

迈向“双碳”研究系列报告

《“一带一路”资源国能源系统可持续发展指数及评价》

(I系列-2024I02)

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心
中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

2025年11月20日



中国油气产业发展研究中心

Research Center for China's Oil and Gas Industry Development

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心成立于 2010 年，并挂靠在经济管理学院。中心定位为“国际知名、国内一流的油气产业发展研究基地”，围绕五大研究方向和五大应用领域，重点承担和开展一批基础理论与实践应用研究课题。自成立以来，中心学术影响力和社会影响力在不断提升，已经累计承担课题 100 多项，其中国家社科基金重大项目 1 项、教育部人文社科基金重大项目 1 项、国家自然科学基金/社会科学基金项目 9 项、国际合作基金 2 项、国家部委项目 31 项、企业项目 75 项；出版了学术专著 19 部、教材 4 部。近 5 年，中心发表学术论文 100 多篇，多数被 SCI/SSCI/CSSCI/CSCD 收录；获得国家能源局、商务部、中国石油和化学工业联合会等省部级科技奖励 16 项。目前中心有研究人员 12 名，其中教授 5 名，博士生导师 5 人。



中石大碳能院
ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院（简称“中石大碳能院”）是在国家碳达峰和碳中和目标（简称“双碳”目标）下，中国石油大学（北京）主动服务国家需求，积极响应国家建设高校特色智库的要求，结合学校自身优势，于 2021 年 9 月成立的智库性质的研究机构，也是支持中国石油大学（北京）“一带一路”能源合作伙伴关系合作网络高校（青年）工作组组长单位业务开展的主要研究机构。中石大碳能院为应对气候变化和“双碳”目标下的国际、国家、行业、企业在能源与油气领域的发展提供第三方分析、评价与政策建议。通过每年向社会公众发布指数类、研究类、专题类系列报告，并向国家决策部门和行业决策者提供政策建议，定期举办相关特色论坛等，逐步打造“立足中国、面向世界”、“聚焦油气、辐射能源”的特色鲜明的能源类高校“双碳”政策类研究智库。

“一带一路”资源国能源系统可持续发展指数 及评价

核心摘要

能源系统的可持续发展是全球可持续发展的基础。在全球能源格局持续演变与“一带一路”倡议持续推进的背景下，拥有丰富能源资源的沿线资源国在能源领域的可持续发展问题日益突出。报告基于世界银行和国际能源署的公开数据库，在能源系统供应可持续性、能源系统消费可持续性和能源系统环境可持续性三个维度上构建能源系统可持续发展指数，系统评价了2011-2021年“一带一路”资源国能源系统可持续发展水平。结果显示，“一带一路”资源国能源系统可持续发展指数受到能源结构单一、基础设施建设不完善和转型能力薄弱等情况影响导致整体较低，并存在因为各国可再生能源储产比不同等原因而导致的差异。报告提出增加可再生能源占比、加快清洁能源设施建设、建立能源可持续发展监控体系等政策建议。

1. 研究背景与目的

“一带一路”是可持续发展之路，能源合作则是“一带一路”沿线国家合作的重点。在全球能源转型与应对气候变化的大背景下，以化石能源为主的能源利用模式引发供需失衡、温室效应、地缘冲突等多重危机，建立可持续的能源系统成为全球发展的必然趋势。“一带一路”倡议作为中国对外开放的重要战略，沿线资源国之间的能源合作虽然已经取得了一些进展，但是能源系统的可持续发展问题也在日益凸显。评估资源国能源可持续发展水平，对于深化国际能源合作、应对气候挑战、构建绿色丝绸之路意义重大。

能源系统可持续发展涵盖多方面内容。能源供应要具备稳定性、清洁性、效率性和经济性；能源消费注重终端使用效率与公平性；能源活动需将对空气、水、土壤等的污染降至最低；同时，政府和市场要在能源政策制定、引导公众态度方面发挥有效管理作用。

在全球能源格局加速转型的背景下，“一带一路”沿线资源国面临传统能源依赖与低碳转型之间的突出矛盾。以西亚地区为例，化石能源在发电结构中仍占据绝对主导地位，科威特占比高达 99.80%，也门也达到 80.27%，这种深度的结构性依赖不仅制约了能源系统的低碳转型进程，也使各国面临碳排放控制与能源安全保障的双重压力。

同时，区域不均衡性与共性挑战交织。东南亚地区凭借水能、太阳能、地热能等资源禀赋，成为可再生能源开发的热点区域。例如，文莱、马来西亚、菲律宾大力推动光伏发电，越南聚焦风电布

