



上海國際問題研究院
SHANGHAI INSTITUTES FOR INTERNATIONAL STUDIES

能源互联网的大国竞合之源： 地缘技术与治理协同

作者：于宏源、鲁传颖、孙海泳、曹嘉涵、周亦奇、朱云杰



总第33期
2024年9月



能源互联网的大国竞合之源： 地缘技术与治理协同

作者：于宏源、鲁传颖、孙海泳、曹嘉涵、周亦奇、朱云杰

作者简介



于宏源
上海国际问题研究院
公共政策与创新研究所所长



鲁传颖
上海国际问题研究院
网络空间国际治理研究中心兼职研究员



孙海泳
上海国际问题研究院
公共政策与创新研究所研究员



曹嘉涵
上海国际问题研究院
公共政策与创新研究所副研究员



周亦奇
上海国际问题研究院
公共政策与创新研究所副研究员



朱云杰
上海国际问题研究院
公共政策与创新研究所助理研究员

目 录

全文摘要	01
前 言	03
第一部分 绿色数据融合治理下的全球能源互联网发展	05
一、全球能源安全和数字化的公共产品建设与竞争	07
二、国际绿色数据融合治理的合作制度建设	10
第二部分 全球能源互联网的区域发展实践	12
一、中亚与南亚能源互联网的发展实践	13
二、东南亚能源互联网的发展实践	14
三、西亚与非洲能源互联网的发展实践	17
四、欧洲能源互联网的发展实践	21
第三部分 全球能源互联网发展态势与中国对外合作路径	25
一、制度建设	26
二、投融资支持	27
三、投融资支持	28
四、区域安全环境建设	30
结 语	34
参考文献	37

全文摘要

在当前全球“绿色—数据”融合治理背景下，全球能源互联网的发展呈现出新的趋势。本研究从全球能源安全与数字化的公共产品供给与建设现状出发，探讨了包括智能电网在内的全球主要区域的能源互联网发展所面临的清洁化、数字化、网络化的“三化”趋势，通过对南亚、东南亚、中亚、西亚非洲、欧洲等地理单元的能源互联网在绿色数据融合治理背景下的发展的详细分析，并提出了在国际绿色数据融合治理背景下进行国际合作的制度建设建议，为全球能源互联网的未来发展以及中国与相关区域国家的合作提供了有益的参考。

全球能源互联网的发展不仅仅是能源安全与数字化技术的结合，更是全球绿色公共产品的重要体现。在前述的“三化”趋势下，全球能源互联网面临着新的机遇和挑战。通过梳理当前全球能源互联网的现状，本研究提出了在国际绿色数据融合治理背景下构建国际合作制度的必要性。由于能源转型与地缘经济变革密切相关，南亚、东南亚、中亚、西亚非洲、欧洲等不同地区国家均不同程度地重视以智能电网为代表的能源互联网建设。这也为“一带一路”框架下的基础设施互联互通建设创造了合作契机。不容忽视的是，中国与地区国家的合作也面临诸多挑战性因素，包括政治、技术、法律和数字化等方面的挑战，但通过拓展合作的增长点，中国与相关国家在智能电网等领域的合作也面临广阔的合作空间。

在此背景下，在相关区域合作与共建“一带一路”高质量发展进程中，中国与相关地区国家宜结合“绿色数据”融合背景，在能源网络安全、数据治理、基础设施投资与建设等领域拓展与深化合作，并在此基础上，构建与深化基于能源安全、数据治理与绿色发展等重点领域的命运共同体关系。

前 言

当前，以清洁高效可持续为目标的能源技术加速发展将引发全球能源变革。全球能源转型、科技革命与地缘政治冲突引发了国际能源市场的大震荡，能源转型重要性持续上升。全球能源治理体系的演变逻辑是根据世界能源供需格局的变化。全球能源治理的发展表现出三种趋势，一是气候变化下的低碳化；二是能源贸易市场机制的全球化；三是治理主体的多元化。在这一背景下，“全球能源互联网”概念的提出旨在通过加强能源伙伴关系、打造能源安全命运共同体来促进各国能源战略的正向发展，在确保国家安全前提下增强全球能源供应链的安全性及稳定性。从控制角度看，实现这一设想的关键在于通过信息和能源融合，构建信息主导、精准控制的能源体系。能源互联网可以大幅度提升能源生产和消费效率，最终形成能源交易、能源资产交易两个市场。

全球能源互联网在互联互通中发挥重要枢纽作用，互联互通是全球化时代的底色，多数国家已经将互联互通上升为国家发展战略之一。主要经济体都提出互联互通战略构想，中国“一带一路”、欧盟全球门户、美国全球基础设施投资、日本高质量基础设施伙伴关系、英国国际投资倡议、以及七国集团的基础设施和投资伙伴关系（PGII）均是代表。从全球来看，全球能源互联网以适应全球清洁能源的开发、消纳、输送为核心。国际能源体系的主导权正在朝能源互联网方向发展，并已经成为国际经济的增长热点，全球能源互联网建立在以清洁能源为主导、以电为中心、全球配置资源的能源发展新格局上，将由跨国跨洲骨干网架和涵盖各国各电压等级电网的国家泛在智能电网构成，其核心是实现信息主导、精准控制的能源体系，互联网未来发展方向包括物联网、云计算等，都能与能源互联网产生碰撞，从而构建



一个可靠、稳定，又安全、可用、智能，具有自适应性的能源互联网。当前，中国、欧盟、美国和日本等都在推进能源互联网项目：欧盟侧重信息互联网 (Internet of Energy)e-energy 模式、美国侧重能源网络结构 (Energy Internet) 模式、日本侧重于电力路由器的能源互联网 (Intenergy)。目前欧洲超级电网、东北亚互联电网、北非向欧洲输电的“沙漠太阳能计划”等正在积极研究推进。

国家和地区的战略地位通过互联互通会发生改变，一国在加强互联互通的建设进程中会提升全球能源治理的参与度，逐渐增强规则制定的话语权。党的二十大报告指出，“着力提升产业链供应链韧性和安全水平”“确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全”。《国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》强调“实施能源资源安全战略，加强战略性矿产资源规划管控”。能源互联网面临诸多复杂问题和严峻挑战，涉及政治、经济、社会各领域，需要形成国际组织、政府、企业与社会等调机制，推进全球与区域能源治理创新。

第一
部分

绿色数据融合治理下的全球能源互联网发展



当前，全球能源格局正在出现结构性变化，能源的地缘政治、供需结构和产业技术都在发生重大调整。能源互联网的概念在上个世纪 80 年代就被美国和德国提出，所要解决的是可再生能源在全球分布不均衡的问题。在气候变化、能源转型和地缘竞争下，能源电力系统面临着诸多挑战，可再生能源的快速发展对传统能源体系造成了冲击，能源电力存在资产损失和巨额维护保养问题。此外，消费者对能源电力服务和信息传输能力的需求不断上升，对能源电力系统的可靠性要求持续攀升，而其自身面临着电力峰谷矛盾。能源互联网在于构造一种能源体系使得能源像因特网中的信息一样，任何合法主体都能够自由的接入和分享。从控制角度看，在于通过信息和能源融合，实现信息主导、精准控制的能源体系。能源互联网可以大幅度提升能源生产和消费效率，最终形成能源交易、能源资产交易两个市场。能源行业互联网转型与电信行业的通信互联转型有高度的相似性，都是从垄断、垂直管理转向高度分布式管理，从封闭的生产者+用户模式向产销者模式转变。通信技术的快速发展为能源互联网的形成提供了充分必要条件，使得能源的需求和供应可以进行随时的动态调整。联接生产和消费段的数百亿设备和组件，每天产生海量的数据，为能源互联网提供了物联基础。

一、全球能源安全和数字化的公共产品建设与竞争

全球清洁能源蓬勃发展，随着各国能源转型带来的清洁能源需求的持续增长，未来全球清洁能源市场前景广阔。2023 年和 2024 年的《世界能源展望》报告都强调通通的趋势^[1]，传统化石燃料在能源结构中的地位逐渐削弱；可再生能源在疫情后以前所未有的速度进行扩展与普及，而全球能源数字化和电气化水平在持续提升，标志着能源利用的高效化。国际能源署（IEA）预测，到 2030 年全球清洁能源投资总额将达到约 4.5 万亿美元，同时全球大规模生产清洁能源技术的市场价值将约达每年 6500 亿美元，是当前水平的三倍以上。^[2] 国际可再生能源署（IRENA）认为为了实现以可再生能源和能效技术为基础的能源转型，^[3] 到 2050 年能源系统将需要总计 131 万亿美元的资金流入，重点用于与 1.5°C 路径相匹配的清洁能源技术路径。而国际机构估算的平均每年 4.4 万亿美元的投资资金需求极大，约占 2019 年固定资本形成总额（Gross Fixed Capital Formation）的 20%，约等于全球国内生产总值（GDP）的 5%。从 2021 到 2050 年，131 万亿美元总额中的 80% 以上必须投资于旨在帮助新兴和利于解决方案在经济上变得可行的能源转型技术，包括能效、可再生能源、终端电气化、电网、灵活性、氢能等。^[4]

因此，数字化 + 清洁能源作为下一代能源体系的主导因素为应对气候变化、

1 Energy institute (2024) . “Statistical Review of World Energy 2024,” <https://www.energyinst.org/statistical-review>.

2 IEA (2023) , “Energy Technology Perspectives 2023,” IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>, Accessed July 27 2023.

