

引文: 侯梅芳, 梁英波, 徐鹏. 中国式现代化目标下构建新型能源体系之路径思考[J]. 天然气工业, 2024, 44(1): 177-185.
HOU Meifang, LIANG Yingbo, XU Peng. The path of building a new energy system under the goal of Chinese modernization: A discussion[J]. Natural Gas Industry, 2024, 44(1): 177-185.

中国式现代化目标下构建新型能源体系之路径思考

侯梅芳 梁英波 徐鹏

中国石油勘探开发研究院

摘要: 倡导人与自然和谐共生的中国式现代化, 对中国能源领域的高质量可持续发展提出了新要求、新部署, “加快规划建设新型能源体系”势在必行。为了助推中国式现代化目标下新型能源体系的构建, 分析了其提出的战略背景, 明确了其重要意义, 阐述了其内涵特征, 提出了其路径建议。研究结果表明: ①新型能源体系是社会主义现代化强国建设的关键抓手, 是实现碳达峰碳中和目标以及推进生态文明建设的重要支撑, 是国家能源安全和国家竞争力的有力保障; ②新型能源体系以促进人与自然和谐共生为根本宗旨, 以保证能源安全和经济社会发展稳定为基本前提, 具有理念更新、能源结构更新、技术创新、治理创新、产业革新、电力革新等内涵特征; ③新型能源体系的构建路径包括加快培育绿色低碳文化、加快推动能源结构转型、加快推动产业结构升级、加快攻关关键核心技术、加快构建体制机制保障等。结论认为, 立足我国能源资源禀赋, 坚持“先立后破”的方式构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系, 提高能源自给率, 特别是油气自给率, 确保能源转型平稳有序、能源保障安全可靠, 可以为当前复杂国际形势下的国家能源安全提供强有力的保障。

关键词: 中国式现代化; 新型能源体系; 碳达峰碳中和; 绿色低碳; 能源自给率; 油气自给率; “先立后破”

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2024.01.016

The path of building a new energy system under the goal of Chinese modernization: A discussion

HOU Meifang, LIANG Yingbo, XU Peng

(PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China)

Natural Gas Industry, Vol.44, No.1, p.177-185, 1/25/2024. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: To realize Chinese modernization advocating harmonious coexistence between man and nature, new requirements and new deployment are put forward for the high-quality sustainable energy development in China, and it is inevitable to accelerate the planning and construction of new energy system. In order to promote the construction of new energy system under the goal of Chinese modernization, this paper analyzes its strategic background, clarifies its significance, illustrates its connotation characteristics, and proposes its path suggestions. And the following research results are obtained. First, the new energy system is a key link to construct a great modern socialist country, an important support for the carbon peaking and carbon neutrality goals and the ecological civilization construction, and a strong guarantee for national energy security and national competitiveness. Second, the new energy system takes harmonious coexistence between man and nature as the fundamental aim and energy security and stable economic and social development as the basic precondition, and it has the connotation characteristics of conceptual renewal, energy structural renewal, technological innovation, industrial reformation, electricity system reformation and governance innovation. Third, the paths to construct the new energy system include quickening the cultivation of green and low-carbon culture, quickening the transformation of the energy structure, quickening the upgrading of the industrial structure, quickening the research of core and key technologies, and quickening the building of system and mechanism guarantees. In conclusion, building a clean, low-carbon, safe and efficient new energy system in the mode of "First Standing Then Breaking" based on China's energy resource endowment, improving the energy self-sufficient rate, especially the oil and gas self-sufficient rate, and ensuring smooth and orderly energy transformation and safe and reliable energy security can provide powerful guarantee for national energy security under the current complicated international situations.

Keywords: Chinese modernization; New energy system; Carbon peaking and carbon neutrality; Green and low-carbon; Energy self-sufficient rate; Oil and gas self-sufficient rate; First Standing Then Breaking

作者简介: 侯梅芳, 女, 1987年生, 高级政工师, 硕士; 主要从事能源战略规划与政策方面的研究工作。地址: (100083) 北京市海淀区学院路20号910信箱。ORCID: 0000-0003-4913-7318。E-mail: houmeifang@petrochina.com.cn

0 引言

能源是经济社会发展的重要物质基础, 人类文明发展进程也是一部能源发展史^[1]。随着经济社会发展需求变化和科学技术进步, 能源体系已经完成从薪柴到煤炭、从煤炭到油气两次系统性重大转换, 即“能源革命”, 当前正在经历第三次重大转换。新型能源体系一词, 最早出现在里夫金所著《第三次工业革命》^[2]一书中, 作者认为, 前两次工业革命形成了以传统化石能源为主体的能源体系, 当今世界正在转向以可再生能源为主体的新型能源体系, 并认为这次转型正是“第三次工业革命”^[3]。在中国, 尽管之前也曾有学者提出过“新型能源体系”, 但首次在国家层面的重要文件中出现, 则是在 2022 年《中国共产党第二十次全国代表大会报告》(以下简称《报告》) 中。

中国共产党第二十次全国代表大会擘画了中国式现代化的宏伟蓝图, 将人与自然和谐共生的现代化列入中国式现代化的 5 个中国特色之一。《报告》中单列篇章, 即第十部分“推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生”, 对积极稳妥推进碳达峰碳中和(以下简称“双碳”) 作出重要部署, 并在其中首次提出“加快规划建设新型能源体系”^[4]。这一新部署立足新发展阶段, 以强国建设和实现“双碳”为目标, 统筹能源供应安全和绿色低碳发展, 对中国能源高质量发展作出重要战略部署。新型能源体系不是另辟蹊径, 而是与“四个革命、一个合作”(“四个革命”: 推动能源消费革命, 抑制不合理能源消费; 推动能源供给革命, 建立多元供应体系; 推动能源技术革命, 带动产业升级; 推动能源体制革命, 打通能源发展快车道。“一个合作”: 全方位加强国际合作, 实现开放条件下能源安全。) 能源安全新战略、能源强国战略、“双碳”战略目标等一脉相承的, 是对之前提出的“现代能源体系”的继承、升华和拓展, 并且具有更强的系统性、全局性、战略性, 与新时代、新发展理念、新发展阶段相适应, 更加契合中国式现代化发展的需要。

