

中国绿色能源高质量发展水平测度研究

锁 箭¹, 汤瑞丰^{1,2}

(1. 云南大学 工商管理与旅游管理学院, 昆明 650091; 2. 云南省能源投资集团有限公司, 昆明 650228)

摘 要:在“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念中,绿色协调发展成为关系中国可持续发展全局的重要理念,而绿色能源高质量发展是绿色高质量发展中的一个重要有机组成部分。本文构建了涉及绿色能源投资、生产、消费和减排4个系统的9个细化指标,利用熵权TOPSIS法实证测度2017年中国绿色能源高质量发展水平,并深入分析各区域之间的差异。通过研究发现:中国30个省区绿色能源高质量发展的水平在4个子系统和综合水平方面的表现均存在差异,综合水平总体呈现“东中部高且比较接近,而西部中等偏低”的区域分布格局;然后依照绿色能源高质量发展综合水平的高低,把30个省区划分为领先型、中等型和落后型3种类型。进而深入把握中国绿色能源高质量发展水平的区域分布规律,为统筹推进各省区协同提升中国绿色能源高质量发展水平提供较为可靠的依据。

关键词:绿色能源;高质量发展;测度体系;熵权TOPSIS法

中图分类号:F426 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)5—0125—09

党的十八届五中全会提出了“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念,绿色发展成为关系中国发展全局的一个重要理念,这也是中国“十三五”及后续发展的一个基本理念,而绿色能源高质量发展是绿色高质量发展中的一个重要的有机组成部分。新中国成立70年来,随着社会经济的巨大发展和变化,中国能源产业快速发展,特别是绿色能源发展发生了较大的变化,中国绿色能源装机容量增长超千倍,发电量增长超2000倍;2018年,中国水电、风电、光伏装机量分别达到352260MW(兆瓦)、184260MW、174630MW,均位列全球第一;核电装机44660MW,位居全球第三;天然气年产量达到1,610亿立方米,绿色能源发展举世瞩目^[1]。

尽管绿色能源发展成就巨大,但中国社会经济发展中仍然出现了重发展、轻环保的现象,可持续性发展理念还不够深入,发展方式还不尽合理。由此,中国提出了转变增长方式的发展理念,进一步提出了“五位一体”总体战略布局,把生态文明建设纳入国家总体战略当中,这对中国的绿色能源高质量发展提出了更高的要求。目前,中国正处于经济社会发展和低碳清洁转型的关键时期,能源生产和消费革命的核心是能源供给侧改革、能源科技创新和能源消费结构升级。党的十九大报告指出要推进能源生产和消费革命,构建清洁低碳、安全高效的能源体系,这必然要求中国绿色能源结合这些新思想、新理念和新要求进行高质量发展,进一步支撑中国高质量发展体系建设。而在中国绿色能源高质量发展中,合理和可靠地进行测度研究,不仅可以为中国绿色能源高质量发展的方向和路径提供参考,还能够针对中国各省区绿色能源高质量发展的提升提供借鉴,具有重要的现实意义。

通过上述分析,本文首先评述国内绿色能源高质量发展的相关文献,分析中国绿色能源发展中存在的主要问题和可以借鉴的内容;然后再系统性地归纳出绿色能源高质量发展的逻辑主线;从而进一步构建出中国绿色能源高质量发展水平测度体系;然后运用熵权TOPSIS方法系统地量化测度2017年中国30个省区(西藏地区和港澳台地区因数据缺失剔除)绿色能源高质量发展水平,并深入分析其区域性分布格局及特点,最后归纳出主要结论,并提出具有针对性的政策和建议。

一、文献述评

从“量”的角度来看,随着中国社会经济的快速发展,必然会增加能源的生产和消费数量,但从“质”的角度来看,还要从能源生产、消费、投资、效果的结构和水平来分析其发展的质量。现阶段的能源发展基础已经具备了较大规模的“量”,但随着能源本身发展方式的转变和进步,更为重要的是从“质”的方面进行研究,即

收稿日期:2019—12—31

基金项目:云南大学第十一届研究生科研创新项目“能源消费结构与大气保护动态关系管理研究”(2019125)

作者简介:锁箭(1966—),男,云南昭通人,经济学博士,云南大学工商管理与旅游管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:中小企业经营管理与政策、能源经济;(通讯作者)汤瑞丰(1978—),云南昆明人,云南大学工商管理与旅游管理学院博士研究生,高级经济师,就职于云南省能源投资集团有限公司,研究方向:能源经济、国际经贸、投资和财税。

