织单位数和城镇登记失业率 4 个三级指标反映；民生改善主要从电话普及率、快递量、城市用水普及率、城市燃气普及率、医院病床使用率和城乡居民社会养老保险参保率 6 个三级指标反映；绿色出行主要从公共交通工具数、公共汽电车运营数、轨道交

通配属车辆数和出租汽车数 4 个三级指标反映（见表 3.4）。

表 3.4 绿色生活指标体系

子系统层	要素层	指标层	属性
X4 绿色生活	X <sub>41</sub> 社会民生	城市人口密度	正向
		总抚养比	正向
		每万人拥有社会组织单位数	正向
		城镇登记失业率	负向
	X <sub>42</sub> 民生改善	电话普及率	正向
		人均快递量	正向
		城市用水普及率	正向
		城市燃气普及率	正向
		医院病床使用率	正向
		城乡居民社会养老保险参保率	正向
X <sub>43</sub> 绿色出行	每万人拥有公共交通工具	正向	
	每万人拥有公共汽电车运营数	正向	
	每万人拥有轨道交通配属车辆数	正向	
	每万人拥有出租汽车	正向	

### 3.1.2 绿色发展评价函数的确定

论文前面对综合评价方法做了简单的介绍，可以看到综合评价的方法很多，但是每种方法考虑问题的侧重点不尽相同、各有优缺点。由于论文要对我国区域绿色发展水平评价，结合生态学理论模型可以更加科学合理的测度，论文第二章对生态位理论和各种生态位测度模型进行了详细的介绍，可以发现朱春全<sup>[45]</sup>提出的生态位态势模型，在测度生物单元的生态位时，既测度了其状态，又测度了其对环境的影响力或支配力，具有明显的优势，并且生态位的概念及其理论经过多年的发展已超越了生物学的范畴，渗透到了许多领域。因此，论文把生态位理论应用于我国区域绿色发展水平，通过构建生态位态势模型计算我国各区域的生态位及其态势，从而对绿色发展水平进行综合评价。

在生态位态势理论中，区域自身与所在环境的各方面的相互作用与影响所产生的结果为区域在各方面的生态位，生态位体现了区域的生存位置和作用。生态位包含状态属性的“态”和潜力属性的“势”，在评价研究对象的演替过程和发展规律时经常结合这两方面进行综合分析，态和势的结合即为生态位宽度。对我国各省市自治区的绿色发展水平从多时空维度、多因子进行评价中，各区域的绿



绿色发展也同时具有“态”和“势”两个基本属性。因此根据生态位态势理论构建我国区域绿色发展评价模型，不仅可以定量评价我国 30 省市自治区所处自然生态环境和社会经济系统间的匹配程度，而且还能分析我国绿色发展的状态和趋势。所以，将这一理论引入到我国区域绿色发展评价中能系统全面的把握各区域绿色发展水平，具有理论可行性。

绿色发展生态位态势模型。该模型的构建主要借鉴了朱春全<sup>[45]</sup>的模型与计算方法。绿色发展生态位由“态”和“势”决定，“态”反映了我国各省市自治区绿色发展的现状，采用的计算公式为：

$$D_{qij} = X_{qij} / X_{qi\ opt} \quad (3.1)$$

式中： $q=1,2,\dots,p$ ； $p$ 为子系统层个数； $i=1,2,\dots,m$ ； $m$ 为对应子系统层中评价的指标层个数； $j=1,2,\dots,n$ ； $n$ 为分析的区域个数； $D_{qij}$ 为第 $q$ 个子系统层下第 $i$ 个评价指标层的第 $j$ 个区域绿色发展生态位的“态”； $X_{qij}$ 为第 $q$ 个子系统层下第 $i$ 个评价指标层的第 $j$ 个区域的现实值； $X_{qi\ opt}$ 为第 $q$ 个子系统层下第 $i$ 个评价指标层的理想值。

“势”则是我国绿色发展的变化速度，以每年的增长率数值作为度量指标，采用的计算公式为：

$$M_{qij} = \frac{X_{qij} - X'_{qij}}{X'_{qij}} \quad (3.2)$$

式中： $M_{qij}$ 为第 $q$ 个子系统层下第 $i$ 个评价指标层的第 $j$ 个区域绿色发展生态位的“势”； $X'_{qij}$ 为上一年第 $q$ 个子系统层下第 $i$ 个评价指标层的第 $j$ 个区域的现实值。

“态”和“势”综合反映了绿色发展生态位宽度，采用的计算公式见公式为：

$$I_{qij} = \frac{D_{qij} + A_{qij}M_{qij}}{\sum_{k=1}^n (D_{qik} + A_{qik}M_{qik})} \quad (3.3)$$

式中： $k=1,2,\dots,n$ ； $n$ 为分析的区域个数； $I_{qij}$ 为第 $q$ 个子系统层下第 $i$ 个评价指标层的第 $j$ 个区域绿色发展指标层生态位； $A_{qij}$ 和 $A_{qik}$ 为量纲转换系数； $D_{qik}$

为第  $q$  个子系统层下第  $i$  个评价指标层的第  $j$  个区域绿色发展生态位的“态”；  
 $M_{qik}$  为第  $q$  个子系统层下第  $i$  个评价指标层的第  $j$  个区域绿色发展生态位的  
“势”。

在计算完绿色发展各指标层生态位后，最后进行各子系统层生态位与绿色发展综合生态位的计算，采用的计算公式为：

$$\text{子系统层生态位: } V_{qj} = \sum_{i=1}^m I_{qij} / m \quad (3.4)$$

$$\text{绿色发展综合生态位: } L_j = \sum_{i=1}^p V_{qj} / p \quad (3.5)$$

式中： $V_{qj}$  为第  $q$  个子系统层下第  $j$  个区域的子系统层生态位； $m$  为对应子系统层中评价的指标层个数； $L_j$  为第  $j$  个区域的绿色发展综合生态位； $p$  为子系统层个数。

根据生态位态势理论，生态位取值区间为[0,1]，生态位“态”和“势”的值越大，表明该区域吸收和获取资源的能力越强，资源利用率越高，得到的收益越大，竞争力越强，在生态经济系统中的影响力也越大，根据建立的绿色发展评价指标体系计算所得的绿色发展水平越高。反之，区域在发展中所能吸收和获取资源的能力越弱，资源利用率越低，作用的空间越小，得到的收益越小，竞争力越弱，在生态经济系统中的影响力越小，绿色发展水平也越低，进而与发展水平较高的区域差异愈来愈大。

### 3.1.3 区域绿色发展的差异性度量

在论文第二章区域发展差异测度方法中已经对泰尔指数已经进行了较为全面的介绍以及对其分解公式进行了推导，再结合前文区域发展差异的测度方法的文献综述，可以发现泰尔指数在测度区域发展差异中有着明显的优点，可以从地域尺度上对区域的发展差异有效的分解为组内差异和组间差异，进而能够较为合理的分析和测度区域发展差异，其取值区间为[0,1]，值越大表示区域发展差异越大。

因此,论文在泰尔指数的基础上结合生态位理论进行了一定的改进,即构建绿色发展生态位泰尔指数来测度我国区域绿色发展差异,能够更加科学合理的测度,其具体内容为:泰尔指数有GDP加权法和人口加权法两种加权方法,本文采用GDP加权法,又因为GDP体现的是区域发展的经济水平,生态位体现了区域的发展地位,两者具有一定的相似性和可替代性,所以在计算中可以使用前文构建的绿色发展生态位宽度替代GDP进行加权,进而可以对我国绿色发展的区域差异进行更加科学合理的测度。替代后构建的绿色发展生态位泰尔指数计算公式为:

$$Theil_{eco} = \sum_{i=1}^n p_i (y_i / u) \log(y_i / u) \quad (3.6)$$

式中: $Theil_{eco}$ 为绿色发展生态位泰尔指数; $n$ 为测度的区域数; $p_i$ 为*i*区域的人口占总人口的比重; $y_i$ 为*i*区域的绿色发展生态位; $u$ 为人口加权的均值绿色发展生态位。

对我国东中西三大地带的发展差异利用绿色发展生态位泰尔指数及其空间分解公式进行测度与分析,其计算公式为:

$$Theil_{eco} = T_{inter} + \sum T_{m(intra)} \quad (3.7)$$

$$T_{inter} = \sum \log[(Y_m / Y) / (X_m / X)] \quad (3.8)$$

$$T_{m(intra)} = \sum \log[(y_j / Y_m) / (x_j / X_m)] \quad (3.9)$$

式中: $Theil_{eco}$ 等于区域间差异与区域内差异之和, $T_{(inter)}$ 是三大地带间的绿色发展生态位差异; $T_{m(intra)}$ 是第*m*个地带内部的绿色发展生态位差异; $Y_m$ 为第*m*个地带绿色发展生态位总量; $Y$ 为全国绿色发展生态位总量; $X_m$ 为第*m*个地带的人口总量; $X$ 为全国人口总量; $y_j$ 为第*j*个区域的绿色发展生态位; $x_j$ 为第*j*个区域的人口数; $Y = \sum Y_m, X = \sum X_m, Y_m = \sum Y_j, X_m = \sum X_j$ 。

## 3.2 差异性空间演变特征分析

### 3.2.1 空间自相关分析

#### (一) 全局空间自相关

全局空间自相关能够对区域间绿色发展水平整体上的空间关联和空间差异程度进行衡量。在全局空间自相关分析中,首先建立空间权重矩阵,具体表示为:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

式中:  $W$  为空间权重矩阵,论文在 Geoda1.18 软件中选择 Queen contiguity 空间邻接方式进行构建;  $w_{ij} (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n)$  为第  $i$  个区域与第  $j$  个区域的邻近关系,本文规定相邻数值为 1,不相邻数值为 0。

在衡量全局空间自相关的各类指标中, Moran 指数使用的较为广泛,并且可以较好的揭示地理上相邻区域绿色发展水平的相似程度<sup>[46]</sup>,其计算公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (3.11)$$

式中:  $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n; n$  为区域总数;  $I$  为全局 Moran 指数;  $w_{ij}$  为空间权重矩阵中的元素;  $y_i$  为第  $i$  个区域的绿色发展水平;  $y_j$  为第  $j$  个区域的绿色发展水平;  $\bar{y}$  为所有区域绿色发展水平的平均值;  $S^2$  为绿色发展水平的样本方差。Moran 指数的取值区间为  $[-1,1]$ ,其值大于 0 表示相邻区域呈现正相关,等于 0 表示不相关,小于 0 表示负相关。

在计算全局 Moran 指数时,需要进行显著性检验,其原假设为该变量不存在空间相关性。检验统计量服从  $N(0,1)$ ,其表达式为:

$$Z_I = \frac{I - E(I)}{\sqrt{\text{VAR}(I)}} \quad (3.12)$$

设显著性水平为 $\alpha$ ，其拒绝域为 $X = \{|Z| \geq z_{\alpha/2}\}$ 。

## (二) 局部空间自相关

全局空间自相关仅仅分析了相邻区域间的整体集聚程度，且对于单个区域所处的集聚状态没有进行说明。而局部空间自相关则可以进一步对具体区域所处的集聚状态进行分析，弥补全局空间自相关的不足。论文采用局部 Moran 指数分析具体区域与其相邻区域间的相似程度，其计算公式为：

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y})}{S^2} \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y}) \quad (3.13)$$

式中： $i=1,2,\dots,n$ ； $j=1,2,\dots,n$ ； $i \neq j$ ； $I_i$ 为区域 $i$ 与相邻区域的局部 Moran 指数； $y_i$ 为第 $i$ 个区域的绿色发展水平； $y_j$ 为第 $j$ 个区域的绿色发展水平； $\bar{y}$ 为所有区域绿色发展水平的平均值； $w_{ij}$ 为空间权重矩阵中的元素； $S^2$ 为绿色发展水平的样本方差。

在上述理论方法的基础上，论文通过 Moran 散点图对各区域的绿色发展水平的空间集聚性进行分析。Moran 散点图共有四个象限，每个象限反映我国各区域间的不同空间联系，其中第一象限表示区域自身绿色发展水平较高且周围相邻的区域绿色发展水平也较高，用 H-H 表示；第二象限表示区域自身绿色发展水平较低且周围相邻的区域绿色发展水平较高，用 L-H 表示；第三象限表示区域自身绿色发展水平较低且周围相邻的区域绿色发展水平也较低，用 L-L 表示；第四象限表示区域自身绿色发展水平较高且周围相邻的区域绿色发展水平较低，用 H-L 表示。

### 3.2.2 收敛性的检验

“绝对收敛”假说认为如果每个区域的结构特点完全相同，那么长期内区域间的经济增长将趋于同样的收敛稳态。而“条件收敛”假说认为各区域可以具有不同的增长路径和稳态，但在加入一些控制变量后，各区域依旧会趋于同一个收敛稳态。绝对收敛说明区域间的差异会随着时间的推移自行缩小，而条件收敛反映出如果给予发展落后的区域一些经济等方面的帮助或国家政策上的倾斜，可以有效加快这些区域的发展并缩减与其他发展水平较高的区域之间的差距，最终实

现增长的趋同。

收敛类型一般可以分为 $\sigma$ 收敛、绝对 $\beta$ 收敛、条件 $\beta$ 收敛。常用基尼系数、泰尔指数等统计指标来验证 $\sigma$ 收敛,在论文中如果测算出的我国绿色发展的区域差异随时间推进是逐渐减小的,那么说明各区域间存在 $\sigma$ 收敛,反之各区域间不存在 $\sigma$ 收敛。绝对 $\beta$ 收敛认为各区域绿色发展水平随时间推进终会达到一致,绝对 $\beta$ 收敛的检验方程为:

$$\frac{1}{T} \ln(y_{it+T} / y_{it}) = \alpha + \beta \ln(y_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3.14)$$

方程的等号左侧表示区域*i*从*t*到*t+T*时期的平均增长率,等号右侧的 $\beta$ 为收敛系数。若 $\beta$ 显著且为负,表示该区域的绿色发展水平与其平均增长率呈现负相关并存在绝对 $\beta$ 收敛,即区域*i*期初绿色发展水平越高,则其平均增长率越低。

条件 $\beta$ 收敛认为各区域绿色发展水平差异会长期存在,论文借鉴彭国华<sup>[47]</sup>关于收敛问题的研究方法,选择 Panel Data 的双向固定效应模型对条件 $\beta$ 收敛进行检验,条件 $\beta$ 收敛的检验方程为:

$$\ln(y_{it+1}) - \ln(y_{it}) = \alpha + \beta \ln(y_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3.15)$$

式中: $t=1,2,\dots,8$ ,是2011—2019年的8个时段; $y_{it+1}$ 为区域*i*在*t+1*时期的绿色发展水平; $y_{it}$ 为区域*i*在*t*时期的绿色发展水平; $\beta$ 为收敛系数。

## 4 实证分析

### 4.1 区域生态经济系统发展现状

中国位于亚洲大陆的东部、太平洋西岸，陆地面积约 960 万平方公里。中国领土北起漠河以北的黑龙江江心（北纬 53°30'），南到南沙群岛南端的曾母暗沙（北纬 4°），跨纬度 49 度多；东起黑龙江与乌苏里江汇合处（东经 135°05'），西到帕米尔高原（东经 73°40'），跨经度 60 多度。从南到北，从东到西，距离都在 5000 公里以上。中国陆地边界长达 2.28 万公里，大陆海岸线长约 1.8 万公里，海域面积 473 万平方公里。我国同 14 国接壤，与 8 国海上相邻。省级行政区划为 4 个直辖市，23 个省，5 个自治区，2 个特别行政区。

为了论文后续能从绿色发展生态位得分的视角，更加清晰直观的对比、测度与分析我国区域绿色发展差异，根据国家统计局地区分类标准将我国 31 个省市自治区划分为东中西三大地带。由于西藏存在部分数据缺失，论文后续只对其他 30 省进行分析，具体区域划分结果见表 4.1。

表 4.1 我国三大地带区域构成

三大地带	各地带所含区域
东部	北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南
中部	山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南
西部	内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆

随着我国生态文明建设与绿色发展理念的不断深入发展，我国对生态环境的保护不再是简单的改善社会环境生存质量和保护自然资源，而是要改变自然资源短缺、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，兼顾经济发展和生态环境保护。20 世纪 80 年代以来，我国经济实现持续快速的发展，但付出的代价是生态环境恶化、自然资源枯竭，为解决经济增长中的生态环境问题，我国提出了切合目前发展现状的生态经济发展模式，打造绿色-循环-低碳的发展模式，扭转生态环境恶化的趋势<sup>[48]</sup>，进而保持生态经济系统的平衡。

近些年，我国生态环境状况有所改善，污染治理力度不断加强，通过不断加强生态保护、恢复和监督，全国环境质量也有所提高。2016—2020 年，我国环境空气质量达标城市数量从 84 个上升到 202 个，地表水点面检测 I ~ III 类占比

从 57.8% 上升到 83.4%；截至 2018 年，我国退耕还林工程累计造林面积 2855.29 万公顷，天然林资源保护工程累计造林面积 1334.90 万公顷，重点区域防护林体系工程累计造林面积 5366.10 万公顷；2014 年沙化和荒漠化状况监测数据显示，我国沙化土地总面积 173.11 万平方公里，年均缩减 1700 平方公里，荒漠化土地面积 262.37 万平方公里，年均缩减 2500 平方公里；2018 年我国水土流失面积为 273.69 万平方公里，与 2011 年相比减少了 21.23 万平方公里。虽然近些年我国对生态环境保护力度不断加强，但我国生态系统仍然脆弱，水土流失、固体废弃物和土地污染、森林资源总量不足、大气环境污染、野生动植物品种与数量不断减少等问题依然突出，生态环境质量改善存在较大的压力，生态环境状况仍然较为严峻。

目前，我国区域发展不平衡不充分问题依然存在，我国三大地带在经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活的差异状况如图 4.1 所示。从图中可以看到三大地带区域发展存在明显的差异，其中绿色生态和绿色生活方面的差异相对较小，基础设施存在一定的差异，经济发展方面的差异十分显著。其中东部地带由于地理位置优越、交通便利，发展速度较快，区域经济发展水平明显高于全国平均水平，但其内部区域发展差异非常大，如北京的人均 GDP 为 164563 元、人均社会消费品零售总额为 68784 元、居民人均可支配收入为 67756 元，而河北的人均 GDP 仅为 46182 元、人均社会消费品零售总额仅为 17437 元、居民人均可支配收入仅为 25665 元，中西部地带虽然具有丰富的自然资源，但地理环境与交通方面处于劣势，使得其发展较为缓慢，经济实力明显弱于东部地带，其区域内部经济发展差异较小，但与东部地带相比发展差异依然十分显著。

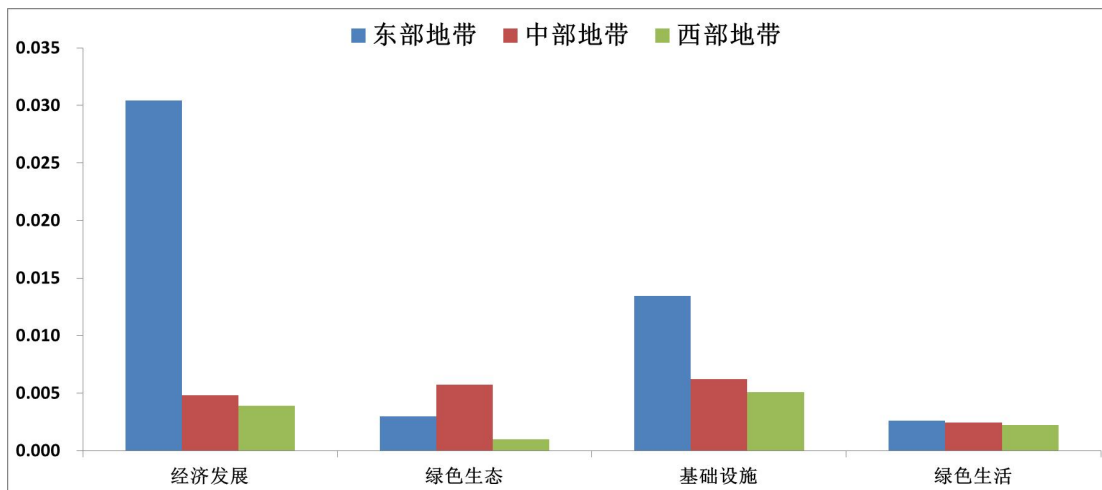


图 4.1 2019 年我国三大地带差异状况



## 4.2 绿色发展水平测算与分析

### 4.2.1 数据来源与预处理

论文收集整理了 2010 年—2019 年我国 30 省市自治区的面板数据，共 51 个指标，所使用的数据来源于《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》，数据的权威性和可靠性可以保证。由于数据量大、时间跨度较长和量纲不同，需要对数据进行一定的预处理，对于有极少年份的省市自治区的指标数据的缺失，本文采用近三年的平均值进行代替，为消除各指标数据的量纲，论文采用无量纲化进行处理，其计算公式为：

$$\text{正向指标: } X'_j = X_j / X_{\max} \quad (4.1)$$

$$\text{逆向指标: } X'_j = X_{\min} / X_j \quad (4.2)$$

式中： $X'_j$  为第  $j$  个指标标准化后的数值； $X_j$  为第  $j$  个指标的原始值； $X_{\max}$  为第  $j$  个指标中的最大值； $X_{\min}$  为第  $j$  个指标中的最小值。

### 4.2.2 绿色发展水平评价

根据构建的我国绿色发展水平评价指标体系，见表 3.1—表 3.4。利用已经构建的绿色发展生态位态势模型，见公式(3.3)、公式(3.4)和公式(3.5)，对我国区域绿色发展水平进行计算。在指标权重确定方面，由于不同的赋权方法会产生不同的结果并会直接影响评价的准确性，为尽量减少人为因素的影响，论文采用客观赋权法进行指标权重的确定，四个子系统层经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活的一级权重都相等为 1/4，指标层的二级权重为对应系统层所含指标个数的倒数，量纲转换系数为 1。通过计算得到我国 30 省市自治区 2011—2019 年经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活四个子系统层的生态位得分与排序，并用四个子系统层生态位得分的算术平均值作为我国 30 省市自治区的绿色发展生态位，具体计算结果见表 4.2—表 4.6，由于论文篇幅限制仅展示部分年份的计算结果。为了更好的呈现绿色发展水平随时间的变动趋势，本文绘制了我国 30 省市自治区 2011—2019 年绿色发展水平及四个子系统层的三维图，见图 4.2—图 4.6。

## (1) 绿色发展综合生态位测评

将经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活四个子系统层的生态位进行汇总整理,得到我国 30 省市自治区 2011—2019 年的绿色发展综合生态位并进行排名,如表 4.2 所示,绘制的变化趋势三维图如图 4.2 所示。总的来看,我国各区域绿色发展水平存在较大的差异,但随着时间推进差异有缩小的趋势。各区域绿色发展综合生态位排名历年来较为稳定,仅有个别区域的排名发生了较大的变化,说明了绿色发展水平较高的区域一直非常重视生态环境保护,始终保持着一一定的绿色发展速度,绿色发展水平较低的区域在经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活等方面的发展存在短板导致绿色发展水平较为落后,进而表明我国区域绿色发展水平存在明显差异。

表 4.2 我国绿色发展综合生态位得分排序表

区域	2011 年	2013 年	2015 年	2017 年	2019 年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.050 /1	0.047 /1	0.049 /1	0.048 /1	0.046 /1
天津	0.040 /3	0.038 /4	0.040 /3	0.038 /4	0.038 /5
河北	0.030 /24	0.027 /29	0.029 /25	0.029 /28	0.029 /28
山西	0.030 /20	0.033 /13	0.027 /30	0.030 /27	0.028 /30
内蒙古	0.034 /11	0.035 /8	0.034 /9	0.034 /8	0.034 /10
辽宁	0.039 /4	0.033 /12	0.031 /21	0.032 /19	0.032 /21
吉林	0.032 /17	0.036 /7	0.032 /18	0.032 /16	0.033 /14
黑龙江	0.031 /18	0.033 /11	0.031 /19	0.030 /24	0.034 /9
上海	0.042 /2	0.041 /2	0.045 /2	0.041 /2	0.042 /2
江苏	0.037 /7	0.038 /3	0.039 /5	0.038 /3	0.039 /4
浙江	0.039 /5	0.037 /6	0.039 /4	0.037 /5	0.039 /3
安徽	0.031 /19	0.033 /16	0.032 /17	0.031 /21	0.032 /19
福建	0.038 /6	0.033 /17	0.037 /6	0.036 /6	0.036 /6
江西	0.030 /23	0.030 /25	0.032 /16	0.034 /9	0.034 /8
山东	0.033 /14	0.033 /15	0.032 /14	0.033 /14	0.032 /22
河南	0.027 /29	0.027 /30	0.028 /29	0.032 /18	0.030 /25
湖北	0.030 /21	0.034 /10	0.033 /12	0.032 /17	0.032 /18
湖南	0.030 /22	0.029 /26	0.031 /20	0.030 /25	0.033 /12
广东	0.033 /13	0.032 /18	0.036 /7	0.034 /10	0.035 /7
广西	0.027 /30	0.031 /24	0.029 /28	0.028 /30	0.030 /24
海南	0.033 /15	0.037 /5	0.034 /8	0.031 /23	0.033 /11
重庆	0.034 /12	0.032 /19	0.033 /11	0.031 /22	0.031 /23
四川	0.029 /25	0.031 /23	0.032 /13	0.032 /20	0.032 /16
贵州	0.029 /26	0.032 /20	0.030 /23	0.035 /7	0.030 /26
云南	0.028 /27	0.029 /27	0.029 /26	0.030 /26	0.029 /29

区域	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
陕西	0.035 /10	0.035 /9	0.032 /15	0.034 /12	0.033 /13
甘肃	0.028 /28	0.029 /28	0.029 /27	0.032 /15	0.029 /27
青海	0.035 /8	0.033 /14	0.030 /22	0.034 /11	0.032 /15
宁夏	0.035 /9	0.031 /21	0.033 /10	0.033 /13	0.032 /17
新疆	0.032 /16	0.031 /22	0.030 /24	0.029 /29	0.032 /20

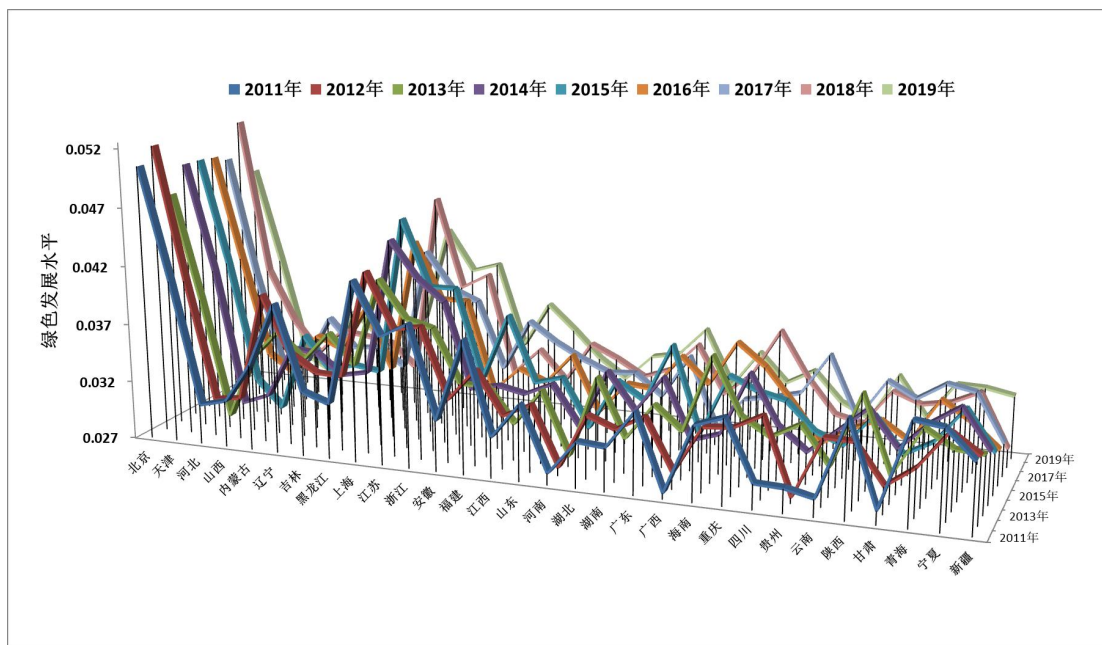


图 4.2 我国 2011—2019 年绿色发展水平的变动趋势

由图 4.2 与表 4.2 可以看到，2019 年我国绿色发展水平排名前三的区域分别为北京、上海和浙江，其绿色发展综合生态位得分分别为 0.046、0.042 和 0.039，得分显著高于其他区域，并且在经济发展与基础设施子系统层的得分也比较高，排名后三位的区域分别是河北、云南和山西，其得分分别为 0.029、0.029 和 0.028，因为在绿色生态与基础设施子系统层中的得分比较低，导致其绿色发展综合生态位得分相对较低。

在 2011—2019 年中，北京、上海、天津、浙江和江苏这些区域绿色发展综合生态位得分常年位居前列，多年来一直表现出较高的绿色发展水平，而河北、山西、广西、贵州和云南等区域可能由于所处的地理位置和经济发展相对落后等原因导致其绿色发展综合生态位得分多年排名末位，表明这些区域绿色发展水平进程较为缓慢，与绿色发展水平较高的区域存在一定的差距。

有个别区域随着时间推进，其绿色发展综合生态位排名有较大变化，如江西

在 2013—2019 年绿色发展水平逐年稳定提高,从 2013 年的第 25 名到 2019 年的第 8 名,而辽宁在 2011—2015 年绿色发展综合生态位排名从第 4 名下降到了第 21 名,反映出有的区域近年来越来越注重绿色发展,有的区域绿色发展速度有所减缓。

## (2) 经济发展子系统层生态位测评

通过计算得到我国 30 省市自治区 2011—2019 年经济发展子系统层的生态位得分与排名,如表 4.3 所示,绘制的变化趋势三维图如图 4.3 所示。总的来看,我国区域经济发展存在明显的差异,但由于我国坚持把发展经济放在实体经济上,推进产业基础高级化、产业链现代化,提高经济质量效益和核心竞争力,各区域经济近些年取得良好的发展,进而随时间推进我国区域经济发展差异呈现有所缩小的趋势。

表 4.3 我国经济发展生态位得分排序表

区域	2011 年	2013 年	2015 年	2017 年	2019 年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.064 /1	0.061 /1	0.069 /1	0.062 /1	0.063 /1
天津	0.053 /3	0.051 /4	0.051 /3	0.040 /7	0.043 /6
河北	0.026 /24	0.022 /30	0.026 /22	0.028 /23	0.028 /20
山西	0.027 /22	0.030 /18	0.020 /30	0.033 /11	0.023 /29
内蒙古	0.031 /16	0.028 /20	0.030 /15	0.030 /16	0.031 /11
辽宁	0.035 /9	0.031 /15	0.021 /26	0.029 /18	0.028 /23
吉林	0.031 /15	0.029 /19	0.021 /27	0.028 /25	0.031 /12
黑龙江	0.028 /19	0.025 /26	0.020 /28	0.023 /29	0.029 /16
上海	0.061 /2	0.056 /3	0.063 /2	0.061 /2	0.061 /2
江苏	0.045 /4	0.043 /5	0.046 /4	0.044 /4	0.047 /3
浙江	0.042 /6	0.041 /6	0.045 /5	0.045 /3	0.047 /4
安徽	0.029 /17	0.030 /17	0.033 /11	0.031 /14	0.032 /10
福建	0.032 /12	0.033 /10	0.039 /7	0.040 /8	0.040 /7
江西	0.027 /21	0.027 /22	0.031 /14	0.031 /15	0.030 /14
山东	0.032 /11	0.033 /11	0.033 /12	0.033 /9	0.030 /15
河南	0.026 /25	0.023 /29	0.025 /24	0.028 /21	0.029 /17
湖北	0.031 /13	0.035 /8	0.035 /10	0.031 /13	0.034 /8
湖南	0.027 /23	0.030 /16	0.029 /20	0.033 /10	0.033 /9
广东	0.038 /7	0.037 /7	0.044 /6	0.043 /5	0.045 /5
广西	0.023 /29	0.034 /9	0.020 /29	0.023 /28	0.025 /27
海南	0.025 /26	0.057 /2	0.038 /8	0.024 /27	0.028 /21
重庆	0.033 /10	0.032 /12	0.035 /9	0.028 /20	0.026 /26
四川	0.024 /27	0.027 /23	0.030 /16	0.030 /17	0.028 /19
贵州	0.028 /18	0.027 /21	0.029 /17	0.041 /6	0.027 /24

