

ISSN 1000-0976
CN 51-1179/TE



天然气工业[®]

NATURAL GAS INDUSTRY

—— 中国石油—西南石油大学创新联合体专辑 ——

2023.04
Vol. 43 No. 4

主办:

四川石油管理局有限公司
中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司
中国石油集团川庆钻探工程有限公司

ISSN 1000-0976



天然气工业(月刊)第四十三卷 第四期 二〇二三年四月出版

Natural Gas Industry (Monthly) Vol.43 No.4 2023

2023年第43卷第4期

(月刊·1981年创刊 总第354期)

主 管 中国石油天然气集团有限公司
主 办 四川石油管理局有限公司
中国石油天然气股份有限公司西南
油气田分公司
中国石油集团川庆钻探工程有限
公司
编辑出版 《天然气工业》编辑部 (610051)
四川省成都市成华区府青路一段3号
主 编 杨 雨
执行主编 杨跃明 胡 勇 居维清
社 长 王良锦
副 社 长 陈水银 谷翠琳 孔 波
总 编 黄 东
投稿网址 www.cngascn.com
发行范围 公开发行
国内发行 四川省报刊发行局
(邮发代号 62—14)
国外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(发行代号 M 944)
排版印刷 成都市新都华兴印务有限公司
出版日期 2023年4月25日

中国标准连续出版物号 ISSN 1000-0976
CN 51-1179/TE
广告经营许可证号 5101034000085
国内定价 100.00 元 / 本
国外定价 25.00 美元 / 本

责任编辑 谭蓉蓉 蒋静萍
装帧设计 关 洁

● Ei 收录期刊
● 中国科技期刊卓越行动计划梯队期刊
● 中国地学领域高质量科技期刊 T1 期刊
● 中国百强报刊
● 中国精品科技期刊
● RCCSE 中国权威学术期刊
● CSCD 核心期刊
● 全国中文核心期刊
● 中国科技核心期刊



中国石油学会天然气
专业委员会会刊
四川省石油学会会刊

版权所有，未经许可，不得转载

目 次

本期视点

- 四川盆地南部龙马溪组页岩气藏井壁强化钻井液技术
罗平亚, 李文哲, 代锋, 李道雄, 钟成旭, 白杨 1
- 鄂尔多斯盆地海陆过渡相页岩气勘探理论与技术研究新进展
焦方正, 温声明, 刘向君, 熊先钺, 李树新, 谷一凡, 李勇,
吴勇, 吴丰, 张喜 11
- 影响四川盆地页岩气开发的非技术因素: 定义与机理
张烈辉, 胡文瑞, 李小刚, 雍锐, 陈加旭, 陈更生, 徐强, 吴建发,
陈怡男, 吴易一, 刘鸿渊, 陈学忠, 鲁友常, 赵玉龙 24

地质勘探

- 四川盆地地下侏罗统大安寨段页岩油气地质特征及勘探有利区优选
杨跃明, 文龙, 王兴志, 洪海涛, 祝海华, 熊钰, 李明秋,
路俊刚, 曾德铭, 杨巍 32
- 基于邻点融合方法的碳酸盐岩孔隙结构统计模型及其声学响应特性
刘向君, 段茜, 梁利喜, 熊健, 石新, 曹雯, 张永浩 43
- 四川盆地台缘一台内过渡带薄储层地震响应模式及识别新技术
黄旭日, 张冠宇, 徐云贵, 陈康, 彭达 51
- 鄂尔多斯盆地海陆过渡相页岩岩性组合特征及页岩气勘探潜力
蒋裕强, 温声明, 蔡光银, 李树新, 熊先钺, 李星涛, 董大忠,
邱振, 谷一凡, 王占磊, 付永红, 路俊刚 62
- 四川盆地东北部地区陡山沱组黑色页岩古海洋环境与有机质富集
机制
王剑, 肖洒, 杜秋定, 周刚, 王铜山, 李秋芬, 付修根,
韦恒叶, 和源, 沈利军 76
- 昭通国家级页岩气示范区五峰组—龙马溪组页岩气富集地质主控
因素
张廷山, 陈雷, 梁兴, 张介辉, 任官宝, 计玉冰, 秦何星, 张涵冰 93

