

# 我国能源安全战略与对策探讨

黄维和<sup>1</sup>, 韩景宽<sup>1</sup>, 王玉生<sup>1</sup>, 沈珏新<sup>1</sup>, 程蕾<sup>2</sup>

(1. 中国石油天然气股份有限公司规划总院, 北京 100083; 2. 煤炭工业规划设计研究院有限公司, 北京 100120)

**摘要:** 能源安全是国家安全体系的重要组成部分, 受全球地缘政治、新型冠状病毒肺炎疫情蔓延的影响, 我国能源安全面临严峻挑战。综合高效利用国内能源资源、控制和减少油气进口规模、保障能源安全, 仍是我国高质量、可持续发展亟待研究的课题。本文梳理了能源安全概念的演变历程、国外代表性的能源安全战略, 从“发展可持续、供应有保障、科技有支撑、经济可承受、体制有保障”5个维度研究界定了能源革命条件下我国能源安全的新内涵; 在此基础上研判了我国能源安全面临的形势并提出相应战略构想。研究表明, 稳定传统能源生产, 保障进口油气供给安全, 实施多能互补、提升可再生能源消费比重, 提高能源科技水平、加快能源科技创新合作, 完善能源发展体制机制, 是我国能源发展的必要举措。最后从顶层设计与规划、天然气与可再生能源融合发展、新能源科技创新研发、能源对外合作深化等角度提出了对策建议。

**关键词:** 能源革命; 能源安全; 安全保障; 能源经济; 形势分析

**中图分类号:** TK01   **文献标识码:** A

## Strategies and Countermeasures for Ensuring Energy Security in China

Huang Weihe<sup>1</sup>, Han Jingkuan<sup>1</sup>, Wang Yusheng<sup>1</sup>, Shen Juexin<sup>1</sup>, Cheng Lei<sup>2</sup>

(1. PetroChina Planning & Engineering Institute, Beijing 100083, China;

2. CCTEG Coal Industry Planning Institute, Beijing 100120, China)

**Abstract:** Energy security is important for the security system of a country. Affected by global geopolitics and the COVID-19 pandemic, China's energy security is currently facing severe challenges. Reducing the import scale of oil and gas based on the comprehensive and efficient utilization of domestic energy to ensure energy security remains a topic that requires research for promoting China's high-quality and sustainable development. This study first reviews the evolution of the energy security concept and summarizes the energy security strategies of typical countries. Then the energy security in China is defined from five dimensions: sustainable development, guaranteed supply, scientific support, economic affordability, and guaranteed system. Moreover, the situation faced by China's energy security is studied and corresponding strategies are proposed. We propose that China should make efforts to stabilize the production of traditional energies, ensure the supply of imported oil and gas, promote renewable energy consumption to complement the current energy mix, encourage cooperative innovation of energy science and technology, and improve the energy development mechanism. Furthermore, we propose several policy suggestions to ensure China's energy security from the aspects of

**收稿日期:** 2020-11-17; **修回日期:** 2020-12-16

**通讯作者:** 王玉生, 中国石油天然气股份有限公司规划总院高级工程师, 研究方向为电力、能源系统战略;

E-mail: wangyusheng@petrochina.com.cn

**资助项目:** 中国工程院咨询项目“推进能源生产和消费革命(2035)——能源革命推动经济社会发展和生态环境保护战略研究”(2018-ZD-11)

**本刊网址:** www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

top-level plan, integrated development of gas and renewable energies, scientific innovation of renewable energies, and international cooperation.

**Keywords:** energy revolution; energy security; security assurance; energy economy; situation analysis

## 一、前言

能源安全作为国家安全体系的重要组成部分,受到世界各国高度关注 [1]。目前,我国已成为世界最大的一次能源消费国,但国内能源生产难以满足消费需求。国内化石能源增产空间有限,既是我国能源安全必须直面的核心问题,又是导致能源自给率逐年下降的主要因素。受资源禀赋影响,我国部分能源品种对外依存度较高,如石油对外依存度在 2019 年达到 72.5%。在全球地缘政治日趋复杂、新型冠状病毒肺炎疫情蔓延的背景下,我国能源安全面临严峻挑战。

