

可持续发展视角下的中国和印度能源发展对比研究

郭茹^{1,2}, 邵光辉¹, 吴文昊¹, 曹晓静¹

(1. 同济大学环境与科学工程学院, 上海 200092; 2. 上海污染控制与生态安全研究院, 上海 200092)

【摘要】 能源转型是全球落实联合国 2030 可持续发展目标过程中的重要议题, 在发展中国家尤为突出。中国和印度作为世界上最大的两个发展中国家, 面临着相似的能源转型挑战。本文利用能源发展指数 (Energy Development Index, EDI) 方法, 从能源可获得性与可负担性两个维度衡量比较了中印能源发展利用情况。研究结果表明, 印度能源发展在总体上落后于中国, 其主要差距表现在能源价格与能源结构两方面。其中, 印度能源价格呈增长态势, 2010—2014 年年均增速达 9.6%; 而中国能源平均价格整体呈下降趋稳态势 (除煤气价格外)。同时, 印度能源消费结构中的传统生物质能源占比较高, 是中国传统生物质能源占比的 6.6 倍 (2017 年)。研究指出, 从传统能源向可再生能源的转变是中印两国提升能源可持续供给能力和现代能源服务体系的重要途径, 两国可以通过绿色技术合作共同解决能源可持续转型问题, 携手实现全球低碳可持续发展目标。

【关键词】 能源服务; 指标体系; 可持续发展; 能源利用; 能源转型

中图分类号: X21 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2020)03-0071-08 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202003071

1 研究背景

能源转型是影响发展中国家实现低碳可持续发展目标的重要因素, 在全球范围内受到越来越广泛的关注。联合国在《2030 年可持续发展议程》中提出的可持续发展目标 (Sustainable Development Goals, SDGs) 中, 第七项为确保人人能获得负担得起的、可靠和可持续的现代能源。联合国开发计划署 (United Nations Development Programme, UNDP) 2000 年发布的报告重点关注居民是否可以获得安全、优质、可支付、环境友好的能源^[1]。2010 年, 国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 进一步指出, 人们会由于可获得性、可支付性等问题而只能主要依赖传统生物质能或其他低质固体燃料满足基本生活对能源的需求^[2]。在我国, 李慷等^[3]提出难以公平获取和安全消费充足的、可支付的、优质的、环境友好的和有发展前景的能源将阻碍中国民生发展目标的实现。廖华等^[4]提出居民生活用能水平较低、用能结构较差、用能能力较弱是能源服务不足的主要表现。

从全球层面看, 2017 年仍有超过 21 亿的人口依靠传统生物质能进行烹饪, 其中 82% 集中在亚洲和非洲^[5]。中国和印度作为世界上人口数量第一和第二的国家 (表 1), 又同是地处亚洲、国土面积广阔的发展中国家, 都曾经或正在面临能源服务不足问题的挑战。本文从能源可获得性和能源可负担性视角出发, 通过对两国能源发展指数 (Energy Development Index, EDI) 的计算

与比较, 讨论两国在能源方面存在的问题, 探讨两国能源发展和利用状况的共性特征和差异, 以期为实现可持续发展提供实证支持。

表 1 中国和印度基本数据对比

	中国	印度
国土面积/万平方千米	963	298
人口数量/亿人	13.9	13.39
产业结构/%	第一产业	7.6
	第二产业	40.5
	第三产业	51.9
能源消费类型及所占比例/%	煤	33.2
	石油	25.8
	天然气	6.6
	风能、太阳能等可再生能源	1.6
	生物质能	4
	电能	24
	地热能	4.8

数据来源: World Bank^[6-7] 和 IEA^[8-9]。

2 研究方法

2.1 能源服务不足的测度方法

研究者针对能源服务不足问题提出了不同的测度方法^[10]。Boardman^[11]提出, 若能源消耗占家庭可支配收入 10% 以上, 将超过居民对于能源的支付能力, 因此被视为能源服务不足。但这一方法主要源于发达国家统计数据, 不适用于发展中国家。Nussbaumer 等^[12]

基金项目: 上海市软科学研究计划 (176921002400)

作者简介: 郭茹, 博士, 同济大学环境科学与工程学院副教授, 主要研究方向为气候变化缓解与适应、环境规划与管理

通讯作者: 郭茹, 博士, 同济大学环境科学与工程学院副教授, 主要研究方向为气候变化缓解与适应、环境规划与管理

提出了多维能源贫困指数 (Multidimensional Energy Poverty Index, MEPI) 来评估家庭层面的能源服务不足水平, 在分析 MEPI 的同时, 增加了对组成该指数的各个指标的分析。李慷等^[3]提出从四个维度衡量中国区域能源服务不足状况, 包括可获得性、清洁程度、管理的完备性及可支付能力和高效性等, 但对数据的详细程度要求较高。Bonatz 等^[13]提出从能源可获得性和能源可负担性两个维度衡量国家能源服务不足的程度。总的来看, 国际上对于不同国家的能源服务不足尚未有统一共识, 也缺乏标准化的度量方法^[14]。本研究认为, 能源服务不足是一种状态, 其描述了国家或区域整体上现代能源服务的匮乏程度。由于发展中国家的能源服务不足状况同时受到多个因素的共同影响, 具有复杂性, 宜采用多维度的能源发展指数方法来测度, 并加强对各个维

