

# 中国天然气管网平衡管理的挑战识别与路径响应

亢雨馨<sup>1</sup>, 李森圣<sup>1</sup>, 王盟浩<sup>1</sup>, 杨茜然<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国石油西南油气田公司天然气经济研究所, 四川 成都

<sup>2</sup>西南石油大学国际合作与交流处, 四川 成都

收稿日期: 2025年11月18日; 录用日期: 2025年12月20日; 发布日期: 2025年12月30日

## 摘要

本文围绕构建中国天然气管网平衡管理体系展开研究。通过系统分析欧盟统一市场模式与北美竞争性模式的经验启示, 深入剖析我国在政策环境、基础设施和市场建设方面的机遇, 以及价格机制、基础设施、责任传导和监管协同等领域面临的挑战。研究提出, 我国应立足能源转型实际, 从完善制度框架、培育市场体系、优化基础设施、健全监管协同四个维度整体性推进天然气管网平衡管理, 建立符合我国能源结构与市场特征的管网平衡管理体系, 为保障能源基础设施安全供给、市场化改革和“双碳”目标提供有力支撑。

## 关键词

天然气管网, 平衡管理, 市场化改革, 储气调峰, 管容交易

# Challenges Identification and Pathway Response in China's Natural Gas Pipeline Network Balancing Management

Yuxin Kang<sup>1</sup>, Sensheng Li<sup>1</sup>, Menghao Wang<sup>1</sup>, Qianran Yang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Natural Gas Economics Research Institute, Southwest Oil & Gas Field Company, PetroChina, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Office of International Cooperation and Exchange, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

Received: November 18, 2025; accepted: December 20, 2025; published: December 30, 2025

## Abstract

This paper focuses on constructing a natural gas pipeline network balancing management system with Chinese. Through systematic analysis of the experiences and insights from the European Union's

文章引用: 亢雨馨, 李森圣, 王盟浩, 杨茜然. 中国天然气管网平衡管理的挑战识别与路径响应[J]. 可持续发展, 2025, 15(12): 355-362. DOI: 10.12677/sd.2025.1512365

unified market model and North America's competitive model, it thoroughly examines the opportunities in China's policy environment, infrastructure, and market development, as well as the challenges in areas such as pricing mechanisms, infrastructure, responsibility transmission, and regulatory coordination. The study proposes that, based on the realities of China's energy transition, a systematic approach should be adopted across four dimensions: improving the institutional framework, fostering a market system, optimizing infrastructure, and enhancing regulatory coordination. This will establish a pipeline network balancing management system that aligns with China's energy structure and market characteristics, providing robust support for achieving energy security, market-oriented reform, and the "dual carbon" goals.

## Keywords

**Natural Gas Pipeline Network, Balancing Management, Market-Oriented Reform, Gas Storage for Peak Shaving, Pipeline Capacity Trading**

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在“双碳”目标与能源稳定供给双重战略目标导向下，天然气因其清洁低碳、运行灵活和调峰能力强等属性，正逐步成为我国能源结构转型过程中不可或缺的过渡性能源[1]。天然气资源的高效利用是建立在其产业链、供应链的动态平衡基础上的。与上游资源供给和下游消费需求之间相对静态的平衡不同，跨区域、跨季节乃至跨时段的动态平衡，主要依托天然气管网系统实现[2]。天然气管网系统通过管道干线、地下储气库、液化天然气接收站、槽车调配体系以及互联互通的支线网络等设施与机制，有效平抑供需波动、应对极端气候与突发情况，并在时空维度传导真实价格信号，从而有效调节供需关系，实现其动态均衡，由此可见，管网平衡在整个能源供给安全和能源效率提升中的重要作用和价值，进一步凸显了其科学管理的重要性。管网平衡管理不仅属于工程技术或运营调度范畴，更是一个由市场机制与监管框架共同构建的系统工程，其运行效能直接关系到天然气供给保障能力、资源配置效率以及价格机制的有效性。