局，带动区域内可再生能源装机容量持续增长。新加坡可再生能源电力装机占比从2015年的1.6%跃升至2024年的11.2%，增幅显著。然而，东南亚整体可再生能源装机容量仍然偏低，只有越南（57.9%）、缅甸（49.3%）超过亚洲47.5%的平均水平。西亚地区长期依赖化石能源，虽可再生能源开发起步较晚且面临高碳排放压力，但自2010年起成为全球增速最快的市场之一，需求年均增长近30%。南亚地区潜力巨大但挑战突出：印度2025年1月可再生能源产值同比激增25.1%，却受政策执行低效制约；巴基斯坦则面临投资成本高企与公众认知不足的瓶颈。中亚与独联体国家能效有所提升，但基础设施老化严重掣肘转型进程。中国通过政策驱动实现跨越式发展，光伏、风电装机规模全球领先，清洁能源设备产能占全球70%的光伏组件和60%的风电装备，光伏组件产量连续16年居世界首位。此外，能源公平性缺失与生态压力加剧是普遍性挑战。缅甸通电率仅73.7%，远低于区域平均水平；同时，多数国家温室气体排放攀升，中亚、西亚的甲烷泄漏问题尤为严峻，威胁生态安全。

“一带一路”沿线资源国在能源系统可持续发展方面面临诸多严峻挑战，主要集中在能源结构失衡、技术与基础设施短板以及资金与市场机制缺陷三大核心问题上。首先，能源结构失衡问题突出，绝大多数国家高度依赖传统化石能源。与此同时，清洁能源政策的执行效果存在显著差异，科威特、阿联酋和沙特等国实现了清洁燃料全民覆盖，但也门的覆盖率仅为48.3%，区域公平性严重缺失。其次，技术与基础设施短板严重制约了能源效率的提升，中亚和南

亚地区电网老化，输电损耗过高，中亚平均输配电损耗率接近 10%，而南亚形势更为严峻，印度和巴基斯坦的输配电损耗率分别高达 15.41%和 14.83%，远超全球平均水平。此外，技术滞后和资金短缺进一步限制了清洁能源的开发，尤其是分布式能源并网能力不足。最后，资金与市场机制存在明显缺陷，能源投资过度依赖国有资本，私营部门参与度低，以中国为例，国有资本在“一带一路”能源项目中占据主导地位，民间资本活力未能充分释放。同时，区域性碳市场建设滞后，截至 2023 年 10 月，仅有俄罗斯、印尼、新加坡等少数国家启动或筹备碳排放交易体系（ETS），多数国家缺乏 MRV（监测-报告-核查）机制，难以形成有效的减排激励。这些问题相互交织，严重阻碍了“一带一路”沿线资源国能源系统的可持续转型。

本研究基于世界银行和国际能源署的数据，从能源系统供应、消费和环境可持续性三个维度选取相关指标，构建“一带一路”资源国能源系统可持续发展评价指标体系，并运用科学方法计算出各国的能源系统可持续发展指数，分析了 2011-2025 年 25 个“一带一路”资源国的能源系统可持续发展水平，为破解“一带一路”资源国面临的能源结构性依赖、基础设施短板和区域发展失衡等关键问题提供了决策依据。通过建立多维度的能源系统可持续性评价指数，能够诊断各国能源系统的问题所在；基于对电网老化、能源效率等基础设施短板的实证分析，为开展电网升级、清洁能源开发等合作项目提供了实施依据；针对区域发展不均衡、市场机制不完善等共性问题，研究提出的技术共享、设施共建、市场互联等区域协同机

制，将为推进“一带一路”能源合作高质量发展提供制度保障。

2. 主要研究思路

2.1 能源系统可持续发展指数评价综合指标

王璐（2018）基于可持续发展理论，区域经济学和多属性决策理论，构建了能源系统可持续性综合评价指标体系，从供应、消费、环境和管理四个维度，对能源系统的可持续性进行全面评估。孙天晴（2010）等基于层次分析法（AHP）和模糊综合评价模型（PCE），建立了城市能源系统可持续性综合评价指标体系，从供应、效率和环境三个维度选取关键评价指标，旨在全面量化城市能源系统的可持续性状况。白如月（2022）等基于熵权 TOPSIS 法与耦合协调度模型，从能源系统可持续性这一维度出发，选取能源资源生产率、脱碳效率、排放与污染等核心评价指标，对我国能源系统可持续性进行了全面评估。

能源系统的可持续发展能力，从根本上取决于资源条件、技术条件、社会经济与政策环境的协同作用等相关要素。各要素既能够独立影响能源系统的结构转型，又能通过动态交互作用从而影响其发展路径的出现。丰富的可再生能源资源可能会因为电网基础设施滞后而难以高效开发，经济快速增长也有可能造成能源消费结构失衡而加剧环境的压力。因此为了全面解析各要素的复合影响，本文借鉴朱棋（2022）构建的能源系统可持续性评价指标体系，在能源的供应、消费和环境三个维度上构建了“一带一路”资源国能源系统可持续发展指数评价框架，涵盖了能源供应的可持续性，能源消

费的可持续性以及能源环境的可持续性，指标选择如表 1 所示。

表 1 “一带一路”资源国能源系统可持续发展指数评价框架

目标层	准则层	要素层
能源系统 可持续性	供应可持续性	可再生能源消耗量（占最终能源消耗总量的百分比）
	消费可持续性	获得电力的总人口占比（%） 一次能源的能源强度水平（MJ/2040 美元 PPP GDP）
	环境可持续性	二氧化碳排放量 能源产生的甲烷（CH ₄ ）排放（Mt）

