

DOI: 10.14015/j.cnki.1004-8049.2019.03.004

吴磊、曹峰毓：“论世界能源体系的双重变革与中国的能源转型”，《太平洋学报》，2019 年第 3 期，第 37-49 页。

WU Lei, CAO Fengyu, “On the Dual Changes of the World Energy System and the Energy Transition of China”, *Pacific Journal*, Vol.27, No.3, 2019, pp.37-49.

论世界能源体系的双重变革与中国的能源转型

吴磊¹ 曹峰毓¹

(1. 云南大学, 云南 昆明 650091)

摘要: 21 世纪以来,世界能源体系发生了双重变革。其中,以页岩油气开发为代表的非常规油气革命缓解了能源市场紧张的供求关系,并使得油气资源的供应日益多元化;在政策引导与技术进步的影响下,可再生能源产业也得到了稳步的发展,已经开始了对传统化石能源的替代进程。从能源替代的角度看,这双重变革间存在着竞争性与矛盾性,但若考虑到更多的现实性因素,并从能源政治经济学等更广的角度看,两者则具有互补性与统一性。国际能源体系的双重变革对各国能源战略产生了深刻影响。其中,美国决定恢复对传统能源产业的扶持,而德国则仍坚持促进可再生能源产业的发展。在高碳能源结构仍将持续、能源峰值尚未到来的情况下,中国应采取以保障能源安全为核心,兼顾环保的能源转型思路。在具体的实施层面,中国应注重能源转型战略设计的整体性、前瞻性以及政策制定与执行的连续性。此外,还应推动能源外交的升级,通过加强能源制度性权力与输出能源开发能力,力争成为此轮国际能源转型的重要引领者。

关键词: 非常规油气资源; 可再生能源; 能源转型; 能源革命

中图分类号: D815/F416.22

文献标识码: A

文章编号: 1004-8049(2019)03-0037-13

进入 21 世纪以来,世界能源体系出现了双重变革。一方面,非传统石油与天然气资源的大规模开发缓解了国际油气市场长期紧张的供求关系,并最终导致国际油气价格的大幅下跌。另一方面,在政策引导与技术进步的不断推动下,可再生能源稳步发展并逐渐获得了与传统化石能源竞争的实力,似乎下一次整体性的国际能源转型已呼之欲出。在这种情况下,深入把握这双

重变革的发展态势,明确两者的相互关系,对于中国能源转型的顺利推进有着十分重要的意义。

一、非常规油气资源开发的异军突起——世界能源体系的第一重变革

世界能源体系在 21 世纪发生的第一重变革是非常规石油与天然气资源开采量的爆发式

收稿日期: 2018-04-09; 修订日期: 2019-01-07。

基金项目: 本文系国家社科基金项目“美国能源再平衡战略及其影响研究”(14XGJ013)的阶段性研究成果。

作者简介: 吴磊(1962—),男,云南昆明人,云南大学国际关系研究院院长,教授,博士生导师,历史学博士,主要研究方向:国际能源安全与中国石油安全;曹峰毓(1991—),男,辽宁大连人,云南大学国际关系研究院 2016 级博士研究生,主要研究方向:能源政治。

* 感谢《太平洋学报》编辑部和匿名审稿专家提出的建设性修改意见,文中错漏由笔者负责。

增长。其中,发生在美国的“页岩气革命”成为了此轮变革的主要推动者。需要说明的是,“页岩气革命”实际上同时发生在石油与天然气领域,是一场油气领域的整体性革命。^① 在这种情况下,本文将在“页岩气革命”的框架下同时对两者进行探讨。

所谓“页岩油气”资源,指的是“蕴藏在以页岩为主的页岩层系中的石油与天然气资源”。这类资源所在的岩层自然压力低且孔渗性差,对开采有着较高的技术要求,属于典型的非常规油气资源。早在1821年,美国便在阿巴拉契亚盆地(Appalachian Basin)开展了首次商业性页岩气开采。不过,由于技术条件的限制,页岩气的开采量在很长时间中十分有限,在20世纪70年代仅为约20亿立方米,与美国同期近6千亿立方米的天然气消耗量相比几乎可忽略不计。^②

随着水力压裂法与水平钻井法分别于1981年和2002年被应用于页岩油气开发,该领域的技术瓶颈得以突破,使页岩油气的产量在21世纪初实现了快速增长。^③ 在2009年,学界首次使用“页岩气革命”(Shale Gas Revolution)一词来描述这一巨大变革。^④ 在天然气领域,美国的天然气产量在1974年达到5594亿立方米后便开始持续下滑,并在1983年减少至4377亿立方米的历史最低点。随后,天然气产量虽出现了持续回升,但速度极为缓慢,在1986—2005年间,产量仅以年均0.6%的速度递增。^⑤ 2005年后,在页岩气开采的带动下,美国天然气产量止跌回升,并于2011年突破了历史最高值。至2018年,美国的天然气产量已经从2005年的约4894亿立方米上升至8615亿立方米。与此同时,页岩气占美国天然气总产量的比重也逐渐上升,由2007年的10.68%上升至2018年的70.9%(参见图1)。^⑥

得益于新技术的应用,美国的石油产量也呈现出类似的变化趋势。该国的石油产量在1970年达到了35.2亿桶后便陷入了长期的下滑,期间只在20世纪70年代末因阿拉斯加与墨西哥湾等油田的投产而得到小幅回升。在2008年,美国的石油产量跌至18.3亿桶的历史最低点。2009

年,伴随着“页岩气革命”的爆发,美国的石油产量止跌回升,并在2018年达到了40亿桶的历史最高值。在同一时期,页岩油占美国石油产量的比重也由2009年的11.13%上升至2018年的58.90%(参见图2)。^⑦

值得注意的是,其他非常规油气资源的大规模开发也对世界能源版图造成了巨大影响。其中,加拿大在1967年开始了对油砂(一种沥青、沙、富矿黏土和水的混合物)的商业性开采。通过后续处理,这些油砂可被转换为“合成原油”而加以利用。进入21世纪后,随着蒸汽辅助重力泄油(Steam-Assisted Gravity Drainage)与蒸汽吞吐(Cyclic Steam Stimulation)等技术的成熟与开采成本的降低,该国油砂开采量得以迅速上升,并使加拿大的产油量在2017年达到了平均每日495.8万桶,成为了世界第四大产油国。^⑧ 而巴西则在同一时期开始了对盐下层石油(一种埋藏在厚岩石层与盐层之下的深海石油资源)的大规模开采。开采此类石油资源面临的主要挑战来自于其埋藏的巨大深度以及由此带来的压力。2007年,巴西国家石油公司(Petrobras)与英国天然气集团(BG Group)在图皮(Tupi)海域约5486米的水下发现了约50~80亿桶石油资源,深度远超美国能源信息署(EIA)

① 朱彤、王蕾著:《国家能源转型:德、美实践与中国选择》,浙江大学出版社,2015年版,第216页。

② “BP Stats Review 2018 All Data”, BP, June 13, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>.

