

# 世界能源转型背景下的地质调查工作建议

周平<sup>1</sup>, 张大权<sup>2</sup>, 杨宗喜<sup>1</sup>

ZHOU Ping<sup>1</sup>, ZHANG Daquan<sup>2</sup>, YANG Zongxi<sup>1</sup>

1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;

2. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100029

1. *Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China;*

2. *Oil and Gas Resource Survey Center of China Geological Survey, Beijing 100029, China*

**摘要:**为应对全球气候变化,以新能源替代化石燃料和核燃料为特征的世界能源转型正快速推进,绿色、低碳、环保成为时代发展的代名词。在这场能源变革中,世界各国由于资源禀赋、能源消费结构、政策法律等方面的差异,应对能源转型的方式、做法也各不相同。英国以页岩气、地热等地下能源资源的利用及其相关基础设施建设和技术开发为重点;美国继续推进页岩气革命,加强天然气水合物预研究,同时强化传统化石能源利用的基础研究;欧盟则主要从整合区内市场、建立能源联盟的角度,增强自身能源安全保障。各国地调机构作为技术支撑力量,多聚焦于非常规能源资源的潜力评价、开发技术研究、关键技术装备研发、水力压裂的环境影响等,支撑服务于各国能源转型。鉴于中国的资源国情,提出以页岩气、天然气水合物、地热资源调查为重点,建世界顶级研发中心,推动非常规油气科技攻关,做好非常规油气开发前期技术储备,同时加强天然气定价机制研究,推动上海建立国际LNG交易中心等建议。

**关键词:**气候变化;能源转型;地质调查;非常规油气

**中图分类号:**P5;F407.1      **文献标志码:**A      **文章编号:**1671-2552(2017)04-0684-06

**Zhou P, Zhang D Q, Yang Z X. Some suggestions on geological survey in the background of world energy transformation. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(4):684-689**

**Abstract:** In order to cope with global climate change, the world energy transformation characterized by new energy resources replacing fossil fuels and nuclear fuels is rapidly advancing. Green, low carbon and environmental protection have become synonymous with the development of the times. In such a background, different countries practise different ways to deal with energy transformation due to differences in such aspects as resource endowments, energy consumption structure, and policy. For example, the United Kingdom focuses on the use of underground energy resources such as shale gas and geothermal energy and its associated infrastructure and technology; the United States continues to promote shale gas revolution, strengthen pre-research on gas hydrate, and strengthen basic research on traditional fossil energy use; The EU mainly focuses on integrating the regional market and establishing energy alliance so as to enhance its own energy security. As the technical support force, geological survey has been focusing on the potential evaluation of unconventional energy resources, research on developing technology, key technology equipment and environmental impact of hydraulic fracturing, with the purpose of supporting the national energy transformation. In view of China's national resources conditions, it is proposed to focus on such aspects as shale gas, gas hydrate and geothermal resources, building the world's top R & D center, promoting unconventional oil and gas research, doing a good pre-technical reserves on oil and gas development, strengthening the natural gas pricing mechanism research, and promoting the establishment of international LNG trading center in Shanghai.

**Key words:** climate change; energy transformation; geological survey; unconventional oil and gas

收稿日期:2017-02-06;修订日期:2017-03-10

资助项目:中国地质调查局项目《地质调查发展路线图与管理政策研究》(编号:DD20160087)

作者简介:周平(1981-),男,博士,副研究员,从事地质科技与资源战略研究。E-mail: zping@mail.cgs.gov.cn

2015年12月12日,《联合国气候变化框架公约》近200个缔约方在巴黎气候变化大会上一致同意通过《巴黎协定》<sup>[1]</sup>。这是人类文明经过近200多年高强度消耗化石能源后,迈出的具有里程碑意义的一步。它为2020年后全球应对气候变化的行动作出安排,要求各方加强对气候变化威胁的应对,将全球平均气温较工业化前水平升高控制在2℃以内<sup>[1]</sup>。为实现这一目标,政府和企业都要行动起来,共同加速能源转型,以新能源替代化石燃料和核燃料,构建公平合理的能源体系,催生全新的国际能源安全秩序,实现人类与自然和谐相处的美好未来<sup>[2]</sup>。