与此同时,环境保护、气候治理对我国能源行业提出了更高要求。我国经济发展虽已步入新常态,能源资源需求增长有所放缓,但需求总量仍将维持高位运行,预计 2040 年前后我国能源消费总量约为  $5.9 \times 10^9$  tce (峰值)。本文研究表明,除天然气产量存在增长空间外,煤炭、石油产量均已达到或接近峰值;风能、太阳能资源丰富,但受资源禀赋、技术成本等因素影响,大规模开发将给电网实时功率平衡带来挑战,在短期内尚不足以担负主体能源的使命。立足国内能源资源的综合高效利用、控制和减少油气进口规模、保障能源安全,仍然是我国高质量、可持续发展面临的重大问题。

学术界针对能源安全内涵、能源安全评价指标体系、能源安全核心问题、保障能源安全策略、能源安全与气候变化等方面开展了较多研究。本文立足我国经济发展进入新阶段的宏观背景,考虑环境保护、气候治理逐步强化的行业趋势,从多个维度来界定我国能源安全的内涵,针对性提出保障能源安全的措施建议,以期为能源领域发展战略研究提供理论参考。

## 二、能源安全内涵演化

### (一) 能源安全概念演变与发达国家能源安全战略

随着时代变迁、发展需求变化,能源安全概念的内涵不断丰富完善。20 世纪 70 年代,第四次

中东战争引发石油危机,世界主要石油消费国成立了国际能源署(IEA)并首次提出国家能源安全概念。早期的能源安全研究重点在于能源供应、能源价格稳定,关注的能源品种单一、维度单一 [2]。20 世纪 80 年代以来,能源安全内涵逐渐朝着供给稳定性、经济性、能源品种多样性、使用安全性等多元化方向发展,新增了环境安全、经济安全维度。进入 21 世纪,能源安全朝着更加广阔的社会、经济、环境、气候、消费者等安全方向扩展,涵盖能源可获得、可支付、可持续、能源治理、国际合作等多个维度 [3]。不同国家的资源禀赋、经济环境需求各不相同,其能源安全战略的重点和措施也各有侧重。因此宜针对实际发展阶段,结合经济、社会发展、环境容量等要求,研究界定各国能源安全的内涵。

美国率先制定国家能源安全战略,主要包括节约能源、完善机制、灵活的财政支持、最大限度利用可再生能源等内容;近期战略的核心在于实现能源自供、减少对外依赖。例如,2017 年 1 月美国发布“能源独立”行政命令;2017 年 3 月推出《美国优先能源计划》,致力于降低能源成本并最大化利用国内能源资源,尤其是传统化石燃料。

德国能源安全战略以可再生能源为核心,以提升能效为支撑。2010 年 9 月,德国联邦经济与技术部发布了《能源方案》长期战略,明确 2050 年前以发展可再生资源为核心,相应战略目标为经济合理、供应安全、环境友好。

日本的油气供应大部分依赖进口,一直以来高度重视与油气生产国的合作、本土油气储备;能源战略的长期目标是实现能源转型,通过多种渠道构建起清洁、低碳、高效、智能的新型能源供应体系,保障可持续发展。

### (二) 能源革命形势下我国能源安全的内涵

当前,世界经济、科技、文化、安全、政治等格局都在进行调整,我国发展环境也经历着深刻变化;国家提出了推动形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局 [4]。能源作

为经济发展的动力来源，其领域发展应贯彻落实“四个革命，一个合作”（即消费、供给、技术、体制革命，国际合作）能源安全新战略。我国能源安全的内涵可分为以下五方面。

### 1. 发展可持续

能源生产和利用排放的CO<sub>2</sub>及污染物，引发了全球变暖的气候问题、空气污染问题。在我国，过去粗放型经济增长方式带来了较为严重的环境问题、不断增加的社会治理成本，今后能源安全必须高度关注环境与可持续发展。我国一方面要承担义务，力争2030年前CO<sub>2</sub>排放达到峰值、2060年前实现碳中和；另一方面要保障居民在能源发展方面享有应有的权利，满足日益增长的美好生活需要。应重点关注碳减排目标下的单位国内生产总值（GDP）碳排放、能耗、人均碳排放等。

