

新质生产力视角下区域绿色发展效率水平评价 ——基于浙江省11个地级市的实证研究

胡振崑^{1*}, 徐 樾¹, 张灵源², 郇林涛², 朱奕睿¹, 金 石^{1#}

¹浙江万里学院商学院, 浙江 宁波

²浙江万里学院物流与电子商务学院, 浙江 宁波

收稿日期: 2025年4月30日; 录用日期: 2025年6月22日; 发布日期: 2025年6月30日

摘 要

在新质生产力视角下, 本文基于2013~2023年浙江省11个地级市的数据, 运用超效率SBM-DEA模型对非期望产出下的绿色发展效率进行测度, 并借助全局Malmquist-Luenberger指数对全要素生产率进行分解, 研究浙江省绿色发展效率及变化特征。结果表明: 第一, 浙江省的绿色发展效率值呈波动上升趋势, 万亿城市群绿色发展较为平稳, 各地级市之间绿色发展效率差距较大; 第二, 浙江省存在严重的投入冗余, 全社会供水总量、节能环保支出投入过多; 第三, 浙江省全要素生产率在研究期间内有所提高, 全要素生产率的提高源于技术效率进步, 技术进步未发挥重要作用。研究结论对响应新质生产力发展要求、提升区域绿色发展效率、推动经济社会高质量协调发展具有理论参考价值。

关键词

新质生产力, 浙江省, 绿色发展效率水平, 超效率SBM-DEA模型, 全局Malmquist-Luenberger指数

Evaluation of Regional Green Development Efficiency Level from the Perspective of New Quality Productive Forces

—An Empirical Study Based on 11 Prefecture-Level Cities in Zhejiang Province

Zhenkun Hu^{1*}, Xi Xu¹, Lingyuan Zhang², Lintao Li², Yirui Zhu¹, Shi Jin^{1#}

¹Business School, Zhejiang Wanli University, Ningbo Zhejiang

²Logistics and E-Commerce College, Zhejiang Wanli University, Ningbo Zhejiang

Received: Apr. 30th, 2025; accepted: Jun. 22nd, 2025; published: Jun. 30th, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 胡振崑, 徐樾, 张灵源, 郇林涛, 朱奕睿, 金石. 新质生产力视角下区域绿色发展效率水平评价[J]. 可持续发展, 2025, 15(6): 182-195. DOI: 10.12677/sd.2025.156176

Abstract

From the perspective of new quality productive forces, based on the data of 11 prefectural-level cities in Zhejiang Province from 2013 to 2023, this paper applies the super-efficient SBM-DEA model to measure the green development efficiency under non-expected output, and decomposes the total factor productivity with the help of global Malmquist-Luenberger index to study the green development efficiency and the changing characteristics of Zhejiang Province. The results show that: first, the value of green development efficiency in Zhejiang Province shows a fluctuating upward trend, the green development of trillion city cluster is relatively smooth, and there is a large gap in green development efficiency among prefecture-level cities; second, there is a serious input redundancy in Zhejiang Province, and there are excessive inputs in the total amount of water supply of the whole society and energy saving and environmental protection expenditures; third, the total factor productivity in Zhejiang Province has increased during the study period, but the increase in total factor productivity is due to technological progress, which does not play an important role. The conclusions of the study have theoretical reference value for responding to the requirements of the development of new quality productive forces, improving the efficiency of regional green development, and promoting high-quality coordinated economic and social development.

Keywords

New Quality Productive Forces, Zhejiang Province, Green Development Efficiency Level, Super-Efficiency SBM-DEA Model, Global Malmquist-Luenberger Index

Copyright © 2025 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

新质生产力是创新起主导作用，摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径，具有高科技、高效能、高质量特征，符合新发展理念的先进生产力质态。习总书记在主持二十届中共中央政治局第十一次集体学习时指出：“绿色发展是高质量发展的底色，新质生产力本身就是绿色生产力”。习总书记的重要论述，深刻阐明了新质生产力与绿色生产力的内在联系，为加快发展方式绿色转型、以新质生产力赋能高质量发展提供了科学指引。

浙江省位于中国东南沿海，长江三角洲南翼，东临东海，南接福建，西与江西、安徽相连，北与上海、江苏接壤。独特的地理位置使浙江成为连接长三角地区和福建、广东等南方省份的重要枢纽。2022年，浙江省区域 GDP 总量达到 7.8 万亿元，位居全国第四。

2023 年是新质生产力提出的元年，同时也是“八八战略”提出的 20 周年，在两个重要的历史交汇期，研究浙江省绿色发展效率水平，对缩小浙江省各地级市之间的地区差距，建立绿色发展新业态、新模式，促进共同富裕和高质量发展具有重要意义。

2. 国内外研究综述

绿色发展效率是衡量绿色发展质量的关键指标，精准映射出特定时期内绿色发展的水平与成熟度。近年来，关于低碳绿色发展的学术探讨已积累了大量国内外研究成果，为该领域的深入理解与实践应用

提供了坚实的理论与经验借鉴。

梳理国内外文献可以发现,从研究内容上,卢丽文等(2016) [1]通过构建绿色效率体系,监测了长江经济带 108 个城市的绿色效率,指出技术效率是制约绿色城市综合效率的主要因素;刘明广等(2024) [2]通过粤港澳大湾区的绿色创新效率研究,发现该区域效率呈波动上升趋势,并存在显著的空间非均衡性,同时识别了政府支持、教育水平和经济水平等影响因素;张羽等(2024) [3]揭示了长江经济带 74 个城市绿色技术创新效率的时空差异,指出下游城市效率较好,而中上游城市需进一步提升。在研究方向上,罗良文等(2016) [4]构建了工业企业绿色技术创新效率评价体系,发现整体效率偏低,中西部地区在技术效率和规模效率上有较大提升空间。

