

石油学报
Acta Petrolei Sinica
ISSN 0253-2697,CN 11-2128/TE

《石油学报》网络首发论文

题目： 新能源新兴产业在推动新质生产力中的地位与作用
作者： 邹才能，李士祥，熊波，刘翰林，张国生，杨智，潘松圻，吴松涛，关春晓，李婷，林大朋
网络首发日期： 2024-05-09
引用格式： 邹才能，李士祥，熊波，刘翰林，张国生，杨智，潘松圻，吴松涛，关春晓，李婷，林大朋. 新能源新兴产业在推动新质生产力中的地位与作用[J/OL]. 石油学报. <https://link.cnki.net/urlid/11.2128.TE.20240509.1322.006>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

新能源新兴产业在推动新质生产力中的地位与作用

邹才能^{1,2} 李士祥¹ 熊波¹ 刘翰林² 张国生² 杨智^{2,3}

潘松圻¹ 吴松涛² 关春晓¹ 李婷¹ 林大朋⁴

(1. 中国石油深圳新能源研究院有限公司 广东深圳 518000; 2. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 3. 中国石油长庆油田公司 陕西西安 710018; 4. 中国科学院大学 北京 100190)

摘要：在全球气候变化、碳中和共识和能源转型的背景下，新一轮科技革命和产业变革加速推进，新能源新兴产业已成为各个国家发展的重点方向。新兴产业代表着未来科技和产业发展方向，新兴产业在主导产业下创新发展，同时孕育未来产业，是发展新质生产力的重要产业。新能源是重要的新兴产业，在中国“洁煤、稳油、增气、强新，多能互补、智慧协同”的能源战略中起着举足轻重的作用。能源体系在制造能力、基建能力和智慧化能力的推动下，正在由基于地下资源禀赋的现行能源体系走向基于技术创新的新型能源体系。新质生产力促进新能源新兴产业高质量发展，“技术创新+双碳目标”前轮牵引、“能源经济+能源安全”后轮驱动的碳中和能源“四轮驱动”向着新能源引领下箭头向前的新能源“可能斜三角”转变，将成功破解一直困扰能源领域的“不可能正三角”矛盾。创新平台建设、科技创新驱动、创新联合组建、人才队伍发展和产业链条建设等系列举措，涌现一批科技领袖，可促进新能源新兴产业加快形成新质生产力，有望使煤炭、石油等化石能源更多回归化工材料属性，奋力实现新能源“技术独立”，助推中国力争“能源独立”。

关键词：新能源；新兴产业；新质生产力；新型能源体系；能源转型；能源战略；科技创新；化石能源“不可能正三角”；新能源“可能斜三角”

中图分类号：TE0 文献标识码：A

Status and role of emerging industries of new energy in promoting new quality productive forces

Zou Caineng^{1,2} Li Shixiang¹ Xiong Bo¹ Liu Hanlin² Zhang Guosheng² Yang Zhi^{2,3}

Pan Songqi¹ Wu Songtao² Guan Chunxiao¹ Li Ting¹ Lin Dapeng⁴

(1. CNPC Shenzhen New Energy Research Institute Co., Ltd., Guangdong Shenzhen 518000, China; 2. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China; 3. PetroChina Changqing Oilfield Company, Shaanxi Xi'an 710018, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: A new wave of technological revolution and industrial transformation is rapidly advancing against the backdrop of global climate change, the consensus on carbon neutrality, and the imperative for energy transition. The emerging industries of new energy has become a key development focus for nations worldwide. Emerging industries symbolize the trajectory of future technological and industrial advancement. The emerging industries is growing under the leadership of established sectors innovatively, while nurturing future industries and serving as a crucial direction for the development of new quality productive forces. New energy stands as a pivotal strategic emerging industry, playing a paramount role within China's energy strategies of "cleaning up coal, stabilizing oil production, enhancing gas utilization, strengthening new energy development, promoting multi-energy complementarity, and advancing intelligent collaboration". Fueled by advancements in manufacturing, infrastructure and intelligentization capabilities, the existing energy system relied on underground resource endowments is shifting to a novel energy system grounded in technological innovation. The advancement of new quality productive forces promotes the high-quality development of emerging industries in the field of new energy. Through the synergy of technological innovation and the dual carbon goals, the "four-wheel drive" of carbon-neutral energy, with technology innovation and carbon emissions reduction leading the way, and energy economy and security propelling the progress, will successfully resolve the "impossible positive triangle" contradiction that has been troubling the energy field. This transition steers towards the transformation of the energy landscape from the fossil fuel-dominated "impossible positive triangle" to the new energy-driven "possible inclined triangle". Through a series of measures such as constructing innovation platforms, driving technological innovation, fostering collaborative innovation, developing talent teams, and constructing industrial supply chains, a group of technology leaders emerge, which will accelerate the formation of new quality productive forces in emerging industries of new energy. This effort holds the promise of transforming fossil fuels such as coal and oil into more chemical material-oriented resources, striving for new energy to achieve

基金项目：国家科技重大专项秘书处项目“新时代我国油气工业科技创新支撑高质量发展战略研究”（2022-5596510-000064）资助。

第一作者：邹才能，男，1963年9月生，2004年获中国石油勘探开发研究院博士学位，现为中国科学院院士、中国石油天然气股份有限公司新能源首席专家、中国石油勘探开发研究院教授级高级工程师，主要从事常规及非常规油气地质学理论与实践、新能源、能源战略等研究工作。Email: zcn@petrochina.com.cn

通信作者：李士祥，男，1981年6月生，2017年获成都理工大学博士学位，现为中国石油深圳新能源研究院有限公司教授级高级工程师，主要从事能源战略、地热能与非常规油气地质等研究工作。Email: lishixiang01@petrochina.com.cn

“technological independence”, and helping China achieve “energy independence”.

Key words: new energy; emerging industries; new quality productive forces; new energy system; energy transition; energy strategy; technological innovation; fossil energy-dominated “impossible positive triangle”; new energy-driven “possible inclined triangle”

全球百年未有之大变局加速演进,科技自立自强成为国家发展的战略支撑,加快中国新能源新兴产业科技变革与技术引领,将推动中国新质生产力发展。近年来,全球经济格局、政治格局和科技格局发生了重大变化,科技创新成为国际战略博弈主战场。中国确立了建设科技强国的战略目标,加快实现高水平科技自立自强,科技创新已经成为百年未有之大变局的关键变量。新一轮科技革命和产业变革的重大机遇期,加大科技创新投入,中国有望实现新能源领域的全球引领。

