

俄乌冲突对世界能源发展的影响与启示

刘泽洪, 阎志鹏, 侯宇

(国家电网有限公司, 北京市 西城区 100031)

The Impact and Implication of Russia-Ukraine Conflict on World Energy Development

LIU Zehong, YAN Zhipeng, HOU Yu

(State Grid Corporation of China, Xicheng District, Beijing 100031, China)

Abstract: The conflict between Russia and Ukraine has triggered a global energy crisis, with extensive and profound impacts on world energy development. This paper delves into the significant impacts of the Russia-Ukraine conflict on international energy market, energy security, energy settlement system and global economic development, analyzes the future trend of energy price and world energy landscape, and reflects on lesson learned for energy development. According to this study, the Russia-Ukraine conflict has exposed the flaws and vulnerabilities of the current fossil-based energy system, and will lead to accelerated restructuring of global energy landscape. To achieve world sustainable energy development, the key is to facilitate green and low-carbon energy transformation, promote clean replacement in energy production, electricity replacement in energy consumption, and more extensive interconnection of energy systems. Global Energy Interconnection (GEI) provides a technologically advanced, economically cost-effective, viable and systematic solution for promoting world energy transition. It will promote the large-scale development, delivery and use of clean energy, and play a key role in tackling climate change and promoting economic development.

Keywords: Russia-Ukraine conflict; energy transition; clean alternative; electricity replacement; global energy interconnection

摘要: 俄乌冲突引发全球能源危机, 给世界能源发展带来广泛深刻的影响。在深入总结俄乌冲突对国际能源市场、世界能源安全、能源结算体系和全球经济发展带来重大冲击的基础上, 研判了未来能源价格走势和能源发展格局, 分析了俄乌冲突对世界能源发展带来的启示。研究认为, 俄乌冲突暴露出建立在化石能源基础上的世界能源体系的诸多弊端, 将推动世界能源格局加速重构。实现世界能源可持续发展, 关键是加快能源绿色低碳转型, 推动能源生产清洁替代、能源消费电能替代和能源系统互联互通。构建全球能源互联网为推动世界能源转型提供了技术先进、经济高效、现实可行的系统方案, 将实现清洁能源大规模开发、输送和使用, 为应对气候变化、促进经济发展发挥关键作用, 是一举多得的

战略举措。

关键词: 俄乌冲突; 能源转型; 清洁替代; 电能替代; 全球能源互联网

0 引言

能源是经济社会发展的重要物质基础, 关乎国家安全和人民福祉。当前, 世界能源发展面临资源紧张、环境污染、气候变化等突出问题, 严重威胁人类生存与发展^[1-2]。俄乌冲突引发全球能源危机, 给世界政治、经济、社会发展带来广泛深刻的影响。能源问题受到空前重视, 成为各国博弈的焦点。准确把握当前全球能源局势, 研判未来能源发展趋势, 对于科学谋划能源转型路径, 推动世界可持续发展具有重要意义。

本文以俄乌冲突对世界能源发展的影响与启示为着眼点, 主要分为两部分。首先, 全面分析了本次冲突对全球能源市场、能源安全和能源结算体系造成的冲击, 总结了能源危机对全球经济社会发展带来的影响; 其次, 分析总结了俄乌冲突给世界能源发展带来的启示, 阐述了加快清洁替代、电能替代、互联互通的必要性、可行性和经济性, 提出了以构建全球能源互联网推动能源转型的系统方案, 阐述了能源革命对促进经济复苏的重要意义, 以为世界能源转型研究提供参考。

1 俄乌冲突对世界能源的主要影响

俄乌冲突给世界政治、经济、社会发展带来广泛深刻的影响, 特别是对全球能源市场、能源安全、能

源结算造成重大冲击。随着冲突持续，能源危机将进一步发酵，全球能源格局和金融秩序面临新的调整，世界经济复苏将遭受拖累。

1.1 冲击国际能源市场，引发世界能源危机

能源价格大幅上涨。2021年第三季度以来，在供给不足、需求扩张等多重因素共同作用下，世界能源市场处于紧平衡状态，能源价格不断上涨。俄乌冲突爆发后，俄罗斯油气出口预期大幅下降，市场对油气供应紧张的担忧加剧，导致全球能源价格大幅上涨。冲突爆发当天，布伦特原油期货（以下简称“布油”）和纽约原油期货价格双双突破100美元/桶关口，创下7年多来新高，随后一直保持在100~130美元/桶区间高位震荡（图1）^[3]。冲突后一周内，荷兰TTF天然气期货（以下简称“TTF天然气”）价格快速上涨120%，收盘价227欧元/MWh，达到近10年来最高位（图2）^[4]。受天然气价格影响，欧洲十几个国家的实时电价最高超过600欧元/MWh，同比上涨8~10倍（图3）^[5]。