度的深入分析。

2.2 能源发展指数方法

本文采用 Bonatz 等^[13]在比较中国和德国能源服务不足与低碳发展之间的相互关系时提出的方法, 从能源可获得性 (Access, 简称为 AC) 和能源可负担性 (Affordability, 简称为 AF) 两个维度, 用能源发展指数 (EDI) 来衡量并对比中国和印度的能源服务不足状况。由于该方法曾用于评价分析中国的能源服务不足状况, 而印度的基本国情与中国存在较多类似之处, 因此采用该方法具有一定的适用性。同时, 本研究根据中印国情和数据可获得性等因素, 对指标体系进行调整。经调查发现绿色建筑指标的数据可获得性不足, 且绿色建筑体系在发展中国家尚未成熟, 将其进行比较意义不大, 故将该指标删去。具体采用的指标与权重设定见表 2。

表 2 能源发展指数的指标体系和权重设定^[13]

能源发展指数 EDI		目标值 (T_i)	权重 (k_i)	数据来源
可获得性 (EDI_AC)			0.50	
电力			0.167	
	通电率 (占人口百分比)	100%	0.084	[15]
	电力供应的稳定性 (%)	100%	0.084	[13, 16]
清洁能源	获得清洁能源的人口百分比	100%	0.167	[17]
优质能源	优质能源占最终能耗的百分比	100%	0.167	[8-9]
可负担性 (EDI_AF)			0.50	
能源价格	2005—2015 年一次能源价格的百分比变化	≤ 0	0.15	
收入			0.20	
	2005—2015 年人均能源支出占人均净收入比率的变化	≤ 0	0.10	[21-22]
	贫困线以上的人口百分比	100%	0.10	[23]
能源效率			0.15	
	节能政策	1	0.075	[13, 24]
	2005—2015 年人均最终能源消费量百分比的变化	≤ 0	0.075	[21]

在具体计算时, 利用每一个指标的目标值进行无量纲化。首先根据文献和实地调查得到数据的真实值 (R_i), 然后结合目标值 (T_i), 确定相应的指标计算值 (X_i) 和每个指标的加权值 (W_i)。对于目标值为正的指标, 其具体计算方法见公式 1 和公式 2; 对于目标值 ≤ 0 的指标, 其计算方法涉及具体含义的解释, 详见第 2.4 节。

$$X_i = R_i / T_i \quad (1)$$

$$W_i = k_i \times X_i \quad (2)$$

利用上述方法分别计算得到可获得性和可负担性维度的 EDI, 然后将这两个维度加权计算得到总 EDI。总 EDI 是一个介于 0 和 1 之间的数字, 该值越靠近 1, 表明能源服务不足状况相对越严重; 相应地, 如果 EDI 为 0, 则表示没有能源服务不足情况。

2.3 可获得性

可获得性维度包括三个二级指标: 电力、清洁能源和优质能源。

其中电力分为两个方面来考虑, 分别是通电率和电力稳定性。由于电力稳定性这一指标较为抽象, 故使用家庭的系统平均停电持续时间 (SAIDI) 来衡量, 它表示的是系统在一年中每个用户的平均停电持续时间, 单位是小时/用户·年; 清洁能源方面, 使用的数据是获得清洁能源的人口比例; 优质能源消费用以衡量天然气、太阳能等优质能源占最终能耗的百分比。

2.4 可负担性

可负担性维度包括三个二级指标: 能源价格、收入和能源效率。

在能源价格方面, 以中国和印度 2005—2015 年主要一次能源价格的百分比变化为指标。具体解释是: 当一种能源价格上涨时, 其计算值为 0; 当价格下跌时, 其计算值为 1。由于不同的一次能源会有不同的价格变动, 该指标的计算值为所有一次能源计算值的平均值。

在收入方面, 使用 2005—2015 年人均能源支出占人均净收入比率的变化和贫困线以上的人口百分比。其

中前者表示家庭对于能源的支付能力,若该比率是下降的,说明家庭有足够的支付生活所需的能源,分配的计算值 X_i 为 1;若该比率上升,则表示能源服务的可负担性下降,为了表示其上涨幅度,分配的计算值 X_i 为 $1-a$,这里 a 是其上涨比例,当上涨超过 100% 时,计算值都为 0。贫困线以上的人口百分比则表示该国的贫困状况,在国家贫困线下的人口即为该国更容易受到能源服务不足影响的群体。

在能源效率方面,选择两个指标来体现能源效率:节能政策和人均最终能源消费量的变化。节能政策代表国家对于能源效率的重视程度,可以推动企业进行能源技术创新和开发,从而减轻能源服务不足的影响。此外,使用 2005—2015 年人均家庭最终能源消耗的百分比变化来反映实际的能源使用情况,从而间接体现能源可负担性。若该指标的目标值小于 0,即对人均能源消耗的理想预期是降低的。人均最终能源消费量

的减少并不意味着生活水平的降低,而是因为使用了高效的家用电器从而实现了节能降耗,同时可以在一定程度上表征居民对能源重要性的认知程度和节约意识。该指标的计算方法与人均能源支出占人均净收入比率的变化相同。

