

我国天然气产业高质量发展路径探讨

余晓钟¹, 刘梦薇¹, 邱湖淼^{1*}, 罗平亚²

(1. 西南石油大学经济管理学院, 成都 610500; 2. 油气藏地质及开发工程全国重点实验室, 成都 610500)

摘要: 天然气产业作为我国能源体系“碳减排”的重要依托, 是确保能源安全、推动能源结构转型的关键支撑, 其高质量发展将为经济社会绿色转型、新型能源体系构建、技术创新与对外合作等注入动力。本文系统分析了天然气产业高质量发展的基础, 总结了新发展阶段天然气产业高质量发展面临的挑战, 提出了我国天然气产业高质量发展的路径。研究认为, 天然气产业高质量发展存在的问题主要表现在保供能力不足、市场机制尚未理顺、关键技术装备存在“卡脖子”环节等方面; 我国天然气产业高质量发展的路径为, 大力保障天然气安全供应、着力建设天然气产业市场体系、推动升级天然气产业技术装备、加快天然气产业绿色低碳发展, 以抓住产业发展的战略机遇期, 创新发展思路, 更好满足经济高质量发展、保障能源安全、推进碳达峰碳中和、实现产业平衡发展的需要。

关键词: 能源体系; 天然气产业; 能源转型; 技术装备升级; 绿色低碳发展

中图分类号: F426.22; TE-9 **文献标识码:** A

Exploration of High-Quality Development Path of China's Natural Gas Industry

Yu Xiaozhong¹, Liu Mengwei¹, Qiu Humiao^{1*}, Luo Pingya²

(1. School of Economics and Management, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;

2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610500, China)

Abstract: The natural gas industry is crucial for the carbon emission reduction, energy security, and structural transformation of China's energy system. Therefore, the high-quality development of the industry can inject impetus for the green transformation of the economy and society, construction of a new type of energy system, technological innovation, and international cooperation. This study analyzes the basis for and major challenges faced by the high-quality development of China's natural gas industry. Specifically, the weak links in the high-quality development of the natural gas industry is mainly manifested in the insufficient supply capacity, incomplete market mechanism, and lack of innovation capabilities regarding key technologies and equipment. In this regard, the study proposes a path for the high-quality development of China's natural gas industry: (1) guaranteeing the safe supply of natural gas, (2) improving the market system of the natural gas industry, (3) promoting the upgrading of technologies and equipment in the natural gas industry, and (4) accelerating the green and low-carbon development of the natural gas industry. This aims to innovate the development ideas of the natural gas industry and better satisfy the requirements for realizing high-quality economic development, guaranteeing energy security, promoting carbon peaking and carbon neutralization, and achieving balanced industrial development.

Keywords: energy system; natural gas industry; energy transition; upgrading of technology and equipment; green and low-carbon development

收稿日期: 2024-05-22; 修回日期: 2024-06-25

通讯作者: *邱湖淼, 西南石油大学经济管理学院高级工程师, 研究方向为石油工程管理; E-mail: 498584445@qq.com

资助项目: 国家社会科学基金项目(22&ZD105)

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

一、前言

当前，全球能源发展正处于国际贸易格局变革期和转型攻坚期，调整重塑中的能源安全和绿色低碳发展成为各国能源领域的核心议题。对此，我国发布了《“十四五”现代能源体系规划》《2024年能源工作指导意见》等政策文件，提出持续优化天然气使用方向，推动天然气在新型能源体系建设中发挥更大作用，对能源安全保障、消费结构转型升级提出了具体要求。天然气作为优质高效的绿色能源，是当前我国能源由“高碳”向“低碳”“零碳”转变的重要过渡能源，可在化石能源主导阶段发挥“补位+调峰”作用，确保能源安全供应，支撑可再生能源规模化发展；在非化石能源占主导的新阶段，可以发挥“调峰+减碳”作用，保障新型能源系统安全稳定运行。可以预计，在内外发展环境出现新变化和体制改革的引领下，天然气产业将进入高质量发展阶段，发展以天然气开发利用为主的清洁能源产业，对我国发挥好资源禀赋优势、优化能源结构、做好“双碳”工作、推动经济社会绿色发展具有重要战略意义。

随着我国天然气产业发展多重积极效应的持续显现，学界亦围绕天然气产业高质量发展这一议题展开了深入研究，从发展理念^[1]、战略方向^[2]、发展前景^[3,4]等多维视角出发，探讨高质量发展对策^[5-8]。但现有研究对天然气产业的发展现状和发展过程中面临的挑战等方面的认识仍有待完善，并且随着“双碳”战略目标的持续推进及可再生能源市场的不断发展，对天然气产业进一步实现高质量发展的路径研究还不够具体。据此，本研究以新形势下我国天然气产业高质量发展为主线，剖析其发展基础，结合新发展阶段面临的新情况、新挑战，提出天然气产业未来发展路径，为天然气产业高质量发展提供参考。

二、我国天然气产业高质量发展基础

（一）参与主体

天然气产业是一个参与主体多元且关系紧密的复杂适应性系统，包括上游负责天然气勘探开发和进口的供应商，中游提供运输、存储服务的管输商和储气运营商，下游消费者和产业链外的相关政府