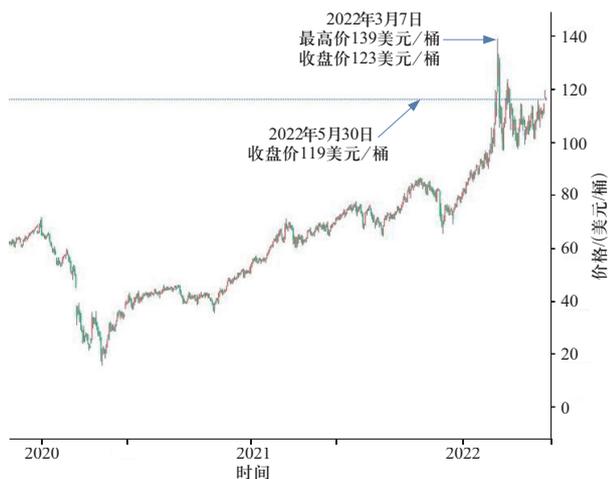


图1 布伦特原油期货价格走势
Fig. 1 Brent crude futures price

新一轮能源危机袭来。20世纪，全球发生过三次能源危机。1973—1975年阿拉伯石油禁运，原油价格上涨3倍；1979—1980年两伊战争，原油价格上涨4倍；1990—1992年海湾战争，原油价格上涨2.5倍。本轮能源危机起点可追溯到2020年新冠疫情爆发，全球经济停摆，能源需求急速下降、价格暴跌。布油价格最低跌到20美元/桶以下，TTF天然气价格最低跌到5美元/MWh以下。2021年下半年，疫情出现好转，经济开始复苏，能源需求上涨、价格攀升。俄乌冲突爆发后，能源供给受到严重挤压，进一步加快了能源价

格上涨速度。截至2022年5月底，布油和TTF天然气收盘价比2年多前的低点分别上涨约5倍和20倍。

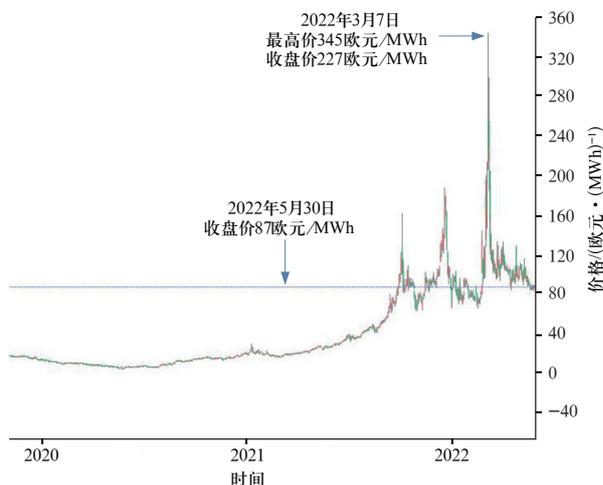


图2 荷兰TTF天然气期货价格走势
Fig. 2 Dutch TTF gas futures price

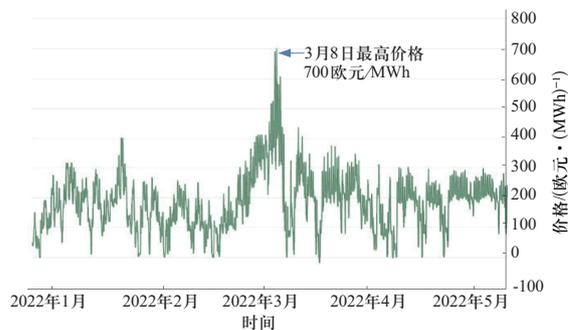


图3 德国电力价格走势
Fig. 3 German electricity price

价格高位运行或将延续数年。俄乌冲突对世界能源供给和能源需求均带来持续性冲击，能源价格高位震荡局面短期不会结束。从供给端看，全球供给能力紧张和供应成本高企还将维持较长时间。一方面，能源禁运、金融制裁、跨国能源公司撤离将损害俄罗斯油气生产和出口能力，加之全球油气库存不足、闲置产能有限等原因，全球油气缺口短期难以填补。另一方面，重组能源供应链成本高昂。欧洲使用美国、卡塔尔等国液化天然气（LNG）替代俄罗斯管道天然气，需要耗费大量资金和时间新建配套设施，还要负担高昂的液化、海运和再气化成本，将进一步推高天然气价格。从需求端看，价格上涨和供给不足将倒逼很多国家尤其是欧盟国家降低能源消费。国际能源署预测，受俄乌冲突影响，2022年欧洲天然气消费将降低6%，世界天然气消费也将小幅下降^[6]。综合考虑能

源供给紧张和疫情后能源需求反弹等情况, 预计国际能源供需将维持紧平衡局面, 油气价格大幅回落的可能性不大。世界银行预测, 全球能源价格将保持高位至2024年底, 且远高于最近五年平均价^[7]。

1.2 冲击世界能源安全, 重构全球能源格局

欧盟深陷能源危机。2020年, 欧盟从俄罗斯进口的天然气和石油分别占进口总量的41% (图4) 和27% (图5)^[8]。俄乌冲突爆发后, 欧盟近一半天然气供应面临短缺, 石油保供也压力重重。5月11日, 乌克兰关闭东部一处关键输气站, 当天俄罗斯向欧洲输送天然气减少约25%, 欧盟真切感受到天然气供应“卡脖子”之痛。尽管欧盟谋求摆脱对俄罗斯能源的依赖, 但从现实看难度极高。现有供应渠道中, 荷兰、挪威等欧洲本土油气产能已无太多上升空间, 北非、阿塞拜疆等俄罗斯以外的天然气管道已在高位运行, 欧盟和英国天然气储备处于历史低位。新的供应渠道方面, 欧佩克国家快速增产能力和意愿不足, 美国、卡塔尔LNG供应链建设需要多年时间。综合考虑上述因素, 欧盟很难在短期内与俄罗斯能源“脱钩”, 能源供应将长期受到制约。