3 计算结果及数据分析

3.1 中印总体能源发展指数

研究结果(表 3)表明,2015 年中国的总 EDI 值为 0.234,其中 EDI_AC(可获得性维度的 EDI 分指数)为 0.26,EDI_AF(可负担性维度的 EDI 分指数)为 0.208,表明虽然中国依然存在能源服务不足问题,但在可负担方面表现相对较好;而 2015 年印度的总 EDI 值为 0.453,其中 EDI_AC 为 0.412,EDI_AF 为 0.494,表示印度的能源服务不足状况不管是在可获得性方面还是在可负担性方面,都要比中国严重许多。

表 3 能源发展指数计算结果

指标	目标值	年份	计算值		年份	加权值	
			中国	印度		中国	印度
能源发展指数 EDI						0.234	0.453
可获得性 EDI_AC						0.26	0.412
电力							
通电率	100%(1)	2015	100%(1)	88%(0.88)	2015	0	0.02
电力稳定性 ⁽¹⁾	100%(1)	2015	99.88%(0.99)	98.59%(0.986)	2016	0	0.002
清洁能源	100%(1)	2015	67%(0.67)	39.88%(0.40)	2015	0.11	0.2
优质能源	100%(1)	2015	56.3%(0.56)	41.9%(0.42)	2016	0.15	0.19
可负担性 EDI_AF						0.208	0.494
能源价格 ⁽²⁾	≤0(1)	2005—2011	-21%(0.83)	44.3%(0)	2010—2014	0.05	0.3
收入							
人均能源支出与人均 净收入比率之差 ⁽³⁾	≤0(1)	2005—2014	-2%(1)	-3%(1)	2010—2014	0	0
贫困线以上的人口百分比	100%(1)	2015	95.94%(0.959)	78.1%(0.781)	2011	0.008	0.044
能源效率							
节能政策	1	2015	1(1)	1(1)	2015	0	0
人均最终能源消费量变化 ⁽⁴⁾	<0(1)	2005—2014	+120.4%(0)	+72%(0)	2005—2014	0.15	0.15

数据来源:中国能源统计年鉴、国家统计局、印度统计局、World Bank、IEA 和作者计算。

注:(1)在电力可靠性方面,关于印度的系统平均停电持续时间仅有 2016 年数据,但其在这一年中变化较大,从 19.4 小时/月持续降低到 6.1 小时/月。(2)平均能源价格基于家庭使用的一次能源(中国:电力、煤炭、煤气、天然气和液化石油气;印度:电力、煤炭、煤油、液化石油气、木炭和其他燃料)。但是在 EDI 计算中,如果一种能源的价格增加,则该能源的计算值为 0,如果降低则为 1。对于 EDI 计算,使用所有能源计算值的平均值。(3)由于无法获得有关印度家庭能源消费的数据,采用 2005—2014 年印度人均能源支出与人均净收入的数据代替。(4)由于无法获得印度人均最终能源消费的数据,采用 2005—2014 年人均电力消费数据代替。

3.2 可获得性

中国的 EDI_AC 为 0.26,主要原因是清洁能源和优质能源比例较低。事实上中国政府在能源清洁化方面做出了巨大努力,已在 2015 年实现了境内所有地区的电

气化。印度的 EDI_AC 为 0.412,是中国该数值的 1.6 倍。印度该数值较高同样是因为清洁能源和优质能源载体的不足,且印度在能源清洁程度上相对于中国存在一定差距。

图1反映了2017年中国与印度的主要终端能源消费类型及所占比例。中国终端能源消费结构中煤炭仍然占据主要地位(33.16%),另外电力和天然气等能源也占据重要地位。相较于中国,印度的能源消费由石油占据主导地位(33.07%),煤炭的占比反而较低。此外,传统生物质能源(主要指木炭等低质量高污染能源)约占中国最终能源消费量的4%,而印度传统生物质能源占比高达26.6%,是中国同一指标的6.6倍(均为2017年数据)。传统生物质能源不仅能效较低,而且会因不完全燃烧产生大量的CO等有害气体,严重危害生态环境和人体健康。正是由于印度对生物质能源的过度依赖,导致其家庭消费的清洁能源比例偏低,能源服务不足状况较为严重。

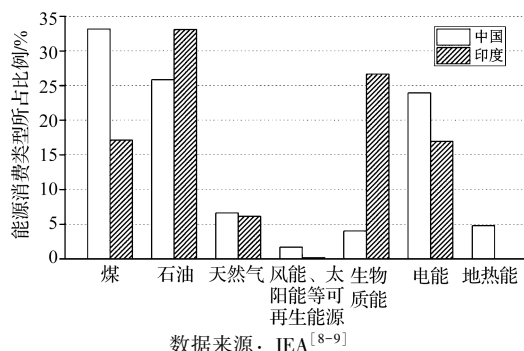


图1 2017年中国与印度终端能源消费结构

3.3 可负担性

3.3.1 能源价格

中国的EDI_AF为0.208,而印度的EDI_AF为0.494,表明印度居民对于能源的负担能力同样较差,尤其是能源价格持续增长对印度居民造成较大负担。

根据图2所示,从2010年到2014年,印度的六大能源类型均呈现价格上升的趋势,其中原煤价格上涨最快,上涨幅度达到了72.7%。木炭和其他燃料也以较快的趋势增长。价格上升最小的是液化石油气,但其上涨幅度也达到了34%。