管理部门。在产业链内部参与主体视角下，天然气产业是能源的基础支撑产业，本质是支撑清洁低碳、安全高效、供需协同、灵活智能的新型能源体系，其内生动力在于工业生产、城乡建设和居民福祉提升；在产业链外部的政府管理者视角下，有效的监管在产业发展中仍将处于主导地位，强调统筹天然气的供给和需求两侧，实现生产和消费的全局最优。当前，天然气供应商在资源优化、供应保障等方面持续发力；管输商不断落实均衡输送与应急保供主体责任；储气商以储气能力建设为导向，加速商业化运营；消费者需求增长显著，消费结构呈现多元化趋势；行政管理部门通过政策供给、监管改革等，进一步支持和服务各类市场主体发展，形成多主体混合互补的发展格局。因此，天然气产业高质量发展的践行主体可以设定为供应商、管输商、储气商、消费者和政府管理部门^[9]。

（二）供应基础

稳定的天然气供给是保障我国能源安全的根本，产业发展实践需建立在资源支撑的基础上，为能源结构优化、安全供应提供保障。在天然气供应方面，2015—2023年，国内天然气产量稳定上升，进口天然气总量呈快速增长态势（见图1）。一是我国加大了对油气勘探开发领域的投入和支持力度，实现了天然气的增储增产，全国天然气产量连续7年增产超 $1 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ，资源供应增量明显^[10]。截至2023年年底，我国气层气、页岩气、煤层气剩余技术可采储量分别为 $6.68 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $5.5 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 、 $5.3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ^[11]。尽管页岩气、煤层气探明率不高，可采储量尚不明确，但勘探开发潜力巨大，是未来

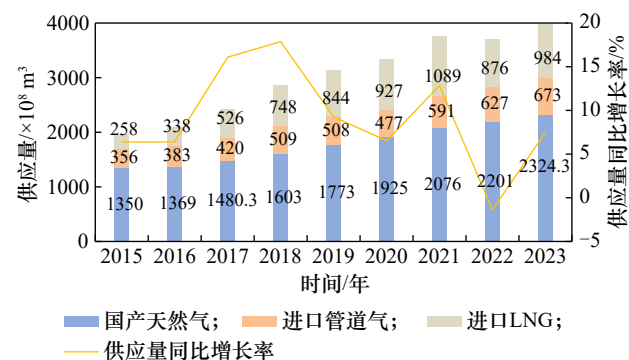


图1 2015—2023年我国天然气的供应情况

注：数据来源于2015—2023年发布的《中国天然气发展报告》；LNG表示液化天然气。

天然气增储上产的重要增长极。二是海外天然气供应处于较高水平。在管道气方面,中俄东线天然气管道持续增输;在 LNG 方面,受长期协议履约、接收站投运^[12]、国际气价下行等多重因素影响,LNG 进口能力加速推升。另外,为拓宽天然气供应链,我国油气企业持续加大对海外油气田和液化终端的投资,有效提升了清洁能源供应的安全性和可靠性。

(三) 政策支持

产业政策是针对某一特定产业而制定实施的各项政策,通过直接干预或者间接引导的方法,逐步塑造与经济、环境相适应的产业形态。近年来,我国在国家层面出台了一系列支持天然气产业结构升级、市场体系完善、基础设施建设、天然气利用优化等的政策措施,在财税激励、金融服务、规划指导、市场管理等方面为天然气产业高质量发展提供了有利条件。通过对《财政支持做好碳达峰碳中和工作的意见》(2022年)、《加快油气勘探开发与新能源融合发展行动方案(2023—2025年)》(2023年)、《天然气利用政策(征求意见稿)》(2023年)、《关于核定跨省天然气管道运输价格的通知》(2023年)等相关文件进行汇总后发现,我国天然气产业政策体系的目标定位逐渐清晰,宏观引领作用与具体执行标准更加健全。从政策内容看,坚持以市场为导向,强调发展过程中的公平开放,统筹考虑天然气供应安全性和资源环境刚性约束下的绿色发展^[13],聚焦天然气安全保供、市场消费规模扩大、价格机制改革、科技创新、多能融合发展等方面,并保持相关政策的延续性^[14]。

(四) 技术支撑

高水平技术供给是提高天然气产业发展质量和效益的核心要素。现阶段,我国按照资源与技术并行的发展策略,在勘探开发实践过程中形成了以复杂地质结构与储层结构条件下的地震勘探、深井超深井钻完井、超深层录测试、水平井压裂等为代表的关键技术与工程技术装备,为非常规、超深层天然气资源开发利用提供了有力的技术保障。另外,新一轮科技革命和产业变革正在推动数字技术与天然气产业链的融合发展,加速“数字油气”向“智能油气”转变,形成了现场作业、生产运行、经营

管理等数智化发展的新生态。

三、我国天然气产业高质量发展面临的挑战

(一) 保供能力不足,能源安全保障形势趋紧

1. 天然气供应缺口持续扩大

作为世界最大的能源消费国,我国天然气产量的增速慢于消费增速,导致天然气供需缺口越来越大,对外依存度居高不下。2023年,我国天然气消费量为 $3.917 \times 10^{11} \text{ m}^3$,在一次能源消费总量中的占比为8.5%,对外依存度达41.62%,供需矛盾依然突出^[15]。天然气可以发挥促进终端能源系统由高碳排放向低碳排放调整,推进燃料的清洁低碳化发展,支撑电力系统安全稳定运行,推进工业、交通等领域减污降碳等作用,因此,未来天然气消费仍将保持刚性增长。预计2030年,天然气消费量将达到 $5.24 \times 10^{11} \text{ m}^3$,之后缓慢稳步增长,到2040年前后达到峰值,天然气消费量将达到 $6.1 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ^[16]。综合来看,在中长期内,我国天然气资源供应仍存在较大的缺口,能源安全的保障能力受到限制,进一步确保天然气资源供应成为天然气产业高质量发展面临的主要挑战^[17]。