对于能源高质量发展水平来说,既要从数量方面进行分析和研究,更要从质量方面进行分析和研究,从而逐步理清中国绿色能源高质量发展的基本路径。

以经济学中的生产、消费环节为主线,结合管理学中的制度研究,对能源发展的制度改革进行研究,为基于基本经济管理理论对能源发展进行跨学科研究提供了较为新颖的思路。其中,林伯强^[2]认为需要通过能源生产和消费革命完善能源体制,以支持中国低碳清洁转型顺利推进,提出需准确理解能源生产和消费革命,要通过促进能源生产和消费改革加快能源价格机制和能源体制改革,完善能源制度。相比之下,更为细致地把绿色能源概念引入到能源发展趋势和中国绿色发展的研究当中,这就与绿色发展理念具有较高的契合度,也表明了对能源结构和质量研究的更加深入,其中,田其云^[3]认为在绿色能源革命背景下,要提升可再生能源在能源结构中的比例,落实可再生能源总量目标;史丹^[4]分析了全球工业绿色发展的基本趋势及其对经济发展的驱动作用,提出了推进中国工业绿色发展需要坚持和完善的政策措施。更进一步来看,随着模型量化研究方法的普遍运用和绿色、低碳理念的强化,引入量化模型方法对绿色能源、区域性绿色发展、省际绿色发展差异、能源部门结构及其协调发展等绿色能源发展量化研究,为中国绿色能源发展的研究方法和内容提供了多角度研究视角的借鉴和较为合理和可靠的借鉴,其中,刘亭立和傅秋园^[5]利用挖掘工具和PMC指数模型建立绿色能源产业创新政策的评价体系,对绿色能源产业的十项创新政策进行量化评价。徐斌等^[6]基于中国30个省区的预测数据研究认为,单纯从线性角度来看,清洁能源发展没有起到显著减少二氧化碳排放和促进经济增长的作用;在不同发展阶段,清洁能源发展对东、中、西区域二氧化碳排放和经济增长的影响差异明显。于洪丽^[7]构建了绿色能源效率测度体系,对长江经济带各省绿色能源效率水平进行测度,发现各省区绿色能源效率的水平为下游城市高于中游城市、中游城市高于上游城市,绿色能源效率随着时间推移呈现U字形的变化轨迹。史敦友^[8]构建了资源消耗绿色化、废物排放绿色化和工业转型绿色化3个方面工业绿色化评价指标体系,基于30个省区面板数据和加权TOPSIS方法对中国工业绿色化水平进行评价,认为地区内的省际工业绿色化空间差异性不断变小,而地区间的省际工业绿色化空间差异性小幅变大。朱金鹤和王雅丽^[9]采用数据包络分析法(DEA)选取12个影响因素构建系统GMM模型,研究认为沿海六省为绿色经济发展的“排头兵”,西南四隅处于效率、技术的双项“低水平均衡”状态,缺乏绿色经济的“发动机”。刘平阔和王志伟^[10]基于MES方法和LVC方法,研究中国能源替代-互补关系,认为中国化石能源和火力发电仍存在一定的发展空间;清洁能源发电对能源替代-互补关系的互动和协调具有较好的解释力,但对转型目标实现的影响程度有限。魏敏和李书昊^[11]构建了相对全面的指标体系,研究了中国及其不同区域的经济高质量发展水平的测度问题,认为中国经济高质量发展水平需要协同提升。

上述大量文献已着重从绿色能源发展、部门结构、区域发展、效率和效果等方面进行了量化研究,却很少通过构建绿色能源发展水平测度体系的方式对不同地区绿色能源发展水平进行量化研究。但上述研究所涉及的社会经济发展、能源效率和效果、生态保护、污染排放等内容均对中国绿色能源高质量发展水平测度具有十分重要的借鉴作用。

二、中国绿色能源高质量发展水平测度的逻辑体系和运用方法

(一)逻辑体系

对绿色能源高质量发展水平的测度,应综合考虑绿色能源发展的许多方面,既要考虑形成绿色能源的投入过程,还要考虑绿色能源发展的成果;既要掌握当前的绿色能源发展情况,还要在一定程度上把握绿色能源的发展趋势。在新时代思想的指引和新发展理念的指导下,结合当前中国社会经济建设和绿色能源发展的实际情况,本文借鉴文献综述中林伯强^[2]引入的经济学中生产、消费环节的研究角度,田其云^[3]提出的绿色能源概念,刘亭立和傅秋园^[5]、史敦友^[8]、魏敏和李书昊^[11]的数量化模型研究方法,于洪丽^[7]提出的绿色能源效率测度体系方法等研究成果,并在此基础上,从新发展理念、绿色能源产业链角度和其发展的效率效果出发,把绿色能源生产、绿色能源消费、绿色能源投资、污染减排4个方面作为中国绿色能源高质量发展水平测度研究的主要逻辑主线,并构建相应的测度指标体系。各指标结构具体如下。

(1)绿色能源生产结构优化。绿色能源发展不仅要依托现有的发展基础,可靠掌握当前的发展水平,而且还要在此基础上进行结构优化调整,促进绿色能源结构的升级。首先,绿色能源生产发展的水平应结合国民经济的发展来进行衡量,从而找出能源生产增长速度与国民经济发展之间的关系。其次,绿色能源生产量占

能源生产总量的比重直接体现了能源生产结构和绿色能源发展的水平,绿色能源生产量占比越高,其清洁化生产的水平就越高。

(2)绿色能源消费结构优化。绿色能源消费结构直接反映了其来源的基本结构情况,直接影响能源使用效果和效率。首先,绿色能源消费发展的水平也应放到国民经济发展当中来衡量,找出能源消费增长速度与国民经济发展之间的关系。其次,绿色能源消费量占能源消费总量的比重直接体现了能源消费结构和绿色能源发展的水平,绿色能源消费量占比越高,其清洁化消费的水平就越高。再次,能源效率反映了能源利用的状况,绿色能源效率从经济效益和环境效益出发,很好地反映了经济体综合的可持续发展能力。

(3)绿色能源投资的提升。对绿色能源的投资是形成绿色能源生产能力的关键因素,也是能源消费的直接保障,直接影响绿色能源的消费水平,更为体现了投资主体对绿色能源发展的价值取向。一般来说,对绿色能源投入越多,能够形成的绿色能源产能就越大,越能够支撑能源的绿色化发展。

(4)污染减排的改善。当前阶段,中国经济建设中越来越重视环保治理,能源过度消费和结构的不合理带来的环境过度污染等问题日益凸显。随着中国经济和社会的快速发展,应使绿色发展的理念深入人心,把生态文明建设纳入到国家战略当中,积极倡导绿色发展模式,减少废水、废气和固体废物的排放,同时要加大环境保护的力度,逐步提高中国经济社会发展的可持续性。