相应地,图3反映了2005年到2011年中国主要能源类型的价格变化。其中电力价格呈现稳定下降趋势,2011年电价相较于2005年降低了39.7%。主要原因是我国政府对电价的宏观调控^[25]以及国家电网这一高效快捷的能源输送通道。同时,中国的煤炭价格始终保持在较低水平且变化稳定。值得注意的是,天然气价格在2009年前后存在较大波动。可能是因为中国出于物价水平的考虑,限制了天然气价格的市场化,导致天然气进口受到影响^[26],因供求关系变化导致天然气价格上升。

随着经济社会的发展和居民收入的增加,居民在满足自身生活需要的同时追求更高的生活质量,在能源消

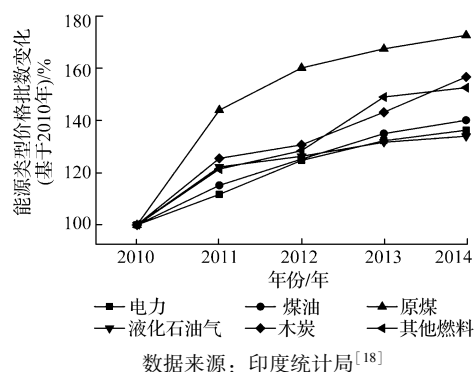
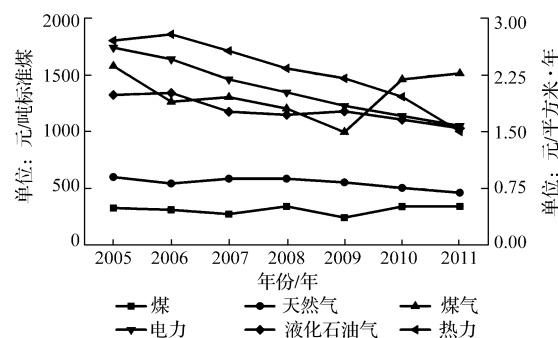


图2 2010—2014年印度主要能源类型价格指数变化



注:热力价格的单位为元/平方米·年,其余单位为元/吨标准煤

数据来源:中国能源统计年鉴^[19]、基于价格

因素的中国居民能源消费相关问题研究^[20]

图3 2005—2011年中国主要能源类型价格变化

费量逐渐增加的同时,越来越多的居民倾向于选择优质能源和清洁能源。由于中国能源价格稳定下降,为居民选择更优质的能源提供了经济保障。因此,中国能源消费总量中的电能占比从2005年的14.2%上涨到2015年的21.5%,而煤炭和传统生物质能源占比持续下降(见图4)。

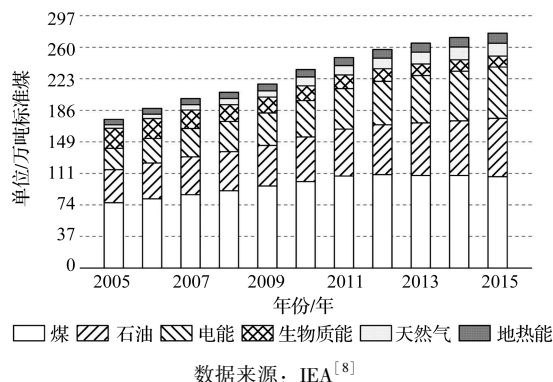


图4 2005—2015年中国能源消费总量及能源结构

2005—2015年印度的能源消费总量不断增长(图5)。其中,生物质能能源在能源消费总量中的占比由

2005 年的 42.6% 降低到 2015 年的 29.0%, 下降幅度较大但仍有进一步下降空间; 石油占比未发生较大变化; 而印度的电力占比从 11.8% 上涨到 16.0%。此外, 2018 年 4 月印度宣布境内所有地区实现电气化^[27]。

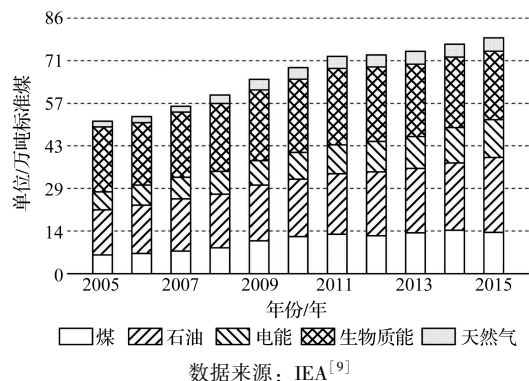


图5 2005—2015年印度能源消费总量及能源结构

3.3.2 收入

已有研究表明, 能源支出占人均净收入比例降低这一现象是居民对于能源的支付能力提高的表现。当居民对能源的支付能力较弱的时候, 伴随着收入的增长他们会倾向于加大能源投入以改善自身的能源使用状况; 当收入可以满足自身对于优质能源的需要时, 居民会把多余的收入投入到其他用途上, 造成能源消费占比逐渐降低的情况。

2005—2015年, 中国能源价格的降低在一定程度上促进了能源消费的增长, 但居民的收入增长幅度更大。因此在这十年间中国家庭对能源的支付能力是逐步增强的。印度在这一方面的情况与中国相似, 但不同的地方是印度的能源价格持续上涨, 且人均国民净收入也增长得更快。调查数据显示, 印度的人均国民净收入从2005年的868.6美元增长到2015年的1515.4美元, 增长幅度达到74.5%^[28], 印度以较快的发展速度抵消了能源价格上涨带来的负面影响。

