

# 中国省级电力转型效率测算与影响因素分析

梁苾峥

广西大学工商管理学院

DOI:10.12238/eep.v7i3.2004

**[摘要]** 电力低碳转型对于响应“十四五”规划号召,促进经济又好又快发展有重要意义。本文基于2010–2020的30个省市面板数据,运用非期望产出下超效率SBM模型测算电力低碳转型效率,并研究分析了电力低碳转型效率的影响因素。结果表明:电力低碳转型效率整体较低,全要素生产率和技术进步逐年提升,部分省份技术效率处于下降趋势,绿色信贷指数、环境规制程度和煤炭占比对于全国电力低碳转型有显著负向影响。研发投入强度和市场化指数分别对于南北地区、自给率不同的省份影响有所差异。本研究对于促进电力行业低碳转型,协调经济与环境绿色发展的战略调整提供理论依据。

**[关键词]** 电力低碳转型; 超效率SBM模型; 效率影响因素

中图分类号: TF761+.2 文献标识码: A

## Calculation and analysis of influencing factors of provincial power transformation efficiency in China

Yizheng Liang

School of Business Administration, Guangxi University

**[Abstract]** The low-carbon transformation of electricity is of great significance for responding to the call of the "14th Five-Year Plan" and promoting sound and rapid economic development. Based on the panel data of 30 provinces and cities from 2010 to 2020, this paper uses the super-efficiency SBM model under non-expected output to estimate the efficiency of low-carbon transformation of electric power, and studies and analyzes the influencing factors of the efficiency of low-carbon transformation of electric power. The results show that the overall efficiency of electric power low-carbon transition is low, the total factor productivity and technological progress are increasing year by year, and the technical efficiency of some provinces is in a downward trend. Green credit index, environmental regulation degree and the proportion of coal have a significant negative impact on the national low-carbon transition of electric power. R&d investment intensity and marketization index have different impacts on the northern and southern regions and provinces with different self-sufficiency rates. This study provides a theoretical basis for promoting the low-carbon transformation of the power industry and coordinating the strategic adjustment of economic and environmental green development.

**[Key words]** electric power low-carbon transformation; Super efficiency SBM model; Efficiency influencing factors

### 引言

绿色发展是当今全世界发展的趋势,也是我国必须坚持的重要发展理念。自2020年我国正式提出“双碳”目标以来,“节能减排,低碳转型”成为各能源行业关注的焦点。然而,由于我国各省市的地理位置、资源分布、工业发展状况、经济发展状况的差异,各省市电力的低碳转型效率也呈现出发展不平衡的现象。

现有文献对于能源、制造业等工业行业绿色效率进行的研究较为丰富,对于本文效率测度研究具有重要参考价值。已有文献大多聚焦工业、城市、能源的绿色转型<sup>[1, 2, 3, 4]</sup>,对电力行业

或其他细分行业研究相对较少,在电力转型效率方面更为匮乏,尽管学者刘平阔等<sup>[5]</sup>对中国省级电力可持续转型效率和潜力进行测度分析,但未能考虑到投入产出非径向改变的松弛空间,在投入和产出端指标定义以及对于影响效率的因素未能给出定论。

### 1 研究设计

考虑到电力低碳转型带来的能源和经济效益。本文使用非期望产出超效率SBM模型<sup>[8]</sup>计算各省市电力低碳转型效率,表示决策单元(30个省份)的电力低碳转型效率值,  $\rho$  假设对n个决

策单元的效率进行测度,每个决策单元有 $m$ 项投入 $x_{i0}$ ( $i=1, 2, 3, \dots, m$ ),根据考虑了人力、能源和资金,电力低碳转型带来的收益体现在经济增长和绿色的电力产出上,二氧化碳的排放作为非期望产出设置则更为直观体现低碳转型,因此考虑 $s_1$ 种期望产出 $y_{k0}$ ( $k=1, 2, 3, \dots, s_1$ )和 $s_2$ 种非期望产出 $z_{l0}$ ( $l=1, 2, 3, \dots, s_2$ ),如公式(1)所示:

$$\rho = \min \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^x}{x_{i0}}}{1 - \frac{1}{S_1 + S_2} \left( \sum_{k=1}^{S_1} \frac{S_k^y}{y_{k0}} + \sum_{l=1}^{S_2} \frac{S_l^z}{z_{l0}} \right)} \quad (1)$$

## 2 变量选择与数据来源

### 2.1 变量选择

#### 2.1.1 投入变量

在测算效率上,考虑省级电力行业的投入要素,本文选取资本、劳动力、技术三个方面的投入<sup>[1, 6]</sup>。资本投入方面采用以亿元为单位的每年“电源完成投资与电网完成投资”作为投入变量;劳动力投入方面由于电力行业数据限制,使用以万人单位的“电力、热力及水的生产供应业职工人数”作为投入变量;技术投入方面采用以亿千瓦为单位的每年“新增装机容量”作为投入变量<sup>[5, 6]</sup>。