(二)测度体系

基于上述对绿色能源发展水平测度逻辑主线的分析,并考虑到4个大类测度指标的内涵、层次和各个具体指标在数据方面的可得性,进一步深入细化和分解,构建出绿色能源生产、绿色能源消费、绿色能源投资和污染减排4个子系统9个测度指标的绿色能源发展水平测度体系,见表1。

表1 绿色能源高质量发展水平测度体系表

总目标	子目标	测度指标	指标衡量方式	功效
绿色能源 高质量发展 水平	绿色生产	能源生产弹性系数	能源生产总量年平均增长速度/GDP 年平均增长速度	-
		绿色能源生产占比	绿色能源生产/能源生产量	+
	绿色消费	能源消费弹性系数	能源消费总量年平均增长速度/GDP 年平均增长速度	-
		绿色能源消费占比	绿色能源消费/能源消费量	+
		能源效率	GDP/万吨标准煤	+
		绿色能源投资占比	绿色能源投资/能源工业投资	+
	污染减排	单位 GDP 工业废水排放	工业废水排放量/GDP	-
		单位 GDP 废气排放	废气排放量/GDP	-
		单位 GDP 工业固体废物排放	工业固体废物排放量/GDP	-

下面对绿色能源生产、绿色能源消费、绿色能源投资和污染减排4个子系统进行细化分解的9个具体测度指标进行逐一说明。绿色能源生产方面,从能源生产弹性和绿色能源生产量在全部能源生产量中的比重两个维度进行考察,这2个指标描述了绿色能源生产结构的优化程度,它们分别以能源生产弹性系数和绿色能源生产占比2个指标揭示绿色能源生产结构的水平。绿色能源消费方面,从能源消费弹性、绿色能源消费量在全部能源消费量中的比重和能源效率3个维度进行揭示,具体以能源消费弹性系数和绿色能源消费占比2个指标反映绿色能源的消费水平,以能源效率指标反映能源的利用效率和水平。绿色能源投资方面,从绿色能源投资金额在全部能源投资金额中的比重维度进行考察,具体以绿色能源投资占比指标来反映绿色能源投资的强度、力度和未来供给产能的储备水平。污染减排方面,从工业废水排放、废气排放和工业固体废物排放3个维度进行考察,它们分别是用单位 GDP 工业废水排放、单位 GDP 废气排放和单位 GDP 固体废物排放3个指标来衡量绿色能源生产、消费和投资条件下的污染减排水平。上述指标均按表1中给出的具体计算方法进行计算。

(三)测度方法和数据来源

熵值法 TOPSIS 是根据各评价指标之间的差异程度所反映的信息量不同而确定各指标的权重系数,降低了指标权重赋权时的人为主观因素的干扰,从而较为客观地反映各个评价指标的重要性,是一种客观的赋权评价方法。本文通过设计中国绿色能源高质量发展4个维度的逻辑主线,采用熵权法对各个子系统水平和综合发展水平进行测度和评价,首先对各个指标数据进行标准化处理,然后相对客观地赋予各个测度体系指标一定的权重值,同时,考虑到部分指标具有的弹性系数的方向性质,调整相应的功效方向,通过表1所示的功效最终确定各个指标的正负向功效,加权计算出各省区绿色能源高质量发展的水平,然后按降序进行排

列。通过结合实际功效的分析进行的熵值法 TOPSIS 的综合运用,保证了中国绿色能源高质量发展水平测度结果更具客观性和合理性,具体的运用步骤如下。

(1)数据整理和 TOPSIS 的标准化处理。根据各指标取得的数据进行整理,然后为消除不同测度指标在数量级方面的不一致性,可以运用极差法对测度体系中的各个测度指标 X_{ij} 进行标准化处理:

$$Y_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}, & X_{ij} \text{ 为正向指标} \\ \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}, & X_{ij} \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

其中: i 表示各省区; j 表示各个测度指标; X_{ij} 和 Y_{ij} 分别表示原始的和标准化后的绿色能源高质量发展水平测度指标值; $\max X_{ij}$ 和 $\min X_{ij}$ 分别表示 X_{ij} 的最大值与最小值。

(2)计算各测度指标 Y_{ij} 的信息熵 E_j 。

$$E_j = \ln \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}} \right) \ln \left(\frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}} \right) \right] \quad (2)$$

(3)计算各测度指标 Y_{ij} 的权重 W_j 。

$$W_j = \frac{(1 - E_j)}{\sum_{j=1}^m (1 - E_j)} \quad (3)$$

(4)计算得出测度指标的加权矩阵 R 。

$$R = (r_{ij})_{n \times m} \quad (4)$$

其中: $r_{ij} = W_j \times Y_{ij}$ 。

(5)根据功效情况对加权矩阵 R 进行处理。根据表 1 中列示的 4 个体系 9 个指标分别的功效为“+”或者“-”的不同情况,对 R 进行对应的功效处理得出 R' ,其中能源生产弹性系数和能源消费弹性系数本身就带有功效的方向性,不需要再进行处理;为方便 r_{ij} 的数据的可读性,针对第三步中的 W_j 做扩大倍数处理后得出 W_j' 。

从统计和数据合理性来看,港澳台地区和西藏自治区分别由于统计口径差异造成的数据合理性问题和数据缺失的原因,本文未把它们纳入到本次测度范围中来。在数据来源方面,计算得出或直接取得的能源生产弹性系数、能源消费弹性系数、单位 GDP 工业废水排放、单位 GDP 废气排放、单位 GDP 工业固体废物排放数据均来源于 2018 年各省区统计年鉴和 2018 年《中国能源统计年鉴》;计算绿色能源生产占比、绿色能源消费占比、能源效率、绿色能源投资占比时用到的能源生产量、能源消费量、绿色能源生产量、绿色能源消费量、能源效率、能源投资金额、绿色能源投资金额、各省 GDP 均来自于 2018 年各省区统计年鉴、2018 年《中国能源统计年鉴》和 2018 年《中国统计年鉴》。