③ 管清友、李君臣:“美国页岩气革命与全球政治经济格局”,《国际经济评论》,2013年第2期,第24页。

④ 同①,第215页。

⑤ 同②。

⑥ “Dry Shale Gas Production Estimates by Play”, U.S. Energy Information Administration, March 21, 2019, https://www.eia.gov/naturalgas/weekly/img/shale_gas_201902.xlsx.

⑦ “U.S. Tight Oil Production”, U.S. Energy Information Administration, February 31, 2019, <https://www.eia.gov/energyexplained/data/U.S.%20tight%20oil%20production.xlsx>.

⑧ “Total Petroleum and Other Liquids Production 2017”, U.S. Energy Information Administration, December 31, 2018, <https://www.eia.gov/beta/international/rankings/#?iso=CAN&cy=2017>.

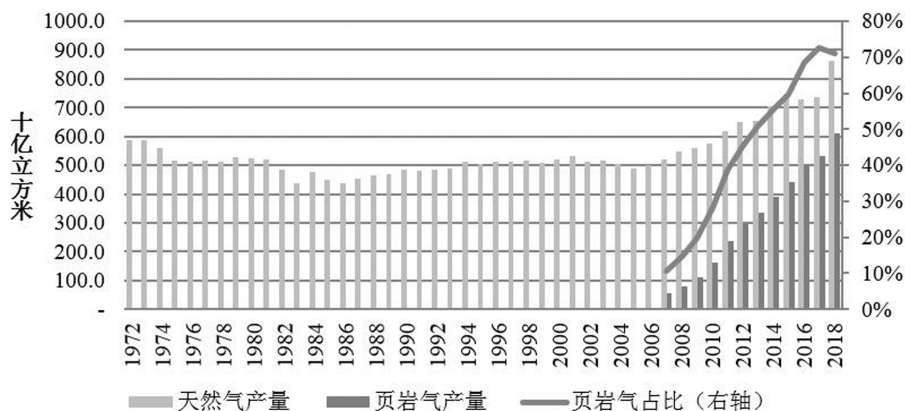


图1 1972—2018年美国天然气与页岩气生产情况

数据来源:“BP Stats Review 2018 All Data”, BP, June 13, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>; “Dry Shale Gas Production Estimates by Play”, U.S. Energy Information Administration, March 21, 2019, https://www.eia.gov/naturalgas/weekly/img/shale_gas_201902.xlsx.

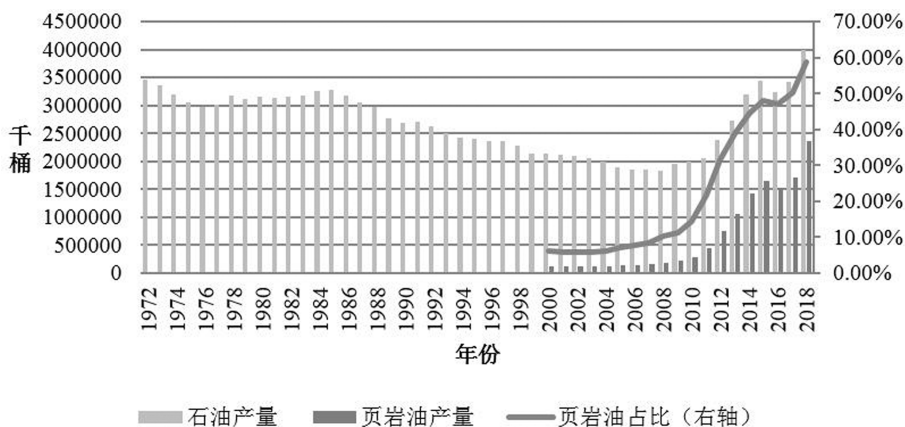


图2 1972—2018年美国石油与页岩油生产情况

数据来源:“U.S. Field Production of Crude Oil”, U.S. Energy Information Administration, December 31, 2018 <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=mcrfpus1&f=a>; “U.S. Tight Oil Production”, U.S. Energy Information Administration, February 31, 2019, <https://www.eia.gov/energyexplained/data/U.S.%20tight%20oil%20production.xlsx>.

定义超深水钻探标准(仅为1524米)。2009年,巴西开始了盐下层石油的商业性开采。至2016年,其产量已达平均每日102万桶,约占该国石油产量的40%。^①此外,委内瑞拉的超重油也是值得关注的对象。该国的大部分石油资源均以超重质原油的形式富集在奥里诺科重油带(Orinoco Belt)。由于超重质原油极为黏稠,在开采时需要加入水和乳化剂以促使其流动。该国对这一资源的商业性开发始于1983年。20世纪90年代以来,奥里诺科重油带的石油产量逐渐增

加。2005年,委内瑞拉国家石油公司(PDVSA)出台了“石油播种计划”(Oil Sowing Plan),旨在通过增加对超重质原油开发活动的投资增加本国非常规石油的产量。该国计划在2019年将超重质原油的产量提升至每日400万桶。^②

① “Country Analysis Brief: Brazil”, U.S. Energy Information Administration, November 21, 2017, https://www.eia.gov/beta/international/analysis_includes/countries_long/Brazil/brazil.pdf.

② 穆龙新:“委内瑞拉奥里诺科重油带开发现状与特点”,《石油勘探与开发》,2010年第3期,第338—343页。

非常规油气资源的大规模开发对世界能源格局造成了重大影响,具体表现为两点:世界油气资源供应量的日益充足与供应源的逐渐多元化。从油气资源供应的绝对值角度上看,两者的开采量分别由2000年的每日7490.7万桶、2.4万亿立方米,上升至2017年的每日9264.9万桶、3.7万亿立方米。^① 有机构认为,凭现有的石油资源便可满足全球2050年的能源消费。^② 油气资源供应充裕的直接后

果便是能源价格的大幅下跌。根据图3可以看出,除了在2009年因世界性的经济危机而出现了短暂的下滑外,国际油气价格在2000—2014年中一直维持高位运行。2015年,随着“页岩气革命”的爆发,能源价格得以大幅下跌。根据国际能源机构(IEA)的预测,由于供应较为充足,在2030年之前,世界石油价格将不会出现大规模的上涨,预计价格区间将维持在每桶50~70美元。^③

