

ISSN 1000-0976  
CN 51-1179/TE

# 天然气工业<sup>®</sup>



NATURAL GAS INDUSTRY

2022.12

Vol.42 No.12

卷终 (附总目录)

科学稳妥实现“双碳”目标，积极推进能源强国建设

四川盆地中部中三叠统雷三<sup>2</sup>亚段非常规储层特征及勘探潜力

高含硫气藏开发关键技术新进展、挑战及攻关方向



ISSN 1000-0976



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

9 771000 0976 12

## 2022年第42卷第12期

(月刊·1981年创刊 总第350期)

卷终(附总目录)

**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** 2022年12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** 蒋静萍 陈敏  
**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
- 中国地质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

万方数据

## ■ 本期视点

科学稳妥实现“双碳”目标, 积极推进能源强国建设

周守为, 朱军龙, 李清平, 付强, 程兵, 刘一斌(1)

四川盆地中部中三叠统雷三<sup>2</sup>亚段非常规储层特征及勘探潜力

杨雨, 谢继容, 张建勇, 文龙, 赵路子, 张豪, 田瀚, 汪泽成, 付小东,  
李文正, 孙豪飞, 谢增业, 郝毅, 辛勇光(12)

高含硫气藏开发关键技术新进展、挑战及攻关方向

胡勇, 惠栋, 彭先, 熊钢, 杨建, 李隆新, 李滔(23)

## ■ 地质勘探

四川盆地蓬莱地区震旦系灯影组气藏压力演化与成藏过程

范俊佳, 姜华, 鲁雪松, 刘强, 柳少波, 马行陟, 黄士鹏,  
曾富英, 田华, 谢武仁(32)

潮坪相白云岩储层核磁共振扩散耦合效应

——以四川盆地龙门山山前带中三叠统雷四上亚段为例

王迪, 程洪亮, 丁蔚楠, 李定军, 刘昊年(44)

## ■ 开发工程

四川盆地深层超深层碳酸盐岩水平井分段酸压关键技术

陈力力, 刘飞, 杨建, 何小平, 陈伟华, 付艳, 王茜, 蒙颖, 苟波(56)

基于多轮次注采渗流实验分析的挥发性油藏储气库建库可行性评价

刘伟, 王群一, 孙彦春, 高广亮, 何海燕, 贾倩,  
向祖平, 雷函林, 刘哲知(65)

## ■ 钻井工程

基于技术与管理有机融合的系统优化钻井方法

——以长宁国家级页岩气示范区为例

曾光, 文乾彬, 肖新宇, 代锋, 李文哲, 李倩(72)

四川盆地深井超深井钻井关键技术与展望

邓虎, 贾利春(82)

一种基于 2D-CNN 深度学习的钻井事故等级预测新方法

赵春兰, 屈瑶, 王兵, 范翔宇, 赵鹏斐, 李屹, 何婷(95)

一种耐高温密度可调的柔性胶粒新型完井液

贾虎, 代昌楼, 李三喜, 牛骋程, 葛俊瑞(106)

## 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 Sephmoori (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	游贇	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		

## 集输与加工

超大型 LNG 薄膜型陆地储罐内罐划线关键因素分析与方案优化

孙剑, 鲍星龙 (117)

基于隔震后的 LNG 储罐桩顶约束系数计算新方法

陈团海, 彭延建, 肖立, 扬帆, 刘洋, 陈严飞 (125)

## 经济管理

天然气跨境投资动态混合决策模型

金峰, 周娟, 向文武, 张婷玉, 李怀印 (133)

“十三五”以来四川盆地天然气产业发展成效及前景展望

吴裕根, 门相勇, 娄钰, 王陆新 (145)

## 新能源

基于径向井压裂复合降压法的天然气水合物开采产能数值模拟

惠程玉, 张逸群, 张潘潘, 武晓亚, 李根生, 黄浩宸 (152)

增强型地热系统储层堵塞机理及解堵技术进展

冯波, 柯尊嵩, 刘彦广, 上官拴通, 李翔, 崔振鹏 (165)