区域	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
云南	0.023 /28	0.023 /28	0.028 /21	0.028 /22	0.027 /25
陕西	0.035 /8	0.031 /14	0.029 /18	0.029 /19	0.031 /13
甘肃	0.023 /30	0.026 /24	0.023 /25	0.022 /30	0.022 /30
青海	0.031 /14	0.031 /13	0.029 /19	0.027 /26	0.025 /28
宁夏	0.043 /5	0.024 /27	0.031 /13	0.031 /12	0.029 /18
新疆	0.027 /20	0.025 /25	0.026 /23	0.028 /24	0.028 /22

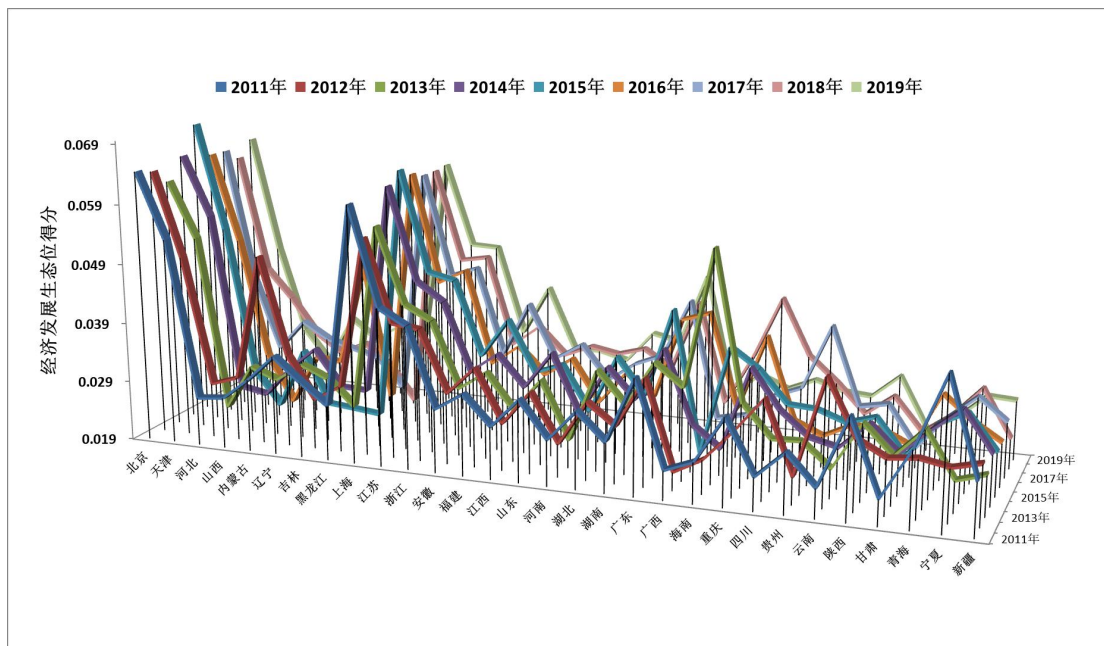


图 4.3 我国 2011—2019 年经济发展的变动趋势

由图 4.3 与表 4.3 可以看到，2019 年我国区域经济发展差异仍然十分显著，其中北京、上海经济发展生态位排在前两名，得分分别达到了 0.063、0.061，而江苏虽然位列第 3 名其经济发展水平也较强，但生态位得分为 0.047，与北京和上海还有一定的差距，进行深入的分析可以看到经济发展水平较高的区域尤其在人均 GDP、人均地方财政收入与支出、人均规模以上工业企业 R&D 经费和居民人均可支配收入与消费支出等方面的数值较高，说明在这些方面表现优秀，大幅领先其他区域，而青海、山西和甘肃的经济发展生态位排在末位，得分分别为 0.025、0.023、0.022，经济发展水平较低，与排名靠前的区域存在一定的差距。

在 2011—2019 年中，我国区域经济发展生态位排名总体变化不大，但有个别区域近些年经济发展快速，排名逐年靠前，其中北京、上海、江苏、天津和浙江等区域经济发展水平常年稳居前列，表明这些区域经济能够平稳高效的发展，

吸收和获取资源能力较强, 具有较大的影响力, 占据着较高的生态位, 而山西、黑龙江、广西、云南和甘肃经济发展相对落后, 应重点加强创新驱动以及提高经济效益、消费水平, 进而促进经济快速发展。

在 2011—2015 年辽宁、吉林和黑龙江三省经济发展生态位排名大幅度倒退, 在 2015 年其排名分别为第 26 名、第 27 名和第 28 名, 反映出近些年这些区域经济发展速度相对变缓, 经济实力有所下降, 而湖南在 2015—2019 年经济发展生态位排名从第 20 名上升到第 9 名, 表明该区域近些年经济发展迅猛。

### (3) 绿色生态子系统层生态位测评

根据计算得到我国 30 省市区 2011—2019 年绿色生态子系统层的生态位得分与排名, 如表 4.4 所示, 绘制的变化趋势三维图如图 4.4 所示。我国各区域在绿色生态方面的表现整体相对平衡没有出现较大的差异, 但有个别区域绿色生态生态位得分较高并显著高于其他区域, 如内蒙古、福建和海南, 说明这些区域在绿色生态方面占据着较高的生态位, 生态环境状况良好, 相比其他区域更加重视生态环保工作, 在优化能源结构、推进主要污染物减排、治理环境污染、提高城市绿化率、加快植树造林、加强对绿色植被保护和资源与水源保护等生态环境保护工作上表现优秀。

表 4.4 我国绿色生态生态位得分排序表

区域	2011 年	2013 年	2015 年	2017 年	2019 年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.033 /12	0.034 /10	0.032 /16	0.041 /1	0.035 /9
天津	0.033 /14	0.028 /27	0.030 /25	0.036 /8	0.034 /13
河北	0.031 /19	0.027 /29	0.030 /26	0.028 /29	0.029 /29
山西	0.031 /18	0.030 /23	0.027 /29	0.031 /25	0.029 /28
内蒙古	0.038 /5	0.043 /3	0.037 /7	0.038 /2	0.038 /3
辽宁	0.052 /2	0.033 /12	0.032 /19	0.033 /14	0.032 /22
吉林	0.026 /29	0.048 /1	0.039 /3	0.035 /12	0.034 /12
黑龙江	0.032 /17	0.042 /4	0.035 /9	0.033 /15	0.039 /1
上海	0.017 /30	0.025 /30	0.037 /5	0.023 /30	0.031 /25
江苏	0.030 /22	0.031 /20	0.031 /23	0.031 /26	0.030 /27
浙江	0.037 /7	0.031 /21	0.034 /11	0.030 /27	0.035 /7
安徽	0.034 /10	0.045 /2	0.034 /12	0.033 /20	0.032 /23
福建	0.057 /1	0.032 /13	0.048 /1	0.033 /19	0.036 /5
江西	0.032 /16	0.032 /14	0.037 /8	0.037 /4	0.037 /4
山东	0.034 /9	0.036 /8	0.032 /20	0.032 /21	0.031 /26
河南	0.027 /28	0.028 /28	0.027 /28	0.033 /16	0.028 /30

区域	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
湖北	0.029 /23	0.032 /15	0.030 /24	0.035 /10	0.033 /16
湖南	0.033 /13	0.028 /26	0.033 /13	0.031 /24	0.035 /10
广东	0.030 /21	0.034 /9	0.039 /4	0.032 /23	0.033 /14
广西	0.027 /27	0.031 /18	0.035 /10	0.035 /13	0.034 /11
海南	0.043 /3	0.039 /5	0.037 /6	0.036 /6	0.038 /2
重庆	0.038 /6	0.033 /11	0.032 /18	0.033 /17	0.032 /21
四川	0.029 /24	0.031 /19	0.041 /2	0.033 /18	0.033 /15
贵州	0.028 /25	0.039 /6	0.032 /14	0.038 /3	0.033 /17
云南	0.036 /8	0.031 /17	0.032 /17	0.030 /28	0.033 /19
陕西	0.033 /11	0.032 /16	0.031 /22	0.036 /5	0.032 /20
甘肃	0.028 /26	0.029 /25	0.027 /27	0.036 /7	0.031 /24
青海	0.038 /4	0.029 /24	0.026 /30	0.035 /9	0.035 /6
宁夏	0.031 /20	0.037 /7	0.031 /21	0.035 /11	0.035 /8
新疆	0.032 /15	0.030 /22	0.032 /15	0.032 /22	0.033 /18

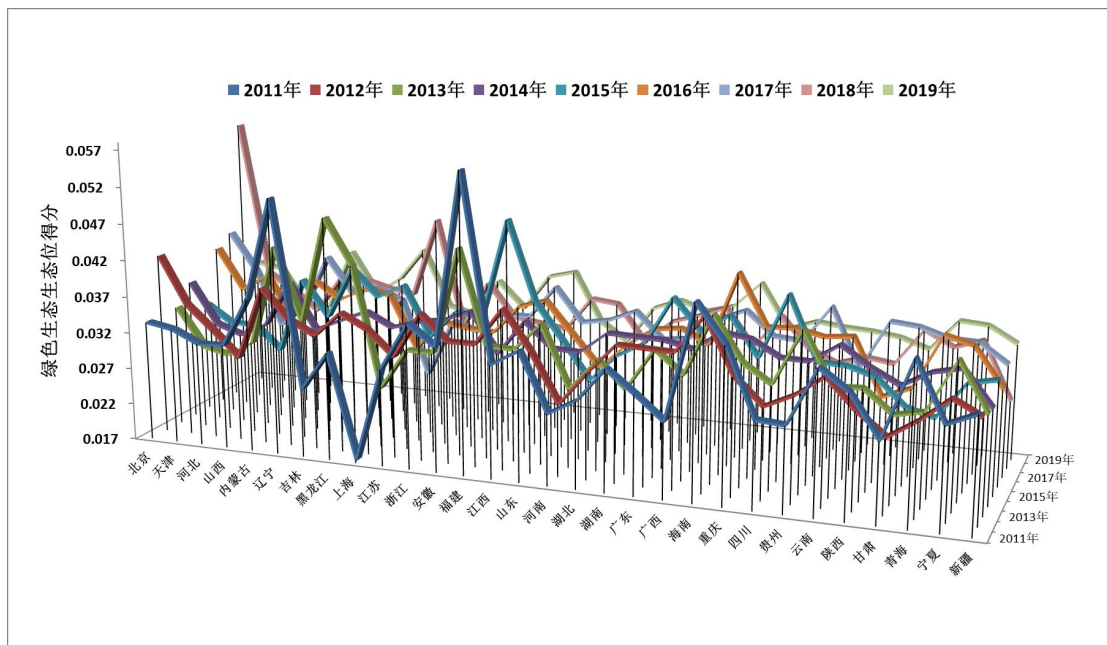


图 4.4 我国 2011—2019 年绿色生态的变动趋势

从图 4.4 与表 4.4 可以看到，在 2019 年我国各区域在绿色生态方面的表现依旧差异不大，除个别区域外，多数区域绿色生态生态位得分普遍都在 0.033 左右，其中排名前三位的区域分别为黑龙江、海南和内蒙古，得分分别为 0.039、0.038、0.038，这些区域在人均公园绿地面积与人均道路清扫保洁面积等方面数值较高，进而在绿色生态方面的表现略高于其他区域，排名后三位的区域分别是山西、河北和河南，其绿色生态生态位得分分别为 0.029、0.029 和 0.028，反

映了这些区域在城市绿化、节能减排和环境治理方面落后于其他区域。

在 2011—2019 年这一时间段，我国各区域在绿色生态方面的得分差异较小且排名大体保持相对稳定，其中内蒙古、北京、海南、福建和江西等区域由于注重生态环境治理，其绿色生态生态位排名多年处于前列，而河北、山西、上海、河南和甘肃等区域多年来排名一直位于末位，应进一步提高城市绿化、制定相应政策促进节能减排和加强生态环境治理能力，进而提高在绿色生态方面的表现。

在 2013—2019 年中部分区域的绿色生态生态位排名有大幅度的下降，如安徽排名从第 2 名逐年下降到第 23 名，山东排名从第 8 名逐年下降到第 26 名，而天津、吉林、黑龙江和江西近几年绿色生态生态位排名有逐年上升的趋势，说明这些区域近些年加快了生态文明建设与绿色发展进程，在改善生态环境质量、促进节能减排等方面的效果显著。

#### (4) 基础设施子系统层生态位测评

通过计算得到我国 30 省市自治区 2011—2019 年基础设施子系统层的生态位得分与排名，如表 4.5 所示，绘制的变化趋势三维图如图 4.5 所示。我国各区域在基础设施方面差异较大，位于我国东部的多数区域在公共设施、医疗卫生、文化教育等方面的基础设施相对完善，而中西部区域相对落后，并且在研究的时间段中我国各区域的基础设施生态位排名没有发生较大的变化，这反映出基础设施建设不是一朝一夕就能提高的，需要投入巨大的时间、资金与相关政策的指引与支持。

表 4.5 我国基础设施生态位得分排序表

区域	2011 年	2013 年	2015 年	2017 年	2019 年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.052 /1	0.046 /1	0.048 /1	0.044 /1	0.046 /1
天津	0.042 /3	0.038 /7	0.042 /3	0.042 /3	0.040 /3
河北	0.030 /18	0.030 /21	0.029 /22	0.031 /23	0.027 /29
山西	0.033 /13	0.034 /15	0.032 /16	0.028 /26	0.028 /26
内蒙古	0.040 /4	0.041 /3	0.039 /5	0.039 /5	0.038 /7
辽宁	0.038 /7	0.038 /9	0.036 /8	0.033 /12	0.036 /10
吉林	0.038 /9	0.035 /13	0.035 /10	0.033 /15	0.036 /11
黑龙江	0.035 /11	0.035 /14	0.035 /11	0.034 /11	0.033 /14
上海	0.048 /2	0.041 /4	0.039 /4	0.042 /4	0.040 /4
江苏	0.040 /5	0.041 /2	0.043 /2	0.043 /2	0.042 /2
浙江	0.040 /6	0.039 /6	0.039 /6	0.037 /7	0.036 /9
安徽	0.027 /28	0.025 /28	0.028 /28	0.024 /30	0.029 /24