在国际学术研究中,Fang 等[5]采用改进的动态网络 SBM 方法,系统评估了区域绿色创新效率的动态演化特征及其影响因素;Al-Majali [6]则基于 Super-SBM 模型对约旦的绿色全要素生产率进行了测度,重点关注了发展中国家的特殊性;Liu 等[7]通过混合网络 SBM 方法揭示了中国沿海省份城市绿色发展的区域异质性;而 Liu 等[8]创新性地探讨了数字经济对中国绿色创新效率的非线性影响机制。现有国外研究在方法论上呈现出从传统 DEA 向网络 SBM、超效率模型等非径向方法的演进趋势,而在研究内容上,则体现了从静态效率评估向动态演化分析和影响因素探讨的深化。然而,这些研究在指标体系构建和区域适用性方面仍存在差异,特别是对发展中国家特殊性的考量不足。

综上可见,学术界对绿色发展效率的评估方法、影响因素及其背后的动因进行了深入探讨。这些研究在方法论和研究内容上均取得了显著进展,为本研究提供了宝贵的参考和启发。但是,现有研究在区域选择和研究视角上仍有局限,目前学者们的区域测度主要集中在全国、城市群及经济带,但是对特定省份的实证研究较少。另外,学者们通常从经济结构、技术水平、政策环境、市场机制等方面阐述。然而,从资源投入和产出冗余的角度来研究绿色发展效率的文献相对较少,故本文选择浙江省作为研究区域,并使用超效率 SBM-DEA 模型和 Malmquist 指数进行测度分析,为其新质生产力发展目标下提升绿色发展效率水平提供有益的对策。

3. 研究方法 with 数据来源

3.1. 研究方法

本研究基于新质生产力的内涵构建了区域绿色发展水平评价指标体系,对浙江省 11 个地级市绿色发展方面的现状与特征展开详细考察,运用超效率 SBM-DEA 模型以及 Malmquist 指数模型,就浙江省 11 个地级市绿色发展效率的静态水平和动态变化进行了探讨。

3.1.1. 超效率 SBM-DEA 模型

本文引入 Tone (2002) [9]提出的 super-SBM 即超效率 SBM 模型,模型通过引入松弛变量来衡量 DMUs 在投入和产出方面的不足或冗余,从而提供关于效率改进方向的具体信息,计算过程见公式 (1)~(3):

$$\min \rho = \frac{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \frac{x}{x_{ik}}}{\frac{1}{t_1 + t_2} \left(\sum_{p=1}^{t_1} \frac{\bar{y}_1^v}{y_{l_0}^d} + \sum_{k=1}^{t_2} \frac{\bar{y}_k^u}{y_{k_0}^d} \right)} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \bar{x} \geq \sum_{j=1, j \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j; \quad (2)$$

式中:

$$\begin{cases} x=1,2,\dots,n, \lambda_j \geq 0; \\ i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n \end{cases} \quad (3)$$

$$\bar{y}^v \leq \sum_{j=1, j \neq 0}^n y_{pj}^v \lambda_j; \bar{y}^u \geq \sum_{j=1, j \neq 0}^n y_{kj}^v \quad (4)$$

式中:

$$\begin{cases} \bar{y}^v \leq y_{pj}^v, \bar{y}^u \geq y_{kj}^v \\ p=1,2,\dots,a_1; k=1,2,\dots,a_2 \end{cases} \quad (5)$$

具体格式详见《图表规范》。式(1)~(5)中: ρ 是 DMU 的超效率值也就是绿色发展效率, x_i 是第 i 个输入在 DMU 上的观测值, 每个 DMU 都由投入矩阵 s 、期望产出矩阵 a_1 以及非期望产出矩阵 a_2 组成, x 、 y^v 、 y^u 分别为投入元素、期望产出和非期望产出。

3.1.2. 全局 Malmquist-Luenberger 指数模型

Caves 等(1982) [10]提出 Malmquist 指数模型, 该模型是用于衡量两个时间点或两个不同组织之间生产率的变化的一种经济学模型, 指数由技术进步指数和技术效率变化指数构成, 可以协助识别如何提高生产率, 找到优化路径, 见式(6):

$$\text{Malmquist} = \text{Tech.Progress} \times \text{Tech.Efficiency Change}. \quad (6)$$

本文采用 Oh (2010) [11]提出的全局 Malmquist-Luenberger 指数模型(GML 模型), 相较于传统 Malmquist 指数模型通常不考虑非期望产出, 如环境污染等负面因素, GML 通过方向性距离函数(DDF)处理非期望产出, 来同时考虑期望产出(如 GDP)和非期望产出(如污染), 使其更适合评估环境效率和绿色生产率。计算过程见式(7)~(9):

$$\text{GML 指数} = \text{技术进步指数 GTC} \times \text{技术效率指数 GEF} \quad (7)$$

$$\text{GML} = \frac{E^g(x^{a+1}, y^{a+1})}{E^g(x', y')} = \frac{E^{a+1}(x^{a+1}, y^{a+1})}{E'(x', y')} \quad (8)$$

在考虑非期望产出的超效率 SBM 模型中对 GML 指数进行变形可得到式(9):

$$\begin{aligned} & \text{GML}^{a,a+1}(x^a, y^a, b^a, x^{a+1}, y^{a+1}, b^{a+1}) \\ &= \frac{1 + D_C^a(x^a, y^a, b^a)}{1 + D_C^{a+1}(x^{a+1}, y^{a+1}, b^{a+1})} \times \frac{(1 + D_G^a(x^a, y^a, b^a)) / (1 + D_C^a(x^a, y^a, b^a))}{(1 + D_G^a(x^{a+1}, y^{a+1}, b^{a+1})) / (1 + D_C^{a+1}(x^{a+1}, y^{a+1}, b^{a+1}))} \\ &= E_C^{a,a+1} \times T_C^{a,a+1} \end{aligned} \quad (9)$$

式中: x^a, y^a, b^a 分别表示 a 时期的投入、期望产出和非期望产出, $D(x, y, b)$ 为方向性距离函数。当 GML 指数超过 1, 这表明绿色发展的效率水平得到了提高; 而 GML 指数低于 1, 则反映出绿色发展的效率水平有所降低。

3.2. 研究方法

本文选取 2013~2023 连续 10 年的数据作为样本, 在数据收集过程中使用 Easy Professional Superior 等数据库工具, 样本数据主要来源于历年国家统计局公布的《中国宏观经济统计年鉴》《中国能源统计年鉴》, 浙江省统计局公布的《浙江省统计年鉴》以及各地级市公布的《统计年鉴》《统计公报》等。在本研究中, 对数据执行特定处理步骤: 首先, 基于原始数据, 由于部分年份统计机构公布的数据指标不