3 IEA (2023) , “Managing Seasonal and Interannual Variability of Renewables,” IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/managing-seasonal-and-interannual-variability-of-renewables>, Accessed July 27 2023.

4 IRENA (2021) , “World Energy Transitions Outlook: 1.5° C Pathway,” International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Accessed July 27 2023. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>

保障能源安全以及推动低碳转型提供了一个综合性解决方案，也为大国博弈提供了新兴场域。清洁化、数字化、网络化是能源系统形态演进发展的共同趋势和全面提升现代能源系统的经济性、适应性和灵活性的关键。首先，清洁化已成为全球能源转型的首要目标，这是在全球气候变化和环境问题日益严峻的背景下，各国共同应对挑战、实现可持续发展的必然选择。在全球碳中和目标的推动下，世界各国已经基本确立了以清洁电力为主导的发展战略，这一战略的实施对于推动能源结构的优化升级、减少温室气体排放、保护生态环境具有重要意义。清洁电力的推广和应用，不仅有助于降低能源消费过程中的碳排放，还能促进能源产业的转型升级。建设智能电网、储能设施等基础设施，是实现能源清洁化转型的重要保障。这些基础设施的建设，不仅可以提高能源系统的稳定性和可靠性，还能促进能源的优化配置和高效利用。

其次，数字化转型大势所趋，欧盟率先提出“绿色化+数字化”转型。欧盟注重数字化转型、碳排放治理与可持续发展间的联系，并在该领域欧盟不断塑造其绿色数据领导力。随着数字化越来越成为世界可持续发展的基础，绿色数字能力将决定一个国家或地区在未来发展进程中的适应性和竞争力，绿色数据能力的高低直接事关欧洲碳治理领导力权威性与可信性水平。全球率先推动气候变化立法，成为气候变化法律先行者。欧洲先后出台了《欧洲气候法》（European climate law）、《欧洲新工业战略》（A New Industrial Strategy for Europe）、《净零工业法案》（Net Zero Industry Act, NZIA），以此加快全球绿色数字技术发展和绿色理念主流化发展。

最后，网络化成为能源转型的重要目标。在全球能源转型的浪潮中，网络化日益凸显为不可或缺的关键要素。鉴于各国在资源禀赋和技术条件上的多样性，网络化的能源转型策略显得尤为重要。未来，通过国际电网互联，我们有望实现可再生能源的大规模利用与共享，进一步推动电力系统的脱碳进程。随着全球对清洁、可持续能源的需求不断增长，网络化能源转型的优势愈发明显。通过构建国际电网互

联，我们可以将不同国家和地区的能源资源进行高效整合，实现能源的优化配置。这不仅有助于解决能源分布不均的问题，还能促进区域国家间的能源贸易，实现能源供给与需求的互补性。

通过构建国际电网互联，可以实现可再生能源的大规模利用与共享，推动电力系统的脱碳进程。同时，各国亟待加强国际合作和基础设施建设，共同推动能源互联网的建设和发展，更好地应对全球能源挑战，实现可持续发展。全球能源的清洁化、数字化、网络化转型也引发了大国博弈的担忧。中美之间围绕全球能源互联网的领域展开了空前竞争且存在巨大的不确定性。自2015年9月习近平主席在联合国发展峰会上提出构建全球能源互联网重大倡议，之后引发美方长期关注。拜登政府视中国为主要对手，实施对华绿色“多边规锁”，推动与升级对华信息数字产业与新基建博弈等。在此过程中，美国不会坐视中国平稳实现与周边国家的区域电网整合，也不会坐等中国氢能国际通道建成并成为未来区域国际氢能交易中心，其将不断通过发展援助、标准输出和排他性合作等形式对中国同各国能源合作嵌入楔子。兰德智库认为，基于中国强调能源互联网技术，中方希望跨越各大洲的超高压输电线路和智能技术，将偏远的可再生能源与全球消费中心连接起来，从而更有效地匹配各国和各大洲的供需。尽管全球能源互联网的建设，目前还面临着技术障碍、金融障碍、政治和监管障碍以及安全保障，但中国仍在保持对全球能源互联网的建设雄心，美方报告提出了四种未来发展设想：（1）中国在全球电网的发展方面取得了稳定进展，尽管世界各地的速度不同；（2）中国的科研创新生态系统导致次优的全球能源互联网推出；（3）中国在争夺全球能源领导地位的竞争中默认启用了中国的全球电网；（4）中美围地缘竞争导致全球能源互联网的武器化和令人不安的现实。^[5]

5 Fiona Quimbire, Ismael Arciniegas Rueda, Henri van Soest, et al. (2023), "China's Global Energy Interconnection," Rand Corporation, December 5, 2023. https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA2400/RRA2490-1/RAND_RRA2490-1.pdf.

二、国际绿色数据融合治理的合作制度建设

随着国际绿色数据融合治理的日益频繁和程度加深，智能电网与大数据共享等技术的发展、需求全球化扩大使得清洁资源优势向经济优势转化的空间随之增大等都是能源互联的重大机遇。通过国际合作制度的创新和协调来保障能源互联网的稳定运行和全球范围公共产品的正常供给，借助绿色转型和数据化治理并举来推动国际合作的制度化转型。

首先，从全球地缘经济现状来看，全球绿色—数据融合治理已成为大国竞争高地。一是以美欧为代表的世界各国纷纷建立推动清洁能源发展的法规和政策体系、推动能源数据化的实施，形成了有助于数据规范采集和管理的基础设施和规范标准，着力增强绿色数据治理的制度性权力。二是各国围绕以技术创新和知识产权为核心的知识性权力展开竞逐，推动数据化技术的发展，提升能源系统的智能化水平。最后，欧美国家在绿色—数据融合治理方面已取得显著成就，其成功经验和先进技术在 全球范围内产生溢出效应，不断挤压以中国为代表的发展中国家的政策和实践，严重威胁我国的能源供应与数字主权安全稳定。因此，开展通过协同手段实现绿色数据治理的研究刻不容缓。

其次，随着国际绿色—数据的深度融合，数字化风险对国际合作带来空前挑战，全球能源互联对人工智能及大数据依赖性较强，当前能源互联运输数据、消费数据、维修数据等都依赖于计算机技术管理。由于数字化管理技术容易受到网络崩溃影响，网络稳定性供应具有国内、跨国、跨洲的多层次效应。此外，通过网络获取商业秘密的行为也时有发生。技术层面上，大数据、云计算等可适应能源互联网需求的先进技术，但其有效应用还需要进一步发展；不同国家技术标准存在差异，导致市场准入门槛、获取开采或经营许可证的标准等难以一致；技术作为知识产权重要内容，在共商共享建设过程中可能涉及技术知识产权保护问题，特别是当前存在很多不公平的技术强制性转让条款。

提升绿色－数据融合治理符合我国产业经济升级的需要。当下全球经济增长转冷，我国亟需新增长点为产业市场注入活力，目前我国在清洁能源发电储电与电动汽车等绿色产业领域占据相对优势地位，通过提升我国绿色－数据融合治理综合实力，能够建立起可靠稳定的关键矿产供应链，有效隔离欧美针对性政策的影响。由此我国可将优势转化为“胜势”，打赢经济复苏、产业转型升级的长期“战役”。

第二 部分

全球能源互联网的区域发展实践

伴随绿色经济、碳中和与零碳技术的快速发展，以及全球气候灾害的频发，绿色低碳发展已成为全球趋势。主要经济体正通过推动绿色经济和产业升级，共同迈向清洁能源时代。联合国环境署的《排放差距报告》显示，当前 127 个国家已经通过、宣布或计划宣布净零目标，与此相关的碳的生产、供应链、金融、规则、技术创新将成为大国竞争与合作的重点。^[6]在此过程中，东北亚、东南亚、非洲等地区在推进跨国电力互联项目。基于“一带一路”高质量发展，多个跨区域能源互联项目正在研究和实施。鉴于全球能源分布的不平衡性和各区域数字技术发展水平不同，全球能源互联网在不同区域具有不同的政策取向与发展轨迹。

一、中亚与南亚能源互联网的发展实践

中亚与南亚既是传统能源开发和运用的主要地区，也是传统能源输出地区和重要运输节点，又是大国博弈的重要区域。在中、美、俄三个域外大国中，俄美两国在区域政治和安全领域有广泛而深刻的影响，^[7]对亚洲能源互联网建设具有关键性作用。近年来，中亚国家经济增长态势显著，对外合作需求不断增加。为实现中亚地区可持续发展，需要以清洁绿色为主线，依托区位优势和域内丰富的清洁能源资源，加速清洁能源集约化发展和电网互联互通，形成中亚同步电网。

中亚国家亟需大力发展清洁能源，降低化石能源开发强度，协调长期收益与短期利益。^[8]而在中亚地区加快推进清洁能源开发利用和外送，关键在于构建中亚能源互联网。综合考虑中亚国家经济发展水平、人均收入变化、产业结构调整等诸多因素，2050 年中亚地区用电量有望增长至 6174 亿千瓦时，清洁能源需求将增长至 1.65 亿