区域	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
福建	0.029 /22	0.031 /19	0.028 /24	0.033 /14	0.031 /18
江西	0.027 /26	0.028 /24	0.028 /25	0.032 /17	0.038 /5
山东	0.032 /15	0.032 /16	0.032 /17	0.031 /18	0.031 /20
河南	0.025 /29	0.027 /27	0.028 /27	0.031 /21	0.028 /27
湖北	0.029 /20	0.037 /10	0.033 /15	0.030 /24	0.030 /22
湖南	0.030 /17	0.028 /25	0.029 /21	0.026 /28	0.027 /28
广东	0.029 /19	0.024 /29	0.027 /29	0.027 /27	0.029 /25
广西	0.028 /23	0.029 /23	0.031 /19	0.025 /29	0.031 /21
海南	0.030 /16	0.019 /30	0.030 /20	0.031 /22	0.037 /8
重庆	0.027 /27	0.027 /26	0.033 /14	0.032 /16	0.034 /13
四川	0.028 /24	0.031 /20	0.029 /23	0.031 /19	0.034 /12
贵州	0.027 /25	0.032 /17	0.028 /26	0.033 /13	0.029 /23
云南	0.023 /30	0.032 /18	0.027 /30	0.031 /20	0.026 /30
陕西	0.034 /12	0.036 /11	0.035 /9	0.036 /8	0.032 /15
甘肃	0.029 /21	0.029 /22	0.031 /18	0.036 /9	0.031 /19
青海	0.038 /8	0.040 /5	0.034 /12	0.039 /6	0.038 /6
宁夏	0.033 /14	0.038 /8	0.039 /7	0.036 /10	0.032 /16
新疆	0.036 /10	0.036 /12	0.034 /13	0.029 /25	0.032 /17

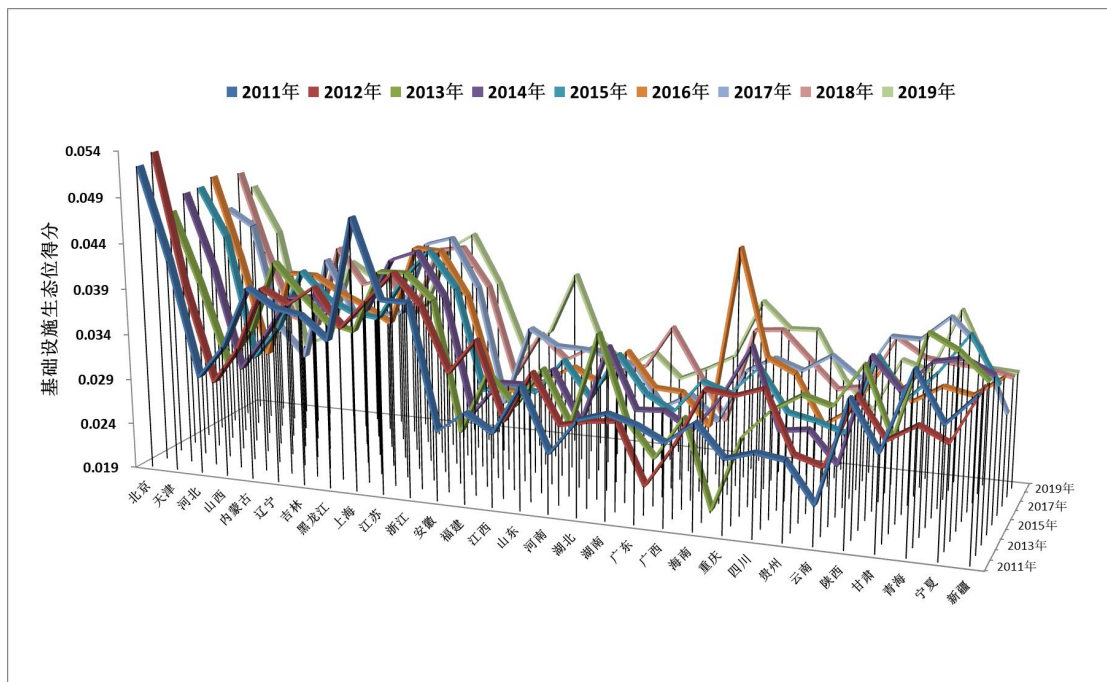


图 4.5 我国 2011—2019 年基础设施的变动趋势

由得分排序表 4.5 和变化趋势三维图 4.5 可以看到，在 2019 年我国各区域在基础设施方面的差异仍没有缩小，其中北京、浙江和天津的基础设施生态位排名较高，得分分别达到了 0.046、0.042、0.040，进一步分析可以发现这些区域

在每万人拥有城市桥梁、每万人拥有卫生人员数和每万人拥有普通高等学校教职工总数等方面的数值较高，反映出其城市交通便利、医疗卫生先进和教育资源丰富，而湖南、河北和云南等区域的基础设施生态位排名靠后，得分分别为 0.027、0.027、0.026，基础设施建设相对落后。

在 2011—2019 年中，北京的基础设施生态位每年都位居第一，其次为天津、上海、江苏和浙江等区域，可以发现基础设施相对完善的区域，其经济实力一般也较强，这是因为基础设施建设需要足够的财力支持，而安徽、河南、广西、贵州和云南等区域的基础设施生态位多年处于末位，表明这些区域基础设施建设进程相对落后，应注重加强城市交通、医疗卫生和文化教育等方面的建设，进而可以吸引人才流入，提高城市的竞争力。

近年来我国各区域的基础设施生态位排名整体较为稳定，对于基础设施相对落后的区域，当地政府应制定相应政策并进行合理的规划，如合理的要求基础设施得数量与质量、空间与时间的分布应与区域发展相协调，从而避免不合理得规划造成资源的极大浪费，使得基础设施能够与区域的人口规模、人民的生活水平、工业制造与生产和房屋建设等按比例发展，进而可以有效提高城市的基础设施实力。

#### (5) 绿色生活子系统层生态位测评

根据计算得到我国 30 省市自治区 2011—2019 年绿色生活子系统层的生态位得分与排名，如表 4.6 所示，绘制的变化趋势三维图如图 4.6 所示。总的来看，我国各区域在绿色生活方面的存在不小的差异，但随着我国绿色发展相关政策的实行、国民素质的提高、绿色清洁能源的不断开发和人们对环境保护的重视程度不断加深，近些年我国区域的绿色生活水平有了较大的提升且各区域间的绿色生活差异呈现缩小的趋势。

表 4.6 我国绿色生活生态位得分排序表

区域	2011 年	2013 年	2015 年	2017 年	2019 年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.050 /1	0.047 /1	0.047 /1	0.045 /1	0.041 /1
天津	0.034 /11	0.033 /14	0.036 /5	0.033 /13	0.034 /12
河北	0.032 /20	0.031 /22	0.033 /14	0.031 /24	0.032 /18
山西	0.030 /25	0.039 /4	0.029 /29	0.029 /30	0.031 /24
内蒙古	0.027 /30	0.029 /28	0.029 /28	0.029 /27	0.028 /30
辽宁	0.032 /19	0.030 /25	0.034 /9	0.031 /22	0.031 /23

区域	2011年	2013年	2015年	2017年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
吉林	0.033 /14	0.031 /21	0.032 /22	0.033 /16	0.030 /28
黑龙江	0.030 /24	0.032 /16	0.035 /7	0.032 /17	0.034 /14
上海	0.040 /2	0.041 /3	0.040 /2	0.039 /2	0.037 /3
江苏	0.035 /7	0.036 /7	0.038 /4	0.035 /9	0.035 /8
浙江	0.036 /5	0.038 /5	0.039 /3	0.036 /6	0.039 /2
安徽	0.034 /9	0.031 /24	0.032 /17	0.038 /3	0.036 /4
福建	0.033 /13	0.033 /11	0.034 /10	0.037 /4	0.036 /5
江西	0.033 /12	0.031 /20	0.032 /21	0.037 /5	0.030 /27
山东	0.033 /15	0.030 /26	0.033 /13	0.034 /12	0.035 /9
河南	0.032 /22	0.032 /15	0.034 /12	0.035 /7	0.035 /10
湖北	0.032 /21	0.033 /12	0.032 /16	0.032 /18	0.032 /21
湖南	0.030 /26	0.031 /17	0.035 /8	0.031 /25	0.036 /7
广东	0.036 /4	0.034 /10	0.035 /6	0.034 /11	0.033 /16
广西	0.029 /28	0.028 /29	0.030 /27	0.029 /28	0.032 /20
海南	0.033 /17	0.033 /13	0.031 /24	0.032 /21	0.030 /25
重庆	0.037 /3	0.036 /6	0.032 /19	0.031 /23	0.031 /22
四川	0.034 /8	0.035 /8	0.031 /25	0.033 /15	0.033 /17
贵州	0.030 /27	0.031 /23	0.031 /23	0.029 /26	0.030 /26
云南	0.029 /29	0.030 /27	0.030 /26	0.032 /19	0.029 /29
陕西	0.036 /6	0.042 /2	0.032 /15	0.033 /14	0.036 /6
甘肃	0.031 /23	0.031 /18	0.034 /11	0.035 /8	0.033 /15
青海	0.033 /16	0.031 /19	0.032 /20	0.034 /10	0.032 /19
宁夏	0.032 /18	0.027 /30	0.032 /18	0.032 /20	0.034 /13
新疆	0.034 /10	0.035 /9	0.029 /30	0.029 /29	0.035 /11

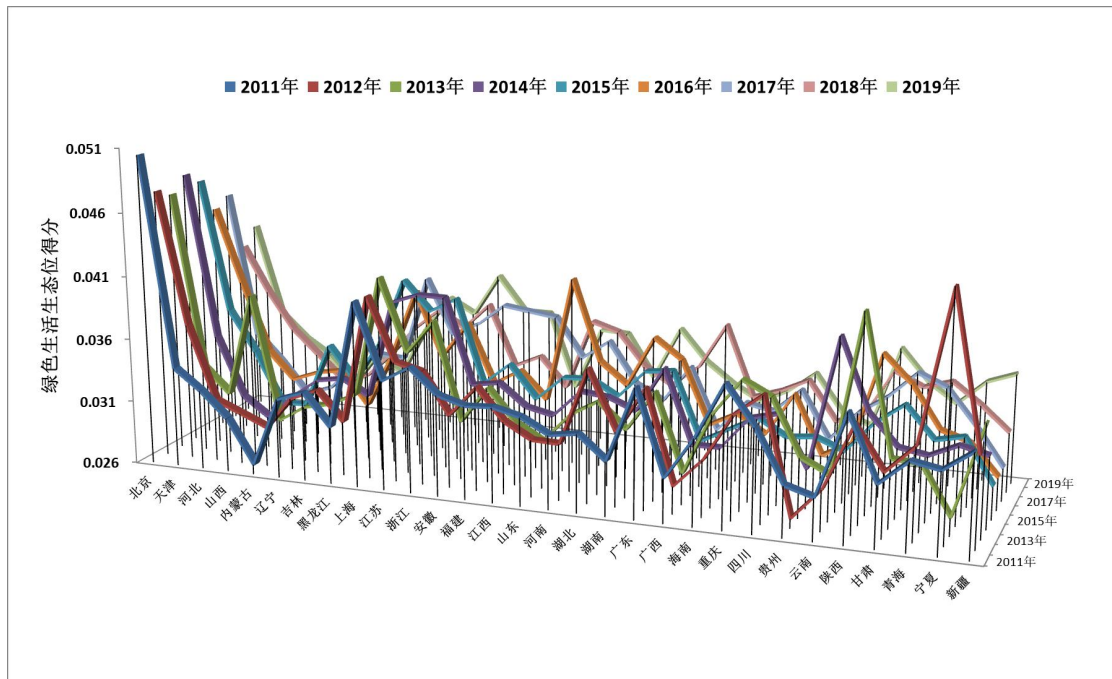


图 4.6 我国 2011—2019 年绿色生活的变动趋势

从图 4.6 与表 4.6 可以看到, 在 2019 年我国各区域的绿色生活生态位得分相比前些年差异有一定缩小, 其中北京、浙江和上海等区域尤其在城市燃气普及率、每万人拥有公共交通工具和每万人拥有轨道交通配属车辆数等方面的数值相对较高, 使得其绿色生活生态位排名靠前, 得分分别达到了 0.041、0.039、0.037, 而吉林、云南和内蒙古的排名相对靠后。

在 2011—2019 年中, 北京的绿色生活生态位得分逐年下降, 但始终排名在第一名, 其次上海、天津、浙江和江苏等区域多年来也排名靠前, 反映出这些区域在社会民生改善和绿色出行等方面的综合表现相比其他区域更加出色, 多年来始终以绿色的方式进行生产和生活。

部分区域在某段时间内绿色生活生态位排名有一定幅度的下降, 如广东在 2015—2019 年中从第 6 名下降到第 16 名, 重庆和四川在 2011—2015 年中排名也在连年下降, 这些区域应倡导民众参与绿色志愿服务、引导民众树立绿色增长的理念, 使绿色消费和绿色出行成为人们的自觉行动, 进而更好的实现绿色生活。

### 4.3 区域绿色发展差异测算与分析

根据上文计算出的 2011—2019 年我国 30 省市自治区绿色发展综合生态位得分与经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活四个子系统层的生态位得分, 使用公式 (3.6)、公式 (3.7)、公式 (3.8) 和公式 (3.9) 计算全国和东中西三大地带 2011—2019 年的绿色发展生态位泰尔指数, 并根据得到的计算结果进一步分析我国区域绿色发展差异状况和演变趋势。

#### 4.3.1 全国区域差异测评

全国层面的绿色发展生态位泰尔指数具体计算结果见表 4.7, 为了更加直观的反映区域绿色发展差异的变动趋势, 论文将我国区域绿色发展生态位泰尔指数和分解结果整理为图 4.7 的形式。

表 4.7 我国绿色发展生态位泰尔指数表

年份	子系统层	经济发展	绿色生态	基础设施	绿色生活	综合指数
		数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	
2011 年		0.0315 /1	0.0190 /2	0.0162 /3	0.0044 /4	0.0086
2012 年		0.0263 /1	0.0050 /4	0.0172 /2	0.0052 /3	0.0071
2013 年		0.0291 /1	0.0109 /3	0.0151 /2	0.0058 /4	0.0060
2014 年		0.0305 /1	0.0017 /4	0.0147 /2	0.0055 /3	0.0072
2015 年		0.0435 /1	0.0093 /3	0.0117 /2	0.0042 /4	0.0079
2016 年		0.0369 /1	0.0039 /4	0.0119 /2	0.0048 /3	0.0057
2017 年		0.0282 /1	0.0040 /3	0.0116 /2	0.0037 /4	0.0049
2018 年		0.0282 /1	0.0069 /3	0.0095 /2	0.0022 /4	0.0061
2019 年		0.0321 /1	0.0033 /3	0.0102 /2	0.0030 /4	0.0056

注：数值越大，排名越靠前，表示其区域发展差异越大。

从绿色发展水平差异综合指数方面来看，我国区域绿色发展整体差异相对较小且呈现逐年缩小的趋势，其中经济发展方面的差异对我国区域绿色发展影响较大，其次是基础设施方面，而我国区域在绿色生态和绿色生活方面的差异相对较小。由图表可以看到，2011 年绿色发展生态位泰尔指数达到了 0.0086，为 2011—2019 年中数值最大的，表明在这一时期我国各区域的绿色发展水平差异相对较大；2019 年的绿色发展生态位泰尔指数为 0.0056，与之前的年份相比其数值相对较小，表明近些年我国区域绿色发展水平差异有所缩小；在 2011—2019 年中，绿色发展生态位泰尔指数在前些年数值相对较大，在近些年其数值相对较小，随着时间推进其数值在 0.006 附近上下波动，但总体呈现下降的趋势，这反映了我国前些年各区域绿色发展水平差异相对较大，近些年各区域间的绿色发展差异正在逐渐缩小。进一步分析，由于“十三五”规划将“绿色发展”作为我国经济发展的五大理念之一，并要求必须坚持绿色发展、绿色惠民的经济发展目标和建立绿色的发展模式和生活模式，该规划的实施有效促进了区域协调发展，使得我国各区域愈加重视绿色发展，并且近些年在绿色发展方面均取得了不错的成绩，进而使得我国区域绿色发展差异有所减小。