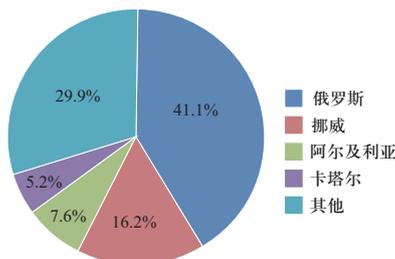


图4 2020年欧盟天然气进口结构

Fig. 4 EU natural gas import dependency in 2020

能源安全受到空前重视。本次能源危机发出警示, 能源作为经济社会发展的重要基础, 事关国计民生和国家安全。很多国家将能源安全上升到前所未有的战略高度, 纷纷出台相关政策, 拓展油气供给渠道, 加快调整能源结构, 以更大力度推进能源转型。欧盟在北美、中东、非洲等地区寻找新的油气供应源, 同时发布REPower EU能源计划, 提出到2025年光伏发电能力增加一倍等目标, 加快能源转型速度。德国制定相关政策草案, 提出到2035年可再生能源满足国内发电需求, 届时德国风电和光伏装机将增加2倍以上。英国发布能源安全战略, 提出加快发展核能、风能、太阳能和氢能。日本政府也表示, 正考虑重启核电站以缓解由俄乌冲突引发的能源供应紧张。

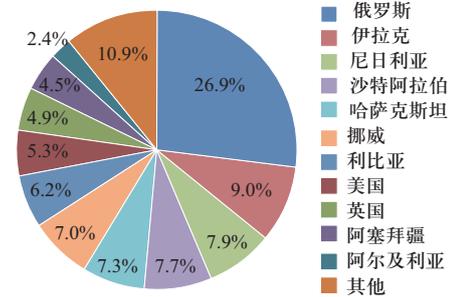


图5 2020年欧盟石油进口结构

Fig. 5 EU crude oil import dependency in 2020

世界油气版图将加速重构。从全球看, 本次冲突打破了原有的能源格局, 世界油气版图将呈现“两个加强”和“两个提升”发展态势。“两个加强”即美欧加强天然气领域合作, 俄罗斯加强油气出口多元化。一方面, 美欧天然气贸易规模有望持续扩大。2021年, 欧盟进口美国LNG创新高, 达220亿 m^3 , 占其进口总量的6%。俄乌冲突爆发后, 美欧达成协议, 美国在2030年前将每年向欧盟供应LNG约500亿 m^3 , 在现有基础上提高一倍。另一方面, 俄罗斯积极拓展国际油气市场, 加快布局“西伯利亚力量”等管道项目和“北极2号”等LNG项目, 努力提高在亚太地区和LNG市场的份额。俄乌冲突爆发后, 俄罗斯与印度的石油贸易快速升温, 4月份俄罗斯成为印度第四大供油国, 市场份额创纪录地升至6%。未来, 世界能源体系围绕两大阵营的博弈可能会进一步升温, 呈现出地缘政治博弈和能源博弈相互交织的复杂局面。“两个提升”即美国和中东的能源话语权提升, 非洲在欧洲油气市场的地位提升。一方面, 全球化石能源生产重心“西移”。美国有望取代沙特成为全球第一大石油出口国, 取代俄罗斯成为全球第一大天然气出口国。沙特、卡塔尔等海湾国家将从本次能源危机中获利, 伊朗也可能在今年重返国际能源市场。另一方面, 非洲天然气对欧洲愈发重要。非洲天然气储量约占全球总储量的7.1%, 年均出口量占欧洲天然气进口总量的18%, 有潜力成为欧洲新的气源。近期, 英国石油公司、埃克森美孚等国际油气巨头纷纷调整在非投资战略, 重启或加速推进此前搁置的天然气项目。从长远看, “两个加强”、“两个提升”将推动全球油气供需实现新的平衡, 油气多极供应的新格局将加速形成。

1.3 冲击能源结算体系, 改变世界金融秩序

能源结算体系发生重大变化。冲突爆发后, 美欧

将俄罗斯7家重要银行移出环球同业银行金融电讯协会（SWIFT），俄罗斯能源贸易结算面临巨大风险，卢布兑美元汇率暴跌。3月23日，俄罗斯要求“不友好国家和地区”必须在俄罗斯的银行开设账户，以卢布结算天然气贸易。奥地利、德国、斯洛伐克、意大利等国的20多家企业已经同意用卢布结算俄罗斯天然气，美元主导的能源支付体系受到冲击。目前，卢布兑美元汇率已恢复至俄乌冲突前水平^[9]。

国际金融体系“多元化”进程进一步加速。本次冲突成为改变国际金融秩序的催化剂，推动国际货币体系、全球金融格局发生深刻改变。二战以来，世界金融体系历经“黄金美元”和“石油美元”时代，美元一直是全球贸易结算和各国央行外汇储备的主要货币。近年来，美国国内货币政策在全球范围产生了很强的负面溢出效应，对很多国家尤其是发展中国家和新兴经济体的金融稳定造成巨大冲击，加之美国对委内瑞拉、伊朗、阿富汗等国实施了冻结美元资产等金融制裁，引发国际社会对美元安全性的担忧，一些国家开始大量减持美元资产。2021年第四季度，美元在全球央行国际储备中的份额降至58.81%，创26年来新低（图6）^[10]，美元地位出现下滑态势。本次冲突中，西方国家冻结俄罗斯数千亿美元的外汇储备，动摇了美元的信用，促使很多国家在国际贸易和外汇储备中更多地使用其他货币避险，全球货币“多元化”加速。沙特考虑在中-沙石油贸易中使用人民币结算，并将人民币计价的期货合约纳入计价体系。俄罗斯和印度实施了“卢布-卢比”贸易支付机制，将使用本国货币开展石油和其他商品贸易。此外，俄罗斯、中国、欧盟均开始建立独立于SWIFT的金融信息交换系统，加快本国货币国际化进程。