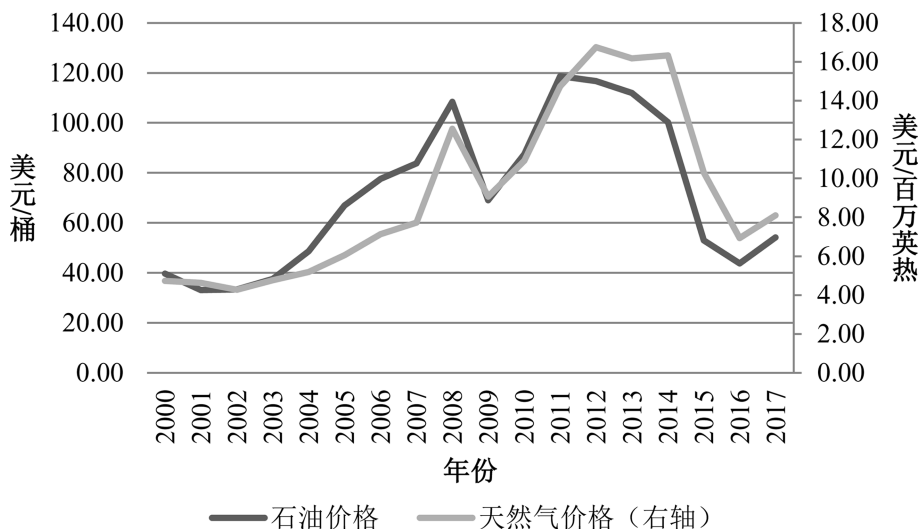


图3 2000—2017年全球石油与天然气价格变化情况

数据来源:“BP Stats Review 2018 All Data”, BP, June 13, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>. (注:石油价格为布伦特原油现货价格,天然气价格为日本液化天然气到岸价格。)

从油气资源供应的地域分布上看,非常规油气资源的大规模开发利用也促使世界能源供应的多元化。从历史上看,北美地区曾是世界主要的油气进口区。该地区油气进口量的最高峰为2007年的平均每日1146万桶与493亿立方米。不过,在非传统油气资源的带动下,该地区进口量逐步降低。2016年,北美地区石油与天然气的总进口量仅为每日457万桶与196亿立方米。2015年北美地区甚至实现了小规模天然气净出口。^④ 预计北美地区在2020年便可实现油气资源的自给自足,并逐渐成为国际油气市场重要的出口源(参见图4)。由此可见,世界油气生产中心西移的趋势正日渐明显。

① “BP Stats Review 2018 All Data”, BP, June 13, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>.

② [美]丹尼尔·耶金著,朱玉彝、阎志敏译:《能源重塑世界》(上),石油工业出版社,2012年版,第231页。

③ IEA, *World Energy Outlook 2017*, International Energy Agency, 2017, p. 94.

④ 同①。

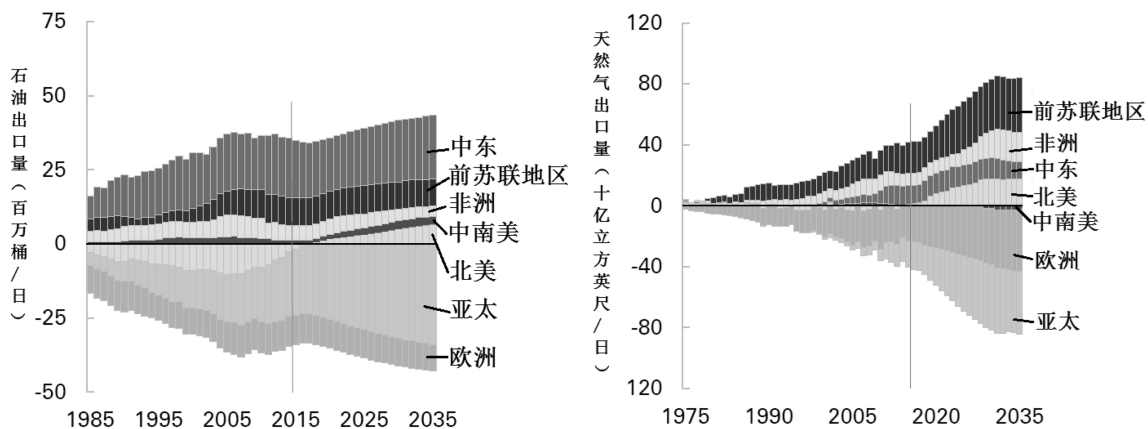


图4 1985—2035年全球石油与天然气出口量变化情况

数据来源:BP Energy Outlook 2035, London: BP, 2015, pp. 44,54.(注:负值表示该地区处于净进口状态。)

二、可再生能源产业的稳步发展 ——世界能源体系的第二重变革

世界能源体系发生的第二重变革是可再生能源产业的稳步发展。与非常规油气资源的大规模开发主要依靠技术突破不同,可再生能源产业发展的主要推动力源于政策引导与技术突破的共同作用。

在政策引导上,世界各国政府对可再生能源产业的扶植主要可分为两个阶段。第一个阶段发生在20世纪70年代。随着两次世界性石油危机的爆发,国际社会逐渐意识到传统的化石能源难以保障世界经济的持续发展。为保障能源的供应安全,发达国家开始发展替代能源,其中水电、风能、太阳能与生物质能等可再生能源便是发展的重要对象。其中,美国在1974年通过了首个太阳能法案,标志着现代可再生能源产业的诞生。^① 政策引导的第二个阶段始于20世纪90年代,主要的动因为环境保护。随着工业革命以来人类对化石燃料的大量消费,全球的碳排放量迅速上升,气候变暖问题日益严重。据统计,在1981—1990年中,全球平均气温相较于一个世纪前上升了约0.48℃。其中,20世纪90年代是自19世纪中期开始温度记录工作以来最温暖的十年。此外,化石燃料燃烧导致的硫化物、氮化物、可吸入颗粒物等污染物排

放的上升也引起了人们的广泛关注。1992年通过的《联合国气候变化框架公约》与1997年通过的《京都议定书》为发达国家规定了温室气体的减排义务。此后,可再生能源的发展迎来了第二个发展高峰。

在技术进步上,可再生能源产业能够稳步发展主要依靠的是运营成本的逐渐降低。目前,可再生能源已经在世界部分地区取得了相较于传统能源的成本优势(参见图5)。其中,太阳能光伏发电的成本降幅最大,发电成本已经降至平均每千瓦时0.12美元。此外,陆上风力发电、海上风力发电、聚光太阳能发电(Concentrating Solar Power)的燃料发电成本(levelised cost of electricity)已经分别降至每千瓦时0.07美元、0.15美元与0.27美元。^② 在液体燃料领域,一些国家与地区生物燃料的生产成本也已经与成品油价格较为接近。例如,2014年阿根廷、东南亚国家与欧盟的生物柴油价格分别为每升0.56~0.72美元、1~1.3美元与1.05~1.3美元;美国与巴西的燃料乙醇价格则分别为每升0.85~1.28美元和0.85~1.28美元。^③

与非传统油气资源开发的爆发式增长不同,

① [美]丹尼尔·耶金著,朱玉森、阎志敏译:《能源重塑世界》(上),石油工业出版社,2012年版,第167页。

② REN21, *Renewables Global Status Report 2017*, REN21 Secretariat, 2017, p. 91.

