

推动能源生产和消费革命战略研究

“能源领域咨询研究”综合组

摘要: 能源是我国经济社会持续健康发展的重要物质基础, 能源生产和消费革命是我国发展的必经之路。在我国, 推动能源生产和消费革命作为国家发展战略已经开始逐步实施。本文从能源与经济社会关系的角度入手, 指出推动能源生产和消费革命具有重要意义; 阐述了我国能源改革的背景, 结合发达国家的历史经验, 分析了影响能源改革的重大问题; 最后结合现状提出推动能源生产和消费革命的战略建议, 为我国能源生产和消费革命提供参考和有力支撑。

关键词: 能源革命; 经济社会; 可持续发展; 重大问题; 战略举措

中图分类号: TK01 **文献标识码:** A

Strategic Research on Promoting Energy Revolution of Production and Consumption

The Comprehensive Research Group for *Energy Consulting and Research*

Abstract: Energy is an important basis for the sustained and sound development of Chinese economy and society. Energy revolution of production and consumption is the only way to promote China's development. As a national development strategy of promoting energy revolution of production and consumption, it has been gradually implementing. This paper indicates the significance of driving energy revolution of production and consumption from the perspective of the relationship between energy, economy and society. It elaborates the background of China's energy revolution, and analyzes the major issues which affect the energy revolution through the historical experience of developed countries. Finally it proposes strategies for energy revolution based on current situation, in order to provide reference and support for energy revolution in China.

Key words: energy revolution; economy and society; sustainable development; major issues; strategic measure

一、前言

能源是人类活动的物质基础, 对我国经济社会的持续健康发展起到重要作用。推动能源生产和消费革命是国家在新形势下作出的一项重大战略决策, 是一项影响深远、涉及广泛、复杂艰巨的全新

工作。2013 年, 中国工程院启动了“推动能源生产和消费革命战略研究”重大咨询项目, 以国际视野和大能源观从生态文明建设、世界能源版图变化、第三次工业革命等方面深入分析和研究能源生产和消费革命, 提出支撑与保障能源生产消费革命的政策建议和技术路线图, 为国家相关能源政策制定提

收稿日期: 2015-11-04; 修回日期: 2015-11-10

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“推动能源生产和消费革命战略研究”(2013-ZD-14); 项目负责人: 谢克昌

本刊网址: www.enginsci.cn

供科学思想和科技支撑。

二、推动能源革命是可持续发展的必由之路

能源是我国经济社会持续健康发展的重要物质基础。按照习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”的战略思路,推动我国能源革命具有重要现实意义和深远历史意义。推动能源革命必须突破传统思维模式、发展方式和一般性的措施办法,以创新性的理念和思路,采取超常规措施,才能取得突破性的成效。

(一) 我国能源产业有效支撑了国民经济社会持续健康发展

改革开放三十多年来,我国已初步形成了以煤炭为主体、电力为中心、石油天然气和可再生能源全面发展的能源供应格局,基本建立了较为完善的能源供应体系。总体来看,我国能源发展成就显著,供应能力稳步增长,能源结构不断优化,节能减排成效明显,科技进步日新月异,国际合作战略突破,建成了世界最大的能源供应体系,有效地保障了经济社会持续健康发展。

1. 煤炭有效发挥了主体能源作用

煤炭作为我国第一大能源,为促进经济社会发展和保障国家能源安全作出了重大贡献。我国原煤产量多年位居世界第一,建成了14个特大型煤炭基地,2014年全国煤炭产量 3.87×10^9 t^[1];煤炭安全、高效开采已达世界先进水平;煤炭开发战略西移取得重大进展;煤电污染物超低排放技术达到世界领先水平,煤直接液化、煤制烯烃等煤炭转化技术世界领先^[2]。

2. 油气为保障国家能源安全发挥了重要作用

新中国成立以来,我国油气工业发展取得了巨大成就。原油产量稳中有增,目前年产 2.1×10^8 t左右、居世界第五^[3];天然气年产量从1980年的 1.43×10^{10} m³提高到2014年的 1.329×10^{11} m³^[1];2014年煤层气年抽采利用量超过 7.7×10^9 m³,页岩气试验探采工程启动^[4]。

3. 核电发展提升了我国科技核心竞争能力

核电是我国少数几个在世界上具有核心竞争能力的高新技术领域。已开发出具有自主知识产权的先进压水堆核电技术;初步建立高温气冷堆和快堆产业联盟。至2014年年底,核电总装机容量