同，本文对若干关键指标进行了比重分析，例如 2020 年前某市只公布“一般工业固体废物处理量”与“一般工业固体废物产生量”，2017 年后只公布“一般工业废物处理率”，所以需要 对 2020 年的处理率自行计算，其次，对于缺失的数据点，采用插值估算或计算几何平均数的方法进行填补；最后对总数据进行筛选与清洗，纠正缺失值、异常值。经过上述收集、处理步骤，本文构建了 2013~2023 年间涵盖 11 个地级市的面板数据集，为区域绿色发展效率指标体系的构建提供有力的数据支撑。

4. 区域绿色发展效率水平体系构建

4.1. 新质生产力与区域绿色发展效率关联性分析

新质生产力通过技术创新、要素重组与制度变革的三重机制，系统性破解了传统生产力与生态环境的二元对立关系。从技术维度上，新质生产力依托了绿色技术创新的内生驱动，突破了传统生产函数的资源环境约束，并将环境负外部性转化为全要素生产率的增长极；从要素维度上，其通过数据、知识等高级要素对传统资本、劳动的数字化替代与协同重组，构建起资源节约型、环境友好型的要素配置范式，实现生产要素的绿色效能跃升；从制度创新上，新质生产力推动制度机制从“命令控制型”向“市场激励型”迭代，通过产权界定、交易机制与金融工具的协同创新，从而降低绿色转型的制度性交易成本，形成“技术创新 - 要素升级 - 制度适配”的正向循环。这一理论框架揭示出，新质生产力并非单纯的技术进步或效率改进，而是通过生产力系统的整体性重构，将绿色发展从被动治理的外部成本转化为高质量发展的内生动力，最终实现经济增长与生态保护的帕累托最优。

4.2. 二级指标设置

本文将投入部分设置经济、劳动力、资源、技术五个基础部分，并结合新质生产力发展理念引入环保投入，共设置 6 个投入指标。考虑到绿色发展的本质是一种以可持续发展为目标的发展理念，它强调在经济发展过程中，要充分考虑环境保护、资源节约和生态平衡，故本文绿色化效率水平体系构建时将经济产出、生态效益设定为 2 个期望产出指标，环境污染设置为 1 个非期望产出指标。

4.3. 三级指标设置

Table 1. Indicator system for regional green development level

表 1. 区域绿色发展水平指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	变量名称
投入	经济投入	固定资产投资(完成)额	X_1
	劳动力投入	年末就业人数总额	X_2
	资源投入	综合能源消费量总计	X_3
	技术投入	科学技术支出	X_4
	环保投入	节能环保支出	X_5
期望产出	经济产出	区域 GDP	X_6
	生态效益	建成区绿化覆盖率	X_7
		工业固体废物处置利用率	X_8
非期望产出	环境污染	工业废水排放总量	X_9
		工业废气排放量	X_{10}
		一般工业固体废物产生量	X_{11}

本文选取区域 GDP、建成区绿化覆盖率、工业固体废物处置利用率作为三级指标；在非期望产出部分：本文借鉴刘华军(2018)在分析地方绿色全要素发展水平时将工业二氧化硫排放量、工业废水排放量、工业烟粉尘排放量等设为非期望产出三级指标。据此可得，区域绿色发展效率水平评价指标体系如表 1 所示。

5. 浙江省绿色发展综合评价

5.1. 浙江省绿色发展效率水平的测算与分析

本文以 2023 年区域 GDP 为标准，将浙江省各个地级市分为超万亿 GDP 城市、5000~8000 亿城市及 5000 亿以下城市。其中，万亿城市包括杭州市(1.8 万余亿元人民币，下同)、宁波市(1.5 万余亿)，5000~8000 亿城市包括温州市(8 千余亿)、绍兴市(7300 余亿)、嘉兴市(6700 余亿)、台州市(6 千余亿)及金华市(5500 余亿)，5000 亿以下城市包括湖州市(3800 余亿)、衢州市(2000 余亿)、舟山市(1900 余亿)和丽水市(1800 余亿)。

根据上文，本研究利用超效率 SBM-DEA 模型，将整理后的数据代入 MAXDEA 软件，计算出 2013~2022 年浙江省绿色发展效率。如图 1 所示，折线代表绿色发展效率总体水平的变化。使用规模报酬不变(CRS)来衡量绿色发展效率。效率值大于 1 的被定义为高效率，大于 0.6 小于 1 的被定义为中等效率，小于 0.6 的被定义为低效率。

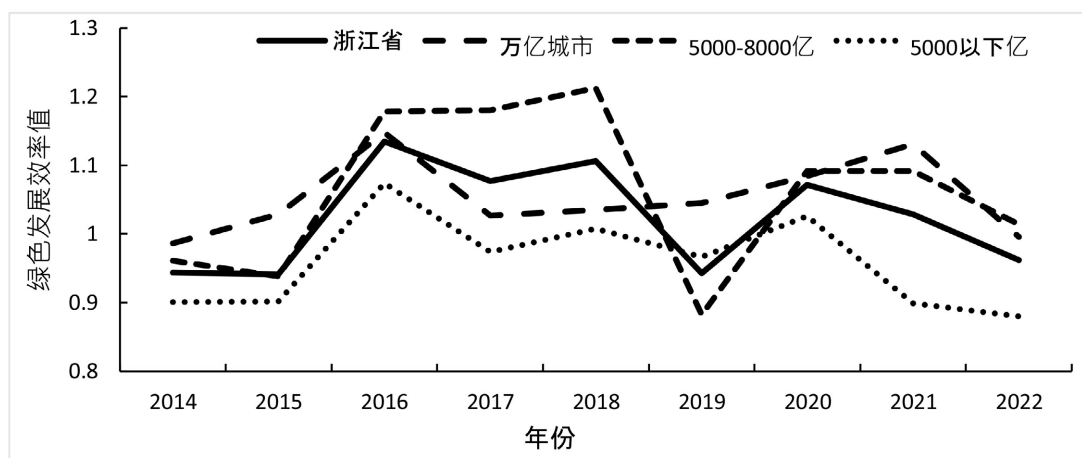


Figure 1. Change chart of green development efficiency values in Zhejiang Province and various urban agglomerations from 2013 to 2022

