

# 科技创新对环渤海地区绿色发展水平影响研究

宋世轩, 陈 豆, 李连刚

山东师范大学地理与环境学院, 山东 济南

收稿日期: 2022年10月31日; 录用日期: 2022年12月6日; 发布日期: 2022年12月19日

## 摘 要

绿色发展成为推动区域高质量发展的重要路径。论文从绿色经济、绿色环境、绿色政策三个维度构建环渤海地区绿色发展水平指标体系, 分析了2010~2018年环渤海地区绿色发展水平时空演变特征及科技创新对绿色发展的影响机制。结果发现: 1) 环渤海地区绿色发展水平较低, 但呈现出上升态势。绿色经济质量水平最高, 其次为绿色环境承载, 绿色政策支持得分最低。2) 环渤海地区绿色发展水平空间差异显著, 绿色发展水平低的城市在空间上呈现连片分布。3) 科技创新、对外开放水平和产业结构均显著提升区域绿色发展水平。

## 关键词

绿色发展, 科技创新, 影响机制, 环渤海地区

# Research on the Impact of Technological Innovation on Green Development Level in the Bohai Rim Region

Shixuan Song, Dou Chen, Liangang Li

College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan Shandong

Received: Oct. 31<sup>st</sup>, 2022; accepted: Dec. 6<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 19<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Green development has become an important path to promote high-quality development. The paper constructs an indicator system of green development level in the Bohai Rim region from three dimensions of green economy, green environment and policy, and analyzes the spatiotemporal evolution characteristics of green development level and the influence mechanism of technological innovation on green development in the Bohai Rim region from 2010 to 2018. The results show

that: 1) The level of green development in the Bohai Rim Region is low but shows an upward trend. The level of green economy quality is the highest, followed by the green environment bearing, and the green policy support score is the lowest. 2) The spatial difference in green development levels in the Bohai Rim Region is significant, and the cities with low green development levels are distributed in contiguous areas. 3) Technological innovation, the level of opening and industrial structure have all significantly improved the level of regional green development.

## Keywords

Green Development, Technological Innovation, Influence Mechanism, Bohai Rim Region

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

改革开放以来,我国经济增长迅速,但环境问题日益突出,成为当前制约我国经济社会可持续发展的关键[1]。“十四五”规划中强调要坚持“两山论”理念,推动经济社会绿色发展。随着中国转向高质量发展阶段,绿色发展成为协调经济发展与生态保护的关键,是推动城市转型实现高质量发展的重要路径,绿色发展成为当前研究热点[2][3]。科技创新成为推动绿色发展方式转变的重要力量[4][5],如何通过科技创新推动绿色发展转变进而实现高质量发展成为亟需解决的问题[6]。

当前关于绿色发展的研究主要集中在三个方面,一是绿色发展内涵。绿色发展内涵起源于绿色经济与绿色增长[7][8],随着全球经济发展向可持续发展模式转变,绿色发展的内涵不断完善。结合已有研究,论文认为绿色发展是一种以实现经济、社会、环境的可持续发展为目标的新型发展模式,通过调整产业结构、提高资源利用率、降低污染排放与保护环境等途径来协调经济稳定发展与生态环境保护,是推动高质量发展的重要路径。二是绿色发展测度。部分学者从投入产出的生产率角度反映绿色发展水平[9][10],还有一部分学者从经济、社会、环境维度构建综合指标体系借助熵权法等测度绿色发展水平[11][12],但所构建的指标体系差异较大。三是科技创新对绿色发展影响。现有研究多从理论层面展开论述,但从定量模型层面进行分析的较少,同时关于科技创新是促进还是限制绿色发展存在争论[4][13][14],需要进一步验证分析。部分学者从省域、城市群、流域等尺度探讨科技创新对绿色发展的作用[15][16],但对环渤海地区这一重要增长极研究较少。

环渤海地区包括北京市、天津市、河北省、辽宁省和山东省,是我国第三大增长极,对全国经济发展具有重要作用,2020年环渤海地区常住人口占全国的18%,GDP占全国18.1%。作为北方最大的工业集聚区,长期以来依赖重工业带动,高投入、高消耗、高污染的传统发展模式已严重制约着环渤海地区的经济发展,严重阻碍了环渤海地区经济高质量发展。近年来环渤海地区GDP增速出现持续下滑,亟需转变经济发展方式,推进绿色发展转变,维持经济稳定发展。因此,论文以环渤海地区作为研究对象,通过构建综合指标体系对环渤海地区绿色发展水平进行长时段时空演化分析,构建计量模型分析科技创新对环渤海地区绿色发展水平的影响机制,以为环渤海地区绿色高质量转型发展提供借鉴。

