

贵州省工业绿色发展水平的影响因素研究

谢 鹏

贵州大学经济学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年9月19日; 录用日期: 2023年11月30日; 发布日期: 2023年12月8日

摘 要

党的二十大报告提出“以绿色发展引领经济高质量发展”的要求, 推动工业绿色发展是实现这一要求的关键。本文在现有研究的基础上对贵州省工业绿色发展水平的影响因素进行了研究, 从三个不同的维度构建工业绿色发展水平评价指标体系, 并利用熵权-TOPSIS法测度了贵州省2010~2019年工业绿色发展水平, 测度结果表明: 2010~2013年贵州省工业绿色发展水平整体上是缓慢上升的, 2013~2015年贵州省工业绿色发展水平有所下降, 2015~2019年贵州省工业绿色发展水平是显著上升的; 其次, 根据工业绿色发展水平的测度结果以及相关影响机制的理论分析, 构建多元回归模型对贵州省工业绿色发展水平的影响因素进行实证分析, 实证结果表明: 经济发展水平、技术创新、教育投入和环境规制强度对贵州省工业绿色发展水平有显著促进作用; 最后, 根据回归结果从技术创新和环境规制两个方面有针对性地提出提升贵州省工业绿色发展水平的对策建议。

关键词

工业绿色发展, 熵权-TOPSIS模型, 回归分析, 影响因素

Study on the Influencing Factors of Industrial Green Development Level in Guizhou Province

Peng Xie

School of Economics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Sep. 19th, 2023; accepted: Nov. 30th, 2023; published: Dec. 8th, 2023

Abstract

The party's 20th report puts forward the requirement of "leading high-quality economic develop-

ment with green development”, and promoting green industrial development is the key to realizing this requirement. This paper studies the influencing factors of green development level of industry in Guizhou Province based on existing research, constructs the evaluation index system of industrial green development level from three different dimensions, and uses the entropy weight TOPSIS method to measure the industrial green development level of Guizhou Province in 2010~2019. The measurement results show that the level of industrial green development in Guizhou Province is rising slowly from 2010 to 2013. From 2013 to 2015, the level of industrial green development in Guizhou Province has decreased. From 2015 to 2019, the level of industrial green development in Guizhou Province has increased significantly. Secondly, according to the measurement results of the level of industrial green development and the theoretical analysis of the related impact mechanism, a multiple regression model is constructed to effectively analyze the influence factors of industrial green development level in Guizhou Province. The empirical results show that the level of economic development, technological innovation, educational investment and environmental regulation intensity have a significant role in promoting the level of industrial green development in Guizhou Province. Finally, according to the regression results, the countermeasures and suggestions to improve the green level of industrial development in Guizhou Province are proposed from the two aspects of technological innovation and environmental regulation.

Keywords

Industrial Green Development, Entropy Weight TOPSIS Model, Regression Analysis, Influence Factor

Copyright © 2023 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. 引言与文献综述

党的二十大报告提出,“推动绿色发展,促进人与自然和谐共生”“尊重自然、顺应自然、保护自然,是全面建设社会主义现代化国家的内在要求”。推动绿色发展不仅是一种环保理念,更是一场关于经济社会的深刻变革。近年来,在国家政策的大力支持下,贵州省经济发展迅速,特别是凭借着优美的自然景观与独特的民族风情,旅游等相关产业发展的如火如荼。但贵州经济的高速发展也离不开煤矿、有色金属、火电、化工、冶金、建筑等传统行业,这些企业传统的发展模式带来了各种环境问题,如何实现工业绿色发展成了当务之急。

关于工业绿色发展,国内外学者均有所研究,大致从三个方面出发,即工业绿色发展的内涵、评价及其影响因素。国外学者大多基于环境管制视角分析其对工业绿色发展的影响。Eiadat (2008)通过研究发现环境规制及创新会对工业绿色发展水平产生影响[1]。S. Honma (2014)运用随机前沿模型对能源全要素使用效率进行实证分析,发现环境污染程度会对能源全要素使用效率产生影响即环境污染越严重能源全要素实验效率下降的就越快[2]。Jorgenson *et al.* (1990)认为,环境规制增加了企业生产成本,使得生产性投资减少,企业技术创新投入不足,从而影响全要素生产率增长[3]。Carrion-Flores *Inners* (2010)通过面板数据模型测算认为工业绿色与工业污染存在双向影响关系[4]。Borchesi *et al.* (2015)通过研究得出环境规制有利于绿色技术创新[5]。

国内学者则在经济水平、产业结构、科技创新、人口素质、开放程度、市场化程度、环境规制等方面都有所研究。吴传清等(2018)采用 SBM-GML 指数模型测度 2011~2015 年长江经济带工业绿色发展效