2. 基础设施建设落后于需求增长

基础设施对产业发展具有战略性、先导性作用,其建设可以适度超前于经济社会发展需要。目前,我国天然气基础设施建设尚未与快速增长的消费需求适配,在管网运营建设、储气能力等方面仍存在短板。一是天然气干支线管网间的连通性尚未全面优化,管网规模不能完全满足需求,通达水平不高,限制了天然气的普及和利用^[18]。加之,传统的管理方式已不适应管网互联互通趋势下的新要求,有待进一步推动智能化技术的应用。二是储气设施不足,储气库建设面临调峰需求大与建库动力不足、市场机制欠缺的矛盾以及储气库一体化和智能化调峰保供效率不高的挑战,LNG储罐的建设规模、智慧化转型速度都有待提升。

(二) 市场机制尚未健全,不利于天然气产业健康发展

1. 天然气勘探开发主体较少

为推动天然气勘探开发和增储上产,我国发布了《矿业权出让交易规则》《关于深化矿产资源管

理改革若干事项的意见》等相关政策措施，全面推进探矿权公平竞争性出让，开放油气勘查开采市场^[19]。但从改革成效来看，大部分天然气勘探开发优质区块依旧集中在少数大型国有企业，民营企业与非传统油气企业的参与占比较低，多元化市场竞争仍显不足。同时，由于目前新出让的探矿权多为构造复杂、低资源禀赋区块，对资金、技术要求较高，而新进企业普遍面临地质资料掌握不充分，资金、人才、风险承担能力不足等短板，“圈而不探”、炒作探矿权等现象依然存在。此外，在油气勘探开发难度日益加大的背景下，5年探采合一限期给企业转采带来了一定的压力，部分企业因急于发现油气而盲目加大勘探投入，增加了投资风险，不利于天然气产业的健康与可持续发展^[20]。

2. 天然气价格机制不完善

价格是市场运行机制的核心，完善的价格体系可以推动天然气产业良性竞争，确保用户权益。当前，我国正在全面推进天然气价格机制改革，从省级政府到地市层面相继出台了一系列实施办法，但天然气价格体系与各方主体对价格信号的诉求还有一定差距，尚不具备价格全面市场化的核心基础条件，如存在政府规制与市场化定价并存、市场竞争结构缺失等情况。另外，我国大部分地区的天然气上下游联动机制还未真正形成，存在疏导不到位、传导不及时等问题，导致能源利用不足，阻碍低碳转型进程。

3. 市场监管不足

目前，我国天然气市场体系建设已取得突破性进展^[21]，相关行政管理部门重点关注管网设施开放和管输价格核定，先后发布了《油气管网设施公平开放监管办法》（2014年）、《天然气管网和LNG接收站公平开放专项监管工作方案》（2021年）、《天然气管道运输定价成本监审办法（暂行）》（2022年）等文件。但我国天然气市场监管的整体制度结构尚未达到欧盟法律规定的监管独立性标准^[22]，存在监管机制尚未完善、监管机构效率和有效性较低、信息公开方式不健全等问题，难以满足未来常态化监管的需要。

（三）天然气关键技术装备存在“卡脖子”环节

1. 油气装备制造业基础薄弱

在天然气技术装备方面，我国进行了大量的技

术创新和实践，形成了集研发、生产制造和配套服务集成化于一体的产业链，但关键核心技术及产品仍较多依赖进口，尚未达到为天然气发展提供有效支撑的水平^[23,24]。一是对天然气相关应用的基础研究重视程度不够、研发投入不足，主要依靠引进、消化吸收、再创新，部分基础材料、零部件、制造工艺、软件等存在较强的外部依赖性^[25]。二是缺乏具有自主知识产权与国际竞争力的高端技术和产品。天然气相关重大装备自主可控性较弱、测试体系不完善等，导致中低端产品产能过剩而高端产品生产实力不足，在产品质量、性能、可靠性和环境适应性等方面与世界先进水平相比仍有较大差距。

2. 数字化、智能化水平亟待提升

为应对能源资源品质劣质化、开采环境复杂化、安全节能环保等挑战，推动高端制造与数字化、智能化深度融合成为天然气技术装备发展的必然趋势。对此，我国油气装备制造企业加大在人工智能高端技术研发方面的投入力度，服务技术装备的数字化、智能化运行。但目前我国研制的天然气产业数字化、智能化技术装备在应用场景方面还处于初步探索阶段，装备、系统、产业链内企业之间的“数据孤岛”较多^[26]，信息碎片化严重，数据质量有待提升，尚无法支撑智能化应用。

四、我国天然气产业高质量发展路径

高质量发展作为一种新型经济发展方式，强调质量主导数量、经济总量有效、创新驱动高效^[27]，核心是加快转变发展方式。结合天然气产业高质量发展面临的挑战，研究认为，天然气产业的高质量发展需要由“规模速度”型转向“经济-能源-环境-发展”协同型，以供应商、管输商、储气商、消费者、相关行政管理部门等为实践主体，以目前我国天然气产业资源供应、政策支持和技术支撑为基础，通过优化供给、机制改革、技术创新和低碳发展，实现管理、制度、技术和业态模式等层面的高质量发展，具备安全可靠、经济高效、智慧创新、绿色低碳等显著特征。