世界气象组织(WMO)发布的《2023年全球气候状况》^[1]报告显示,温室气体水平、地表温度、海洋热量和酸化、海平面上升、南极海洋冰盖和冰川退缩等方面的记录再次被打破,有些甚至被大幅度刷新。热浪、洪水、干旱、野火和迅速增强的热带气旋造成的痛苦和混乱^[2-3],使数百万人的日常生活陷入困境,并造成了数十亿美元的经济损失^[4-5]。WMO这份报告确认,2023年是有记录以来最暖的一年,全球近地表平均温度比工业化前的基线高出了 (1.45 ± 0.12) °C,接近《气候变化巴黎协定》设定的1.5 °C的下限^[6-7]。2014—2023年是有记录以来最暖的10年。加快发展新能源新兴产业、加快建设新型能源体系迫在眉睫,传统含油气盆地向碳中和“超级能源盆地”^[8]转型刻不容缓。

工业革命的4次跨越,实现了人类文明的4次跨越:第1次机械化工业革命,科学家掌握了“力量”,开创了以机器代替手工劳动的“蒸汽时代”;第2次电气化工业革命,科学家掌握了“电力”,电力的广泛应用推动了生产力加快发展,人类进入“电气时代”;第3次信息化工业革命,科学家掌握了“能量”,“信息时代”助力了能源的多元化互换;第4次智能化工业革命,科学家掌握了“智能”,开启了人类发展的“智慧时代”。新质生产力内涵丰富,具有“高科技、高效能、高质量”3个特征和“技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级”3个要素,加快布局和发展新能源新兴产业是形成新质生产力的重要途径,将使中国在新一轮科技革命和产业变革中占据先机。

中国新能源产业的发展,由于行业属性导致其前期投入高、回报周期长。早些年,市场上涌现了很多先行者,虽然前期政府给予了大力支持,但很多仍然倒在了黎明前。近两年,量变的积累终于实现了质变的突破,风电、太阳能等产业可以不依靠政府补贴实

现盈利,行业的“奇点”时刻就此到来。“奇点临近”将大大改变人类的本质和智力的发展方式,使人类经历深刻而颠覆性的能力变化,为生产力的提升提供新的动力,甚至使生产力的发展出现跨越层级式发展的可能^[9]。

中国能源工业产业链在新质生产力下正经历着变革,现已形成完善的煤炭产业链、石油产业链和天然气产业链,建成了规模巨大的清洁电力产业链,新能源产业链正在形成和壮大,未来会形成绿氢产业链、地热产业链、碳工业产业链、可控核聚变等产业链。煤炭产业、石油产业和天然气产业属于主导产业,升级转型是其发展方向;绿电产业、绿氢产业等新能源产业属于新兴产业,需进一步培育壮大;深部地热产业、碳工业产业和可控核聚变(人造“小太阳”)产业是未来产业,其中,可控核聚变可能是未来终极能源,要加快布局发展。

碳工业体系中的“碳”分为黑碳、灰碳和蓝碳^[10],未来,碳工业产业链将最大限度移除黑碳、最大限度提高灰碳规模、最大限度发展蓝碳经济,建成绿色可持续发展的碳工业产业链。氢工业体系中,按照制氢排CO₂、埋存CO₂、不排CO₂,可将氢依次划分为灰氢、蓝氢和绿氢^[11],目前主要采用煤炭、天然气制氢,新能源制绿氢是未来发展方向,氢能产业链将逐步实现由化石燃料制灰氢+蓝氢,到风光电的绿电制绿氢的清洁发展。地下大气田+地上天然气管网建成天然气工业,中国未来要像发展天然气工业一样来发展绿氢工业,在塔里木、准噶尔、柴达木、鄂尔多斯、渤海湾、松辽等盆地,建成绿氢大基地,地上建成绿氢管网系统,形成中国“绿氢工业体系”。

全球能源经历了两场革命:①美国黑色页岩油气革命,是碳基能源的“黑天鹅”事件;②中国风、光、氢、储新能源革命,是零碳基能源的“灰犀牛”事件。能源行业的科技革命、市场革命、数字革命和绿色革命加速了能源转型,能源转型与能源安全同等重要,能源转型具有长期性、曲折性和艰巨性,能源安全具有科学性、灵活性和储备性^[8]。实现“碳达峰、碳中和”(“双碳”)是一场广泛而深刻的社会变革,是发展新质生产力的具体体现。科技创新正在加速推动油气行业绿色化、低碳化和智能化发展,新能源新兴产业迎来发展的重大机遇期。新能源肩负着传统的资源属性,是实现碳中和新战略目标的重要途径,承担着能源转型+能源安全+能源独立+能源强国的新使

命，新资源风光无限，新能源无限风光。中东地区地下油气资源丰富，中国地面新能源是“第二个中东”。

总书记在新时代推动西部大开发座谈会^[12]中指出：“要坚持统筹发展和安全，提升能源资源等重点领域安全保障能力。加快建设新型能源体系，做大做强一批国家重要能源基地。加强管网互联互通，提升‘西电东送’能力。加强矿产资源规划管控和规模化集约化开发利用，加快形成一批国家级矿产资源开采和加工基地。提高水资源安全保障水平。创新跨地区产业协作和优化布局机制，有序承接产业梯度转移。”

新能源大基地建设是新能源规模发展的主要抓手，“十四五”（2021—2025 年）规划期间，中国规划建设七大陆上新能源基地、两大水风光综合基地和五大海上风电基地^[13]。七大陆上新能源基地包括新疆、黄河上游、河西走廊、黄河几字湾、冀北、松辽、黄河下游绿色能源廊道等；两大水风光综合基地包括川滇黔桂和藏东南；五大千万千瓦级海上重点风电基地包括山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾。

中国新能源新兴产业的进一步发展壮大，力争通过新能源“技术独立”，使煤炭、石油等化石能源更多回归化工材料属性，主要依靠本土化新能源实现中国“能源独立”。能源接续发展，支撑国家强盛，能源从化石能源到化石能源+新能源融合，再到风能+光能+氢能+储能+智能等，不可再生的有限“碳基”能源越采越少，可再生的无限“零碳”新能源越用越多，化石能源支撑中国由能源小国变为能源大国，新能源支撑中国由“能源强国”力争实现“能源独立”。

从新质生产力的视角，笔者分析了中国新能源新兴产业在新质生产力中的角色、地位与内涵，研究了新质生产力对新能源新兴产业高质量发展的作用路径，揭示了在能源转型“四轮驱动”下化石能源从“不可能正三角”向新能源“可能斜三角”转变的可能性，提出了新能源新兴产业加快形成新质生产力的主要举措，以期为高质量发展新能源新兴产业，力争实现中国“能源独立”提供科学指导与技术支持。

1 新质生产力视角下新能源新兴产业的地位

新能源新兴产业代表着科技革命和产业变革的方向，在发展和丰富新质生产力中起着重要作用，以新能源为主构建的新型能源体系，将推动中国能源转型升级和稳健发展。

1.1 新质生产力下的能源分类

在新质生产力的高科技、高效能、高质量与“双碳”发展目标下，根据能源属性特征，将其划分为碳

基传统能源与零碳基新能源两大类型（表 1）。碳基传统能源主要有木材、煤炭、石油和天然气等；零碳基新能源与碳基传统能源的区别是不含碳、可再生、新技术，主要有水能、风能、光能、地热能、核能、氢能、海洋能、生物质能和可控核聚变等。