（1）能源供应可持续性

可再生能源消耗量（占最终能源消耗总量的百分比）——指通过可再生能源来源（如太阳能、风能和核能等）生产的能源的消费量，用于衡量清洁能源的使用情况。可再生能源消耗量越大，意味着国家和地区清洁能源政策落实情况越好，经济活动使用清洁能源越多，有利于能源系统的可持续发展，为正向指标。

（2）能源消费可持续性

一次能源的能源强度水平——指单位 GDP 所需的一次能源消耗量，用于衡量一个国家或地区一次能源的使用效率。一次能源的能源强度水平越高，意味着经济活动对能源的依赖程度越高，能源系统转型受到的限制越多，不利于能源系统的可持续发展，为负向指标。

获得电力的总人口占比-指一个国家使用电力的人口百分比，用于衡量能源系统消费公平情况。当占比越高时，一个国家的电力资

源会得到更公平的分布，更多人享受到电力带来的便利和福祉的同时，减少了因能源短缺或价格高昂而导致的社会不公现象，有利于能源系统的可持续发展，为正向指标。

（3）能源环境可持续性

二氧化碳排放量是度量碳排放的指标，用于衡量能源系统的构成和使用效率。能源系统是二氧化碳排放的主要来源，能源转型是二氧化碳减少排放的关键。当二氧化碳的排放量越多时，说明能源系统面临的碳减排压力越大，环境的承载力降低，不利于能源系统的可持续发展，为负向指标。

能源部门的甲烷排放量——指一定时期内，能源部门的经济活动带来的甲烷排放量，用于衡量能源系统发展造成的气候威胁。能源部门的甲烷排放量越高，不利于能源系统的可持续发展，为负向指标。

2.2 资源国选取

在“一带一路”能源系统可持续性的研究中，资源国的选取综合多方面因素确定。从能源资源禀赋出发，选取涵盖以下三类国家：传统能源富集型（如沙特阿拉伯、伊朗）、可再生能源潜力型（如越南、马来西亚），以及能源出口依赖型（如哈萨克斯坦、阿联酋）。在能源系统关键性方面，选取了跨国能源枢纽国家（如巴基斯坦）和能源转型示范国家（如中国、印度）。此外，将积极参与“一带一路”能源合作的国家作为重要标准，包括签署合作协议、被纳入重点规划或推进重大项目的国家。

基于上述标准，本研究选取分布于东南亚、西亚、南亚、中亚等区域的 25 个沿线国家。这些国家在能源资源禀赋、系统关键性及合作参与度上特点鲜明，能够全面反映“一带一路”资源国能源系统可持续发展的区域差异与共性挑战，为研究提供具有代表性的样本支撑。详见表 2。

本研究根据对这 25 个国家的数据收集，分别从经济、社会和环境三个维度分析“一带一路”资源国能源系统在 2011-2021 年是否具有可持续性。

表 2 “一带一路”资源国选取

区域	包含国家
东南亚	马来西亚、印度尼西亚、菲律宾、泰国、越南、新加坡、缅甸、文莱
西亚	伊朗、伊拉克、沙特阿拉伯、阿曼、阿拉伯联合酋长国、科威特、巴林、也门
南亚	印度
中亚	土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦
独联体	俄罗斯、阿塞拜疆
中东欧	阿尔巴尼亚
东亚	蒙古、中国

2.3 研究方法

本文采用熵权法对各国能源系统可持续发展指数进行评价，得出各指标的权重后，计算得各国能源系统发展可持续性的综合得分。具体计算步骤如下：

- ①首先对数据进行标准化处理，将数据转化为无量纲、可比较

的形式，正向指标计算公式为： $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$ ，负向指标计算公式为： $x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$ 。②计算各个指标的信息熵，计算公式为 $e_j = -k \sum_{i=0}^n p_{ij} \ln(p_{ij})$ ，其中 $p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}}$ ， $k = \frac{1}{\ln(n)}$ ， n 为样本数量。③根据信息熵计算每个指标的权重 w_j ，计算公式为 $w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}}$ 。④计算综合得分，计算公式为 $s_j = \sum w_j \times x'_{ij}$ 。

3. 主要研究结果

3.1 能源系统供应可持续性分析

可再生能源包括太阳能、风能和地热能等，使用过程中几乎不产生污染物，有利于减少温室气体排放。同时一定程度上替代了化石能源在部分领域的应用，并且由于可再生性，能够为人类社会提供永久保障。因此可再生能源消耗量是衡量一国国家能源系统供应清洁性、供应多样性和供应稳定性的重要指标，对所选资源国的2011年和2021年的可再生能源消耗占能源消费的比例进行分析，如图1所示。