实现能源转型,需要加强新能源在资源、技术、基础设施、体制机制等方面的保障。本文剖析了世界能源转型的重要表现,总结各主要发达经济体的应对举措,解析能源转型对中国地质调查工作的新需求,并提出对策建议。

## 1 世界能源转型的重要表现

世界能源转型的实质是减少化石燃料和核燃料的使用总量,降低使用强度,提高可再生能源、清洁能源的消费占比。自20世纪80—90年代开始,全球气候变化问题就普遍受到国际社会的关注。近几年来,世界能源加速转型,主要表现在以下7个方面。

(1)可再生能源领域投资飙升,绿色债券增长显著

2015年,全球可再生能源发电投资再创新高,年投资额达2860亿美元,超过新增煤电和天然气发电投资额(1300亿美元)的两倍。其中,太阳能技术投资额达1610亿美元,同比增长12%;风能投资额为1090亿美元,同比增长4%<sup>[2]</sup>。绿色债券市场是绿色可持续项目募集资金的重要渠道,从2007年发行第一支绿色债券到2016年预计超500亿美元的规模,绿色债券市场以令人瞩目的增长速度蓬勃发展,加速了能源转型<sup>[3]</sup>。

(2)太阳能技术成本显著下降,光伏发电前景看好

2015年,太阳能光伏技术的发电成本约为500美元/kW,相比2009年的2800美元/kW,短短6年间降幅超过了80%。据国际可再生能源机构(IRENA)预计,到2025年,太阳能光伏发电成本有望再

降59%,降至约300美元/kW的水平。届时,太阳能光伏有望成为最便宜的发电形式<sup>[2]</sup>。

(3)可再生能源发电量快速增长,就业岗位逆势增长

近年来,可再生能源占新增发电量份额呈指数增长,从2014年的50%增加到2015年的90%,对降低能源活动CO<sub>2</sub>排放的贡献不断提升<sup>[4]</sup>。2015年,可再生能源领域的就业岗位达到810万个,同比增长5%<sup>[5]</sup>,与其他陷入低迷的劳动力市场形成鲜明反差。

(4)欧洲可再生能源供电能力强大,低碳转型条件成熟

2016年5月8日,德国可再生能源提供了全国87.6%的电力消耗,这表明德国正在向低碳可再生能源社会转型<sup>[6]</sup>。2015年,德国可再生能源发电量占其国内总耗电量的32.6%,2030年该比例有望超过50%。葡萄牙、丹麦、哥斯达黎加等国家都曾实践过电力几乎百分之百由可再生能源供应。根据葡萄牙可再生能源协会统计,2015年,葡萄牙可再生能源为其提供了48%的电力。

(5)煤炭行业和市场下滑,对温室气体排放影响深远

为了保持全球平均温度下降2℃,全球化石燃料已探明储量的2/3必须留在地下。自2010年以来,2/3的煤炭电厂规划遭到搁置或放弃,最终只有1/3按计划建成。煤炭行业总体面临价格下跌、成本上升的双重压力。2016年,世界最大的私人煤炭企业美国Peabody能源公司申请破产。近年来,中国、欧洲和美国煤炭消费量减少使煤炭市场出现下滑迹象,将对全球温室气体排放产生巨大影响。

(6)能源活动CO<sub>2</sub>排放连续停滞,能源强度正在下降

2015年,全球经济增长了3%,但全球能源活动排放的CO<sub>2</sub>连续第2年停滞<sup>[7]</sup>。能效提升、可再生能源发展和全球两大主要碳排放国煤炭消费量的下降是其主要诱因。从全球能源强度看,2010—2012年,年下降幅度超过1.7%,相比2000—2010年1.2%的年降幅加快不少,但还需更快的下降速度(2.6%)才有可能实现2030年的可持续发展目标<sup>[8]</sup>。

(7)可再生能源技术发展远超预测,现实发展扩张激增

可再生能源被认为是具有颠覆性的创新变革,

但国际能源机构对其发展潜力和扩张速度未能准确预判。如图1所示,IEA在2000年、2003年、2006年、2008年和2010年的预测均出现严重低估,只能根据实际发展情形调整其预测。绿色和平和全球风能协会(GWEC)对可再生能源的预测较接近现实。