天然气管网平衡管理备受学者关注。国内外学者已围绕天然气管网平衡管理形成了较为丰富的研究成果，普遍认为成熟天然气市场的平衡管理制度多建立在“管输所有权分离、第三方公平接入、标准化平衡规则与市场化交易平台”相结合的体制基础上，从而在成本分摊、责任划分和价格发现等方面实现高效运作[3]。在具体机制设计上，一类研究强调明确平衡责任主体并通过不平衡费用机制强化市场主体的自平衡约束，有助于减少系统偏差并提升运行效率[4]；另一类研究则关注“气、容、峰”多元化灵活性资源的市场化配置，强调通过现货交易、储气调峰服务与辅助服务市场的联动，增强系统的边际调节能力并提供透明的价格信号[5]。

受制于国内天然气市场发展阶段的影响，国内学者则多聚焦于我国体制改革背景下管网平衡机制的构建路径。随着2019年国家石油天然气管网集团的成立，我国在管输环节实现了所有权分离与统一运营，这一制度变革旨在通过推进设施公平开放，形成上游供应多元化与下游市场竞争化的格局[6]。以此为研究的基本前提，学者普遍认为管网平衡管理在保障管网安全、提升资源配置效率方面具有战略价值。然而，在推进市场化平衡管理过程中仍面临多方面约束，包括需求季节性波动显著、气源结构多元化导致

供给不确定性上升、区域负荷差异大、储气设施与调峰能力不足、合同结构复杂以及价格联动机制不完善等[7]。因此,如何在保证能源供给安全的前提下,提升平衡管理的市场化程度与精细化水平,仍是当前学术研究与政策制定需要深入探索的关键问题。因此,立足于我国天然气市场化发展的实际,学习借鉴发达国家在天然气平衡管理的成功经验,并与我国天然气市场化改革实际相结合,探索构建具有中国的管网平衡管理路径,促进天然气国内统一市场建设,提高天然气资源的配置效率,以保证天然气资源的供给安全、系统安全。本文拟围绕“国际经验-现实问题-路径构建”的逻辑主线展开研究。通过系统梳理欧盟等成熟市场在管网平衡管理方面的制度设计与实践经验,深入剖析我国在天然气管网平衡管理中所面临的机遇与挑战,进而提出符合我国天然气行业发展阶段的平衡管理实施路径,力求在安全、效率、公平与低碳等多重目标间寻求切实可行的制度安排。

## 2. 天然气管网平衡管理的国际经验与启示

### 2.1. 欧洲天然气管网平衡管理经验

欧盟的天然气市场化改革历程是从分散化体系走向一体化治理的典型范例。欧盟的天然气管网平衡管理机制是构建统一天然气市场的制度基础,发挥了关键作用。自1998年首个天然气条例颁布起,欧盟天然气产业链结构性改革正式启动,并于2009年后进入快速推进阶段[8]。以欧盟委员会第715/2009号条例为标志,欧盟正式确立了各成员国必须建立出入口平衡机制的强制性要求,为跨国管网平衡提供了制度保障和行动指南[9]。在此制度架构下,欧盟能源监管合作署负责制定平衡管理的总体指引,欧盟管输运营商协会则负责编制具体的《输气管网平衡规则》,进一步完善了其组织机构,为条例的实施提供了组织保障,极大地提高了其治理水平。欧盟的天然气管网平衡管理的“上层立法-机构指导-行业细化”的协同治理结构,确保了欧盟范围内平衡规则的统一性与兼容性。