## 2. 研究方法与数据来源

考虑到数据连续性和行政区划完整性,论文以2010~2018年环渤海地区44个地级市作为研究对象,

构建绿色发展水平评价指标体系，采用熵值法动态测度环渤海地区绿色发展水平，在此基础上构建面板数据计量模型探究科技创新对环渤海地区绿色发展水平的影响。

### 2.1. 绿色发展水平指标体系构建

基于绿色发展内涵，借鉴已有研究成果[2] [4] [6]，从绿色经济质量、绿色环境承载和绿色政策支持三个维度构建绿色发展评价指标体系(表 1)。绿色经济质量主要反映区域经济发展模式，绿色环境承载主要反映区域资源环境压力及其对绿色经济的支撑能力，绿色政策支持主要反映绿色基础设施完善度和区域对环境保护的重视程度。

**Table 1.** Evaluation index system of green development level

**表 1.** 绿色发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	单位	属性
绿色经济质量	地区生产总值	万元	正
	人均地区生产总值	元	正
	第二产业占 GDP 比重	%	负
	第三产业占 GDP 比重	%	正
绿色环境承载	建成区植被覆盖率	%	正
	工业废水排放量	万吨	负
	工业二氧化硫排放量	吨	负
	工业烟尘排放量	吨	负
绿色政策支持	全年公共汽(电)车客运量	万人次	正
	地方财政科技支出	万元	正
	公园绿地面积	公顷	正
	生活垃圾无害化处理率	%	正

### 2.2. 评价方法

论文采用面板熵权法对环渤海地区绿色发展水平进行测度，具体步骤如下。

#### 1) 数据标准化处理

对指标体系中的正向和负向指标进行标准化处理，假设有  $r$  个年份， $i$  个城市， $j$  项指标，具体做法如下。

正向指标：

$$X'_{rij} = \frac{X_{rij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \tag{1}$$

负向指标：

$$X'_{rij} = \frac{\max(X_j) - X_{rij}}{\max(X_j) - \min(X_j)} \tag{2}$$

$X'_{rij}$  为标准化后第  $r$  年城市  $i$  的第  $j$  项指标的指标值， $X_{rij}$  为第  $r$  年城市  $i$  的第  $j$  项指标的观测值，

$\max(X_j)$ 和  $\min(X_j)$ 分别为第  $j$  项指标的最大值和最小值。

2) 计算城市  $i$  的特征比重

$$P_{rij} = \frac{X'_{rij}}{\sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^n X'_{rij}} \quad (3)$$

3) 计算第  $j$  项指标的熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{rij} \ln(P_{rij}) \quad (4)$$

其中,  $k = 1/\ln N$ ,  $N$  为所有年份的研究单元数。

4) 计算第  $j$  项指标的差异系数

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

5) 计算第  $j$  项指标的权重

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (6)$$

6) 计算综合评价得分

$$S_{rij} = \sum_{j=1}^n w_j X'_{rij} \quad (7)$$

### 2.3. 数据来源

绿色发展评价指标体系中各指标数据主要来源于《中国城市统计年鉴》，部分年份缺失数据从相关省市统计年鉴中进行补充或采用均值替换法进行插补。

## 3. 环渤海地区绿色发展水平时空演化特征

### 3.1. 时序演变特征

通过面板熵权法测算出环渤海地区各地市 2010~2018 年绿色发展水平综合得分,在此基础上逐年取平均值从整体和不同维度对环渤海地区及各省市绿色发展水平进行分析。

2010~2018 年环渤海地区绿色发展水平综合得分如图 1 所示。环渤海地区绿色发展水平呈现出缓慢提升态势,由 2010 年的 0.135 升至 2018 年的 0.183,提升了 34.96%,但绿色发展水平较低,亟需加快绿色发展转型。绿色经济质量水平发展态势与绿色发展水平一致,在研究时段内,呈现出持续提升趋势,2010~2018 年间环渤海地区绿色经济质量水平提升了 80.14%,表明环渤海地区经济发展较好,近年来产业结构调整较快,经济发展质量得到提升。绿色环境承载水平在研究时段内提升较慢,仅提升了 9.96%,绿色环境承载水平发展缓慢,急需提升环渤海地区绿色环境承载水平进而支撑区域绿色发展。绿色政策支持水平呈现上升态势,提升了 31.26%,但绿色政策支持水平最低,严重制约了环渤海地区绿色发展水平的提升。