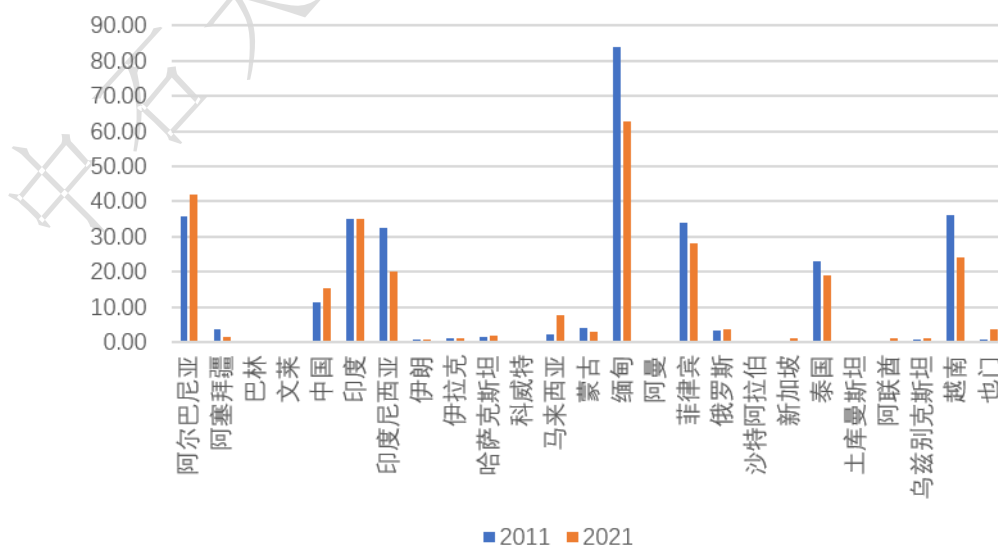


图1 “一带一路”资源国可再生能源消耗量情况分析图

根据图 1 可得，不同国家之间可再生能源消耗量差距很大。大部分国家可再生能源消耗量占比很小，但存在少数国家占比很高，诸如马来西亚、印度尼西亚、阿尔巴尼亚、泰国和菲律宾等，其中马来西亚在 2011 年高达 80% 以上。可再生能源消耗量占比较高的国家大多为东南亚国家，说明这些国家在能源供应上清洁性和多样性更好，拥有更加稳定的能源供应系统。

但是纵观所有国家在 2011 年和 2021 年的可再生能源消耗量，发现大部分国家十年间并没有很显著的进步，曾经表现良好的国家还出现了下降的情况，如马来西亚从 80% 多下降到了接近 60% 的状况，这说明这说明各国在可再生能源开发上进展较慢，甚至出现停滞，仍然有很大的进步空间，需要加快清洁能源技术和先进经验在“一带一路”沿线各国的推广。而中国的可再生资源消耗占比则有了较为显著的进步，从 11.3% 增长到了 15.2%，说明我国近十年来在清洁能源开发上取得了重要成就，前景广阔。

3.2 能源系统消费可持续性分析

3.2.1 获得电力人口占比情况分析

电力供应是指通过输电、供电等系统向居民提供连续可靠的电能，关系到经济、社会和环境等多个方面。获得电力人口在总人口的占比用于衡量能源服务对社会福利的影响，体现所有人是否能够在社会中平等获得相应的资源，直接体现了国家能源系统的消费公平性和消费可获得性。因此对 2011 年和 2021 年里的获电人口占比进行分析，如图 2 所示。

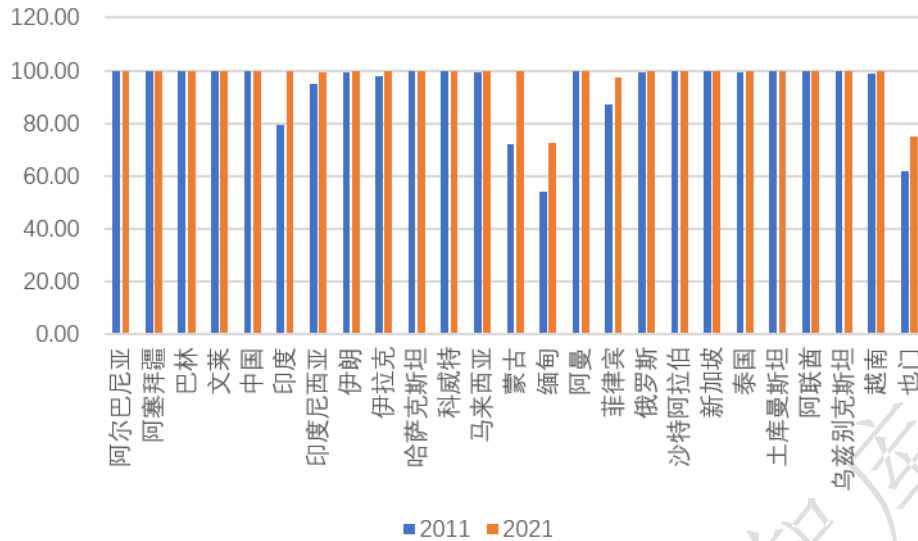


图 2 “一带一路”资源国获得电力人口占比分析图

由图 2 可知，大部分国家获得人口占比到达了 100%，这说明各国能源系统的消费公平优秀。同时未达到 100%的相关资源国在 2011-2023 年里均实现了不同程度的增长，其中蒙古从 72.1%达到了 100%，印度从 79.5%达到了 99.6%，也门从 62%达到了 74.9%，都得到了超过 10%的增长，说明了用电在“一带一路”沿线地区得到进一步普及，消费公平性和消费可获得性提高，促进了各国能源系统可持续性发展。