欧洲模式的核心制度创新在于出入口模型的设计,允许用户在入口点与出口点分别预订管输容量,打破了传统“点对点”物理路径的约束,实现了天然气在管网内的自由流动。虚拟交易点作为体系运行的中枢,是一种不依赖物理位置的数字化平台,托运商可在此自由开展天然气所有权交易,无需绑定具体出入口容量,实现了天然气商品交易与管输服务的有效分离,显著提升了市场流动性。在责任配置方面,欧盟明确将托运商界定为平衡责任主体,并建立了相应的激励约束机制。管网运营商以较高频率监测并发布系统及托运商的平衡状态,在每个平衡周期(通常为每日)结束时,未平衡气量将被强制归零或收取相应费用,通过经济激励有效引导托运商主动实施气量平衡管理。

然而,欧盟模式在我国的直接应用面临着适配性约束。其虚拟交易点的有效运行是以“管网所有权分散、托运商竞争充分”为基本前提,而我国国家管网为单一运营主体,管网所有权集中度高,而托运商业相对较为集中,市场竞争化程度也相对较低。因此,需要设计“虚拟交易点、管网运营主体中立监管”的适配模式,例如由上海石油天然气交易中心运营虚拟交易平台,国家管网负责物理交割调度。除此之外,荷兰TTF价格形成机制需要日均交易量超10亿立方米,而我国2024年上海交易中心日均交易量仅约3亿立方米,存在规模化不够的问题,如果借鉴欧盟模式则要求我国应采取稳步推进的策略,先进行区域试点,待积累了经验后再进行推广。

### 2.2. 北美天然气管网平衡管理经验

与欧盟的统一市场模式形成鲜明对比,北美地区,特别是美国,形成了以多物理交易枢纽为核心、高度分散且充分竞争的市场格局。美国天然气市场呈现“系统集成但结构去中心化”的典型特征,其管道网络按功能划分为若干管廊带,各类气源通过竞争机制流向不同区域市场。在这一体系中,以Henry Hub为代表的实体交易点具有中枢地位。Henry Hub枢纽作为多条跨州管道的交汇节点,不仅是天然气现

货与期货交易的核心交割地，其价格也已成为全美天然气市场的基准指标。美国天然气市场多枢纽并存的结构有效促进了区域间市场竞合与套利行为，提升了整体资源配置效率。

美国平衡管理模式的核心机制体现为合同运输与容量二级市场的有机结合。一方面，合同运输构成管输服务的基础，用户须通过长期合约向管道运营商获取固定输送能力，新建管道项目须以长期输送合同为建设前提。另一方面，当合同持有者面临短期容量闲置时，既可自主在二级市场转售，也可委托运营商以可中断服务形式进行二次分配。合同运输与容量二级市场相结合机制既增强了管容配置的灵活性，也通过价格信号清晰反映了容量的市场价值。在监管架构层面，美国建立了权责明晰的多层级治理体系。联邦能源管理委员会负责州际管道经济监管，保障管道向第三方公平开放与无歧视准入；各州公共服务委员会则对州内管道实施监管，而管道安全事务统归美国运输部下属管道安全办公室管理。通过这种职能清晰、分工明确的监管框架，维护了市场公平竞争环境。

北美地区的管道容量合同以长期合约为基础，且 Henry Hub 等枢纽依托多气源竞争形成有效价格信号。相比之下，我国现有管容合约期限普遍较短，难以支撑稳定的市场预期与投资回收机制。因此，在推进合约期限逐步延长的同时，引入部分容量弹性调整机制，以平衡长期稳定与短期灵活性的双重需求。

### 2.3. 国际天然气管网平衡管理启示

通过对欧盟与美国管网平衡管理模式的比较分析(核心特征对比见表 1)，可见成熟的平衡管理体系并非单一政策产物，而是法律框架、市场机制、基础设施与监管体系协同作用的结果，对我国构建现代化天然气市场体系具有重要启示，具体体现在以下三个方面：第一，构建多层次、协同的规则与监管体系，明确国家层面与省级监管机构在平衡管理中的职责，避免因地区规则差异造成市场分割，形成监管合力；第二，培育市场机制与价格信号，积极探索建立类似虚拟交易点的机制，使气权交易独立于复杂的管输路径，在完善长期合同的基础上，逐步探索和发展管容二级交易市场，允许并鼓励持有者释放闲置容量，通过市场手段优化资源配置；第三，夯实基础设施与数据透明度，继续推进管网互联互通建设。