## 金点子

一种致密气储层随钻录井解释评价新方法 (81) 天然气管道清管球 (器) 牵引工具 (94) 智能气田泡排加注系统 (132) 完全原生参数法提高柴达木盆地 G 区块堵漏成功率 (144)

## 《天然气工业》2022 年总目录

(I~VII)

## 广告目次

中国石油大庆油田有限责任公司采油工程研究院 (22-12-01) 四川科力特油气技术服务有限公司 (22-12-02)

封面说明：中国石油西南油气田公司川东北作业分公司宣汉高含硫天然气净化厂

摄影：王智超



本刊微信公众号



**NATURAL GAS INDUSTRY**

(Monthly, Started in 1981)

**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:** December 25, 2022

**Annual Subscription Rates:**

China RMB ¥ 1200

Overseas US \$ 300

**Overseas Distributor:**

China International Book Trading Corporation

P. O. Box 399, Beijing 100044

P. R. China

**Code No.:** M 944

# CONTENTS

December 2022, Vol. 42, No.12 (TOTAL No. 350)

## ■ SPOTLIGHTS

- 1 **Scientifically and prudently achieving the goals of peak carbon emissions and carbon neutrality, actively promoting the construction of an energy power** by ZHOU Shouwei, ZHU Junlong, LI Qingping, FU Qiang, CHENG Bing, LIU Yibin
- 12 **Characteristics and exploration potential of unconventional Middle Triassic Lei<sub>3</sub><sup>2</sup> reservoirs in the central Sichuan Basin** by YANG Yu, XIE Jirong, ZHANG Jianyong, WEN Long, ZHAO Luzi, ZHANG Hao, TIAN Han, WANG Zecheng, FU Xiaodong, LI Wenzheng, SUN Haofei, XIE Zengye, HAO Yi, XIN Yongguang
- 23 **Key development technologies for high-sulfur gas reservoirs: New progress, challenges and key research directions** by HU Yong, HUI Dong, PENG Xian, XIONG Gang, YANG Jian, LI Longxin, LI Tao

## ■ GEOLOGY AND EXPLORATION

- 32 **Pressure evolution and hydrocarbon accumulation process of Sinian Dengying Formation gas reservoirs in the Penglai area, Sichuan Basin** by FAN Junjia, JIANG Hua, LU Xuesong, LIU Qiang, LIU Shaobo, MA Xingzhi, HUANG Shipeng, ZENG Fuying, TIAN Hua, XIE Wuren
- 44 **NMR diffusion coupling effect in tidal-flat dolomite reservoirs: A case study of upper Lei-4 Member of Middle Triassic in the Longmenshan piedmont zone, Sichuan Basin** by WANG Di, CHENG Hongliang, DING Weinan, LI Dingjun, LIU Haonian

## ■ DEVELOPMENT AND PRODUCTION

- 56 **Horizontal well staged acid fracturing technology for deep and ultra-deep carbonate gas reservoirs in the Sichuan Basin** by CHEN Lili, LIU Fei, YANG Jian, HE Xiaoping, CHEN Weihua, FU Yan, WANG Xi, MENG Ying, GOU Bo
- 65 **Feasibility evaluation of underground gas storage construction from volatile oil reservoirs based on experimental analysis of flow in multicycle gas injection-production** by LIU Wei, WANG Qunyi, SUN Yanchun, GAO Guangliang, HE Haiyan, JIA Qian, XIANG Zuping, LEI Hanlin, LIU Zhezhi

## ■ DRILLING ENGINEERING

- 72 **A systematic optimum drilling method based on organic integration of technology and management: A case study of the Changning National Shale Gas Demonstration Area** by ZENG Guang, WEN Qianbin, XIAO Xinyu, DAI Feng, LI Wenzhe, LI Qian
- 82 **Key technologies for drilling deep and ultra-deep wells in the Sichuan Basin: Current status, challenges and prospects** by DENG Hu, JIA Lichun
- 95 **A new method for predicting drilling accident level based on 2D-CNN deep learning** by ZHAO Chunlan, QU Yao, WANG Bing, FAN Xiangyu, ZHAO Pengfei, LI Yi, HE Ting
- 106 **A novel high-temperature-resistant, variable-density, flexible colloidal particle completion fluid** by JIA Hu, DAI Changlou, LI Sanxi, NIU Chengcheng, GE Junrui