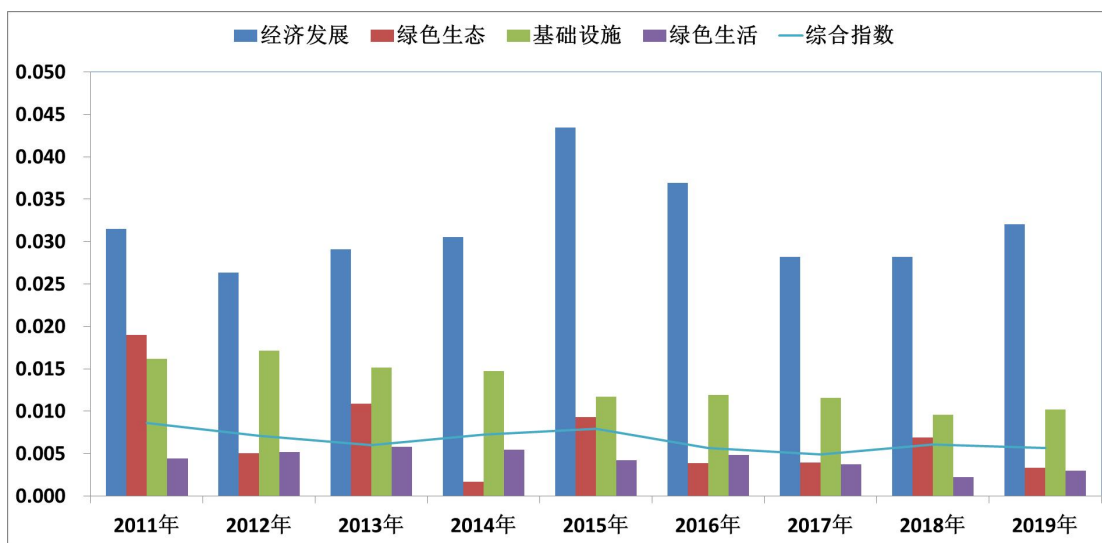


图 4.7 2011—2019 年全国区域绿色发展水平差异

从经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活四个子系统层方面来看，我国各区域在经济发展方面的差异是最大的，显著高于其他三个方面，在 2011—2019 年中，经济发展生态位泰尔指数始终较大并且呈现先上升后下降的趋势，其中 2015 年的生态位泰尔指数最大，达到了 0.0435，反映了我国区域经济发展不平衡、不充分，存在较大的差异；绿色生态和绿色生活两个子系统层的生态位泰尔指数相对较低且呈现逐年下降的趋势，其中在 2014 年绿色生态生态位泰尔指数仅为 0.0017，在 2018 年绿色生活生态位泰尔指数仅为 0.0022，说明我国在绿色生态和绿色生活的发展差异相对较小且近些年差异不断减小；我国在基础设施方面的差异相对较大，但近些年差异也有一定减小，其中 2012 年差异达到最大，其生态位泰尔指数为 0.0172，2018 年的差异最小，生态位泰尔指数为 0.0095。

### 4.3.2 三大地带差异测评

我国三大地带绿色发展生态位泰尔指数具体计算结果见表 4.8，为了更加直观的反映三大地带绿色发展的差异状况和变动趋势，将计算结果进行可视化处理，如图 4.8 所示。

表 4.8 我国三大地带绿色发展生态位泰尔指数表

年份	子系统层	经济发展	绿色生态	基础设施	绿色生活	综合指数
	区域	T <sub>intra</sub> 值	T <sub>intra</sub> 值	T <sub>intra</sub> 值	T <sub>intra</sub> 值	T <sub>intra</sub> 值
2011 年	东部	0.0288	0.0303	0.0156	0.0048	0.0072
	中部	0.0021	0.0045	0.0079	0.0009	0.0011
	西部	0.0145	0.0079	0.0117	0.0043	0.0045
	T <sub>inter</sub> 值	0.0315	0.0190	0.0162	0.0044	0.0086
2012 年	东部	0.0219	0.0026	0.0268	0.0053	0.0080
	中部	0.0043	0.0075	0.0067	0.0018	0.0022
	西部	0.0280	0.0043	0.0081	0.0065	0.0046
	T <sub>inter</sub> 值	0.0263	0.0050	0.0172	0.0052	0.0071
2013 年	东部	0.0312	0.0050	0.0207	0.0066	0.0073
	中部	0.0092	0.0213	0.0103	0.0022	0.0040
	西部	0.0070	0.0063	0.0069	0.0076	0.0021
	T <sub>inter</sub> 值	0.0291	0.0109	0.0151	0.0058	0.0060
2014 年	东部	0.0306	0.0018	0.0157	0.0076	0.0100
	中部	0.0064	0.0012	0.0082	0.0008	0.0014
	西部	0.0061	0.0015	0.0115	0.0040	0.0017
	T <sub>inter</sub> 值	0.0305	0.0017	0.0147	0.0055	0.0072
2015 年	东部	0.0396	0.0097	0.0163	0.0036	0.0084
	中部	0.0167	0.0082	0.0041	0.0012	0.0018
	西部	0.0103	0.0073	0.0065	0.0010	0.0016
	T <sub>inter</sub> 值	0.0435	0.0093	0.0117	0.0042	0.0079
2016 年	东部	0.0288	0.0029	0.0164	0.0044	0.0056
	中部	0.0184	0.0044	0.0054	0.0022	0.0015
	西部	0.0234	0.0040	0.0064	0.0034	0.0015
	T <sub>inter</sub> 值	0.0369	0.0039	0.0119	0.0048	0.0057
2017 年	东部	0.0254	0.0049	0.0131	0.0032	0.0063
	中部	0.0047	0.0015	0.0056	0.0035	0.0007
	西部	0.0130	0.0029	0.0072	0.0020	0.0024
	T <sub>inter</sub> 值	0.0282	0.0040	0.0116	0.0037	0.0049
2018 年	东部	0.0199	0.0103	0.0104	0.0020	0.0065
	中部	0.0077	0.0018	0.0043	0.0014	0.0005
	西部	0.0179	0.0038	0.0080	0.0023	0.0022
	T <sub>inter</sub> 值	0.0282	0.0069	0.0095	0.0022	0.0061
2019 年	东部	0.0304	0.0030	0.0134	0.0026	0.0071
	中部	0.0048	0.0057	0.0062	0.0025	0.0016
	西部	0.0039	0.0010	0.0051	0.0022	0.0012
	T <sub>inter</sub> 值	0.0321	0.0033	0.0102	0.0030	0.0056

注：数值越大表示其区域发展差异越大。

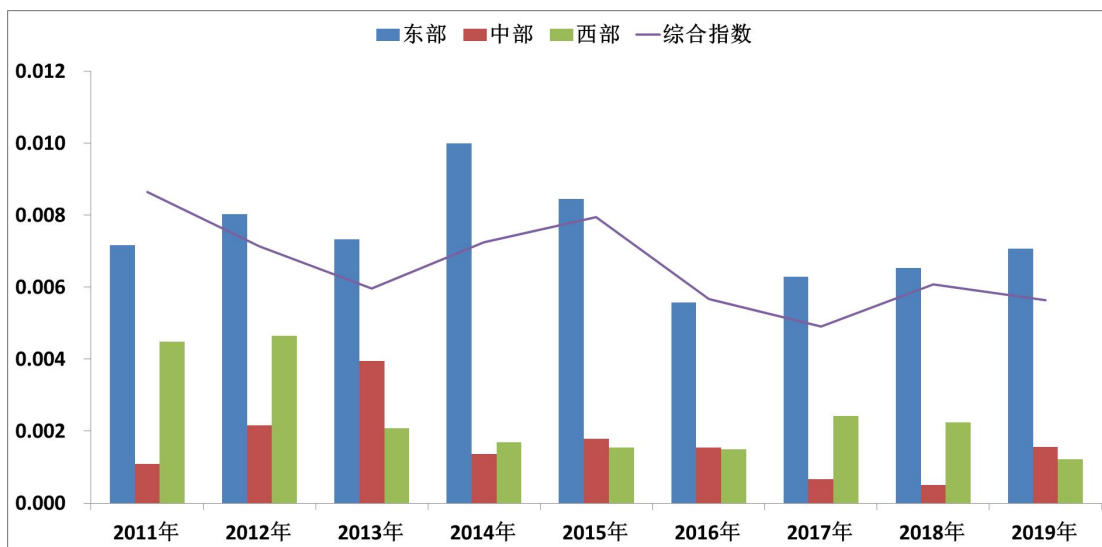


图 4.8 2011—2019 年三大地带绿色发展差异

东部地带的绿色发展水平与中西部地带相比存在较大的差异,在 2011—2019 年中其生态位泰尔指数呈现高位波动且没有明显下降的趋势,这反映出东部地带各区域的绿色发展水平参差不齐、差异较大,其中在 2014 年差异达到最大,生态位泰尔指数为 0.0100。进一步分析可以看到,东部地带在经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活四方面的发展差异也显著大于中西部地带,尤其在经济发展方面差异最大且没有逐年缩小的趋势,在 2015 年经济发展生态位泰尔指数达到最大,其值为 0.0396;其次发展差异较大的在基础设施方面,2011—2019 年的生态位泰尔指数均值达到 0.0165,在 2012 年生态位泰尔指数达到最大为 0.0268,自 2012 年后东部地带的基础设施发展差异呈现逐年缩小的趋势;在绿色生活和绿色生态方面,东部地带在 2011—2019 年中各区域的发展差异相对较小且基本保持平稳状态。东部地带区域绿色发展差异相对较大的原因可能是东部区域自然地理环境较为优越以及国家早期对东部部分区域实行的多方面的政策倾斜使其各方面的发展水平与其他区域拉开了差距。

中部地带起着承东启西、接南进北、吸引四面、辐射八方的重要作用,有着重要的战略地位,其区域绿色发展差异相对较小,其中在 2011—2013 年绿色发展差异呈现增大的趋势,2013 年的绿色发展生态位泰尔指数达到最大为 0.0040,但在 2013 年后差异有明显减少的趋势。从四个子系统层方面进行分析可以发现,2011—2019 年中部地带各区域的经济发展差异在 2015 年和 2016 年最为明显,



其余时间段差异相对较小，并在 2016 年后经济发展差异呈现逐年减小的趋势；绿色生态方面的差异在 2011—2019 年总体呈现上下波动且没有明显下降的趋势，其中 2013 年的生态位泰尔指数达到最大为 0.0213；在基础设施方面，中部地带与东部地带相比发展差异相对较小，并且自 2013 年来区域间的差异逐年缩小；东部地带在绿色生活的差异显著小于经济发展、绿色生态和基础设施三方面，其在 2011—2019 年中的生态位泰尔指数均值仅为 0.0018，并且各区域差异还在逐年继续减小。在 2021 年 3 月中共中央政治局会议强调促进中部地区高质量发展，确保“十四五”开好局，这无疑加快了中部地带的崛起和促进了其绿色发展，进而可以进一步缩小区域差异、促进区域协调发展。

西部地带虽然作为我国欠发达地区，但其绿色发展潜力很大，有足够的上升空间，在 2011—2019 年中西部地带各区域绿色发展与中部地带相比差异较大，但总体呈现不断缩小的趋势，其中在 2012 年绿色发展生态位泰尔指数达到最大为 0.0046，2019 年差异达到最小，生态位泰尔指数仅为 0.0012。从四个子系统层来看，西部地带在经济发展方面的差异仅次于东部地带，各区域经济发展差异较为明显，2011—2019 年中生态位泰尔指数在高位波动且没有明显下降趋势，其中 2012 年的生态位泰尔指数达到最大为 0.0280；其次发展差异较大的在基础设施方面，在 2014 年差异达到最大，其生态位泰尔指数为 0.0115，在研究的整个时间段中西部地带各区域在基础设施上的差异有减小的趋势；在绿色生态和绿色生活的发展差异相对较小且都随时间推进呈现波动下降的趋势，其中 2019 年的绿色生态生态位泰尔指数达到最小仅为 0.0010，绿色生态方面的差异在 2015 年达到最小。综上分析可以看到随着近些年国家对西部地带政策性的投资倾斜、引导企业向其投资、对绿色发展与生态文明建设的重视以及西气东输、西电东送、南水北调、青藏铁路等大型工程的建设，促进了西部地带开发区域资源，进而加快了其发展速度，使得西部地带区域在各方面的发展差异有所减小。

#### 4.4 绿色发展差异的空间特征分析

在前文中已经使用生态位泰尔指数对我国区域绿色发展差异进行了测度，得到了各区域的差异大小，并分析了区域差异的变动趋势。但是对于各区域间、三大地带间的空间绿色发展联系没有进行详细的论述，因此在这一小节利用空间自

相关分析方法对我国区域绿色发展差异进行分析。

#### 4.4.1 全局空间自相关分析

论文借助 Geoda1.18 软件，以前文测算的我国绿色发展水平为指标变量对 2011—2019 年的全局 Moran 指数进行计算与显著性检验，见表 4.9。为更好反映 Moran 指数随时间的变化趋势，将各年份的 Moran 指数绘制折现趋势图，见图 4.9。

表 4.9 2011—2019 年绿色发展水平全局 Moran 指数

年份	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
莫兰指数	0.297	0.271	0.168	0.281	0.384	0.333	0.201	0.312	0.371
P 值	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01

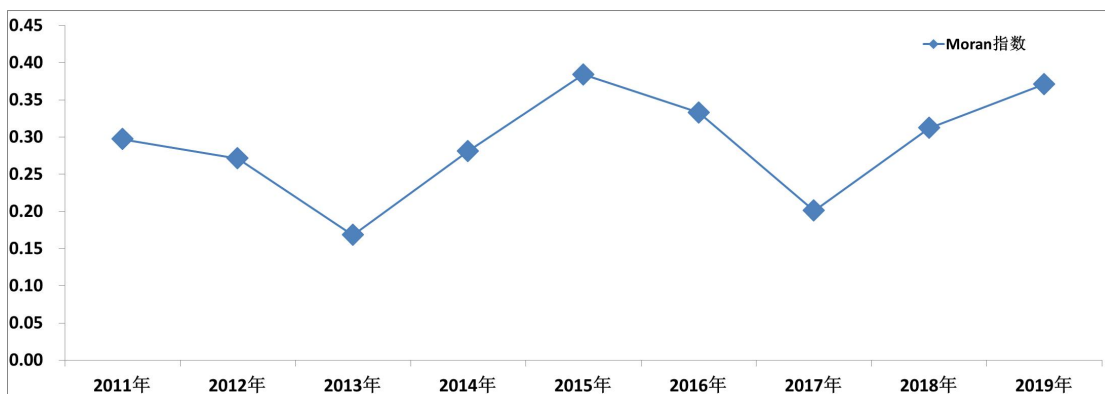


图 4.9 2011—2019 年绿色发展水平全局 Moran 指数

由表 4.9 可以看到 2011—2019 年的绿色发展水平全局 Moran 指数值都大于零，并且通过了显著性检验，这表明我国各区域的绿色发展水平呈现出显著的空间正相关。从图 4.9 可以看到我国绿色发展水平的全局 Moran 指数随着时间的变化呈现出总体波动上升的趋势，这说明绿色发展水平较高的区域与较低的区域存在空间上的集聚效应，且集聚程度与空间依赖性随时间变化不断增强。

#### 4.4.2 局部空间自相关分析

论文仅选取具有代表性的年份进行绘制我国绿色发展水平 Moran 散点图，见图 4.10。由图可以看到：处于第一象限（H-H）和第三象限（L-L）的区域较多，

而第二象限（L-H）与第四象限（H-L）的区域相对较少，这一现象说明了我国各区域的绿色发展以同类集聚为主，即绿色发展水平接近的区域集聚在一起，同时反映出我国各区域的绿色发展水平存在空间差异，相邻区域的绿色发展水平可以互相影响，绿色发展水平较高的地区往往处于较好的地理位置且可以辐射带动邻近区域的发展。