图 1. 浙江省及各城市群 2013~2022 年绿色发展效率值变化图

整体而言，浙江省绿色发展效率值在研究期间一直处于中上水平。2013~2022 年期间，绿色发展效率值波动明显：2014~2015 年期间，浙江省绿色发展效率达到研究期间最小值，但也在 0.9 以上，属于中上水平；2015~2016 年期间，浙江省绿色发展效率值呈快速上升趋势，并在 2016 年达到最高水平；2016~2019 年，浙江省绿色发展效率值呈波动下降趋势，并在 2019 年达到最低水平。2020~2023 年期间呈波动上升趋势。

究其原因，本研究发现，2005 年，时任浙江省委书记的习近平在浙江湖州安吉考察时，提出了浙江要走“绿水青山就是金山银山”的“两山”生态文明建设之路。十年来，浙江痛下决心进行生态环境保护，以“十年磨一剑”的定力，深入贯彻了“绿水青山就是金山银山”的“两山”发展理论，走出了一条保护环境、培育生态资源、让自然资本增值的“两山”发展之路[12]。

“五水共治”攻坚战是浙江省委省政府贯彻“两山理论”的典范。2014 年，省委省政府要求从 2014 年起全面开展治污水、防洪水、排涝水、保供水、抓节水等“五水共治”，并在同年省委十三届五次全会提出“建设美丽浙江 创造美好生活”的决定。因此，2015~2016 年，浙江省绿色发展效率值已稳定在 0.9 以上，并呈现大幅上升趋势。

受政策影响，浙江省绿色发展效率值在 2019 年及 2022 年均下降明显，浙江省人民政府分别于 2017 年发布《关于印发浙江省“十三五”节能减排综合工作方案的通知》、2022 年印发《关于印发浙江省“十四五”节能减排综合工作方案的通知》，旨在进一步完善节能减排激励约束机制。节能减排的约束性指标与地方政府政绩考核相挂钩，一些高能耗、产能落后的企业会被集中淘汰，直接影响到当年的区域 GDP 值，而工业三废降低效率不会迅速反映到当年，因此，这两年的绿色发展效率受到显著影响[13]。2018 年，浙江省在全国率先创建国家清洁能源示范省。并进一步落实清洁能源示范省建设各项目标任务，加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系，促进高质量发展。因此，2018~2020 年，浙江省绿色发展水平得到了快速提升。

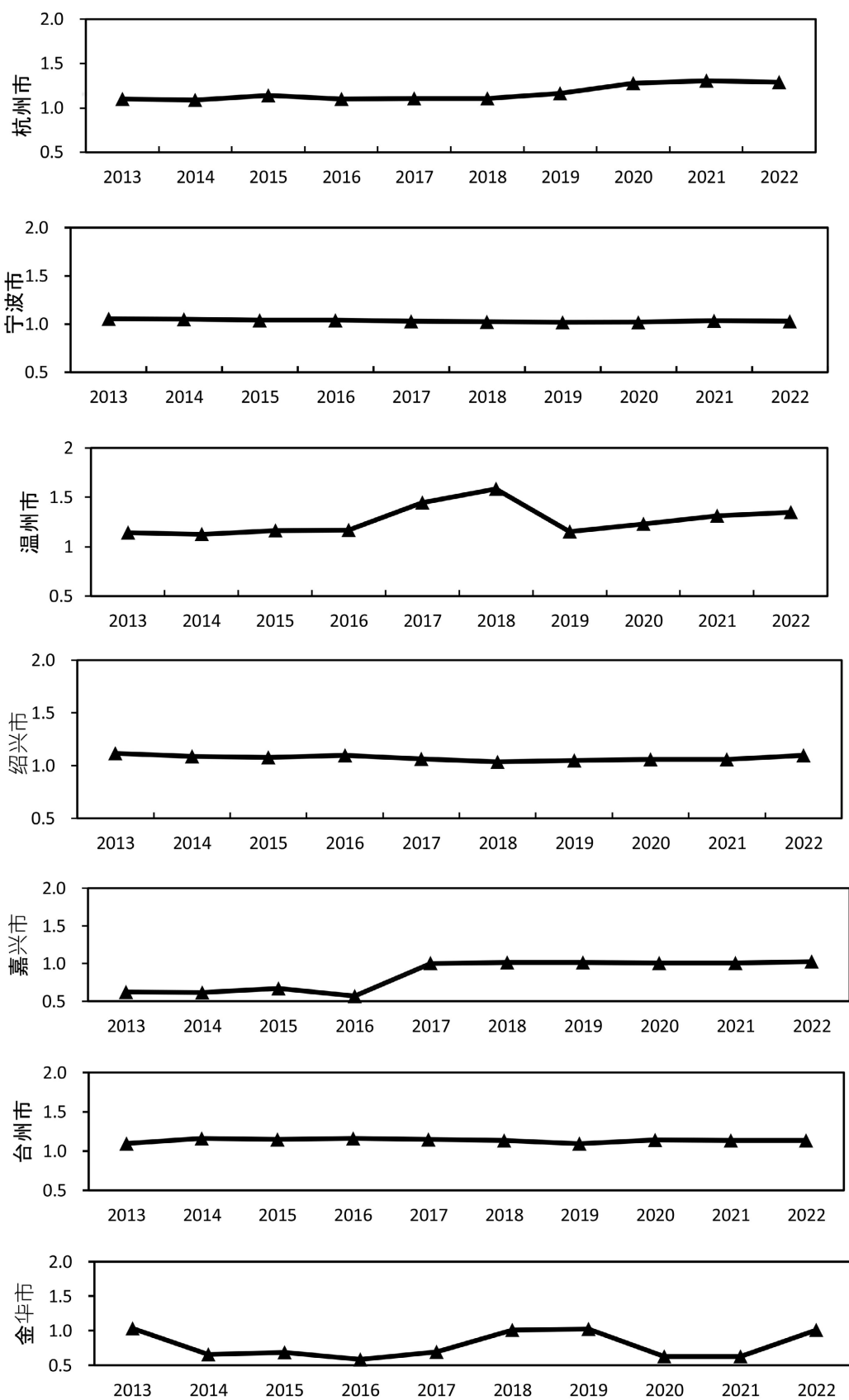
分区域来看，万亿城市、5000~8000 亿城市、5000 亿以下城市的区域绿色发展趋势略有不同。万亿城市的绿色发展相对平稳，效率值始终保持在 1 以上，属于高效率，万亿城市的经济实力较强，在发展过程中相对于其他城市更加注重绿色生态发展；2018~2019 年期间，5000~8000 亿城市区域绿色发展效率值下降最快，究其原因，本研究发现，这些城市为追求经济发展而忽视生态环境保护，在发展过程中过多地使用煤炭等高污染高能耗能源。5000 亿以下城市波动相对平稳，绿色发展效率水平稳定。各城市群均为浙江省区域协调发展的重大抓手，因此，加快构建各城市之间的生态协同发展体系，成为促进浙江省的节能减排任务落实和高质量发展的重中之重。