③ 高慧、杨艳、饶利波等:“全球可再生能源发展态势分析”,《国际石油经济》,2016年第4期,第3页。

可再生能源产业的发展属于长时间稳步推进的过程。根据图 6 可以看出,可再生能源在 1965 年的消费量仅有约 212.2 百万吨油当量,占世界一次能源消耗的比重为 5.7%。在 1977—1983 年,随着石油等传统能源价格的上升,可再生能源迎来了第一个发展高峰,消费量从 342.4 百万吨油当量上升至 440.6 百万吨油当量,所占比重也由 5.5% 上升至 6.6%。随后可再生能源的消费量虽一直维持上升状态,但所占比重却有所下降。

2003 年后,可再生能源进入了第二个发展高峰,消费量由 658.9 百万吨油当量上升至 2017 年的 1 405.5 百万吨油当量,占世界一次能源消耗的比重也同期从 6.6% 上升至 10.4%。除了在消费量上的变化,可再生能源另一个显著的发展是利用形式上的多元化。在 20 世纪 90 年代前,水力发电几乎是利用可再生能源唯一手段。随后,风能、太阳能、生物质能等可再生能源形式也逐渐得到了大规模应用(参见图 7)。^①

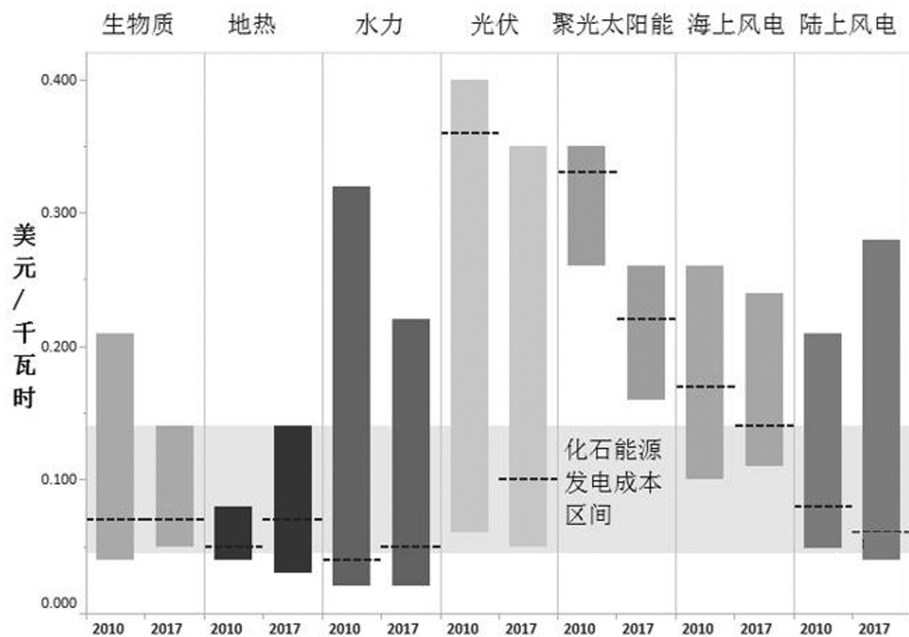


图 5 2010—2017 年全球可再生能源与化石能源发电成本比较

数据来源：“LCOE 2010—2017”，International Renewable Energy Agency, December 31, 2018, <https://www.irena.org/ourwork/Knowledge-Data-Statistics/Data-Statistics/Costs/LCOE-2010-2017>。

注：虚线处为全球平均成本。

时至今日,在政策引导与技术突破的双重激励下,可再生能源成为了目前国际社会发展的重点能源形式。在 2015—2016 年各国新增的发电能力中,可再生能源已经超过了传统的化石能源。据统计,2017 年风能、太阳能、水力发电等可再生能源的新增装机容量达到了 153 吉瓦,占世界新增发电能力的 59.1%。这一趋势在投资总量的变化上体现得更加明显。可再生能源在发电领域获得的投资在 2012 年超过了化石能源。其中,各国 2016 年在可再生能源电站上的投资高达 2 498 亿美元,而同期化石能源与核能得到的投资仅分别为 1 138 亿美元与 300

亿美元。^② 从国别上看,发展中国家也日渐成为了发展可再生能源的主力。2004 年,发达国家占到了可再生能源投资总量的 79.2%。随后,发展中国家在可再生能源领域的投资比重逐渐增大,并从 2015 年开始超过了发达国家。2017 年,发展中国家在可再生能源领域的投资总额

^① BP Stats Review 2018 All Data”, BP, June 13, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>。

^② UNEP, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2017*, Frankfurt School - UNEP Collaborating Centre, 2017, pp. 33-34.

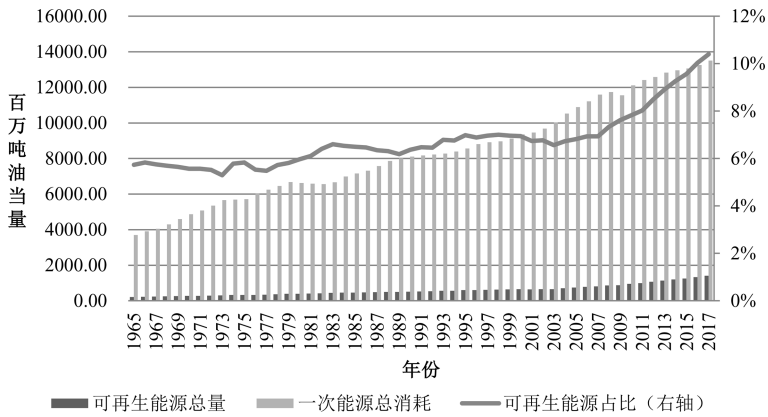


图6 1965—2017年世界一次能源与可再生能源消耗量变化情况

数据来源：“BP Stats Review 2018 All Data”，BP，June 13, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>.