3.2.2 一次能源的能源强度情况分析

一次能源强度衡量单位 GDP 产出所需要的能源消耗量，通过衡量能源的生产效率和利用模式来判断能源的使用情况，是能源系统消费可持续性的主要体现。对所选资源国的 2011 年和 2021 年的一次能源的能源强度进行分析，如图 3 所示。

总体来看，2011 年至 2021 年间，大部分国家的一次能源强度呈现不同程度的下降趋势。其中乌兹别克斯坦降幅最大，从 12.79 下降

到了 7.55，哈萨克斯坦和中国紧随其后。这主要得益于各国生产效率的提升、第三产业的发展 and 清洁能源的利用程度提高。而出现上升的国家变化幅度相对较小，如俄罗斯从 8.37 上升到了 8.46，上涨幅度仅有 0.09。只有伊朗出现了较为明显的涨幅，从 7.47 上升到 9.32，这与伊朗的经济发展和资源进一步开发相关。整体而言，“一带一路”沿线各国的能源利用效率得到提高，能源消费强度降低，有利于能源系统消费可持续性。

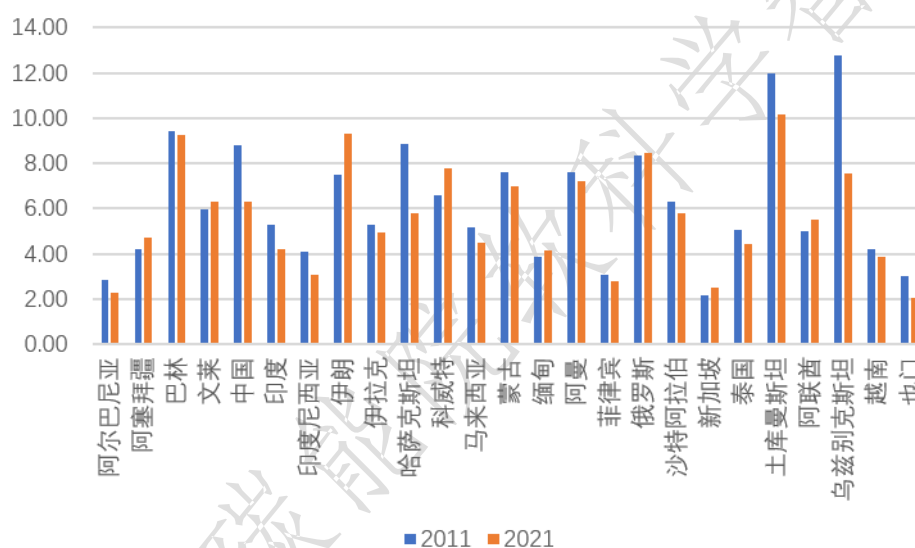


图3 “一带一路”资源国一次能源强度水平分析图

3.3 能源系统环境可持续性分析

二氧化碳和甲烷排放量的增长通常与能源系统的使用方式和效率有关，在空气污染和气候变化方面衡量着能源系统的环境可持续性。较高的排放量可能意味着能源系统存在较大的环境负担，而减少这些气体的排放是能源系统可持续发展的重要方面。由于各国经济体量、人口数量和区域面积差距较大，温室气体排放量难以进行国与国之间对比分析。但对比各国 2011、2016、2021 年的数据可得，

如表 3 所示，各国的二氧化碳排放量和能源系统排放的甲烷排放量实现了不同程度的增长。这说明各国仍然于化石燃料等高碳能源，在能源使用的清洁性上仍有发展空间。温室气体排放的增加，也表现了各国的减排压力大，能源系统的环境可持续性面临着严峻挑战。

表 3 “一带一路”沿线资源国温室气体排放情况表

国家	二氧化碳排放量			能源部门的甲烷排放量		
	2011	2016	2021	2011	2016	2021
阿尔巴尼亚	4.96	4.53	4.36	0.13	0.18	0.24
阿塞拜疆	27.81	32.82	37.19	9.62	10.22	14.90
巴林	28.98	33.44	37.82	20.96	27.19	28.23
文莱	7.50	7.05	9.81	6.71	5.45	4.96
中华人民共和国	9975.93	10786.10	12717.66	758.14	695.95	831.36
印度	1851.25	2303.74	2528.13	103.75	78.97	88.71
印度尼西亚	496.33	506.26	611.82	161.00	175.63	218.85
伊朗	584.09	641.46	677.82	149.83	179.02	165.27
伊拉克	115.46	147.89	179.93	83.79	140.19	129.80
哈萨克斯坦	258.33	211.53	235.22	39.96	35.67	34.11
科威特	89.59	96.92	102.89	26.14	29.04	26.72
马来西亚	213.66	242.75	260.59	35.11	38.21	37.14
蒙古国	16.09	18.54	22.16	13.54	14.17	13.00
缅甸	9.17	22.97	37.12	5.42	7.77	7.10
阿曼	59.65	81.63	88.96	28.16	32.10	34.31
菲律宾	85.15	122.21	146.14	9.01	11.37	13.45
俄罗斯	1806.46	1700.37	1932.70	266.17	291.23	335.56
沙特阿拉伯	508.76	609.00	590.58	79.14	91.26	87.31
新加坡	51.34	52.98	55.07	0.50	0.47	0.40
泰国	246.07	275.38	276.29	25.95	24.03	16.18
土库曼斯坦	66.51	66.61	68.63	33.90	40.01	41.99