#### 2.1.2 期望产出变量

电力行业的发展与该地区经济发展状况有着密切联系。因此采用以亿元为单位的“第二产业GDP增加值”作为期望产出。可再生能源发电量作为另一期望产出<sup>[7]</sup>。

#### 2.1.3 非期望产出变量

电力行业作为碳排放的主要来源,碳排放总量反映了该地区环境影响程度,因此我们采用以吨为单位的碳排放总量作为非期望产出<sup>[6]</sup>。

### 2.2 数据来源

表1 非期望产出下超效率SBM模型指标说明

指标属性	评价指标	定义
投入	资本投入	区域电源电网当年完成投资(亿元)
	劳动力投入	行业职工人数(万人)
	技术投入	新增装机容量(万千瓦)
期望产出	经济产出	第二产业GDP增加值(亿元)
	能源产出	可再生能源发电量(亿千瓦时)
非期望产出	污染排放	碳排放总量(吨)

测度数据和影响因素数据是跨度为2010-2020年的省级年度数据,包含我国30个省以及直辖市(由于数据缺失严重,不包括西藏与中国台湾、中国香港以及中国澳门),数据主要来源于《中国统计年鉴》、各省统计年鉴、《中国电力统计年鉴》、《中国电力工业统计资料》、《中国人口统计年鉴》,碳排放总量来源于中国碳核算数据库。指标构建如表1所示,缺失的2020年碳排

放数据采用插值法补齐。

## 3 结果分析

### 3.1 效率测算

效率测算使用MaxDEA软件,将各项投入产出数据纳入非期望产出超效率SBM模型(非导向),得到2011到2020年全国30个省市的电力绿色转型效率及效率均值排名如表2所示:

从表2数据可以发现:

从转型效率均值来看,上海、湖北、江苏、云南、四川、青海效率值处于前沿面以上( $\rho \geq 1$ ),其中上海在电力投入方面远低于其他省市;湖北、云南、四川、青海的高效率得益于丰富的水能资源,可再生能源发电比例占总发电量的百分之五十以上。处于电力绿色转型效率中间位置( $0.5 < \rho < 1$ )的省份,福建、广东、重庆、浙江等,其电力绿色转型效率与可再生资源禀赋和省内用电量密切相关,广东、浙江、福建都属于核电发电的大省,广东省常年效率值大于1,浙江省和福建省效率略低。北京市在往年效率上大多数保持1以上水平,部分年份出现较大波动是由于投入端的突然大幅增长。而转型效率较低( $\rho < 0.5$ )的省份,江西、天津、甘肃等,大多受限于传统不可再生能源的大量使用和低效的第二产业经济效益产出,能源强度高。

### 3.2 异质性分析

由于自然环境和国家战略上的差异,低碳转型效率在地区上的差异表现在南北上比较明显,南北方省份效率分布上有明显差异。南北差异也体现电网结构、电力负荷和发电方式上,南方电网在输送功率上小于北方电网;并且大多数电力负荷在于第三产业和家庭用电,而北方用电多为工业以及冬季供暖;南方省份发电方式多为可再生能源,如水电、风电等,而北方省份多采用煤炭等化石燃料;加上近年来传统高耗能产业向北方聚集,而高技术产业重心逐渐南移,成为南方地区用电增长新动能,导致南北差异变大。

表3结果表明,国有资本在一定程度上抑制了南方电力低碳转型的发展,对北方电力转型的影响并不显著;研发投入对北方电力低碳转型效率并没有显著影响,但研发投入对南方电力低碳转型有显著负向影响;数字经济指数对于南北方电力低碳转型都呈现出显著的正向影响,而环境规制强度和绿色信贷指数对其则为负向影响。

## 4 结语

本文根据2010到2020中国省级数据测算各省市电力绿色转型效率,得出以下结论和建议:

从整体来看,我国电力低碳转型效率均值为0.59,效率值的高低与可再生资源禀赋高低大体一致。效率值较低的省市受到自然资源条件与经济发展机会的制约,难以摆脱传统不可再生能源发电的束缚,多集中于碳排放高的火电;另一方面承担着的电力输出的压力为其受端城市分担非期望产出带来的环境压力。数字经济水平对全国及各地区电力低碳转型效率的影响为正向;环境规制和绿色信贷对全国的影响效应显著为负,而国有资产的占比仅对南方与电力需求方的影响系数显著为负。