居民自身的经济状况也是影响能源服务不足的重要因素。从两国贫困线以上的人口百分比来看, 2015年中国有95.94%的人口在国家贫困线以上, 而印度只有78.1%的人口在国家贫困线以上。在国家贫困线以下的人口更容易受到自身支付能力的制约, 较难获得优质的能源服务, 这部分人口是两国在解决能源服务不足问题时更加值得关注的群体。

3.3.3 能源效率

节能政策可以表征国家对能源使用和发展的重视程度。中国能效标识政策是国家重视能源利用效率的一个具体表现。能效标识表示产品能源效率等级等性能指标的一种信息标签, 可以为用户和消费者的购买决策提供必要的信息, 以引导和帮助消费者选择高能效节能产

品^[29], 在激励生产商生产高能效产品的同时也避免消费者因购买低能效产品而造成的能源浪费。在印度方面, 其总理纳伦德拉·莫迪在Petrotech-2016上的演讲中提到他对于印度能源发展的愿景和政府的能源政策^[24]。

在人均能源消费方面, 中国的人均能源消费量增长更快。如图6所示, 世界人均能源消费量从2005年的2656kWh增加到2014年的3132kWh, 增长了17.9%。中国的人均能源消费在这10年间实现了对世界平均水平的赶超, 从2005年的1782kWh增加到2014年的3927kWh, 增长了120.4%。印度的人均能源消费量虽然稳定增长, 从2005年的468kWh增加到2014年的805kWh, 增长了72%, 但相较于世界平均水平仍有较大的发展潜力。

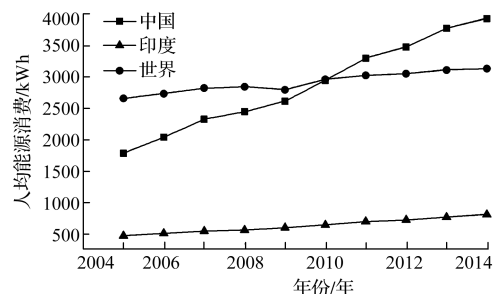


图6 2005—2014年中国与印度人均能源消费

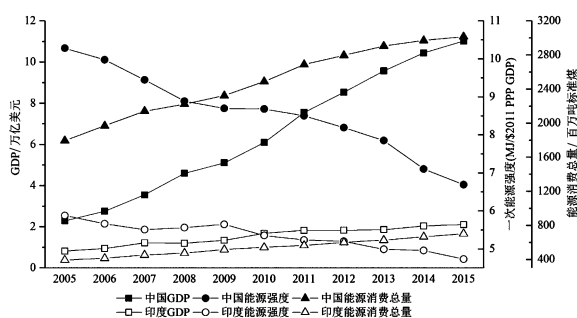
4 讨论

研究结果表明, 中国和印度均存在一定的能源服务不足状况。由EDI指标计算结果可以发现, 影响中国EDI计算结果的因素主要是清洁能源和优质能源的不足以及人均最终能耗的增长。而影响印度EDI计算结果的因素与中国相似, 此外还有能源价格的影响。以上因素中, 清洁能源和优质能源问题主要和能源转型有关; 而人均能耗和能源价格则受到技术水平、经济发展和政策的制约。经济基础决定上层建筑, 政策和技术同样会受到经济发展的影响。因此本节将从经济发展与能源消费相关关系及能源转型的视角, 针对中印两国的能源发展问题进行一些讨论。

4.1 经济水平与能源消费的相互关系

经济增长速度对单位GDP能耗降速有显著影响^[31]。本研究收集了2005年到2015年中国和印度的GDP、能源消费总量和能源强度等相关数据, 探讨中国和印度的能源消耗与经济水平之间的关系(图7)。

研究发现, 2005—2015年中国和印度的能源消费总量与其GDP均存在较好的正相关性。中国从2010年之后, 能源消费增速逐渐低于GDP增速, 表明能源消费和GDP增长呈现相对脱钩态势, 而印度的GDP和能源



数据来源: World Bank^[32-33]、

BP 世界能源统计年鉴 2016^[34]

图7 中国和印度能源消费总量及
能源强度与 GDP 的关系

消费增速一致且较为接近,未出现脱钩的迹象。

其次,中国和印度的一次能源强度与其 GDP 存在一定的负相关性。2005—2015 年期间印度的能源强度降低速度相较于中国更快。值得注意的是,虽然印度的经济水平落后于中国,但能源强度低于中国,这主要是由印度特殊的产业结构所导致的。印度的支柱产业主要是服务业、旅游业和农业,而第二产业所占比重仅为 26.5%,导致了印度较低的能源强度。

由于能源服务不足与国家的经济发展水平密切相关,经济增长可在一定程度上缓解能源服务不足。在解决能源服务不足问题时,经济的发展依然是重要前提。因此,如何实现高质量发展,实现经济和能源消费的脱钩,是印度能源发展面临的重要挑战。