三、中国绿色能源高质量发展水平实证测度

(一)中国绿色能源发展各子系统水平

基于构建的绿色能源高质量发展水平测度体系,测度出 2017 年中国 30 个省区绿色能源高质量发展 4 个子系统水平 9 个指标的得分情况,结果见表 2。

1. 能源生产弹性系数水平

经过功效调整后的能源生产弹性系数水平得分分布由最高的江西(0.897)到最低的上海(-1.498),二者相差 2.396,表明中国能源生产弹性水平地区之间差异明显,不同省区之间的能源生产结构各异。具体来看,调整后的能源生产弹性系数水平得分高于 0 的省区有江西、湖南、辽宁、吉林等 13 个省区,占比为 43.3%,表明这些省区的能源生产增速低于 GDP 增速,经济增长相对不依赖于能源生产。调整后的能源生产弹性系数水平得分低于 0 的省区有上海、海南、青海、江苏等 17 个省区,占比为 56.7%,表明这些省区的能源生产增速高于 GDP 增速,能源生产对经济增长有贡献,而且存在一定程度的自给性能源短缺现象。表明中国大部分省区的能源生产与经济增长存在不平衡的现象,尤其是上海、海南、江西、湖南、辽宁、吉林等省区,这种不平衡一方面说明各省区的经济发展结构存在差异;另一方面也为各省区的能源和经济协调发展留下了一定的空间。

表2 2017年各省区绿色能源高质量发展各子系统水平表

省区	绿色生产		绿色消费和绿色投资				污染减排		
	能源生产弹性系数 ^①	绿色能源生产占比(%)	能源消费弹性系数 ^②	绿色能源消费占比(%)	能源效率	绿色能源投资占比(%)	单位GDP工业废水排放(万吨/亿元)	单位GDP废气排放(万吨/亿元)	单位GDP工业固体废物排放(万吨/亿元)
北京	0.321	0.083	-0.217	0.238	16.480	1.419	-0.832	0.000	-0.020
天津	0.270	0.046	0.062	0.219	9.103	0.886	-2.860	-0.001	-0.078
河北	-0.019	0.109	-0.172	0.033	4.595	1.141	-6.977	-0.003	-0.902
山西	0.060	0.011	-0.284	0.177	3.251	0.884	-4.247	-0.004	-2.002
内蒙古	-0.306	0.047	-0.349	0.052	3.366	0.858	-3.712	-0.004	-1.591
辽宁	0.699	0.069	-0.349	0.026	4.847	0.921	-6.019	-0.003	-1.067
吉林	0.659	0.147	-0.002	0.040	7.292	0.979	-3.952	-0.002	-0.336
黑龙江	-0.003	0.061	-0.195	0.044	5.060	0.722	-3.279	-0.003	-0.425
上海	-1.498	0.396	-0.107	0.205	10.684	1.311	-2.873	0.000	-0.049
江苏	-0.447	0.292	-0.100	0.220	11.422	1.289	-5.756	-0.001	-0.124
浙江	0.339	0.232	-0.282	0.317	10.360	1.316	-6.498	-0.001	-0.075
安徽	0.068	0.036	-0.195	0.234	8.913	1.324	-4.258	-0.001	-0.393
福建	0.240	0.414	-0.538	0.118	10.769	1.225	-5.797	-0.001	-0.150
江西	0.897	0.226	-0.189	0.042	9.476	1.308	-5.569	-0.002	-0.552
山东	-0.106	0.013	0.154	0.049	7.664	1.097	-5.660	-0.001	-0.308
河南	-0.169	0.038	0.057	0.050	8.120	1.253	-3.629	-0.001	-0.321
湖北	-0.002	0.483	-0.135	0.154	8.899	1.316	-3.333	-0.001	-0.203
湖南	0.835	0.284	-0.172	0.072	8.733	1.194	-2.836	-0.001	-0.118
广东	0.062	0.350	-0.278	0.292	11.661	1.146	-4.031	-0.001	-0.057
广西	-0.160	0.470	-0.290	0.143	7.545	1.317	-5.248	-0.002	-0.314
海南	-0.772	0.415	-0.408	0.128	8.908	1.191	-8.131	-0.001	-0.079
重庆	0.278	0.141	-0.237	0.120	9.344	1.136	-2.816	-0.001	-0.097
四川	-0.169	0.362	-0.183	0.170	9.244	1.141	-3.709	-0.001	-0.285
贵州	0.172	0.095	-0.148	0.156	5.867	0.803	-3.491	-0.004	-0.621
云南	-0.299	0.388	-0.254	0.178	6.251	1.081	-3.425	-0.002	-0.755
陕西	-0.445	0.061	-0.254	0.065	7.558	0.798	-3.753	-0.001	-0.406
甘肃	-0.130	0.176	-0.461	0.106	4.079	1.209	-3.756	-0.003	-0.604
青海	-0.458	0.369	-0.183	0.223	2.643	1.218	-3.833	-0.004	-4.426
宁夏	-0.371	0.028	-1.360	0.032	2.104	0.961	-8.733	-0.006	-1.295
新疆	-0.359	0.143	-0.521	0.080	2.719	0.817	-3.897	-0.005	-0.657
均值	-0.027	0.200	-0.253	0.133	7.565	1.109	-4.430	-0.002	-0.608