2.03×10^7 kW,占全国电力总装机容量的1.49%^[1];在建规模继续保持世界第一。

4. 可再生能源快速发展促进了能源与环境的和谐

我国可再生能源发电已经成为重要的电力来源,非化石能源在一次能源结构中的比例提高到11%^[1]。2014年年底,我国风电和太阳能发电并网装机达到 1.2×10^8 kW^[1],风力发电累计装机、光伏新增装机和累计装机、太阳热利用规模均居世界第一^[3]。

5. 以电网为主的能源综合运输体系快速发展促进了我国区域经济均衡发展

2014年电力装机规模达 1.36×10^9 kW^[1],建成了西电东送输电能力 1.4×10^8 kW的全国统一电网,以及世界上首个 ± 800 kV特高压直流输电示范工程和首个1000 kV特高压交流输电试验示范工程,电网规模跃居世界第一位^[2];灵活交流输电、柔性直流输电、大电网安全控制等关键技术和装备取得世界性突破;实现了西电东送和区域电网互联。

(二) 破解能源可持续发展难题必须加快推动能源革命

我国是世界最大的能源生产国和消费国,但能源资源约束日益加剧,生态环境问题突出,能源发展面临着一系列新问题新挑战。一是能源消费总量持续增加,能源利用效率低下。我国先进高效能源技术普及率仍然较低,煤炭等化石能源清洁高效利用技术开发应用滞后,能源优质化利用程度不高,能源利用效率低,与发达国家差距明显。二是生态环境压力加大,碳排放问题突出。我国SO₂、烟尘、可吸入颗粒物等污染物排放量大,导致酸雨、雾霾等大气污染事件明显增加。我国是受气候变化不利影响最显著的国家之一,也是全球温室气体排放量最大的国家。三是世界能源版图深刻变化,能源安全形势依然严峻。世界能源多元化、清洁化和低碳化趋势增强,能源消费重心进一步向发展中国家转移,油气供应呈现多极并存格局。我国石油对外依存度已从本世纪初的32%飙升至2014年的59%^[1]。四是能源科技水平总体不高,围绕科技的竞争日趋激烈。我国能源科技水平在全球局部领先、部分先进、总体落后,我国在能源领域的核心装备制造、关键工艺技术、催化剂助剂等方面,仍然存在较大差距。五是能源体制机制不顺,产业发展通道不畅。能源科技创新引导和激励机制不完善,能

源法律体系不完善,行业监管体系待健全,资源性产品价格形成机制不完善等已成为能源科学发展的严重障碍。

三、推动能源革命必须解决的重大问题

(一) 能源开发利用与生态环境协调发展问题

以绿色低碳为主要特征的生态文明是人类社会发展新的文明形态,是走可持续发展之路的战略选择。树立环保优先理念、实现生态良性循环,是推动能源革命的重大课题。

1. 生态文明是人类社会发展的必然选择

2012年,党的十八大提出了生态文明的战略任务,特别提出“要把资源消耗、环境损害、生态效益纳入经济社会发展评价体系”,将生态文明建设纳入社会主义现代化建设“五位一体”总体布局。2015年,党中央国务院明确提出,要严守资源消耗上限、环境质量底线和生态保护红线,明确对党政领导干部进行生态环境损害终生追责。生态文明是贯穿于经济建设、政治建设、文化建设、社会建设全过程和各方面的系统工程。

2. 能源与生态环境的矛盾已成为制约生态文明建设的主要因素

工业文明带来了严重的生态环境危机,直接威胁着经济社会的健康协调可持续发展。主要体现在大气污染、水污染、土壤污染、固体废弃物、生态退化和气候变化等诸多方面。我国生态环境承载力非常有限,已经逼近生态红线,现实环境和资源约束必须走生态文明道路。

3. 能源革命是实现能源与生态环境协调发展的重要途径

当前,我国煤炭产能普遍过剩、能源和电力消费增速放缓,是全面推进生态文明建设的历史机遇。应以总量控制为目标,坚持科学供给满足合理需求的发展原则,将节能贯穿社会发展各领域,形成政府、企业和社会共同参与的市场体系,以技术创新和全面深化体制机制改革为支撑,为我国生态文明建设提供重要保障。