表 1 能源类型与高效利用途径

Table 1 Energy types and efficient utilization pathways		
能源分类	能源主要类型	能源高效利用
碳基传统能源	木材、煤炭、石油、天然气等	碳基能源+新能源融合发展
		超级能源系统
零碳基新能源	水能、风能、光能、地热能、核能、氢能、海洋能、生物质能、可控核聚变等	物理+化学储能耦合
		数字+智慧协同管控

新能源概念是指用新技术开发利用的零碳基可再生能源，由于其具有不稳定性和波动性，储能在新能源系统中起着至关重要的作用。储能可分物理储能和化学储能，不同类型储能为不同新能源应用场景提供稳定支撑作用，是能源的“粮仓”，是能源的“银行”，是新能源的“解药”，是新能源系统中不可或缺的支撑性成员。天然气以往是原料燃料，目前在新能源系统中作为最佳伴侣，其灵活的气电调峰功能，可有效支撑新能源系统规模发展和稳定运行。

能源高效利用是新质生产力的本质体现，“超级能源系统”是由碳基传统能源与零碳基新能源融合协同开发利用的区域性智慧用能系统，其碳基能源+新能源融合发展、物理+化学储能耦合、数字+智慧协同管控的特性充分体现了能源的智慧高效利用及发展。

1.2 新质生产力下的能源变革

在应对气候变化的大背景下，全球能源战略和供需格局已进入深度调整变革期。构建以清洁能源为主体的清洁低碳、安全稳定、智能高效的新型能源体系，已成为全世界共识和新一轮能源革命不可逆转的必然趋势。在“双碳”战略目标下^[14]，新能源新兴产业进入了重要战略机遇期，并将进入提速发展阶段。

世界能源体系经历了从薪柴时代到煤炭时代、再到油气时代的演变，正在步入向新能源时代演变的第 3 次能源转型阶段。在世界能源发展中，煤炭进入“转型期”、石油步入“稳定期”、天然气迈入“鼎盛期”、新能源跨入“黄金期”。1970—2022 年世界能源消费结构变化中^[15]，石油和煤炭消费占比从 47%、30% 分别下降至 32%和 27%，天然气消费占比从 17%上升到 23%，非化石能源消费占比从 6%上升到 18%（图

1)。中国 50 余年能源消费结构变化表现为：低碳化转型速度高于世界平均水平，煤炭消费占比下降幅度最为明显，从 82%下降至 56%，石油和天然气消费占比从 14%和 1%分别上升至 18%和 9%，非化石能源消费占比从 3%上升到 17%（图 1）。

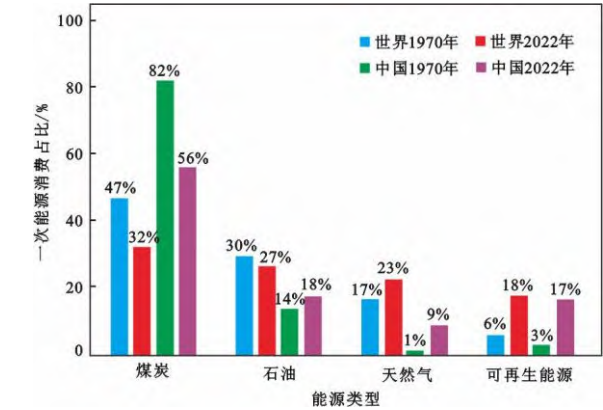


图 1 1970—2022 年世界和中国一次能源消费结构演变
Fig.1 Evolution of primary energy consumption structure in the world and China from 1970 to 2022

中国未来非化石能源的消费占比将快速上升，能源消费结构将由 2022 年的煤炭消费占比大(56.2%)，石油、天然气、新能源消费占比小（分别为 17.9%、8.6%、17.3%）的“一大三小”格局，向 2060 年煤炭、石油、天然气消费占比小（预测分别为 5.0%、5.6%、

9.4%），新能源消费占比大（预测为 80%）的“三小一大”转型^[16-18]。

新质生产力是由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级催生的当代先进生产力，其能源属性具有煤炭资源有限性与高碳性、油气资源短缺性与不可再生性、新能源无限性与绿色性的“三性”特征。新质生产力对能源变革路径提出了更高要求，未来在能源变革发展中：煤炭、石油和天然气传统产业深度转型升级，将更多回归化工材料属性；新能源技术将实现革命性突破，建立起低成本经济性、规模供应安全性、零碳清洁性的新型能源供应体系；碳基传统能源与零碳基新能源将实现协同融合和智慧管控，创新性配置形成碳中和“超级能源系统”，建设新型能源体系，为人类发展提供绿色动能。

1.3 新兴产业在新质生产力中的地位

工业和信息化部等四部门于 2023 年 8 月 3 日印发的《新兴产业标准化领航工程实施方案（2023—2035 年）》中^[19]提出，新兴产业是指应用新技术发展壮大新兴产业和未来产业。其中对于新兴产业界定的 8 大领域，与“十四五”规划中战略性新兴产业的 9 大领域对比^[19-22]（表 2），无“生物技术”这一领域，其他 8 大领域名称完全相同。笔者除在引用 2023 年 8 月 3 日之前相关文件时仍保留用“战略性新兴产业”这一术语外，其余均统一用“新兴产业”这一最新术语。

表 2 中国新兴产业相关政策规划及产业领域变化（据文献[19-22]）

发布日期	政策	内容	产业领域
2011.03.16	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》	以重大技术突破和重大发展需求为基础，促进新兴科技与新兴产业深度融合，在继续做强做大高技术产业基础上，把战略性新兴产业培育发展成为先导性、支柱性产业（见第三篇第十章“培育发展战略性新兴产业”）	节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车 7 大领域
2016.03.17	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》	瞄准技术前沿，把握产业变革方向，围绕重点领域，优化政策组合，拓展新兴产业增长空间，抢占未来竞争制高点，使战略性新兴产业增加值占国内生产总值比重达到 15%（见第五篇第二十三章“支持战略性新兴产业发展”）	新一代信息技术、高端装备、新材料、生物、新能源汽车、新能源、节能环保、数字创意 8 大领域
2021.03.13	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	着眼于抢占未来产业发展先机，培育先导性和支柱性产业，推动战略性新兴产业融合化、集群化、生态化发展，战略性新兴产业增加值占 GDP 比重超过 17%（见第三篇第九章“发展壮大战略性新兴产业”）	新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保、航空航天、海洋装备 9 大领域
2023.08.03	《新兴产业标准化领航工程实施方案（2023—2035 年）》（简称《方案》）	见《方案》第四部分第（三）项“全面推进新兴产业标准体系建设” 见《方案》第四部分第（四）项“前瞻布局未来产业标准研究”	新兴产业：新一代信息技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保、民用航空、船舶与海洋工程装备 8 个领域 未来产业：元宇宙、脑机接口、量子信息、人形机器人、生成式人工智能、生物制造、未来显示、未来网络、新型储能 9 个领域