### 2. 供应有保障

能源供应安全即提高能源的可获取性，建立多样化的能源来源体系、多源化的能源进口渠道、可靠的能源运输方式，在传统能源和新能源之间形成较好的替换与协同发展机制；最大程度保证能源的足量与连续供应，降低能源供应终端的风险，保障经济活动顺利开展[5]。核心影响因素包括资源保障程度、能源进口通道、能源战略应急储备等。

### 3. 科技有支撑

科技进步是推动能源效率提升、改善能源结构、降低能源和环境冲突的根本动力。科技安全指制定和实施国家能源安全战略所需的科学技术支撑能力，涉及能源生产、运输、消费等多个环节；包含不同能源品种的节能、成熟技术推广应用能力，短板技术的攻关研发，高端技术的储备合作能力，相应的标准体系、能源信息的收集与应用能力等。

### 4. 经济可承受

考虑经济、能源的协调发展，我国能源转型升级过程中的能源生产、使用成本势必随能源结构调整而改变，进而对经济发展、居民生活水平产生影响。衡量我国能源经济安全的重要指标包括能源产业、能源价格对国民经济的影响，能源进口对国际贸易的影响，人均能源消费占收入比例等。

### 5. 体制有保障

能源体制机制是能源安全的重要内容和制度保证。在能源革命、能源转型的背景下，能源体制主

要涉及能源分级管理与监督激励机制、能源市场与价格机制改革机制、能源相关法律法规与管理规定、全球新型能源治理体系等。

## 三、我国能源安全面临的形势

### （一）可持续安全层面

目前，我国能源生产总量、消费总量、煤炭产量、火电装机量等均居世界第一，虽然能源利用效率不断提高、能源结构不断优化，但仍面临着较大的环境和气候治理压力。2019年，我国能源生产总量为 $3.97 \times 10^9$  tce，其中煤炭占比为69.2%；能源消费总量为 $4.86 \times 10^9$  tce，其中煤炭占比为57.7%。

也要注意，虽然目前我国能源强度大、单位GDP碳排放和能耗水平远高于美国、欧洲、日本等发达国家和地区，但人均碳排放和用能水平远低于发达国家，具有较大的上升空间。在环境容量约束、全球应对气候变化要求能源低碳发展的情况下，应对未来能源利用方向、消费结构进行重大调整。

### （二）供应安全层面

我国化石能源资源禀赋差异分布不均衡：能源资源和生产集中在西部地区；能源消费集中在东部沿海的经济发达地区，与资源承载区呈逆向分布[6]。当前的国内化石能源资源评价表明，除天然气产量存在增长空间外，煤炭、石油产量均已接近或达到峰值；国内化石能源增产空间有限是我国能源安全必须面对的核心问题，也是近年来一次能源自给率逐年下降的主要原因。

2019年，我国原油对外依存度超过70%，天然气对外依存度接近45%。我国油气进口通道集中度较高，对高风险国家和地区的依赖程度较大，海上通道占比高且高度依赖马六甲海峡。

相比发达国家，我国油气战略储备和应急储备设施较少，应急储备体系薄弱；应对国际油气市场波动的调节能力不强，对管网安全高效运行也带来了明显影响。

### （三）科技安全层面

经过多年发展与积累，我国能源行业在工程技术领域具备了相对技术优势，部分已达到或接近

世界顶尖水平 [7]; 但行业整体科技水平还不足以支撑能源结构转型升级的需求, 相比发达国家仍然在部分方向上存在差距。因此, 核心技术自主研发、外部技术引进消化吸收等仍有较大的发展空间。

①在煤炭领域, 大部分物探技术与装备、开采装备的制造工艺、材料、装配、密封、机械加工精度、自动化技术, 煤炭提质加工技术方面还不够先进; ②在油气领域, 海洋深水、页岩油气、致密油、天然气水合物等前沿技术积累不足, 低温环境下油气开发、大型液化天然气 (LNG) 开发技术水平仍需提高; ③在电力领域, 高端电力设备的关键部件制造能力相对较弱, 海上风电系统、智能化分布式电源与微电网应用技术尚需提升, 高效低成本储能、多能互补技术也是未来能源发展的主要瓶颈。