6 UNEP, “Emissions Gap Report 2020”, December 2020. <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34426/EGR20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7 肖斌、张晓慧：《中国与中亚国家绿色转型合作：基于公正转型的分析》，《欧亚经济》2024 年第 4 期，第 19-21 页。

8 王晶：《中国与哈萨克斯坦可再生能源合作：机遇与挑战》，《欧亚经济》2024 年第 4 期，第 22 页。

吨标准煤，占一次能源比重达到 51%。预计到 2035 年，中亚地区电能将超过石油成为终端第一大能源品种，到 2050 年，中亚地区电能占终端能源的比重将提高至 40%。^[9] 不过，中亚能源互联网建设的挑战与机遇并存。中亚基础设施相对落后，能源传输和分配能力有限，制约了大规模可再生能源项目的实施。中国与中亚国家在法律和政策框架上的差异，也对合作带来了不确定性。

与中亚类似，南亚地区人口多，发展潜力大，同样是亚洲经济的重要增长极。考虑到高速增长的能源需求，南亚须大力开发清洁能源，提升能源供应多样性，保障能源安全，实现能源电力发展与清洁转型的并重。当前，南亚总用能水平较低，转型后发优势潜力巨大。^[10] 建设南亚能源互联网，面临许多机遇，比如南亚国家普遍存在对强化基础设施互联互通的巨大需求，除印度以外的南亚国家也普遍对我在“一带一路”框架下开展务实合作给予积极响应等。同时，南亚能源互联网建设也面临一些挑战，包括部分南亚国家政局不稳，政策持续性不够；“三股势力”将对相关项目构成直接安全风险；南亚地区地缘政治博弈日趋激烈，将给相关项目实施带来一定的不确定性等。^[11]

二、东南亚能源互联网的发展实践

东南亚是世界经济增长最具活力的地区，其能源需求态势使得发展区域智能电网等能源互联系统的紧迫性日益上升。东南亚能源需求增长旺盛、供给形势严峻、

9 全球能源互联网发展合作组织：《中亚能源互联网研究与展望》，2020 年 11 月，第 6—8 页。

10 南亚地区煤炭、石油、和天然气需求预计分别在 2030 年、2035 年和 2040 年达峰，2050 年清洁能源占一次能源比重将达到 75%。终端用能电气化水平预计将不断提升，电能 2035 年左右成为占比最高的终端能源品种，2050 年电能占终端能源比例将超过 60%。2035 年和 2050 年南亚地区电源装机容量将分别达到 22 亿千瓦和 55 亿千瓦，清洁能源装机占比将分别达 73% 和 86%。全球能源互联网发展合作组织：《南亚能源互联网研究与展望》，2020 年 11 月，第 8—10 页。

11 蓝建学、宁胜男：《“一带一路”倡议在南亚的机遇与风险》，《中国国际问题研究院研究报告》2017 年第 17 期。

化石能源比重过高、跨国输电能力不足四个方面的挑战。^[12]近年来，东南亚区域一体化进程不断推进，基础设施持续改善，产业结构稳步升级，是世界经济发展最具活力和潜力的区域之一。通过东南亚能源互联网的建设，推动构建地区能源治理新格局，有机统一资源输出国的经济利益和消费国的能源安全，实现各国优势互补、减少资源争端，促进区域协调发展，有力推动以能源电力为纽带的深层次区域一体化。^[13]

加强东盟内部的能源互联互通对于平衡能源资源的不均衡分布至关重要。首先，东盟电网（APG）有助于整合东南亚电力传输基建，使能源互联网发展有助于释放老挝和印度尼西亚等国家的水电、光伏资源潜能^[14]。当前东盟地区的一次能源消费率也并不均衡，电力需求增长率最高，各国的电力供应情况也有很大差异。其次，加强整个区域低碳能源的连通性可以大幅降低整体系统成本并提高能源安全性，从而缓解能源三难困境——平衡能源安全、公平和环境可持续性的挑战。通过协调能源政策和投资，东盟国家可以加强其集体能源安全并减少对化石燃料进口的依赖^[15]。再次，JETP 等框架为调动资本和促进国际合作提供了典范。2021 年在印度尼西亚和越南启动的公平能源转型伙伴关系（JETP）为调动清洁能源投资资本和支持逐步淘汰燃煤发电提供了一个框架。2023 年 11 月发布的《印度尼西亚综合投资和政策计划》是 JETP 的一个重要里程碑，预计将为印度尼西亚的电力部门调动 970 亿美元的投资。

东南亚能源互联网的建设重点体现在如下方面：第一，以财税支持推动区域能

12 董鑫：《东北亚、东南亚能源互联规划发布，建设投资近 5 万亿美元》，<https://www.yicai.com/news/100040537.html>。

13 全球能源互联网发展合作组织：《东南亚能源互联网研究与展望》，<https://geidco.org.cn/publications/plan/2020/3104.shtml>。

14 “ASEAN Power Grid: A Secure Transmission Infrastructure for Clean and Sustainable Energy for South-East Asia,” November 2, 2021. <https://aseanenergy.org/arnecc-research-data/asean-power-grid-a-secure-transmission-infrastructure-for-clean-and-sustainable-energy-for-south-east-asia/>

15 “How South-East Asian Countries Can Cooperate to Enhance Energy Interconnectivity,” <https://www.weforum.org/agenda/2024/07/south-east-asia-energy-transition/>。

源互联网发展。在新能源领域，为了促进包括国际投资在内的私人投资，部分东盟成员国采取了比其他发展中国家更为全面的政策手段，包括税收优惠、财政激励、上网电价补贴、拍卖机制等，还有针对跨国投资者的所得税减免期、土地保有权政策等，东盟有望成为跨国投资热点区域之一。第二，基于区域规划强化能源系统互联进程《东盟全面复苏框架》及其实施框架，致力于实现区域经济韧性和可持续复苏，绿色和可持续发展理念贯穿其中，多个东盟成员国已将绿色增长纳入疫情后的复苏方案，并相互协调，将环境与社会考量纳入经济规划^[16]。第三，以投资激励推动能源互联发展。尽管大部分东盟国家都积极出台了各项激励政策，在吸引外国直接投资方面的力度尤为可观，但是受短期经济波动、政策调整、政策效果的滞后性等因素影响，可再生能源投资者实际感受到的投资吸引力可能相对有限。

东南亚能源互联网建设也存在诸多挑战：第一，传统的能源结构制约转型进程。多数东南亚国家煤电厂占比仍然较大、电力市场化水平低、创新技术水平低等导致东南亚能源转型面临挑战^[17]。第二，域内各国的政策和法规差异较大，并且能源政策可能会发生变化，如补贴政策的调整或取消等可能会影响项目的经济效益和投资回报。^[18]东南亚各国的可再生能源补贴政策各不相同，有些国家提供了较为稳定的补贴政策，而有些国家能源政策受经济形势、政策优先级、国际资金流动以及国际

16 例如，泰国针对不同类型的可再生能源项目以及不同规模的项目容量，实施差异化的全面金融解决方案（FITs）。2020年底，印尼政府颁布了简化电价、对特定电厂的电价补贴政策（Feed-in tariff system）等政策以刺激太阳能和水力发电；菲律宾政府计划开放100%外资所有权的新能源发电政策以吸引对新能源基建的外国投资。新加坡在过去几年间不断通过可持续债券资助等举措为绿色项目调动资金，包括可持续债券资助计划、绿色投资计划（GIP）、绿色和可持续性挂钩贷款津贴计划（GSLs）等。此外，进口电力是新加坡能源转型战略的重要组成部分，2022年，新加坡还启动电力进口方案征集（Request for Proposal, RFP），入选供应商将获得“营业执照”，然后可参与投资、建设、运营向新加坡跨境送电的项目。

17 印尼佐科·维多多总统于2021年宣布2023年以后不再新建煤电厂，但是2022年颁布的一项总统令（PR112/2022）淡化了对暂停和逐步淘汰煤电厂的承诺，该法令允许为自备燃煤电厂（仅服务于工厂或工业园区，并不接入更广泛的电网）和被列为国家战略项目的电厂颁发建设许可证新煤电厂，前提是这些项目承诺限制排放量，印尼政策漏洞阻碍可再生能源发展，中外对话，2022年11月23日。详见：<https://chinadialogue.net/zh/4/92400/>

18 “Southeast Asia Energy Outlook 2022,” IEA, May 2022, <https://www.iea.org/reports/southeast-asia-energy-outlook-2022>

能源市场变化等多种因素的影响存在一定的波动。^[19]第三，贸易政策不稳定与市场准入壁垒。部分东盟国家存在较高的市场准入壁垒，以及包括反倾销、反补贴等贸易保护措施，这可能会限制中国新能源产品和技术的进入。第四，新能源项目投资程序存在瓶颈因素。新能源企业“出海”东南亚还涉及东道国的投资许可、环境许可、并网许可等政府许可程度。