4.2 能源转型

能源发展指数计算结果表明,中国和印度在能源服务不足产生的原因上存在一定的相似性,例如清洁能源和优质能源的不足。因此,中印两国都十分重视能源转型问题,并采取了一系列措施。两国在能源转型方面都提出了长期目标,如非化石能源消费占比的目标。不同的是中国已经对能源消费及碳排放达峰做出了承诺,而印度则主要针对能源强度提出了目标。例如,早在 2014 年 11 月,中国就承诺在 2030 年二氧化碳排放达到峰值,并且到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重提高到 20% 左右^[35]。而印度在 2016 年承诺在未来 15 年内将其单位 GDP 能耗在 2005 年的基础上降低 33%,并计划到 2030 年非化石燃料发电占总发电量的 40%^[24]。

相比于中国,印度拥有较少的传统化石能源储量以及丰富的矿产资源。但印度矿产能源污染严重、国内人口众多等问题给其能源供给造成了较大压力,因此印度高度重视新能源开发战略,采取了一系列措施加快调整能源结构。如积极发展太阳能光伏发电技术、进一步扩大风电装机容量、重视核聚变发电技术和氢能发电技术。截至 2019 年 11 月底,印度可再生能源发电能力已

达到 84GW^[36]。另一个差异是,印度较中国设有更多的能源管理部门,如 1982 年成立了非传统能源部,2006 年成立了新能源和可再生能源部等^[37],在一定程度上可供中国能源管理部门参考借鉴^[37]。

值得一提的是,两国在能源转型方面具有较大的合作空间。中国在可再生能源发展领域已取得明显成效,2018 年中国可再生能源发电装机达到 728GW,也是全球最大的可再生能源投资国。而印度仍有众多人口使用传统生物质能源,在绿色能源技术领域需求旺盛。因此,可以充分挖掘两国的合作潜力,探讨适宜的绿色合作路径。2016 年,《中国落实 2030 年可持续发展议程国别方案》发布,提出建立“绿色技术银行”^[38]。绿色技术银行汇聚了资源节约、能源利用、生命健康、环境友好等领域的先进绿色技术,并提供“绿色技术+金融+人才”的一体化解决方案,可为印度能源转型发展提供支持。总的来看,两国应结合各自特征和需求,携手解决能源问题,取长补短,互利共赢^[39]。

4.3 政策建议

中国和印度作为世界上的两大新兴经济体,进行能源转型不仅是两国实现可持续发展的必经之路,也是全球能源发展趋势的必然要求。中印两国正处于经济和社会发展的关键时期,处于能源转型的“十字路口”,如何把握好正确的发展方向是重中之重。就目前情况来看,两国在进行能源转型的同时应牢牢结合本国国情,不能仅关注能源转型本身而忽略客观经济规律。需要考虑何种能源转型方案在近期所带来的成本能够被经济系统消纳包容,从长远来看又能推动经济的可持续增长。

对中国而言,能源转型是实现绿色可持续发展的重要途径。但在能源转型时,不应一味追求经济效能,而要因地制宜,结合当地产业布局和能源市场进行适当调整,避免弃风、弃光等现象的发生。此外,也应避免另外一种极端情况,即过于追求能源转型目标而忽略了当地经济水平的制约。各地方政府应在绿色低碳发展的大背景下,把握好当地经济发展与能源转型的相互关系,寻找因地制宜的转型方案,既要使其初期成本能够被经济系统所接受,又要在长远发展上能推动经济高质量增长。此外,应注重利用科技创新推动清洁能源技术的开发,加快市场导向的绿色技术创新体系建设,大力发展绿色信贷、绿色保险、绿色债券等金融服务。

对印度而言,其能源服务不足状况可通过三种方式改善:增加居民收入、降低能源价格和提高能源效率。其中居民收入和能源价格在根本上都受到国家经济发展水平的制约,而经济水平的提升不能一蹴而就,因此最有效的方式是提高能源效率、优化能源结构和转变传统生物能源利用方式,进一步发展清洁能源和可再生能源。另外,印度应针对能源服务不足的家庭或群体制定专项计划,提供适当的财政补贴优惠政策;改善印度能

源系统中能源数据的可收集性、一致性、可用性和透明度。同时,印度应加大与发展中国家的能源转型国际合作,进一步加快可再生能源相关技术的引入消化和创新应用,可通过与中国绿色技术银行平台的合作,快速获取绿色低碳技术信息和资源,多方联动共同加速其能源格局的转变。

5 结 论

(1)能源转型是全球落实联合国 2030 可持续发展目标过程中的重要议题。利用能源发展指数(EDI)方法,从能源可获得性与可负担性两个维度衡量比较了中国和印度的能源发展利用情况。结果表明,2015 年中国 EDI 为 0.26,其中可获得性指数与可负担性指数均为 0.26;印度 EDI 为 0.478,其中可获得性指数为 0.412,可负担性指数为 0.544。结果表明,印度能源发展在总体上落后于中国,其主要差距表现在能源结构与能源价格两方面。

(2)从 2005 年到 2015 年中国和印度的能源消费结构来看,煤炭、石油、木炭等传统化石能源在能源消费总量中的占比逐步降低,电能、天然气等清洁能源占比逐步升高,反映了两国能源结构向清洁能源靠拢的趋势。但印度能源消费结构中的传统生物质能源占比较高,是中国同一指标的 6.6 倍(2017 年)。同时,印度能源价格 2010—2014 年期间增幅达 44.3%,年均增速达 9.6%;而 2005—2011 年中国能源平均价格下降了 21%。对中印两国来说,适宜的能源转型是提升其能源可持续供给能力和现代能源服务体系。