在自由贸易环境下, 通过互通有无、比较优势形成的全球产业分工体系与产业链可以解决上述问题, 但易受地缘政治的影响, 正在经历前所未有的挑战。采取全球化产业链和技术链合作, 依赖引进技术来提升国内能源行业水平的模式, 在当前面临着较大风险。亟需加强能源行业核心技术与产品的自主研发, 逐步降低并最终摆脱对进口技术与产品的依赖程度, 切实提升科技对能源行业的关键支撑作用。

#### (四) 经济安全层面

能源行业在我国 GDP 和国际贸易中占有重要地位, 能源进口影响经济安全。我国能源包含煤炭、石油、天然气、电力、可再生能源等成熟品类, 已形成较为完善的能源供应体系。结合历史数据、未来预测数据可见, 能源产业在第二产业、GDP 中分别保持在 10%、5% 以上。

长期以来, 能源贸易对我国国际贸易影响较大, 我国是能源净进口国, 能源贸易以进口石油、天然气为主。基于海关总署公布的货物贸易总额历史数据, 运用自回归模型对我国长期货物贸易净出口额进行预测, 并结合 2018 年国际能源署 (IEA) 发布的《世界能源展望》对中国能源贸易的长期预测结果, 可以发现, 我国能源进口对货物贸易顺差的抵消作用较为明显, 到 2025 年能源贸易逆差很可能挤出货物贸易顺差。

相比美国、英国、德国、日本等发达国家, 当前我国人均 GDP 依然较低, 综合能源价格也处于

相对较低的水平。未来随着我国经济发展、人均 GDP 不断提高, 国内对能源综合价格的承受能力也将保持上升趋势。另外, 由于我国油气对外依存度较高, 新型冠状病毒肺炎疫情常态化等“黑天鹅”“灰犀牛”事件对能源安全也存在一定影响。

## 四、我国能源安全战略设想

### (一) 发展目标

立足我国能源资源禀赋, 遵循能源供需发展客观规律, 以能源供给侧结构性改革为主线, 以提高能源利用质量和效益为中心, 构建“发展可持续、资源可获取、科技可支撑、经济可承受、体制可保障”的新时代能源安全体系。

推进能源清洁高效利用, 维护能源安全, 保障经济社会高质量可持续发展。保持传统能源行业的稳定生产是基本保障, 确保油气进口资源安全是重要手段, 加快可再生能源开发利用是发展核心, 强化节能减排技术以提高能效是重要途径, 构建新时代我国能源治理体系是重要保证。

到 2035 年, 初步建成清洁低碳、安全高效的能源体系, 能源多元化供应体系基本形成, 抗风险能力明显增强, 一次能源自给率保持在 80% 以上。

到 2050 年, 全面提升清洁低碳、安全高效的能源体系质量, 多元供应体系具有较强的稳定性, 能够较好满足消费需求; 风能、太阳能等可再生能源在我国一次能源结构中占比大幅提升, 生态环境实现根本好转, 一次能源自给率达到 95%; 考虑能源国际合作, 基本实现能源自主保障。

### (二) 重点举措

#### 1. 稳定传统能源生产

在需求侧调整、供给侧结构性改革的双重作用下, 我国煤炭消费总量将步入平台期。尽管我国煤炭资源储量丰富, 仍需科学规划产能, 提升大型矿井产能比重, 加快智慧矿山建设, 稳定国内煤炭产能规模, 满足国内煤炭消费的基本需求。保持煤炭进口量、进口来源的基本稳定, 重点满足东南沿海地区的用煤需要。

加大海域、新疆、非常规石油勘探开发力度, 实施“两深一非”(陆地深层、海洋深水, 非常规) 科技攻关, 提升新区新领域探明储量; 提高采收率,

减缓老油田产能递减速度；加强页岩油开发技术储备和转化，尽早形成产能。努力实现国内石油产量长期稳产，力争对外依存度控制在70%以内。深化国际合作，弥补国内低效产能对油气企业的经营压力。