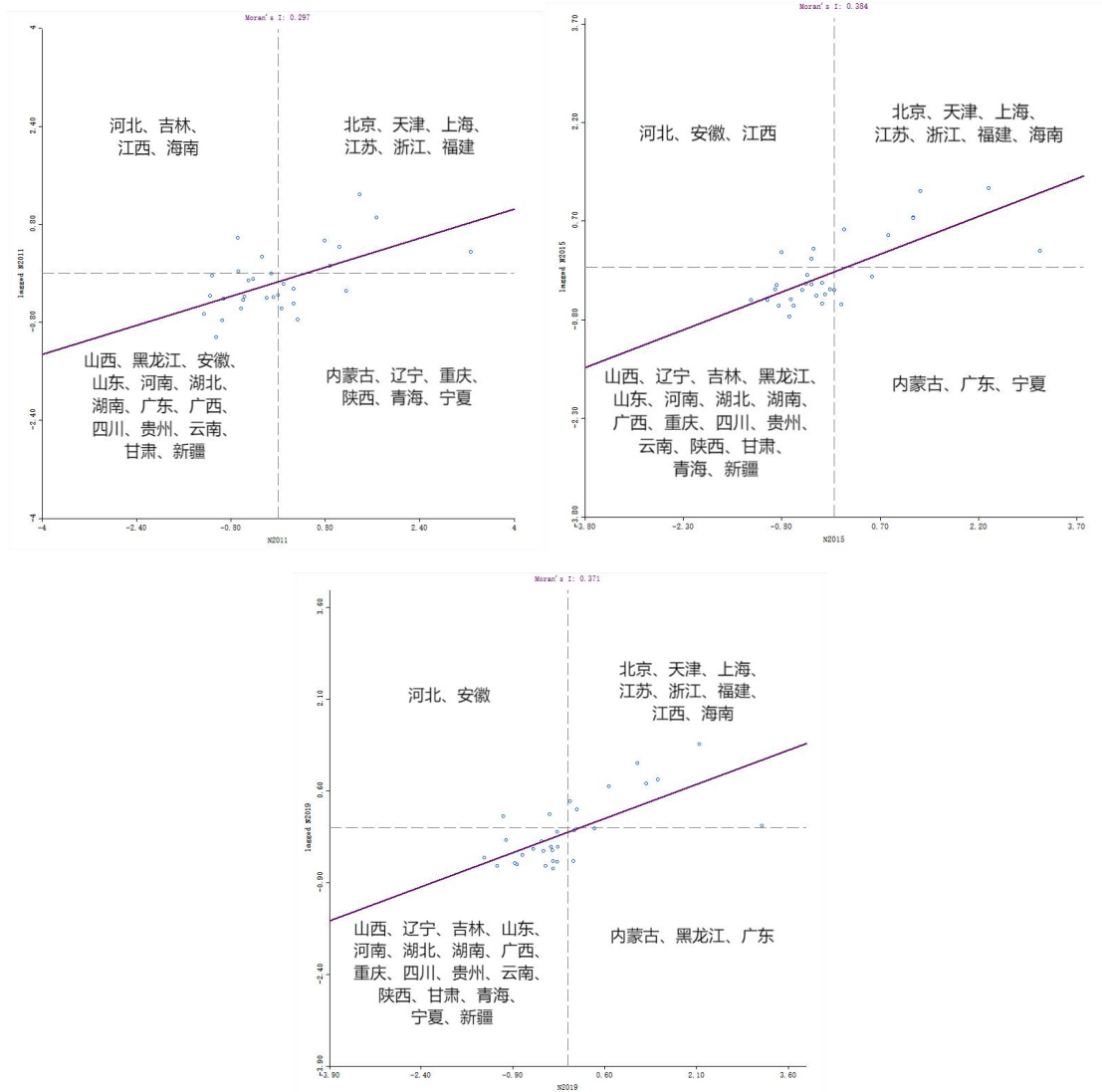


图 4.10 2011 年（左上）、2015 年（右上）、2019 年（中间）绿色发展水平 Moran 散点图

从时间发展上来看，2011 年、2015 年与 2019 年大多数区域的象限分布变化不大。具体来看，北京、天津、上海、江苏、浙江和福建这六个区域一直位于高

高集聚区(第一象限),反映出这些区域与其相邻区域的绿色发展水平较高;河北、安徽与江西等区域多年处于低高集聚区(第二象限),说明其自身绿色发展水平相对相邻区域较低;位于低低集聚区(第三象限)的区域数量十分庞大且大多数区域分布在西部和中部,表明这些区域自身和相邻区域绿色发展水平都比较低;内蒙古和广东等区域多年处于高低集聚区(第四象限),反映出这些区域自身绿色发展水平相对相邻区域较高,但没有显著带动与其相邻区域的绿色发展水平;还有少数几个区域随着时间的推移向其他象限转移,说明我国区域绿色发展水平存在空间集聚效应,即这些区域受到了与其相邻区域绿色发展水平的影响,使其绿色发展水平不断提高。

#### 4.5 区域绿色发展的收敛特征分析

收敛性分析在研究现代经济增长有着十分重要的作用,其经济含义是指贫穷经济体在长期内将向富裕经济体逼近和靠拢,即随着时间的推移区域间的差异会逐渐缩小。改革开放后我国的经济取得的飞速的发展,近些年提出要加快转变经济发展方式,实现绿色发展。但目前来看,我国各区域绿色发展增长水平在时空维度上存在着显著的差异,各区域在经济发展、绿色生态、基础设施、绿色生活等方面的增长差异较大。如何在快速发展进程中缩小增长的差距显得十分重要,而收敛性分析可以对我国绿色发展增长差距减小进行形象的描述。因此本小节对我国区域绿色发展水平进行收敛性分析。

将前文已经测算的我国各区域与东中西三大地带绿色发展的泰尔指数作为判断 $\sigma$ 收敛的指标。由前文绘制的图 4.7 和图 4.8 可以看到,我国各区域与东中西三大地带绿色发展的泰尔指数随着时间推进并没有一直呈现下降的趋势,有上升的情况出现,这表明我国区域绿色发展差异并不是一直在缩小,因此我国各区域与东中西三大地带不存在 $\sigma$ 收敛。

绝对 $\beta$ 收敛因为有严格的假定条件,本文不考虑对其展开分析。论文使用 stata16.0 软件对全国和东中西三大地带的条件 $\beta$ 收敛进行估计,具体估计结果见表 4.10。

表 4.10 区域绿色发展水平的条件  $\beta$  收敛分析

变量	全国	东部	中部	西部
$\alpha$	0.037*** (0.0000)	0.042*** (0.0000)	0.028*** (0.0000)	0.039*** (0.0000)
$\beta$	-1.121*** (0.0000)	-1.135*** (0.0000)	-0.892*** (0.0000)	-1.225*** (0.0000)
$R^2$	0.599	0.666	0.498	0.671
F-statistics	243.430	70.700	37.720	129.590

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著，括号内为  $t$  值对应的  $p$  值。

从表 4.10 中可以看到，全国与东中西部的回归系数  $\beta$  均通过了 1%显著性水平的检验，且估计值为负值，这表明全国与东中西三大地带的绿色发展水平都存在条件  $\beta$  收敛，其绿色发展水平将趋于各自的稳态，区域差异可能会长期存在。适度的差异有利于资源合理配置，促进区域发展，但过大的差异将会阻碍区域间的有序竞争，因此在我国区域绿色发展差异长期存在这一背景下，科学度量区域差异，进而因地制宜、精准施策，促进区域协调发展十分重要。同时，由于条件收敛与区域结构性因素的差别密切相关，要想加快和提高绿色发展水平较低区域的发展速度，缩小与绿色发展水平较高区域的差异，需要对这些区域进行政策上的倾斜与帮助，使发展较为落后的区域在一定程度上满足了提高绿色发展水平的条件，进而加快其绿色发展速度，缩小与绿色发展水平较高区域的差距，以致于最终可以实现绿色发展的趋同。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

论文首先参考绿色发展与区域差异相关研究与政策,构建了我国绿色发展水平评价指标体系,其次基于生态位理论构建绿色发展生态位态势模型对2011—2019年我国30个省市自治区绿色发展及四个子系统层发展水平进行综合评价,然后利用泰尔指数及其分解公式并结合计算得到的生态位构建绿色发展生态位泰尔指数分析我国区域绿色发展水平差异及其特征与趋势,接着借助莫兰指数和莫兰散点图从空间相关性角度分析了我国绿色发展水平的区域集聚程度,最后对我国区域绿色发展水平进行收敛性分析。综合以上分析,得出以下结论:

第一,在区域绿色发展水平方面,我国区域的各项正向指标值呈现逐年稳定增长,绿色发展水平不断提高,虽然绝对水平还比较低,但发展速度较快,多数区域的绿色发展潜力十分巨大。但各区域的绿色发展水平参差不齐,尤其在经济发展和基础设施等方面的发展差异较大,绿色生态和绿色生活方面的差异相对较小,但区域绿色发展的整体差异有着逐年减小的趋势,其中北京市、上海市、天津市、浙江省和江苏省作为我国的发达区域,其绿色发展水平显著高于其他区域,绿色发展综合生态位常年位居前列,而河北省、山西省、广西壮族自治区、贵州省和云南省多年处于末位且近年来没有上升的趋势,表明这些区域的绿色发展水平相对较低,应注重加强绿色发展意识,提高绿色发展速度。

第二,在区域绿色发展差异方面,从全国层面来看,随着我国对生态文明建设的持续推进和对绿色发展的愈加重视,我国区域绿色发展差异呈现逐年下降的趋势。进一步分析可以发现,我国各区域在经济发展、绿色生态、基础设施和绿色生活等方面的发展存在相对较大的差异,其中区域经济发展差异最大,生态位泰尔指数显著大于其他三个子系统层,其次区域发展差异较大的在基础设施方面,而绿色生态和绿色生活两方面的差异较小且呈现逐年波动下降的趋势。从东中西三大地带来看,东部地带的区域绿色发展差异显著高于中西部地带,尤其在经济发展方面差异相对较大且没有缩小的趋势,东部地带各区域的绿色发展参差不齐、差异较大,虽然随着时间推进区域差异有所缓解,但相比中西部地带其区域发展差异依然较大,其次差异较大的是西部地带,中部地带各区域发展差异相

对较小，与东部地带不同，中西部地带区域发展差异呈现相对明显的缩小趋势。

第三，在绿色发展差异的空间特征方面，我国各区域的绿色发展水平呈现出显著的空间正相关，绿色发展水平较高的区域与较低的区域存在空间上的集聚效应，且集聚程度与空间依赖性随时间变化不断增强。我国各区域的绿色发展以同类集聚为主，相邻区域的绿色发展水平可以互相影响，绿色发展水平较高的地区往往处于较好的地理位置且可以辐射带动邻近区域的发展。

第四，在区域绿色发展水平的收敛性方面，由于我国区域绿色发展差异并不是一直在缩小的，因此我国各区域与东中西三大地带不在 $\sigma$ 收敛。全国与东中西部的回归系数 $\beta$ 都通过了显著性水平检验，且估计值为负值，表明全国与东中西部的绿色发展水平都存在条件 $\beta$ 收敛，其绿色发展水平将趋于各自的稳态，区域差异可能会长期存在。

## 5.2 建议

根据我国区域绿色发展水平差异实证分析得出的结论，结合我国区域绿色发展的演变特征和趋势，为促进我国区域绿色协调发展提出几点建议。

第一，因地制宜推动区域绿色协调发展。从实证分析得出了我国区域绿色发展存在较大的差异，结合区域的自然禀赋、交通区位和产业特色，并针对不同的区域制定不同政策可以有效提高区域绿色发展水平，进而推动我国区域绿色协调发展。东部地带绿色发展水平较高，特别在经济发展方面具有较大的优势，但也面临着资源和生态环境的约束，并且其内部区域发展水平存在显著的差异，发展不平衡、不充分问题比较严重，因此要减少资源的过度消耗，还要积极推进新兴产业的发展，此外由于东部地带在技术和人才上的巨大优势，可以通过技术创新实现区域绿色协调发展；中部地带绿色发展差异相对较小，与东部地带的差距主要在经济发展方面，因此在注重资源与环境问题的同时，应加强对科技和教育产业的扶持，进而促进经济的协同发展；西部地带自然资源比较丰富，生态环境也没有遭受较大的破坏，绿色发展潜力巨大，但其区域绿色发展水平不高的原因是在经济发展和基础设施方面的发展水平相对较低，因此应利用国家政策支持进一步发展好经济，同时要加强国际间贸易交流和技术合作、完善基础设施建设以及

加大科技和教育投入。

第二，大力发展生态科技，提高绿色发展的创新能力。实现绿色发展必须依靠科技创新，科技创新能够降低发展的成本，大力发展生态科技一定程度解决能源资源枯竭和生态环境等一系列问题。因此，为推进我国区域整体绿色发展水平的提高，一要结合我国区域绿色发展差异，充分利用区域自身的优势发展适用于自身产业的生态科技，不仅能够提高生产效率也减少了环境污染；二要对新能源、节能环保等产业的调整升级给予重点支持，帮助这些行业迅速发展壮大；三要加强对各区域间技术创新协作，实现科技共享；四要重视相关专业人才的培养和人才引进，打造绿色创新技术科研队伍；五要构建生态科技创新的研究平台，致力于解决能源、水资源和生态环境等严重制约区域绿色发展的瓶颈问题。

第三，加强区域间联系，形成互补联动的发展格局。由空间自相关分析发现我国各区域的绿色发展以同类集聚为主，相邻区域可以互相影响，绿色发展水平较高的区域往往处于较好的地理位置且可以辐射带动邻近区域的发展，同时各区域在发展中加强联系，进行相互合作不但可以减少资源上的浪费，而且还能实现功能上的互补。对于位于高高集聚区的北京、天津、上海、江苏和浙江等区域，其绿色发展水平较高并且占据着较高的生态位，对邻近的区域具有较强的辐射带动作用，应利用自身的优势在吸引外部资源的同时，将自身增长极的辐射能力带给其他邻近区域，帮助其发展水平的提高；河北、安徽与江西等区域处于低高集聚区，绿色发展水平相对较低，应根据自身的优势和不足，找准自身的定位，在加强与邻近发展较好区域联系的同时还应集中资源发展自身具有优势的产业；内蒙古和广东等区域处于高低集聚区，其自身绿色发展水平相对较高，但在辐射带动与其相邻区域的发展方面表现较差，应适度改变自身的发展模式，减少资源的争夺，加强与邻近区域的合作，进而实现区域间的协调发展；中西部地带的大多数区域都位于低低集聚区，由于经济发展与基础设施建设较为落后，其绿色发展水平也不高，但自然资源丰富、生态环境状况较好，其绿色发展潜力巨大，虽然与绿色发展水平较高、辐射带动能力强的区域距离较远，但也应利用自身的优势与其他区域加强各方面的联系，如引进先进的生产技术、将丰富的自然资源向外输送、大力发展生态旅游等，同时借鉴其发展经验提高自身发展能力，进而缩小与发展水平较高区域的差异，促进区域协调发展。



## 参考文献

- [1]程钰,王晶晶,王亚平,任建兰. 中国绿色发展时空演变轨迹与影响机理研究[J]. 地理研究,2019,38(11):2745-2765.
- [2]陈景华,陈姚,陈敏敏. 中国经济高质量发展水平、区域差异及分布动态演进[J]. 数量经济技术经济研究,2020,37(12):108-126.
- [3]王玲玲,张艳国. “绿色发展”内涵探微[J]. 社会主义研究,2012,(05):143-146.
- [4]庄友刚. 准确把握绿色发展理念的科学规定性[J]. 中国特色社会主义研究,2016,(01):89-94.
- [5]邬晓霞,张双悦. “绿色发展”理念的形成及未来走势[J]. 经济问题,2017,(02):30-34.
- [6]王淑芹. 正确理解五大发展理念的内涵和要求[J]. 思想理论教育导刊,2016,(01):75-78.
- [7]余晓钟,白龙,罗霞. “一带一路”绿色低碳化能源合作内涵、困境与路径[J]. 亚太经济,2021,(03):17-24.
- [8]霍艳丽,刘彤. 生态经济建设:我国实现绿色发展的路径选择[J]. 企业经济,2011,30(10):63-66.
- [9]吴学榕,程铖. 长江经济带建设中云南实现绿色发展的路径研究[J]. 经济问题探索,2020,(12):96-102.
- [10]韩红蕾. 可持续绿色经济发展的影响因素和转化路径[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2021,46(01):74-79.
- [11]何爱平,安梦天,李雪娇. 黄河流域绿色发展效率及其提升路径研究[J]. 人文杂志,2021,(04):32-42.
- [12]胡鞍钢,周绍杰. 绿色发展:功能界定、机制分析与发展战略[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(01):14-20.
- [13]许宪春,任雪,汤美微. 关于中国平衡发展指数指标体系的构建[J]. 统计研究,2020,37(02):3-14.
- [14]许宪春,雷泽坤,窦园园,柳士昌. 中国南北平衡发展差距研究——基于“中国平衡发展指数”的综合分析[J]. 中国工业经济,2021,(02):5-22.
- [15]杨多贵,刘开迪,周志田. 我国南北地区经济发展差距及演变分析[J]. 中国科学院院刊,2018,33(10):1083-1092.
- [16]吕韬,曹有挥. “时空接近”空间自相关模型构建及其应用——以长三角区域经济差异分析为例[J]. 地理研究,2010,29(02):351-360.
- [17]Knight J, Song L. The spatial contribution to income inequality in rural China[J]. Cambridge Journal of Economics, 1993, 17(2):195-213.
- [18]Wei Y. Regional Inequality of Industrial Output in China, 1952 to 1990[J]. Geografiska Annaler, 1998, 80(1):1-15.
- [19]Herrmann-Pillath C, Kirchert D, Pan J. Disparities in Chinese economic development: approaches on different levels of aggregation[J]. Economic Systems, 2002, 26(1):31-54.
- [20]TP Lyons. Interprovincial Disparities in China: Fujian Province, 1978 - 1995[J]. Economic Geography, 1998, 74(4):405-432.
- [21]Yamamoto D. Scales of regional income disparities in the USA, 1955-2003[J].