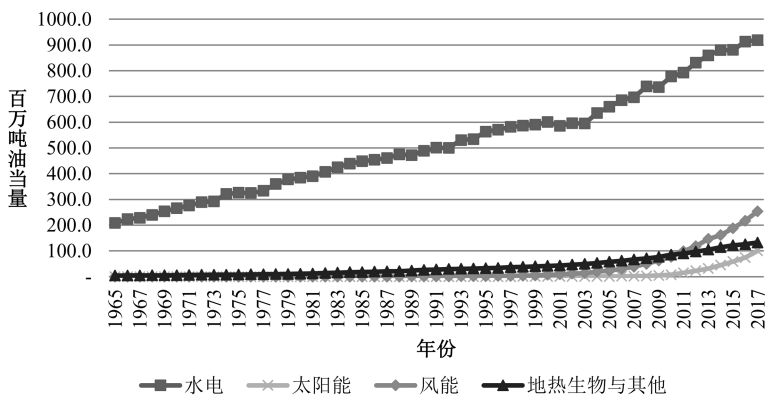


图7 1965—2017年世界各类可再生能源消耗量变化情况

数据来源：“BP Stats Review 2018 All Data”，BP，June 13 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/xlsx/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx>.

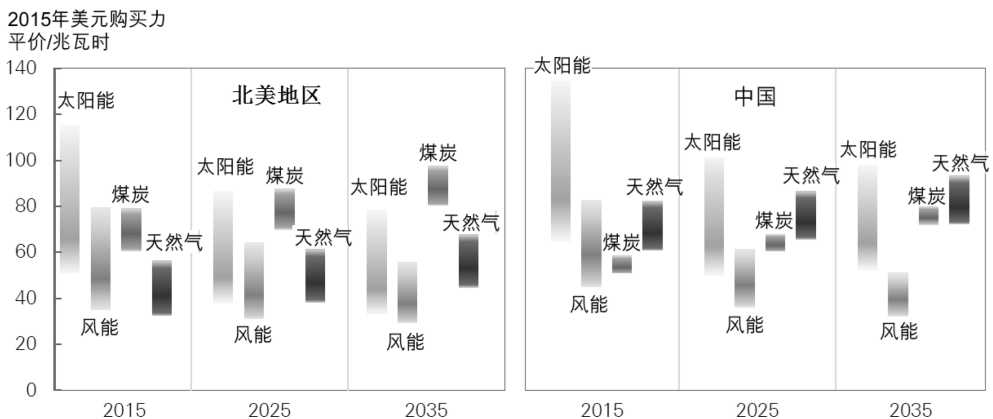


图8 2015年、2025年与2035年北美地区与中国各能源形式发电成本变化情况

数据来源:BP Energy Outlook 2035, BP, 2017, p. 42.(注:假设2015年、2025年与2050年建造的电厂生命周期内平均碳价分别为20美元/吨、40美元/吨、60美元/吨)

已经达1 770亿美元,占比63.2%。^①目前,可再生能源已经成为了人类社会电力的重要来源,已经有约20个国家的可再生能源占发电量比重超过了50%。其中,冰岛已经实现了发电能源的完全可再生化,挪威与巴西也分别有高达96%和85%的电力来自于可再生能源。^②

随着国际社会不断加大投入,可再生能源在未来将会获得进一步发展。根据英国BP公司的预测,可再生能源的发电成本在2015—2035年中将进一步降低。以中美两国为例,至2035年风能与太阳能发电将取得相较于传统能源明显的成本优势。与此同时,可再生能源也将成为发电领域增幅最高的能源形式,预计年增长率将达到7.5%。在2015—2035年新增的发电量中,将会有40%来自于可再生能源。其在全球发电市场中的份额也将从2015年的约7%增加至将近20%。^③为实现可再生能源的快速发展,世界各主要国家和组织均出台了一系列激励政策。其中,欧盟早在2007年便通过了《2020气候和能源一揽子计划》(2020 Climate And Energy Package),计划至2020年使可再生能源占到总能源消费的20%。在欧盟于2014年颁布的《2030气候能源政策框架》(Policy Framework for Energy and Climate for 2030)中,该组织计划在2030年将可再生能源占总能源消费的比重进一步提升至27%。^④美国也在2009年颁布了《美国清洁能源与安全法》(American Clean Energy and Security Act of 2009),规定从2012年起年发电量100万兆瓦时以上的电力供应商要有6%的电力供应来自于可再生能源,并逐步将这一比重在2020年增加至20%。2020年,各州的电力供应中也必须有15%以上来自可再生能源。2015年,美国又提出了至2030年将除水力发电外的可再生能源占总发电量的比重提升至20%的目标。^⑤此外,一些发展中国家也制定了类似的发展目标。例如,巴西在2015年就宣布将在2030年使可再生能源在能源结构中的比重提升至45%,其中可持续生物质能源的比重将上升至18%,除水电外的其他可再生能源形式将占到总发电量的23%。^⑥

三、世界能源体系双重变革中的矛盾性与统一性

前文已述,目前国际能源体系发生的双重变革是以“页岩气革命”为代表的非常规油气资源开发的兴起以及可再生能源产业的不断发展。这双重变革之间矛盾性与统一性并存,从一个侧面反映出世界能源体系转型的复杂性,与对该问题进行理论建构的迫切性。

目前,大多数学者对能源转型问题的研究都是从较为狭义的角度入手,认为能源转型意味着新能源形式的崛起,只不过在关注的侧重点上略有不同。其中,有些学者比较关心新能源形式使用量的增加。例如,瓦茨拉夫·斯米尔(Vaclav Smil)认为如果新能源在能源总消费中达到5%,便可视为转型开始的标志;若新能源在能源消费总量中的比例超过一半则可认为是这一转型完成的标志。^⑦另一些学者则比较关注新能源形式普及过程中的技术因素。例如,布鲁斯·波多布尼克(Bruce Podobnik)则认为能源转型指的是“新的一次能源大量运用于人类消费的过程,其中新技术的诞生往往至关重要”。^⑧此外,也有部分学者强调这一过程中能源体系的变化。例如,朱彤便认为能源革命是由“能量原动机推动的,伴随着能源体系深刻

① UNEP, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2018*, Frankfurt School - UNEP Collaborating Centre, 2018, p. 21.

② 高慧、杨艳、饶利波等:“全球可再生能源发展态势分析”,《国际石油经济》,2016年第4期,第2页。

③ *BP Energy Outlook 2035*, BP, 2017, pp. 40-43.