三、西亚与非洲能源互联网的发展实践

近年来，西亚非洲积极通过能源转型推动其内部工业化与现代化发展。在俄乌战争爆发后，全球能源供应链重组推升了西亚地区在全球能源格局中的发展生态位。促进能源经济多样化、发展人工智能成为西亚地区顺利度过全球能源转型期与地缘政治动荡期的主要依托。而实现发展模式转型基础在于能源结构转型，因此西亚地区积极通过新能源建设以及能源互联网工程建设推动打造发展所需的能源基础。^[20]西亚与非洲地区虽然在能源互联网的需求性具有同质性，但发展禀赋与基础的不同导致其将在发展建设中采取了不同的发展模式。

在西亚地区，能源互联网建设模式主要是其固有地缘经济模式的投射，形成了沙特－伊朗为主轴的发展模式。而在非洲则更多体现为发展中国家内部协作并

19 越南政府为了促进太阳能发电的发展在 2017 年对地面光伏项目提供了高达 9.35 美分 / 千瓦时的补贴，高额补贴导致太阳能项目激增，同时也带来了财政压力。此后政府一再对补贴进行调整，从 2017 年的 9.35 美分 / 千瓦时下降到 2020 年的 7.09 美分 / 千瓦时，再到 2023 年的 5.02 美分 / 千瓦时，对大型光伏电站项目的财务可行性产生一定影响。同样，印尼适用于可再生能源项目的监管政策过去几年频繁变动。印尼拥有世界上 40% 的地热资源，尽管在积极开发地热能源，但地热补贴价格自 2008 年以来已被修改超过 5 次。另外，印尼于 2022 年 9 月发布的旨在促进新能源发电的总统令（PR112/2022），授权部委机构为可再生能源发电提供激励，但是规定却非常宽泛和笼统，并且落实机制不够详尽。投资者在做出长期投资决策时需要清晰的政策指引和可预测的市场环境，这种不确定性可能对投资者信心产生负面影响，进而影响投资决策。

20 世界第一大产油国沙特已明确制定可再生能源计划（NREP），阿联酋、阿曼、埃及、约旦、科威特等国也分别提出截至 2030 年到 2050 年不等的能源转型规划。详见：<https://www.stcn.com/article/detail/1008253.html>

在外部支持的情况下协同发展，体系创新的建设模式。西亚电力流展现出“双中心向四周扩散”的格局，与南亚、欧洲形成跨洲跨区送电。沙特、伊朗、阿曼和阿联酋是主要的电力外送基地，而阿富汗、科威特、巴林和卡塔尔是主要的电力接收中心。随着电力交换和电网互联规模的扩大。从整体架构来看，阿拉伯地区能源设施互联程度与机制合作程度不断提高，逐步出现了全局性的区域倡议和互联行动。^[21]阿拉伯地区现存三个相互独立的次区域电网：一是接北非三国、东西横向、沿地中海海岸线的400/500千伏的马格里布电网；二是由埃及、伊拉克、约旦、叙利亚和土耳其于1988年发起创立的八国电网(EIJLLPST)；三是海合会互联互通管理局(GCCIA)。2009年海湾合作委员会电网互联管理局(GCCIA)建立，协调运行海湾国家跨国电力交易和电网互联互通。^[22]

为了促进非洲经济潜力的爆发需要更为现代化的能源结构革新。非洲电力供应利用水、风、光、地热等多种清洁能源发电，以提升电力供应的安全性、经济性和可靠性。到2035年和2050年，电源总装机容量预计将分别从1.9亿千瓦增长到7.1亿千瓦和13.1亿千瓦，清洁能源装机占比也将从23%提升至62%和77%。其中，非水可再生能源装机占比将从6%提高到41%和55%。非洲电力单一市场与非洲清洁走廊成为了非洲进行能源互联网建设重要抓手。非洲联盟（非盟）正在推动建立一个单一的电力市场，以促进非洲大陆的能源一体化和可持续发展。这一计划被称为非洲单一电力市场计划，旨在到2040年全面实现该目标。非洲单一电力市场的构想是在一个统一的框架下，通过跨国电网连接，实现电力资源的共享和优化配置。这将有助于解决非洲部分地区电力供应不稳定和能源短缺的问题，同时也为非洲的经济发展和工业化提供稳定的能源支持。为了支持非洲单一电力市场的发展，国际社会和地区组织正在采取行动。例如，“电力非洲”（Power Africa）是美国政府

21 张锐、岳锋利：《能源转型背景下的阿拉伯电力一体化的进展与阻碍》，《阿拉伯世界研究》，2022年第2期，第98-117页。

22 黄昊、余南平：《中国—海合会国家跨区域价值链合作路径探究》，《阿拉伯世界研究》2023年第6期，第30-50页。

资助的旨在改善电力供应的倡议，而欧盟和非洲发展银行等也通过资金和技术支持非洲的能源项目。

西亚地区与非洲地区能源互联网发展面临着不同的挑战。在西亚地区，其主要矛盾在于是区域地缘冲突以及网络攻击对于其能源关键基础设施的影响与伤害。而在非洲地区，其能源互联网发展的核心挑战在于其贫瘠的工业化基础，以及财政压力对于其建设关键基础设施的压力。

西亚能源互联网发展进程中的挑战包括新兴技术风险与传统地缘风险两方面的挑战：首先，能源互联网建设面临技术进步与风险提升的悖论。沙特阿联酋凭借其庞大的金融资本，大力投资能源互联网建设，但同时也导致其面临十分严重的网络攻击问题。沙特与阿联酋等海湾阿拉伯国家近年来面临严重的互联网攻击风险。第二，地缘政治动荡影响能源互联网建设。复杂地缘政治局面导致难以地区国家无法专心聚焦于能源发展。中东地区是世界上冲突高发地区，呈现出区域大国地缘政治博弈与区域内部国家动乱频发相互交织的问题。一方面，该地区巴勒斯坦与以色列之间的巴以问题、沙特与伊朗之间的代理人冲突问题等两项区域冲突主线矛盾长期存在。而沙特与伊朗虽然目前有所缓和，但彼此之间信任赤字犹存。地区地缘充裕极大地影响了能源互联网建设。地缘冲突也导致地区国家成为网络攻击的受害者。以色列就曾多次使用各种智能或网络技术武器对于伊朗进行打击。^[23]同时，能源互联网基础在于区域一体化的推进，但中东地区一体化进程面临重重困境。而在西亚地区，其一体化进程并不顺利。第三，中东地区建设能源互联网还需解决发展不平衡与数字鸿沟问题。中东地区虽然具有发展能源互联网的重要资本基础，也有沙特、伊朗以及阿联酋等重要能源枢纽型国家，但在地区内铺开能源互联网则面临着发展不平衡与数字鸿沟问题。^[24]

23 Alicia Buller, "Saudi Arabia Strengthens Its Cybersecurity Posture," Darkreading, December 28, 2023. <https://www.darkreading.com/cyberattacks-data-breaches/saudi-arabia-strengthens-its-cybersecurity-posture>.

24 《西亚能源互联网研究与展望》，<https://m.geidco.org.cn/pcarticle/3107>

非洲地区能源互联网发展具有相关的挑战与博弈，具体可分为地区发展融资困难以及数字鸿沟问题：首先，非洲财政状况难以支撑昂贵且大型的能源互联网建设。非洲是全世界最不发达国家最为集中的地区，在联合国认定的 46 个最不发达国家中，有 33 个是非洲国家。因此其缺乏发展能源互联网所需的资金资源。同时由于非洲存在严重债务问题。共有 23 个撒哈拉以南非洲国家被国际货币基金组织 (IMF) 列为“处于债务危机或债务高风险状态”。此地区严峻的财政状况加剧了建设能源互联网设施的难度。国际能源署的分析表明，非洲的能源投资通常面临比发达市场可比项目高得多的融资成本。^[25] 2010—2020 年期间，世界银行电力基础设施投资的 7.5% 流向撒哈拉以南非洲地区，其中 98.2% 用于发电，0.3% 用于输电。^[26] 因此，非洲脆弱的财务情况限制了其建设能源互联网所需的关键基础设施。其次，非洲地区严重的数字鸿沟问题限制了其在能源领域的数字化建设。能源互联网要求信息技术赋能能源基础设施建设，然而非洲内部严重的数字鸿沟问题限制了其在此方面的突破。根据国际电信联盟 (ITU) 《2023 年事实与数据》 (“Facts and Figures 2023”) 报告，仅有 37% 的人在非洲使用互联网远低于全球 67% 的发展水平。^[27] 同时，能源互联网建设需要配套的职业人才体系，这也是非洲地区建设能源互联网的重要短板。^[28]

25 [] “Africa Faces Both Major Challenges and Huge Opportunities as It Transitions to Clean Energy,” IEA, <https://www.iea.org/news/africa-faces-both-major-challenges-and-huge-opportunities-as-it-transitions-to-clean-energy>.

26 William Tobin and Maia Sparkman, “To meet Energy Security and Climate Goals, Africa Needs Investment in Infrastructure,” Atlantic Council, November 4, 2022. <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/energysource/to-meet-energy-security-and-climate-goals-africa-needs-investment-in-infrastructure/>.

27 Jane Munga, “To Close Africa’s Digital Divide, Policy Must Address the Usage Gap,” Carnegie Endowment for International Peace, April 26, 2022. <https://carnegieendowment.org/research/2022/04/to-close-africas-digital-divide-policy-must-address-the-usage-gap?lang=en>.