- Journal of Economic Geography, 2008, 8(1):79-103.
- [22]Lyons, T. P. Interprovincial disparities in China: output and consumption, 1952-1987[J]. Economic Development and Cultural Change, 1991, 39(3): 471-506.
- [23]Chen J, Fleisher B. Regional income inequality and economic growth in China. Journal Of Comparative Economies, 1996, 22: 141-164.
- [24]Williamson Jeffery G, Regional Inequality and the Process of National Development : A Description of the Patterns[J].Economic Development and Cultural Change ,1965(04):3-45.
- [25]Ying, L. G. China's Changing Regional Disparities during the Reform Period[J]. Economic Geography ,1999, 75(1): 59-70.
- [26]Kim, T. J. & Knaap, G. J. The spatial dispersion of economic activities and development trends in China: 1952-1985[J].The Annals of Regional Science, 2001, 35(1): 39-57.
- [27]Fujiata, M. & Hu, D. Regional disparity in China: 1985-1994:the effects of globalization and economics liberalization[J].The Annals of Regional Science, 2001,35(1): 3-37.
- [28]Rozelle, S. Rural Industrialization and Increasing Inequality: emerging patterns in China's reforming economy[J]. Journal of Comparative Economies, 1994, 19(3): 362-391.
- [29]Rozelle, S. Stagnation without equity: patterns of growth and inequality in China's 48 rural economy[J]. The China Journal, 1996, 35 : 63-92.
- [30]魏后凯. 关于促进东西部地区经济协调发展的若干政策问题[J]. 经济体制改革,1996,(05):91-95.
- [31]苟兴朝,张斌儒. 黄河流域乡村绿色发展: 水平测度、区域差异及空间相关性[J]. 宁夏社会科学,2020,(04):57-66.
- [32]邓宗兵,何若帆,陈钰,朱帆. 中国八大综合经济区生态文明发展的区域差异及收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究,2020,37(06):3-25.
- [33]刘帅. 中国经济增长质量的地区差异与随机收敛[J]. 数量经济技术经济研究,2019,36(09):24-41.
- [34]魏艳华,马立平,王丙参. 中国八大综合经济区经济发展差异测度与评价[J]. 数量经济技术经济研究,2020,37(06):89-108.
- [35]高赢. 中国八大综合经济区绿色发展绩效及其影响因素研究[J]. 数量经济技术经济研究,2019,36(09):3-23.
- [36]梁忆南. 区域开发中的协调问题[J]. 国土与自然资源研究,1991,(03):23-25.
- [37]胡鞍钢. 社会与发展:中国社会地区差距报告[J]. 开发研究,2003,(04):3-11.
- [38]陈南京. 坚持区域经济协调发展是当前的一项战略任务[J]. 求实,1996,(04):36+42.
- [39]徐盈之,吴海明. 环境约束下区域协调发展水平综合效率的实证研究[J]. 中国工业经济,2010,(08):34-44.
- [40]周成,冯学钢,唐睿. 区域经济—生态环境—旅游产业耦合协调发展分析与预测——以长江经济带沿线各省市为例[J]. 经济地理,2016,36(03):186-193.
- [41]申曙光. 生态文明及其理论与现实基础[J]. 北京大学学报(哲学社会科学

- 版),1994,(03):31-37+127.
- [42]李百炼,伍业钢. 谈“十四五”生态保护与绿色发展的生态关系[J]. 科技导报,2021,39(03):88-101.
- [43]孙海燕,王富喜. 区域协调发展的理论基础探究[J]. 经济地理,2008,28(06):928-931.
- [44]胡春雷,肖玲. 生态位理论与方法在城市研究中的应用[J]. 地域研究与开发,2004,(02):13-16.
- [45]朱春全. 生态位态势理论与扩充假说[J]. 生态学报,1997,(03):324-332.
- [46]张松林,张昆. 全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究[J]. 中山大学学报(自然科学版),2007,(04):93-97.
- [47]彭国华. 中国地区收入差距、全要素生产率及其收敛分析[J]. 经济研究,2005,(09):19-29.
- [48]陈燕丽. 基于熵值法研究区域生态经济发展状况评价[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2020,34(08):232-237.

## 附 录

附表1 我国绿色发展综合生态位得分排序表

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.050 /1	0.051 /1	0.047 /1	0.049 /1	0.049 /1	0.049 /1	0.048 /1	0.051 /1	0.046 /1
天津	0.040 /3	0.040 /3	0.038 /4	0.040 /4	0.040 /3	0.040 /3	0.038 /4	0.038 /5	0.038 /5
河北	0.030 /24	0.030 /26	0.027 /29	0.028 /30	0.029 /25	0.031 /21	0.029 /28	0.033 /9	0.029 /28
山西	0.030 /20	0.030 /25	0.033 /13	0.029 /29	0.027 /30	0.030 /26	0.030 /27	0.030 /25	0.028 /30
内蒙古	0.034 /11	0.039 /4	0.035 /8	0.033 /10	0.034 /9	0.033 /11	0.034 /8	0.032 /12	0.034 /10
辽宁	0.039 /4	0.034 /8	0.033 /12	0.033 /12	0.031 /21	0.032 /14	0.032 /19	0.032 /16	0.032 /21
吉林	0.032 /17	0.033 /11	0.036 /7	0.031 /19	0.032 /18	0.036 /7	0.032 /16	0.032 /19	0.033 /14
黑龙江	0.031 /18	0.033 /12	0.033 /11	0.032 /16	0.031 /19	0.031 /22	0.030 /24	0.030 /27	0.034 /9
上海	0.042 /2	0.042 /2	0.041 /2	0.044 /2	0.045 /2	0.042 /2	0.041 /2	0.045 /2	0.042 /2
江苏	0.037 /7	0.037 /6	0.038 /3	0.041 /3	0.039 /5	0.038 /5	0.038 /3	0.038 /4	0.039 /4
浙江	0.039 /5	0.038 /5	0.037 /6	0.039 /5	0.039 /4	0.038 /4	0.037 /5	0.039 /3	0.039 /3
安徽	0.031 /19	0.032 /20	0.033 /16	0.031 /18	0.032 /17	0.030 /24	0.031 /21	0.030 /23	0.032 /19
福建	0.038 /6	0.035 /7	0.033 /17	0.032 /15	0.037 /6	0.032 /15	0.036 /6	0.033 /11	0.036 /6
江西	0.030 /23	0.031 /22	0.030 /25	0.031 /17	0.032 /16	0.031 /20	0.034 /9	0.030 /26	0.034 /8
山东	0.033 /14	0.032 /14	0.033 /15	0.033 /14	0.032 /14	0.034 /10	0.033 /14	0.033 /8	0.032 /22
河南	0.027 /29	0.027 /29	0.027 /30	0.029 /26	0.028 /29	0.029 /29	0.032 /18	0.032 /13	0.030 /25
湖北	0.030 /21	0.032 /21	0.034 /10	0.034 /8	0.033 /12	0.032 /16	0.032 /17	0.031 /22	0.032 /18
湖南	0.030 /22	0.031 /23	0.029 /26	0.031 /22	0.031 /20	0.032 /19	0.030 /25	0.032 /18	0.033 /12
广东	0.033 /13	0.032 /13	0.032 /18	0.034 /9	0.036 /7	0.035 /8	0.034 /10	0.034 /7	0.035 /7
广西	0.027 /30	0.028 /28	0.031 /24	0.029 /28	0.029 /28	0.032 /13	0.028 /30	0.030 /24	0.030 /24
海南	0.033 /15	0.032 /19	0.037 /5	0.030 /25	0.034 /8	0.036 /6	0.031 /23	0.032 /15	0.033 /11
重庆	0.034 /12	0.032 /16	0.032 /19	0.035 /6	0.033 /11	0.034 /9	0.031 /22	0.036 /6	0.031 /23

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
四川	0.029 /25	0.033 /10	0.031 /23	0.031 /21	0.032 /13	0.032 /18	0.032 /20	0.032 /14	0.032 /16
贵州	0.029 /26	0.027 /30	0.032 /20	0.029 /27	0.030 /23	0.028 /30	0.035 /7	0.029 /28	0.030 /26
云南	0.028 /27	0.032 /15	0.029 /27	0.031 /20	0.029 /26	0.030 /25	0.030 /26	0.029 /29	0.029 /29
陕西	0.035 /10	0.032 /17	0.035 /9	0.033 /11	0.032 /15	0.031 /23	0.034 /12	0.032 /17	0.033 /13
甘肃	0.028 /28	0.029 /27	0.029 /28	0.030 /24	0.029 /27	0.029 /28	0.032 /15	0.031 /21	0.029 /27
青海	0.035 /8	0.031 /24	0.033 /14	0.033 /13	0.030 /22	0.033 /12	0.034 /11	0.031 /20	0.032 /15
宁夏	0.035 /9	0.034 /9	0.031 /21	0.034 /7	0.033 /10	0.032 /17	0.033 /13	0.033 /10	0.032 /17
新疆	0.032 /16	0.032 /18	0.031 /22	0.031 /23	0.030 /24	0.029 /27	0.029 /29	0.028 /30	0.032 /20

附表2 我国经济发展生态位得分排序表

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.064 /1	0.063 /1	0.061 /1	0.064 /1	0.069 /1	0.063 /1	0.062 /1	0.060 /2	0.063 /1
天津	0.053 /3	0.049 /4	0.051 /4	0.054 /3	0.051 /3	0.048 /3	0.040 /7	0.041 /7	0.043 /6
河北	0.026 /24	0.028 /22	0.022 /30	0.024 /28	0.026 /22	0.028 /19	0.028 /23	0.036 /8	0.028 /20
山西	0.027 /22	0.029 /18	0.030 /18	0.023 /29	0.020 /30	0.020 /30	0.033 /11	0.029 /20	0.023 /29
内蒙古	0.031 /16	0.050 /3	0.028 /20	0.029 /19	0.030 /15	0.028 /17	0.030 /16	0.026 /24	0.031 /11
辽宁	0.035 /9	0.034 /11	0.031 /15	0.032 /12	0.021 /26	0.028 /18	0.029 /18	0.028 /22	0.028 /23
吉林	0.031 /15	0.027 /25	0.029 /19	0.026 /22	0.021 /27	0.045 /5	0.028 /25	0.025 /26	0.031 /12
黑龙江	0.028 /19	0.029 /16	0.025 /26	0.026 /24	0.020 /28	0.022 /29	0.023 /29	0.019 /30	0.029 /16
上海	0.061 /2	0.055 /2	0.056 /3	0.061 /2	0.063 /2	0.062 /2	0.061 /2	0.061 /1	0.061 /2
江苏	0.045 /4	0.041 /5	0.043 /5	0.046 /4	0.046 /4	0.043 /6	0.044 /4	0.045 /4	0.047 /3
浙江	0.042 /6	0.040 /6	0.041 /6	0.043 /5	0.045 /5	0.046 /4	0.045 /3	0.046 /3	0.047 /4
安徽	0.029 /17	0.030 /14	0.030 /17	0.031 /13	0.033 /11	0.030 /14	0.031 /14	0.031 /16	0.032 /10

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
福建	0.032 /12	0.035 /9	0.033 /10	0.035 /9	0.039 /7	0.034 /10	0.040 /8	0.035 /9	0.040 /7
江西	0.027 /21	0.026 /26	0.027 /22	0.030 /17	0.031 /14	0.029 /15	0.031 /15	0.030 /17	0.030 /14
山东	0.032 /11	0.032 /12	0.033 /11	0.036 /8	0.033 /12	0.032 /12	0.033 /9	0.032 /13	0.030 /15
河南	0.026 /25	0.024 /28	0.023 /29	0.026 /25	0.025 /24	0.025 /26	0.028 /21	0.031 /15	0.029 /17
湖北	0.031 /13	0.031 /13	0.035 /8	0.034 /10	0.035 /10	0.031 /13	0.031 /13	0.032 /12	0.034 /8
湖南	0.027 /23	0.028 /21	0.030 /16	0.029 /18	0.029 /20	0.027 /20	0.033 /10	0.029 /19	0.033 /9
广东	0.038 /7	0.036 /8	0.037 /7	0.038 /6	0.044 /6	0.041 /8	0.043 /5	0.041 /6	0.045 /5
广西	0.023 /29	0.021 /30	0.034 /9	0.026 /21	0.020 /29	0.042 /7	0.023 /28	0.024 /27	0.025 /27
海南	0.025 /26	0.024 /27	0.057 /2	0.023 /30	0.038 /8	0.027 /21	0.024 /27	0.033 /11	0.028 /21
重庆	0.033 /10	0.029 /17	0.032 /12	0.037 /7	0.035 /9	0.039 /9	0.028 /20	0.043 /5	0.026 /26
四川	0.024 /27	0.035 /10	0.027 /23	0.030 /14	0.030 /16	0.026 /25	0.030 /17	0.034 /10	0.028 /19
贵州	0.028 /18	0.023 /29	0.027 /21	0.026 /23	0.029 /17	0.024 /27	0.041 /6	0.030 /18	0.027 /24
云南	0.023 /28	0.039 /7	0.023 /28	0.025 /27	0.028 /21	0.026 /22	0.028 /22	0.025 /25	0.027 /25
陕西	0.035 /8	0.030 /15	0.031 /14	0.030 /15	0.029 /18	0.026 /23	0.029 /19	0.029 /21	0.031 /13
甘肃	0.023 /30	0.028 /23	0.026 /24	0.025 /26	0.023 /25	0.023 /28	0.022 /30	0.023 /29	0.022 /30
青海	0.031 /14	0.028 /20	0.031 /13	0.030 /16	0.029 /19	0.033 /11	0.027 /26	0.026 /23	0.025 /28
宁夏	0.043 /5	0.027 /24	0.024 /27	0.033 /11	0.031 /13	0.029 /16	0.031 /12	0.031 /14	0.029 /18
新疆	0.027 /20	0.028 /19	0.025 /25	0.027 /20	0.026 /23	0.026 /24	0.028 /24	0.023 /28	0.028 /22

附表3 我国绿色生态生态位得分排序表

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.033 /12	0.042 /1	0.034 /10	0.036 /2	0.032 /16	0.039 /2	0.041 /1	0.056 /1	0.035 /9