## 2 主要发达国家能源转型应对举措

在这场能源转型的竞争中,西方发达国家快速反应,积极应对。因各国/地区资源禀赋、能源消费结构、进出口贸易状况,以及政策法律的不同,各国应对能源转型的方式、做法也不相同。

(1)英国加强页岩气、地热等地下资源利用,向低碳能源转型

针对日益严峻的能源问题,英国政府提出“三位一体”未来能源解决方案,即建设集安全、经济及低碳三大关键要素为一体的能源体系。其中,地下能源资源的利用,以及围绕这些能源资源的基础设施建设和技术开发,是英国向低碳能源转型的关键。英国自然环境研究理事会(NERC)于2016年3月发布的2016—2020战略规划指出,要为英国乃至全球能源安全及可持续性资源供应提供保障,其优先领域包括可再生能源及自然资源评估;投资建设新的地下监测系统,为页岩气资源安全监管及开发创造条件,同时也将支持地下碳存储的发展<sup>[9]</sup>。2016年7月,NERC发布《地下能源安全与创新观测系统计划(ESIOS)》,推动支撑地下能源安全、环保和可持续开发的关键研究<sup>[10]</sup>。NERC将通过

ESIOS建立新的地下环境研究中心,提供世界领先的设备,服务英国乃至全球低碳能源技术的开发。

(2)美国页岩气革命继续,天然气水合物预研究加强,同时强化传统化石能源利用基础研究

近几年来,美国页岩气革命的成功使美国能源自给率显著提升。布鲁金斯学会发布《2016年美国天然气:问题与典范》报告指出,天然气仍将在美国能源结构中扮演重要角色,通过更好的管理,其将作为过渡能源帮助美国进入低碳经济时代<sup>[11]</sup>。2016年2月,美国路易斯安那州Sabine Pass LNG出口项目投产,首次实现了液化天然气的出口。同时,还有Freeport、Cameron和Cove Point项目已经通过建设许可。这些项目投产后,美国有望成为继澳大利亚、卡塔尔之后全球第三大液化天然气出口国<sup>[11]</sup>。

在天然气水合物方面,2016年9月15日,美国能源部宣布资助380万美元开展6个新的天然气水合物研究项目,确定天然气水合物开发的可行性,评估天然气水合物在全球气候循环中的作用。这些新项目由美国能源部的国家能源技术实验室(NETL)负责管理,由相关大学开展研究,内容包括实验室分析、现场调查、数值模拟等<sup>[12]</sup>。

在传统化石能源方面,2016年5月11日,美国能源部NETL宣布投资2000万美元,建立一个新的化石能源研究高校联盟。该联盟由宾夕法尼亚大学主导建设,致力于开展阻碍化石能源技术进步的基础研究,内容包括先进能源系统、二氧化碳捕获和封存技术、天然气资源和基础设施,以及在岸和离岸油气技术等。目前完成了整个6年计划,预期将加速开发和部署全新的基于化石燃料的技术,促进美国自然资源高效、环保利用<sup>[13]</sup>。

(3)欧盟整合区内市场,建能源联盟,重视并加强页岩气等非常规资源开发

能源短缺是欧盟面对的最大挑战之一。由于其能源储量微乎其微,能源需求的一半多来自进口,且大部分来源于俄罗斯。为了应对能源来源、供应渠道多元化及能源利用率提高的挑战,2015年2月25日,欧盟提出能源联盟框架性文件,指出要整合区内能源市场,从根本上避免由不协调的国家政策、市