率,采用面板 Tobit 模型分析长江工业绿色发展效率的影响因素。研究结果显示,长江经济带的工业绿色发展效率主要受绿色技术外溢的影响,而产业结构、人力资本、能源结构以及对外开放等方面对该地区的工业绿色全要素生产率增长也具有显著作用[6]。李在军等(2018)对中国 283 个地级市的工业生态效率的影响因素进行研究,主要从地区产业结构、城市规模经济、科技创新水平、工业集聚水平等运用面板变系数模型进行分析[7]。李静(2012)等利用废气、废水和固体废物三个维度构建了环境规制强度指标,分析其对工业环境技术和绿色生产率的影响,研究结果显示,不同的环境规制对中西部地区的影响存在差异[8]。景维民(2014)等进行了实证分析,探究我国 33 个工业行业中环境管制对工业绿色发展的影响。实证结果表明,适度而合理的环境管制能够引导技术进步的方向,从而促进工业绿色发展的进程[9]。也有部分学者从技术创新和开放程度方面研究。刘丹等(2019)运用熵权-TOPSIS 法计算上海市的工业绿色发展水平,运用 OLS 回归寻找上海市工业绿色发展水平的影响因素,研究表明:经济发展的快慢、绿色的技术创新以及工业结构和环境管制强度会对上海市工业绿色发展水平产生影响,其中绿色技术创新投入将对上海市工业绿色发展水平的影响最大[10]。陈瑶(2018)基于 R&D 投入视角对我国区域工业的绿色发展影响因素进行分析,结果发现 R&D 投入强度对我国工业绿色发展效率产生显著的正向影响。而 R&D 投入规模以及 R&D 成果转化因素则产生负向影响[11]。

本文在借鉴已有研究成果的基础上,运用熵权-TOPSIS 模型对贵州省 2010~2019 年工业绿色发展水平进行测度,根据测度结果构建回归模型找出贵州省工业绿色发展水平的影响因素,并给出相应的建议。

2. 理论机制分析

2.1. 理论分析

2.1.1. 工业生态学理论

工业生态学的概念最早出现在《可持续工业发展战略》的文章中,该理论所宣传的是一种循环系统的理念,整个系统不存在废弃物。工业生态学的本质包括两点:第一,经济发展、工业发展、社会进步必须要以自然生态环境的保护为前提,要受到自然资源的制约。第二,工业系统、人类社会、自然生态系统之间要相互协调和谐统一。工业生态学理论比较重视经济、社会、环境之间的协调发展,对工业生态园区的建设具有现实的指导意义。

2.1.2. 循环经济理论

“循环经济”概念是由鲍尔丁首先提出的,它是一种以低投入、高效率、低排放为主要特征的新型经济增长模式[12],这种经济发展模式是以“资源——产品——再生资源”为核心的模式,使得废弃物能再次变为资源[13]。循环经济的发展遵循的原则为“3R”原则,即再循环(Recycle)、再利用(Reuse)、再循环(Recycle)、减量化(Reduce) [14]。所谓的工业绿色发展就是要做到资源的循环利用,减少工业生产活动对环境造成的污染,因此循环经济理论对工业绿色发展具有重要意义。

2.2. 机制分析

2.2.1. 评价指标体系构建机制分析

现阶段,国家非常重视生态文明建设及传统工业绿色化改造,而传统工业发展模式与工业绿色发展之间存在着极大的差异,传统的工业发展模式只考虑了经济的增长忽略了自然资源的浪费和环境的污染问题,而工业绿色发展追求的经济效益及环境效益的双赢,想要了解一个地区工业绿色发展的水平,构建相应的评价指标就至关重要。对此可以借鉴比较成熟的区域产业绿色评价指标体系的构建,较早较权威的是李琳、楚紫穗等学者,其认为,除了应该从第一产业、第二产业及第三产业全面推进绿色发展之

外，更应当树立绿色发展的全局视角，以资源环境承载力为依托，以政府政策支持为支撑，以产业绿色增长度为发展绩效进行衡量，因此，区域产业的绿色发展指数可从产业绿色增长度、资源环境承载力和政府政策支撑力三个维度来考量[15]。基于此，众多学者在具体研究工业绿色发展的时候均以工业绿色增长度、工业资源环境压力、政府的绿色支持为考量维度[10] [16] [17] [18] [19] [20]，本文基于研究对象实际情况，亦采用这三个维度来构建贵州省工业绿色发展的评价指标体系。