注：①、②均为做功效调整后对应的弹性系数；本文纳入测度的30个省市区划分情况如下：东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南11个省区，中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南8个省区，西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆11个省区。

2. 绿色能源生产占比水平

绿色能源生产占比水平得分最高的省区是湖北(0.483)，得分最低的省区是山西(0.011)，前者是后者的45.74倍，这表明绿色能源生产占比空间差异较大。综观各省区绿色能源生产占比水平得分，湖北、广西、海南、福建4个省区的绿色能源生产占比水平得分高于0.400，是中国绿色能源生产占比水平非常领先的省区，凸显绿色能源高质量发展的特点。绿色能源生产占比水平得分高于均值0.200的省区有13个省区，占比为43.3%，其中上海、云南、青海、四川、广东的得分分别为0.396、0.388、0.369、0.362、0.350，均高于0.300，属于绿色能源生产较为领先的省区；绿色能源生产占比水平得分低于均值0.200的省区有17个省区，占比为56.37%。近半省区仍有较大的绿色能源生产发展的空间。

3. 能源消费弹性系数水平

经过功效调整后的能源消费弹性系数水平得分分布由最高的山东(0.154)到最低的宁夏(-1.360)，二者相差1.514，表明中国能源消费弹性水平存在区域性的差异，但差异性相对不明显，不同省区之间的能源消费结构也各异。具体来看，能源消费弹性系数水平得分高于0的省区只有山东、天津、河南3个省区，占比仅为10.0%，表明这些省区的能源消费增速低于GDP增速，能源消费质量较高，经济增长相对不依赖于能源消费。调整后的能源消费弹性系数水平得分低于0的省区有宁夏、福建、新疆、甘肃等27个省区，占比为90.0%，表明这些省区的能源消费增速高于GDP增速，能源消费增长相对较快，再对照能源消费弹性系数水平来看，表明中国大部分省区的能源消费也为各省区的能源和经济协调发展留下了一定的空间。

4. 绿色能源消费占比水平

绿色能源消费占比水平得分最高的省区是浙江(0.317),得分最低的省区是辽宁(0.026),前者是后者的12.02倍,这表明绿色能源消费占比空间差异十分明显。综观各省区绿色能源消费占比水平得分,浙江、广东2个省区的绿色能源消费占比水平得分高于0.290,是中国绿色能源消费占比水平非常领先的省区,凸显绿色能源高质量发展的特点。绿色能源消费占比水平得分高于均值0.133的省区有14个省区,占比为46.7%,其中浙江、广东、北京、安徽、青海、江苏、天津、上海的得分分别为0.317、0.292、0.238、0.234、0.223、0.220、0.219、0.205,均高于0.200,属于绿色能源消费较为领先的省区;绿色能源消费占比水平得分低于均值0.133的省区有16个省区,占比为53.3%。近半省区仍有较大的绿色能源消费发展的空间。

5. 能源效率水平

能源效率水平得分最高的6个省区依次为北京(16.480)、广东(11.661)、江苏(11.422)、福建(10.769)、上海(10.769)和浙江(10.360),这些省区均位于东部地区,在绿色能源高质量发展过程中较为重视能源合理配置和利用效率,能源的生产和消费效率较高,单位能源消费带来了较好的经济增量。与之相反,能源效率水平得分最低6个省区依次是宁夏(2.104)、青海(2.643)、新疆(2.719)、山西(3.251)、内蒙古(3.366)和甘肃(4.079),这些省区均位于西部地区,能源利用存在利用不充分、不均衡和产出不足等现象,与北京、广东等省区的能源效率较高的水平相比,区域差异较大。能源效率水平得分高于均值7.565的省区有16个省区,占比为53.3%;能源效率水平得分低于均值7.565的省区有14个省区,占比为46.7%。东西部区域差异十分明显,大部分西部省区仍需通过产业调整和引入新技术,大力提升能源利用效率。

6. 绿色能源投资占比水平

绿色能源投资占比水平得分最高的6个省区依次是北京、安徽、广西、浙江、湖北和上海,它们的得分分别是1.419、1.324、1.317、1.316、1.316、1.311,这些省区十分重视绿色能源高质量发展,在能源投资中偏向于在绿色能源领域加大投入力度,较好践行了绿色发展理念。绿色能源投资占比水平得分最低的6个省区依次是黑龙江、陕西、贵州、新疆、内蒙古、山西,它们的得分分别是0.722、0.798、0.803、0.817、0.858,这些省区大多位于西部地区,绿色能源投资比重较低,绿色能源高质量发展显得不足,仍可以根据资源情况,加大对绿色能源的投资力度,逐步实现绿色能源高质量发展。

7. 单位GDP工业废水排放水平

单位GDP工业废水排放水平得分最高的省区为北京(-0.832);得分最低的省区是宁夏(-8.733),前者与后者相差-7.907,其他省区的得分均低于-2.810,这表明单位GDP工业废水排放水平空间差异较为明显。单位GDP工业废水排放水平得分高于均值-4.430的省区有20个省区,占比为66.7%,前5个省区分别为北京(-0.832)、重庆(-2.816)、湖南(-2.836)、天津(-2.860)和上海(-2.873),单位GDP工业废水排放水平得分低于均值-4.430的省区有10个省区,占比为33.3%,位于全国后5位的其他省区还包括宁夏(-8.733)、海南(-8.131)、河北(-6.977)、浙江(-6.498)、辽宁(-6.019)。相比其他各项指标,单位GDP工业废水排放水平得分高于均值的省区占比较高,而且得分较低的省区并非都集中在西部省区。