新型能源体系具有何种重要意义以及如何构建新型能源体系, 成为亟待研究的重大课题。

1 构建新型能源体系的重要意义

我国已经进一步明确了能源在中国式现代化建设总体布局中的坐标和定位。《报告》指出, “加快构建新发展格局, 着力推动高质量发展”“推动绿色

发展, 促进人与自然和谐共生”“推进国家安全体系和能力现代化, 坚决维护国家安全和社会稳定”。上述 3 个部分当中都有关于“能源”的论述^[4], 反映出能源之于社会主义现代化强国产业体系建设、能源之于绿色低碳转型发展、能源之于保障国家安全, 紧密相关、举足轻重。规划建设新型能源体系, 具有十分重大的意义。

1.1 新型能源体系是社会主义现代化强国建设的关键抓手

中国是拥有 14 亿以上人口、960 万平方千米国土面积的大国, 全面建设社会主义现代化国家, 决不能走西方发达国家曾经的资源依赖、粗放扩张、破坏生态的老路子, 而要从根本上改变发展思路和路径, 加速从工业文明向生态文明转变。中国式现代化是人与自然和谐相处的现代化, 能源革命占据支柱性地位, 新型能源体系是生态文明建设的核心内容。

能源是工业的粮食、国民经济的命脉。能源为中国经济社会发展提供了强劲动力, 但与此同时, 其也存在着严重的结构性矛盾和发展方式矛盾。根据世界银行的公开数据, 中国第二产业占国内生产总值(Gross Domestic Product, 以下简称 GDP) 比重长期超过 40.0%, 直到 2016 年以后才降至 40.0% 以下。2022 年, 中国第二产业占比为 39.9%, 远高于世界平均水平(2022 年为 28.0%), 以及美国(2021 年为 17.9%)、英国(2022 年为 17.9%)、日本(2021 年为 28.8%) 等其他主要经济体。高能耗行业大多集中在第二产业, 中国第二产业能源消费量占全国能源消费总量的 70% 以上^[5]。近 10 年来, 中国持续推进能源转型和节能提效, 国民经济年均增长约 6.6%, 而能源生产年均增长仅 2.4% 左右。即便是如此, 中国单位国内(地区) 生产总值能耗(以下简称单位 GDP 能耗) 仍高于世界平均水平且远高于发达国家水平。2022 年, 中国单位 GDP 能耗为 2.99 t 标准煤/万美元, 是世界平均水平的约 1.5 倍、美国的约 2.3 倍(图 1)。

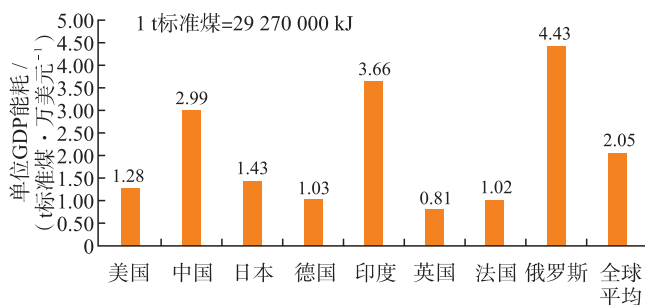


图 1 2022 年世界主要国家单位 GDP 能耗对比图

《第三次工业革命》^[2]一书认为，人类社会所经历的数次经济革命，都伴随着新的能源体系和通信技术，能源革命和通信技术革命是工业革命的根本驱动力（表 1）。该书同时指出，以新型能源体系为标志的第三次工业革命寻求人与自然的和谐相处、经济社会与资源环境的协调和可持续发展^[3]。《报告》提出的绿色发展，与当前全球范围内的能源低碳转型、第三次工业革命趋势高度吻合、目标一致。在中国式现代化目标下，社会主义现代化建设，更加需要能源

系统的支撑和保障。新型能源体系，是推动可持续发展、产业升级、强国建设的必由之路。抓住科技革命和产业变革的战略机遇期，科学规划建设新型能源体系，加快发展化石能源清洁低碳高效利用，大力培育新能源产业竞争优势，推进能源产业基础高级化和产业链现代化，为产业升级带来新的增长点，为经济社会发展提供新动能^[6]。以人为本，提供适合中国人口规模、持续稳定、价格可承受的能源供应，确保能源方面的民生兜底保障，满足人民美好生活对能源的需求。

表 1 历次工业革命的特征和标志总结表

工业革命期次	特征	经济社会变革	人与自然的关系	社会文明形态
第一次	蒸汽动力 + 煤炭 + 邮政、报纸	火车、工业机械化和规模化生产	掠夺大自然	工业文明
第二次	电气 + 石油 + 电话、广播、电视	汽车、重工业化、流水线大规模自动化生产，城市化，电气化	全球性资源耗尽、生态环境破坏	工业文明
第三次	可再生能源 + 智能互联网、移动通信	电动汽车，智能化、网络化、扁平化、个性化生产和共享服务	人与自然和谐共生、可持续发展	生态文明