28 Haroon Borhat, Landry Signé, Zaakhir Asmal, Jabulile Monnakgotla, and Christopher Rooney, “Digitalization and Digitalization Skills in Africa,” Brookings Institute, May 30, 2023. <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2023/05/Bhorat-et.-al-May-2023-Digitalization-and-digital-skills-in-Africa-2.pdf>.

四、欧洲能源互联网的发展实践

长期以来，欧盟是全球低碳转型的重要推动力量。随着欧洲一体化进程的发展，欧盟以电力互联为主要依托，为各国在能源互联网领域的合作创造条件，欧洲各国的电力互联已取得长足发展并体现在以下几个方面：

首先，**电网数字化水平不断提升**。欧盟委员会于2020年12月15日提交了关于修订的跨欧洲能源网络（TEN-E）条例的建议。《TEN-E》条例的修订确定了11条优先走廊和3个优先专题范畴，增加了对海上电网、氢基础设施和智能电网的新关注。这将主要通过有资格获得2021–2027年欧洲互联互通基金融资的共同利益项目（PCIs）来实现。^[29]2022年5月，欧盟理事会通过了修订后的跨欧洲能源网络（TEN-E）条例。新规旨在实现成员国跨境能源基础设施的现代化、脱碳和互联互通。2022年10月，除了应对能源价格高企的紧急干预措施外，欧盟委员会还通过了《能源系统数字化——欧盟行动计划》（the Digitalising the energy system – EU action plan, COM/2022/552）。全系统数字化能源行动计划旨在通过支持数字能源服务的可持续、（网络）安全、透明和竞争市场的发展，确保数据隐私和主权，并支持对数字能源基础设施的投资，为欧盟能源政策目标做出贡献。2023年9月18日，欧盟正式成立智能能源专家组（Smart Energy Expert Group, SEEG）的创建。其旨在协助欧盟委员会解决与能源系统的可持续数字化转型有关的问题，以及智能能源解决方案的开发和部署。^[30]

其次，关键基础设施韧性不断增强。2015年9月，欧盟建立了能源专家网络安全平台（the Energy Expert Cyber Security Platform, EECSP），其任务

29 “TEN-E: Council gives green light to new rules for cross-border energy infrastructure,” European Council, May 16, 2022. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/05/16/ten-e-council-gives-green-light-to-new-rules-for-cross-border-energy-infrastructure/>.

30 “Digitalisation of the energy system,” the European Commission, https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/digitalisation-energy-system_en.

是就欧洲层面的政策和监管方向，就与特定能源网络安全问题相关的政策和监管战略向委员会提供建议。欧洲能源信息共享和分析中心 (the European Energy Information Sharing and Analysis Centre, EE-ISAC) 也于 2015 年启动，是一个由四个欧盟能源公用事业公司和其他部门利益相关者组成的公私合作伙伴关系。2020 年 7 月提出的《欧盟安全联盟战略》 (EU Security Union Strategy) 旨在确保欧洲在社会各个领域的物理和数字世界的安全。特别是在能源部门，欧盟对关键的能源基础设施的韧性的关注度不断提升，以应对物理、网络以及混合威胁。^[31]2024 年 3 月，在欧盟《电力条例 (EU) 2019/943》 (the Electricity Regulation (EU) 2019/943) (第 59 条) 和 2022 年欧盟能源系统数字化行动计划的基础上，欧盟通过了欧盟电力部门网络安全法规 (C/2024/1383)，其将为欧盟国家跨境电力流动提供高水平的共同网络安全支持。^[32]

再次，能源互联网基础设施投资规模不断增加。气候变化和减少碳排放的全球需求已将智能能源置于关键基础设施各领域发展的中心，将智能电网与公共电信运营、电子政府、医疗保健和物流整合在一起。此外，在整个欧盟范围内发展一个具有成本效益的低碳能源系统将需要一个更分散的能源系统，同时也需要增加跨国界的互联和合作。在此背景下，欧盟致力于增加对智能电网与电网互联项目的投资。2022 年 3 月，欧盟委员会提出名为“争取更负担得起、更安全和更可持续的能源欧洲联合行动” (Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy, REPower EU) 的方案。欧盟致力于建设基于数字和互操作解决方案的智能电网基础设施集成到能源系统，并扩大电网规模的存储服务

31 David Healey, Sacha Meckler, Usen Antia and Edward Cottle, “Cyber Security Strategy for the Energy Sector,” October 2016, pp.15–18, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587333/IPOL_STU\(2016\)587333_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587333/IPOL_STU(2016)587333_EN.pdf).

32 “Directive on measures for a high common level of cybersecurity across the Union (NIS2 Directive),” <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/nis2-directive>.

(GSSS)、电动汽车智能充电 (EVSC)、先进电表基础设施 (AMI) 和家庭能源管理系统 (HEMS) 等使能技术的应用。^[33]

以智能电网为代表的欧盟能源网建设是实现欧盟能源转型计划的重点，但在实施过程中，也面临日益严峻的如下挑战：首先，传统电力系统与数字技术的融合过程中的网络安全风险。特别是由于能源系统的许多部分是在网络安全威胁引起重视之前进行设计和建设的，目前这些系统需要与智能电表、物联网设施等最新的自动化设备、系统进行交互，这增加了应对网络威胁的难度。其次，成员国智能电网发展水平差异增加网络安全风险。再次，电网数字系统接口的网络安全风险。以智能电网为代表的能源网络是所有关键基础设施系统的组成部分，并对所有其他关键基础设施的运行稳定性至关重要。能源供应链的数字化，特别是智能电网的发展所创建的网络越来越依赖于复杂的网络通信技术系统来运营能源基础设施和服务。面临网络威胁的主要能源基础设施要素如下：一是支持“后台”业务和管理功能的信息系统；二是运营技术 (OT) 系统，其用于监测和管理能源网络，包括发电源，输电和配电网络，以及基于消费者的能源资产，包括智能电表；三是在运营技术、信息技术、应急和智能能源领域提供网络智能的通信系统，其经常与其他公共和私有通信网络互联。然而，在向智能能源网络发展的过程中，能源公司内的信息技术与运营技术环境已经变得更加相互关联和依赖。此外，通信技术和系统异质性也增加了能源互联网的技术复杂性。在能源分配系统中，智能网络设备的扩展，以及配套的综合通信网络，也对协调能源网络安全战略提出了迫切要求。子系统的安全挑战，加上日益分布式和多功能的环境，只会增加能源系统的脆弱性和网络威胁的潜在水平。最后，地缘政治因素所产生的电网网络安全风险。受到俄乌战争的影响，欧盟

33 “REPowerEU Plan,” European Commission, May 18, 2022, p.14, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fc930f14-d7ae-11ec-a95f-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.

国家对网络攻击风险的担忧呈上升态势，并成为“混合威胁”的主要领域。^[34] 鉴于欧洲大约 40% 的输电网已经超过 40 年的使用年限，需进行现代化改造，但在欧盟看来，依赖第三国供应商（尤其是与欧盟价值观和立场不一致的国家）来满足欧盟关键能源基础设施需求可能会带来网络安全等风险因素，并认为依赖高风险的第三国供应商提供关键部件可能会对电网造成网络漏洞，包括与第三国的互联网络，因此要求电力企业采取与供应链相关的安全措施，并将其作为防范网络安全风险的重要举措。^[35]

34 “Sixth Progress Report on the EU Security Union Strategy,” the European Commission, October 18, 2023, p.1, https://commission.europa.eu/document/download/1654dc53-3c41-464f-8555-555d6959c083_en?filename=COM_2023_665_EN.PDF.

35 “Grids, the missing link – An EU Action Plan for Grids,” European Commission, November.28, 2023, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2023%3A757%3AFIN>.

第三 部分

全球能源互联网发展态势与中国 对外合作路径

全球能源互联网的发展不仅关乎能源安全与数字化技术的融合，更体现了绿色公共产品的重要性。在国际绿色数据治理背景下，其清洁化、数字化、网络化趋势愈加明显。中国通过电网互联项目推动南亚、东南亚、中亚等区域电网发展，展现了全球能源互联网的趋势与背后的大国博弈逻辑。随着智能电网与大数据技术的发展，全球能源互联网在促进清洁资源转化为经济优势方面潜力巨大。面对诸多不确定性，中国在全球能源互联网建设中发挥着重要作用，需通过绿色数据治理应对政治、技术、法律与数字化挑战，推动全球合作，并在全球治理中承担更大引领作用。

一、制度建设

随着智能电网与大数据共享等技术的发展、需求全球化扩大使得清洁资源优势向经济优势转化的空间随之增大、能源贸易机制的全球化推广，能源互联网的搭建已初具规模，然而全球能源互联网的未来发展仍具有不确定性，世界各国和地区的战略地位通过能源互联互通会发生改变，中国宜在加强能源电力化、清洁化和数字化建设进程中会提升全球领导力，逐渐增强规则制定的话语权。