（一）大力保障天然气安全供应

当前，天然气产业发展的逻辑已经由在发展目

标的引领下保障安全稳定供应转变为在保障安全稳定供应的前提下高质量发展。未来天然气产业高质量发展的主线是：面向新发展阶段天然气稳定保供的需要，加快天然气“产供储销”体系建设^[28]，推动国内天然气上产、完善多元供气体系、提升储备和调节能力、优化资源市场配置等，提升天然气供应的质量效益。

1. 加大国内天然气勘探开发力度，夯实资源基础

《2024 年能源工作指导意见》提出，把能源安全作为高质量发展的基石，持续巩固提升油气产量。对此，天然气产业的上游供应主体应持续增加高质量勘探开发资金与工作量投入，加快推动老油气区精细挖潜稳产和新区效益建产，强化中西部地区五大盆地基础地质研究和集中高效勘探，立足四川盆地开展新层系先导试验攻关^[29]，依托渤海、南海海域打造海上天然气基地，实现陆上深层、非常规、海洋领域天然气持续快速上产，形成优质规模增储产量和未来战略接替地区，提高我国天然气的自给率。

2. 健全天然气供应体系，提高供气灵活性

以构建多路径、多气源供气为目标，扩大优质增量供给。一方面，巩固提升海外天然气的获取能力，全方位推进合作国别（地区）、进口通道、参与主体多元化，加强与“一带一路”国家的油气生产合作，丰富进口气资源来源结构，确保进口天然气的稳定供应。另一方面，加快推动更多社会资本参与输气管网基础设施建设，扩大供气管道规模，优化管网布局；以管网互联互通为支撑，确保区域间的顺畅连接；以数字化转型为主线，聚焦实现管道建设、管网调控、管输服务智能化，提高资源运输和配置效率。同时，在沿海大中型城市加快推进 LNG 接收站等气源工程建设^[30]，提升进口 LNG 资源外输能力，确保供气安全平稳。

3. 强化储备能力建设，确保天然气稳定供应

加快推进天然气储气调峰设施高效建设及运营管理创新，建立以地下储气库为主、重点地区规模化 LNG 储罐为辅的储气系统，鼓励地方和城镇燃气企业根据用户需求自行建立 LNG 储罐（大型用户亦可自建 LNG 储罐），落实各类投资主体的储气调峰责任。逐步完善储气设施运营机制，坚持储气服务和调峰气量的市场化定价，合理疏导储气调

峰成本，灵活开展储罐租赁等新商业模式。积极开展调峰保供智慧平台建设，借助人工智能技术，实现储气设施全方位、全周期的智能运行和优化，推动储气库管理转型升级^[31]。

4. 立足天然气供应实际，拓展天然气消费规模
统筹资源供应与市场需求，以“双碳”战略目标为指引，优化天然气销售流向，支持天然气在居民、商业、工业、电力、交通等领域的需求增量，实现资源功能和价值的最大化。一是全力推进“瓶改管”惠民工程，鼓励燃气企业推出优惠方案，提高城镇管道燃气的普及率，增加居民及商业用气总量；二是在保证天然气供应的前提下，稳妥推进工业“煤改气”工程，逐步调整高污染燃料禁燃区范围，实施工业锅炉、窑炉清洁改造；三是有序发展天然气分布式能源，规划建设天然气调峰电站和冷热电联产项目；四是积极开展“油改气”工作，支持 LNG 燃料动力船舶新建和改造，合理增建 LNG 船舶加注站，为绿色航运提供气源保障。

（二）着力建设天然气产业市场体系

建设高标准市场体系是天然气产业高质量发展的内在要求，需要以新发展理念为主导、以政策支持为基础，通过优化市场公平竞争状态、完善运行机制，促进天然气资源有序流动，实现天然气市场平稳运行并获得良好的经济效益^[32]。

1. 充分利用市场化手段，加速培育上游多元化主体

为实现上游勘探开发主体多元化，引导出让部分优质区块，向社会投资主体开放，并在勘探资料、开采技术和人才服务等方面加大共享力度，帮助中小企业解决资金、技术等各方面难题，实现天然气产业的良性发展^[33]。在政策层面，进一步完善探矿权管理制度，合理延长探采合一期、设置出让矿权规模，依托矿产资源风险勘探投资基金的设立，调动各方参与上游投资的积极性，推动增储上产。

2. 深化价格机制改革，发挥市场配置资源的决定性作用

随着天然气产业链“X+1+X”格局的形成，在提高天然气利用率和使用范围的背景下，持续稳步推进价格改革，形成一个具有“竞争力价格”的市场，使其充分反映市场供需关系，还原天然气作为能源商品的基本属性^[34]。上游供气企业应严格落实

价格政策，协商确定门站批发价格，克服高气价，促进减污降碳；中游运输环节要不断修改和完善天然气管输定价及核算机制，优化运价结构，提升资源配置效率；鼓励在下游环节建立短距离运输及配气“区域内统一、区域间竞争”的动态调整机制，保证终端天然气价格制定合理、市场供给有效。同时，借鉴美国、英国、荷兰等国家能源交易中心的成功经验，加快建成流动性高、信息公开透明、竞争力强的天然气交易中心，培育形成我国天然气基准定价枢纽^[35]，推动市场化交易。