(二) 能源消费总量控制问题

我国能源消费总量增长是必然趋势,尽快实现经济发展与能源增长“脱钩”、跨越式提高能源开

发利用效率、坚决抑制不合理能源消费、大幅度降低能源消耗总量,是推动能源革命的重要目标。

1. 我国能源消费快速增长的主要原因是终端能源服务规模巨大

过去十多年,我国能源强度不断下降,能源效率持续提高,但由于处于工业化中后期,终端能源服务需求规模快速增加,导致新增能源消费巨大,迅速冲抵了能效进步带来的节能效果。

2. 我国能源消费总量有望在 2040 年前后出现拐点

参照发达国家历史经验,考虑我国后发优势和强化节能措施,保守预计,2030年我国能源消费总量也将达到 $5.6 \times 10^9 \sim 6.0 \times 10^9$ tce(tce为吨标准煤),此前能源消费总量持续增长可能难以避免。2030年以后,随着经济稳健发展和工业化基本完成,我国将进入部分发达国家历史上曾出现过“人均能源消费增长拐点”的区间内,能源消费总量有望在2040年前后达到峰值。

3. 能源消费革命的关键是转变节能理念和管理方式

能源消费革命的根本目的在于彻底改变经济发展与能源消耗的关系,在发展经济的同时实现能源消费方式的根本变革。能源消费革命实际上要求的是对整个经济发展过程中能源消费的精细管理和控制,提高用能效率和效益,尽量避免不合理的能源消费。

(三) 能源供给结构优化问题

当前和未来较长一个时期,化石能源的主体地位不会发生大的改变,但高效清洁并减量开发利用已成为共识,我国能源供给面临能源安全、气候变化和环境压力的严峻挑战。

1. 我国能源供给面临能源安全、气候变化和环境压力的严峻挑战

我国能源工业的快速发展为国民经济和社会发展做出了重要贡献,但粗放的经济增长方式和“需求导向”为主的能源供应模式导致能源开发利用规模急剧扩大。能源安全稳定供应、气候变化和环境压力三个重大问题,深刻地影响到未来能源可持续发展。

2. 能源供给革命的关键是形成多轮驱动的供应体系

我国能源供给体系总体上粗放、低效、污染、

欠安全，需要逐步转型为节约、高效、洁净、多元、安全的现代化能源供给体系。从新能源开发利用水平和能源发展潜力来看，我国已基本具备能源供给革命的基础条件，需大力推进煤炭清洁高效利用，着力发展非煤能源，形成煤、油、气、核、新能源、可再生能源多轮驱动的能源供应体系，并加强能源输配网络和储备设施建设。

（四）能源科技在第三次工业革命中的创新发展问题

第三次工业革命将极大促进人类生产方式和生活方式的根本变革，对能源生产和消费模式必将产生重大影响。

1. 第三次工业革命将对经济社会发展产生重大影响

第三次工业革命呈现智能化制造成为新的经济增长点、制造业与服务业深度融合、传统的规模经济面临严峻挑战、世界经济地理重塑加速、建立世界能源新秩序等五大趋势，将对我国经济、社会、科技发展产生积极影响。

2. 能源技术革命的方向是能源与信息技术深度融合

第三次工业革命将大力推动我国能源技术的创新和突破，解决制约经济社会发展的能源问题。一是助推化石能源发展，提高化石能源供应能力和市场竞争力；二是助推非化石能源发展，促进能源供给多元化；三是推进智能电网发展，大幅提高能源有序配置能力；四是加快智能制造技术创新，扩大工业能源消费节能空间；五是推进智能建筑发展，降低建筑物运行能耗；六是推进智能交通发展，调整交通运输工具的耗能结构。

（五）能源体制机制保障问题

体制决定机制，机制决定活力。在新的历史时期适应能源发展新形势，从根源上推进能源体制改革、最大限度地发挥市场作用，是推进能源生产和消费革命的重大问题。

1. 我国能源体制机制亟待理顺

改革开放以来，我国不断加大能源管理体制和运行机制的改革力度，形成了煤炭、电力、石油、天然气、核能、新能源以及可再生能源全面发展的能源供给体系。但总体上看，我国能源体制仍存在一些亟待解决的问题。主要表现为：管理部门重叠、