**Table 1.** Comparison of core features of natural gas pipeline balance management in the EU and the US  
**表 1.** 欧盟与美国天然气管网平衡管理核心特征对比

比较维度	欧盟模式	美国模式	本土化难度	借鉴优先级
核心理念	基于虚拟交易点的统一市场模式	基于物理枢纽的竞争性市场模式	高	中
责任主体	托运商为平衡责任主体，承担不平衡费用	市场参与者通过枢纽进行自主平衡	中	高
关键机制	出入口机制 + 虚拟交易点	合同运输 + 二级市场容量交易	高	中
监管架构	欧盟层面与各国监管机构协同	联邦能源管理委员会与州监管机构分工	中	高

## 3. 天然气管网平衡管理的机遇与挑战

### 3.1. 天然气管网平衡管理的发展机遇

当前，我国天然气管网平衡管理正处于重要的战略机遇期。政策层面，国家持续深化天然气市场化改革，《“十四五”现代能源体系规划》等纲领性文件明确要求完善能源价格形成机制，在充分发挥市场机制作用的基础上，发挥好政府的监督管理作用，提高资源的配置效率。2024 年国家发改委发布《天然气管网平衡管理暂行办法(征求意见稿)》，标志着我国管网平衡管理制度建设进入实质性推进阶段。2025 年 8 月，出台《关于完善省内天然气管道运输价格机制促进行业高质量发展的指导意见》，通过统一定价模式和定价权限上收，着力破解“一线一价”等长期存在的结构性矛盾，为构建全国统一的管网

平衡管理体系提供了制度保障。

在基础设施层面，覆盖全国的天然气管网已经基本形成。截至 2024 年，中国油气长输管道总里程已达 19.5 万公里，跨区域干线管网互联互通水平显著提升[10]。重点区域管网布局持续优化，长三角、粤港澳大湾区等地区已建成较为完善的区域管网体系。同时，储气调峰设施建设取得积极进展，地下储气库工作气量达 270 亿立方米，LNG 接收站接卸能力提升至 1.4 亿吨/年，为实施精细化平衡管理奠定了坚实基础[11]。

市场化建设方面，自国家管网集团成立以来，“X+1+X”市场体系初步建立。上游供应主体多元化格局基本形成，下游市场竞争活力持续释放。上海、重庆石油天然气交易中心的交易规模稳步增长，交易产品体系日益完善，为平衡管理提供了必要的市场平台和制度载体。这些政策、基础设施和市场环境的协同改善，共同构成了推进管网平衡管理的有利条件。

### 3.2. 天然气管网平衡管理面临的挑战

尽管面临重要发展机遇，我国天然气管网平衡管理仍受制于诸多深层次结构性矛盾。市场机制层面，上游气源价格和下游终端价格联动尚不顺畅，天然气定价体系仍然受到一定程度的行政干预，价格双轨制问题依然突出。具体表现为管制气与市场化气并存，导致价格信号失真，天然气价格未能充分反映市场供需变化，部分地区的价格差异较大，且价格信号的传递滞后，难以有效调动市场主体的供需调整积极性。

基础设施领域存在显著的结构性失衡。一方面，管网资源配置不均衡现象明显，东部和南部的消费市场面临着管网拥堵和供气紧张的局面，而西部和北部的部分地区则面临着管网利用率低和供气能力过剩的问题，整体资源配置效率有待提升[12]。另一方面，储气调峰能力建设滞后，目前我国储气库工作气量仅占消费量的 5%，远低于国际 12%~15% 的水平，制约了系统应对供需波动的能力[13]。