中国需在全球能源互联网合作机制建设的过程不断提供制度供给：第一，进行国际电力贸易法律建设。电力是一种特殊的商品，不属于 CISG 公约所适用的商品范围，因此在贸易法律建设上，需要在 WTO 的机制和基础上，就电力贸易问题采取双边和多边的谈判，确定电力贸易的技术标准，交易主体，权利义务，救济措施和争端解决等法律问题。第二，实现电力通道和运营安全。电力的运输需要安全可靠的设备实现，包括输电网络，变电站等，因此电力运输设备，特别是风能太阳能等清洁电力能源的电力运输设备的选址建设都是及其重要的问题，如高压电塔，大型变电站等设施的建设必须考虑地形、气候和自然灾害等问题。同时，保障电力输送和运营安全还需要投入大量人力物力，进行维护和监测等。第三，加强沿线社会治理建设。电力输送通道和设施附近往往有正常的社会经济活动，但是社会治安对

电力设施的安全影响非常大，不稳定的社会治安会提升电力设施遭到人为破坏的风险。因此需要加强电力输送通道和设施沿线的社会治理，改善沿线经济水平，增加就业，这需要企业和政府的共同合作来解决。

二、投融资支持

2017年5月，习近平主席在“一带一路”国际合作高峰论坛开幕式上指出，“要抓住新一轮能源结构调整和能源技术变革趋势，建设全球能源互联网”，由此可见，全球能源互联网建设与一带一路倡议相互补充，全球能源互联网是“一带一路”建设的新引擎和新载体，其建立产生了巨大的投融资缺口和机会。根据各区域的市场环境等因素，可从以下方面拓展中国与地区国家的电力与能源互联网合作。

首先，“一带一路”倡议是中国—中亚能源互联网建设的重要基础和支撑。投融资合作是“一带一路”倡议的重要内容。在“一带一路”倡议加快实施的背景下，我国已与沿线国家签订多项重大电力投资项目，成为“一带一路”建设的早期收获项目。“一带一路”为能源互联网建设提供基础和支持。

其次，东南亚能源供给形势严峻，东南亚跨国输电能力不足，需要加强各国电网互联以及与周边国家联网，形成区内丰枯互济、多能互补的能源发展新格局，而且东南亚，电网基础设施薄弱，部分地区电网基础设施尚不完善，需要持续改善以支撑能源互联网的建设和运行。对此，中国与东南亚可加快电网互联互通基础设施建设，形成紧密互联的区域电网，实现清洁能源在更大范围内的优化配置。在此过程中，需着眼东南亚国家丰富的太阳能和风能储备及其已经出台的太阳能、风能装机容量扩张计划，共同参与马来西亚、越南、印尼和泰国的国家能源战略规划和电网投资。目前除中国、日本和越南外其他东盟国家的太阳能和风能开发利用程度不到5%，但东南亚地区人均碳排放正随经济需求和能源需求的快速增长水涨船高。其次，东南亚可再生能源投资近年年均增长达3—4倍，但主要为东盟成员国

之间的内部投资和来自欧盟成员国的双边投资，如泰国、马来西亚对越南进行投资和德国、丹麦对东南亚国家的投资。我方可在老挝等东盟国家已构建的电网等双边协议基础上，开展东盟尚较缺乏的集体项目投资建设，聚焦东南亚地区火电厂年均1300亿美元用于能效、风电/光伏以及可再生能源与行业耦合性投资探索三方合作机会。在“中国—东盟清洁能源能力建设计划”、《中国—东盟战略伙伴关系2030年愿景：中国—东盟清洁能源能力建设项目》等基础上，中国和东盟电网（APG）着眼落实东盟十国电力系统一体化，从国际协同、生产和供给稳定、市场调控等角度进行合作，为中国与东盟制度性合作提供良好的对接窗口。

最后，在中国对欧电力与能源互联网投融资合作领域，可探索与实施以下举措，促进中欧电力与能源产业合作：第一，以中东欧和南欧国家为重点，扩大中国企业对当地的电网企业的股权投资。第二，在投资欧盟电力项目，特别是电力运营商的过程中，与海湾石油输出国、新加坡等国企业组成投资联合体，以降低投资风险，提高项目进度。第三，智能电网产业的中国设备制造商，可与地区国家企业合资建立智能电表等电网设备组装企业，但由我国内生产基地提供高附加值核心组件，从而降低欧盟对所谓的第三方设备的安全关切，保持与扩大中国智能电网设备组件对欧盟的出口。与此同时，在与通融密切相关的电力与能源互联网建设项目的实施过程中，中企可以匈牙利、波兰等国为基点，参与欧洲智能电网建设，并以此扩大变压器、智能电表等电力设备的出口空间，推动中欧在能源转型与新型基础设施发展进程中的利益绑定与互利共赢。在此过程中，通过在东道国打造一批电力基础设施与电网建设示范项目，进一步提升我电力设备企业的国际声誉与竞争力，并在此基础上，通过电网项目总承包，带动设备出口。

三、绿色经济治理

随着智能电网与大数据共享等技术的发展、需求全球化扩大使得清洁资源优势

向经济优势转化的空间随之增大、能源贸易机制的全球化推广，能源互联网的搭建已初具规模，然而全球能源互联网的未来发展仍具有不确定性，中国宜与世界各国共同推进绿色经济治理议程，同时把握全球治理发展趋势，主动对接相关治理要求，以数据赋能绿色能源互联网建设、防止绿色保护主义等领域为重点，积极推进全球绿色经济治理进程。

首先，考虑到欧美绿色规则近年来更新极为频繁，对全球新技术供应链（或涉新质生产力供应链）格局受到极为强烈的重塑、改造影响。特别是欧盟正在制定与不断完善更具统一性和强制力的智能电网网络安全战略与相关举措，并高度重视构建欧盟层面的统一网络安全认证框架、网络安全事件联合处置制度机制和网络安全防护体系。借鉴欧盟的经验，中国也迫切需要筑牢以数据为核心的数字安全屏障。

在此形势下，可就能源互联网发展建立与完善中欧双边交流与合作机制，以强化对关键数据资源的保护，藉此强化中国国内对关键性能源基础设施实施有力的网络安全保障与应急处置能力，并加强数字产品供应链的安全风险预警、防控机制和能力建设，持续提升网络危机管理能力，切实维护国家网络安全，筑牢数字安全屏障。在此基础上，还可采取如下举措：第一，开展与扩大中欧关于智能电网安全的二轨对话，将电力网络安全问题作为深化中欧网络安全合作的重要增长点，深化与拓展中欧在网络安全领域的互信与共识，并以此改善我对欧电力设备出口、电力与电网项目建设以及投资合作的外部环境。第二，就智能电网等能源基础设施数据保护议题，推动与欧盟的标准协调、互认，以利于扩大双方在电力设备贸易、电网建设等领域的合作。此类合作，也有助于支持中欧经济与科技产业合作的拓展。第三，以中东欧国家为主要对象，以电网网络安全为重点，构建与升级我与部分欧盟成员国的网络安全合作关系。例如，未来可在今年5月构建的中匈“新时代全天候全面战略伙伴关系”中纳入与增加（电网）网络安全合作议程，以助力我与地区国家电力产业合作的稳步发展。未来，中欧可探索在能源基础设施数据保护领域的标准对

接合作，以利于扩大双方在电力设备贸易等领域的合作。此类合作，也可为双方在电力基础设施投资与建设领域不断积累互信基础，从而不断拓展中欧经济与科技产业合作的新空间。

其次，多措并举有效减少贸易壁垒影响。针对绿色产业的新的贸易保护手段负面影响大、潜在覆盖面广、规避措施有限，需要我们加以重视和预警，通过实施市场多元化策略，提升产品和服务竞争力，全面实施本土化战略，以及前瞻性布局国际化战略等，避免潜在不利影响。一方面，采取市场多元化战略。企业应积极开拓新的国际市场，减少对单一市场的依赖，通过与不同国家和地区建立贸易关系、分散风险。另一方面，积极利用国际贸易规则。熟悉并充分利用世界贸易组织（WTO）等国际组织的规则，在遭遇不公平贸易行为时，通过 WTO 争端解决机制寻求公正裁决，通过法律途径维护自身权益。

最后，通过供应链多元化和本土化双轮驱动提升供应链韧性。新能源企业需实施供应链多元化策略，减少对单一供应商的依赖，同时利用东南亚的资源优势进行本土化布局，通过建立合资企业、签订长期供应协议和战略投资，确保关键原材料的稳定供应。企业应通过多元化供应商策略和建立战略储备等来降低对单一供应商的依赖。我国新能源企业可以充分利用供给国资源丰富特点在不同国家采购关键原材料，进行供应链多元化，通过多种方式与关键原材料供应商建立稳定互利的合作关系，同时将先进的技术和供应链管理经验和带到东南亚，利用人工智能、大数据、云计算等先进技术提升当地供应链的敏捷性和响应速度，进而提升供应链管理效率。