2.2.2. 影响因素机制分析

基于对现有研究、文献的梳理发现，目前国内外多数学者除了用熵值法来测度工业绿色发展水平之外，往往会更进一步利用面板数据来分析影响工业绿色发展的因素，如 STRIPAT 模型、普通面板模型、Tobit 面板模型、空间面板模型等。比如学者彭星利用动态面板门限模型研究了出口贸易水平、经济发展水平、人力资本水平和研发水平对工业绿色发展水平的影响[21]；楚紫穗利用 Tobit 模型分别从经济、结构、制度以及技术四个方面分析了其对工业绿色发展水平的影响[22]。本文在前人研究的基础上，基于工业生态理论和循环经济理论，结合 2.2.1 本文测度工业绿色发展水平的工业绿色增长度、工业资源环境压力、政府的绿色支持三个维度，选取经济因素、创新因素、结构因素、规制因素、市场因素共五个因素，构建多元回归模型分析其对贵州省工业绿色发展水平的影响，由此给出针对性建议。

3. 贵州省工业绿色发展水平的测度

3.1. 工业绿色发展评价指标体系的构建

工业绿色发展体现了两个方面的内容：一方面体现了“绿色”，绿色表现在工业发展过程中节约资源和保护环境，资源和环境因素将会作为衡量生态绩效的因素；另一方面体现了“发展”，发展表现在工业经济的发展效率和发展潜力方面，而发展效率和发展潜力也将作为经济绩效的衡量标准。此外，对于工业绿色发展这方面，我国还在处于初级阶段，很多工业部分过度追求经济效益还无法做到自觉实现绿色生产，此时，政府对绿色发展政策的支持就会起到很大的促进作用，而政府对于工业绿色发展的支持力度也将会作为制度绩效。

因此，本文将基于 2.2.1 评价指标体系构建机制分析，根据贵州省工业绿色发展实际情况，以及搜集到的相关数据、资料，从工业绿色增长度、工业资源环境压力、政府的绿色支持三个方面构建评价指标体系，指标体系包括四个层次的指标、各指标单位及属性，共有 24 个评价因子。该指标体系从多个维度对贵州省工业绿色发展水平进行测度，具体指标体系见表 1：

Table 1. Evaluation index system of industrial green development in Guizhou province
表 1. 贵州省工业绿色发展评价指标体系

目标层	评价层	项目层	指标层	单位	指标属性
工业绿色 发展水平	工业绿色 增长度	工业绿色 发展效率	工业增加值增长率(X_{11})	%	+
			工业增加值占 GDP 比重(X_{12})	%	+
			规模以上工业企业总资产贡献率(X_{13})	%	+
			规模以上工业企业成本费用利润率(X_{14})	%	+
			规模以上工业流动资产周转次数(X_{15})	(次/年)	+
			规模以上工业平均 R&D 人员数(X_{21})	人年/家	+
			规模以上工业的有效发明专利数(X_{22})	件	+

Continued

工业绿色发展水平	工业绿色发展潜力	规模以上工业投入的 R&D 经费占主营业务收入比重(X_{23})	%	+
		规模以上工业新产品销售收入占主营业务收入的比重(X_{24})	%	+
	工业资源消耗	单位工业增加值能耗(X_{31})	吨标准煤/万元	-
		单位工业增加值用电量(X_{32})	千瓦时/万元	-
		单位工业增加值用水量(X_{33})	立方米/万元	-
	工业污染排放	工业废水排放量(X_{41})	万吨	-
		工业二氧化硫排放量(X_{42})	万吨	-
		工业烟(粉)尘排放量(X_{43})	万吨	-
		工业固体废物排放量(X_{44})	万吨	-
		工业废水中 COD 排放量(X_{45})	万吨	-
	政府的绿色支持	工业二氧化硫去除率(X_{51})	%	+
		工业烟(粉)尘去除率(X_{52})	%	+
		工业固体废物综合利用率(X_{53})	%	+
		工业污染治理完成投资	%	+
		占工业增加值比重(X_{54})	%	+
		环境污染治理投资额占地区生产总值比重(X_{55})		
	基础设施建设	人均公园绿地面积(X_{61})	平方米	+
		建成区绿化覆盖率(X_{62})	%	+

3.2. 工业绿色发展水平测度方法及数据处理

3.2.1. 测度方法

本文采用熵权-TOPSIS 法测度了贵州省 2010~2019 年工业绿色发展水平, 熵权-TOPSIS 是由熵值法和 TOPSIS 法两种方法结合而成的一种逼近其理想解的排序方法, 适用于多指标、多方案选择。熵值法是依据同一指标不同观测值间存在的差异对指标进行权重计算的方法, 指标权重的大小反映了指标提供信息量的大小, 权重大信息量就大, 反之亦然。TOPSIS 法是通过计算评价对象与正理想值之间的贴近度来判断方案好坏的。由于传统 TOPSIS 法在指标权重赋权时存在一定的主观的色彩, 将熵值法与 TOPSIS 法结合可以在一定程度上防止传统 TOPSIS 法存在的局限。因此, 相对于传统 TOPSIS 法而言, 熵权-TOPSIS 法是一种更加科学的评价方法。熵权-TOPSIS 模型基本步骤如下:

- 1) 将不同单位的指标进行标准化处理, 处理公式如下:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (1)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

2) 利用比重法对数据进行无量纲化

$$y_{ij} = \frac{x''_{ij}}{\sum_{i=1}^n x''_{ij}} \quad (2)$$

3) 计算第 j 个指标的熵值:

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n y_{ij} \ln y_{ij} \quad (3)$$

4) 第 j 个指标的差异系数为:

$$g_j = 1 - e_j \quad (4)$$

其中, $j=1,2,\dots,p$ 。

5) 第 j 个指标的权重为:

$$\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^p g_j} \quad (5)$$

其中, $j=1,2,\dots,p$ 。

6) 计算加权规范化矩阵:

$$c_{ij} = \omega_j b_{ij} \quad (6)$$

7) 确定正理想解 C^* 和负理想解 C^0

设正理想解 C^* 的第 j 个属性值为 c_j^* , 负理想解 C^0 的第 j 个属性值为 c_j^0 , 则

$$\begin{aligned} \text{正理想解 } c_j^* &= \max_i c_{ij} \quad j=1,2,\dots,n, \\ \text{负理想解 } c_j^0 &= \min_i c_{ij} \quad j=1,2,\dots,n. \end{aligned} \quad (7)$$

8) 计算各方案距离正理想点和负理想点的欧氏距离

按欧氏距离, 各方案 i 离理想点和负理想点的距离 d_i^* 、 d_i^0 的计算公式分别为:

$$\begin{aligned} d_i^* &= \left[\sum_{j=1}^n \left(c_{ij} - \max_i \{c_{ij}\} \right)^2 \right]^{1/2} \\ d_i^0 &= \left[\sum_{j=1}^n \left(c_{ij} - \min_i \{c_{ij}\} \right)^2 \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (8)$$

分别用式(5)、式(6)求各方案到正理想解的距离 d_i^* 和负理想解的距离 d_i^0 , 然后对每个评价对象 i , 分别计算综合评价指数 C_i 值,

$$C_i = \frac{d_i^0}{d_i^0 + d_i^*} \quad (9)$$

C_i 值越大, 说明越接近正理想值, 故其值越大越好。

3.2.2. 数据来源说明

本文构建模型涉及数据来源于《贵州统计年鉴》(2010~2020)、《中国统计年鉴》《2010~2020》、《中国环境统计年鉴》(2010~2019)、《中国科技统计年鉴》(2010~2020), 评价指标体系中部分指标数据是由原始数据处理而得, 由于 2010 年规模以上工业投入的 R&D 经费、规模以上工业新产品销售收入两项数据的缺失, 故采用平均值法计算而得。

3.3. 工业绿色发展水平测度结果与分析

3.3.1. 工业绿色发展水平测度结果

1) 指标权重结果

根据评价指标体系及上述计算指标权重的步骤再结合贵州省 2010~2019 年各指标数据计算了各指标的权重见表 2:

Table 2. Index weight of industrial green development measurement in Guizhou Province from 2010 to 2019
表 2. 贵州省 2010~2019 年工业绿色发展测度指标权重

评价因子	熵值	差异系数	权重
工业增加值增长率(X11)	0.9868	0.0132	0.0495
工业增加值占 GDP 比重(X12)	0.9898	0.0102	0.0383
规模以上工业企业总资产贡献率(X13)	0.9871	0.0129	0.0483
规模以上工业企业成本费用利润率(X14)	0.9888	0.0111	0.0418
规模以上工业流动资产周转次数(X15)	0.9902	0.0098	0.0366
规模以上工业平均 R&D 人员数(X21)	0.9880	0.0120	0.0449
规模以上工业的有效发明专利数(X22)	0.9869	0.0131	0.0489
规模以上工业投入的 R&D 经费占主营业务收入比重(X23)	0.9883	0.0116	0.0435
规模以上工业新产品销售收入占主营业务收入的比重(X24)	0.9898	0.0102	0.0384
单位工业增加值能耗(X31)	0.9890	0.0109	0.0410
单位工业增加值用电量(X32)	0.9900	0.0100	0.0373
单位工业增加值用水量(X33)	0.9924	0.0075	0.0281
工业废水排放量(X41)	0.9914	0.0086	0.0321
工业二氧化硫排放量(X42)	0.9875	0.0125	0.0469
工业烟(粉)尘排放量(X43)	0.9924	0.0076	0.0286
工业固体废物排放量(X44)	0.9908	0.0092	0.0345
工业废水中 COD 排放量(X45)	0.9796	0.0204	0.0765
工业二氧化硫去除率(X51)	0.9911	0.0089	0.0334