制度设计层面，监管体系尚待完善。平衡管理相关方的责任边界不够清晰，管网运营信息透明度不足，在平衡保障供应安全与推进市场化运作、促进公平开放与加强系统安全等关键问题上，尚未形成系统化的制度安排。

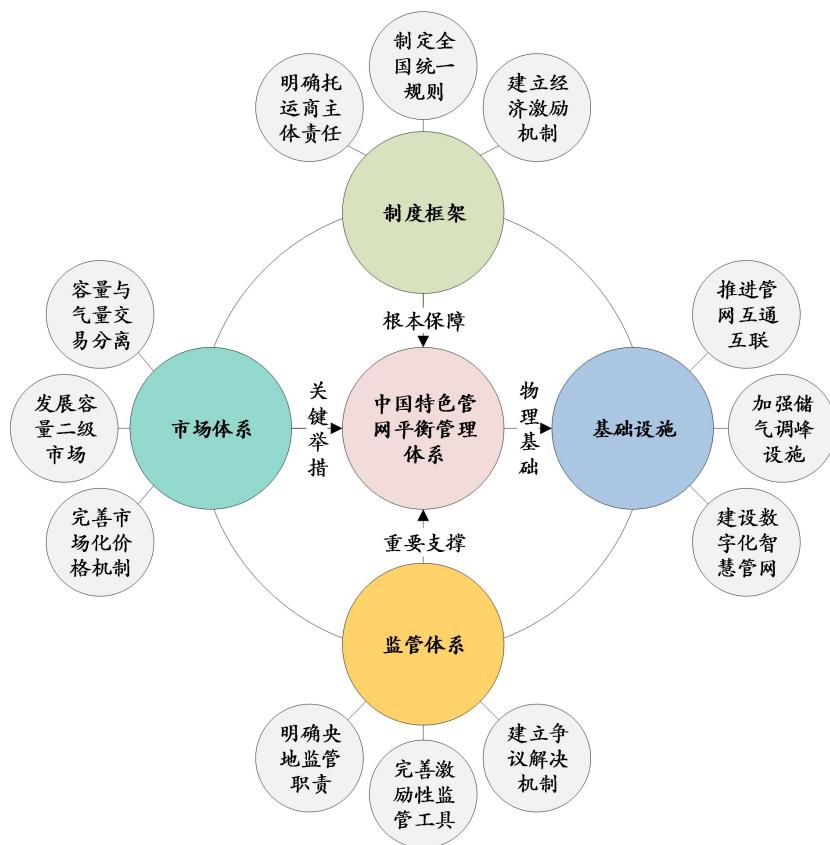
供需结构层面，季节性矛盾日益尖锐。尽管我国天然气储气能力在近几年有所提升，但与市场需求相比，储气设施的建设仍显滞后。尤其是在冬季需求高峰期，气源供应紧张，天然气调峰能力显得尤为不足，导致市场无法有效应对突发需求变化和供应中断风险，直接影响了管网平衡管理的有效性。

### 3.3. 天然气管网平衡管理的制度性障碍

深入剖析当前困境，我国管网平衡管理面临三个关键制度性障碍。一是责任传导机制的系统性缺失。由于缺乏清晰的平衡责任界定和有效的经济激励机制，市场主体参与管理的积极性严重不足。现行管理办法虽初步明确了托运商的责任，但在具体实施中，由于缺乏细化的考核指标和奖惩机制，导致责任难以真正落实[14]。二是监管协调的机制性障碍。中央与地方在监管事权划分上不够清晰，政府部门与市场监管机构之间的协同机制不够顺畅，不同能源品种之间的监管政策缺乏统筹，直接影响政策实施效果，也制约了平衡管理体系的整体效能。三是市场体系的结构性缺陷。目前，管容与商品交易尚未有效分离，二级市场发育严重不足，具体表现为：管容交易市场化程度低，缺乏灵活的二级交易机制；商品交易规模有限，难以形成具有指导意义的价格信号；平衡气量交易与商品气量交易缺乏有效衔接[15]。