3. 健全天然气市场监管体系，加强全产业链监管

从天然气市场发展和改革经验来看，天然气产业监管体系主要涵盖法律法规体系、监管机构、监管方式3个层面^[36]。①在法律法规体系层面，完善天然气产业监管相关法律、规章和行政诉讼等；②在监管机构层面，需要设立专门机构负责天然气管道建设、管网规范、价格等方面的监督评审；③在监管方式层面，形成系统完备的信息公开体系和较高级别的社会监管，吸引公众和利益相关方参与并监督天然气建设项目。总体来看，健全监管规则和标准体系，设立专门且相对独立的监管机构，加强市场化和社会化多元协同监管，是实现天然气市场体系高质量的有效保障。未来，我国天然气市场需加快完善监管体系，探索建立统一、透明的政府管理和信息监管中心，从全产业链角度加强行业监管的针对性和有效性，落实对上游矿产资源勘查投入及供应商保供责任的监督管理，规范中游管网运输商的设施公平开放行为，加强下游消费部门的价格监管，保证天然气市场的高效、公平运行^[37]。

（三）推动天然气产业技术装备升级

围绕天然气产业增储上产、降本增效、安全生产的高端技术装备需求，需持续推进应用基础研究、技术攻关、应用场景探索的创新链发展，实现技术装备供求均衡、创新策源。

1. 强化基础前瞻研究，提升自主创新能力

聚焦天然气重大装备技术难题^[38]，以国家重点实验室、技术创新中心、工程研究中心等为研发创新载体，集中优势资源开展体系化基础研究，探索与天然气产业技术装备发展相适应的新理论、新工艺和新技术，补齐基础材料、零部件、工艺等方面

的瓶颈短板，增强技术装备原始创新能力。协同构建保障基础研究与原始创新的体制机制，完善财政补助、税收优惠等多种支持政策，鼓励社会资金通过设立基金、捐赠等方式投入基础研究，健全科技评价、成果应用转化等制度。

2. 开展关键技术装备攻关

大力推进技术装备攻关是增强天然气产业竞争力的关键。在常规、非常规天然气高质量勘探和效益开发方面，加快开展超深井自动化智能钻机及配套装置、超高温井筒工作液、超高温高压完井测试工具等关键技术装备攻关，提高天然气采收率^[39]。在高端海洋油气装备方面，面向深水/超深水的新型地震资料采集装备、智能化钻机、多功能作业装备、浮式生产设备等是未来研发制造的重点^[40]。此外，推动装备制造绿色化转型，加快节能技术和产品的研发，依靠创新驱动的内涵式增长加速脱碳进程^[41]。具体地，依托优势企业形成原创技术策源地，依托产业技术创新战略联盟形成“产学研”协同创新平台，发挥优势主体创新引领作用，推动产业链与创新链在结构功能上深度耦合。同时，增强国内国外两种创新资源的联动效应，推动国内外研发交流和合作，构建开放式协同创新体系。

3. 推进技术装备智能化升级

瞄准技术进步和创新需求，不断推动技术装备升级，推进云计算、大数据、物联网、人工智能、数字孪生等新技术手段在产品研发、制造、管理、运维等环节广泛应用，实现数据互通与智能决策^[42]。在终端应用环节要持续深化数智装备应用场景落地，着力将数字化、智能化技术装备综合应用于天然气勘探开发、工程技术攻关等多种场景，发挥全产业链场景优势，培育产业高质量发展新动力。

（四）加快天然气产业绿色低碳发展

推进天然气产业绿色低碳发展，服务国家“双碳”战略目标实现，是我国天然气产业健康持续发展的最佳路径选择。在可持续发展情境下，需推动天然气与可再生能源的融合发展，加速高质量人才培养，形成新型能源体系和人才培育体系。

1. 构建天然气和可再生能源协调发展体系，推动能源高效利用

天然气作为最佳“伴随能源”，其自身具备的

综合性特征决定了与可再生能源融合发展是未来产业转型升级的重要方向^[43]。立足“双碳”发展目标，不断强化产业链发展的韧性和可持续性，在稳定供应基础上将天然气与太阳能、风能、氢能等绿色能源深度耦合，协同推进天然气分布式能源系统建设（天然气冷却、供热和供电系统）和可再生能源的多种能源互补项目，充分发挥天然气制氢结合天然气管网掺氢输送在氢能发展中的“孵化器”“助推器”作用^[44]，进一步提升综合用能效率，减少污染物排放。

2. 构建与绿色低碳发展相适应的学科发展体系，强化产业人才支撑

随着天然气产业的迭代升级，需着重针对新技术、新业态、新应用和新趋势，突出加强人才建设，促进人才链与产业链、创新链的深度融合，形成高质量发展核心竞争力^[45]。一是提高企业主体在电气、可再生能源、新材料等方面的知识储备，建立低碳减排，碳捕集、利用与封存，清洁能源应用，碳管理以及跨专业的复合型人才队伍，构建新的管理人才体系，满足新技术和新业态的发展需要。二是围绕天然气产业数字化、智能化建设，加快培养掌握信息、大数据和现代化管理等技术的专业化人才，满足新应用发展需要。三是进一步加强国际化人才培养，充分利用国际经验促进国内产业发展，满足国际合作新趋势的发展需要。

五、结语

推动天然气产业高质量发展是保障国家能源安全供应、推动能源转型的迫切需要，是以管理创新、制度创新和科技创新为动力的天然气社会技术体系的转型过程，同时也是适应新业态发展的必然选择。未来，天然气产业的发展可通过“产供储销”系统优化来确保天然气稳定供应与需求的增长相适应，实现产业供给高质量；借鉴国际天然气市场改革的成熟经验，加快培育上游市场主体多元化、完善价格形成机制、健全监管体系，实现天然气市场体系的高质量发展；以技术创新培育产业发展新动力，实现技术装备高质量发展；促进天然气与可再生能源协同发展，强化人才资源支撑，实现产业绿色高质量发展。区别于以往的行业发展研究或是单一问题研究，本研究试图从产业视角出发，