④ 彭峰:“欧盟能源绿色化政策的新发展及启示”,《环境保护》,2016年第9期,第31页。

⑤ 朱彤、王蕾著:《国家能源转型:德、美实践与中国选择》,浙江大学出版社,2015年版,第187页。

⑥ 何露杨:“巴西气候变化政策及其谈判立场的解读与评价”,《拉丁美洲研究》,2016年第2期,第85-86页。

⑦ Vaclav Smil, *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*, Santa Barbara: Praeger, 2010, p. 63.

⑧ Bruce Podobnik, *Global Energy Shifts: Fostering Sustainability in a Turbulent Age*, Philadelphia: Temple University Press, 2006, p. 4.

变革的一次能源的长期结构性变化过程。”^①

沿着这种研究路径,以页岩气开发为代表的“非常规油气革命”与“可再生能源革命”之间存在着明显的矛盾性与竞争性。其中,“非常规油气革命”可以看成是第二次能源革命(油气资源对煤炭资源的替代)^②的延续。国际油气市场供求关系逐步由紧张向宽松的过渡标志着传统化石能源尚有着巨大生命力,在未来的很长时间内仍可以对世界能源体系施加巨大的影响。与之相对,“可再生能源革命”则属于第三次能源革命,标志着可再生能源与传统化石能源间在主导地位上的转换。此次能源革命的目的是对国际能源体系进行彻底变革,摆脱对于传统化石能源的依赖,以实现能源生产与消费的可持续发展,并减少由此带来的环境污染。

上述观点虽然能够引发一些有益的思考,不过这种研究思路忽视了能源转型进程中的很多现实性因素。笔者认为,目前世界能源体系的双重变革中也蕴含着明显的统一性与互补性。第一,目前风能与太阳能发电是可再生能源产业发

展最快的两个领域。这两种能源形式的共同特点是它们均为间歇性能源。以德国为例,风能发电的高峰主要集中在冬季而太阳能发电的高峰则集中在中午(参见图9)。由于风能与太阳能发电能力的波动周期与电力消耗的波动周期并不相符,即使可再生能源成为了国际能源体系的主导能源形式,人类社会仍需要规模可观的传统能源产业,以便应对夜晚或无风期的能源消耗。“非常规油气革命”导致的低迷油气价格并不会阻碍可再生能源的发展,相反会为后者的发展创造坚实的基础。事实也证明,油气价格保持低位运行并不一定意味着可再生能源领域投资的降低。2015年,即使是在国际油价低迷的情况下,世界在除水电外的可再生能源领域的投资依然上涨了5%,达到2859亿美元并创下了史上最高值。^③此外,一项针对经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development)成员国的研究也表明,传统能源发电能力每增加1%,从长远来看,将会使可再生能源发电能力增加0.88%。^④

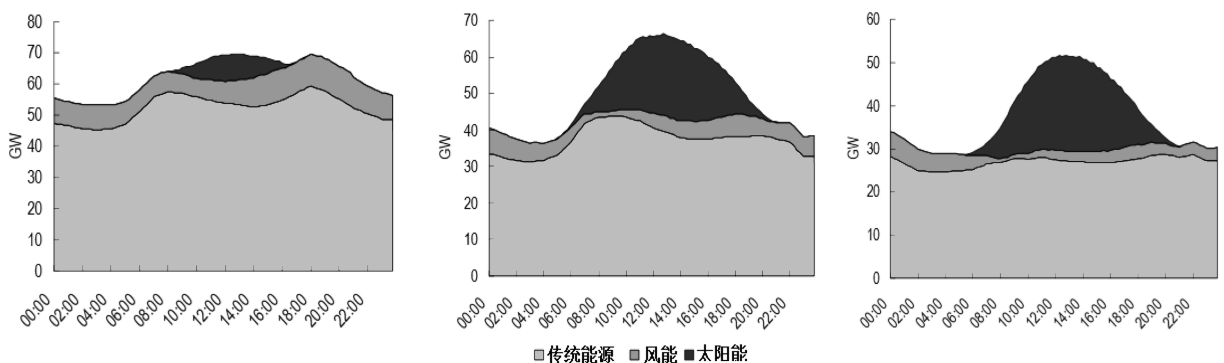


图9 风能、太阳能与传统能源对德国发电能力的贡献情况

数据来源:Jason Channell, Timothy Lam, Shahriar Pourreza, *Shale and Renewables: A Symbiotic Relationship*, Citi Research, 2012, p.

36.注:三张图从左至右分别为典型冬季工作日(2012年2月1日)、典型夏季工作日(2012年5月25日)与典型夏季周末(2012年5月26日)德国发电能力的能源构成情况。

第二,从能源政治经济学等更广的角度上分析当今世界能源体系的变革,同样能够得出相似的结论。从国际层面看,非常规油气资源的大量开发与可再生能源产业不断发展的共同影响是世界能源供应的多元化。其造成的一个直接后果是欧美等国家和地区对中东国家、俄罗斯等传统能源供应国在能源生产性权

① 朱彤、王蕾著:《国家能源转型:德、美实践与中国选择》,浙江大学出版社,2015年版,第76页。

② 第一次能源革命指的是煤炭对柴薪燃料的替代。

③ UNEP, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2017*, Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre, 2017, p. 11.

④ Elena Verdolini, Francesco Vona, David Popp, “Bridging the Gap: Do Fast Reacting Fossil Technologies Facilitate Renewable Energy Diffusion?” National Bureau of Economic Research, July 2016, <https://www.nber.org/papers/w22454.pdf>.

力上的替代。这将有可能改变现有的地缘政治格局,并重塑世界的经济秩序。从国内层面看,非常规油气资源的大规模开发以及由此造成的相对低廉的国际能源价格也为可再生能源产业的发展创造了相对有利的条件。一方面,较低的国际能源价格促进了世界经济发展,使得各国有能力加大对可再生能源的投资力度。另一方面,低廉的油气价格也降低了油气进口国经济对能源价格的敏感度,使之能够更从容地在能源制度等领域实施改革,为向可再生能源的过渡创造条件。

四、世界能源体系双重变革的影响 与中国的能源转型

目前,国际能源体系的双重变革态势已经对世界主要能源消费国带来了重大影响,并使各国展现出各不相同的发展思路。以较为具有标志性的美国与德国为例:美国将确保能源安全与经济发展作为能源政策的核心目标,而将环境保护放在了次要领域。早在 1973 年第一次世界性石油危机爆发后,美国为确保能源安全便提出了“能源独立”战略。以此为背景,该国发展可再生能源的主要目的是减少对进口油气资源的依赖。相比之下,美国虽持续加强在环境保护领域的投入,但在承担国际义务方面则相对消极,直至奥巴马政府上台后这一态度才有所变化。“页岩气革命”的爆发使得美国有望在不久的将来实现能源自给自足。在这种情况下,该国发展可再生能源的迫切性大大降低。目前,特朗普政府在可再生能源发展问题上已经表现出明显的态度反转,具体表现为废止清洁能源计划、退出《巴黎协定》和回归传统能源三大政策。^①