新兴产业主要聚焦新一代信息技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保、民用航空、船舶与海洋工程装备 8 个领域。未来产业聚焦元宇

宙、脑机接口、量子信息、人形机器人、生成式人工智能、生物制造、未来显示、未来网络和新型储能 9 个领域^[20]。

新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用，知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的产业^[23]。新兴产业既代表着科技创新的方向，也代表着产业发展的方向，具有科技含量高、市场潜力大、带动能力强和综合效益好等特征，尚处于成长初期，未来发展潜力巨大，对经济社会具有全局带动和重大引领作用的产业^[24]。新兴产业是具有全局性、长远性、导向性和动态性特征的行业。与传统产业相比，新兴产业具有高技术含量、高附加值和资源集约等特点，也是促使国民经济和企业走上创新驱动、内生增长轨道的根本途径。新兴产业没有显性需求，没有定型的设备、技术、产品及服务，没有参照，没有政策，没有成熟的上游产业链，标准和业务流程尚有待开发，先驱企业往往获得先发优势。

在新一轮科技革命和产业变革加速发展及中国经济社会发展进入全面实现现代化新阶段的背景下，新兴产业已经成为中国培育经济增长新动能、构建国际竞争新优势、掌握发展主动权、实现从工业大国向工业强国迈进、打造中国创造的重要抓手。通过科技创新改造提升主导产业，培育壮大新兴产业，布局谋划未来产业，建设现代化产业体系，形成生产效率和经济效益大幅提升的新质生产力。

在主导产业发展的瓶颈期，通过新兴产业创新发展形成新的第 2 增长曲线，新兴产业在主导产业下创新发展，同时孕育未来产业，未来技术突破和应用场景牵引，形成第 3 增长曲线。新兴产业处于主导产业和未来产业之间，起到承上启下的中间作用，是发展新质生产力的重要产业方向。“主导产业升级转型、新兴产业培育壮大、未来产业加快布局”是产业体系发展的总体趋势。

1.4 新能源在中国能源战略中的角色/地位

2022 年全球一次能源消费量为 144.13×10⁸t 油当量^[15]，煤炭、石油、天然气、新能源的消费占比分别为 26.73%、31.57%、23.49%和 18.20%（表 3），世界能源形成煤炭、石油、天然气、新能源“四分天下”新格局。2022 年中国一次能源消费量为 37.58×10⁸t 油当量，煤炭、石油、天然气、新能源消费占比分别为 56.17%、17.88%、8.60%和 17.35%。中国能源结构处于“三期”叠加时期^[18]：煤炭时代的“过去”未去，煤炭消费仍高达 56.17%；化石能源时代的“现在”即在，煤炭、石油和天然气化石能源消费占比达 82.65%；新能源时代的“未来”已来，新能源消费占比达 17.35%。能源转型挑战与机遇并存，新能源在中国能源战略中起着举足轻重的作用。

表 3 2022 年中国、美国及世界能源构成（据文献[15]）

Table 3 Energy composition of China, United States, and the world in 2022

区域	石油		天然气		煤炭		核电		水电		可再生能源		合计	
	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量	产量 /10 ⁴ t 油 当量	消费量 /10 ⁴ t 油 当量
世界	44.07 (29.70)	45.54 (31.57)	34.76 (24.42)	33.88 (23.49)	41.68 (28.16)	38.56 (26.73)	5.77 (4.25)	5.76 (3.99)	9.71 (6.76)	9.61 (6.73)	9.76 (6.71)	10.78 (7.48)	145.75 (100)	144.13 (100)
美国	7.60 (32.24)	8.63 (38.00)	8.41 (36.41)	7.57 (32.01)	2.88 (12.61)	2.35 (11.37)	1.75 (8.02)	1.75 (7.96)	0.57 (2.63)	0.58 (2.61)	1.64 (8.10)	1.79 (8.05)	22.85 (100)	22.67 (100)
中国	1.99 (6.05)	6.72 (17.88)	1.90 (5.78)	3.23 (8.60)	22.02 (66.97)	21.11 (56.17)	0.90 (2.74)	0.90 (2.40)	2.92 (8.88)	2.92 (7.77)	3.15 (9.58)	2.70 (7.18)	32.88 (100)	37.58 (100)

注：括号内为资源的占比即百分比。

中国能源战略是洁煤、稳油、增气、强新，多能互补、智慧协同，主要路径是化石能源清洁化、清洁能源规模化、集中分散协同化、多能管理智慧化的“四化发展”。煤炭是压舱石能源，石油是战略保持能源，天然气是最为重要的过渡性能源，核电、水电、生物质发电是主力接替性能源^[15]（表 4），大力发展新能源是出路^[25]。中国已初步形成较为完备的天然气管网、石油管道、电网工程、储能系统等基础设施，支撑形成了以化石能源为主、可再生能源为辅的“资源主导”单向闭环链型现行能源体系。新型能源体系以可再生能源与不可再生能源多元供给、“技术主导”跨界融合开放能源体系运行机制为特征，依托制造能力、基建能力和数字化能力，推动基于地下资源禀赋

的现行能源体系走向基于技术创新的新型能源体系（表 5）。

表 4 中国能源结构特征

Table 4 Characteristics of energy structure in China

能源类型	2022 年一次能源消费占比/%	2022 年对外依存度/%	地位/角色	能源战略
煤炭	56.17	6.00	压舱石	洁煤、稳油、增气、强新，多能互补、智慧协同
石油	17.88	70.90	战略保持	
天然气	8.60	40.10	最为重要的战略过渡	
水电	7.77		主力接替	
核电	2.40			
可再生能源	7.18			

表 5 中国能源体系特征

Table 5 Characteristics of energy system in China

分类	特征
现行能源体系	资源类型：化石能源为主，可再生能源为辅 体系特征：“资源主导”单向闭环链型体系 制造能力、基建能力和智慧化能力推动基于地下资源禀赋的现行能源体系走向基于技术创新的新型能源体系
新型能源体系	资源类型：可再生能源与不可再生能源多元供给 运行机制：“技术主导”跨界融合开放能源体系

2 新质生产力对新能源新兴产业高质量发展的作用路径

新能源是重要的新兴产业，新质生产力下能源发展要同时具备经济性、安全性和清洁性特征，构建以新能源为主的新型能源体系，破解化石能源“不可能正三角”是新能源新兴产业高质量发展的主要路径。