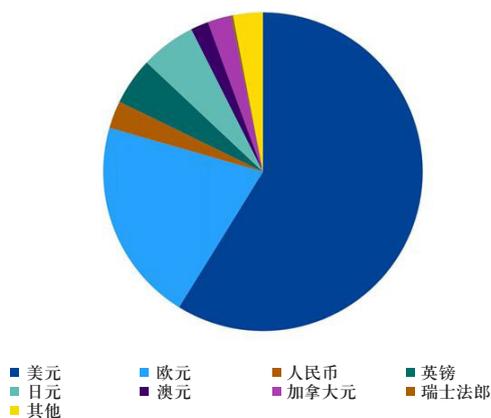


图6 2021年第四季度国际储备货币结构

Fig. 6 International reserve currency structure in 2021Q4

1.4 冲击世界经济运行，拖累全球经济复苏

欧盟经济遭受重创。本次冲突推高能源和相关大宗商品价格，导致欧盟企业用能成本和原材料成本增大、利润降低、产能下降。美国铝业西班牙分公司关闭22.8万t产能；德国铝业巨头TRIMET因电价过快上涨宣布计划减产30%。德国工业协会表示，德国能源密集型产业受损严重，化工、钢铁、有色金属等主要行业面临停摆。德国相关机构预测，德国2022年经济增速将从去年的2.9%降至1.9%。欧洲央行预测，能源价格冲击将使欧盟2022年GDP增长下降约0.5%^[11]，持续的高能源价格将削弱商业竞争力，导致欧洲经济衰退。

全球经济复苏不确定性显著增大。新冠疫情爆发后，全球经济复苏基础薄弱。本次冲突导致物价上涨、通胀加剧、产业链供应链紊乱，打破了原有的国际经济秩序，全球经济复苏不确定性进一步增大。一方面，油气价格上涨加重美、欧、拉美、南亚和非洲等区域通货膨胀，全球通胀形势进一步恶化。2022年3月，美国CPI达8.5%，创40年来最大涨幅^[12]。斯里兰卡电力短缺、物价飞涨，陷入70年来最严重的经济危机。为对抗通胀，美联储和欧洲央行预计会大幅加息，将导致发展中国家和新兴经济体资金外流、债务规模走高，令通胀等问题更加棘手难解。国际清算银行评估，美国和欧洲未来两年通胀率将超过4.5%，其他发达经济体的通胀率将超过3.5%，过去30年通胀“大缓和”时代将结束^[13]。另一方面，经济全球化动力不断受压。本次俄乌冲突将导致一些国家内顾倾向强化、单边主义上升、资源保护主义抬头。受此影响，能源缺、原料荒、运费升、港口堵、物价涨等问题在较长时间内难以彻底缓解，越来越多的国家和企业被迫重置供应链，在本土或本地区进行生产和分包，将严重拖累各国经济增长。IMF最新预测，2022年占全球经济总量86%的143个经济体增速将明显下降^[14]。英国经济学人智库预测，未来10年世界经济增速仅为21世纪头10年的一半。

2 俄乌冲突对世界能源发展的启示

俄乌冲突对世界能源发展产生广泛而深远的影响，揭示了化石能源体系的诸多弊端，在加快能源资源开发、推动能源互联互通、促进绿色低碳转型、实现能源可持续发展等方面，为世界能源发展带来许多深刻启示。

2.1 资源安全是能源安全的根基, 全球能源资源博弈日趋激烈

能源资源是工业的粮食、国民经济的命脉, 只有确保充足的能源资源供应, 才能保障能源安全, 把握发展主动权。近年来, 随着世界能源需求持续快速增长, 能源在国际贸易中的权重不断增大, 能源资源成为各国利益博弈的焦点, 保障化石能源供给、抢占清洁能源制高点成为全球竞争的重要内容。

化石能源资源博弈影响地缘政治走向。当前, 全球化石能源消费占一次能源消费总量的79%, 是世界能源体系的主导能源。美国、俄罗斯等资源大国在化石能源储量、生产量、出口量方面均位于前列, 在世界能源市场中拥有很强的话语权。回顾1973年、1979年及1990年三次全球能源危机, 都具有明显的地缘政治因素, 对石油资源的争夺导致供给端产量大幅下降, 全球石油供不应求、价格飙升, 严重冲击全球经济社会发展。本次俄乌冲突期间, 美欧等国家阻碍俄罗斯参与国际能源贸易, 全球化石能源市场博弈日趋激烈, 能源生产和消费国利益分化调整, 深刻影响全球政治格局。