资料来源：本文参考文献 [3]。

1.2 新型能源体系是实现“双碳”目标以及推进生态文明建设的重要支撑

《报告》指出：“积极稳妥推进碳达峰碳中和。实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革”^[4]。后疫情时代，世界各国争相推动经济绿色复苏，应对全球气候变化、实现碳中和愿景已经成为共识，全球已有 130 多个国家提出碳中和目标。2020 年 9 月，在第 75 届联合国大会一般性辩论中，中国宣布“将提高国家自主贡献力度，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。“双碳”目标的提出，既彰显了中国坚持人类命运共同体理念、积极参与全球气候治理的大国担当，也表明了中国推动经济社会全面绿色低碳转型、推进生态文明建设的坚定决心。

联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change，缩写为 IPCC）在 1990—2023 年期间，陆续发布了 6 份评估报告，确认煤、石油、天然气等化石能源燃烧所产生的二氧化碳等大量温室气体是导致气候变化的主要原因。2022 年，中国一次能源消费量为 $54.19 \times 10^8 \text{ t}$ 标准煤，占全球总量的 26%；中国能源活动排放的二氧化碳量约为 $105.50 \times 10^8 \text{ t}$ ，占全球碳排放总量的 31%；2022 年，中国的一次能源消费量和碳排放量均位居世界第一（图 2、3）。基于国内“富煤、贫油、少气”的资源禀赋，长期以来中国能源消费结构呈现出煤炭“一枝独大”，石油、天然气、新能源占比较小的“一大三小”

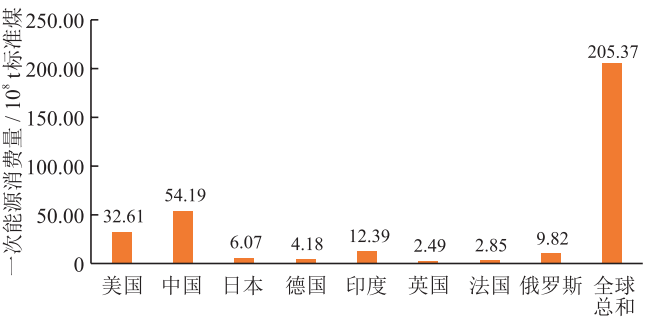


图 2 2022 年世界主要国家一次能源消费量统计图

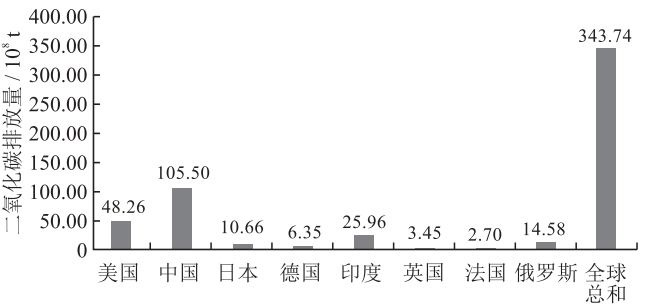


图 3 2022 年世界主要国家能源活动二氧化碳排放量统计图

格局^[7]（图 4）。2022 年，煤炭在中国一次能源消费结构中占比高达 55%，石油、天然气占比分别为 18%、8%（图 4）^[8]。能源消费总量大、煤炭占比过高、清洁能源占比低，是造成中国碳排放量大、环境污染较严重的直接原因。深入推进能源革命，构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系，是顺应全球绿色低碳潮流的必然选择，是中国式现代化生态文明建设和精神文明建设的内在要求，是实现“双碳”目标的重要支撑^[9]。

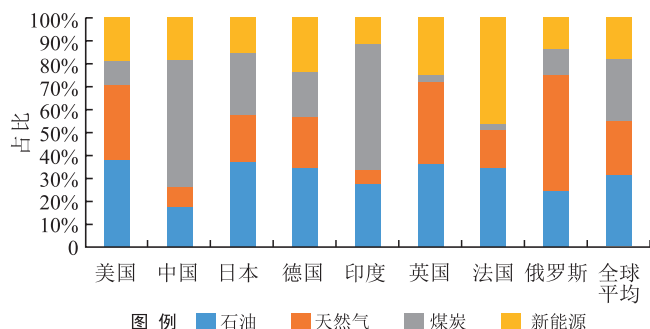


图 4 2022 年世界主要国家能源消费结构对比图

(资料来源: 本文参考文献 [8])

1.3 新型能源体系是国家能源安全和国家竞争力的有力保障

《报告》指出:“深入推进能源革命,加强煤炭清洁高效利用,加大油气资源勘探开发和增储上产力度,加快规划建设新型能源体系,统筹水电开发和生态保护,积极安全有序发展核电,加强能源产供储销体系建设,确保能源安全”^[4]。自 2009 年开始,中国就超越美国成为全球能源消费量第一大国。随着新型城镇化及工业化的持续推进,中国能源消费量增长势头仍将持续。近年来,虽然中国能源自给率始终保持在 80% 以上,但是石油和天然气的对外依存度却持续高位运行且呈上升态势(图 5)。2022 年,中国国内原油产量为 2.05×10^8 t、进口量为 5.08×10^8 t,对外依存度高达 71.2%;天然气产量为 $2\,218 \times 10^8$ m³、进口量为 $1\,516 \times 10^8$ m³,对外依存度高达 40.5%。2021 年以来的欧洲能源危机,充分说明能源对外依存度过高有可能带来严重的国家安全风险。作为能源消费大国,过高的油气对外依存度是影响中国经济社会发展稳定、危及能源安全甚至国家安全的核心风险。在实现“双碳”目标和油气对外依存度过高的双重压力之下,能源安全必须被置于更加重要的位置。