职能交叉；重点领域行政垄断现象较为严重；市场化的能源价格机制还未形成；能源资源税收体系还不完善。

2. 我国能源体制改革的方向是市场化

我国能源行业虽然进行了相应改革，但进展缓慢，行业市场集中度高，市场化程度相对较低，垄断现象较为突出。政府主导的现行能源价格无法有效地反映供求关系、资源稀缺程度和环境损害程度，无法有效地发挥对消费、投资和资源配置的引导作用。

3. 完善我国能源体制的关键是依法管理和有效监管

能源法律体系建设滞后问题日益明显，部分法律内容也已与现阶段市场经济发展不相适应，需要加快法律法规的修订和完善，同时构建完善的监管体系。

（六）世界能源版图变化中我国能源发展的抉择问题

世界能源政治力量多极发展，能源供需格局发生重大变化，差异化发展和全球合作成为共识。我国既面临重要机遇，也面临巨大挑战。

1. 世界能源格局和版图正处于深度调整期

一是世界能源结构向低碳无碳演变。据国际能源署(IEA)预计，到2040年可再生能源电力比重将占电力需求的近三分之一，核电比重将占约12%，新能源和可再生能源合计提供近一半的电力^[5]。二是世界能源供需格局面临重大调整。能源消费重心正向东转移，新兴国家在世界经济增长中的引擎作用愈加突出。三是国际能源新技术革命正在加速孕育。新能源和可再生能源已成为一些国家新增能源的主体，非常规油气资源成为常规能源的战略性补充能源。

2. 主要国家正处于能源战略调整期

美国能源独立对世界能源发展具有深远影响，主要发达国家十分重视能源安全和构建绿色能源体系。奥巴马政府近年提出“新能源计划”，欧盟强调低碳发展路线，日本出台阳光计划等政策，大力推动新能源与节能科技发展。发展中国家积极参与全球能源治理和清洁化进程，积极参与全球能源治理已成为发展中国家的能源外交战略重点。

3. 我国适应世界能源版图变化必须加快推动能源革命

结合我国能源发展实际，加快推动能源革命必

须把握好以下几个要点：一是立足国内、多元发展是能源革命的重要基础。二是科技创新是能源革命的重要支撑，必须进行技术创新和产业突破。三是加强国际能源战略合作是能源革命的重要助力。加快制定我国未来 30~50 年的国际能源合作战略，大力拓展能源国际合作范围，为构建互联互通、安全稳定的能源体系提供保障。

四、推动能源生产和消费的战略思路与重大举措

（一）战略思路与目标

1. 战略思路

牢固树立“环境优先、效率至上、市场主导、安全持续”的能源发展理念，统筹需求侧与供应侧双向协同发展，依托科技创新、系统优化和能力提升，采取“三步走”的发展步骤，大力推进能源生产和消费革命，力争用 20~30 年时间构建起“需求合理化、开发绿色化、供应多元化、调配智能化、利用高效化”的新型能源体系，为推进我国经济社会持续健康发展、实现中华民族伟大复兴的中国梦提供强有力的能源保障。

2. 战略目标

第一步，2016—2020 年：能源结构优化期。实现能源消费清洁低碳发展，力争 2020 年煤炭、油气、非化石能源消费比例达 6:2.5:1.5。

第二步，2021—2030 年：能源领域变革期。实现能源消费结构显著优化，力争 2030 年煤炭、油气、非化石能源消费比例达 5:3:2。

第三步，2031—2050 年：能源革命定型期。形成“需求合理化、开发绿色化、供应多元化、调配智能化、利用高效化”的新型能源体系，力争 2050 年煤炭、油气、非化石能源消费比例达 3.5:3:3.5。

（二）战略重点

1. 以实现能源永续发展为目标，坚持环境优先，全方位推动能源革命，加快调整完善国家能源战略，彻底转变传统能源发展、生产和消费理念

将实现能源永续发展和坚持环境优先纳入国家能源战略与能源发展规划。树立人与生态平等的新价值观，坚持绿色、低碳发展理念，积极培育符合生态文明要求的能源发展模式。制定分阶段、分领域、分步骤实施的国家能源生产和消费革命目标，