开发工程

- 超临界二氧化碳压裂液降阻剂体系优选
李小刚, 李佳霖, 朱静怡, 贺广庆, 刘臣, 杨兆中, 谢诗意 103
- 基于嵌入式离散裂缝模型优化的海陆过渡相页岩气压裂水平井数值
模拟
赵玉龙, 黄鑫, 张烈辉, 李树新, 李星涛, 徐华卿 116
- 基于智能优化算法的复杂气藏水侵单元数值模拟新模型
谭晓华, 韩晓冰, 任利明, 彭先, 李隆新, 梅青燕, 刘曦翔,
赵梓涵, 张楷, 赵翔, 李晓平 127

● 钻井工程

PDC 单齿切削破碎非均质花岗岩性能的评价新方法
祝效华, 王燕飞, 刘伟吉, 谭宾, 罗云旭, 李枝林 137

四川盆地超深高含硫气田井下管柱完整性设计理念与方法
张智, 蔡楠, 赵苑瑾, 葛枫 148

动载作用下页岩动态破碎力学特性及能耗规律
董广建, 白璟, 曹权, 李兆丰, 付建红, 彭焱, 陈平 157

● 安全环保

四川盆地南部地区页岩气开发及其减污降碳再认识
刘文士, 张烈辉, 朱进, 龚建华, 陈学忠, 段明, 赵玉龙, 梁仁刚,
李小刚, 吴易一, 唐慧莹, 贾宇, 乔川, 李烨楠, 张日奎, 林慧丽 165

● 经济管理

中国页岩气效益开发: 理论逻辑、实践逻辑与展望
刘鸿渊, 蒲萧亦, 张烈辉, 李好, 杨柳, 张玉果, 杨茜然 177

● 行业指数

2023 年第一季度中国天然气行业景气指数分析
西南石油大学中国能源指数研究中心 184

● 金点子

基于三维地震多信息融合的多级断裂精细预测技术 50

一种基于测井资料的海相页岩有机质石墨化识别方法 92

一种新型高压点火棒 102

“高精度、多维度、跨尺度”页岩数字岩心技术 136

基于测录井信息的页岩气“铂金靶体”快速识别技术 176

封面说明: 中国石油西南油气田公司生产作业现场
摄影: 夏庆华



本刊微信公众号

第九届编委会名单

主任: 张道伟 李爱民	
执行主任: 杨 雨 谭 宾	
顾问 (以姓氏汉语拼音排序):	
高德利 郭旭升 郝 芳 胡文瑞 黄维和 贾承造	
焦方正 金之钧 李根生 李鹭光 李士伦 廖仕孟	
刘宝珺 刘 合 刘清友 刘树根 罗平亚 马新华	
冉隆辉 苏义脑 孙福街 谢玉洪 赵金洲 赵文智	
周守为 邹才能	
委员 (以姓氏汉语拼音排序):	
蔡国勇 曹 剑 常宏岗 陈朝伟 陈更生 陈水银	
程 华 崔海峰 党录瑞 邓 宾 丁国生 董大忠	
段永锋 樊栓狮 范翔宇 范 宇 冯永存 付子航	
甘振维 巩 磊 巩 亮 顾 军 郭建春 郭彤楼	
何海清 何江川 何润民 何太碧 何 骁 侯明才	
胡 勇 胡东风 霍 进 贾长贵 江同文 蒋廷学	
蒋裕强 琚宜文 李广月 李洪玺 李 静 李 伟	
李熙喆 李香华 李兴春 李亚林 李兆敏 李志军	
梁 兴 刘恩斌 刘光全 刘毅军 陆朝晖 陆家亮	
路 浩 罗金恒 罗 强 罗仁泽 马天寿 聂海宽	
潘结南 庞 伟 戚志林 钱治家 秦 勇 秦永和	
任战利 苏现波 孙贺东 谭静强 童传新 汪海阁	
王成文 王建良 王念喜 王宴滨 王 震 魏国齐	
魏 纳 魏新善 吴能友 谢继容 谢 军 谢水祥	
熊建嘉 闫建平 杨洪志 杨 华 杨 晓 杨跃明	
杨 智 姚义清 尹中山 游利军 曾大乾 曾联波	
张本健 张丰收 张金川 张烈辉 赵晓明 郑力会	
钟广法 朱海燕 朱庆忠 祝效华	
Khlebnikov V.N. (俄罗斯) Kamy Sepehmoori (美国)	
Michael A. Abrams (英国) Susan Smith Nash (美国)	