阿拉伯联合酋长国	177.17	213.21	214.45	36.49	43.73	39.68
乌兹别克斯坦	133.88	110.95	127.71	36.91	32.91	34.24
越南	157.07	223.98	337.69	29.37	25.67	29.29
也门	22.98	10.63	12.29	12.49	1.20	3.31

3.4 综合评分分析

“一带一路”资源国的能源系统可持续发展指数是基于 2011 年至 2021 年间可获取的有效数据，通过熵权法计算得出。综合估计值越接近 1，该国家的能源系统可持续性越好；越接近 0，该国家的能源系统可持续性越差。详见表 4。

表 4 “一带一路”沿线资源国能源系统可持续发展指数

国家	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
阿尔巴尼亚	0.50	0.54	0.56	0.53	0.53	0.54	0.51	0.52	0.55	0.59	0.57
阿塞拜疆	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14
巴林	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10
文莱	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
中国	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22
印度	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.49	0.48
印度尼西亚	0.45	0.43	0.44	0.42	0.40	0.41	0.38	0.35	0.32	0.35	0.33
伊朗	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
伊拉克	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13
哈萨克斯坦	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14
科威特	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
马来西亚	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	0.20	0.20
蒙古	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.13	0.14	0.14	0.15	0.14
缅甸	0.96	0.90	0.87	0.83	0.82	0.80	0.72	0.71	0.71	0.72	0.75
阿曼	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11
菲律宾	0.47	0.47	0.46	0.46	0.44	0.42	0.41	0.41	0.41	0.43	0.42

俄罗斯	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
沙特阿拉伯	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12
新加坡	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15
泰国	0.36	0.36	0.36	0.37	0.35	0.35	0.35	0.37	0.37	0.34	0.32	
土库曼斯坦	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
阿联酋	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	
乌兹别克斯坦	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
越南	0.50	0.51	0.51	0.50	0.41	0.40	0.42	0.38	0.34	0.32	0.38	
也门	0.11	0.11	0.12	0.11	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.16	

本研究基于分位数调整法，通过对所有年份综合评分的平均值进行排序与区间划分，将能源系统可持续性综合指数划分为五个等级：前 20%为“能源系统可持续性好”（0.75-1），20%-50%为“能源系统可持续性良好”（0.5-0.75），50%-75%为“能源系统可持续性一般”（0.3-0.5），75%-90%为“能源系统可持续性较差”（0.15-0.3），后 10%为“能源系统可持续性极差”（0-0.15）。分类阈值结合数据分布特征与政策目标对标，具体结果如表 5 所示。

表 5 能源系统可持续发展指数分类图

分类	数值	国家
可持续性优秀	0.75-1	缅甸
可持续性良好	0.5-0.75	阿尔巴尼亚
可持续性一般	0.3-0.5	泰国、印度尼西亚、印度、菲律宾、越南
可持续性较差	0.15-0.3	中国、马来西亚
可持续性极差	0-0.15	蒙古、阿塞拜疆、土库曼斯坦、文莱、伊朗、新加坡、伊拉克、哈萨克斯坦、科威特、阿

曼、俄罗斯、沙特阿拉伯、阿联酋、也门、巴林、乌兹别克斯坦

3.4.1 整体可持续发展水平偏低，转型进程普遍迟滞

总体而言，一带一路主要沿线资源国能源系统可持续发展指数整体较低。

根据表 4 可得，多数国家的能源系统可持续发展指数在这十年间保持相对稳定，仅少数几个国家出现了显著的下降趋势。

缅甸是一个显著特例，从 2011 年的 0.98 一直跌落到 2021 年的 0.75，在此期间甚至跌落到了 0.71。缅甸拥有丰富的天然气和石油资源，以及拥有丰富的水能、太阳能等可清洁能源。但近年来缅甸内部政治斗争频发，经济停滞，对于清洁能源的开发相对落后于其他国家。并且面对相对较快的人口增长率，缅甸的能源供应基础设施并没有得到很大进步，通电率不到 50%。自 2015 年，缅甸就长期处于电力供不应求的状态，意味着缅甸目前的能源供应系统比较落后，这对缅甸的能源系统可持续发展造成很大负面影响。

中国的能源系统可持续发展指数的绝对值并非最高，但是从 2011 年的 0.18 逐年保持螺旋式上升的趋势，达到了 2021 年的 0.22，这与我国近十年来推广清洁能源的开发和使用密切相关。与中国类似的国家是马来西亚，从 2011 年的 0.14 上升至了 2021 年的 0.20，这主要因为近年来马来西亚明确了能源转型的方向和目标，积极推动可再生能源项目的实施，鼓励独立电力生产商的参与，以提高电