2.1 新质生产力驱动下的产业发展趋势

新能源新兴产业是引领未来产业发展的战略性决定力量^[26-27]，是发展新动能、赢得未来竞争新优势的关键领域。中国建成了世界上最大的清洁电力供应系统，新能源汽车、锂电池和光伏产品在国际市场上形成了强大的竞争力，中国已成为世界能源转型和应对气候变化的重要推动者。科技发展促进产业发展，产业产品很好地反映了科技实力。中国不同发展阶段总结的新老“三大件”：改革开放前“手表、缝纫机、自行车”可称为机械老“三大件”，改革开放后“冰箱、电视、洗衣机”的电子“三大件”，再到现今“锂电池、光伏产品、新能源汽车”的新能源新“三大件”，很好地体现了科技发展变化。中国加快建设现代化产业体系，推进创新链、产业链、资金链和人才链深度融合^[28]，引领新能源新兴产业体系建设，塑造未来发展新动能，聚力打造新质生产力，加快形成第 2 增长曲线。

新能源新兴产业中发挥主导作用的是科技创新，具有高科技、高效能和高质量特征，碳中和背景下能源转型正在全球加速推进，由高碳基能源向低碳基能源和零碳基能源发展，以“新能源、新电力、新储能、新智能”为主的新型能源体系是未来的发展趋势。

绿色持续发展是新质生产力的根本特征之一，新质生产力更体现了在追求经济增长的同时，对人类生存环境和可持续发展的高度重视。油气主导的能源时代正在向“油、气、热、电、氢、负碳”新型能源体系演进，油气与新能源融合发展是未来一段时期能源发展的主要格局^[29]。以保障中国能源供给、低碳化生产为核心的新兴产业新能源领域是推动中国能源安全转型、产业经济高质量发展的重要推动力。新能源产

业进入了快速发展和高速扩张阶段，科技水平和经济效益不断提升，主流技术路线逐步成熟，商业化程度持续提高。

新质生产力要求加快绿色科技创新和先进绿色技术推广应用，做强绿色能源产业，由传统高碳能源体系逐步向低碳、零碳能源结构转型，推动经济社会向低碳零碳发展。以“风、光、气、热、氢、储、智”互补一体化为代表的新能源占比不断提升，未来新型能源体系向着绿色、经济、科技、智能方向发展。绿电领域，重点开发新一代钙钛矿等叠层电池、深远海风电综合利用、分布式智能微电网和虚拟电厂、综合能源管控等关键技术；绿氢领域，“制、储、运、加、用”全流程部署技术攻关，包括碱性水、质子交换膜、固体氧化物、阴离子、光催化等多元化绿氢制取，固态储氢、管道掺氢、纯氢管道储运，氢气高压加注，绿氢制绿色甲醇、绿氨等绿色化工品关键技术；绿热领域，重点攻关高效热泵、深部地热勘探开发、中低温地热发电等关键核心技术；绿储领域，重点攻关适应极寒地区宽温域电化学储能、地下空间压缩气体储能等关键核心技术，布局钠离子、黑磷、液流、全固态等新型储能技术。气电作为调峰电源在新型能源体系中发挥重要作用，大规模、长时储能技术及智慧能源柔性控制技术与电力的“发输配用”、多能综合利用进行深度耦合，支撑未来“风、光、气、储、氢、储、智”综合新型能源体系的构建。

新质生产力格架下的新型能源体系将实现更加清洁、经济、安全、智能的全要素发展。新能源新兴产业是高质量绿色发展的增长引擎，将进一步提升中国能源保供和绿色发展水平，加强产业控制力，提高现代产业竞争力。呈现集成智能化、高效可靠化、规模效益化、信息技术一体化和多专业协同融合化的总体发展趋势。

2.2 能源转型“四轮驱动”破解能源“不可能正三角”

能源“不可能正三角”寓意能源的清洁、廉价、稳定三者难以共存，新能源新兴产业必须向着破解化石能源“不可能正三角”矛盾的方向发展^[30]。“技术创新+双碳目标”前轮牵引、“能源经济+能源安全”后轮驱动的能源转型“四轮驱动”，破解化石能源“不可能三角”已成为可能。新能源具有环境友好的绿色属性，属于清洁能源；风电、光伏发电和水电等本土化新能源低廉价格持续规模供应，已具经济性；“多源互补，源网荷储”智慧性支撑安全稳定，新能源构建的新型能源体系已同时具备了安全性、经济性、清洁性 3 个属性。化石能源结构稳定的“不可能正三角”在碳中和能源转型“四轮驱动”下已发展成为新能源引领下

箭头向前的新能源“可能斜三角”（图 2），成功破解了一直困扰能源领域的“不可能正三角”矛盾，有望实

现中国“能源独立”^[31]。



图 2 化石能源“不可能正三角”在能源转型“四轮驱动”下向新能源“可能斜三角”转变

Fig.2 Fossil energy “impossible positive triangle” is shifting towards new energy “possible inclined triangle” under the “four-wheel drive” of energy transformation

2.3 新能源是未来重要的新兴产业

中国大力发展新能源产业：在“十二五”（2011—2015 年）规划^[21]中已将新能源领域列为战略性新兴产业，“十三五”（2016—2020 年）规划^[22]、“十四五”（2021—2025 年）规划^[20]中战略性新兴产业领域由 7 大领域变为 8 大领域再到 9 大领域，以及在《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035 年）》^[19]的新兴产业 8 大领域中，新能源领域持续列于发展规划中。战略性新兴产业的发展从“培育发展”深入到“支持发展”，再到“发展壮大”^[20-22]，“培育—支持—壮大”体现了战略性新兴产业发展过程，新能源已进入加快发展的关键时期。

中国新能源技术革命正在加速提前到来，技术革命性突破将带动新能源革命性发展，新能源技术迭代加速、成本大幅降低、绿色无碳，形成竞争优势，新能源工业已由“浪花”发展到目前的“浪潮”，2022 年中国非化石能源消费比重达到 17.3%。截至 2023 年底，中国累计发电装机容量约为 29.2×10^8 kW，水电、风电和太阳能发电 3 类可再生电源的装机占比约为 50.4%，首次超过火电装机占比（47.6%）；2019—2023 年风电和太阳能发电装机增速每年保持在 10% 以上^[32]；2023 年新能源发电量占比达到 30%，中国新能源发电装机容量稳居世界第一。

以新能源为主构建的新型能源体系是实现“双碳”目标和生态文明建设的重要支柱，是国家安全和国际竞争力的有力保障。以新能源、新储能为主构建的安全稳定的新型能源体系，将为人工智能、大基地、大数据等所需强大算力的三次能源提供根本能源保障，加快布局可控核聚变，构建更为稳固的终极能源体系。新能源为国民经济发展提供了重要物质基础和