受大气污染防治、能源低碳清洁化转型的双重驱动作用，天然气消费将持续保持增长态势。加大陆上、海域主要含气盆地的勘探力度，坚持常规气、非常规气并重；实施致密气、页岩气、天然气水合物等方面的技术攻关和技术转化，保持国内天然气产量稳定增长。将天然气作为战略性、成长性业务，稳妥提升海外天然气资产比重，有序构建天然气勘探开发、LNG、天然气销售及利用一体化的价值链，稳步提高海外天然气权益产量。

### 2. 保障进口油气供给安全

我国原油进口对高风险国家和地区的依赖程度较高，如海上进口占比高、海上运输严重依赖马六甲海峡和霍尔木兹海峡。从长远发展的角度看，我国从全球获取资源还存在较多的不确定性，有必要及早谋划新航线。例如，尝试开辟新的海陆通道，在实现中亚、俄罗斯、西亚、中东、非洲、澳大利亚、南美、北美等地区油气资源多元化进口的同时，保持引进通道的海陆均衡、航线多元。

加大原油储备设施建设，提高对国际原油市场波动的调节能力，降低进口通道可能受限对经济发展的影响。建立并完善天然气调峰与应急体系，逐步开展天然气战略储备建设。发挥国家石油天然气管网公司的作用，提高油气资源配置效率，保障油气供应安全。

### 3. 实施多能互补，提升可再生能源消费比重

加快可再生能源综合利用是解决我国未来能源安全的核心任务，也是降低能源对外依存度的最现实途径。在保障生态环境的前提下，实施大渡河、澜沧江上游等西南地区水电站、抽水蓄能电站的开发建设。稳步推进沿海地区核电开发，提高核电装机规模。通过多能互补，稳步推进西部、北部风光资源的集约化开发，加强中东部、南方风光资源的就地开发；进一步提升光伏发电转换效率、风电单机容量，合理降低发电成本。加强电力系统的灵活性改造与建设，提升电力系统对新能源的消纳能力。大力发展储能技术、降低储能成本，逐步提升可再生能源在能源消费中的比重。

4. 提高能源科技水平，加快能源科技创新合作  
继续加大工业节能、建筑节能等成熟技术的推广应用，加强能源生产与利用的新型节能技术研发，提高能源利用效率，提升能源生产和利用水平。同步实施能源关键技术与装备的攻关研制。

在科技创新合作方面，合理加大投入，加强能源行业与人工智能、大数据等先进信息技术融合，优化能源开发和利用方式，推动传统“优势产能”向科技创新“新产能”转变。顺应未来能源转型和发展趋势，积极开展以下方面的开发合作：极地油气、天然气水合物等能源与资源，大规模可再生能源高效低成本开发利用和储能，以可再生能源规模利用为主体的局域能源综合系统及智能化能源网，劣质资源开发与资源循环再利用，能源与资源开发生态环境保护，能源与资源高端装备制造。

### 5. 完善能源发展体制机制

能源革命只有在市场化环境下才能成功。相关措施有：推进我国能源市场化改革并提高能源市场开放程度，推动能源价格改革，进一步完善有利于促进新能源发展的市场机制建设，健全促进可再生能源发展的长期稳定的体制机制，逐步构建具有中国特色的能源行业体制机制，建立风险应对机制以有效化解和降低不可预测事件对国家能源安全的影响。

## 五、对策建议

### （一）开展能源安全顶层设计和整体规划，制定能源独立发展战略与政策

能源安全覆盖面宽，既涉及国家安全、经济安全、环境安全、区域安全、合作安全等，又涉及矿产、材料、力学、光学、信息等能源之外的行业。建议开展国家级的能源安全顶层设计和整体规划，在国家中长期能源规划中研究制定逐步实现能源独立的实施步骤，细化各阶段提高我国能源自给率的发展路径及相应保障政策措施。