近中期以规模能源清洁化和低碳化为主要方向，严格限制煤炭、石油等高碳能源消费增长，中长期以清洁低碳能源规模化为主要方向，推动非化石能源成为能源供应的重要支柱，逐步摆脱对传统化石能源的高依赖性。树立科学的非化石能源发展理念，彻底转变传统能源生产和消费理念。树立全生命周期理念，科学评价太阳能、风能等非化石能源开发利用全过程、各环节污染物排放和经济效益，促进非化石能源科学发展。加快推进农村生物质、太阳能等可再生能源分布式供能系统发展，推动非商品能源的清洁高效利用。

2. 以系统节能为切入点，以工业、建筑、交通等重点领域和居民生活用能等关键环节为突破口，实行世界先进水平能效标准，建成能源节约型社会

牢固树立系统节能理念，全面提高能源利用效率。坚持多种措施并举，推进重点领域和关键环节节能。大力调整产能结构和工艺路线，全面提高技术水平和科技创新能力，大幅提高用能效率。健全能源管理制度，实现能源消费平衡和系统优化调控。完善交通运输体系和能源系统规划，充分挖掘交通部门节能减排潜力。大力发展城市公共交通，加快发展电动汽车、混合动力汽车等新能源汽车，超前研发生产符合更高排放要求的清洁汽柴油产品。制定严格的建筑节能标准，大力实施建筑能效提升工程。严格控制建设总规模，重点控制城镇建筑规模，完善建筑节能标准体系，加快智能建筑建设和既有建筑改造。提高工业能效标准，严格限制高耗能产业和过剩产业扩张发展。力争 2020 年发电、冶金、建材、化工等主要工业行业技术能耗达到国际先进水平。大力调整产业结构，积极发展低能耗先进制造业、高新技术产业和现代服务业，坚决淘汰落后产能。实施全民节能行动计划，坚决抑制不合理能源消费。

3. 加快发展清洁高效安全多元的电力生产系统，全面构建柔性智能的电力输配网络，统筹电力各环节协调运转，大幅提高电力在终端用能中的比重

统筹规划和加快发展清洁、高效、安全、多元的电力生产系统。加强节能、节水、除尘、脱硫、脱硝和脱重金属等技术的推广应用，大力发展风电、太阳能发电、核电。融合先进储能技术和信息技术，全面构建柔性、智能的电力输配网络，提高可再生能源电力消纳能力和利用效率。加快构建柔性、智

能的电力输配网络，全面提升能源利用效率。优化能源消费结构，大幅提高电力在终端用能中的比重。科学布局火电、风电、太阳能发电和水电规模。提高“家庭电气化”水平，推动交通领域电气化。发展大型热泵等以电代煤项目和电采暖替代燃煤锅炉的示范工程。

4. 严格控制煤炭生产总量和低效石油产量，抓住低油价机遇加大国外石油资源引进力度，实现煤炭绿色转型和石油可持续供应

坚决淘汰落后产能，严格控制煤炭产量，有效推进煤炭绿色发展。按照“控制东部、稳定中部、发展西部”的原则，优化煤炭生产布局。加大落后产能、小规模煤矿的淘汰力度，壮大大型煤基综合能源企业集团。大力推广保水开采、充填开采、智能开采和生态修复等绿色开采技术，提高煤炭绿色高效安全开采水平。控制低效石油产量，适时加大石油进口，提高石油储备能力。着眼效益发展和可持续发展，实现从追求产量目标向追求效益目标的转变、从立足国内稳产增产向有效利用国际国内两种资源和两个市场转变。

5. 坚持国内外并重、常规与非常规并举，统筹天然气基础设施和终端市场，加快完善价格形成机制，大幅提高天然气消费比重

常规与非常规并举，加强国内天然气勘探开发。搭建国家级非常规天然气研发平台，超前谋划天然气水合物勘探开发，实现国内天然气产量持续有效的增长。统筹消费市场拓展与基础设施建设，科学谋划国外天然气资源引进规模、方式与节奏，推进进口气源多元化，实现开放条件下的供应安全。大力推进天然气价格改革，依托上海石油天然气交易中心，实现天然气市场化定价。尽快理顺天然气终端价格，优化能源消费结构。重塑天然气管网架构与管理方式。将天然气管网系统纳入国家基础设施建设范畴，强化立法和监管，建成连通开放、安全便利、公平高效的天然气管网系统。

6. 抓住“互联网+”快速发展的重要机遇，在构建以体制梳理和商业模式创新为主的互联网能源基础上，加快建成基于主干网、广域网和局域网的能源互联网，实现能源资源优化配置和智慧能源时代的新发展