系统论述我国天然气产业发展现状，并针对新发展阶段面临的挑战，提出具体实现路径，以期为天然气产业的高质量发展提供有益借鉴。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: May 22, 2024; **Revised date:** June 25, 2024

Corresponding author: Qiu Humiao is a senior engineer from School of Economics and Management, Southwest Petroleum University. His major research field is petroleum engineering management. E-mail: 498584445@qq.com

Funding project: National Social Science Fund Project (22&ZD105)

参考文献

- [1] 杨丽丽. 新质生产力理念下中国油气高质量发展战略思考 [J]. 中国矿业, 2024, 33(5): 32–38.
Yang L L. Study on high-quality development strategy of oil and gas industry in China under the concept of new quality productive forces [J]. China Mining Magazine, 2024, 33(5): 32–38.
- [2] 刘朝霞, 鲍敬伟, 陈建军, 等. 非常规油气高质量发展战略方向优选 [J/OL]. 石油科技论坛, 1–10[2024-05-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5614.G3.20240412.1501.004.html>.
Liu C X, Bao J W, Chen J J, et al. Optimized directions for high-quality development strategy of unconventional oil and gas [J/OL]. Petroleum Science and Technology Forum, 1–10[2024-05-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5614.G3.20240412.1501.004.html>.
- [3] 李琴, 王建良, 刘睿, 等. 碳中和目标下天然气产业发展的多情景构想 [J]. 天然气工业, 2021, 41(2): 183–192.
Li N, Wang J L, Liu R, et al. Multi-scenario conception on the development of natural gas industry under the goal of carbon neutrality [J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(2): 183–192.
- [4] 李剑, 余源琦, 高阳, 等. 中国天然气产业发展形势与前景 [J]. 天然气工业, 2020, 40(4): 133–142.
Li J, She Y Q, Gao Y, et al. Natural gas industry in China: Development situation and prospect [J]. Natural Gas Industry, 2020, 40(4): 133–142.
- [5] 李航, 朱兴珊, 孔令峰, 等. “双碳”目标下中国天然气行业高质量发展建议 [J]. 国际石油经济, 2022, 30(8): 16–22.
Li H, Zhu X S, Kong L F, et al. Suggestions on the development of China's natural gas industry under the “dual carbon” goals [J]. International Petroleum Economics, 2022, 30(8): 16–22.
- [6] 刘合, 梁坤, 张国生, 等. 碳达峰、碳中和约束下我国天然气发展策略研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 33–42.
Liu H, Liang K, Zhang G S, et al. China's natural gas development strategy under the constraints of carbon peak and carbon neutrality [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(6): 33–42.
- [7] 邹才能, 林敏捷, 马锋, 等. 碳中和目标下中国天然气工业进展、挑战及对策 [J]. 石油勘探与开发, 2024, 51(2): 418–435.
Zou C N, Lin M J, Ma F, et al. Development, challenges and strategies of natural gas industry under carbon neutral target in China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2024, 51(2): 418–435.