Continued

工业烟(粉)尘去除率(X52)	0.9924	0.0076	0.0283
工业固体废物综合利用率(X53)	0.9885	0.0115	0.0431
工业污染治理完成投资占工业增加值比重(X54)	0.9848	0.0153	0.0573
环境污染治理投资额占地区生产总值比重(X55)	0.9901	0.0098	0.0368
人均公园绿地面积(X61)	0.9879	0.0121	0.0453
建成区绿化覆盖率(X62)	0.9891	0.0108	0.0406

从表中可以看出工业废水中 COD 排放量权重值为 0.0765，是所有指标权重中最大的，其次是工业污染治理完成投资占工业增加值比重，说明这两者对贵州省工业绿色发展有显著影响，而单位增加值用水量、工业烟(粉)尘排放量、工业烟(粉)尘去除率权重值较小，这些指标的变动对于贵州工业绿色发展的影响较小。

2) 工业绿色发展综合得分计算

根据上述公式，收集贵州省 2010~2019 年各评价指标所需数据，并利用相关软件计算了贵州省 2010~2019 年工业绿色发展综合评分情况以及指标体系中评价层和项目层的各指标得分情况，见表 3：

Table 3. Comprehensive measurement results of industrial green development level in Guizhou Province from 2010 to 2019
表 3. 2010~2019 年贵州省工业绿色发展水平综合测度结果

	工业绿色增长度	工业资源环境压力	政府的绿色支持	工业绿色发展水平
2010	0.4973	0.1504	0.3253	0.3976
2011	0.4260	0.2202	0.4700	0.3991
2012	0.3935	0.2641	0.4624	0.3809
2013	0.4332	0.3106	0.4903	0.4236
2014	0.2482	0.3383	0.5283	0.3400
2015	0.2007	0.4162	0.4638	0.3200
2016	0.2576	0.8558	0.4688	0.4392
2017	0.2945	0.8486	0.4713	0.4615
2018	0.4302	0.8994	0.5582	0.5417
2019	0.4554	0.9712	0.5884	0.5665

从表 3 中数据可看出，贵州省近十年的工业绿色发展状况不断向着好的方向发展，其中资源环境的压力有所减小，地方政府也加大了对工业绿色发展的支持力度。

从表 4 可以看出，近十年贵州省工业绿色发展水平整体上是呈现上升趋势的，从 2010 年的 0.3976 增加到 2019 年的 0.5665，增长率为 42.48%，贵州省工业绿色发展水平不断提高与贵州省近 10 年来对生态环境和绿色技术创新的重视及产业结构升级密不可分。

Table 4. Score table of Industrial green development projects in Guizhou Province from 2010 to 2019
表 4. 2010~2019 年贵州省工业绿色发展项目层得分表

	工业绿色 发展效率	工业绿色 发展潜力	工业资源 消耗	工业污染 治理	工业污染 排放	基础设施 建设	工业绿色 发展水平
2010	0.4240	0.5473	0.0000	0.4035	0.1684	0.0000	0.3976
2011	0.5886	0.2817	0.1940	0.5809	0.2249	0.1218	0.3991
2012	0.6310	0.1738	0.3777	0.5827	0.2363	0.1800	0.3809
2013	0.6960	0.1051	0.6039	0.5641	0.2251	0.2482	0.4236
2014	0.3260	0.1416	0.7435	0.6528	0.2401	0.2756	0.3400
2015	0.2287	0.1740	0.8251	0.4759	0.3248	0.4386	0.3200
2016	0.2689	0.2478	0.8921	0.4137	0.8485	0.6103	0.4392
2017	0.2128	0.3460	0.9769	0.3568	0.8312	0.7740	0.4615
2018	0.4226	0.4366	0.9372	0.4741	0.8923	0.8805	0.5417
2019	0.3081	0.5332	1.0000	0.4874	0.9679	1.0000	0.5665

3.3.2. 工业绿色发展水平测度结果分析

1) 工业绿色增长度分析

工业绿色增长度从 2010 到 2019 年一直在 0.4973 和 0.2007 之间波动，其主要通过工业绿色发展效率及工业绿色发展潜力两方面来衡量的，大体分为两个时间段分析。从 2010 年到 2013 年，工业绿色发展效率得分从 0.4240 上升到 0.6960，上升了 64.15%，而工业绿色发展潜力却从 0.5473 下降到 0.1051，下降了 80.80%，原因是这期间规模以上工业投入的 R&D 经费占主营业务收入比重下降了 20.24%，规模以上工业新产品销售收入占主营业务收入的比重下降了 18.94%。从 2014 年到 2019 年，工业绿色发展效率在 0.2128 和 0.4226 之间波动，而工业绿色发展潜力从 0.1416 增加到 0.5332，增长了接近 4 倍，这和近年来贵州省加快产业结构转型升级，推动经济高质量的发展有很大关系。