相比之下,德国则将环境保护放到了与能源安全、经济发展同等的高度上,追求三者的高度统一。与美国类似,德国对于可再生能源的开发同样始于 20 世纪 70 年代,核心目标是维护能源安全。由于石油与天然气资源的匮乏,德国意识到确保能源安全的唯一手段就是大力开

发能够实现本土化的可再生资源。与美国不同的是,德国对环境保护的重视程度更高。对环境保护的严格要求甚至体现在该国宪法——《基本法》(Basic Law)之中。德国在 2000 年颁布的《可再生能源法》(Renewable Energy Sources Act)也从法律上保障了可再生能源发展的优先性。目前德国已经建立起世界上最完备、最详细的环保法律体系。此外值得注意的是,大力发展可再生能源也是德国经济发展的需要。21 世纪以来,为了应对能源资源匮乏、人口老龄化和高工资福利等经济压力,德国将科技创新与可持续发展相结合,试图把可再生能源产业打造成该国新的经济增长点。^② 在这种情况下,该国即使是在低油价条件下仍然坚持推动可再生能源的开发。2017 年,该国颁布了最新版的《可再生能源法》,开始了可再生能源发电领域的市场化改革。^③

面对当前世界能源体系的双重变革态势,作为世界最大的能源消费国,中国的能源转型之路已经引起了国际与国内的广泛关注。2014 年 6 月,习近平总书记在消费、供给、技术、体制与国际合作这五个方面为中国的能源改革指明了方向,体现出了中央对能源转型问题的高度重视。^④ 在可再生能源领域,中国 2017 年可再生能源的产能已经达到 618.8 吉瓦,占到了世界总量的 28.4%,位居世界第一位。^⑤ 在非常规油气资源领域,中国近年来也陆续取得了一些突破。中国涪陵页岩气田的探明储量已经超过了 6 000 亿立方米,成为了北美地区之外最大的页岩气田。截止 2017 年 6 月,该气田已累计产气 118 亿立方米。同年 7 月,中国在南海进行了持续 60 天的可燃冰开采试验,共开采天然气超过

① 于宏源:“特朗普政府气候政策的调整及影响”,《太平洋学报》,2018 年第 1 期,第 25 页。

② 金乐琴:“能源结构转型的目标与路径:美国、德国的比较及启示”,《经济问题探索》,2016 年第 2 期,第 166-167 页。

③ 张立峰、冯红霞:“德国《可再生能源法》的演进及对中国的启示”,《河北法学》,2017 年第 10 期,第 119 页。

④ 胡光宇著:《能源体制革命:中国能源政策发展概论》,清华大学出版社,2016 年版,第 53 页。

⑤ IRENA, *Renewable Capacity Statistics 2018*, Masdar: International Renewable Energy Agency, 2018, p.2.

30 万立方米,创造了产气时长和总量的世界纪录。^①可以毫不夸张地说,中国已经成为了世界此轮能源变革的重要推动者。

不过,与美德等发达国家相比,中国的能源消费有着明显的特殊性,从总体上看可以总结为高碳能源消费模式的持续与能源需求的不断增加。第一,虽然中国早在战国时代便开始了对煤炭的利用,但迟至 20 世纪 60 年代煤炭才在能源消费结构中占据优势。时至今日,煤炭依然在中国的能源消费结构中占据 61.8%。从能源转型的阶段划分上看,中国仍然处于从煤炭向油气资源过渡的阶段。在未来,中国以煤炭

为主的能源消费结构仍将存在相当长的时间。预测表明,中国的煤炭消费量直至 2025 年左右才会出现明显的下滑。2030 年后,煤炭在中国能源消费结构中的比重才会降低到 50% 以下(参见图 10)。第二,中国在 1978 年后才开始真正意义上的工业化进程,时至今日,大多数人口仍处于工业化的中期阶段,三分之二省份的经济增长仍依靠资源、能源和资本投入拉动。^②与发达国家能源消费量趋于稳定甚至降低不同,工业化的进一步推进意味着中国对能源的需求将持续增长。有预测表明中国的能源消费量在 2050 年之前都将保持上升状态(参见图 11)。

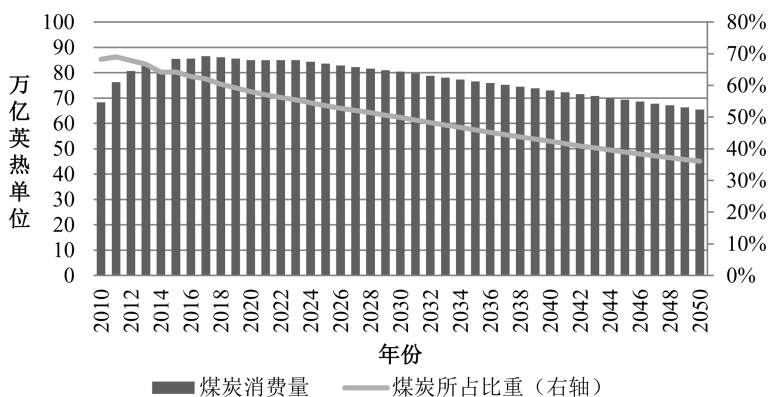


图 10 2010—2050 年中国煤炭消费量及其占总能源比重变化情况

数据来源:“International Energy Outlook 2017”, U.S. Energy Information Administration, September 14, 2017, <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=7-IEO2017®ion=0-0&cases=Reference&start=2010&end=2050&f=A&linechart=Reference-d082317.18-7-IEO2017&ctype=linechart&sourcekey=0>.

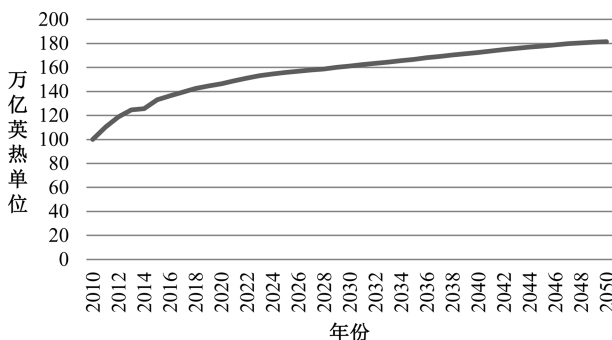


图 11 2010—2050 年中国能源消费量变化情况

数据来源:“International Energy Outlook 2017”, U.S. Energy Information Administration, September 14, 2017, <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=1-IEO2017®ion=0-0&cases=Reference&start=2010&end=2050&f=A&linechart=~Reference-d082317.18-1-IEO2017&ctype=linechart&sourcekey=0>.