- [8] 余泳泽, 段胜岚, 林彬彬. 新发展格局下中国产业高质量发展: 现实困境与政策导向 [J]. 宏观质量研究, 2021, 9(4): 78–98.
Yu Y Z, Duan S L, Lin B B. High quality development of the Chinese industries under the new development pattern: Realistic dilemma and policy guidance [J]. Journal of Macro-Quality Research, 2021, 9(4): 78–98.
- [9] 王瑞峰. 乡村产业高质量发展的内涵特征、影响因素及实现路径——基于全国乡村产业高质量发展“十大典型”案例研究 [J]. 经济体制改革, 2022 (1): 73–81.
Wang R F. The connotative characteristics, influencing factors and realization path of the high-quality development of rural industries—A case study based on the “top ten models” of the high-quality development of the China’s rural industries [J]. Reform of Economic System, 2022 (1): 73–81.
- [10] 高振宇, 赫曼求, 杨飞, 等. “双碳”目标下中国天然气发展的分析与建议 [J]. 油气与新能源, 2023, 35(4): 7–11.
Gao Z Y, He M Q, Yang F, et al. Analysis and recommendations for China’s natural gas development in light of the “double carbon” target [J]. Petroleum and New Energy, 2023, 35(4): 7–11.
- [11] 中华人民共和国自然资源部. 2023年中国自然资源公报 [R]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2024.
Ministry of Natural Resources of the People’s Republic of China. China natural resources bulletin 2023 [R]. Beijing: Ministry of Natural Resources of the People’s Republic of China, 2024.
- [12] 粟科华, 黄伊凡, 周慧羚, 等. 2023年中国天然气调峰特性及2024年市场供需展望 [J/OL]. 天然气工业, 1–9[2024-06-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1179.TE.20240415.0958.002.html>.
Su K H, Huang Y F, Zhou H L, et al. China’s natural gas peak-shaving in 2023 and market demand outlook for 2024 [J/OL]. Natural Gas Industry, 1–9[2024-06-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1179.TE.20240415.0958.002.html>.
- [13] 石碧, 陈克复, 王琪, 等. 我国轻工产业高质量发展的内涵与实现途径 [J]. 中国工程科学, 2023, 25(1): 167–177.
Shi B, Chen K F, Wang Q, et al. Connotation and implementation paths of high-quality development of light industries in China [J]. Strategic Study of CAE, 2023, 25(1): 167–177.
- [14] 郭海涛, 徐东, 王贺, 等. 中国能源政策2023年回顾与2024年调整研判 [J]. 国际石油经济, 2024, 32(2): 14–21.
Guo H T, Xu D, Wang H, et al. Review of China’s energy policy in 2023 and the study of adjustment directions in 2024 [J]. International Petroleum Economics, 2024, 32(2): 14–21.
- [15] 中国石油集团经济技术研究院. 2023年油气行业发展报告 [R]. 北京: 石油工业出版社, 2024.
CNPC Economics and Technology Research Institute. Oil and gas industry development report 2023 [R]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2024.
- [16] 中国石化集团经济技术研究院有限公司. 中国能源展望2060(2024年版) [R]. 北京: 中国石化集团经济技术研究院有限公司, 2024.
Sinopec Economics and Development Research Institute Company Limited. China energy outlook 2060 (2024 edition) [R]. Beijing: Sinopec Economics and Development Research Institute Company Limited, 2024.
- [17] 何东博, 贾成业, 位云生, 等. 世界天然气产业形势与发展趋势 [J]. 天然气工业, 2022, 42(11): 1–12.
He D B, Jia C Y, Wei Y S, et al. Current situation and development trend of world natural gas industry [J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(11): 1–12.
- [18] 温文, 黄国君, 吴超, 等. 基于保供责任协同的天然气基础设施开放体系设计与建议 [J]. 油气储运, 2024, 43(6): 614–623.
Wen W, Huang G J, Wu C, et al. Design and recommendations for natural gas infrastructure opening system based on the synergy of supply preservation responsibilities [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2024, 43(6): 614–623.
- [19] 郭焦锋. “十四五”天然气发展路径 [J]. 中国石油石化, 2019 (24): 34–37.
Guo J F. Natural gas development path in the 14th Five-Year Plan [J]. China Petrochem, 2019 (24): 34–37.
- [20] 许华明, 丛海月, 侯平舒, 等. 我国深层—超深层油气资源探矿权管理存在的问题及政策建议 [J]. 中国石油勘探, 2023, 28(6): 70–77.
Xu H M, Cong H Y, Hou P S, et al. Issues and policy suggestions in exploration rights management of deep to ultra-deep oil and gas resources in China [J]. China Petroleum Exploration, 2023, 28 (6): 70–77.
- [21] 孙慧, 杨雷, 李雷, 等. 深化中国天然气市场改革的思考与建议 [J]. 天然气工业, 2023, 43(2): 139–145.
Sun H, Yang L, Li L, et al. Deepening the reform of natural gas market in China: Discussion and suggestions [J]. Natural Gas Industry, 2023, 43(2): 139–145.
- [22] Boute A, Fang M M. China’s textbook approach to regulatory reform of the natural gas market [J]. Utilities Policy, 2022, 76: 101369.
- [23] Jia A L, He D B, Wei Y S, et al. Predictions on natural gas development trend in China for the next fifteen years [J]. Journal of Natural Gas Geoscience, 2021, 6(2): 67–78.
- [24] Wei D, Zhao Y Q, Liu H Y, et al. Where will China’s shale gas industry go? A scenario analysis of socio-technical transition [J]. Energy Strategy Reviews, 2022, 44: 100990.
- [25] 胡丽娜. 我国装备制造业转型升级面临的挑战与财政支持政策 [J]. 长白学刊, 2023 (1): 113–122.
Hu L N. Challenges faced by the transformation and upgrading of China’s equipment manufacturing industry and the fiscal support policies [J]. Changbai Journal, 2023 (1): 113–122.
- [26] 陈荣旗. 海洋油气生产装备智能制造发展现状及前景展望 [J]. 中国海上油气, 2020, 32(4): 152–157.
Chen R Q. Current development status and prospects of the intelligent manufacturing of offshore oil and gas production equipment [J]. China Offshore Oil and Gas, 2020, 32(4): 152–157.
- [27] 陈德旭. 新时代我国体育产业高质量发展内涵、困境及策略 [J]. 体育文化导刊, 2022 (9): 67–73, 96.
Chen D X. Connotation, dilemma and strategies of high-quality development of sports industry in China in the new era [J]. Sports Culture Guide, 2022 (9): 67–73, 96.
- [28] 王震, 孔盈皓, 李伟. “碳中和”背景下中国天然气产业发展综述 [J]. 天然气工业, 2021, 41(8): 194–202.
Wang Z, Kong Y H, Li W. Review on the development of China’s natural gas industry in the background of “carbon neutrality” [J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(8): 194–202.