推动力，同时为其他新兴产业提供了重要的稳定能源供应，新能源在新兴产业中起着举足轻重的作用。

2.4 新质生产力驱动下新能源新兴产业的发展路径

以新能源新兴产业为主构建的新型能源体系，不仅秉承了新质生产力不局限于经济增长和生产效率提升的特性，而且更加注重经济、社会 and 环境的协调发展，旨在构建经济体系高质量发展和社会全面进步的理念，承担起保障能源安全、促进能源转型、引领产业发展和助推“双碳”目标实现等重大使命。新能源新兴产业的根本发展路径为：实现高水平科技自立自强、提升颠覆性创新能力和核心竞争力，加快突破重大科学问题、关键核心技术和重大科技工程，加快数字化转型、智能化发展步伐，加快改革完善科技创新体制机制，加快造就一流创新人才队伍，建设国家战略科技力量和能源与化工创新高地，抢占产业发展制高点，实现更高质量的能源保供与绿色发展。

新能源低成本开发、规模化发展、管理智慧化提速，是新能源新兴产业支撑下的新型能源体系发展的主要路径。新型能源体系的内涵为：“绿色+智慧能源体系”，以绿电、绿氢、绿热、绿储+智能微网的“四绿一网”，煤炭、石油、天然气、新能源高效利用与智慧化管理的能源系统，为人类绿色生活和绿色地球建设提供绿色动能。全球人口数量从 1950 年约 25 亿人增长至 2022 年 11 月的 80 亿人，自 2010 年以来增加了 10 亿，自 1998 年以来增加了 20 亿，预计至 2050 年将达到 97 亿，并预计在 21 世纪 80 年代中期将达到近 104 亿的峰值^[33]，新能源新兴产业构建的新型能源体系将安全、经济、绿色支撑全球 100 亿人的能源利用与可持续发展。

3 新能源新兴产业加快形成新质生产力的主要举措

国家政策在新能源新兴产业蓬勃发展中发挥了不可替代的重要作用,但仍存在基础支撑环节尚显薄弱、产业链存在短板、创新能力不够等问题,为更好地把握发展机遇,需重点开展创新平台建设、科技创新驱动、创新联合组建、人才队伍发展和产业链条建设等系列举措,构建现代化产业体系,有力支撑发展新质生产力。

3.1 平台建设是创新能力的基础

中国以科技创新为支撑的新兴产业竞争力逐步增强,创新平台等基础建设有助于进一步提升科技创新能力。以重点实验室、试验基地和技术研发中心等国家平台建设为抓手,以大科学装置为支撑,统筹国内大型机构科研资源,形成布局合理、定位清晰、管理科学、开放共享、多元投入和动态调整的新能源科技创新平台体系。

聚焦新能源新兴产业共性技术基础研究、关键技术攻关和先导试验,布局一批新能源新兴产业国家重点研发计划项目、国家自然科学基金等重大国家项目,攻克一批关键核心技术、重大技术装备与软件,取得一批具有重大影响力的标志性成果,支撑产业链完整性和安全性,培育未来全球竞争新优势。

3.2 科技创新是驱动发展的源头

科技创新将引领推动第4次工业革命:科学无尽前沿,实现0到1的突破;技术无穷力量,实现1到10的产业;基业无限长青,实现10到无穷的发展。科技创新是产业发展的源头力量。科技可分4大创新类型,登月式拓荒性创新、革命式颠覆性创新、卡脖子突破性创新、跨越式开拓性创新,这4大创新推动了科技革命和产业变革不同层次的发展。中国能源创新突出“煤炭清洁化工程、稳油和增气工程、新能源提速工程、绿色与智慧工程”的“四大科创工程”。无论是技术创新提升生产效率,管理创新优化资源配置,还是制度创新破除体制机制障碍,形成新质生产力,各方面都需要以创新为前提和基础。

要强化疯狂性、颠覆性创新,瞄准世界科技前沿和顶尖水平,开展前瞻性、战略性、全局性谋划,在基础科技领域和关键核心技术领域取得颠覆性突破。改革应用基础研究领域的科研管理方式,鼓励科研人员大胆探索、挑战未知。有效平衡创新的灵活性与管理的合规性,积极培育形成鼓励创新、宽容失败的创新制度环境。

3.3 创新联合是快速发展的根本

新质生产力的发展离不开各类先进优质生产要素顺畅流动,构建协同化科技创新联合体可促进创新效率。加强在新能源新兴产业领域有创新优势的高等院校、科研院所、行业中央企业、上下游相关企业等单位组建多层次多维度紧密合作型科技创新联合体。探索联合攻关、成果共享的有效机制和模式,推进科技开放合作与创新联合体建设,培育打造新能源新兴产业科技创新生态圈。

推进国家实验室和全国实验室、技术创新中心建设,以产业前沿引领技术和关键共性技术研发与应用为核心,协同开展颠覆性技术创新。建立科研机构的有机协同关系,推行跨单位、跨专业联合技术攻关模式,共同开展产业基础性和共性技术研究、成果应用与推广、技术标准研究与制定等,深入推进“产学研用”一体化,加快关键核心技术攻关步伐。充分利用产业资本、社会资本和金融手段,拓展融资渠道,推进业务链、创新链、价值链跨界创新和融合提升。

3.4 人才队伍是发展壮大的关键

人才在生产力结构中占据主体地位,是科技创新的重要支撑,是支撑新质生产力形成的关键。实施创新型领军人才和重大科技人才培养工程,培育具有全球视野和国际水平的战略科技人才、科技领军人才、青年科技人才和创新团队。探索契合新质生产力要求的培养方法,大力培养和使用具有战略潜质的高层次复合型人才,组建新能源新兴产业团队。

要涌现一批科技领袖,需要具备“有全面系统的宇宙观、有高瞻远瞩的战略眼光、有强大的组织整合力”特质,领导形成一批世界领先的产业。

加快形成有利于人才成长的培养机制、有利于人尽其才的使用机制、有利于竞相成长各展其能的激励机制、有利于各类人才脱颖而出的竞争机制,把人才从制度管理的各种形式主义、官僚主义的束缚中解放出来^[34],加快打造符合新质生产力要求的创新型劳动者,释放人才聚变效应。

3.5 产业链是新质生产力的落脚点

产业链是科技创新成果应用于实践的最终落脚点,也是加快形成新质生产力的重要载体。完善产业链生态体系,推动全链条各环节紧密对接,加强产业联盟等组织建设,促进协同产业创新。新能源新兴产业是引领未来经济社会发展的重要力量,是颠覆性技术和前沿技术运用的重要领域。布局新兴产业必须以重大技术突破和重大发展需求为基础,培育核心产业链和关键环节,提升产业链和供应链现代化水平,通过产业链和创新链深度融合培育壮大新质生产力。

新能源新兴产业是关系中国能源转型、能源安全与绿色低碳发展的关键产业领域，要立足于当下，着眼于未来，促进鼓励形成产业集群，提升国际竞争力。继续培育和发展新能源新兴产业，组织实施项目孵化、产业孵化与成长计划，出台发展专项规划，抢占国际科技和产业领域发展制高点，打造能源强国的新质生产力。

4 结 论

(1) 全球气候变化、能源转型和“双碳”目标多重影响下，科技创新是推动发展新质生产力的主要因素，新能源新兴产业是新质生产力的重要组成部分，加快布局和发展新能源新兴产业将为中国在新一轮科技革命和产业变革中占据先机。