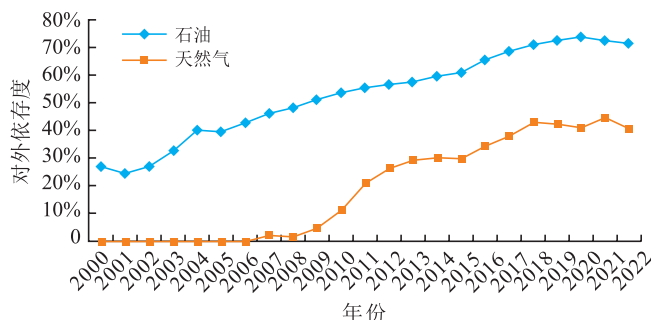


图 5 中国的石油、天然气对外依存度变化趋势图

当今世界正值百年未有之大变局,新一轮科技革命和产业变革深入推进,国际形势风云变幻,地

缘政治形势错综复杂,逆全球化、单边主义、保护主义思潮抬头。自 2022 年俄乌冲突全面爆发以来,个别国家在能源领域持续开展制裁与反制裁,政治主导下的全球能源格局进入深度调整期,能源成为大国博弈的重要筹码^[10]。根据路孚特 [Refinitiv, 汤森路透 (Thomson Reuters) 市场有限责任公司旗下品牌] 公布的数据,2022 年,中国通过海运进口的原油为 4.39×10^8 t, 占我国原油进口总量的 86%。地区局势紧张有可能导致霍尔木兹海峡被封锁、霸权国家谋求控制马六甲海峡、局部地区海盗活动猖獗、中国南海局势不平静等众多风险。这些都给中国进口原油安全带来了极大的挑战。中国所面临的进口能源安全风险,特别是非传统风险日益复杂,有可能面临着海外油气资源“买不到、买不起、运不回”的风险,形势十分严峻^[11]。在“四个革命、一个合作”能源安全新战略指引下,保障能源安全、满足人民能源消费合理需求、维护国家安全和社会稳定,是社会主义现代化强国建设的根基。构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系,提高能源自给率,特别是油气自给率,确保能源转型平稳有序、能源保障安全可靠,是当前复杂国际形势下国家能源安全和国家竞争力的有力保障。

2 构建新型能源体系的路径

早在 2014 年,国家领导人在提出能源安全新战略、发出“中国能源革命”号召之时,就指出“我们必须从国家发展和安全的战略高度,审时度势,借势而为,找到顺应能源大势之道”。《报告》站在以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的战略高度,深刻把握全球发展和能源转型大势,对新时代能源发展提出了“加快规划建设新型能源体系”的新部署、新要求^[12]。

在中国式现代化目标下,新型能源体系应该以促进人与自然和谐共生为根本宗旨,以保证能源安全和社会经济发展稳定为基本前提,构建以理念更新、能源结构更新、技术创新、治理创新、产业革新、电力革新等“两个更新+两个创新+两个革新”为特征的清洁低碳、安全高效的可持续能源系统。其中,“两个更新+两个创新+两个革新”具体表现如下。

1) 理念更新:中国共产党第十八次全国代表大会(2012 年召开)以来,我国坚持以理论创新引领实践创新,新型能源体系是对“四个革命、一个合作”

能源安全新战略、“双碳”目标的具体落实，更是人与自然和谐共生生态文明观的充分体现。

2) 能源结构更新：构建新型能源体系，将推动化石能源清洁化、新能源规模化，实现能源结构的整体清洁化，形成以新能源为主体能源，煤炭、石油、天然气等化石能源作为兜底调峰的多元供能结构。

3) 技术创新：第三次能源转换正在从资源为王转变成技术为王，科学技术的创新范围、影响深度、主导作用将达到有史以来的新高度，新一代能源技术将成为推动新型能源体系构建的核心驱动力。

4) 治理创新：构建新型能源体系，需要建立与之相适应的能源治理体系，健全完善政策体系、监管机制、评价体系、市场体系等，实现政府和市场协同发力、各类要素高效配置。

5) 产业革新：产业结构转型升级是经济社会高质量发展的核心推动力，构建新型能源体系离不开绿色化、低碳化、智能化的新兴产业体系作为支撑；这将有助于推动产业布局多元化、产业链低碳化转型升级。

6) 电力革新：电力是各类能源当中最便捷高效的二次利用方式，也是最主要的能源消费途径；新型能源体系的硬核是构建能够适应高比例新能源电力接入，分布式、微网等各类电网智能融合，源网荷储协调互通的新型电力系统。

综上所述，笔者提出可以通过“五个加快”来规划建设新型能源体系，分述于下。

2.1 加快培育绿色低碳文化

《报告》强调：“必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，站在人与自然和谐共生的高度谋划发展。”近年来，中国节能降耗减排工作稳步推进并取得良好成效。2022年，全国万元GDP能耗比上年下降0.1%、万元GDP二氧化碳排放量比上年下降0.8%。2012年以来，中国单位GDP能耗下降26.4%，成为全球能耗强度下降最快的国家之一。推进新型能源体系建设，实际上就是推动能源系统实现根本性变革和系统性重塑，而全社会全体公民的广泛参与则是其思想保障和持久动力。

1) 持续加强生态文明宣传教育。培育绿色低碳文化，让尊重自然、顺应自然、保护自然的理念深入人心，动员广大人民群众为“双碳”目标的实现积极行动、主动作为。

2) 大力倡导绿色生活方式。节约资源是我国的基本国策，是维护国家能源安全、推进生态文明建

设、推动高质量发展的一项重大任务。国际能源署（International Energy Agency，缩写为IEA）指出，能效是第一能源，能效是构建安全可持续能源系统的关键。实施全面节约战略，把节能视作“第一能源”，倡导人民群众将节能减排融入日常生活，抑制不合理能源消费。