(3)中印两国正处于经济和社会发展的关键时期,在进行能源转型时均应牢牢结合本国国情,在关注能源转型的同时考虑其社会经济成本和其他代价。其中,中国应注重利用科技创新推动清洁能源技术的开发和转移转化,加快市场导向的绿色技术创新体系建设,大力发展绿色信贷、绿色保险、绿色债券等金融服务。对于印度来说,应加快优化能源结构,转变传统生物能源利用方式,进一步发展清洁能源和可再生能源;同时开展能源转型国际合作,引入新兴绿色能源技术,实现合作共赢。

参考文献:

- [1] GOLDEMBERG J. World Energy Assessment: Energy and the challenge of sustainability [M]. United Nations Development Programme New York, 2000: 12-13.
- [2] IEA, UNDP. Energy Poverty. How to Make Modern Energy Access Universal [J]. IEA, Paris Environmental Agenda. 2010.
- [3] 李康,王科,王亚璇. 中国区域能源贫困综合评价 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版). 2014(2): 1-12.
- [4] 廖华,唐鑫,魏一鸣. 能源贫困研究现状与展望 [J]. 中国软科学. 2015(8): 58-71.
- [5] Real-world policy packages for sustainable energy transitions [R/OL]. IEA, 2017 [2020-01-13]. <https://webstore.iea.org/download/direct/1027>.
- [6] Industry (including construction), value added (% of GDP) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2017 [2020-01-13]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS?locations=CN-IN&name_desc=false&view=chart.
- [7] Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2017 [2020-01-13]. https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=CN-IN&name_desc=false.
- [8] Total final consumption (TFC) by source, China [DB/OL]. IEA (International Energy Agency), 1990-2017 [2020-01-13]. [https://www.iea.org/data-and-statistics?country=CHINA&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20\(TFC\)%20by%20source](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=CHINA&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20(TFC)%20by%20source).
- [9] Total final consumption (TFC) by source, India [DB/OL]. IEA (International Energy Agency), 1990-2017 [https://www.iea.org/data-and-statistics?country=INDIA&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20(TFC)%20by%20source].
- [10] González-Eguino M. Energy poverty: An overview [J]. Renewable and sustainable energy reviews. 2015: 377-385.
- [11] Boardman B. Fuel poverty: from cold homes to affordable warmth [M]. Pinter Pub Limited, 1991.
- [12] Nussbaumer P, Nerini F, Onyeji I et al. Global insights based on the multidimensional energy poverty index (MEDI) [J]. Sustainability. 2013, (5): 2060-2076.
- [13] Bonatz N, Guo R, Wu W et al. A comparative study of the interlinkages between energy poverty and low carbon development in China and Germany by developing an energy poverty index [J]. Energy and Buildings. 2019: 817-831.
- [14] Rademakers K, Yearwood J, Ferreira A et al. Selecting indicators to measure energy poverty [J]. Trinomics: Rotterdam, The Netherlands. 2016: 3.
- [15] Access to electricity (% of population) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2015 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=CN-IN&view=chart>.
- [16] Average number of reported power cuts [DB/OL]. Bloomberg New Energy Finance, 2016 [2020-01-13]. http://www.sohu.com/a/163120032_99896959.
- [17] Access to clean fuels and technologies for cooking (% of population) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2015 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.CFT.ACCS.ZS?locations=CN-IN>.
- [18] CPI Division C C, M/o Statistics & Programme Implementation, All India Item Index (Base: 2010) [DB/OL]. (2020-01-13). http://164.100.34.62:8080/AllIndia_Item_CombinedIndex_2010.aspx.
- [19] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴 [M]. 中国统计出版社: 2006-2016.
- [20] 刘增明. 基于价格因素的中国居民能源消费相关问题研究 [D]. 天津: 天津大学, 2015: 30.
- [21] Electric power consumption (kWh per capita) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2005-2014 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?locations=CN-IN&view=chart>.
- [22] Adjusted net national income per capita (current US \$) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2005-2014 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.ADJ.NNTY.PC.CD?locations=CN-IN&view=chart>.
- [23] Poverty headcount ratio at national poverty lines (% of population) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2015 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.NAHC?locations=CN-IN&view=chart>.
- [24] Full text of Prime Minister Modi's energetic speech at Petrotech-2016 [N/OL]. energy.economictimes.indiatimes; 2016 [2020-01-13]. <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/oil-and-gas/full-text-of-prime-minister-modis-energetic-speech-at-petrotech-2016/55806415>.
- [25] 王乾坤, 胡兆意, 李琼慧. 中国与世界主要国家电价比较分析 [J]. 电力技术经济, 2009(6): 27-30, 42.
- [26] 张清立. 美日能源税制与相关产业发展研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2014: 170.
- [27] Sharma S V, Han P, Sharma V K. Socio-economic determinants of energy poverty amongst Indian households: A case study of Mumbai [J]. Energy Policy. 2019: 1184-1190.
- [28] Adjusted net national income per capita (constant 2010 US \$) - India [DB/OL]. World Bank, 2015 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.ADJ.NNTY.PC.KD?locations=IN&view=chart>.
- [29] 罗健夫. 有关我国能耗产品的能源效率标识制度及办理办法 [J]. 中国防伪报道. 2005(10): 23-28.
- [30] Electric power consumption (kWh per capita) [DB/OL]. World Bank, 2005-2014 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?view=chart>.
- [31] 廖华, 魏一鸣. 世界能源消费的差异性不平衡性及其变化研究 [J]. 中国软科学. 2010(10): 6-14.
- [32] GDP (current US \$) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2015 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/cn/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=CN>.