- [29] 胡文瑞, 李海涛, 王俊仁, 等. 建设西南天然气“气大庆”战略的内涵、实施路径与保障措施 [J]. 天然气工业, 2023, 43(11): 146–151.
Hu W R, Li H T, Wang J R, et al. Connotation, implementation paths and supporting measures of the “Daqing-scale gas province in SW China” strategy [J]. *Natural Gas Industry*, 2023, 43(11): 146–151.
- [30] 周守为, 朱军龙, 单彤文, 等. 中国天然气及 LNG 产业的发展现状及展望 [J]. 中国海上油气, 2022, 34(1): 1–8.
Zhou S W, Zhu J L, Shan T W, et al. Development status and outlook of natural gas and LNG industry in China [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2022, 34(1): 1–8.
- [31] 朱喜平, 张平, 王多才, 等. 基于价值链分析的智慧储气库顶层设计 [J]. 油气储运, 2023, 42(4): 361–374.
Zhu X P, Zhang P, Wang D C, et al. Top-level design of intelligent underground gas storage based on value chain analysis [J]. *Oil & Gas Storage and Transportation*, 2023, 42(4): 361–374.
- [32] 黎园. 我国天然气化工产业发展现状及前景分析 [J]. 低碳化学与化工, 2024, 49(1): 105–112.
Li Y. Analysis of current development status and prospects of China’s natural gas chemical industry [J]. *Low-Carbon Chemistry and Chemical Engineering*, 2024, 49(1): 105–112.
- [33] 吴裕根, 韩亚琴. 我国油气矿业权市场化改革管理的思考 [J]. 资源与产业, 2023, 25(5): 86–95.
Wu Y G, Han Y Q. Thoughts on marketized management reform of China’s oil-gas mining rights [J]. *Resources & Industries*, 2023, 25(5): 86–95.
- [34] 高芸, 王蓓, 胡迤丹, 等. 2023 年中国天然气发展述评及 2024 年展望 [J]. 天然气工业, 2024, 44(2): 166–177.
Gao Y, Wang B, Hu Y D, et al. Development of China’s natural gas: Review 2023 and outlook 2024 [J]. *Natural Gas Industry*, 2024, 44(2): 166–177.
- [35] 何春蕾, 段言志, 张颀, 等. 中国天然气价格改革理论研究进展及其应用回顾与展望 [J]. 天然气工业, 2023, 43(12): 121–129.
He C L, Duan Y Z, Zhang Y, et al. Theoretical research and application of China’s natural gas pricing reform: Progress, review and prospect [J]. *Natural Gas Industry*, 2023, 43(12): 121–129.
- [36] 李扬. 美国天然气产业体系与政策新变化 [J]. 中国石化, 2019 (4): 67–72.
Li Y. New changes in American natural gas industry system and policy [J]. *Sinopec Monthly*, 2019 (4): 67–72.
- [37] 邱凌越, 殷建平. 我国天然气输配环节定价改革的研究——兼析美国、欧盟天然气输配环节定价 [J]. 价格理论与实践, 2019 (8): 52–55.
Qiu L Y, Yin J P. Suggestions on the reform of natural gas transmission and distribution in China—Analyze the pricing of natural gas transmission and distribution in the United States and the European Union [J]. *Price: Theory & Practice*, 2019 (8): 52–55.
- [38] 田磊. 新形势下我国天然气输运技术装备创新趋势 [J]. 中国能源, 2022, 44(12): 16–22.
Tian L. The innovation trend of China’s natural gas transport technology and equipment under the new situation [J]. *Energy of China*, 2022, 44(12): 16–22.
- [39] 马新华, 何东博, 位云生, 等. 天然气提高采收率理论基础、技术方法与发展方向 [J]. 天然气工业, 2023, 43(1): 1–12.
Ma X H, He D B, Wei Y S, et al. Enhanced gas recovery: Theory, technology and prospect [J]. *Natural Gas Industry*, 2023, 43(1): 1–12.
- [40] 程兵, 付强, 李清平, 等. 我国海洋油气装备发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2023, 25(3): 13–21.
Cheng B, Fu Q, Li Q P, et al. Development strategy of China’s offshore oil and gas equipment [J]. *Strategic Study of CAE*, 2023, 25(3): 13–21.
- [41] 刘阳, 冯阔, 俞峰. 新发展格局下中国产业链高质量发展面临的困境及对策 [J]. 国际贸易, 2022 (9): 20–29, 40.
Liu Y, Feng K, Yu F. Difficulties and countermeasures of China’s industrial chain developing with high-quality under the new development paradigm [J]. *Intertrade*, 2022 (9): 20–29, 40.
- [42] Maroufkhani P, Desouza K C, Perrons R K, et al. Digital transformation in the resource and energy sectors: A systematic review [J]. *Resources Policy*, 2022, 76: 102622.
- [43] 匡立春, 邹才能, 黄维和, 等. 碳达峰碳中和愿景下中国能源需求预测与转型发展趋势 [J]. 石油科技论坛, 2022, 41(1): 9–17.
Kuang L C, Zou C N, Huang W H, et al. China’s energy demand projection and energy transition trends under carbon peak and carbon neutrality situation [J]. *Petroleum Science and Technology Forum*, 2022, 41(1): 9–17.
- [44] 董焕忠, 熊波, 王道成, 等. “绿色发展西南模式”的思考与实施路径——以中国石油西南油气田公司为例 [J]. 天然气工业, 2022, 42(4): 149–155.
Dong H Z, Xiong B, Wang D C, et al. Thinking and implementation path of “green development mode in Southwest China”: A case study on PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company [J]. *Natural Gas Industry*, 2022, 42(4): 149–155.
- [45] 仲冰, 韩颜如, 张国生, 等. 新质生产力视域下我国新兴气体能源创新发展研究 [J/OL]. 中国工程科学, 1–12[2024-05-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4421.G3.20240326.2033.004.html>.
Zhong B, Han Y R, Zhang G S, et al. Innovative development of emerging gas energy in China from the perspective of new-quality productive forces [J/OL]. *Strategic Study of CAE*, 1–12[2024-05-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4421.G3.20240326.2033.004.html>.