论文进一步对环渤海地区五省市的绿色发展水平进行分析,结果如图 2 所示。结果显示,不同区域间差异显著,北京市和天津市的绿色发展水平明显高于其他省份,河北省和辽宁省的绿色发展水平最低,面临迫切绿色转型压力。北京市绿色发展水平长期保持较高水平,绿色发展转型较好,在研究时段内呈现波动上升态势,绿色发展水平提升了 39.94%。天津市绿色发展水平提升最快,提升了 66.44%,山东省绿色发展较快,提升了 41.84%,其次为河北省,提升 32.03%,辽宁省绿色发展水平提升 22.91%。

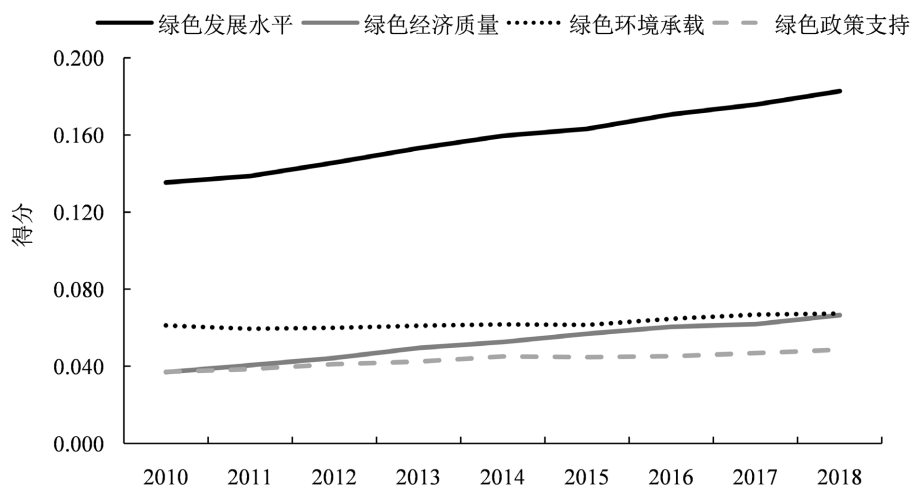


Figure 1. Green development level in Bohai Rim region

图 1. 环渤海地区绿色发展水平

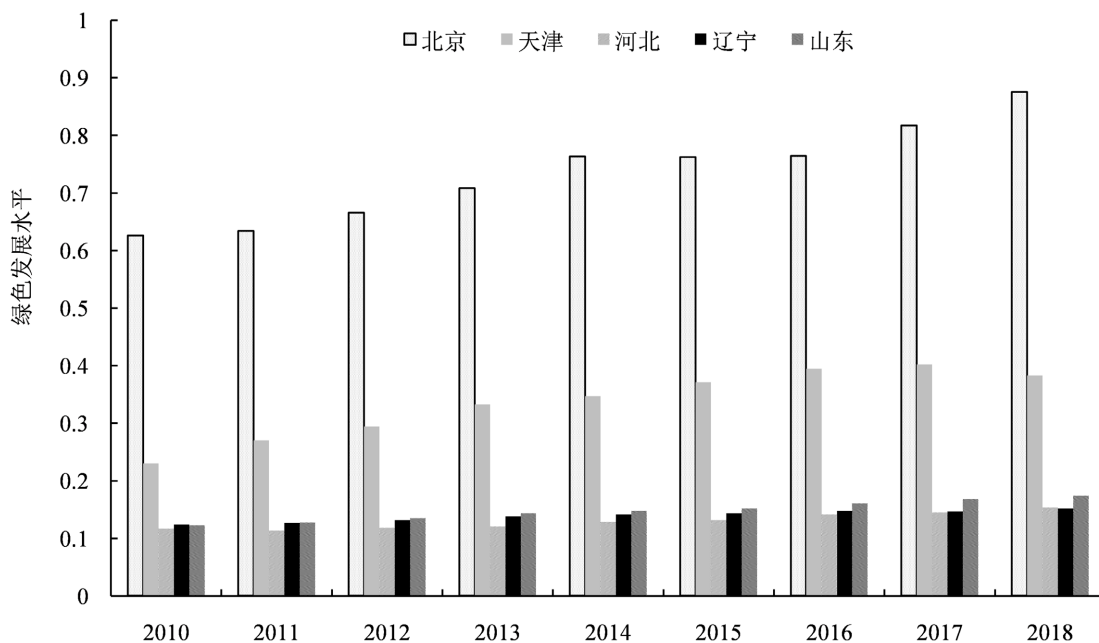


Figure 2. Green development level of each region

图 2. 各地区绿色发展水平

### 3.2. 空间分异特征

为了反映环渤海地区绿色发展水平的空间分异特征，利用 ArcGIS 自然断裂点方法将 2010 年、2013 年、2016 年、2018 年的绿色发展水平进行分类，进一步研究环渤海地区绿色发展水平空间演变特征，结果如表 2 所示。