## 4. 中国天然气管网平衡管理体系的实现路径

基于国际经验比较与国内现实困境分析，我国天然气管网平衡管理体系的构建，需从制度设计、市场培育、基础设施和监管协同四个维度系统推进，形成有机衔接、相互支撑的制度体系，如图 1 所示。



**Figure 1.** China's natural gas pipeline network balance management system  
**图 1.** 中国天然气管网平衡管理体系

#### 4.1. 完善制度框架，明确责任边界

构建科学合理的制度框架是推进管网平衡管理的根本保障。一方面，应建立清晰的平衡责任制度。借鉴欧盟经验，通过立法明确托运商作为平衡责任主体的法律地位，建立以“谁产生、谁负责”为核心的责任传导机制。具体而言，需制定《天然气管网平衡管理实施细则》，明确平衡气量的计量标准、考核周期和结算方式，建立与不平衡气量挂钩的经济激励机制，通过价格信号引导市场主体自主平衡。另一方面，构建统一规范的规则体系。建议参照欧盟统一网络编码的模式，制定全国统一的管网平衡规则，涵盖容量分配、平衡气量交易、信息透明等核心环节。同时，充分考虑我国区域发展不平衡的现实，允许省级管网在统一规则框架下制定实施细则，形成“全国统一、区域补充”的规则体系。

#### 4.2. 培育市场体系，完善价格机制

培育多层次市场体系是激发平衡管理内生动力的关键举措。在市场体系建设方面，重点推进以下工作：一是推动管容与气量交易分离，借鉴欧洲虚拟交易点模式，建立独立于物理管网的气量交易平台，实现所有权转移与实物交割的有效分离；二是发展容量二级市场，参考美国经验，在完善长期容量合同的基础上，建立容量二级交易平台，允许市场主体通过拍卖、竞价等方式转让剩余容量，显著提升管网利用效率；三是完善价格形成机制，加快推进天然气价格市场化改革，取消非居民用气门站价格管制，建立气源与销售价格联动机制，在平衡气量定价方面，引入市场化的不平衡定价机制，根据系统不平衡程度实行阶梯式定价，真实反映平衡成本。

### 4.3. 优化基础设施，提升系统弹性

提升基础设施保障能力是确保管网平衡运行的物理基础。基础设施建设应着力弥补关键短板：一是推进管网互联互通。重点解决区域管网“最后一公里”连接问题，在长三角、粤港澳等重点区域建设区域管网调度中心，实现区域内平衡资源的优化配置，同时，加快跨省干线管道建设，增强区域间资源配置能力；二是加强储气调峰设施建设，通过财税优惠、价格机制等政策支持，鼓励各类资本参与储气设施建设。建立储气服务市场，完善储气设施公平开放机制，形成市场化调峰服务体系；三是推进数字化管网建设，应用大数据、物联网等技术，建设智慧管网平台，实现管网运行状态的实时监测和智能预测，建立全国统一的管网信息平台，定期发布管网剩余能力、流动方向等关键信息，切实提高市场透明度[16]。

### 4.4. 健全监管体系，强化协同治理

建立健全现代监管体系是实现平衡治理现代化的重要支撑。在监管体系建设方面：一是明确监管职责划分，建立中央与地方监管协调机制，确保政策执行的统一性；二是完善监管工具，除了传统的合规性监管外，应更多运用激励性监管手段，如建立平衡管理绩效考核体系，将考核结果与管网准许收益挂钩，同时引入第三方审计和专家评估机制，提高监管的专业性；三是建立争议解决机制，设立专门的仲裁机构，快速处理平衡管理过程中产生的争议，建立违规行为举报奖励制度，发挥社会监督作用，有效维护市场秩序。