四、区域安全环境建设

能源互联网的建设过程中安全性放在首位。根据全球能源互联网发展合作组织（GEIDCO）的倡议，全球能源互联网的实质是“智能电网+特高压电网+清洁能源”，

旨在通过清洁能源在全球范围的大规模开发、输送和使用，构建一个清洁主导、电为中心、互联互通、共建共享的现代能源体系。在实现这一过程中，安全环境扮演重要角色。

首先，安全韧性是中国构建能源互联网的核心。中国在推动能源互联网建设的同时，也注重提升能源安全韧性。当前，化石能源供应趋紧、价格高企，国际能源短缺问题日益突出，而中国作为能源生产和消费大国，正面临化石能源资源有限、油气对外依存度偏高等挑战。为了应对这些挑战，中国正在加快构建以新型电力系统为主体的中国能源互联网，以提高能源自给能力、有效应对能源安全重大挑战，推动能源绿色转型、保障能源可靠供应、服务经济社会高质量发展。此外，中国在能源互联网领域的研究机构和企业数量也在快速增长。《2024 国家能源互联网发展年度报告》显示，能源互联网企业数量已超过 32 万家，相关研究机构增至 21432 家，年度复合增长率约为 50%。这表明能源互联网安全已经是关乎经济安全的核心议题。

其次，区域安全形势构成全球能源互联网的重要影响因素，也是需要研判的关键，欧洲、中东、中美关系近年来都面临着严峻的安全威胁，需要分析其对于能源互联网的重要影响。

在欧洲，俄乌冲突长期化导致欧洲地区能源互联网建设遭遇严重困难。俄乌冲突的长期化对欧洲地区的能源互联网建设带来了严重困难。这场冲突不仅导致全球范围内的能源危机问题，还使得对俄罗斯能源依赖极大的欧洲国家短期内面临巨大挑战。特别是，欧洲天然气价格的上涨和供应的不确定性，迫使一些国家重新考虑使用煤炭作为替代能源，这与欧洲的碳减排目标背道而驰。冲突还影响了欧洲碳市场，导致碳价短期内暴跌，尽管后续有所回升，但整体价格相较于年初仍处于较低水平。这一现象的背后是企业为了应对生产成本的增加和经济下行压力，不得不出售碳配额以增加现金流。同时，欧洲正在经历一场能源转型的加速。俄乌冲突促使欧洲国家加大对新能源领域的投资，加速能源结构的清洁化转型，以减少对

化石能源的依赖。欧盟委员会已经提出了“REpowerEU”行动方案，旨在减少对俄罗斯化石燃料的依赖，并加速欧盟的绿色能源转型。该计划预计需要额外投资高达 3000 亿欧元，以实现到 2030 年可再生能源在最终能源消费总量中的比例提高到 45%。此外，欧洲也在推动能源系统的数字化，以提高能源效率和稳定性。欧盟委员会发布了“能源系统数字化行动计划”，希望通过深度数字化改造，减少对俄罗斯化石燃料的依赖，并促进可再生能源融入能源系统。数字化技术的应用，如智能电网、分布式能源管理和能源管理系统，将有助于提升能源的有效利用和管理。尽管欧洲在能源转型和数字化方面取得了进展，但俄乌冲突所带来的影响仍然深远。欧洲需要在确保能源安全的同时，继续推动能源结构的转型和升级，以实现长期的可持续发展。

中东地区的政治动荡和冲突，特别是巴以问题，长期以来对该地区的能源互联网建设构成了重大障碍。由于地区安全形势复杂以及政治不稳定，能源基础设施的建设和维护面临巨大挑战。此外，经济制裁、资源争夺、宗教和民族矛盾以及国际关系的复杂性，进一步加剧了能源项目推进的难度。尽管如此，中东地区在能源领域，尤其是可再生能源方面，仍具有巨大潜力。随着全球对清洁能源需求的增长和技术的进步，一些中东国家开始逐步探索和推动能源转型，以实现经济多元化和可持续发展。这不仅有助于减少对化石燃料的依赖，也为地区带来新的经济增长点。国际社会也在积极促进中东地区的和平与稳定，为能源合作创造条件。通过国际合作和区域对话，可以逐步克服能源互联网建设的障碍，推动该地区实现更加可持续和安全的能源未来。这需要区域内外国家共同努力，通过政策支持、技术交流和资金投入，促进能源基础设施的互联互通，为中东地区的长期繁荣和稳定打下坚实基础。

美国升级对华遏制为区域能源互联网的建设带来了一定的割裂风险。由于两国在贸易、科技、安全等多个领域存在竞争，这种竞争关系可能会影响到能源合作项目的推进。政治立场和战略利益的差异可能导致一些国家在能源互联网建设中面临选边站的压力，进而影响区域内能源基础设施的互联互通。此外，美国升级对华遏

制还会加剧地区安全局势的紧张，增加跨国能源项目的不确定性和风险。然而，亚太地区作为全球经济增长的重要引擎，其能源需求持续增长，推动区域能源互联网的建设对于保障能源安全、促进经济发展具有重要意义。因此，区域内国家需要通过加强对话与合作，寻求共同利益，克服政治分歧，共同推动区域能源互联网的建设和发展。

结 语

世界百年未有之大变局加速演进。一方面，和平发展仍是大势所趋和人心所向，新一轮科技革命和产业变革深入发展，全球性经济、科技和能源变革进程加速，中国提出的“人类命运共同体”理念正逐渐深入人心。另一方面，世纪疫情、中东格局和俄乌冲突等影响深远。各种逆全球化思潮抬头，单边主义、保护主义明显上升，世界经济复苏乏力，全球公共产品提供乏力。随着越来越多国家开始加速能源转型，全球清洁能源产业进入一个快速发展期，2022年可再生能源发电量有望增长20%。^[36]在此背景下，本报告跟踪研究全球“绿色－数据”融合治理，深入探讨了全球能源互联网的发展趋势、实践经验、面临的挑战及未来前景。全球能源互联网的核心在于实现清洁化、数字化、网络化的“三化”趋势，通过信息与能源的融合，提升能源生产和消费效率，形成一个信息主导、精准控制的能源体系。从全球背景来看，科技创新正处于空前活跃时期，科技革命与产业变革正在重构全球创新版图和经济结构。清洁高效可持续能源技术的发展正在引发全球能源变革。全球能源体系正在经历全面变革，科技革命与地缘政治冲突引发了国际能源市场的巨大震荡，使得能源转型的重要性持续上升。全球能源治理的发展呈现出三大趋势：低碳化、能源贸易市场机制的全球化，以及治理主体的多元化。“全球能源互联网”概念的提出旨在通过加强能源伙伴关系、打造能源安全命运共同体，促进各国能源战略的正向发展，并在确保国家安全的前提下增强全球能源供应链的安全性与稳定性。

36 IEA (2022), World Energy Outlook 2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022?language=zh>, Accessed 27 July 2023.

实现这一目标的关键在于通过信息和能源的融合，构建信息主导、精准控制的能源体系。能源互联网可以大幅度提升能源生产和消费效率，最终形成能源交易和能源资产交易两个市场。互联互通在全球化时代中发挥重要枢纽作用，多数国家已经将互联互通上升为国家发展战略之一。全球能源互联网以适应全球清洁能源的开发、消纳、输送为核心。国际能源体系的主导权正在朝能源互联网方向发展，已经成为国际经济的增长热点。全球能源互联网建立在以清洁能源为主导、以电为中心、全球配置资源的能源发展新格局上，跨国跨洲骨干网架和涵盖各国各电压等级电网的国家泛在智能电网共同构成了其核心。互联网未来发展方向包括物联网、云计算等，都能与能源互联网产生碰撞，从而构建一个可靠、稳定、智能且具有自适应性的能源互联网。

当前，中国、欧盟、美国和日本等都在推进能源互联网项目：欧盟侧重信息互联网（Internet of Energy）e-energy 模式、美国侧重能源网络结构（Energy interconnection）模式、日本侧重于电力路由器的能源互联网（Intenergy）。目前，中国可再生能源产能巨大、特高压技术领先、互联网商业繁荣。中国模式的能源互联网基于世界能源发展面临的资源、环境瓶颈和清洁能源开发浪潮，如前国家电网总裁刘振亚提出要接“一极一道”和各洲大型能源基地，适应各种分布式电源接入需要，能够将风能、太阳能、海洋能等清洁能源输送到各类用户。国家和地区的战略地位通过互联互通会发生改变，一国在加强互联互通的建设进程中会提升全球能源治理的参与度，逐渐增强规则制定的话语权。党的二十大报告指出，“着力提升产业链供应链韧性和安全水平”，“确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全”。《国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》也强调，“实施能源资源安全战略，加强战略性矿产资源规划管控”。能源互联网面临诸多复杂问题和严峻挑战，涉及政治、经济、社会各领域，需要形成国际组织、政府、企业与社会等协调机制，推进全球与区域能源治理创新。

能源互联网可成为我国推动“一带一路”合作、构建双循环经济体系以及创



立全球公共物品的重要依托。能源互联网是我国推动“一带一路”合作的重要依托。能源互联网是数字“一带一路”与绿色“一带一路”倡议的交汇点，同时也是我国产业优势的聚集处。在此情况下，我国可应积极介入全球南方国家全球互联网建设，并且结合不同地区的发展阶段，整合标志性项目与小而美的合作项目。对于部分经济发展基础较好的地区，我可积极通过标志性项目，参与其整体性能源体系升级工作中。而对于部分经济发展基础较弱的国别地区，则应积极通过小而美的方案进行参与。在当前全球能源危机和气候变化加剧的双重背景下，实现区域电能互联是各国迈向可持续发展的重要一步。而随着全球能源互联网建设的不断推进，区域电网互联也是电力系统发展的必然趋势。正如本研究指出的那样，在发展中世界积极推进区域电网互联具有十分重要的意义。区域电网互联有助于提升各国电力系统的灵活性与可靠性，帮助各国降低能源消耗与碳排放，促进各国能源转型与清洁能源发展，推动各国的智能电网与能源互联网建设，而能源互联网建设可成为我拓展国内相关产能市场重要依托。在美西方对我国无理打压越发严重当下，我应积极采取发展禀赋加公共产品的模式，将我发展优势转化为公共产品。能源互联网是全球基础设施建设的重要依托，我国可通过能源互联网建设，将其成为我国基础设施全球投资与发展援助重点，为世界提供更多的公共产品。

参考文献

一、中文文献

[1] 全球能源互联网发展合作组织：《全球能源互联网落实“一带一路”倡议行动计划》，2018年12月。

[1] Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization: Implementing The Belt and Road Initiative Action Plan Through Global Energy Interconnection, December 2018.