### （二）加快天然气与可再生能源融合发展，推动能源转型升级

开发风能、太阳能等可再生能源是减少我国经济对国际油气依赖程度、推动能源转型升级的有效途径，也是未来提高能源自给率的重点方向。建议

将促进可再生能源开发利用技术与产业纳入我国能源安全长期战略纲要,同时结合未来能源安全要求、能源供需形势、国外先进经验,对 2006 年颁布实施的《中华人民共和国可再生能源法》进行适应性修订。

天然气发电具有良好的调峰性能,是现阶段促进风光资源规模化开发利用最为现实的选择途径。建议在我国西部、北部风光资源集中地区,结合电网、天然气生产、进口管道布局,建设陆上多能互补综合能源基地,通过特高压电网外输至中东部用能地区;在东部沿海风资源集中地区,结合电网、进口 LNG 接收站布局,整体协调建设沿海多能互补综合能源基地,实现相关资源的就地开发利用。

### (三) 建立跨学科、跨领域、协同高效的新能源科技创新研发体系

国家高度重视科技创新,颠覆性技术作为科技创新的重要方面,是产业赶超式发展的重要驱动因素。新能源颠覆性技术是提高我国能源利用效率、优化能源消费结构的重要依托,也是提高可再生能源消纳比重、保障能源供应安全的有效途径。建议论证设立国家科技重点研发计划项目,围绕风能太阳能精确预报、能源大数据分析、智能化电网与电网、大规模储能、海上风电等短板和关键技术方向,建立跨学科、跨领域、协同高效的科技研发体系和创新联盟,建设“政产学研用”协同创新支撑平台,开展联合攻关,争取扎实突破。

### (四) 深化能源对外合作力度,构建新型能源治理体系

建议建立能源、外交、财税、外贸、金融等联合保障机制,继续巩固并加强与海外尤其是“一带一路”沿线国家的能源合作、能源基地建设。推进能源贸易和进口的多元化,扩大我国与东北亚、中

亚—俄罗斯、西亚、东南亚的能源通道互联互通规模,务实推进能源对外贸易与技术合作。深化国际能源多边、双边合作机制,共同构建绿色低碳的全球能源治理体系、安全高效的能源保障体系,共同促进国际能源市场的开放与合作,共同维护能源运输通道的安全运营。

#### 参考文献

- [1] 陆胜利. 世界能源问题与中国能源安全研究 [D]. 北京: 中共中央党校, 2011.  
Lu S L. Research on world energy issues and China's energy security [D]. Beijing: Party School of the Central Committee of C.P.C, 2011.
- [2] 程蕾. 中国能源安全面临的挑战及煤炭保障作用分析 [J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(4): 10-14.  
Cheng L. China's energy security challenges and analysis of coal security role [J]. Coal Economy Research, 2019, 39 (4): 10-14.
- [3] Shin J, Shin W S, Lee C Y. An energy security management model using quality function deployment and system dynamics [J]. Energy Policy, 2013, 54(3): 72-86.
- [4] 程蕾. 新时代中国能源安全分析及政策建议 [J]. 中国能源, 2018, 40(2): 10-15.  
Cheng L. Analysis of China energy security and policy recommendations in the new era [J]. Energy of China, 2018, 40(2): 10-15.
- [5] 新华网. 习近平: 在经济社会领域专家座谈会上的讲话 [EB/OL]. (2020-08-24)[2020-10-26]. [http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-08/24/c\\_1126407772.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-08/24/c_1126407772.htm).  
Xinhuanet. General secretary Xi Jinping speech at a symposium of experts in the economic and social fields [EB/OL]. (2020-08-24)[2020-10-26]. [http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-08/24/c\\_1126407772.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-08/24/c_1126407772.htm).
- [6] 黄维和, 韩景宽, 王玉生, 等. “一带一路”能源合作与西部能源大通道建设战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.  
Huang W H, Han J K, Wang Y S, et al. The Belt and Road energy cooperation and strategic research on the construction of the western energy corridor [M]. Beijing: Science Press, 2019.
- [7] 王玉生. 工程科技助力“一带一路”油气合作探讨 [J]. 石油规划设计, 2020, 31(3): 10-12.  
Wang Y S. Discussion on engineering science and technology supporting oil and gas cooperation in the Belt and Road [J]. Petroleum Planning and Design, 2020, 31(3): 10-12.