(2) 能源分为碳基传统能源、零碳基新能源两大类，“超级能源系统”架构下的碳基能源+新能源融合发展、物理+化学储能耦合、数字+智慧协同管控，充分体现了能源的智慧高效利用。

(3) 新兴产业建立在重大前沿科技突破基础上，代表未来科技和产业发展的新方向，具有全局性、长远性、导向性和动态性特征，并具有高技术含量、高附加值和资源集约等特点，新兴产业在主导产业下创新发展，同时孕育未来产业，是发展新质生产力的重要产业方向，主导产业升级转型、新兴产业培育壮大、未来产业加快布局是产业总体发展趋势。

(4) 新能源是未来重要的新兴产业，在中国“洁煤、稳油、增气、强新，多能互补、智慧协同”能源战略中起着举足轻重的作用。中国已初步形成的天然气管网、石油管道、电网工程和储能系统等基础设施，支撑形成了以化石能源为主、可再生能源为辅的“资源主导”单向闭环链型现行能源体系，在制造能力、基建能力和智慧化能力推动下，正在向以可再生能源与不可再生能源多元供给、“技术主导”跨界融合开放能源体系运行机制为特征的，基于技术创新的新型能源体系转变。

(5) 新质生产力促进了新能源新兴产业的高质量发展，碳中和目标下能源转型具有“技术创新+双碳目标”前轮牵引、“能源经济+能源安全”后轮驱动的“四轮驱动”特性，化石能源结构稳定的“不可能正三角”，在碳中和能源转型“四轮驱动”下，已发展成为新能源引领箭头向前的新能源“可能斜三角”，将成功破解一直困扰能源领域的“不可能三角”矛盾，主要依靠本土化新能源资源，奋力新能源实现“技术独立”，有望实现中国“能源独立”。

(6) 新能源新兴产业加快形成新质生产力，要重点开展建设创新平台基础能力、驱动科技创新源头发展、组建创新联合发展根本、培育人才队伍发展壮大、打造产业链建设落脚点等系列举措，抢占新兴产业国际科技和产业领域发展制高点，支撑形成能源强国的新质生产力。

参 考 文 献

- [1] World Meteorological Organization. State of the global climate 2023 [EB/OL]. (2024-03-19)[2024-04-07]. <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023>.
- [2] BACHU S, ADAMS J J. Sequestration of CO₂ in geological media in response to climate change: capacity of deep saline aquifers to sequester CO₂ in solution[J]. Energy Conversion and Management, 2003, 44(20): 3151-3175.
- [3] MIKKELSEN M, JØRGENSEN M, KREBS F C. The teraton challenge. A review of fixation and transformation of carbon dioxide[J]. Energy & Environmental Science, 2010, 3(1): 43-81.
- [4] 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): 411-420.
ZOU Caineng, XIONG Bo, XUE Huaqing, et al. The role of new energy in carbon neutral[J]. Petroleum Exploration and Development, 2021, 48(2): 411-420.
- [5] 邹才能, 熊波, 张国生, 等. 碳中和学[M]. 北京: 地质出版社, 2022.
ZOU Caineng, XIONG Bo, ZHANG Guosheng, et al. Carbon neutralization[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2022.
- [6] IPCC. Special report: Global warming of 1.5°C[EB/OL]. (2018-10-08)[2024-03-22]. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- [7] IRENA. World energy transitions outlook 2023: 1.5°C pathway[M]. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.
- [8] 邹才能, 李士祥, 熊波, 等. 碳中和“超级能源系统”内涵、路径及意义: 以鄂尔多斯盆地为例[J]. 石油勘探与开发, 2024, 51(4): 1-13.
ZOU Caineng, LI Shixiang, XIONG Bo, et al. Connotation, pathway and significance of carbon neutrality “super energy system”: a case study of the Ordos Basin, NW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2024, 51(4): 1-13.
- [9] KUZWEIL R. The singularity is near: when humans transcend biology[M]. New York: Viking Press Inc, 2005.
- [10] 邹才能, 吴松涛, 杨智, 等. 碳中和战略背景下建设碳工业体系的进展、挑战及意义[J]. 石油勘探与开发, 2023, 50(1): 190-205.
ZOU Caineng, WU Songtao, YANG Zhi, et al. Progress, challenge and significance of building a carbon industry system in the context of carbon neutrality strategy[J]. Petroleum Exploration and Development, 2023, 50(1): 190-205.
- [11] 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.
- [12] 新华网. 习近平主持召开新时代推动西部大开发座谈会强调 进一步形成大保护大开放高质量发展新格局 奋力谱写西部大开发新篇章 [EB/OL]. (2024-04-23)[2024-04-24]. <http://www.news.cn/20240423/3d8525f589d94d5299ea09aa94cdc53d/c.html>.
News.cn. Xi chairs symposium on boosting development of China's western region in new era[EB/OL]. (2024-04-23)[2024-04-24]. <https://english.news.cn/20240423/75723c051f8f4f2b866be315ebc9fdd8/c.html>.
- [13] 国家能源局. 关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知[EB/OL]. (2021-10-21)[2024-04-27].