3) 加大力度引导企业积极履行环境、社会 and 治理（Environmental, Social and Governance，缩写为ESG）责任。企业是用能和碳排放主体，要引导企业将绿色低碳纳入其核心文化，制订“双碳”目标行动方案，积极推动产业链、供应链绿色低碳转型。

2.2 加快推动能源结构转型

《报告》强调，要“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破”。构建新型能源体系，就是要实现能源体系从以化石能源为主转向以新能源为主，建立多能协同供给的能源体系。未来较长一段时间内，中国能源消费量仍将保持刚性增长，新能源安全替代能力尚未形成，传统化石能源逐步退出必须建立在新能源安全可靠替代的基础上。为此，需要协调好多种类型能源融合发展，确保能源供应安全，稳妥有序地推动能源结构转型。

1) 大力发展煤炭清洁高效利用。《报告》指出，“深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用”。根据中国石油天然气集团有限公司（以下简称中国石油）发布的《2060年世界和中国能源展望（2021版）》（以下简称《展望》）数据，预计2030年中国煤炭消费量占比依然高达42.8%，直到2060年煤炭占比才降至5%。中国资源禀赋“富煤”且长期以来高度依赖煤炭。2022年，国内煤炭产量为 $45.6 \times 10^8 \text{ t}$ 、进口量为 $2.89 \times 10^8 \text{ t}$ ，煤炭自给率超过93%，煤炭在一次能源消费结构中的占比达55%。在新能源尚未实现规模效益开发利用的情况下，煤炭作为自主可控、储量占优的国内自给能源主力军，依然要发挥兜底保障和调峰保供的作用^[10]。《报告》指出，要逐步由能耗“双控”（能源消费总量控制、单位GDP能耗控制）转向碳排放总量和强度“双控”。以往，煤炭开发利用过程效率低、碳排放量大；在当前形势下，发展煤炭清洁高效利用，既能推动煤炭产业向低排放、低耗能转型，实现可持续发展、保障能源安全，又可以有效控制和减少二氧化碳等温室气体排放量。煤炭清洁高效利用可以在以下3个方面着重发力：①大力推动煤矿绿色节能改造，降低煤炭生产能耗；②大力开展煤电机组灵活性改造，加速与新能源融合发

展,由主体能源逐步转变为提供调峰能力的基础保障性电源;③大力发展煤炭地下气化,从根本上改变中深层煤炭开采利用模式,降低煤炭开发利用对环境造成的负面影响^[13]。

2) 加大国内油气勘探开发力度。《报告》指出,“加大油气资源勘探开发和增储上产力度”。油气资源是新型能源体系不可或缺的重要组成部分,当前以及今后很长时间内,石油和天然气依然是支柱型能源。据预测,2030 年实现碳达峰之前,中国的石油需求量依然将保持增长,天然气需求量仍然将处于快速增长期^[10]。2030 年以后,石油消费量稳步下降,功能定位将从燃料逐步转变为原料;天然气消费量先快速增加而后平稳下降,将更多地发挥与新能源协同互补的调峰作用。天然气是相对清洁的化石能源,提高天然气在一次能源消费结构中的占比,也是能源结构优化的重要内容^[1]。根据中国石油发布的《展望》数据,到 2060 年,我国石油、天然气需求量分别为 $2.3 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $4\,100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。即使到碳中和目标实现之时,国内油气产量仍然无法满足消费需求,油、气对外依存度过高的局面仍然无法扭转。因此,坚定不移立足国内,加大油气资源勘探开发和增储上产力度,实现原油稳产 $2 \times 10^8 \text{ t}$ 、天然气快速上产,是在保障能源安全的前提下构建新型能源体系的重要举措。实现油气稳产上产需要做好以下工作:①坚持“常非并举、深浅并重”,实现从常规向非常规、陆上向海域、中浅层向深层超深层的“三大跨越”,实现资源有序接替^[14];②做好低品位油气资源的高效益开发利用,让大量边际无效资源能够助力油气上产;③开展老油气田持续挖潜,通过大幅度提高油气采收率,把更多已探明储量动用起来,夯实“稳油增气”压舱石;④组织好页岩油气革命、富油煤热转化革命、煤炭地下气化“三个革命”,推动油气增储上产^[10]。

3) 加快推进新能源替代。加快推动新能源战略接替、逐步提升新能源占比是优化能源结构的根本之道。《报告》指出,推动战略性新兴产业融合集群发展,构建新能源等一批新增长引擎。近年来,中国新能源产业迅猛发展,截至 2022 年底,可再生能源装机总量达到 $12.13 \times 10^8 \text{ kW}$,占全国发电总装机量的 47.3%,可再生能源发电量为 $2.7 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$,占全社会用电总量的 31.6%。然而,以上数据同时也反映出,尽管可再生能源装机总量已接近全国总装机量的一半,但发电量却还不到 1/3,制约新能源发展的间接性、波动性、不稳定性等问题愈发凸显。因

此需要我们大力发展壮大新能源产业,强化科技创新引领,确保关键核心技术装备高度自主可控,加快新能源产业体系建设,多能协同、优势互补,提升新能源产业链、供应链的韧性和竞争力。

2.3 加快推动产业结构升级

《报告》指出,推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节,要加快推动产业结构等调整优化。自“双碳”目标提出以来,国家已出台“1+N”政策体系,《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030 年前碳达峰行动方案》是顶层设计的“1”,各领域各部门的行动方案则是“N”。在人与自然和谐共生的中国式现代化目标和“双碳”目标的双重加持下,新型能源体系建设必须紧紧依靠绿色低碳产业体系的支撑。