8. 单位GDP工业废气排放水平

单位GDP工业废气排放水平得分最高的省区是北京、上海,并列第一,达到-0.0003;浙江、天津、广东并列第二,均为-0.0006,单位GDP工业废气排放水平得分高于均值-0.0020的省区有20个省区,占比为66.7%,这些省区主要位于东部和中部地区,单位GDP工业废气排放水平得分低于均值-0.0020的省区有10个省区,占比为33.3%,得分排名后5位的省区为山西(-0.0039)、内蒙古(-0.0039)、青海(-0.0044)、新疆(-0.0046)、宁夏(-0.0064),除山西外,都集中在西部地区。

9. 单位GDP工业固体废物排放水平

单位GDP工业固体废物排放水平得分最高的省区是北京(-0.020),第二到第五位依次为上海(-0.049)、广东(-0.057)、浙江(-0.075)、天津(-0.078),均位于东部地区,单位GDP工业固体废物排放水平得分高于均值-0.0608的省区有21个省区,占比为70.0%,相比其他各项指标,单位GDP工业固体废物排放水平得分高于均值的省区占比最高。单位GDP工业固体废物排放水平得分最低的5个省区分别为辽宁(-1.067)、宁夏(-1.295)、内蒙古(-1.591)、山西(-2.002)、青海(-4.426),除辽宁外,均位于西部地区。总体来说,东西部差异较大,大多数西部省区仍需大力提升减排水平。

(二)绿色能源高质量发展综合水平

总体来看,2017年中国绿色能源高质量发展综合水平得分整体较低,为方便得分的计算和评价,确定以中国30个省区绿色能源高质量发展综合水平实证测度得分结果再加上基础分80分,计算出最终得分,如图1所示,可发现2017年,中国各省区绿色能源高质量发展综合水平得分均介于71.360~97.472之间;其中,综合得分水平最低的省区是宁夏(71.360),综合得分水平得分最高的省区是北京(97.472)。从统计指标上来看,中国30个省区绿色能源高质量发展综合水平得分样本的均值 $A=83.686$,样本标准差 $S=5.013$,不同省区在绿色能源高质量发展中的差异是显著的。根据得分样本均值 A 与样本标准差 S 的统计性质,为进一步对各省区按得分水平进行划分和分析研究,将30个省区划分为得分高于86.193的领先型($A+0.5S=86.193$)、得分介于86.193~81.180的中等型($A-0.5S=86.193$ 至 $A-0.5S=81.180$)和得分低于81.180的落后型($A-0.5S=81.180$)3种类型。

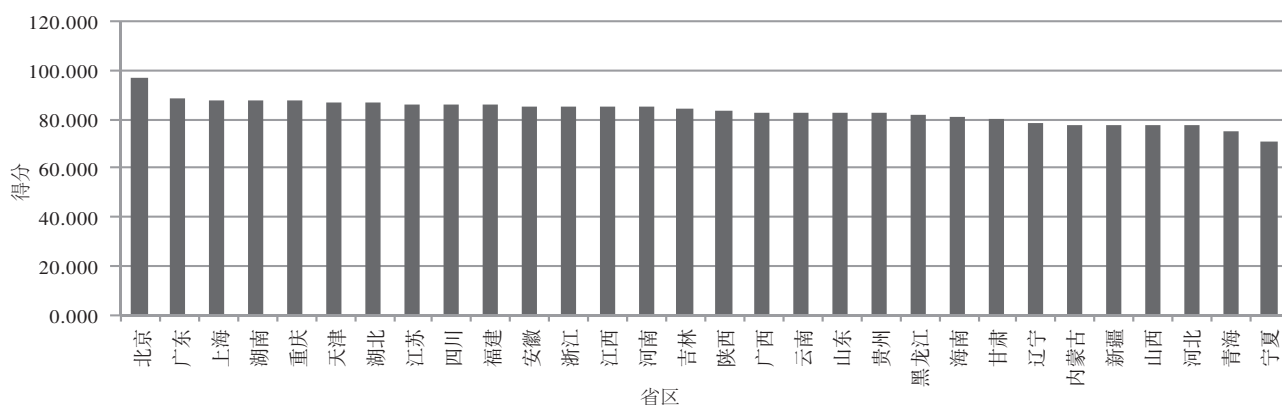


图1 2017年中国30个省区绿色能源高质量发展综合水平得分

根据统计分析,领先型省区有10个,占所考察省区总数的33.3%,它们分别是北京、广东、上海、湖南、重庆、天津、湖北、江苏、四川和福建,它们的绿色能源高质量发展综合水平得分分别是97.472、89.146、88.068、87.992、87.868、87.649、87.179、86.796、86.569和86.281,均高于86.193,绿色能源高质量发展综合水平较优,特别是在最关键的能源效率得分项方面,具有较大的优势,也十分重视绿色能源投资和消费水平的提升,综合表现较为优异。其中,北京的领先程度尤其突出,是唯一一个绿色能源高质量发展综合水平得分超过90分的省区,是中国绿色能源高质量发展综合水平最高的1个省区,充分体现了北京优势。中等型省区有12个,占所考察省区总数的40.0%,它们分别是安徽、浙江、江西、河南、吉林、陕西、广西、云南、山东、贵州、黑龙江和海南,它们的绿色能源高质量发展综合水平得分分别是85.727、85.708、85.637、85.397、84.825、83.622、83.461、83.161、82.902、82.830、81.982和81.251,介于81.180~86.193,在经济发展过程中能够在一定程度上重视绿色能源质量发展,但重视程度还不足,绿色能源高质量发展综合水平得分略显中等,仍有一定的提升空间。落后型省区有8个,占所考察省区总数的26.7%,它们分别是甘肃、辽宁、内蒙古、新疆、山西、河北、青海和宁夏,它们的绿色能源高质量发展综合水平得分分别是80.616、79.124、78.361、78.322、77.845、77.806、75.548和71.360,均低于81.180,这些省区在经济发展过程中对绿色能源高质量发展的实施力度不足,而且由于其资源、经济结构和能源利用效率的特点,绿色能源高质量发展综合水平得分较为落后,仍然具有很大的调整、进步和提升的空间。