[2] 史丹、王永中等：《促进全球能源互联网发展的多 / 双边合作机制及公约研究》，中国社会科学院工业经济研究所，2018年5月。

[2] Shi Dan, Wang Yongzhong, et al: Research on Multi/Bilateral Cooperation Mechanisms and Conventions to Promote the Development of Global Energy Interconnection, Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences, May 2018.

[3] 于宏源：《战略资源政治与中国的应对策略》，上海人民出版社，2016年7月。

[3] Yu Hongyuan: Strategic Resource Politics and China's Response Strategy, Shanghai People's Publishing House, July 2016.

[4] 于宏源：《战略矿产资源国际体系均衡的政治逻辑》，载《欧洲研究》，2016年第1期。

[4] Yu Hongyuan: The Political Logics for a Balanced International System of Strategic Mineral Resources, Chinese Journal of European Studies,

Issue 1, 2016.

[5] 于宏源：《气候变化、能源安全与世界秩序演变》，载《人民论坛学术前沿》，2015年第22期。

[5] Yu Hongyuan: Climate Change, Energy Security and the Evolution of World Order – Low-carbon Competition Between the Developed Countries and the Emerging Markets, *Frontiers*, Issue 22, 2015.

[6] 徐向艺、范爱军等：《全球能源互联网构建中宏观战略关键问题研究》，经济管理出版社。

[6] Xu Xiangyi, Fan Aijun, et al: Research on Key Macro Strategic Issues in Building Global Energy Interconnection, *Economy & Management Publishing House*.

[7] 贾文昭、康重庆、刘长义等：《智能电网促进低碳发展的能力与效益测评模型》，电力系统自动化，2011年第1期，第7-12页。

[7] Jia Wenzhao, Kang Chongqing, Liu Changyi, et al: Capability of Smart Grid to Promote Low-carbon Development and Its Benefits Evaluation Model, *Automation of Electric Power Systems*, Issue 1, 2011, pp. 7-12.

[8] 李彬、吴倩、张晶等：《全球能源互联网标准体系构建的方法论》，电力信息与通信技术，2017年第3期，第1-6页。

[8] Li Bin, Wu Qian, Zhang Jing, et al: Research of the Methodology of Global Energy Interconnection Standardization, *Electric Power Information and Communication Technology*, Issue 3, 2017, pp. 1-6.

[9] 刘强、白玉竹、范爱军等：《全球能源互联网的产业效应分析》。山东社会科学，2017年第8期：第162-168页。

[9] Liu Qiang, Bai Yuzhu and Fan Aijun: Analysis of the Industrial Effect of Global Energy Interconnection, *Shandong Social Sciences*, Issue 8,

2017, pp: 162–168.

[10] 刘振亚：《全球能源互联网》，中国电力出版社，2015。

[10] Liu Zhenya: Global Energy Interconnection, China Electric Power Press, 2015.

[11] 刘振亚：《全球能源互联网跨国跨洲互联研究及展望》，载《中国电机工程学报》，2016年第19期，第5103–5110页。

[11] Liu Zhenya: Research of Global Clean Energy Resource and Power Grid Interconnection, Proceedings of the CSEE, Issue 19, 2016, pp:5103–5110.

[12] 徐洪峰：《中美布局：应对全球气候变化背景下的清洁能源合作》，北京：社会科学文献出版社2017年版，第26–27页。

[12] Xu Hongfeng: China–U.S. Strategy Arrangement: Clean Energy Cooperation Responding to Global Climate Change, Beijing: Social Sciences Academic Press (China), 2017, pp:26–27.

[13] 高世宪、杨晶：《依托“一带一路”深化国际能源合作》，载《宏观经济管理》，2016年第3期，第55–58页。

[13] Gao Shixian and Yang Jing: Deepening International Energy Cooperation Through the Belt and Road, Macroeconomic Management, Issue 3, 2016, pp. 55–58.

[14] 王青松：《国际可再生能源机构法律制度研究》，载《新疆社会科学》，2015年第3期，第94–100页。

[14] Wang Qingsong: Research on the Legal System of the International Renewable Energy Agency, Social Sciences in Xinjiang, Issue 3, 2015, pp: 94–100.

[15] 张世翔、张晓铃：《中国电网建设“走出去”战略实施路径研究》，载《上

海电力学院学报》，2016年第3期，第306–310页。

[15] Zhang Shixiang and Zhang Xiaoling: On the Implementation Path of China Power Grid Construction "Going Out" Strategy, Journal of Shanghai University of Electric Power, Issue 3, 2016, pp: 306–310.

二、英文文献

[1] "Congresswoman Matsui to boost clean energy manufacturing and exports", Press Release, Jan 26, 2011.

[2] "Innovation Network Corporation Japan: A new initiative to drive next-generation businesses", INCJ New Release, Sept 27, 2007.

[3] "Innovation Network Corporation Japan: A new initiative to drive next-generation businesses", INCJ New Release, Sept 27, 2007.

[4] APEC Sustainable Energy Center, "About us and Activities", APSEC, available at <http://www.apsec.org.cn/apsecen/>, last accessed on Oct 30, 2014.

[5] Peter V. Marsters and Jennifer L. Turner, "Cooperative Competitors: Potential of U.S.–China Clean Energy Cooperation", China Environmental Forum Brief, Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2012.

[6] Andersson U, Forsgren M, Holm U. "The Strategic Impact of External Networks: Subsidiary Performance and Competence Development in the Multinational Corporation", Strategic Management Journal, 2002, 23(11):979–996.

[7] Chang Y C, Zhao Y. "The Fukushima Nuclear Power Station

Incident and Marine Pollution". *Marine Pollution Bulletin*, 2012, 64(5):897.

[8] Nedumpara J J. "Renewable Energy and the WTO: The Limits of Government Intervention", *Social Science Electronic Publishing*, 2015:263–275.

[9] REN21. "Renewables 2016 Global Status Report", 21st Century Renewable Energy Policy Network, pp.119–121.

[10] Zukova G. "The Award in *Petrobart Limited v. Kyrgyz Republic*", *Reasons Requirement in International Investment Arbitration Critical Case Studies*, 2008.

关于上海国际问题研究院

上海国际问题研究院成立于1960年，是隶属于上海市人民政府的高级研究机构和知名智库。我院的主要任务是：以服务党和政府决策为宗旨，以政策咨询为方向，通过对当代国际政治、经济、外交、安全的全方位研究，为党和政府决策提供有力的智力支持；通过与国内外研究机构和专家学者的合作交流，增强我国的国际影响力和国际话语权，提升国家的软实力。多年来，我院一直被国内外权威机构评为中国最重要的国际问题和中国外交智库之一。

上海国际问题研究院下设六个研究所和八个研究中心，分别是：全球治理研究所、外交政策研究所、世界经济研究所、国际战略与安全研究所、比较政治和公共政策研究所、台港澳研究所；美洲研究中心、东北亚研究中心、东南亚研究中心、南亚研究中心、俄罗斯中亚研究中心、西亚非洲研究中心、欧洲研究中心、海洋与极地研究中心，为进一步加强对外影响力，我院专门成立了国际传播中心。此外，我院还是上海国际战略研究会和上海国际关系学会的机构会员。

上海国际问题研究院编辑出版的中文刊物《国际展望》双月刊，《上研院报告》（中英双版）和英文刊物《China Quarterly of International Strategic Studies》季刊已经成为国际问题研究领域的重要学术论坛。

主 编

陈东晓 上海国际问题研究院院长、国际传播中心主任

执行主编

李 忻 上研院国际传播中心执行主任

编 辑

王天禅 上研院助理研究员

出 品 人

李开盛 上海国际问题研究院副院长

执行出品人

毛瑞鹏 上研院智库发展与科研管理处副处长

© 本报告版权归 上海国际问题研究院 所有

联系方式:

地 址: 上海市徐汇区田林路 195 弄 15 号

邮政编码: 200233

联系电话: +86-21 54614900

传 真: +86-21 64850100

<http://www.siis.org.cn>



上海國際問題研究院

SHANGHAI INSTITUTES FOR INTERNATIONAL STUDIES

© 2024 Shanghai Institutes for International Studies

Shanghai Institutes for International Studies

195-15 Tianlin Road, Xuhui District

Shanghai 200233, PRC

Tel/Fax: +86 21 64850100

www.siis.org.cn