为研究各城市在浙江省整体绿色发展中的作用，本研究给出 2013~2022 年浙江省各城市的绿色发展效率值，如表 2 所示。

Table 2. Green development efficiency values of various cities in Zhejiang Province from 2013 to 2022
表 2. 2013~2022 年浙江省各城市绿色发展效率值

城市	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
杭州市	1.099	1.089	1.141	1.101	1.107	1.104	1.166	1.280	1.306	1.290
宁波市	1.054	1.050	1.040	1.039	1.028	1.025	1.021	1.021	1.034	1.032
温州市	1.142	1.125	1.165	1.166	1.445	1.585	1.152	1.229	1.313	1.349
绍兴市	1.116	1.089	1.079	1.098	1.062	1.036	1.049	1.059	1.061	1.097
嘉兴市	0.620	0.617	0.670	0.568	1.001	1.013	1.013	1.007	1.010	1.025
台州市	1.096	1.158	1.151	1.162	1.149	1.138	1.093	1.140	1.138	1.132
金华市	1.034	0.653	0.688	0.584	0.692	1.011	1.026	0.625	0.625	1.012
湖州市	1.059	1.058	1.072	1.044	1.030	1.025	1.033	1.001	0.607	0.619
衢州市	1.033	1.038	1.036	1.040	1.050	1.048	1.066	1.066	1.044	1.019
丽水市	1.052	1.053	1.055	1.050	1.049	1.069	1.066	1.094	1.083	1.108
舟山市	1.469	1.497	1.428	1.522	1.530	1.466	1.456	1.370	1.314	1.281

为了更直观地了解浙江省各地级市绿色发展效率值的具体变化，本文绘制了 2013~2022 年的各城市绿色发展效率的折线图，如图 2 所示。从各个地级市来看，浙江省各个地级市之间绿色发展水平存在明显的差距。



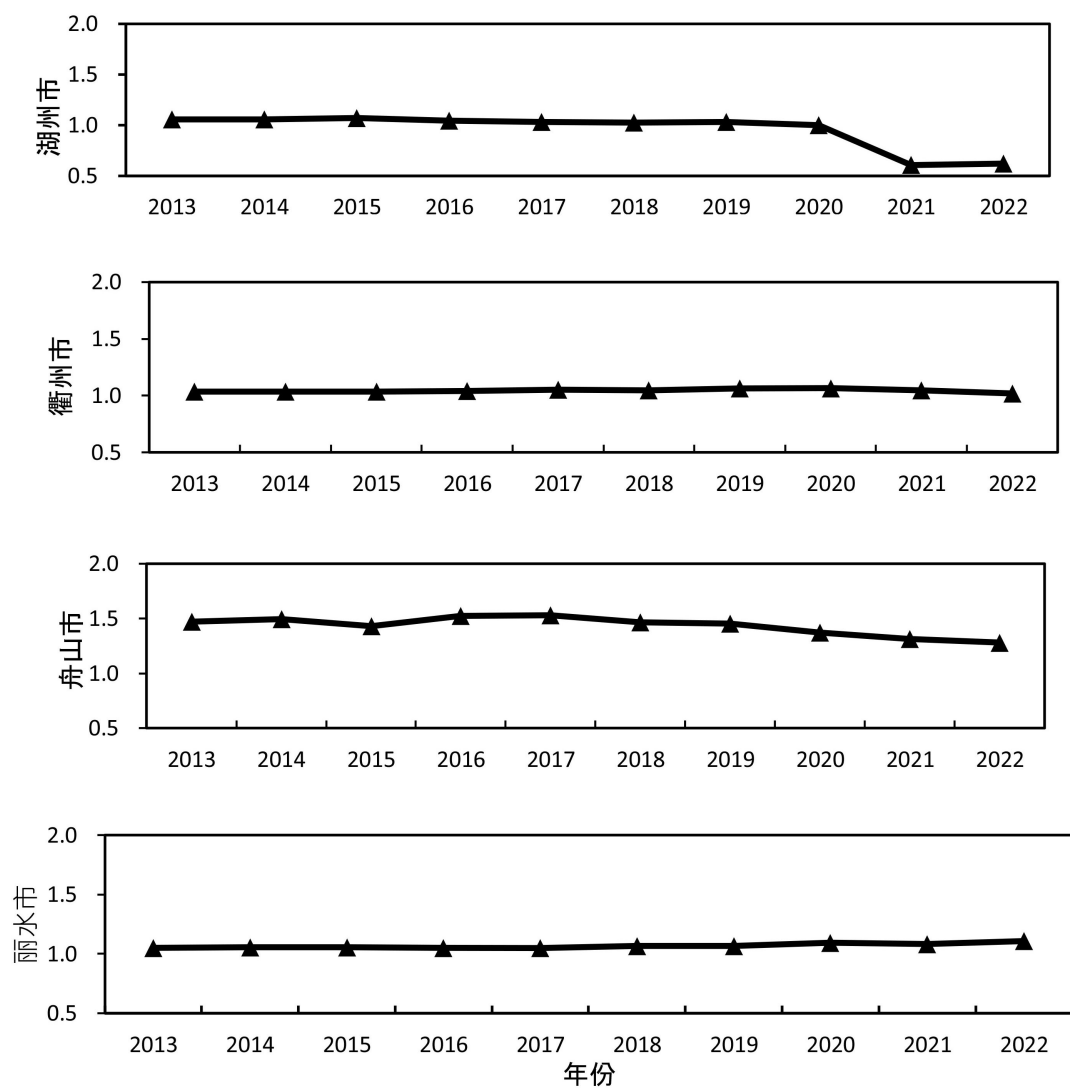


Figure 2. Line chart of green development efficiency values in various prefecture-level cities in Zhejiang Province from 2013 to 2022