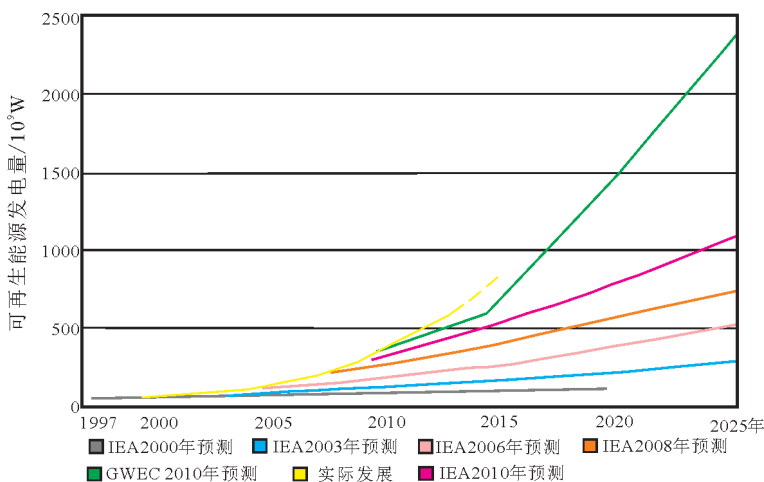


图1 国际机构对可再生能源技术发展的预测与现实情况对比<sup>[2]</sup>

Fig. 1 Forecasts and reality of global expansion in renewable energies

场壁垒和能源独立造成的分散管理系统。欧盟能源联盟包括五大关键支柱:能源安全、能源市场、能源效率、经济脱碳、加强研究和创新。框架最后得出的结论是,页岩气等非常规化石能源仍将是帮助解决欧洲需求的关键选择<sup>[14]</sup>。从目前情况看,在欧盟28个成员国中,有23个允许或有条件允许页岩气开发。

(4)日本恢复近海天然气水合物试采,并力推LNG交易中心

日本国内油气资源匮乏,对于近海天然气水合物的开采非常重视。2000年6月,日本政府设立了“天然气水合物开发研究委员会”,启动了规模宏大的《21世纪天然气水合物研发计划(MH21)》,最终目标是为天然气水合物的商业生产做好技术准备<sup>[15]</sup>。2013年3月,日本在南海海槽首次从海域天然气水合物中分离出甲烷气体,但由于出砂事故,试采活动提前终止。2017年,日本拟实施第二次近海试采,为实现“完善商业化开发技术基础”目标冲刺。

另一方面,自2011年福岛核电站事故以来,日本将液化天然气(LNG)作为保障其能源供应的关键要素,并成为全球最大的LNG消费国。2016年5月,日本在G7能源部长会议上发布LNG战略,提出在日本国内创建国际LNG市场的构想。其主要目标是开发一个灵活的LNG市场,创建LNG国际交易中心<sup>[16]</sup>。计划通过交易中心现货贸易的扩张和定价反映LNG实际的需求和供应,实质也是抢占市场先机,争夺LNG的话语权,助其“气代核”。

(5)澳大利亚设可再生能源研发计划与创新基金,强化前沿技术探索与商业化应用

2016年,澳大利亚政府启动了总额超过5400万澳元的可再生能源联合研发计划,设立了10亿澳元的清洁能源创新基金。前者政府资助额度约1700万澳元,旨在强化政府、科研机构和企业之间的合作,加速推动澳大利亚可再生能源创新,包括能源存储、太阳能光伏、太阳能集热、波浪能、生物燃料等技术<sup>[17]</sup>。后者拨付期为10年,每年1亿澳元,基金由澳政府监督,澳大利亚清洁能源金融公司和澳大利亚可再生能源署共同管理,为清洁能源项目提供信贷和融资支持,加速新能源技术研发及商业化转化,推动能源市场转型。重点支持领域包括大规模

太阳能存储技术、海上能源开发利用、生物燃料制备和智能电网建设<sup>[18]</sup>。

### 3 国家地调机构在能源转型中的作为

非常规能源潜力评价、开发技术研究、关键技术装备研发,以及水力压裂的环境影响,是各主要国家地质调查机构支撑和服务国家能源转型的重要领域。

(1)英国地质调查局全面支撑服务于英国能源转型

在促进能源转型中,英国地质调查局(BGS)主要开展四項工作:①投资1.8亿英镑(政府投6000万英镑,其余1.2亿英镑来自私营企业和高校)建能源研究加速器中心(ERA),创造新的世界级基础设施,使其成为能源人才、技术研究、开发和部署的全球领先中心<sup>[19]</sup>;②通过与英国排名前六的大学共同合作研究,形成中部地区创新群体,支持开发地下能源技术,包括新型传感器和分析设施,加速英国能源行业转型;③通过页岩气环境监测项目,监测英国与潜在的页岩气开发相关的环境基准状况,主要包括地下水和地表水的质量、地震、大气成分、地面沉降和隆起<sup>[20]</sup>;④负责运营ESIOS研发的针对页岩气和地热的先进设备,服务英国低碳能源技术的研发。