通过以上四个方面的系统推进，我国将逐步建立起政府引导、市场主导、企业负责、社会参与的管网平衡管理体系，为实现天然气产业高质量发展提供制度保障。这一过程需要政府、企业和社会各方的共同努力，在保障能源稳定供给的前提下，稳步推进市场化改革，最终形成具有中国的管网平衡管理模式。

本文通过系统分析国际成熟市场经验并立足我国实际，论证了构建中国天然气管网平衡管理体系对保障能源稳定供给、深化市场化改革及支撑“双碳”目标实现的重要意义。当前，我国正处于能源转型关键阶段，天然气管网平衡管理作为衔接上下游的核心环节，亟需在借鉴欧盟统一市场模式与北美竞争性模式的基础上，结合我国特殊的能源结构与市场环境，构建以“制度框架-市场体系-基础设施-监管协同”为四大支柱的平衡管理体系，以实现管网运行的安全、高效与公平，推动天然气产业高质量发展。未来研究需深入探究阶梯式定价收入分配机制，并系统量化区域管网差异对平衡管理的影响，以增强政策实施的精准性与公平性。

## 参考文献

- [1] Safari, A., Das, N., Langhelle, O., Roy, J. and Assadi, M. (2019) Natural Gas: A Transition Fuel for Sustainable Energy System Transformation? *Energy Science & Engineering*, 7, 1075-1094. <https://doi.org/10.1002/ese3.380>
- [2] 张墨翰, 周淑慧, 郭海涛, 等. 欧盟输气管网平衡规则与实践[J]. 国际石油经济, 2018, 26(6): 48-58.
- [3] Keyaerts, N., Hallack, M., Glachant, J. and D'haeseleer, W. (2011) Gas Market Distorting Effects of Imbalanced Gas Balancing Rules: Inefficient Regulation of Pipeline Flexibility. *Energy Policy*, 39, 865-876. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.006>
- [4] Creti, A. and Pontoni, F. (2016) Natural Gas Balancing, Storage, and Flexibility in Europe: Assessing the Recent Literature. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 3, 18-22. <https://doi.org/10.1007/s40518-016-0046-0>
- [5] 高孟林, 黄丹, 杨启明. 油气管网设施公平开放的内涵、现状、问题及路径探析[J]. 天然气工业, 2022, 42(10): 123-130.
- [6] 侯梅芳, 李力民, 杨义轩, 等. 中国能源安全新战略实践成效与能源革命对策[J]. 天然气工业, 2025, 45(8): 150-161.
- [7] 郭琎. 关于完善我国天然气管网公平开放和价格监管的建议[J]. 中国经贸导刊, 2021(15): 55-57.

- 
- [8] 范静静, 田磊, 王建良, 等. 天然气管容分配机制: 欧美经验与中国探索[J]. 天然气工业, 2023, 43(7): 117-125.
  - [9] 闫宝东, 杨毅, 虞维超. 欧盟天然气保供策略对中国天然气供应安全的启示[J]. 油气储运, 2023, 42(9): 1073-1080.
  - [10] 段言志, 郭焦峰, 邬宗婧, 等. 天然气管输体制改革成效与展望[J]. 油气储运, 2024, 43(10): 1089-1098.
  - [11] 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]. 天然气工业, 2024, 44(6): 133-141.
  - [12] 朱金宏, 冯连勇. 中国天然气管网气量平衡机制: 英国经验及启示[J]. 天然气工业, 2025, 45(1): 187-194.
  - [13] 李春, 闵忠顺, 何海燕, 等. 国内地下储气库库址变化新趋势与发展建议[J]. 石油钻探技术, 2024, 52(3): 153-158.
  - [14] 罗志伟, 左刚, 李博. 输销分离下的天然气托运商调度运行模式[J]. 天然气工业, 2022, 42(3): 120-128.
  - [15] 何春蕾, 段言志, 张颤, 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.
  - [16] 孙青峰, 常维纯, 刘亮, 等. “全国一张网”油气储运设施应急预案体系建设[J]. 油气储运, 2024, 43(2): 134-143.