2) 工业资源环境压力分析

工业资源环境压力从 2010 年的 0.1504 显著增加到 2019 年的 0.9712。综合测评结果来看，贵州省近 10 年来对于资源消耗及污染排放的控制方面都表现的较好，其中工业资源消耗得分从 2011 年 0.1940 增加到 2019 年 1.0000，工业污染排放得分从 2010 年 0.1684 增加到 2019 年 0.9679。近年来，贵州对于工业废物排放标准更加严格，从总体上看 2010 年到 2019 年贵州省工业三废的排放显著下降。其中工业废水中 COD 排放所占指标权重较大，对贵州工业绿色发展影响也大，2015 年 COD 快速的下降加快了工业的绿色发展水平。

3) 政府的绿色支持分析

总体看政府的绿色的支持从 2010 年的 0.3253 增加到 2019 年的 0.5884，增幅为 80.88%。政府绿色政策的支持可从工业污染治理和基础设施建设两方面分析。工业污染治理从 2010 年到 2014 年整体上是上升的，而从 2015 到 2019 年经历了先下降后上升过程。在 2010 年到 2019 年整个过程中，虽然工业二氧化硫去除率、工业烟(粉)尘去除率、工业固体废物综合利用率均在不断提高，工业污染治理投资额不断增加，但工

业污染治理投资额占工业增加值的比重及环境污染治理投资额占 GDP 比重整体上有所下降,从而引起了工业污染治理综合得分的波动。对于基础设施建设,从 2010 年到 2019 年是显著上升的,2019 年的基础设施建设得分是 1.000,是 2011 的 8.2102 倍,其中从 2010 年到 2019 年贵州省人均公园面积和建成区绿化覆盖率都在不断提高。贵州省政府对于环境基础设施建设及环境保护的重视加快了贵州工业绿色发展的步伐。

4. 贵州省工业绿色发展水平影响因素的实证分析

4.1. 指标选取

上一章测算了贵州省工业绿色发展指数,本章将在上一章所测算的绿色发展指数基础上对贵州省工业绿色发展水平影响因素进行实证分析,基于 2.3 节对工业绿色发展影响机制理论分析并借鉴学者研究基础上[6] [9] [23] [24] [25] [26] [27],本文从经济、创新、结构、规制及市场共五个因素进行分析,衡量变量指标具体见表 5:

Table 5. Variable selection
表 5. 变量选取

变量名	变量符号	解释变量
工业绿色发展指数	Y	熵权-TOPSIS 计算所得
经济发展水平	PGDP	人均地区生产总值
技术创新	TI	规模以上工业投入的 R&D 经费/主营业务收入
教育投入	EI	教育的投入/财政支出
产业结构	IS	贵州省第三产业产值/GDP
环境规制	ER	工业污染治理投资额/工业增加值
外商直接投资	FDI	外商直接投资额/地区生产总值
对外开放程度	OP	进出口总额/地区生产总值

4.2. 回归模型的构建

基于以上分析,本文从 5 个影响因素中选择 7 个衡量指标构建多元回归模型如下:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PGDP_t + \beta_2 TI_t + \beta_3 EI_t + \beta_4 IS_t + \beta_5 ER_t + \beta_6 FDI_t + \beta_7 OP_t + \varepsilon_t$$

其中 t 表示年份,取值为 2010~2019, Y_t 表示工业绿色发展指数; $\ln PGDP_t$ 表示人均地区生产总值的对数,用来度量经济发展水平; TI_t 表示规模以上工业投入的 R&D 经费占主营业务收入比重,用来度量技术创新能力; EI_t 表示教育的投入占财政支出比重,用来度量教育投入情况; IS_t 表示贵州省第三产业产值占 GDP 比重,用来度量产业结构; ER_t 表示工业污染治理投资额占工业增加值比重,用来度量环境规制强度; FDI_t 表示外商直接投资额占地区生产总值比重,用来度量外商直接投资状况; OP_t 表示进出口总额占地区生产总值比重,用来度量地区对外开放水平。

本文选取的 7 个解释变量数据均来源于《贵州统计年鉴》(2010~2019)、《中国统计年鉴》(2010~2019)、《中国科技统计年鉴》(2011~2019),其中外商直接投资以人民币对美元的每年平均汇率换算成人民币单位计量。各指标描述性统计见表 6:

Table 6. Descriptive statistics
表 6. 描述性统计

	极小值	极大值	均值	标准差	方差
PGDP	9.48	10.75	10.2	0.4176655	0.174
TI	0.46	0.95	0.591	0.1581455	0.025
EI	16.75	19.79	18.549	1.0227463	1.046
IS	44.48	50.27	47.688	1.8021456	3.248
ER	0.13	0.72	0.394	0.2386164	0.057
FDI	0.19	0.59	0.367	0.131829	0.017
OP	2.7	7.22	5.068	1.7086759	2.92