(2)美国地质调查局重点开展页岩气潜力评价及采出水和水力压裂技术研究

美国地质调查局一是针对未发现的页岩气资源进行储量评估,2016年确认了科罗拉多州Piceance盆地的Mancos是美国第二大蕴藏潜力的页岩气和致密气资源<sup>[21]</sup>;二是通过能源资源、水资源、自然灾害、环境健康等多个部门,开展水力压裂技术及其环境影响研究;三是通过能源资源计划,积极开展与采出水的特征、使用和影响相关的研究,并完成了对美国水力压裂井用水情况调查。

(3)其他地调机构

澳大利亚地球科学局一是开展常规和非常规油气的资源潜力评价,涉及近海盆地分析、区域研究及对陆上盆地油气系统的针对性研究;二是研究水力压裂的应用及压裂过程中诱发地震的产生机制与影响,同时也分析公众关心的与水力压裂相关的主要问题。

德国联邦地球科学和自然资源研究所(BGR)主要是对德国的页岩气资源潜力进行评估。

#### 4 对中国地质调查工作的启示与建议

总体看,全球宏观经济的不确定性和结构性改变将影响能源的需求模式,低迷的能源价格和日趋激烈的竞争将重塑能源勘查开发格局,能源技术领域的快速变革将极大地推动世界能源转型。在这场变革中,低碳、绿色、环保将主导时代潮流。地下能源资源,尤其是天然气,由于其清洁、低碳的特性,未来数十年将成为人类文明进入绿色经济时代的“过渡气”,重要性显著提升。同时,地热资源的开发利用也将是另一种加速能源转型的能源。对此,提出以下建议。

(1)加快探明地热资源家底,支撑可再生能源行业发展

国务院办公厅《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》明确提出,将依托重大工程突破可再生能源勘查开发关键性技术,到2020年非化石能源占能源消费的比例提升至15%<sup>[22]</sup>。国家能源局、财政部、国土资源部、住房和城乡建设部发布的《关于促进地热能开发利用的指导意见》提出,到2020年地热资源开发利用总量达到 $5000 \times 10^4$ t标准煤<sup>[23]</sup>。国家发改委、国家能源局、国土资源部发布的《地热能开发利用“十三五”规划》明确指出,要组织开展地热资源潜力勘查与选区评价,查明中国主要水热型地热区(田)及浅层地热能、干热岩开发区地质条件、热储特征、地热资源的质量和数量,并对其开采技术经济条件做出评价,为合理开发利用提供依据<sup>[24]</sup>。要实现地热发展目标,需尽快摸清资源家底,对已有的地热显示区进行调查评价和勘查开发示范,支撑可再生能源行业发展。

(2)大力开展非常规气调查评价,夯实中国能源转型的资源根基

目前,在中国的能源消费结构中,石油占比约18%、天然气6%、煤炭66%、核电1%、水电、风能、太阳能等可再生能源占9%。要实现温室气体排放承诺的目标,必须改变“一煤独大”的能源消费格局,一方面要大力发展可再生能源;另一方面可实施“气代煤”战略。这里所说的“气代煤”,并非完全取代,而是逐步降低煤炭消费占比,提升天然气的消费占比。中国常规能源具有“富煤、缺油、少气”的特点,但页岩气、页岩油、天然气水合物等非常规油气潜力巨大。近年来,中国地质调查局已将页岩油

气和天然气水合物作为重中之重的矿种,全力推进南方页岩气调查评价工程和海域水合物试采工程(两大战役),建议继续加速实施并长远谋划,为中国企业勘查开发非常规气提供资源保障。