图 2. 浙江省各地级市 2013~2022 年绿色发展效率值折线图

在万亿城市群中，杭州市的绿色发展效率值一直处于较高水平，呈波动上升的趋势，始终保持高效率发展，其原因在于杭州市政府在“八八战略”的指引下，不断制定出台《关于加快推进绿色能源产业高质量发展的实施意见》等政策。十年来，杭州全面开展了生态环境保护和治理，同时，加快产业低碳转型，大力发展风能、光能等可再生能源。宁波市的绿色发展效率值始终在 1 上下浮动。原因在于宁波市属于全国重要的先进制造业城市，工业固体废物排放量不可避免的较高。但在宁波市政府落实浙江省“无废城市”建设要求下，积极推动形成绿色发展方式和生活方式，不断拓展工业废物综合利用处置途径。在不影响经济发展的前提下，绿色发展效率水平始终保持在高效率上下。

在 5000~8000 亿城市群中，温州是传统的制造业城市，支柱产业包括纺织业、机械制造业等多个行业。十年来，温州探索全域低碳转型发展新路径，发展循环经济，依托丰富的风能、太阳能等资源优势 and 电气等产业基础优势，逐步形成绿色低碳新能源产业。这些间接导致了温州自 2016 年以来绿色发展效率值呈快速发展上升的趋势，增速远超省会杭州市。绍兴市和台州市的绿色发展效率值始终保持在高效

率上下。绍兴市是全省唯一地市参与国家“无废城市”建设试点,一方面,绍兴市提出《绍兴市生态文明建设规划》等政策文件。另一方面,扎实推进浙江省唯一传统制造业改造提升综合改革省级试点,不断发展新兴产业,绿色发展水平不断提升。台州市是海洋大都市,十年来,台州不仅实施《全市垃圾处理设施建设三年攻坚行动方案》、固废处置能力提升行动等,而且陆续实施《台州市海洋生态环境保护“十四五”规划》等政策,推动台州市经济绿色高质量发展。

2013~2016年,嘉兴市的绿色发展效率值维持在0.6上下,属于中低水平效率。从2017年起,嘉兴市绿色发展水平始终保持在1上下,属于中高水平发展效率。2013年,嘉兴市的经济发展在资源和环境方面付出了高昂的代价,由于长期环境破坏严重,随意倾倒生活垃圾及污染物,污染型企业整改不到位等导致绿色发展效率始终处于中下水平。2017年,嘉兴市通过“五水共治”三年行动计划,将工业企业节水技术改造与污水处理厂规模化建设,使工业用水重复利用率提升13个百分点(2013~2016年),带动全社会供水总量冗余系数下降172.4%;在2017至2022年,嘉兴市转向智慧水务监测系统覆盖与产业融合导向的“水经济”开发,推动旅游业GDP占比提升3.6个百分点,节能环保支出效率改善323.0%。自此,嘉兴市绿色发展水平始终保持中高效率水平发展。2013~2016年金华市绿色发展效率水平呈现下降趋势,在2016年达到最低,且保持在中效率水平,其原因在于“一带一路”倡议提出后,金华市义乌市扩大与其沿线国家的联系,外贸订单激增导致工厂产能增加,间接导致当地环保支出不足,绿色发展效率水平下降。《金华市环境保护“十三五”规划》等政策提出后,生态建设取得新突破,故2016~2019年金华市绿色发展效率水平呈波动上升并维持在较高水平。2019~2021年,由于外部订单激增,外贸进出口总值激增,且跨境电子商务等新业态蓬勃发展,间接导致金华市绿色发展水平呈下降趋势,《绿色发展“十四五”规划》提出后,2021年再次上升达到新的高峰。

在5000亿以下城市群中,湖州市在2013~2020年中绿色发展效率水平始终保持高效率发展。但由于湖州是以传统产业为主,人才流失严重。2020年后,由于疫情的发生,导致湖州市节能环保支出减少,工业排放污染没有得到及时的治理,直接导致当地环境污染,绿色发展效率水平降低。衢州市和丽水市绿色发展效率水平始终保持在1上下,属于高效率发展,这得益于当地政府对生态环境及经济发展的努力。2010年,舟山市政府出台有关海洋环境保护“十二五”规划,且当地经济以港口经济为主环境污染较少。故2013~2022年绿色发展效率始终处于高效率发展,远超省内其他城市。但由于港口经济存在发展上限,绿色发展效率稳定在1.3,但始终处于高效率发展。

为确定浙江省绿色发展效率损失的来源和绿色发展改进方向,本文使用MAXDEA软件计算2013年至2022年浙江省投入产出改善的方向和需要改进的具体数值(结果保留一位小数)。

由表3可知,2014~2015年投入方面和非期望产出方面,年末就业人员总数、全社会供水总量、节能环保支出、工业废水排放总量、工业二氧化硫排放量、工业粉尘排放量均为负值,反映出资源投入以及非期望产出冗余情况严重,需要减少资源投入和非期望产出。期望产出方面,建成区绿化覆盖面积为负但数值较小,区域GDP存在严重冗余的情况,因此2014~2015年浙江省绿色发展效率值达到最小值,与图1得到的结论一致。2015~2016年期间,全社会固定资产投资额为正值,其余投入与产出相对良好,因此浙江省绿色发展效率值逐年提高。2016~2019年,投入方面和非期望产出方面有下降趋势,绿色发展效率值下降明显。2020年后各个指标相对良好。总的来说,2020年以后仍需加强非期望产出的投入力度,保持原有状态,加大节能环保支出和建成区绿地覆盖面积的投入力度。

5.2. 绿色发展效率时间演变分析

为观察浙江省绿色发展水平的动态变化,本文采用GML指数来反映绿色发展各年的增长动态。该指数可分为技术效率指数和技术进步指数。技术效率反映环境管理实践和结构优势,技术进步则反映创新