4.3. 实证结果分析

根据上文构建模型，利用 SPSS 软件对模型和各参数进行检验，检验结果见表 7：

Table 7. Best of-fit test table
表 7. 拟合优度检验表

模型	R	R 方	调整 R 方	标准估计的误差
1	0.999 ^a	0.999	0.995	0.0056586

拟合优度是回归方程对观测值的拟合优度，其取值范围在 0 到 1 之间，值越接近 1 表明模型的拟合优度越好，本文中调整 R 方为 0.995，说明模型所选取的 7 个变量能够解释工业绿色发展水平影响的 99.5%，模型检验 F 值对应的 P 值为 $0.004 < 0.05$ ，说明整个模型在 5%的显著性水平下是显著的。

Table 8. Model estimation parameters and results
表 8. 模型估计参数及结果

自变量	回归系数	标准误	T 值	P 值
经济发展水平	0.039 [*]	0.009	4.204	0.052
技术创新	0.161 [*]	0.055	2.933	0.099
教育投入	0.034 ^{**}	0.006	5.290	0.034
产业结构	0.006	0.002	2.591	0.122
环境规制	0.406 ^{***}	0.039	10.291	0.009
外商直接投资	-0.193 [*]	0.051	-3.755	0.064
对外开放程度	-0.055 ^{***}	0.005	-10.269	0.009

注：***代表 1%的显著水平，**代表 5%的显著水平，*代表 10%的显著水平。

根据表 8 各指标实证结果进行分析,从回归系数符号来看,经济发展水平、技术创新、教育投入、产业结构、环境规制对贵州省工业绿色发展起促进作用,而外商直接投资和对外开放程度对贵州省工业绿色发展起抑制作用;从回归系数大小来看,环境规制强度对于贵州省工业绿色发展的促进作用最大,环境规制强度每提高 1 个百分点就能带动贵州省工业绿色发展指数提高 0.406 个百分点。外商直接投资是贵州省工业绿色发展最大的阻碍,外商直接投资每提高 1 个百分点就会导致贵州省工业绿色发展指数下降 0.193 个百分点;从变量显著性水平来看,环境规制强度和对外开放程度在 1% 的显著性水平下是显著的,教育投入在 5% 的显著性水平下是显著的,经济发展水平、技术创新和外商直接投资在 10% 的显著性水平下是显著的,而产业结构对贵州省工业绿色发展的影响是不显著的。

5. 结论及对策建议

5.1. 研究结论

第一,从整体水平上看,2010~2019 年贵州省工业绿色发展指数可分为三个阶段,2010~2013 年工业绿色发展指数在 0.3809 和 0.4236 之间波动、波动幅度较少;从 2013~2015 年工业绿色发展指数从 0.4236 快速下降到 0.32,下降了 24.46%;从 2015~2019 年工业绿色发展指数从 0.32 显著上升到 0.5665,上升了 77.03%;从评价层看,工业绿色增长度从 2010 到 2019 年一直在 0.4973 和 0.2007 之间波动,工业资源环境压力和政府的绿色支持度从 2010~2019 年总体上是上升的;从项目层看,工业资源消耗、工业资源污染及基础设施建设三项指标得分从 2010~2019 年呈现出显著上升趋势,为贵州省工业绿色发展做出了贡献,工业绿色发展潜力经历了先下降后上升变化,而工业绿色发展效率和工业污染治理得分经历先上升后下降再上升的变化。

第二,通过回归分析得出:所选取的 7 个变量中除了产业结构没通过显著性检验,其余变量均通过不同显著性水平下的显著性检验;由各变量回归系数的方向性可看出,经济发展水平、技术创新、教育投入、产业结构、环境规制强度对贵州省工业绿色发展水平产生促进作用,而外商直接投资和对外开放程度对贵州省工业绿色发展水平产生抑制作用;由各变量回归系数大小可看出,环境规制强度对贵州省工业绿色发展水平的促进作用最大,技术创新产生作用次之,而外商直接投资所产生的抑制作用最大。

5.2. 对策建议

从前文的研究不难发现,经济发展、技术进步、教育投入的增加及加大环境规制强度均对贵州省工业绿色发展水平存在正向的显著影响,其中技术创新和环境规制强度产生的影响作用最大。因此,一是要提高工业企业绿色技术创新投入,加快重点企业工业绿色技术突破,主要通过增加工业企业技术研发资金投入和积极引进科技人才来实现;二是加快建立健全贵州绿色制造体系,有利于贵州经济的高质量、有利于贵州生态文明的建设、有利于贵州传统制造业的绿色转型;三是加强环境污染治理及增加环保资金投入额,由政府部门制定一个严格的环境污染程度标准,对于没有达到标准的工业企业项目,根据对环境造成污染程度的不同又采取梯度收费制度,污染越严重收费越多;四是加强贵州生态环境保护法制建设,为贵州省生态文明建设及工业绿色发展提供制度保障。从不同的维度积极推进贵州工业绿色发展,推动贵州经济实现高质量发展。