清洁能源资源日益成为能源博弈的重要领域。化石能源资源不可再生, 开发利用过程中存在高污染、高排放问题。近年来, 随着清洁能源技术经济性快速提升, 世界各国纷纷将清洁能源视为能源转型的突破口, 积极制定政策措施抢占新一轮能源革命制高点。中国倡议构建全球能源互联网, 以清洁和绿色方式满足全球电力需求^[15-16]。美国发起清洁能源复苏战略, 推动低碳经济发展; 提出“电力非洲”战略, 加快撒哈拉以南非洲清洁能源开发^[17]。欧盟发布《欧洲廉价、安全、可持续能源联合行动》, 提出2030年的清洁能源目标从目前的40%提高到45%。印度组建国际太阳能联盟, 提出“一个太阳、一个世界、一个电网”倡议^[18]。随着能源转型快速推进, 清洁能源在世界能源体系中的主导地位将更加凸显, 掌握了清洁能源资源, 就是占据了全球能源治理的制高点, 将为提升全球影响力发挥关键作用。

2.2 世界没有能源孤岛, 打造互联互通的能源共同体是保障能源安全的关键

在经济全球化的今天, 各国能源合作日益紧密, 能源供应链、产业链、价值链相互融合, 世界已经没有能源孤岛。推动能源互联互通, 打造能源命运共同

体, 符合历史发展规律, 将为推动资源开发、降低用能成本、保障能源安全发挥关键作用。

互联互通是基于能源资源禀赋的必然选择。全球能源资源分布很不均衡, 资源禀赋和能源需求呈逆向分布特征。从化石能源看, 全球油气生产主要集中在美国、俄罗斯和中东等地区, 消费中心集中在北美、欧洲和亚洲等地区。全球超过20%的煤炭、75%的石油、32%的天然气跨国跨洲配置^[19], 化石能源运输通道已成为全球能源的“大动脉”。从清洁能源看, 全球70%的风能分布在高纬度地区及各洲近海地区, 85%的太阳能分布在低纬度赤道地区附近, 清洁能源富集地区相距负荷中心数百到数千km, 需要就地转化为电能、远距离输送才能实现清洁能源规模开发和优化配置。全球能源资源和需求逆向分布, 这一特征决定了只有通过互联互通, 走大范围配置的道路, 才能满足全球能源需求。

互联互通是降低能源开发成本的最佳方式。经济性是决定能源资源开发方式的核心因素。加强互联互通, 扩大能源配置范围, 能够实现供给侧和需求侧高效对接, 大幅降低能源开发利用成本, 是最具经济效益的能源开发方式。中国西部、北部能源基地的电力通过特高压输送至东中部, 落地电价比当地火电上网电价低5~8分/kWh, 送端、受端地区均能收益^[20-22]。太阳能、风能、水能等清洁能源具有波动性、随机性和跨时空互补特性, 通过互联互通, 能够充分统筹时间差、季节差、资源差, 降低清洁能源开发成本, 实现多种清洁能源的互补互济和高效利用。以东北亚区域为例, 相比本地独立开发模式, 构建东北亚能源互联网, 仅需增加电网互联投资460亿美元, 节省电源及储能投资约1700亿美元, 效益十分显著^[23]。

互联互通是保障能源安全的必由之路。能源安全事关国家安全, 保障能源安全绝不是“关起大门”, 更不是所谓的“能源独立”。在全球能源一体化程度日益加深的今天, 积极融入全球能源市场, 扩大能源供给渠道, 形成广泛互联的能源供应体系, 才能够在常规和紧急情况下, 有效发挥互联互通的大范围支撑作用, 满足各国能源需求。加强能源国际合作, 扩大互联互通范围, 构筑你中有我、我中有你的能源发展共同体和利益共同体, 才是保障能源安全的治本之策。本次俄乌冲突期间, 美国仍大量进口俄罗斯石油, 多个欧盟国家同意用卢布购买俄罗斯天然气, 印度加大对俄罗斯煤炭采购, “能源独立”的政治口号并没有改变能源互联互通的格局。展望未来, 随着清

洁能源大规模开发利用,电力系统将成为世界能源配置的主要载体,电力贸易将成为世界能源贸易的主要形式,加快推动电网广泛互联,将有效保障世界能源安全供应。

2.3 加快能源绿色低碳转型,实施“两个替代”是推动世界能源可持续发展的治本之策

在应对气候变化大背景下,以化石能源为主的世界能源发展方式难以为继,俄乌冲突凸显了加快能源转型的重要性和紧迫性。解决世界能源发展问题,需要树立全球能源观,加快推动全球能源变革转型,全面推进清洁替代和电能替代(“两个替代”),建设全球能源互联网,为世界提供更安全、更清洁、更高效、可持续的能源供应。

建立在化石能源基础上的世界能源供应体系面临系统性风险。工业革命以来,全球已累计消费化石能源超过6000亿t标准煤,在推动经济社会发展的同时,面临资源紧缺、气候变化、地缘政治等突出问题,给人类可持续发展带来系统性、全局性风险。按目前开发强度,全球已探明剩余石油和天然气储量分别只能开采50年和51年^[19],将有限的化石能源作为燃料使用不可持续,面临巨大资源风险。全球化石能源消费占一次能源消费总量的79%,每年产生碳排放335亿t,占全球碳排放总量的80%(图7)。截至2021年底,全球平均温度比工业革命前上升1.2℃,按此趋势,到本世纪末将超过3℃,造成不可逆转的灾难,面临全球气候变化风险^[24]。化石能源是战略资源,当前国际能源市场波动加大,逆全球化、单边主义、保护主义思潮涌动,面临巨大地缘政治风险。