力供应的可靠性和满足需求。

3.4.2 区域发展不均衡，呈现“东南领先、西亚滞后”格局

如图 4 所示，各国间的能源系统仍然存在着不小的地区发展差距。这主要表现在西亚地区的能源系统可持续发展指数较其他地区来说整体较低，东南亚、中国以及印度等国家相对较高，而中亚地区、俄罗斯和蒙古等国家居于中间水平。

首先，西亚地区作为世界上油气资源最丰富的地区之一，石油和天然气分别占能源生产比重的 73%、26%，经济活动几乎完全依靠化石燃料，这就导致碳排放量大，从而对环境造成严重污染。其次，西亚地区经济依赖传统的能源出口，经济结构单一，很难实现经济结构的转型和升级。此外，西亚地区沙漠化和污染问题严重，碳减排压力大，能源效率整体较低。最后，近十年来，西亚地区地缘政治冲突频发，政治经济环境动荡不安，造成政府无暇顾及清洁能源的开发，以及在能源技术、管理和资金等领域与其他地区缺少交流与合作，难以借鉴国际上的成功经验。

而东南亚的资源国能源系统可持续发展指数整体较好。首先这主要因为东南亚各国存在丰富的可再生资源，例如太阳能、水能、风能和地热能等，能源韧性非常强。东南亚是仅次于中国的世界光伏制造基地，2021 年约占全球光伏制造市场 11% 的份额，其中越南、马来西亚和泰国表现尤为突出。其次，东南亚各国政府也积极开展对于清洁能源目标的设定和开发，印度尼西亚计划到 2025 年将可再生能源在能源消费中的比重提高至 23%，菲律宾将 2030 年可再生

能源占比目标设为 35%。最后，东南亚各国不仅积极寻求国际组织的帮助，世界银行和亚洲开发银行都曾为东南亚地区的清洁能源发展提供技术和资金支持，也在东盟成员国之间积极开展清洁能源合作，例如新加坡与越南和印度尼西亚等邻国签署推进可再生能源合作的谅解备忘录。

3.4.3 能源系统结构性瓶颈突出，三大问题制约系统转型

“一带一路”沿线资源国虽资源禀赋各异，但总体上结构性矛盾突出，三重困境严重影响系统转型。

首先，“一带一路”沿线资源国多是传统能源储量丰富的国家，对传统能源的依赖性强，能源结构单一。而对不可再生的化石能源依赖程度越高，能源耗竭问题越严重，能源多样性面临更严峻的挑战。在没有替代能源的情况下，这会对能源系统的可持续性发展产生很大负面影响。

再次，“一带一路”沿线资源国能源系统基础设施建设水平参差不齐，很多国家都面临着基础设施老化的问题。基础设施的老化，特别是电力、燃气等能源供应基础设施的老化，会直接影响能源供应的稳定性，导致能源转换和传输过程中的损失较大，在增加能源消耗、降低能源效率的同时，也会加剧环境污染和碳排放，引发严重的环境污染事件，对生态环境和公众健康造成严重威胁。基础设施老化制约了能源转型，进而对能源系统的可持续发展产生负面影响。

此外，“一带一路”沿线资源国大多为发展中国家，经济发展水

平低造成转型能力薄弱。一是经济发展水平低的国家经济活动落后，缺乏关于电气、燃气等基础设施，导致能源消耗量少。二是经济发展水平会限制政府在能源系统可持续性和清洁能源方面的投，在能源技术创新方面相对滞后，无法推广更先进的清洁能源技术，影响能源系统的可持续性。

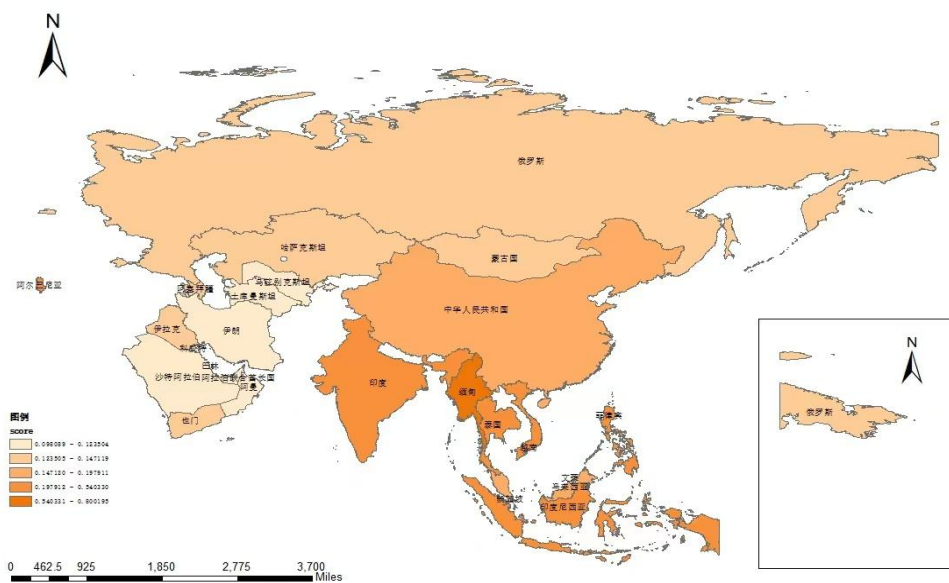


图 4 “一带一路”沿线资源国能源系统可持续发展指数评价图

4. 研究结论与政策建议

通过计算各国能源系统发展可持续性的综合得分来评价“一带一路”资源国能源系统可持续发展的情况，结果显示,总体而言，各国能源系统的可持续发展水平整体有限，且在较长时期内呈现稳定态势，未出现显著波动。然而，区域差异依然显著，具体表现为东南亚地区的可持续发展水平评估结果相对较高，而西亚地区则呈现明显差距。在能源供应上，大多数国家能源系统供应可持续性差，