表2 各年份30个省市电力绿色转型效率值

省市名称	2011	2015	2020	均值	均值排名	省市名称	2011	2015	2020	均值	均值排名
上海	1.14	1.03	1.18	1.14	1	天津	1.22	1.41	0.09	0.45	16
湖北	1.30	1.23	1.07	1.13	2	甘肃	0.51	0.27	1.05	0.44	17
江苏	1.11	1.09	1.05	1.07	3	海南	0.25	0.10	0.23	0.41	18
云南	0.68	1.09	1.19	1.07	4	陕西	0.64	0.18	0.24	0.38	19
四川	1.03	1.08	0.73	1.06	5	辽宁	0.27	0.45	0.29	0.34	20
青海	1.36	1.03	1.09	1.00	6	吉林	0.24	0.28	0.31	0.30	21
福建	0.57	1.05	0.85	0.99	7	河南	0.40	0.16	0.20	0.30	22
广东	1.06	1.07	0.55	0.97	8	内蒙古	0.20	0.21	0.19	0.23	23
重庆	0.61	0.56	1.21	0.93	9	黑龙江	0.28	0.22	0.23	0.23	24
浙江	0.81	1.04	0.71	0.88	10	新疆	0.23	0.21	0.22	0.22	25
湖南	0.72	1.10	0.46	0.84	11	河北	0.28	0.2	0.21	0.21	26
广西	0.62	1.13	0.30	0.67	12	安徽	0.16	0.15	0.33	0.19	27
北京	1.12	0.04	1.03	0.64	13	山西	0.12	0.14	0.16	0.17	28
贵州	0.31	0.43	0.35	0.60	14	山东	0.11	0.22	0.26	0.17	29
江西	0.66	0.29	0.27	0.46	15	宁夏	0.12	0.15	0.21	0.17	30

表3 影响因素回归结果(按南北分)(2011-2020)

影响因素	全国	南方	北方
国资比重	-0.261 (0.167)	-0.446* (0.260)	-0.148 (0.232)
绿色信贷指数	1.145*** (0.228)	0.955*** (0.331)	1.237*** (0.330)
数字经济指数	1.457*** (0.376)	1.543* (0.797)	1.494*** (0.435)
环境规制强度	-42.309*** (8.542)	-48.976*** (13.095)	-37.046*** (11.790)
研发投入	-10.761* (6.438)	-27.322** (11.135)	-1.750 (7.956)
_cons	-0.134 (0.301)	0.145 (0.486)	-0.335 (0.394)

注：\*、\*\*、\*\*\*表示影响系数在10%、5%、1%水平下显著，括号内为t值

处于电网需求方的高效率城市应当坚持落实协同发展战略，逐步调整电力输入输出平衡，加大对于新能源发电扶持力度，并且加大对于西部地区的产业扶持力度，增加电力转型所需要的资本及技术投入。处于电网供给方的低效率城市，资本投入适当增加于新能源的开发和降低现有不可再生能源的能源强度，持续推进传统电力行业转型升级。对于可再生资源禀赋不同的省份，应当合理优化投入产出结构，提高电力供给结构对能源需求变化的适应性和灵活性。

[参考文献]

[1]白雪洁,汪海风,闫文凯.资源衰退、科教支持与城市转型——基于坏产出动态SBM模型的资源型城市转型效率研究[J].中国工业经济,2014,320(11):30-43.

[2]刘浩然.京津冀地区绿色经济效率测度及影响因素研究——基于超效率SBM和Tobit模型的分析[J/OL].生态经济:1-15 [2023-02-10].

[3]杨志江,文超祥.中国绿色发展效率的评价与区域差异[J].经济地理,2017,37(03):10-18.

[4]马志超,贾丰源,白宇航,等.兰州-西宁城市群绿色经济效率测度及影响因素研究——基于超效率SBM-ML和Tobit模型的分析[J].地域研究与开发,2022,41(04):89-93.

[5]刘平阔,刘琪琪,冷雅彬.中国电力可持续转型的效率与潜力是多少?省级数据的实证分析[J].运筹与管理,2022,31(07):167-172.

[6]李根,刘家国,李天琦.考虑非期望产出的制造业能源生态效率地区差异研究——基于SBM和Tobit模型的两阶段分析[J].中国管理科学,2019,27(11):76-87.

[7]陶锋,郭建万,杨舜贤.电力体制转型期发电行业的技术效率及其影响因素[J].中国工业经济,2008,238(01):68-76.

[8]Y.Chung,R.Fare,S.Grosskopf.Productivity and undesirable outputs:a directional distance function approach[J].Journal of Environmental Management,1997(3):229-240.

[9]刘军,杨渊蓆,张三峰.中国数字经济测度与驱动因素研究[J].上海经济研究,2020,381(06):81-96.