1) 重点培育发展新能源新材料等战略性新兴产业:加快推动高能耗、高排放产业的绿色低碳转型升级,大力推进低碳工艺改革,以科技创新引领、数字化智能化赋能,塑造绿色低碳新业态新模式。

2) 推动交通和城乡建设等重点领域加快绿色低碳转型:推广低碳交通工具,整合运输资源,优化交通运输结构,发展绿色智慧物流,构建绿色、智能、高效、便利的交通运输体系^[15];推行绿色低碳建筑,严控高能耗公共建筑建设审批;推进绿色低碳社区建设,提高居民生活电气化水平;因地制宜发展地热等低碳供暖方式,促进城乡建设绿色低碳发展。

3) 提升碳汇能力:严格保护自然生态空间,强化生态系统治理,夯实生态系统固碳能力;加强科技创新和国际合作交流,提高碳汇认识和评估能力,构建碳汇监测评估体系,健全碳汇相关法规政策和标准规范。

2.4 加快攻关关键核心技术

科技创新是能源转型的核心驱动力,新兴技术将推动能源产业从资源、资本主导向技术主导转变。未来能源结构很大程度上取决于科学发展和技术进步,特别是颠覆性技术的突破。能源技术的创新突破及其相关产业的培育,是新型能源体系建设的突破口,是促进产业升级的有力抓手,是保障能源安全的根本,新型能源体系源、网、荷、储各个环节都需要科技创新的支撑。因此要着力加快以下方面的自主创新步伐。

1) 煤炭清洁高效利用方面:围绕升级换代、低碳融合、颠覆突破、负碳固碳这 4 种类型,强化关键核心技术攻关、示范试验和推广应用(表 2)^[16]。

优化煤炭产能，推动煤炭开采绿色化、燃烧低碳化、利用高效化。

表 2 煤炭绿色低碳发展技术重点攻关方向统计表

技术类型	重点攻关方向
升级换代	1. 煤矿智能绿色开采技术
	2. 煤炭清洁低碳利用技术
	3. 煤矿瓦斯抽采利用技术
	4. 煤矿区生态修复与碳汇一体化技术
低碳融合	5. 矿井空间开发利用技术
	6. 绿氢、绿电与煤炭转化融合技术
	7. 煤与废弃物、生物质协同利用技术
	8. 地热资源开发技术
颠覆突破	9. 煤基高能燃料合成技术
	10. 井下流态化开采与转化一体化技术
	11. 先进煤基碳素材料制备技术
	12. 深部原位 CO ₂ 与 CH ₄ 制氢技术
负碳固碳	13. CO ₂ 驱油驱气提高采收率技术
	14. CO ₂ 电化学催化转化捕集技术
	15. CO ₂ 矿化利用技术
	16. 采空区 / 残留区 / 关闭矿井封存 CO ₂ 技术

资料来源：本文参考文献 [16]。

2) 稳油增气方面：全国石油资源量为 $1\,080\times10^8\text{t}$ 、天然气资源量为 $210\times10^{12}\text{m}^3$ ，累计探明石油地质储量 $389.65\times10^8\text{t}$ 、剩余技术可采储量 $35.42\times10^8\text{t}$ ，累计探明天然气地质储量 $14.22\times10^{12}\text{m}^3$ 、剩余技术可采储量 $5.52\times10^{12}\text{m}^3$ [16]。一方面油气资源在握，另一方面则需要我们围绕油气田生产过程中的重大技术难题，提升油气产业链科技支撑能力（表 3），加大油气资源勘探开发和增储上产力度，不断提升本土油气供给保障能力。

3) 新能源规模效益发展方面：新能源发电还存在着间歇性、波动性、随机性等问题，能否实现规模化发展，在很大程度上取决于技术发展进步。因此需要我们加大前瞻性、颠覆性关键技术攻关力度，重视储能和智慧能源技术研发应用（表 4），尽快突破技术瓶颈，通过提升新能源技术自主创新水平来提高产业链的韧性和产业竞争力。

2.5 加快构建体制机制保障

《报告》指出，有计划分步骤实施碳达峰行动，加快规划建设新型能源体系。构建新型能源体系，要坚持系统思维，有计划地谋划部署，分阶段地推进实施，需要强化统筹调控，加快完善政策体系、法律法规、制度规范等体制机制先行保障 [22]。国家已经明确，要从能源消耗总量和强度“双控”逐步转向碳排放

表 3 油气领域技术重点攻关方向统计表

技术类型	重点攻关方向
陆上常规油气勘探开发技术	1. 中—高渗透、高含水油气田精细化智能化分层注采技术
	2. 低渗透油气田提高采收率技术
	3. 稠油油藏提高采收率技术
	4. 复杂碳酸盐岩油气藏提高采收率技术
	5. 深层油气勘探目标精准描述和评价技术
陆上非常规油气勘探开发技术	6. 深层页岩气、非海相非常规天然气开发技术
	7. 陆相中高成熟度页岩油勘探开发技术
	8. 中低成熟度页岩油和油页岩地下原位转化技术
	9. 煤炭地下原位气化技术
油气工程技术	10. 地震探测智能化节点采集技术与装备
	11. 超高温高压测井与远探测测井技术与装备
	12. 抗高温抗盐环保型井筒工作液与智能化复杂地层窄安全密度窗口承压堵漏技术
	13. 高效压裂改造技术与大功率压裂装备
	14. 地下储气库建库技术
海洋及深水油气勘探开发技术及装备	15. 深水油气勘探技术及工程技术装备
	16. 海上稠油高效开发技术
	17. 低渗透天然气高效开发技术
	18. 天然气水合物规模效益开发技术