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
天津	0.033 /14	0.035 /9	0.028 /27	0.031 /27	0.030 /25	0.034 /16	0.036 /8	0.034 /10	0.034 /13
河北	0.031 /19	0.032 /20	0.027 /29	0.029 /30	0.030 /26	0.036 /5	0.028 /29	0.032 /18	0.029 /29
山西	0.031 /18	0.028 /28	0.030 /23	0.031 /25	0.027 /29	0.030 /25	0.031 /25	0.029 /26	0.029 /28
内蒙古	0.038 /5	0.038 /4	0.043 /3	0.037 /1	0.037 /7	0.036 /6	0.038 /2	0.034 /9	0.038 /3
辽宁	0.052 /2	0.034 /11	0.033 /12	0.031 /26	0.032 /19	0.034 /17	0.033 /14	0.035 /7	0.032 /22
吉林	0.026 /29	0.033 /19	0.048 /1	0.033 /20	0.039 /3	0.035 /7	0.035 /12	0.034 /14	0.034 /12
黑龙江	0.032 /17	0.036 /6	0.042 /4	0.034 /11	0.035 /9	0.035 /13	0.033 /15	0.033 /15	0.039 /1
上海	0.017 /30	0.034 /12	0.025 /30	0.032 /21	0.037 /5	0.028 /28	0.023 /30	0.044 /2	0.031 /25
江苏	0.030 /22	0.031 /23	0.031 /20	0.034 /14	0.031 /23	0.032 /21	0.031 /26	0.029 /28	0.030 /27
浙江	0.037 /7	0.037 /5	0.031 /21	0.034 /13	0.034 /11	0.031 /22	0.030 /27	0.036 /3	0.035 /7
安徽	0.034 /10	0.034 /15	0.045 /2	0.036 /5	0.034 /12	0.031 /23	0.033 /20	0.031 /19	0.032 /23
福建	0.057 /1	0.034 /14	0.032 /13	0.030 /28	0.048 /1	0.035 /12	0.033 /19	0.031 /20	0.036 /5
江西	0.032 /16	0.039 /3	0.032 /14	0.035 /7	0.037 /8	0.036 /4	0.037 /4	0.030 /23	0.037 /4
山东	0.034 /9	0.033 /16	0.036 /8	0.032 /22	0.032 /20	0.032 /20	0.032 /21	0.035 /5	0.031 /26
河南	0.027 /28	0.027 /30	0.028 /28	0.032 /23	0.027 /28	0.027 /29	0.033 /16	0.034 /11	0.028 /30
湖北	0.029 /23	0.031 /21	0.032 /15	0.035 /8	0.030 /24	0.031 /24	0.035 /10	0.029 /27	0.033 /16
湖南	0.033 /13	0.035 /7	0.028 /26	0.034 /9	0.033 /13	0.033 /18	0.031 /24	0.033 /17	0.035 /10
广东	0.030 /21	0.035 /8	0.034 /9	0.034 /12	0.039 /4	0.034 /15	0.032 /23	0.034 /13	0.033 /14
广西	0.027 /27	0.035 /10	0.031 /18	0.033 /15	0.035 /10	0.032 /19	0.035 /13	0.035 /4	0.034 /11
海南	0.043 /3	0.040 /2	0.039 /5	0.036 /3	0.037 /6	0.042 /1	0.036 /6	0.030 /24	0.038 /2
重庆	0.038 /6	0.033 /17	0.033 /11	0.036 /6	0.032 /18	0.035 /10	0.033 /17	0.035 /6	0.032 /21
四川	0.029 /24	0.029 /27	0.031 /19	0.033 /17	0.041 /2	0.035 /8	0.033 /18	0.031 /21	0.033 /15
贵州	0.028 /25	0.031 /22	0.039 /6	0.033 /18	0.032 /14	0.035 /14	0.038 /3	0.029 /29	0.033 /17
云南	0.036 /8	0.034 /13	0.031 /17	0.036 /4	0.032 /17	0.035 /11	0.030 /28	0.030 /22	0.033 /19
陕西	0.033 /11	0.030 /25	0.032 /16	0.033 /19	0.031 /22	0.027 /30	0.036 /5	0.030 /25	0.032 /20
甘肃	0.028 /26	0.027 /29	0.029 /25	0.031 /24	0.027 /27	0.029 /27	0.036 /7	0.035 /8	0.031 /24

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
青海	0.038 /4	0.029 /26	0.029 /24	0.033 /16	0.026 /30	0.036 /3	0.035 /9	0.033 /16	0.035 /6
宁夏	0.031 /20	0.033 /18	0.037 /7	0.034 /10	0.031 /21	0.035 /9	0.035 /11	0.034 /12	0.035 /8
新疆	0.032 /15	0.031 /24	0.030 /22	0.030 /29	0.032 /15	0.030 /26	0.032 /22	0.026 /30	0.033 /18

附表4 我国基础设施生态位得分排序表

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.052 /1	0.053 /1	0.046 /1	0.048 /1	0.048 /1	0.048 /1	0.044 /1	0.048 /1	0.046 /1
天津	0.042 /3	0.039 /7	0.038 /7	0.039 /4	0.042 /3	0.039 /5	0.042 /3	0.039 /5	0.040 /3
河北	0.030 /18	0.028 /23	0.030 /21	0.028 /23	0.029 /22	0.028 /26	0.031 /23	0.031 /20	0.027 /29
山西	0.033 /13	0.032 /17	0.034 /15	0.032 /17	0.032 /16	0.038 /7	0.028 /26	0.030 /22	0.028 /26
内蒙古	0.040 /4	0.039 /4	0.041 /3	0.037 /7	0.039 /5	0.038 /6	0.039 /5	0.040 /4	0.038 /7
辽宁	0.038 /7	0.038 /8	0.038 /9	0.037 /6	0.036 /8	0.036 /9	0.033 /12	0.036 /8	0.036 /10
吉林	0.038 /9	0.040 /3	0.035 /13	0.034 /15	0.035 /10	0.035 /10	0.033 /15	0.037 /6	0.036 /11
黑龙江	0.035 /11	0.036 /11	0.035 /14	0.036 /12	0.035 /11	0.033 /14	0.034 /11	0.033 /14	0.033 /14
上海	0.048 /2	0.039 /5	0.041 /4	0.042 /3	0.039 /4	0.042 /3	0.042 /4	0.040 /3	0.040 /4
江苏	0.040 /5	0.042 /2	0.041 /2	0.043 /2	0.043 /2	0.042 /4	0.043 /2	0.041 /2	0.042 /2
浙江	0.040 /6	0.039 /6	0.039 /6	0.038 /5	0.039 /6	0.037 /8	0.037 /7	0.037 /7	0.036 /9
安徽	0.027 /28	0.032 /18	0.025 /28	0.026 /29	0.028 /28	0.027 /27	0.024 /30	0.027 /29	0.029 /24
福建	0.029 /22	0.036 /10	0.031 /19	0.030 /21	0.028 /24	0.027 /28	0.033 /14	0.032 /18	0.031 /18
江西	0.027 /26	0.027 /26	0.028 /24	0.030 /20	0.028 /25	0.029 /25	0.032 /17	0.029 /25	0.038 /5
山东	0.032 /15	0.033 /15	0.032 /16	0.032 /18	0.032 /17	0.030 /19	0.031 /18	0.031 /21	0.031 /20
河南	0.025 /29	0.028 /25	0.027 /27	0.026 /28	0.028 /27	0.029 /22	0.031 /21	0.028 /28	0.028 /27



区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
湖北	0.029 /20	0.028 /24	0.037 /10	0.035 /14	0.033 /15	0.033 /15	0.030 /24	0.029 /24	0.030 /22
湖南	0.030 /17	0.029 /22	0.028 /25	0.028 /24	0.029 /21	0.029 /21	0.026 /28	0.034 /12	0.027 /28
广东	0.029 /19	0.022 /30	0.024 /29	0.028 /22	0.027 /29	0.029 /24	0.027 /27	0.029 /26	0.029 /25
广西	0.028 /23	0.027 /28	0.029 /23	0.026 /27	0.031 /19	0.025 /30	0.025 /29	0.024 /30	0.031 /21
海南	0.030 /16	0.033 /14	0.019 /30	0.031 /19	0.030 /20	0.045 /2	0.031 /22	0.035 /11	0.037 /8
重庆	0.027 /27	0.033 /16	0.027 /26	0.036 /11	0.033 /14	0.033 /13	0.032 /16	0.035 /10	0.034 /13
四川	0.028 /24	0.034 /13	0.031 /20	0.027 /26	0.029 /23	0.032 /17	0.031 /19	0.032 /19	0.034 /12
贵州	0.027 /25	0.027 /27	0.032 /17	0.028 /25	0.028 /26	0.027 /29	0.033 /13	0.029 /27	0.029 /23
云南	0.023 /30	0.026 /29	0.032 /18	0.024 /30	0.027 /30	0.029 /23	0.031 /20	0.029 /23	0.026 /30
陕西	0.034 /12	0.034 /12	0.036 /11	0.036 /9	0.035 /9	0.034 /12	0.036 /8	0.035 /9	0.032 /15
甘肃	0.029 /21	0.030 /21	0.029 /22	0.033 /16	0.031 /18	0.030 /20	0.036 /9	0.033 /13	0.031 /19
青海	0.038 /8	0.031 /19	0.040 /5	0.036 /10	0.034 /12	0.032 /16	0.039 /6	0.033 /15	0.038 /6
宁夏	0.033 /14	0.030 /20	0.038 /8	0.037 /8	0.039 /7	0.031 /18	0.036 /10	0.033 /16	0.032 /16
新疆	0.036 /10	0.036 /9	0.036 /12	0.035 /13	0.034 /13	0.034 /11	0.029 /25	0.032 /17	0.032 /17

附表5 我国绿色生活生态位得分排序表

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
北京	0.050 /1	0.047 /1	0.047 /1	0.048 /1	0.047 /1	0.044 /1	0.045 /1	0.040 /1	0.041 /1
天津	0.034 /11	0.037 /4	0.033 /14	0.035 /7	0.036 /5	0.038 /4	0.033 /13	0.036 /4	0.034 /12
河北	0.032 /20	0.031 /21	0.031 /22	0.030 /28	0.033 /14	0.033 /16	0.031 /24	0.033 /14	0.032 /18
山西	0.030 /25	0.030 /26	0.039 /4	0.028 /30	0.029 /29	0.030 /24	0.029 /30	0.031 /24	0.031 /24
内蒙古	0.027 /30	0.029 /28	0.029 /28	0.030 /25	0.029 /28	0.031 /21	0.029 /27	0.029 /30	0.028 /30

区域	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名	数值/排名
辽宁	0.032 /19	0.032 /19	0.030 /25	0.032 /18	0.034 /9	0.032 /19	0.031 /22	0.030 /29	0.031 /23
吉林	0.033 /14	0.032 /15	0.031 /21	0.032 /15	0.032 /22	0.029 /28	0.033 /16	0.032 /21	0.030 /28
黑龙江	0.030 /24	0.030 /25	0.032 /16	0.031 /22	0.035 /7	0.033 /13	0.032 /17	0.034 /10	0.034 /14
上海	0.040 /2	0.040 /3	0.041 /3	0.039 /5	0.040 /2	0.039 /3	0.039 /2	0.036 /6	0.037 /3
江苏	0.035 /7	0.035 /7	0.036 /7	0.040 /2	0.038 /4	0.034 /11	0.035 /9	0.035 /8	0.035 /8
浙江	0.036 /5	0.035 /9	0.038 /5	0.040 /3	0.039 /3	0.036 /7	0.036 /6	0.037 /3	0.039 /2
安徽	0.034 /9	0.032 /17	0.031 /24	0.033 /13	0.032 /17	0.032 /17	0.038 /3	0.032 /20	0.036 /4
福建	0.033 /13	0.034 /11	0.033 /11	0.033 /9	0.034 /10	0.033 /14	0.037 /4	0.033 /17	0.036 /5
江西	0.033 /12	0.032 /18	0.031 /20	0.032 /19	0.032 /21	0.031 /23	0.037 /5	0.031 /26	0.030 /27
山东	0.033 /15	0.030 /22	0.030 /26	0.031 /23	0.033 /13	0.041 /2	0.034 /12	0.036 /5	0.035 /9
河南	0.032 /22	0.030 /23	0.032 /15	0.033 /10	0.034 /12	0.034 /10	0.035 /7	0.036 /7	0.035 /10
湖北	0.032 /21	0.036 /5	0.033 /12	0.033 /12	0.032 /16	0.033 /15	0.032 /18	0.033 /16	0.032 /21
湖南	0.030 /26	0.032 /16	0.031 /17	0.032 /16	0.035 /8	0.037 /6	0.031 /25	0.032 /22	0.036 /7
广东	0.036 /4	0.035 /8	0.034 /10	0.036 /6	0.035 /6	0.035 /8	0.034 /11	0.033 /13	0.033 /16
广西	0.029 /28	0.028 /29	0.028 /29	0.030 /27	0.030 /27	0.030 /25	0.029 /28	0.037 /2	0.032 /20
海南	0.033 /17	0.030 /24	0.033 /13	0.030 /26	0.031 /24	0.031 /20	0.032 /21	0.031 /23	0.030 /25
重庆	0.037 /3	0.034 /12	0.036 /6	0.032 /14	0.032 /19	0.030 /26	0.031 /23	0.032 /19	0.031 /22
四川	0.034 /8	0.036 /6	0.035 /8	0.033 /11	0.031 /25	0.033 /12	0.033 /15	0.033 /15	0.033 /17
贵州	0.030 /27	0.027 /30	0.031 /23	0.029 /29	0.031 /23	0.029 /29	0.029 /26	0.030 /28	0.030 /26
云南	0.029 /29	0.029 /27	0.030 /27	0.039 /4	0.030 /26	0.030 /27	0.032 /19	0.031 /25	0.029 /29
陕西	0.036 /6	0.034 /10	0.042 /2	0.034 /8	0.032 /15	0.037 /5	0.033 /14	0.035 /9	0.036 /6
甘肃	0.031 /23	0.031 /20	0.031 /18	0.031 /21	0.034 /11	0.035 /9	0.035 /8	0.034 /12	0.033 /15
青海	0.033 /16	0.033 /13	0.031 /19	0.031 /24	0.032 /20	0.032 /18	0.034 /10	0.034 /11	0.032 /19
宁夏	0.032 /18	0.045 /2	0.027 /30	0.032 /17	0.032 /18	0.031 /22	0.032 /20	0.033 /18	0.034 /13
新疆	0.034 /10	0.033 /14	0.035 /9	0.031 /20	0.029 /30	0.028 /30	0.029 /29	0.031 /27	0.035 /11

## 后 记

美好的时光总是短暂的，硕士生涯即将结束，三年的学习时光让我受益匪浅。曾经的自己，是多么想早一点离开校园、离开考试、离开论文、离开这里所有的一切。可就在此刻，当自己真正意识到马上将要离开时，心中却有太多的不舍，舍不得我亲爱的老师、可爱的同学、早已熟悉的一切，但终究要踏入新的征程，如今能做的就是记住曾经的一切，感恩曾经的一切。

首先，感谢我的导师赵煜老师。感谢老师对我倾注的心血以及对我的不足之处包容和教导，同时在繁忙的工作中对我的生活依然给与了无私的关心和帮助。从论文的选题、开题、初稿到定稿，老师帮我指明了方向，一次次耐心地指导我修改完善，并且叮嘱我不忘细节之处，让我在整个写作过程中获得了诸多启发，老师突出的科研能力、严谨的治学态度以及谦和的处事态度将使我受益终生。

其次，感谢与我一起生活了三年的兰财同学与老师们。感谢亲爱的室友对我的关心与帮助，与你们一起相互学习、游戏开黑、日常八卦的欢乐时光让我难忘；感谢师门中的每一位同门对我在学术上的指引与生活上的帮助，在师门讨论会、师门聚餐、唱歌、看电影等活动中加深了我们彼此的感情；感谢老师们对我的谆谆教诲，让我从一名碌碌无为的本科生成长为一名脚踏实地的硕士研究生。

最后，感谢我的家人与朋友。感谢家人与朋友对我的关心和理解，我的成长离不开父母的养育和支持，在这里我想对你们说声辛苦了，我会继续努力，不辜负你们的期望！