参考文献

- [1] Eiadat, Y., Kelly, A., Roche, F., et al. (2008) Green and Competitive? An Empirical Test of the Mediating Role of Environmental Innovation Strategy. *Journal of World Business*, 43, 131-145. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2007.11.012>
- [2] Honma, S. and Hu, J.L. (2014) A Panel Data Parametric Frontier Technique for Measuring Total Factor Energy Efficiency: An Application to Japanese Regions. *Energy*, 78, 732-739. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.10.066>

- [3] Jorgenson, D.W. and Wilcoxon, P.J. (1990) Intertemporal General Equilibrium Modeling of US Environmental Regulation. *Journal of Policy Modeling*, **4**, 715-744. [https://doi.org/10.1016/0161-8938\(90\)90006-Z](https://doi.org/10.1016/0161-8938(90)90006-Z)
- [4] Carrion-Flores, C.E. and Innes, R. (2010) Environmental Innovation and Environmental Performance. *Journal of Environment Economics and Management*, **59**, 27-42. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2009.05.003>
- [5] Borghesi, S., Cainelli, G. and Mazzanti, M. (2015) Linking Emission Trading to Environmental Innovation: Evidence from the Italian Manufacturing Industry. *Research Policy*, **44**, 669-683. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.014>
- [6] 吴传清, 黄磊. 长江经济带工业绿色发展效率及其影响因素研究[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版), 2018, 51(3): 91-99.
- [7] 李在军, 胡美娟, 周年兴. 中国地级市工业生态效率空间格局及影响因素[J]. 经济地理, 2018, 38(12): 126-134.
- [8] 李静, 沈伟. 环境规制对中国工业绿色生产率的影响——基于波特假说的再检验[J]. 山西财经大学学报, 2012, 34(2): 56-65.
- [9] 景维民, 张璐. 环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步[J]. 经济研究, 2014, 49(9): 34-47.
- [10] 刘丹, 朱洪兴, 张涛. 上海市工业绿色发展水平的影响因素研究[J]. 物流科技, 2019, 42(8): 132-136.
- [11] 陈瑶. 中国区域工业绿色发展效率评估——基于 R&D 投入视角[J]. 经济问题, 2018(12): 77-83.
- [12] 陈学清. 循环经济视角下绿色会展发展研究[J]. 今日财富, 2021(2): 217-218.
- [13] Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., et al. (1972) *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.
- [14] 李梦娜. 循环经济理论研究[J]. 山西农经, 2018(21): 12-13.
- [15] 李琳, 楚紫穗. 我国区域产业绿色发展指数评价及动态比较[J]. 经济问题探索, 2015(1): 68-75.
- [16] 张永凯, 崔佳新. 山东省城市工业绿色发展水平评价[J]. 兰州财经大学学报, 2019, 35(1): 33-41.
- [17] 任娇娇, 郭晶. 重庆市 2005-2015 年工业绿色发展指数测算与分析[J]. 中国市场, 2019(13): 54-58.
- [18] 李晓西, 潘建成. 中国绿色发展指数的编制——《2010 中国绿色发展指数年度报告-省际比较》内容简述[J]. 经济研究参考, 2011(2): 36-64.
- [19] 李琳, 张佳. 长江经济带工业绿色发展水平差异及其分解——基于 2004-2013 年 108 个城市的比较研究[J]. 软科学, 2016, 30(11): 48-53.
- [20] 陈仪. 安徽省工业绿色发展水平评价及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2020.
- [21] 彭星, 李斌. 贸易开放、FDI 与中国工业绿色转型——基于动态面板门限模型的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2015(1): 166-176.
- [22] 楚紫穗. 我国工业绿色发展水平评估及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2015.
- [23] 王东, 李金叶. 财政分权对环境污染的空间效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(2): 44-51.
- [24] 孙立新, 曾国华, 吴雯雯. 劳动力成本的激励效应与结构优化——基于浙江省面板数据的实证分析[J]. 宏观经济研究, 2013(7): 106-111.
- [25] 杨宏伟, 李雅莉, 郑洁. 区域协同视角下丝路中道工业绿色发展差异演化及影响因素研究[J]. 工业技术经济, 2019, 38(11): 61-69.
- [26] 王鹏, 尤济红. 中国环境管制效果的评价研究——基于工业绿色发展的一个空间视角[J]. 经济社会体制比较, 2016(5): 25-42.
- [27] 杨莉, 余倩倩, 张雪磊. 江苏沿江城市工业绿色发展评价与转型升级路径研究[J]. 江苏社会科学, 2019(6): 249-256+260.