水平。

为更好地反映 2013 年至 2022 年浙江省全要素生产率的平均变化，本文为每一个地级市选择了一个几何平均值。

Table 3. Input-output improvement direction and specific values of Zhejiang Province from 2013 to 2022

表 3. 浙江省 2013~2022 年投入产出改进方向及具体数值

年份	全社会 固定资产 投资完成 额(亿元)	年末就业 人员总数 (万人)	全社会供 水总量 (亿立方米)	科学技术 支出 (亿元)	节能环保 支出(亿 元)	建成区绿 化覆盖面 积(公顷)	区域 GDP (亿元)	一般工业 固体废物 综合利用 率(%)	工业废水 排放总量 (万吨)	工业二氧 化硫排放 量(吨)	工业粉 尘排放 量(吨)
2013	267.4		-5.7		-3.0		-12386.4	0.3			-10254.7
2014	551.1		-11.6	-2.7	-7.4	-20602.5	-21751.8	4.2	-11599.2	-66947.0	-48575.0
2015	1512.0			-2.7	-16.1		-32335.6				
2016	1804.8		-31.7	-8.3			-42008.0				
2017	2640.1	-16.5	-34.9		-32.4		-52483.9		-44187.7	-127559.9	-98444.8
2018	2803.2		-34.8				-65338.9			-127559.9	-98444.8
2019	2880.9	-16.5	-34.8				-80371.2		-44187.7		
2020	3298.5						-99365.2				
2021	3854.8				-59.6		-124071.8				
2022	4246.4				-68.2		-149842.6				

Table 4. Changes of total factor productivity in Zhejiang Province in different periods

表 4. 不同时期浙江省全要素生产率变化

Period	MI	EC	TC
2013~2014	0.939196	0.960912	0.977400
2014~2015	0.937162	1.014294	0.923955
2015~2016	1.127666	0.973181	1.158742
2016~2017	1.061482	1.085304	0.978050
2017~2018	1.095224	1.038168	1.054959
2018~2019	0.936529	0.976008	0.959550
2019~2020	1.068738	0.967845	1.113318
2020~2021	1.014870	0.958152	1.059196
2021~2022	0.956987	1.049413	0.911926

由表 4 可知，2013~2022 年浙江省全要素生产率提高了 1.89%，其中技术效率值提高了 9.21%，而技术进步值波动较大。说明浙江省的绿色管理方式、决策方式、管理制度等“软实力”提高较为明显，而技术进步需要进一步的优化和完善。2015~2016、2017~2018、2019~2020 的全要素生产率都有所提高。总的来说，4 个年份的全要素生产率得到了提升，但提高的年份占比不到 50%，技术进步和技术效率仍有提升空间。技术效率指数方面，2016~2017 年和 2021~2022 年技术效率指数增长幅度较大，2020~2021 年技

术效率指数明显下降。新冠肺炎疫情的出现导致技术效率指数发展缓慢。技术进步指数方面,2015~2016年和2019~2020年技术进步指数增幅加大,2020~2021年和2021~2022年技术进步指数发展最为缓慢,其原因在于新冠肺炎疫情期间,许多绿色进步创新发展投入受阻,未来需要寻求新的绿色发展点。

由图3所示,全要素生产率和技术进步的趋势相似。除了5000亿以下城市的湖州市、衢州市和丽水市以外,其余地级市的年平均全要素生产率都在1以上,表明浙江省全要素生产率整体提高。其中,嘉兴市年平均全要素生产率(1.16)、技术效率指数(1.08)最高,是嘉兴市绿色发展水平突飞猛进,保持较高且平稳的主要原因。杭州市、宁波市、温州市、绍兴市、台州市、金华市以及舟山市的年平均全要素生产率分别为1.08、1.02、1.06、1.01、1.06和1.03,全要素生产率主要来源于技术进步。虽然衢州市的技术效率较高,但其全要素生产率、技术进步均未到1,导致衢州市绿色发展效率值较低。湖州市的全要素生产率值、技术效率值和技术进步值均达到1,说明其绿色发展方式仍需改善,绿色技术创新水平仍需提高。

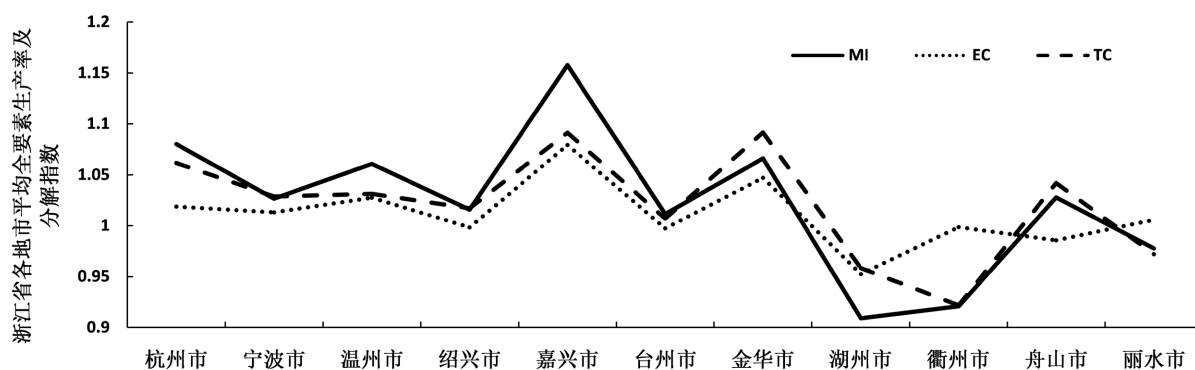


Figure 3. Decomposition of annual average total factor productivity in prefecture-level cities

图3. 各地级市年平均全要素生产率分解

6. 结论与建议

6.1. 主要结论

基于对浙江省绿色发展效率的分析,本文得出以下结论:

研究期间浙江省绿色发展效率处于中等偏上水平,呈波动上升趋势。浙江省的绿色发展在2016~2019年呈现下降趋势,随后恢复到1上下。分城市群来看,万亿城市群的绿色发展较为平稳,5000亿以下城市群绿色发展波动较大。单个地级市来看,各个城市之间绿色发展效率的差距较大。