为深入分析中国绿色能源高质量发展综合水平在东部、中部和西部3个区域的差异及其发展规律,进一步通过各区域所包含省区的数据计算出2017年3个区域绿色能源高质量发展综合水平的均值。其中,东部地区绿色能源高质量发展综合水平的均值为85.655,高于全国均值83.686,领先幅度为1.969;中部地区绿色能源高质量发展综合水平的均值分别为84.573,高于全国平均水平83.686,领先幅度为0.887;西部地区绿色能源高质量发展综合水平的均值分别为81.065,低于全国平均水平83.686,落后的幅度为2.621。综合来看,中国绿色能源高质量发展综合水平从东部地区到中西部地区逐渐下降,且中等型省份较为集中,呈现出显著的“东中部高且比较接近,而西部中等偏低”的区域分布格局。同时,将绿色能源高质量发展综合水平分类成为领先型、中等型和落后型3种类型的省区,再根据3种类型省区所处于东部、中部和西部地区的情况进行划分,从这种发展水平和区域维度得出的划分结果见表3。明显看出,绿色能源高质量发展综合水平领先型的

10个省区中有7个位于东部地区,占东部地区省区总数的63.6%,进一步表明东部地区多数省区绿色能源高质量发展综合水平表现较好;绿色能源高质量发展综合水平中等型的12个省区中有5个位于中部地区,占中部地区省区总数的62.5%,进一步表明中部地区多数省区绿色能源高质量发展综合水平表现较为集中地表现为中等水平;绿色能源高质量发展综合水平落后型的8个省区中有5个位于西部地区,占西部地区省区总数45.5%,这表明落后型省区大部分处于西部地区,但是超过半数的西部省区绿色能源高质量发展水平并不都属于落后型。从东、中、西部各类型集中度的角度来看,在东部地区中,除辽宁和河北属于落后型,山东、海南和浙江属于中等型外,其余省区均属于绿色能源高质量发展综合水平领先型;在中部地区中,除湖南和湖北属于领先型,山西属于落后型外,其余省区均属于绿色能源高质量发展综合水平中等型;在西部地区,重庆和四川属于领先型,陕西、云南、贵州和广西4个省区属于绿色能源高质量发展综合水平中等型,甘肃、内蒙、新疆、青海和宁夏5个省区属于落后型。上述东、中、西部省区各类型的分布结果更加清晰地表明中国绿色能源高质量发展综合水平的区域分布具有东部地区较好、中部地区中等、西部地区中等落后参半的特点。

表3 三种类型绿色能源高质量发展水平省区的区域分布表

类型	东部地区	中部地区	西部地区
领先型	北京、广东、上海、天津、江苏、福建	湖南、湖北	重庆、四川
中等型	山东、海南、浙江	安徽、黑龙江、江西、河南、吉林	陕西、云南、贵州、广西
落后型	辽宁、河北	山西	甘肃、内蒙古、新疆、青海、宁夏

四、结论和建议

根据上述提出的逻辑主线,构建了中国绿色能源高质量发展水平测度的4个体系9个指标,通过运用熵权TOPSIS法,对2017年中国30个省区绿色能源高质量发展进行测度。同时结合中国东、中、西部的空间分布,研究中国绿色能源高质量发展特点和规律。得到的主要结论如下。首先,分别从4个子系统9个指标的得分来看,不同省区的绿色能源高质量发展子系统水平各异,具体情况如下:江西、湖南和辽宁等省区能源生产弹性系数水平较好;湖北、广西和海南等省区绿色能源生产占比水平较高;山东、天津和河南等省区能源消费弹性系数水平水平较好;浙江、广东和北京等省区绿色能源消费占比水平较高;北京、广东、江苏、福建、上海和浙江等省区能源效率水平较高;北京、安徽和广西等省区绿色能源投资占比水平较高;北京、重庆和湖南的单位GDP工业废水排放水平较好;北京、上海、浙江、天津和广东等省区的单位GDP工业废气排放水平较好;北京、上海和广东的单位GDP工业固体废物排放水平较好。从综合水平来看,中国绿色能源高质量发展综合水平整体不高,加上基础分80分后,平均得分为83.686;根据30个省区的绿色能源高质量发展综合水平得分高低,按照3种类型进行分类划分后,领先型有10个省区,中等型有12个省区,落后型有8个省区,分别占所考察省区总数的33.3%、40.0%和26.7%;东部地区以领先型省区为主,中部地区以中等型省区为主,而西部地区的中等型和落后型省区基本上各占一半,中国绿色能源高质量发展综合水平整体上呈现明显的“东中部高且比较接近,而西部中等偏低”的区域分布格局。