① 张哈:“非常规油气的‘常规’之路”,《中国石油报》,2017 年 7 月 17 日,第 1 版。

② 朱彤、王蕾著:《国家能源转型:德、美实践与中国选择》,浙江大学出版社,2015 年版,第 255—256 页。

在特殊的能源消费形势下,面对世界能源体系发生的双重变革,中国的能源转型需要有独特的思路。作为能源消费与进口大国,笔者认为中国能源转型的核心目标应是保障能源安全、同时兼顾环境保护。换言之,能源转型应有利于降低对进口能源的依赖,在此目标能够得到保证的同时,尽可能降低对环境的破坏。考虑到中国高碳能源消费模式仍将持续且能源需求远未达到峰值这一情况,中国的能源转型应该以利用的高效化、排放的清洁化为主要发展方向。其中,提高能源的利用效率应作为中国能源转型的重点方向。能源利用效率的提升一方面有助于在确保经济增长的同时减少能源消耗,进而减轻对进口能源的依赖;另一方面也有助于促进中国经济由粗放式发展向集约式发展的过渡,从而提升经济的总体竞争力。在此过程中,考虑到愈发严重的环境保护压力,应该着力推进能源排放的清洁化。其中,积极开发碳捕捉和储存等相关技术,尽可能降低使用化石能源对环境带来的破坏应是这一进程的重要组成部分。相比之下,发展可再生能源虽应是推进能源清洁化使用的重要路径,但不应是其唯一组成部分。此外,尽可能加大国内传统与非传统油气资源的开发也有助于降低中国对外部能源市场的依赖,进而避免国际油气价格波动对国内能源市场造成剧烈影响。这同样是中国能源转型得以顺利推进的重要保障。

五、结 语

目前,世界能源体系正经历着重大的变革。一方面,非传统油气资源的大规模开发标志着化石能源仍有着强大的生命力。另一方面,可再生能源技术的日益成熟预示着能源体系的整体性变革似乎已经近在眼前。在这种复杂的形势下,中国的能源转型问题已经处在了决策的关键节点。能源转型不仅仅意味着新的能源形式在能源消费结构中比重的上升,其本质是能源系统的整体性转型,需要牵扯到能源开发、利用与管理的各个方面。因此,中国需要从宏观

上建立整体性的能源转型战略。相比之下,中国直至2017年4月才发布首个国家能源革命战略。目前虽然已经在电力、油气、煤炭等领域进行了诸多改革,但总体而言各部门间仍旧缺少改革的协调性与联动性。此外,从历史经验看能源转型是一个长期性的过程,通常需要半个世纪甚至更长的时间。目前没有可靠证据表明可再生能源对化石能源的替代能够更为迅速。这便对中国能源转型战略设计的前瞻性、政策制定与执行的连续性提出了更高的要求。与此同时,中国目前世界第一的能源消费量与能源消费进一步上涨的前景更进一步加大了中国能源转型的决策难度。

值得注意的是,除了作为能源转型的参与者,凭借自身巨大的能源市场体量,中国还应努力成为此轮能源变革的积极引领者。客观地讲,美国、德国等西方国家在此轮能源变革中一直扮演着革命的发起者与议题设定者的角色,中国在世界范围内发挥的引领作用仍较为有限。这其中既有技术差距的原因,同时也体现出中国在国际能源体系中话语权的缺失。为改变这一不利局面,除了进一步促进在相关领域的技术发展,积极推动新形势下的能源外交便成为了重点所在。长期以来,中国的能源外交均是以保障海外能源供给为工作重点。面对如今国际能源体系的剧烈变化,中国的能源外交也应加入新的内容。一方面,中国应着力加强在国际能源体系中的制度性权力。在此轮能源变革中,部分西方国家凭借着对国际话语权的掌控,逐渐将能源体系的低碳化进程变为了维护自身国际地位、阻止其他国家发展的工具。以保护生态环境之名,行“生态帝国主义”之实。^① 在这种情况下,中国作为世界上最大的碳排放国与最大的发展中国家,应化被动为主动,积极提升自身在气候变化等领域的议程设定权、规则制定权以及话语引领权,构建公平合理的国际能源治理体系。另一方面,中国也应利

^① 郁庆治:“‘碳政治’的生态帝国主义逻辑批判及其超越”,《中国社会科学》,2016年第3期,第24-41页。

用自身在可再生能源开发技术等领域的优势,努力完成由能源资源进口国向能源开发能力输出国的转型。将可再生能源的开发技术以及相关经验作为“南南合作”与对外援助领域新的着力点,以期促使与引领广大发展中国家的能源转型进程,彰显中国负责任大国形象。总之,能

源转型是一个整体性、长期性的过程,中国需要在总结与吸收世界其他国家经验与教训的基础上,结合自身的特殊能源形势,做出妥善的应对。

编辑 贡 杨

On the Dual Changes of the World Energy System and the Energy Transition of China

WU Lei¹ CAO Fengyu¹

(1. *Yunnan University, Kunming 650091, China*)

Abstract: Since the 21st century, the world energy system has witnessed two important changes. Unconventional oil and gas revolution, represented by the exploitation of shale oil and gas, alleviates the supply-demand relationship in the energy market, and increases the diversity of oil and gas supply. In the meanwhile, driven by policy guidance and technological progress, the renewable energy industry has also developed steadily, and begins to replace traditional fossil energy. From the perspective of energy substitution, there are competitiveness and contradictions between the two changes. However, from a broader perspective such as the political economy of energy, with more realistic factors into consideration, the two changes are complementary and unified. The dual change of the international energy system has profound impacts on the energy strategies of various countries. Among them, the US decides to restore support for traditional energy, while Germany still insists on promoting the development of renewable energy industries. In the background that the high-carbon energy structure will continue and the energy peak has not yet arrived, the guiding principle of China's energy transition should focus on the protection of energy security, taking into account environmental protection. At the implementation level, China should pay attention that the energy transition strategy should be comprehensive and forward-looking, and the continuity of policy formulation and execution should be highlighted. Furthermore, China should promote the upgrade of energy diplomacy, strengthen the energy institutional power, and export energy exploitation capability, with the aim to become an important leader in the international energy transition.

Key words: unconventional oil and gas resources; renewable energy; energy transition; energy revolution