浙江省在研究期间存在严重的投入冗余。通过研究发现,2014~2015年年底,年末就业人员总人数、全社会供水总量、节能环保支出、工业废水排放总量、工业二氧化硫排放量、工业粉尘排放量方面冗余严重,2015~2016年期间投入冗余状况有所改善。2016~2019年,投入方面和非期望产出方面有下降趋势,绿色发展效率值下降明显。2020年后各个指标相对良好,节能环保支出和建成区绿地覆盖面积需要更多的投入。

浙江省全要素生产率整体有所提高。浙江省全要素生产率的提高主要源于技术效率值等“软实力”的进步,技术进步作用相对较小。分城市来看,杭州市、宁波市、温州市、绍兴市、台州市、金华市以及舟山市的全要素生产率相对较高且平稳。嘉兴市的全要素生产率最高,进步幅度最大。衢州市虽在环境管理、决策方式上有所成就,但在纯技术方面上的创新有所欠缺。湖州市的绿色发展方式仍需改善,绿色发展水平仍需提高。

6.2. 政策建议

6.2.1. 坚持新质生产力的理论指导

新质生产力强调以科技创新为主导，追求高质量发展，注重生产要素的创新性配置和产业的深度转型升级。浙江省各地级市应将这一理念融入绿色发展规划中，通过政策引导和激励机制，促进产业结构向更加绿色可持续的方向转型。

6.2.2. 产业结构创新升级与绿色转型

将科技创新作为推动传统产业改造和产业结构绿色转型的核心驱动力。通过增加对绿色技术和清洁能源技术的研发投入，建立科技创新平台[14]。同时，鼓励企业与高校、科研机构之间的紧密合作，构建产学研用一体化的创新网络，加强基础研究和应用研究的结合，提升区域科技创新能力。

针对现有高污染、高能耗的产业，实施绿色改造计划，引入清洁生产技术和循环经济模式，提高资源的循环利用率，减少能源消耗和废弃物排放。依据各地区的产业基础和区域特色，有选择性地培育和支持新能源、节能环保等新兴产业。此外，利用浙江省的信息技术优势，推动工业互联网和智能制造的发展，提升产业链的数字化、智能化水平，实现生产效率和产品质量的双重提升。

6.2.3. 建立跨市生态补偿与协同治理机制

构建基于生态服务价值核算的跨市补偿机制。以《浙江省生态保护补偿条例》为指导，量化衢州、丽水等生态功能区对杭州、宁波的生态贡献，按年度 GDP 的 0.5%~1.2%提取横向补偿金，并专项用于水源地保护与生物多样性修复。建立“污染共治 - 收益共享”的协同治理体系，推行跨市联合执法与污染事故应急响应联动机制，构建流域污染动态监测网络，将“跨市断面水质达标率”等纳入地方政府考核，倒逼浙江省各市之间生态治理责任与利益再平衡。

6.2.4. 提高资源配置效率

浙江省政府应建立高效率的决策模型，以数据驱动决策，全面考察各项指标；更好地了解资源的流动和利用情况，从而优化资源配置；优化公共服务的供应链和流程，提高服务质量，减少资源浪费。

基金项目

2024 年国家级大学生创新创业训练计划项目“新质生产力视角下区域绿色发展效率水平评价——基于浙江省 11 个地级市的实证研究”(202410876006)。

参考文献

- [1] 卢丽文, 宋德勇, 李小帆. 长江经济带城市发展绿色效率研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(6): 35-42.
- [2] 刘明广, 黄彦婷, 许培涵, 等. 粤港澳大湾区绿色创新效率时空演化与影响因素研究[J]. 生态经济, 2024, 40(4): 70-76.
- [3] 张羽, 蔡茜, 焦柳丹, 等. 绿色技术创新效率及其时空差异——基于长江经济带 74 个城市的实证研究[J]. 生态经济, 2024, 40(4): 63-69.
- [4] 罗良文, 梁圣蓉. 中国区域工业企业绿色技术创新效率及因素分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(9): 149-157.
- [5] Fang, Z., Gui, W., Han, Z. and Lan, L. (2023) The Efficiency Evaluation and Influencing Factor Analysis of Regional Green Innovation: A Refined Dynamic Network Slacks-Based Measure Approach. *Kybernetes*, **53**, 2153-2193. <https://doi.org/10.1108/k-03-2022-0420>
- [6] Al-Majali, A.A. (2024) Estimation of Green Total Factor Productivity and Green Efficiency in Jordan Based on the Super-SBM Model. *Journal of Economic Studies*. <https://doi.org/10.1108/jes-04-2024-0236>
- [7] Liu, D., Liu, T. and Zheng, Y. (2024) Study on Urban Green Development Efficiency of Jiangsu, Zhejiang and Fujian in China: A Mixed Network SBM Approach. *Kybernetes*. <https://doi.org/10.1108/k-08-2023-1556>

-
- [8] Liu, R., Jiang, J. and Long, Y. (2024) How Does the Digital Economy Affect Green Innovation Efficiency: Evidence from China. *Journal of Environmental Planning and Management*, **68**, 1514-1540. <https://doi.org/10.1080/09640568.2023.2289103>
- [9] Tone, K. (2002) A Slacks-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, **143**, 32-41. [https://doi.org/10.1016/s0377-2217\(01\)00324-1](https://doi.org/10.1016/s0377-2217(01)00324-1)
- [10] Caves, D.W., Christensen, L.R. and Diewert, W.E. (1982) The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, **50**, 1393-1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- [11] Oh, D. (2010) A Global Malmquist-Luenberger Productivity Index. *Journal of Productivity Analysis*, **34**, 183-197. <https://doi.org/10.1007/s11123-010-0178-y>
- [12] 张孝德. “两山”之路是中国生态文明建设内生发展之路——浙江省十年“两山”发展之路的探索与启示[J]. 中国生态文明, 2015(3): 28-34.
- [13] 吴洁, 张云, 韩露露. 长三角城市群绿色发展效率评价研究[J]. 上海经济研究, 2020(11): 46-55.
- [14] 苏喜军, 李自钰. 基于超效率 SBM-DEA 的黄河流域绿色发展效率评价[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2024, 40(4): 38-46.