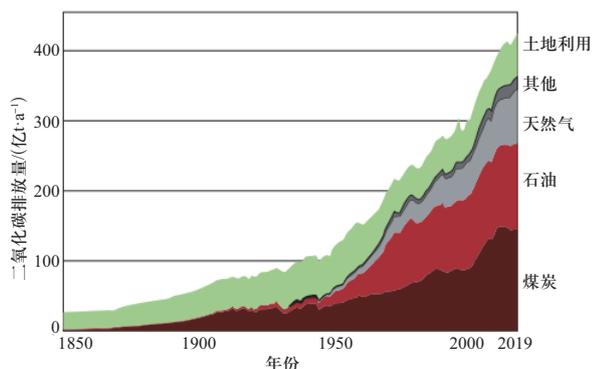


图7 全球二氧化碳排放情况

Fig. 7 Global carbon dioxide emissions

应对化石能源挑战,关键是遵循能源发展规律,加快实施“两个替代”。全球清洁能源资源丰富,太

阳能、风能、水能理论蕴藏量超过130万亿kW,仅开发万分之五就能满足世界能源需求^[25]。电能是清洁、高效、零排放的能源,产生的经济价值相当于等当量煤炭的17.3倍、石油的3.2倍。电能占终端能源比重每提高1个百分点,能源强度下降3.7%。解决全球能源问题,治本之策是转变能源发展方式,加快推进清洁替代和电能替代,彻底摆脱化石能源依赖。清洁替代就是在能源生产环节以太阳能、风能、水能等清洁能源替代化石能源发电,加快形成清洁能源为主的能源供应体系,以清洁和绿色方式满足用能需求。电能替代就是在能源消费环节以电代煤、以电代油、以电代气、以电代柴,用的是清洁发电,加快形成电为中心的能源消费体系,让能源使用更绿色、更高效、更经济。“两个替代”符合世界能源清洁化、电气化、高效化发展规律,是加快能源转型的战略途径,能够从源头减少化石能源消费,建立以清洁能源为基础的发展模式,为各国经济社会发展提供充足、经济、清洁和可持续的能源供应,根本解决全球资源紧缺、气候变化、地缘政治等突出问题,实现可持续发展。

现代能源技术水平和经济性大幅提升,为加快实施“两个替代”、促进能源转型奠定坚实基础。当前,世界能源技术蓬勃发展,光伏电池转化效率每年以1~1.5个百分点的速度持续提高,已达到21%以上;海上风电单机容量不断提高,12 MW风机已投入商业运行,14 MW风机已经研制成功;±1100 kV特高压直流输电距离可达6000 km以上,输送能力达到1200万到1500万kW^[26]。随着技术进步,新能源的经济性和竞争力不断提高,过去5年,全球风电、光伏发电成本分别下降了30%、75%。南美、西亚多个光伏、风电项目中标价已低至2美分/kWh,预计到2025年,光伏和陆上风电竞争力将全面超过化石能源发电。总的看,加快实施“两个替代”,技术上可行、经济上有竞争力,加快发展的条件已经具备。

全球能源互联网为实现世界能源变革转型提供了高效可行的系统解决方案。全球能源互联网是能源生产清洁化、配置广域化、消费电气化的新型能源系统,是清洁能源在全球范围大规模开发、输送和使用的重要平台,能够应用智能电网、特高压电网等先进技术,广泛连接大型能源基地以及各种分布式电源,将清洁能源输送到千家万户,具有网架坚强、多能互补、高度智能、开放互动的特征,是互联网理念对现有能源系统的深度改造。构建全球能源互联网,能够加快“两个替代”,全面推动世界能源变革转型。一