(3)建世界顶级研发中心,加强非常规油气科技攻关

非常规油气突破的过程就是科技创新过程。中国非常规油气地质构造条件复杂,需要不断创新理论、方法和技术。近年来,中国非常规天然气勘探开发取得较大进步,但在高效开发技术等方面还存在诸多问题。因此,需要针对中国特殊地质条件和技术加强攻关,建立页岩气和天然气水合物试验和示范区,加快推进地球深部探测与能源资源安全国家实验室等国际顶级研发中心建设,参照美国、英国、日本等国的做法,充分发挥国家实验室的引领作用,以国家计划推动关键技术研发和攻关,形成效率更高、成本更低、适合中国地质特点的非常规油气勘查开发技术和装备体系。

(4)做好非常规油气开发前期准备,助力低碳能源转型

当前是中国页岩气勘查开发快速发展的关键时期,也是中国探索开展油气体制改革的关键阶段,处于与日本和美国天然气水合物试采“赛跑”的重要节点,应该进一步加大非常规油气调查和攻关投入力度,将公益性油气调查工作适当延伸,允许全盘实施参数井、水平井、压裂等关键工程和技术,切实引领商业性勘探开发跟进,真正做到公益性和商业性的无缝衔接。同时,改变传统的专业调查方式,更多地开展地下资源、环境的综合调查与综合监测,特别是非常规能源开发的环境监测,支撑自然资源的综合管理与开发。

(5)加强天然气定价机制研究,推动上海建立国际LNG交易中心

近年来,在国际能源消费转型的推动下,LNG贸易规模迅速扩大。目前,全球形成了新加坡、日本和中国上海三大LNG市场。新加坡在开放程度方面具有优势,但其增长潜力有限,同时地理位置远离LNG消费市场。日本已经发布LNG战略,准备建国际贸易中心,通过扩大现货贸易规模来争夺话语权。中国上海无论在国内消费还是进口天然气等方面,均具有巨大的潜力,但目前市场发展政策不明晰,且国内三大油公司掌控着天然气市场,