根据上述研究结论,为积极推进中国绿色能源高质量发展各个子系统水平的全面提升和各省区绿色能源高质量发展水平的协同提升,有针对性地提出以下政策建议。

第一,要持续贯彻落实好创新发展理念和绿色发展理念,不断推进经济发展转型升级和绿色能源高质量发展协调发展。当前中国绿色能源高质量发展综合水平整体不高,全国均值仅为83.686;多数省区处于绿色能源发展的中等型水平,落后型省区占所考察省区总数的比重也高达26.7%。对中国绿色能源高质量发展综合水平影响较大的因素主要是能源消费、绿色能源投资和污染减排3个方面,因此,为持续和有效地提升中国整体的绿色能源高质量发展水平,最为关键的就是要通过加大创新力度,促进中国经济、产业结构调整和转型升级;积极开展技术创新,通过节能技术的进步和运用提升能源利用效率;而且要根据各省区实际情况,加大对绿色能源的投资力度,从能源供求机制上进行调整和优化;同时要加大环保投入,加强对污染减排的管理。要以中国绿色能源高质量发展4个子系统的9个逻辑主线为基础,结合各地实际,制定科学、合理的管理体系,推进中国绿色能源高质量发展。

第二,要从全局的高度出发,以协调发展理念为指导,统筹考虑各个子系统的协调可持续发展,要有针对性地制定系统、合理的政策和措施,持续推进绿色能源高质量发展各个子系统水平的全面提升。通过建立4个子系统下9个指标复合表现出来的绿色能源高质量发展水平衡量体系,得到了不同省区的绿色能源高质

量发展子系统的不同水平分布情况,例如北京和上海等绿色能源高质量发展综合水平较好的省区,在能源消费弹性系数方面的表现水平也并不是很好,普遍都存在发展不平衡的问题。因此,要针对各省区绿色能源高质量发展落后子系统水平提升,就需要有针对性的水平提升策略,特别是要重点和优先关注相对重要的能源效率、绿色能源投资和其他相对落后的子系统水平的提升,优先实施发展和提升政策,持续和全面地推进绿色能源高质量发展各子系统水平的协同提升。

第三,以协调发展理念为指导,实施中国全域视角下的各省区绿色能源高质量发展协同优化策略,通过协同发展,逐步缩减区域性的差距,不断增强中国绿色能源高质量发展水平。中国不同省份的绿色能源高质量发展子系统和综合得分各异,而且区域性差异十分明显。北京、广东、上海3个省区绿色能源高质量发展的领先地位相对比较明显,但是仅有10个省区属于领先型,仍有12个省区属于中等型,8个省区绿色能源高质量发展水平属于落后型,这种分布对中国能源消费结构、节能减排战略和可持续发展造成了不利的影响。因此,要总览全局,从全域视角出发,针对较为明显的区域差异现状,实施中国区域性绿色能源高质量发展协调策略,在持续推进各省区绿色能源高质量发展的同时,抓紧制定各区域协调互动政策,通过持续推进各区域产业结构调整、节能技术创新及运用、区域协调发展、加大绿色能源投资、加大能源环保投入、加强污染防治监管等多种方式,全面提升各省区绿色能源高质量发展水平,协同提升中国绿色能源高质量发展水平。

参考文献

- [1] 中国能源经济研究院. 中国清洁能源发展报告2019[R]. 杭州: 中国能源报社, 2019.
- [2] 林伯强. 能源革命促进中国清洁低碳发展的“攻关期”和“窗口期”[J]. 中国工业经济, 2018(6): 15-23.
- [3] 田其云. 绿色能源革命背景下可再生能源发展的制度路径[J]. 中州学刊, 2019(7): 89-94.
- [4] 史丹. 绿色能源革命背景下可再生能源发展的制度路径[J]. 中国工业经济, 2018(10): 5-18.
- [5] 刘亭立, 傅秋园. 绿色能源产业创新政策的量化评价与优化路径探究[J]. 中国科技论坛, 2018(10): 82-92.
- [6] 徐斌, 陈宇芳, 沈小波. 清洁能源发展、二氧化碳减排与区域经济增长[J]. 经济研究, 2019(7): 188-202.
- [7] 于洪丽. 长江经济带省域绿色能源效率水平的测度[J]. 经济研究, 2017(8): 59-62.
- [8] 史敦友. 中国省际工业绿色化评价及空间差异性研究[J]. 贵州财经大学学报, 2019(4): 80-88.
- [9] 朱金鹤, 王雅丽. 中国省域绿色全要素生产率的测算及影响因素分析-基于动态GMM方法的实证检验[J]. 新疆大学学报, 2019(3): 1-15.
- [10] 刘平阔, 王志伟. 中国“能源转型”是否合理? ——能源替代-互补关系的实证研究[J]. 中国软科学, 2019(8): 15-30.
- [11] 魏敏, 李书昊. 新时代中国经济高质量发展水平的测度研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018(11): 3-20.

Research on the Measurement of High Quality Development Level of Green Energy in China

Suo Jian¹, Tang Ruifeng^{1, 2}

(1. School of Business Administration and Tourism Management, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Yunnan Energy Investment Group, Kunming 650228, China)

Abstract: Among the five development concepts of “innovation, coordination, green, opening and sharing”, green coordinated development has become an important concept related to the overall situation of China’s sustainable development, and green energy high-quality development is an important organic part of green high-quality development. This paper constructs nine detailed indicators involving four systems of green energy investment, production, consumption and emission reduction, and uses the entropy weight TOPSIS method to measure the high-quality development level of green energy in China in 2017, and analyzes the differences among regions in depth. Through the research, it is found that there are differences in the performance of four subsystems and comprehensive level in the high-quality development level of green energy in 30 provinces and regions of China. The overall comprehensive level presents the regional distribution pattern of “high and relatively close in the East and the Middle, but medium and low in the West”. Then according to the comprehensive level of high-quality development of green energy, 30 provinces and regions are divided into leading type, medium type and backward type. Furthermore, we should grasp the regional distribution law of high-quality development level of green energy in China, so as to provide a more reliable basis for promoting the coordinated promotion of high-quality development level of green energy in China.

Keywords: green energy; high quality development; measure system; entropy weight topsis