## ■ STORAGE, TRANSPORTATION AND GAS PROCESSING

- 117 **Inner tank marking of ultra-large LNG film tanks: Key factor analysis and scheme optimization** by SUN Jian, BAO Xinglong
- 125 **A new method for calculating the pile head restraint coefficient of an LNG tank with seismic isolation** by CHEN Tuanhai, PENG Yanjian, XIAO Li, YANG Fan, LIU Yang, CHEN Yanfei

## ■ ECONOMIC MANAGEMENT

- 133 **A dynamic hybrid decision model of cross-border natural gas investment** by JIN Feng, ZHOU Juan, XIANG Wenwu, ZHANG Tingyu, LI Huaiyin
- 145 **Natural gas development in the Sichuan Basin: Achievements since the 13<sup>th</sup> Five-Year Plan and prospects** by WU Yugen, MEN Xiangyong, LOU Yu, WANG Luxin

## ■ NEW ENERGY SOURCES

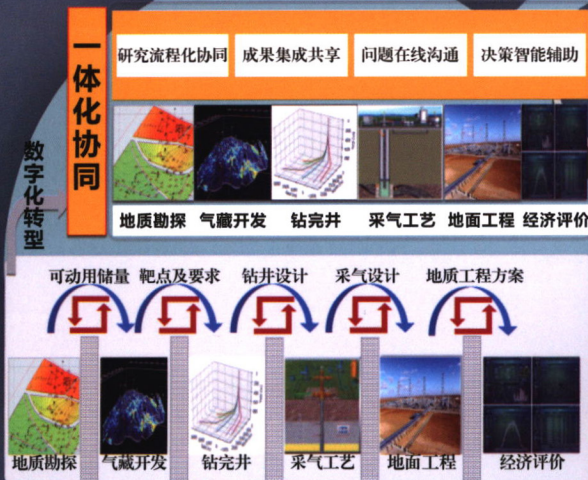
- 152 **Numerical simulation of natural gas hydrate productivity based on radial well fracturing combined with the depressurization method** by HUI Chengyu, ZHANG Yiqun, ZHANG Panpan, WU Xiaoya, LI Gensheng, HUANG Haochen
- 165 **Plugging mechanism and plugging removal technologies for enhanced geothermal system reservoirs** by FENG Bo, KE Zunsong, LIU Yanguang, SHANGGUAN Shuantong, LI Xiang, CUI Zhenpeng

*Natural Gas Industry*, approved by the State Scientific and Technological Commission, is a unique gas journal in China with an over all view on science and technology of gas industry. Starting her first issue in 1981, NGI has a history of 40 years' experience. NGI has turned from bimonthly to monthly journal since the first issue in 2004. NGI has grown up to be one of the exclusively essential journals in China reporting on new theories and techniques related to natural gas industry both at home and abroad, which covers industry spotlights, geologic research, geophysical exploration, drilling engineering, development and production, storage, transportation and gas processing, HSE technology and management, economic management, etc. Since 2011, NGI has also become the Journal of Chinese Petroleum Society's Natural Gas Professional Committee. ■

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

四川科力特油气技术服务有限公司是一家以油气勘探开发技术研究、油气勘探开发实验检测、分析实验仪器设备研发、油气田企业生产业务管理信息化办公平台开发的高新技术服务企业。公司研究成果获国家级、省部级、局级奖多项，获授权国际、国家发明专利、软件著作权多项，参与制定国家标准、行业标准多项，为政府职能部门、国内外众多的石油公司、高等院校提供了长期优质服务。



公司致力油气分析专用设备研发，已研发专用设备10余台，有效解决科研生产的关键技术问题，提升生产能力。



超高压模拟地层条件渗流实验装置

公司将秉承诚信和创新的观念，坚持质量优先的原则，以共享共赢的态度竭诚为客户提供各项优质服务。

联系人：邓先生  
联系电话：028-86015419（座机） 13258333721（手机）  
地址：成都市高新区天府大道北段28号茂业中心C座1122