可再生能源消耗量占比低，且区域差距大，发展慢；在能源消费上，各国能源系统消费可持续性较好，消费公平和可获得性良好，能源使用效率在十年间有所进步；在能源环境上，大多数国家二氧化碳排放量和甲烷排放量十年间都有所提高，减排压力大。

根据本文的研究结果，提出以下政策建议：

(1) 加强国际合作，推动国际资本与技术交流

借助“一带一路”组织建立区域性可持续发展目标与规划，明确可再生能源占比、碳排放强度等量化指标并构建监督机制。同时根据不同地区经济水平和资源条件，制定差异化的能源发展政策和目标，尤其是在东南亚和西亚差异较大的地区。

推动技术转移与基础设施共建，帮助资源国完善能源开采、运输技术和设备。或者通过多边金融机构支持跨境电网、储能设施建设，推动国家间的电网互联，从而推动协调各国间的发展差距，帮助落后国家快速建立相应的基础设施，实现区域间的均衡发展。

发展“一带一路”“互联网+”智慧能源合作**错误!未找到引用源。**。建立“一带一路”清洁能源线上投资平台，吸引跨国企业参与，给予税收优惠和风险担保，并引入政策性保险工具覆盖地缘政治、汇率波动等风险，提升企业投资信心。

实施区域性的减排计划，制定并实施区域性的温室气体减排计划，明确各国的减排目标 and 责任。建立“一带一路”能源数据发布机制，形成一个公平、透明的区域性能源减排交流平台，促进各国在减排技术上的信息共享和经验交流，共同应对能源对环境带来的挑

战。

(2) 优化现有能源结构，提高能源系统供应可持续性

鼓励资源国完善现有能源系统政策制度，制定有利于推动可再生能源发展的政策，如发放补贴、实施税收减免，降低可再生能源投资成本，保障政策的连续性与稳定性，为能源系统可持续发展营造良好制度环境。

(3) 优化能源公平与使用效率，加快清洁能源领域的基础设施投资和建设

实施能源援助计划，建立专门项目对落后国家的能源基础设施进行资金和技术支持，鼓励各国政府对低收入家庭通过电费补贴等形式进行能源援助，保障弱势群体的能源利益，确保所有人群能够公平、便捷地获取能源服务。

加快清洁能源领域的基础设施投资和建设，尤其是电网和储能设施等，提高能源使用效率和环保水平。同时，维护改造能源输送管道等基础设施，保证能源跨区域输送的安全性，减少由于跨区域输送泄露而对周边地区造成的环境污染事件发生，提高能源运输质量。

(4) 缩小地区间差距，促进整体能源系统可持续发展

在地区间建立长期的能源可持续发展监测和评估体系，在沿线各国建立监测网络，利用大数据和云计算等现代信息技术手段构建系统。同时定期发布监测报告，为各国优化能源系统提供依据。

鼓励私人资本进入能源领域，特别是清洁能源领域，减少政府

财政压力。通过政策引导完善市场机制，放松私人资本投资能源项目的限制条件，形成多元化的投资方式。

重视能源领域的人才培养，通过奖学金、设立沿线各国留学项目和跨国培训等方式加强各国能源人才的交流，明确消除贫困等思路,加大分布式光伏扶贫经验的交流互鉴，加大技术人员交流和政府发展职能部门经验交流，从而培养具有国际视野的专业人才。

中石大碳能院软科学智库

关于作者

系列报告总协调人：王建良

本报告主笔人：



李丽红，经济学博士，副教授，产业经济学和金融硕士导师。教育部主题案例首席专家，具有国际经济、产业经济和能源金融的研究背景，研究专注于能源和保险领域。研究成果获能源软科学研究优秀成果奖，在 CSSCI、北大中文核心期刊发表高水平论文二十多篇，主编教材若干，采编教学案例入库中国管理案例共享中心和中国金融专业学位案例中心案例库。



张若雨，中国石油大学（北京）经济管理学院金融硕士研究生，曾在中诚信国际信用评级有限责任公司等单位实习。

报告引用：李丽红、张若雨：“一带一路”资源国能源系统可持续发展指数及评价[R]. 中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院、2025I02、2025年12月13日



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University of Petroleum,
Beijing (ICED-CUPB)

联系电话：010-89733072 邮箱：iced-cupb@cup.edu.cn

微信公众号：ICED-CUPB

地址：北京市昌平区府学路 18 号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