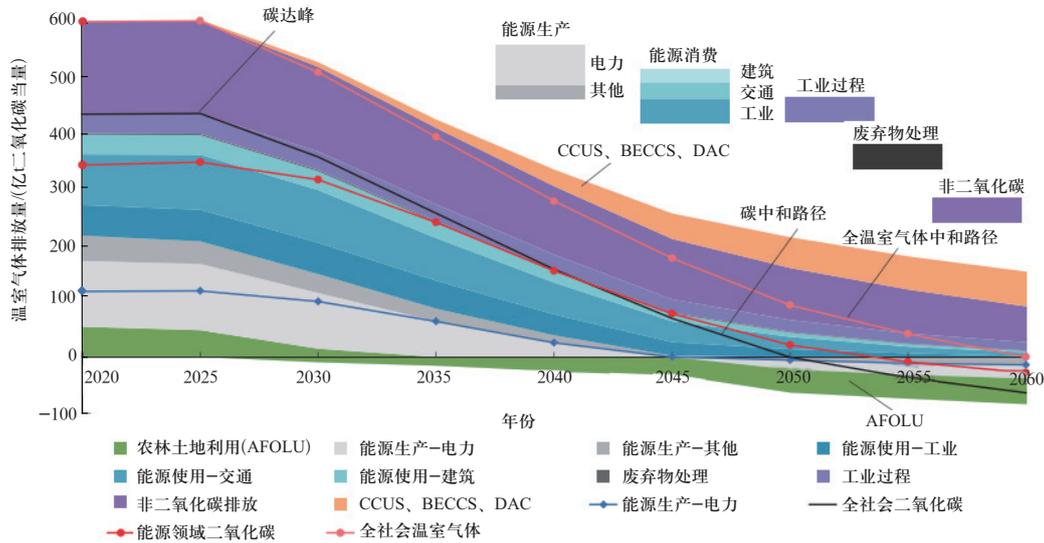


图8 全球温室气体排放预测

Fig. 8 Global greenhouse gas emissions projections

是提高能源转型质效。构建全球能源互联网，将促进全球水、风、光等清洁能源大规模开发利用，实现全球能源结构调整、布局优化和效率提升。相比现有发展模式，全球清洁能源开发速度和全社会电气化率增速均将提高1.5倍以上，到2050年全球清洁能源占一次能源比重超过80%、电气化率超过60%^[27]。二是减少温室气体排放。建设全球能源互联网，将实现“双主导”和“双脱钩”，即能源生产清洁主导、能源消费电能主导，能源发展与碳脱钩、经济发展与碳排放脱钩。经研究测算，能源相关碳排放将在2025年前后达峰，2050年左右基本净零（图8），全社会碳减排边际成本仅为15美元/t，远低于其他方案（30~100美元/t），以更快速度、更低成本、更优路径实现《巴黎协定》目标^[28-29]。三是保障能源永续供应。构建全球能源互联网，全球人均年用电量将从2016年的3100 kWh增长到6200 kWh，提高1倍；每年减少用电成本1.8万亿美元，根本解决8亿多人用不上电、30亿人用不起电的问题，让人人享有清洁、经济、高效的可持续能源^[22]。

2.4 加快推动能源系统转型升级，将为促进全球经济复苏和可持续发展发挥关键作用

加快能源转型是事关人类可持续发展的战略举措，不仅为保障能源安全发挥关键作用，还将带动产业升级，促进经济发展、创造合作空间，是一举多得战略举措。

开辟产业升级新道路。能源互联网连接能源生产、配置、消费等各环节，投资机会多、发展空间

大、商业价值高、创新动力强，是推动产业转型升级的重要支柱。加快推动能源变革转型，构建以清洁电力为基础的产业体系和生产生活方式，将带动高端装备制造、新能源、新材料、电动汽车、节能环保、新一代信息技术等战略新兴产业发展，推动钢铁、建筑、化工等传统行业迈入更加绿色、高效形态，促进产业链升级、价值链提升，惠及整个能源产业链和相关行业，为世界各国企业创新发展和转型升级带来重大机遇。

打造经济复苏新引擎。当前，世界经济深度调整、复苏缓慢，增长动力不足。加快推动能源变革转型，将打造“后疫情时期”经济增长新引擎，带动智能电网、特高压、清洁能源等投资建设，加快大数据、物联网、云计算、人工智能等前沿技术突破，打造新型数字经济、共享经济和平台经济，为经济增长提供强劲动力。经研究测算，以全球能源互联网推动全球能源变革转型，总投资超过38万亿美元，包括电源投资27万亿美元、电网投资11万亿美元，将累计新增就业岗位1亿个，拉动全球经济年均增长0.2个百分点^[27]。

创造发展合作新空间。加快推动全球能源变革转型，将开创清洁能源大规模开发利用新局面，推动清洁能源开发和共享，资源输出国、途经国、受入国都能获益，增进国家互信，减少化石能源竞争引发的对立冲突；将充分发挥发达国家和发展中国家在技术、市场、资源等方面的互补优势，促进发展中国家和地区的清洁能源资源优势转化为经济优势，打造和平、

普惠、共赢的全球治理新格局,实现全球包容性增长和共同繁荣,让世界成为一个能源充足、天蓝地绿、亮堂堂、和平和谐的“地球村”。

3 结论

1) 俄乌冲突和能源领域制裁影响了国际能源供需关系,对国际能源市场、世界能源安全、能源结算体系、全球经济发展造成重大冲击,给世界能源发展带来广泛深远的影响。

2) 能源是经济社会发展的物质基础,保障化石能源充足供给、抢占清洁能源制高点是全球话语权竞争的重要内容。

3) 世界没有能源孤岛,打造广泛互联的全球能源共同体,符合能源资源禀赋特征,是推动国际能源合作、降低能源供应成本、保障能源安全的必然选择。

4) 可持续发展的核心是清洁发展,推动世界能源转型,关键是实施“两个替代”,构建清洁主导、电为中心的能源生产消费格局。全球能源互联网能够以清洁绿色方式满足全球电力供应,为加快“两个替代”、推动能源可持续发展提供了系统方案。