资料来源：本文参考文献 [16-17]。

总量和强度“双控”。据此，可以从以下 2 个方面对体制机制保障加以强化。

1) 进一步厘清政府与市场以及各个部门之间的关系：从能源市场竞争结构、运行机制、管理与监管体制、基本制度等 4 个方面 [6]，处理好政府与市场的关系，发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好地发挥政府的作用，形成节能减排扩绿协同发展的新机制；全国协调统筹、防范风险，解决部门联动配合方面存在的问题，破除现有政策壁垒，动态调整，统一标准，合力推进。

2) 强化政策精准支持引导：建立健全有益于构建新型能源体系的考核评价和监管机制，防止简单粗暴式的“一刀切”，重点控制化石能源消费，同时也要重视能效考核，原料用能不纳入“双控”范围。发展绿色金融，鼓励引导各类资源参与能源转型，促进绿色低碳能源消费，支持传统产业绿色低碳转型和新能源产业发展壮大。

3 结论

中国式现代化目标下，构建新型能源体系既正当其时又势在必行。

1) 构建新型能源体系意义重大。新型能源体系

表 4 可再生能源相关领域技术重点攻关方向统计表

类型	重点攻关方向
风能	1. 深远海域海上风电开发及超大型海上风机技术
	2. 高海拔大功率风电机组关键技术
	3. 退役风电机组回收与再利用技术
太阳能	4. 新型光伏系统及关键部件技术
	5. 高效钙钛矿电池制备及产业化生产技术
	6. 高效低成本光伏电池技术
	7. 光伏组件回收处理与再利用技术
	8. 太阳能热发电与综合利用技术
核能	9. 第三代核电技术优化升级
	10. 核能综合利用技术
	11. 小型模块化核反应堆技术
	12. (超) 高温气冷堆等新一代核电技术
	13. 放射性废物处理处置关键技术
生物质能	14. 生物质能转化与利用技术
氢能和 燃料电池	15. 氢能制备关键技术
	16. 氢气储运、加注关键技术
	17. 燃料电池设备及系统集成关键技术
	18. 氢能安全防控及氢气品质保障技术
水电	19. 水电基地可再生能源协同开发运行关键技术
	20. 水电工程健康诊断、升级改造和灾害防控技术
地热	21. 地热能发电开发与利用技术
海洋能	22. 海洋能发电及综合利用技术
电网技术	23. 新能源发电并网及主动支撑技术
	24. 电力系统仿真分析及安全高效运行技术
	25. 交直流混合配电网灵活规划运行技术
	26. 新型直流输电装备技术
	27. 新型柔性输配电装备技术
	28. 源网荷储一体化和多能互补集成设计及运行技术
	29. 大容量远海风电友好送出技术
储能	30. 能量型 / 容量型储能技术装备及系统集成技术
	31. 功率型 / 备用型储能技术装备与系统集成技术
	32. 储能电池关键技术
	33. 大型变速抽水蓄能及海水抽水蓄能关键技术
	34. 分布式储能与分布式电源协同聚合技术
智慧能源	35. 新一代信息技术与能源全产业链深度融合

资料来源：本文参考文献 [16]、[18-21]。

是社会主义现代化强国建设的关键抓手；新型能源体系是实现“双碳”目标以及生态文明建设的重要支撑；新型能源体系是国家能源安全和国家竞争力的有力保障。

2) 构建新型能源体系的根本宗旨是促进人与自然和谐共生，基本前提是保证能源安全和社会经济发展稳定。新型能源体系具有理念更新、能源结构更新、技术创新、治理创新、产业革新、电力革新等“两个更新 + 两个创新 + 两个革新”特征。

3) 可以从加快培育绿色低碳文化、加快推动能源结构转型、加快推动产业结构升级、加快攻关核心技术、加快构建体制机制保障等“五个加快”着手，全面推进新型能源体系的构建。

参 考 文 献

[1] 侯梅芳, 潘松圻, 刘翰林. 世界能源转型大势与中国油气可持续发展战略[J]. 天然气工业, 2021, 41(12): 9-16.
HOU Meifang, PAN Songqi, LIU Hanlin. World energy trend and China's oil and gas sustainable development strategies[J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(12): 9-16.

[2] 杰里米·里夫金. 第三次工业革命[M]. 北京: 中信出版集团, 2012.
RIFKIN JEREMY. The Third Industrial Revolution[M]. Beijing: CITIC Press Group, 2012.

[3] 何建坤. 新型能源体系革命是通向生态文明的必由之路——兼评杰里米·里夫金《第三次工业革命》一书[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2014, 14(2): 3-10.
HE Jiankun. The new energy system revolution is the only way to ecological civilization—and Jeremy Rifkin's book *The Third Industrial Revolution*[J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences), 2014, 14(2): 3-10.

[4] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2022-10-16) [2023-07-15]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm.
XI Jinping. Holding high the great banner of socialism with Chinese characteristics and working together to build a socialist modernized country in an all round way—report at the 20th National Congress of the Chinese Communist Party of the Communist Party of China[EB/OL]. (2022-10-16)[2023-07-15]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm.

[5] 戴厚良, 苏义脑, 刘吉臻, 等. 碳中和目标下我国能源发展战略思考[J]. 石油科技论坛, 2022, 41(1): 1-8.
DAI Houliang, SU Yinao, LIU Jizhen, et al. Thinking of China's energy development strategy under carbon neutrality goal[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2022, 41(1): 1-8.