天然气的定价机制不灵活,急需开展相关研究,推进其改革,助力上海建国际LNG交易中心,抢占市场先机,争夺话语权。

## 参考文献

- [1]新华网国际频道.《巴黎协定》开启2020年后全球气候治理新阶段[EB/OL](2015-12-14)[2017-02-26] <http://www.xinhuanet.com/world/bldh/>. 2015.
- [2]WWF. 15 signals evidence the energy transition is underway[EB/OL](2016-09-15)[2016-12-18] [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/15\\_signals\\_for\\_energy\\_transition\\_report.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/15_signals_for_energy_transition_report.pdf). 2016.
- [3]WWF. Green Bonds must keep the green promise[EB/OL](2016-06-17)[2016-12-16] [http://linkis.com/climatechangenews.com/Green\\_bonds\\_must\\_kee.html](http://linkis.com/climatechangenews.com/Green_bonds_must_kee.html). 2016.
- [4]IEA Energy Agency. Renewable electricity generation climbs to second place after coal [EB/OL](2015-05-08)[2016-12-26] <http://www.4-traders.com/news/IEA-Energy-Agency-Renewable-electricity-generation-climbs-to-second-place-after-coal-20821796/>. 2015.
- [5]IRENA. Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2016[EB/OL](2016-06-12)[2016-12-22] [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_Annual\\_Review\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf). 2016.
- [6]Vorrath S. Renewables Supplied 90% Of Germany's Electricity On Sunday [EB/OL](2016-05-11)[2017-02-24] <https://cleantechnica.com/2016/05/11/renewables-supplied-90-germanys-electricity-sunday/>. 2016.
- [7]U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook 2016 [EB/OL](2016-05-27)[2016-12-28] [http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf). 2016.
- [8]IEA. Progress toward sustainable energy 2015[EB/OL](2015-10-18)[2016-12-25] <http://www.environmentportal.in/files/file/GTF-2105-Full-Report.pdf>. 2015.
- [9]NERC. NERC Delivery Plan 2016—2020[EB/OL](2016-05-04)[2016-12-16] <http://www.nerc.ac.uk/about/perform/reporting/reports/deliveryplan2016-2020>. 2016.
- [10]NERC. NERC publishes ESIO Science Plan [EB/OL](2016-07-15)[2016-12-18] <http://www.nerc.ac.uk/press/releases/2016/35-esios/>. 2016.
- [11]Boersma T. Natural gas in the United States in 2016: Problem child and poster child[EB/OL](2016-07-25)[2016-12-18] <https://www.brookings.edu/research/natural-gas-in-the-united-states-in-2016-problem-child-and-poster-child/>. 2016.
- [12]DOE. DOE Announces \$3.8 Million Investment in New Methane Gas Hydrate Research [EB/OL](2016-09-15)[2016-12-22] <http://energy.gov/fe/articles/doe-announces-38-million-investment-new-methane-gas-hydrate-research>. 2016.
- [13]NETL. NETL Launches a University Coalition for Fossil Energy Research at Pennsylvania State University[EB/OL](2016-05-11)[2016-12-16] <http://energy.gov/fe/articles/netl-launches-university-coalition-fossil-energy-research-pennsylvania-state-university>. 2016.
- [14]Rafael Leal-Arcas, Jan Schmitz. Unconventional energy sources and EU energy security: a legal, economic and political analysis[J]. Oil, Gas & Energy Law Intelligence, 2014, 12(4): 1-38.
- [15]张家政,陆程,黄霞.日本天然气水合物的开发情况[EB/OL](2016-01-13)[2017-02-18] [http://app.chinamining.com.cn/Newspaper/E\\_Mining\\_News\\_2013/2016-01-13/1452696978d90370.html](http://app.chinamining.com.cn/Newspaper/E_Mining_News_2013/2016-01-13/1452696978d90370.html). 2016.
- [16]Stern J. The new Japanese LNG strategy: a major step towards hub-based gas pricing in Asia [M]. The Oxford Institute for Energy Studies, OXFORD, 2016.
- [17]AG-DE. Researchers and industry to work together on new renewable energy projects [EB/OL](2016-04-13)[2016-12-19] <http://www.environment.gov.au/minister/hunt/2016/mr20160413a.html>. 2016.
- [18]Prime Minister for the Environment. Turnbull Government taking strong new approach to clean and renewable energy innovation in Australia[EB/OL](2016-03-23)[2016-12-22] <http://www.pm.gov.au/media/2016-03-23/turnbull-government-taking-strong-new-approach-clean-and-renewable-energy>. 2016.
- [19]BGS. Energy research at the British Geological Survey set to accelerate following £180m investment [EB/OL](2015-11-26)[2016-12-16] [http://www.bgs.ac.uk/news/docs/ERA\\_Autumn\\_Statement\\_2015\\_PR.pdf](http://www.bgs.ac.uk/news/docs/ERA_Autumn_Statement_2015_PR.pdf). 2015.
- [20]BGS. BGS position on the fracking decision in the UK [EB/OL](2016-10-06)[2016-12-16] [http://www.bgs.ac.uk/news/docs/BGS\\_Media\\_Statement\\_Cuadrilla\\_Decision\\_October\\_2016.pdf](http://www.bgs.ac.uk/news/docs/BGS_Media_Statement_Cuadrilla_Decision_October_2016.pdf). 2016.
- [21]USGS. USGS Estimates 66 Trillion Cubic Feet of Natural Gas in Colorado's Mancos Shale Formation[EB/OL](2016-06-08)[2016-12-28] <https://www.usgs.gov/news/usgs-estimates-66-trillion-cubic-feet-natural-gas-colorado-s-mancos-shale-formation>. 2016.
- [22]新华网. 国务院办公厅《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》全文[EB/OL](2014-11-20)[2017-02-16] [http://news.xinhuanet.com/energy/2014-11/20/c\\_127231835.htm](http://news.xinhuanet.com/energy/2014-11/20/c_127231835.htm). 2014.
- [23]中央政府门户网站. 国家能源局、财政部、国土资源部、住房和城乡建设部关于促进地热能开发利用的指导意见(国能新能[2013]48号)[EB/OL](2013-02-07)[2017-02-16] [http://www.gov.cn/zwggk/2013-02/07/content\\_2329361.htm](http://www.gov.cn/zwggk/2013-02/07/content_2329361.htm). 2013.
- [24]中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于印发《地热能开发利用“十三五”规划》的通知(发改能源[2017]158号)[EB/OL](2017-01-23)[2017-02-28] [http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfb-ghwb/201702/t20170204\\_837204.html](http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfb-ghwb/201702/t20170204_837204.html). 2017.