第一届青年编委名单

蔡 灿 蔡益栋 陈 雷 陈 雷 陈鹏飞 陈尚斌	
陈 杨 陈志明 代由进 单长安 董 田 杜书恒	
封从军 付安庆 龚德瑜 管全中 郭晶晶 郭 岭	
郭天魁 郭迎春 韩传军 韩 辉 韩双彪 何玉发	
胡金燕 黄 东 黄 河 黄 雷 黄文君 贾 虎	
姜 仁 赖 锦 雷 刚 李 骞 李金金 李金磊	
李敬法 李森圣 李松岩 李武广 李小刚 李彦龙	
李 勇 廖志伟 刘翠伟 刘达东 刘 阳 卢 聪	
卢泓方 鲁人齐 罗万静 马志欣 毛良杰 糜利栋	
倪 军 潘 杰 潘松圻 庞惠文 裴仰文 彭 瑀	
邱 振 沈 骋 沈伟军 盛 茂 石军太 石 宇	
时 贤 宋 毅 苏关东 苏 明 苏丕波 粟科华	
孙梦迪 孙明楠 谭晓华 唐 旭 田 磊 汪 杰	
王博弘 王代刚 王高成 王 敬 王军磊 王 磊	
王 亮 王 森 王文东 王志远 王子振 位云生	
尉建功 魏 兵 魏 琳 魏明强 魏文栋 魏祥峰	
吴霁薇 吴克柳 熊 健 许成元 许玉强 许争鸣	
薛 明 闫 静 严 敏 杨 峰 杨仁锋 杨 威	
杨永飞 殷振元 游 赞 曾德智 张 超 张菲菲	
张 杰 张 涛 张逸群 张永强 赵佳飞 赵 欣	
赵 星 赵玉龙 郑 爽 钟显康 周池楼 周军平	
周俊杰 周 理 周尚文 朱建雄	

NATURAL GAS INDUSTRY

(Monthly, Started in 1981)

April 2023, Vol.43, No.4
(TOTAL No.354)

Supervisor: China National Petroleum Corporation

Sponsor: Sichuan Petroleum Administration Co., Ltd.

PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company

CNPC Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd.

Publisher: Natural Gas Industry Journal Agency

Editor-in-Chief: YANG Yu

Deputy Editor-in-Chief: YANG Yueming, HU Yong &

JU Weiqing

General Director: WANG Liangjin

Deputy Director: CHEN Shuiyin

GU Cuilin

KONG Bo

Executive Editor: HUANG Dong

Add: No. 3, Sec. 1, Fuqing Rd., Chengdu,

Sichuan Province 610051, P. R. China

Tel: +86(28)86013013

Website: www.cngascn.com

E-mail: trqgy@trqgy.cn

Publishing Date: April 25, 2023

Annual Subscription Rates:

China CNY ¥ 1200

Overseas USD \$ 300

Overseas Distributor:

China International Book Trading Corporation

P. O. Box 399, Beijing 100044

P. R. China

Code No.: M 944

CONTENTS

SPOTLIGHTS

Strengthening drilling fluid technology for shale gas reservoirs in the

Longmaxi Formation, southern Sichuan Basin by LUO Pingya, LI Wenzhe,

DAI Feng, LI Daoxiong, ZHONG Chengxu, BAI Yang

1

Research progress in exploration theory and technology of transitional

shale gas in the Ordos Basin by JIAO Fangzheng, WEN Shengming, LIU

Xiangjun, XIONG Xianyu, LI Shuxin, GU Yifan, LI Yong, WU Yong, WU Feng, ZHANG Xi

11

Non-technical factors influencing shale gas development in the

Sichuan Basin: Definition and mechanism by ZHANG Liehui, HU Wenrui, LI

Xiaogang, YONG Rui, CHEN Jiaxu, CHEN Gengsheng, XU Qiang, WU Jianfa, CHEN Yinan,

WU Yiyi, LIU Hongyuan, CHEN Xuezhong, LU Youchang, ZHAO Yulong

24

GEOLOGY AND EXPLORATION

Geological characteristics and favorable exploration area selection

of shale oil and gas of the Lower Jurassic Da'anzhai Member in the

Sichuan Basin by YANG Yueming, WEN Long, WANG Xingzhi, HONG Haitao, ZHU

Haihua, XIONG Yu, LI Mingqiu, LU Jungang, ZENG Deming, YANG Wei

32

A statistical model of pore structure and acoustic response characteristics

of carbonate rocks based on the adjacent interfusion method by LIU

Xiangjun, DUAN Xi, LIANG Lixi, XIONG Jian, SHI Xin, CAO Wen, ZHANG Yonghao

43

Seismic response model and identification technology of thin

reservoirs in the marginal and intra-platform transitional area of the

Sichuan Basin by HUANG Xuri, ZHANG Guanyu, XU Yungui, CHEN Kang, PENG Da

51

Lithologic assemblage characteristics and shale gas exploration

potential of transitional shale in the Ordos Basin by JIANG Yuqiang, WEN

Shengming, CAI Guangyin, LI Shuxin, XIONG Xianyu, LI Xingtao, DONG Dazhong, QIU

Zhen, GU Yifan, WANG Zhanlei, FU Yonghong, LU Jungang

62

Paleomarine environment and organic matter enrichment mechanism

of Doushantuo black shale in the northeastern Sichuan Basin

by WANG Jian, XIAO Sa, DU Qiuding, ZHOU Gang, WANG Tongshan, LI Qiufen, FU Xiugen,

WEI Hengye, HE Yuan, SHEN Lijun

76

Geological control factors of shale gas enrichment in the Wufeng-

Longmaxi Formation of the Zhaotong National Shale Gas Demonstration

Area by ZHANG Tingshan, CHEN Lei, LIANG Xing, ZHANG Jiehui, REN Guanbao, JI

Yubing, QIN Hexing, ZHANG Hanbing

93

Adhering to the principle of "Sichuan-Chongqing Roots, Chinese Researches, Global Insights", *Natural Gas Industry (NGI)* keeps striving to demonstrate the development and progress of China's natural gas industry, promote its scientific and technological development, and encourage the application of research findings. *NGI* timely reports basic research and applied technology research in upstream, middle and downstream industries of natural gas in China. With its focus on large and medium gas fields, production and research, and advanced theories, *NGI* serves for research in the science and technology of the whole industry. Columns include Spotlights, Geology and Exploration, Development and Production, Drilling Engineering, Storage, Transportation and Gas Processing, HSE, Economic Management, and New Energy Sources. *NGI* aims to build a prestigious scientific and technological journal in this industry.

To obtain the information on "[the Authors and Abstracts](#)", please visit the English version on our website:

http://www.cngascn.com:81/ngi_wk/EN/volumn/current.shtml

G DEVELOPMENT AND PRODUCTION

- Optimization of friction reducer systems for SC-CO₂ fracturing fluids** by LI Xiaogang, LI Jialin, ZHU Jingyi, HE Guangqing, LIU Chen, YANG Zhaozhong, XIE Shiyi 103
- Numerical simulation of fractured horizontal wells in transitional shale gas reservoirs based on embedded discrete fracture model optimization** by ZHAO Yulong, HUANG Xin, ZHANG Liehui, LI Shuxin, LI Xingtao, XU Huaqing 116
- A new numerical simulation model of water invasion unit in complex gas reservoirs based on intelligent optimization algorithm** by TAN Xiaohua, HAN Xiaobing, REN Liming, PENG Xian, LI Longxin, MEI Qingyan, LIU Xixiang, ZHAO Zihan, ZHANG Kai, ZHAO Xiang, LI Xiaoping 127

G DRILLING ENGINEERING

- A new method for evaluating the rock cutting and breaking performance of PDC cutters in heterogeneous granites** by ZHU Xiaohua, WANG Yanfei, LIU Weiji, TAN Bin, LUO Yunxu, LI Zhilin 137
- Downhole string integrity design for ultra-deep high-sulfur gas fields in the Sichuan Basin: Concept and methodology** by ZHANG Zhi, CAI Nan, ZHAO Yuanjin, GE Feng 148
- Mechanical characteristics and energy consumption of shale dynamic crushing under dynamic loading** by DONG Guangjian, BAI Jing, CAO Quan, LI Zhaoqiang, FU Jianhong, PENG Chi, CHEN Ping 157

G HSE TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

- Recognition on shale gas development and its pollution and carbon reduction in the southern Sichuan Basin** by LIU Wenshi, ZHANG Liehui, ZHU Jin, GONG Jianhua, CHEN Xuezhong, DUAN Ming, ZHAO Yulong, LIANG Rengang, LI Xiaogang, WU Yiyi, TANG Huiying, JIA Yu, QIAO Chuan, LI Yenan, ZHANG Rikui, LIN Huili 165

G ECONOMIC MANAGEMENT

- Beneficial development of shale gas in China: Theoretical logic, practical logic and prospect** by LIU Hongyuan, PU Xiaoyi, ZHANG Liehui, LI Hao, YANG Liu, ZHANG Yuguo, YANG Xiran 177