[6] 邹才能, 马锋, 潘松圻, 等. 世界能源转型革命与绿色智慧能源体系内涵及路径[J]. 石油勘探与开发, 2023, 50(3): 1-15.
ZOU Caineng, MA Feng, PAN Songqi, et al. Global energy transition revolution and the connotation and pathway of the green and intelligent energy system[J]. Petroleum Exploration and Development, 2023, 50(3): 1-15.

[7] 邹才能, 熊波, 薛华庆, 等. 新能源在碳中和中的地位与作用[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(2): 1-9.
ZOU Caineng, XIONG Bo, XUE Huaqing, et al. The role of new energy in carbon neutral[J]. Petroleum Exploration and Development, 2021, 48(2): 1-9.

[8] Energy Institute (EI). 2023 Statistical Review of World Energy[EB/OL]. (2023-06-26)[2023-07-15]. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world->

- energy.html.
- [9] 郝宇. 新型能源体系的重要意义和构建路径[J]. 人民论坛, 2022(21): 34-37.
- HAO Yu. The significance and construction path of the new energy system[J]. People's Tribune, 2022(21): 34-37.
- [10] 赵文智, 梁坤, 王坤, 等. 油气安全战略与“双碳”战略: 关系与路径[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(1): 1-10.
- ZHAO Wenzhi, LIANG Kun, WANG Kun, et al. Hydrocarbon security strategy and carbon peak and carbon neutral strategy: Relationship and path[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(1): 1-10.
- [11] 侯梅芳, 葛苏, 程小岛. 新形势下中国能源安全的内涵、挑战和举措[J]. 天然气工业, 2022, 42(9): 157-165.
- HOU Meifang, GE Su, CHENG Xiaodao. China's energy security under the new situation: Connotation, challenges and strategic initiatives[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(9): 157-165.
- [12] 王震, 李博抒, 梁栋. 基于中国式现代化视角的新型能源体系建设研究[J]. 油气储运, 2023, 42(9): 961-967.
- WANG Zhen, LI Boshu, LIANG Dong. Research on the construction of new energy system based on the perspective of Chinese modernization[J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2023, 42(9): 961-967.
- [13] 邹才能, 马锋, 潘松圻, 等. 论地球能源演化与人类发展及碳中和战略[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(2): 411-428.
- ZOU Caineng, MA Feng, PAN Songqi. Earth energy evolution, human development and carbon neutral strategy[J]. Petroleum Exploration and Development, 2022, 49(2): 411-428.
- [14] 孙龙德. 能源革命——中国油气发展未来之路[J]. 国际石油经济, 2015, 23(1): 2-7.
- SUN Longde. The energy revolution—the future of oil and gas development in China[J]. International Petroleum Economics, 2015, 23(1): 2-7.
- [15] 周宏春, 管永林. 能源体系建设的必要性、基本内涵与支撑体系[J]. 能源研究与管理, 2023, 15(1): 1-11.
- ZHOU Hongchun, GUAN Yonglin. Internal logic, basic connotation and supporting system of new energy system construction[J]. Energy Research and Management, 2023, 15(1): 1-11.
- [16] 侯梅芳. 碳中和目标下中国能源转型和能源安全的现状、挑战与对策[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2023, 45(2): 1-10.
- HOU Meifang. Current situation, challenges and countermeasures of China's energy transformation and energy security under the goal of carbon neutrality[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2023, 45(2): 1-10.
- [17] 周守为, 李清平, 朱军龙, 等. 中国南海天然气水合物开发面临的挑战与思考[J]. 天然气工业, 2023, 43(11): 152-163.
- ZHOU Shouwei, LI Qingping, ZHU Junlong, et al. Challenges and considerations for the development of natural gas hydrates in South China Sea[J]. Natural Gas Industry, 2023, 43(11): 152-163.
- [18] 邹才能, 李建明, 张茜, 等. 氢能工业现状、技术进展、挑战及前景[J]. 天然气工业, 2022, 42(4): 1-20.
- ZOU Caineng, LI Jianming, ZHANG Xi, et al. Industrial status, technological progress, challenges and prospects of hydrogen energy[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(4): 1-20.
- [19] 潘松圻, 邹才能, 王杭州, 等. 地下储氢库发展现状及气藏型储氢库高效建库十大技术挑战[J]. 天然气工业, 2023, 43(11): 164-180.
- PAN Songqi, ZOU Caineng, WANG Hangzhou, et al. Development status of underground hydrogen storages and top ten technical challenges to efficient construction of gas reservoir-type underground hydrogen storages[J]. Natural Gas Industry, 2023, 43(11): 164-180.
- [20] 巩亮, 韩东旭, 陈峥, 等. 增强型地热系统关键技术研究现状及发展趋势[J]. 天然气工业, 2022, 42(7): 135-159.
- GONG Liang, HAN Dongxu, CHEN Zheng, et al. Research status and development trend of key technologies for an enhanced geothermal system[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(7): 135-159.
- [21] 张富珍, 胥蕊娜, 姜培学. 二氧化碳捕集与地热发电全链能流分析[J]. 天然气工业, 2022, 42(4): 130-138.
- ZHANG Fuzhen, XU Ruina, JIANG Peixue. Energy flow analysis on the full-chain system of carbon dioxide capture and geothermal power generation[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(4): 130-138.
- [22] 邹才能, 薛华庆, 熊波, 等. “碳中和”的内涵、创新与愿景[J]. 天然气工业, 2021, 41(8): 46-57.
- ZOU Caineng, XUE Huaqing, XIONG Bo, et al. Connotation, innovation and vision of "carbon neutral"[J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(8): 46-57.

(修改回稿日期 2023-11-19 编辑 居维清)



本文互动