5) 加快推动能源变革转型,对开辟产业升级新道路、打造经济发展新引擎、创造发展合作新空间具有重要意义,将为促进全球经济复苏和可持续发展发挥关键作用。

参考文献

- [1] 刘振亚. 中国电力与能源[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [2] 辛保安, 单葆国, 李琼慧, 等. “双碳”目标下“能源三要素”再思考[J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(9): 3117-3126.
XIN Baoan, SHAN Baoguo, LI Qionghui, et al. Rethinking of the “three elements of energy” toward carbon peak and carbon neutrality[J]. Proceedings of the CSEE, 2022, 42(9): 3117-3126(in Chinese).
- [3] Intercontinental Exchange. Brent crude futures [DB/OL]. (2022) [2022-05-30]. <https://www.theice.com/products/219/Brent-Crude-Futures/data?marketId=5166938>.
- [4] Intercontinental Exchange. Dutch TTF gas futures [DB/OL]. (2022) [2022-05-30]. <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5396828>.
- [5] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. Energy charts [DB/OL]. (2022)[2022-05-30]. <https://www.energy-charts.info/contact.html?l=en&c=DE>.
- [6] International Energy Agency. Gas market report [R]. Paris: IEA. 2022.
- [7] GROUP W B. Commodity markets outlook, April 2020[M]. World Bank, Washington D.C., 2020.
- [8] European Statistical System. EU energy mix and import dependency [EB/OL].(2022)[2022-03-04]. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency&stable=1#Energy_mix_and_import_dependency.
- [9] 新浪财经. 俄罗斯卢布兑美元汇率[DB/OL]. (2022) [2022-05-30]. <https://finance.sina.com.cn/money/forex/hq/RUBUSD.shtml>.
- [10] IMF-International Monetary Fund. currency composition of official foreign exchange reserve. (COFER) [DB/OL]. (2022) [2022-03-31]. <https://data.imf.org/?sk=E6A5F467-C14B-4AA8-9F6D-5A09EC4E62A4>.
- [11] European Central Bank. Macroeconomic projections [EB/OL]. (2022) [2022-03-10]. https://www.ecb.europa.eu/pub/projections/html/ecb.projections202203_ecbstaff-44f998dfd7.en.html.
- [12] United States Bureau of Labor Statistics. Customer price index [DB/OL]. (2022)[2022-04-30]. <https://www.bls.gov/charts/consumer-price-index/consumer-price-index-by-category.htm>.
- [13] Bank for International Settlements. The return of inflation [EB/OL]. (2022) [2022-04-05]. <https://www.bis.org/speeches/sp220405.pdf>.
- [14] International Monetary Fund. World economic outlook [R]. Washington D.C.: IMF, 2022.
- [15] 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.
- [16] 黄其励. 中国可再生能源发展对建设全球能源互联网的启示[J]. 全球能源互联网, 2018, 1(1): 1-9.
HUANG Qili. Insights from China renewable energy development for global energy interconnection[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2018, 1(1): 1-9(in Chinese).
- [17] 张宇宁, 王克, 向月皎, 等. 碳中和背景下美国回归全球气候治理的行动、影响及中国应对[J]. 全球能源互联网, 2021, 4(6): 560-567.
ZHANG Yuning, WANG Ke, XIANG Yuejiao, et al. The US returning to global climate governance in context of carbon neutrality: action, impacts and China’s response[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2021, 4(6): 560-567(in Chinese).
- [18] DINKAR S V. One sun, one world, one grid (osowog)-a global electricity grid [J]. Journal International Association on Electricity Generation, Transmission and Distribution, 2020, 33(2): 17-18.
- [19] BP. BP statistical review of world energy 2021 [R]. Paris: IEA, 2020.

- [20] 刘泽洪. ± 1100 kV特高压直流输电工程创新实践[J]. 中国电机工程学报, 2020, 40(23): 7782-7792.
LIU Zehong. Findings in development of ± 1100 kV UHVDC transmission[J]. Proceedings of the CSEE, 2020, 40(23): 7782-7792(in Chinese).
- [21] 舒印彪, 刘泽洪, 高理迎, 等. ± 800 kV 6400 MW特高压直流输电工程设计[J]. 电网技术, 2006, 30(1): 1-8.
SHU Yinbiao, LIU Zehong, GAO Liying, et al. A preliminary exploration for design of ± 800 kV UHVDC project with transmission capacity of 6400MW[J]. Power System Technology, 2006, 30(1): 1-8(in Chinese).
- [22] 刘泽洪, 郭贤珊, 乐波, 等. ± 1100 kV/12000 MW特高压直流输电工程成套设计研究[J]. 电网技术, 2018, 42(4): 1023-1031.
LIU Zehong, GUO Xianshan, YUE Bo, et al. System design of ± 1100 kV/12000 MW UHVDC transmission project[J]. Power System Technology, 2018, 42(4): 1023-1031(in Chinese).
- [23] DU E S, JIANG H Y, XIAO J Y, et al. Preliminary analysis of long-term storage requirement in enabling high renewable energy penetration: a case of East Asia[J]. IET Renewable Power Generation, 2021, 15(6): 1255-1269.
- [24] IPCC. Global warming of 1.5 °C[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- [25] 全球能源互联网发展合作组织. 全球清洁能源开发与投资研究[M]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
- [26] LIU Zehong, GAO Liying, YU Jun, et al. R & D ideas of ± 1000 kV UHVDC transmission technology[J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(22): 76-82.
- [27] 全球能源互联网发展合作组织. 全球能源互联网发展与展望 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2020.
- [28] 全球能源互联网发展合作组织. 全球碳中和之路[M]. 北京: 中国电力出版社, 2021.
- [29] 侯方心, 张士宁, 赵子健, 等. 实现《巴黎协定》目标下的全球能源互联网情景展望分析[J]. 全球能源互联网, 2020, 3(1): 34-43.
HOU Fangxin, ZHANG Shining, ZHAO Zijian, et al. Global energy interconnection scenario outlook and analysis in the context of achieving the Paris agreement goals[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2020, 3(1): 34-43(in Chinese).

收稿日期: 2022-06-06; 修回日期: 2022-06-29。

作者简介:

刘泽洪 (1961), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事特高压输电工程的研究和建设工作, E-mail: zehong-liu@sgcc.com.cn。

阎志鹏 (1990), 男, 博士, 高级工程师, 从事能源互联网研究工作。



刘泽洪

侯宇 (1987), 男, 博士, 高级工程师, 从事能源互联网研究工作。

(责任编辑 张宇)