结果发现环渤海地区绿色发展水平空间分布差异特征显著，表现出明显的集聚特征。绿色发展水平高的城市主要集中在北京、天津、沈阳、大连、济南、青岛这六个核心城市。绿色发展水平低的城市数量多，且在空间上呈现出集中连片分布，随时间推移这种集聚特征更为明显。同时，也可以发现，高绿色发展水平的城市周边多为低发展水平城市，表明当前阶段，城市绿色发展较好的城市的空间溢出作用

还较弱，还没有带动周边城市绿色发展。

**Table 2.** Spatial distribution of urban green development level

**表 2.** 各城市绿色发展水平空间分布

	2010	2013	2016	2018
高水平	北京	北京	北京	北京
较高水平	天津、沈阳、大连、 济南、青岛	天津、沈阳、大连、 济南、青岛	天津、沈阳、大连、 济南、青岛	天津、沈阳、大连、 济南、青岛
较低水平	秦皇岛、唐山、沧州、 石家庄、邯郸、鞍山、 抚顺、东营、淄博、 泰安、临沂、烟台、威海	秦皇岛、唐山、石家庄、 鞍山、本溪、东营、淄博、 泰安、临沂、潍坊、烟台、 威海	秦皇岛、唐山、廊坊、 石家庄、鞍山、东营、 淄博、泰安、济宁、 临沂、潍坊、烟台、威海	唐山、廊坊、石家庄、 东营、淄博、临沂、 潍坊、烟台、威海
低水平	其余城市	其余城市	其余城市	其余城市

## 4. 科技创新对环渤海地区绿色发展水平影响机制分析

### 4.1. 变量选取

借鉴已有研究[6] [10]，选择专利申请授权数反映区域科技创新状况，作为核心解释变量。同时选取经济发展速度、对外开放程度、政府投入、产业结构高级化作为控制变量[6] [10] [11]，分别以 GDP 增长率、实际利用外资金额、科技与教育支出占财政支出比重、第三产业与第二产业增加值比值作为替代指标进行分析(表 3)。同时为消除异方差与共线性，对所有自变量指标进行对数化处理。

**Table 3.** Variable selection

**表 3.** 变量选取

变量类别	变量名称	变量指标	缩写
被解释变量	绿色发展水平		GD
核心解释变量	科技创新	专利授权数	TI
控制变量	经济增长速度	GDP 增长率	GDP
	对外开放程度	实际利用外资金额	FDI
	政府投入	科技与教育支出占财政支出比重	INP
	产业结构	第三产业与第二产业增加值比值	IND

### 4.2. 面板回归模型

论文构建面板数据计量模型如下：

$$GD_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 TI_{it} + \alpha_2 GDP_{it} + \alpha_3 FDI_{it} + \alpha_4 INP_{it} + \alpha_5 IND_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中  $i$  代表地区， $t$  代表年份， $\alpha_i$  代表系数，其大小和方向代表解释变量和控制变量对绿色发展水平的影响程度与方向， $\varepsilon_{it}$  为扰动项。

### 4.3. 回归结果分析

首先进行 F 检验、BP 检验以及 Hausman 检验，以找出最优模型。根据计算结果得到 F 检验通过 1%

水平的显著性检验,意味着相对混合模型而言,固定效应模型更优,BP检验通过1%水平的显著性检验,意味着相对混合模型而言,随机效应模型更优。Hausman检验也通过1%水平的显著性检验,意味着相对随机模型而言,固定效应模型更优,同时,从回归结果看,固定效应模型的拟合优度( $R^2$ )要更高,因此论文以固定模型回归结果进行分析。结果如表4所示。

**Table 4.** Regression results

**表 4.** 回归结果

变量	固定效应模型	随机效应模型
TI	0.021***	0.023***
GDP	-0.002	-0.001
FDI	0.005***	0.005***
INP	0.001	0.002
IND	0.034***	0.037***
常数	-0.039	-0.065*
$R^2$	0.626	0.625

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

表4结果显示,科技创新水平通过1%水平的显著性检验且系数为正,表明科技创新对绿色发展水平具有显著的促进作用,科技创新水平的提升有助于产业与企业优化升级,减少污染的排放,进而提升区域绿色发展水平。FDI变量通过显著性检验且系数为正,表明区域对外开放水平的提升有助于促进区域绿色发展,通过引进清洁技术提升企业技术水平并减少污染排放,提升资源利用效率。产业结构高级化变量通过显著性检验且系数为正,表明优化提升产业结构有助于区域绿色发展,相较于第二产业,第三产业对环境的污染更低,随着中国进入工业化后期,第三产业成为区域经济发展的主要力量,优化提升产业结构、加快第三产业发展成为推动区域绿色高质量发展的重要手段。

为验证实证结果的可靠性,对面板模型进行稳健性检验,将科技创新这一核心解释变量滞后一期进行回归,回归结果如表5所示。

**Table 5.** Robustness test results

**表 5.** 稳健性检验结果

变量	回归系数
TI(滞后一期)	0.023***
GDP	-0.002
FDI	0.004***
INP	-0.002
IND	0.030***
常数	-0.033
$R^2$	0.621

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ .

结果显示,对科技创新变量进行滞后一期,其回归系数仍然通过了1%水平的显著性检验,且系数大小略微增大,表明科技创新对环渤海地区绿色发展水平具有稳健的促进作用,随时间推移,科技创新的促进作用呈现出不断增强的态势。经济发展水平与产业结构高级化对绿色发展水平仍具有显著的促进作用,表明模型回归结果稳健,可信度高。

## 5. 结论

论文研究发现:1)环渤海地区绿色发展水平总体上呈现上升趋势,各省市绿色发展水平差异显著,北京和天津绿色发展水平最高,其次是山东省,辽宁省和河北省绿色发展水平较差。绿色经济质量得分最高,绿色政策支持得分最低,限制了绿色发展水平。2)环渤海地区绿色发展水平存在空间差异,高水平城市主要集中在核心城市,低水平城市集中连片分布,高水平城市的引领促进作用还较弱。3)科技创新水平、对外开放水平与产业结构高级化均对环渤海地区绿色发展水平的提升具有显著的促进作用。

当前环渤海地区绿色发展水平虽然呈现出提升的态势,但绿色发展水平还较低,亟需转变经济发展方式、优化产业结构、加强对外联系,加大创新投入力度,营造良好的创新环境,提升环渤海地区科技创新水平,进而提升区域绿色发展水平。同时,需要发挥核心城市的溢出效应,加强城市间的交流与合作,通过中心城市绿色发展的反哺与溢出,带动周边城市绿色发展水平,促进环渤海地区整体绿色发展水平提升。

## 基金项目

山东师范大学大学生创新创业训练计划项目(2021170155)。

## 参考文献

- [1] 樊杰,王亚飞.40年来中国经济地理格局变化及新时代区域协调发展[J].经济地理,2019,39(1):1-7.
- [2] 黄跃,李琳.中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J].地理研究,2017,36(7):1309-1322.
- [3] 任嘉敏,马延吉.地理学视角下绿色发展研究进展与展望[J].地理科学进展,2020,39(07):1196-1209.
- [4] 王亚平,任建兰,程钰.科技创新对绿色发展的影响机制与区域创新体系构建[J].山东师范大学学报(人文社会科学版),2017,62(4):68-76.
- [5] Zhang, S.J. (2017) Looking to the Future: Innovation-Driven Green Development. *Green Energy & Environment*, 2, 1-2.
- [6] 曾刚,胡森林.技术创新对黄河流域城市绿色发展的影响研究[J].地理科学,2021,41(8):1314-1323.
- [7] 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(1):14-20.
- [8] 刘纪远,邓祥征,刘卫东,等.中国西部绿色发展概念框架[J].中国人口·资源与环境,2013,23(10):1-7.
- [9] 张可云,张江.城市群多中心性与绿色发展效率——基于异质性的城镇化空间布局分析[J].中国人口·资源与环境,2022,32(2):107-117.
- [10] 郭付友,高思齐,佟连军,等.黄河流域绿色发展效率的时空演变特征与影响因素[J].地理研究,2022,41(1):167-180.
- [11] 程钰,王晶晶,王亚平,等.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.
- [12] 胡森林,鲍涵,郝均,曾刚.环境规制对长三角城市绿色发展的影响——基于技术创新的作用路径分析[J].自然资源学报,2022,37(6):1572-1585.
- [13] Brannlund, R., Ghalwash, T. and Nordstrom, J. (2007) Increased Energy Efficiency and the Rebound Effect: Effects on Consumption and Emissions. *Energy Economics*, 29, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.09.003>
- [14] 赵建吉,展瑞,王晏.黄河流域工业绿色发展效率时空格局与影响因素研究[J].人民黄河,2022,44(9):56-63+94.
- [15] 李平瑞.数字经济、科技创新与绿色发展[J].技术经济与管理研究,2022(8):46-51.
- [16] 高赢,冯宗宪.黄河流域绿色发展的空间差异及收敛性研究[J].生态经济,2022,38(9):71-79.