- http://zfxgk.nea.gov.cn/2021-10/21/c_1310611148.htm.
National Energy Administration. Notice on issuing the 14th Five Year Plan for the development of renewable energy[EB/OL]. (2021-10-21)[2024-04-27].
http://zfxgk.nea.gov.cn/2021-10/21/c_1310611148.htm.
- [14] 丁怡婷. 力争 2030 年前实现碳达峰, 2060 年前实现碳中和: 打赢低碳转型硬仗 [N/OL]. 人民日报, 2021-04-02 [2024-03-28].
http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2021-04/02/nw.D110000renmr2_0210402_2-02.htm.
DING Yiting. To strive to peak carbon emissions by 2030 and achieve carbon neutrality by 2060: win the hard battle of low-carbon transition[N/OL]. People's Daily, 2021-04-02[2024-03-28].
http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2021-04/02/nw.D110000renmr2_0210402_2-02.htm.
- [15] Energy Institute. Statistical review of world energy 2023[EB/OL]. (2023-06-25)[2024-04-06]. <https://www.energyinst.org/statistical-review>.
- [16] 邹才能, 熊波, 李士祥, 等. 碳中和背景下世界能源转型与中国式现代化能源革命[J]. 石油科技论坛, 2024, 43 (1): 1-17.
ZOU Caineng, XIONG Bo, LI Shixiang, et al. World energy transformation and China's modern energy revolution under carbon neutrality background[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2024, 43 (1): 1-17.
- [17] 邹才能, 张福东, 郑德温, 等. 人工制氢及氢工业在我国“能源自主”中的战略地位[J]. 天然气工业, 2019, 39(1): 1-10.
ZOU Caineng, ZHANG Fudong, ZHENG Dewen, et al. Strategic role of the synthetic hydrogen production and industry in energy independence of China[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(1): 1-10.
- [18] 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): 633-647.
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): 633-647.
- [19] 工业和信息化部. 工业和信息化部等四部门关于印发《新产业标准化领航工程实施方案(2023—2035 年)》的通知[EB/OL]. (2023-08-22)[2024-04-23].
https://ythxxfb.miit.gov.cn/ythzxfwpt/hlwmm/tzgg/sbyw/dqdzcpyhwzxsyggfwpt/art/2023/art_84e91e0b71a04b87879c1ffd0cebdf12.html.
Ministry of Industry and Information Technology. Notice from the Ministry of Industry and Information Technology and other four departments on issuing the implementation plan for the standardization navigation engineering of new industries (2023-2035)[EB/OL]. (2023-08-22) [2024-04-23].
https://ythxxfb.miit.gov.cn/ythzxfwpt/hlwmm/tzgg/sbyw/dqdzcpyhwzxsyggfwpt/art/2023/art_84e91e0b71a04b87879c1ffd0cebdf12.html.
- [20] 新华网. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要 [EB/OL]. (2021-03-13) [2023-12-26].
https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
News.cn. Outline of the 14th Five Year Plan for national economic and social development of the People's Republic of China and the long range objectives for 2035[EB/OL]. (2021-03-13)[2023-12-26]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- [21] 新华网. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要 [EB/OL]. (2011-03-16) [2024-04-06].
https://www.gov.cn/zhuanti/2011-03/16/content_2623428.htm.
News.cn. Outline of the 12th Five Year Plan for national economic and social development of the People's Republic of China[EB/OL]. (2011-03-16) [2024-04-06].
https://www.gov.cn/zhuanti/2011-03/16/content_2623428.htm.
- [21] 新华网. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要 [EB/OL]. (2016-03-17) [2024-04-06].
https://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content_5054992.htm?source=1.
News.cn. Outline of the 13th Five Year Plan for national economic and social development of the People's Republic of China[EB/OL]. (2016-03-17) [2024-04-06].
https://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content_5054992.htm?source=1.
- [2016-03-17) [2024-04-06].
https://www.gov.cn/zhuanti/2011-03/16/content_2623428.htm.
- [23] 中国政府网. 国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定 [EB/OL]. (2010-10-18) [2024-04-07].
https://www.gov.cn/zhengce/content/2010-10/18/content_1274.htm.
Gov.cn. Decision of the State Council on accelerating the fostering and development of strategic emerging industries[EB/OL]. (2010-10-18) [2024-04-07].
https://www.gov.cn/zhengce/content/2010-10/18/content_1274.htm.
- [24] 中国政府网. 战略性新兴产业 支撑高质量发展[EB/OL]. (2018-11-28) [2024-04-02].
https://www.gov.cn/xinwen/2018-11/28/content_5344006.htm.
Gov.cn. Strategic emerging industries support high-quality development[EB/OL]. (2018-11-28) [2024-04-02].
https://www.gov.cn/xinwen/2018-11/28/content_5344006.htm.
- [25] 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): 411-420.
ZOU Caineng, XIONG Bo, XUE Huaqing, et al. The role of new energy in carbon neutral[J]. Petroleum Exploration and Development, 2021, 48(2): 411-420.
- [26] 傅伯杰. 联合国可持续发展目标与地理科学的历史任务[J]. 科技导报, 2020, 38(13): 19-24.
FU Bojie. UN sustainable development goals and historical mission of geography[J]. Science & Technology Review, 2020, 38(13): 19-24.
- [27] 丁仲礼. 碳中和对中国的挑战和机遇 [EB/OL]. (2022-01-09)[2024-04-08].
<https://mp.weixin.qq.com/s/7xZoE0xfTCv5xXJkSE4AKA>.
DING Zhongli. The challenges and opportunities of carbon neutrality for China[EB/OL]. (2022-01-09)[2024-04-08].
<https://mp.weixin.qq.com/s/7xZoE0xfTCv5xXJkSE4AKA>.
- [28] 新华网. 国务院国资委: 加快发展战略性新兴产业和未来产业 [EB/OL]. (2023-06-22)[2024-04-02].
http://www.news.cn/2023-06/22/c_1129712321.htm.
News.cn. Accelerate the development of strategic emerging industries and future industries[EB/OL]. (2023-06-22)[2024-04-02].
http://www.news.cn/2023-06/22/c_1129712321.htm.
- [29] 国家能源局. 加快油气勘探开发与新能源融合发展行动方案 (2023-2025 年) [EB/OL]. (2023-02-27)[2024-04-07].
http://zfxgk.nea.gov.cn/2023-02/27/c_1310704758.htm.
National Energy Administration. Action plan for accelerating the integration of oil and gas exploration and development with new energy (2023-2025)[EB/OL]. (2023-02-27)[2024-04-07].
http://zfxgk.nea.gov.cn/2023-02/27/c_1310704758.htm.
- [30] 杜祥琬. 能源高质量发展应实现“可能三角”[N/OL]. 中国能源报, 2022-01-17[2024-04-07].
http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2022-01/17/content_25899243.htm.
DU Xiangwan. High quality energy development should achieve the “possible triangle”[N]. China Energy News, 2022-01-17[2024-04-07].
http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2022-01/17/content_25899243.htm.
- [31] 邹才能, 潘松圻, 赵群. 论中国“能源独立”战略的内涵、挑战及意义[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(2): 416-426.
ZOU Caineng, PAN Songqi, ZHAO Qun. On the connotation, challenge and significance of China's “energy independence” strategy[J]. Petroleum Exploration and Development, 2020, 47(2): 416-426.
- [32] 国家能源局. 国家能源局发布 2023 年全国电力工业统计数据业 [EB/OL]. (2024-01-26)[2024-04-03].
https://www.nea.gov.cn/2024-01/26/c_1310762246.htm.
National Energy Administration. The National Energy Administration releases statistical data on the national power industry for 2023[EB/OL]. (2024-01-26)[2024-04-03].
https://www.nea.gov.cn/2024-01/26/c_1310762246.htm.
- [33] 联合国. 人口 [EB/OL]. [2024-04-07].

<https://www.un.org/zh/global-issues/population>.
United Nations. Population[EB/OL]. [2024-04-07].

<https://www.un.org/zh/global-issues/population>.

- [34] 蒋永穆, 马文武. 深刻把握新质生产力的科学内涵与培育路径[N/OL]. 中国社会科学报, 2024-03-11[2024-04-07].
https://epaper.csstoday.net/epaper/read.do?m=i&iid=6775&eid=48515&i date=12_2024-03-11.

JIANG Yongmu, MA Wenwu. Deeply grasp the scientific connotation

and cultivation path of new quality productive forces[N/OL]. Chinese Social Sciences Today, 2024-03-11[2024-04-07].
https://epaper.csstoday.net/epaper/read.do?m=i&iid=6775&eid=48515&i date=12_2024-03-11.