- locations=CN-IN&view=chart.
- [33] Energy intensity level of primary energy (MJ/\$ 2011 PPP GDP) - China, India [DB/OL]. World Bank, 2015 [2020-01-13]. <https://data.worldbank.org/indicator/EG. EGY. PRIM. PP. KD? locations=CN-IN&view=chart>.
- [34] BP 世界能源统计年鉴 [EB/OL]. BP 中国, 2016 [2020-01-13]. <https://www.bp.com/content/dam/bp/country-sites/zh-cn/china/home/reports/statistical-review-of-world-energy/2016/2016-bp-stats-review-cn.pdf>.
- [35] 中美气候变化联合声明 [J]. 北京周报: 英文版. 2013(21).
- [36] International Energy Agency. India 2020 Energy Policy Review [R]. 2020: 13, 120, 305.
- [37] 刘社欣, 亢升, 李艳平. 印度新能源开发策略及对中国的启示 [J]. 宏观经济研究, 2015(2): 148-159.
- [38] 赵建文. Following the Charter of the United Nations: The Basic Guarantee for the Realization of the Right to Development: From the Perspective of Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development [J]. The Journal of Human Rights. 2016(5): 7.
- [39] 刘小雪. 拓宽能源合作领域, 深化中印能源合作 [J]. 中国能源, 2015(4): 5-8, 18.
- [40] 马丽梅, 史丹, 裴庆冰. 中国能源低碳转型(2015—2050): 可再生能源发展与可行路径 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018(2): 8-18.

A comparative study of energy development between China and India in the context of sustainable development

GUO Ru^{1,2}, SHAO Guanghui¹, WU Wenhao¹, CAO Xiaojing¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Shanghai Institute of Pollution Control and Ecological Security, Shanghai 200092, China)

Abstract: Energy transformation is one of the important issues in the global implementation of the UN 2030 Sustainable Development Goals, especially in developing countries. As the two largest developing countries in the world, China and India are facing with similar challenges in energy transformation. This paper compares the energy development and utilization in China and India through the energy development index (EDI) method, which can provide a reference for developing countries to reduce energy poverty and realize energy transformation. The two dimensions are estimated, including energy availability and energy affordability. The results show that India's energy development lags behind China in general, and the main gap lies in energy price and energy structure. Among them, India's energy price has increased in 2010—2014 with an annual growth rate of 9.6%, while China's average energy price has decreased to a relatively stable level (Except the price of coal gas). In addition, traditional biomass energy accounts for a relatively high proportion in India's energy consumption structure in 2017, which is 6.6 times of the same indicator in China in the same year. It is found that the transformation from traditional energy to renewable energy is an important way to improve the sustainable energy supply capacity and modern energy service system both in China and India. At the same time, China and India can promote energy transformation through green technology cooperation and work together to achieve the global low-carbon sustainable development goal.

Keywords: energy poverty; indicator system; sustainable development; energy utilization; energy transformation

(上接第 66 页)

期数	题目	作者
2018 年第 15 期 (总第 286 期)	《世界环境公约》: 进展、影响与对策	赵子君, 俞海, 林昀, 刘越
2018 年第 16 期 (总第 287 期)	关于“生态环保工作是业务性很强的政治工作”的思考与建议	原庆丹
2018 年第 17 期 (总第 288 期)	如何让环境信息公开有效约束三维集团违法排污行为——政策助力污染防治攻坚战系列研究之一	郭红燕, 刘卓男, 李晓
2018 年第 18 期 (总第 289 期)	各省财政在污染防治方面的真金白银投入情况如何? ——政策助力污染防治攻坚战系列研究之二	张晨阳, 刘智超, 杨姝影, 王宇, 孙勇, 文秋霞
2018 年第 19 期 (总第 290 期)	2018 年上半年环境经济形势分析及下半年研判	王勇, 俞海, 王宇
2018 年第 20 期 (总第 291 期)	长江经济带农业农村污染治理中的关键问题及建议	殷培红, 耿润哲
2018 年第 21 期 (总第 292 期)	污染防治攻坚战环境政策需求调查报告——政策助力污染防治攻坚战系列研究之三	郭红燕, 刘卓男, 李晓
2018 年第 22 期 (总第 293 期)	20 年间各省(自治区、直辖市)环保厅(局)主要领导任职情况对比分析——政策助力污染防治攻坚战系列研究之四	和夏冰, 殷培红, 张昱恒
2018 年第 23 期 (总第 294 期)	火电造纸企业排污行为信息公开的合规性和实质性定量评价案例研究——政策助力污染防治攻坚战系列研究之五	郭红燕, 刘卓男, 李晓
2018 年第 24 期 (总第 295 期)	加严环境管理对大小企业长短期影响各异, 严防一刀切	刘智超, 杨姝影, 黄德生, 文秋霞, 张晨阳

(下转第 85 页)