坚持创新驱动发展，加快突破能源互联网关键技术，加强智能互联网试点示范工作。围绕发展能源互联网的主要目标，加强基于能源互联网产业的

网络、通信、新材料、电力电子器件等领域的关键技术研发，带动相关产业发展。加快能源互联网建设，全面提升能源利用效率，实现终端用能的绿色高效。加快推进新型信息-能源融合的“广域网”，实现生产、输配、存储、消费等行为的网络化、自动化和智能交互。政府积极引导，推进能源互联网进程。加快电力体制改革，建立电力终端消费新模式。发挥好政府推动、市场主导和政策引导作用，建立完善的财税金融政策，推动国际交流与合作，为能源互联网健康发展营造良好环境。

7. 着力突破煤炭清洁转化利用、油气“两深一非”、核电安全发展、可再生能源成本制约、电网运行控制等关键技术，提高科技成果转化率和贡献率

合理制订煤炭科学产能，有效推进绿色开发生态建设关键技术示范工程，大力发展煤炭清洁发电、煤基多联产技术、煤炭分级利用研发和示范工程，促进煤炭产品由燃料向原料与燃料并重转变。加快攻克深层深水油气勘探开发关键技术，着力突破非常规资源开发瓶颈技术，实现“两深一非”油气高产高效开发。提高油气勘探开发技术，加大储层设施建设和技术攻关，实现油气开采与储运有机衔接。坚持安全为要，推进核电技术自主研发，实施核燃料闭式循环示范工程，积极探索核能多元化利用技术，加快启动内陆核电建设。大规模推广太阳能热利用技术，科学布局陆海风电，统筹发展生物质能、海洋能、地热能的综合利用技术，研发分布式可再生能源集群接入智能微电网技术，提升电网接纳大规模可再生能源能力和用户服务能力。

8. 依托“一带一路”战略，加强国际能源合作与互联互通，突出核心区，加快扩展区，统筹海外能源合作区、贸易地、进口通道及国内配套能力建设

加强以油气为重点的国际能源合作。通过“一带一路”战略，依托亚洲基础设施投资银行和上海合作组织等重要平台，推动我国与周边国家互联互通，整合带动区域能源市场发展。稳步推进地区间以通道为主的基础设施和配套能力建设。加强中亚、中俄等能源合作核心区的油气能源合作，深化与东盟等能源合作核心区的海上能源通道合作，强化通道沿线能源科技、装备、服务等合作，提升我国能源国际影响力。

9. 以市场化为导向，加快推进我国能源管理体制和能源企业改革，积极构建公平开放、有效竞争的市场结构与市场体系

完善能源管理体制。坚持政企分开、政资分开，加快转变政府职能，加强全产业链监管。理顺财政管理体制，完善政府部门考核机制，增加政府部门指标考核中生态环境保护与修复的占比权重。全面推进能源产业市场化改革。深化能源价格机制改革，形成自然资源成本与用户终端用能价格联动机制。建成完善的能源市场体系，做到“法无禁止即可为”“法无授权不可为”。积极地推动国有能源企业改革。以完善现代企业制度为目标，采取独资、控股、参股等多种形式，宜独则独、宜控则控、宜参则参。发展混合所有制经济，逐步培育多种所有制并存和相互渗透的多元化市场竞争主体。

五、结语

能源革命是新时期的国家重大战略，是实现“两

个翻番”、城镇化、建设生态文明、确保能源安全等历史重任的根本出路。推动能源生产和消费革命不能一蹴而就，但必须要有革命性的重大措施。能源革命“要立足国情，要放眼世界，要穿透未来”，应树立正确发展理念，供需协同发展，倚重科技创新、系统优化和能力提升，构建新型能源体系。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2014年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. [2015-10-20]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201502/t20150226_685799.html.
- [2] 谢克昌, 等. 中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究(综合卷) [M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [3] Bob Dudley. BP statistical review of world energy June 2015 [EB/OL]. [2015-11-06]. <http://www.bp.com/statisticalreview>.
- [4] 樊金璐, 任世华, 郝继锋, 等. 我国煤层气利用工程监测与分析 [J]. 洁净煤技术, 2015, 21(4): 104-106.
- [5] International Energy Agency. World energy outlook 2014 [EB/OL]. [2015-11-06]. <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2014>.