

ISSN 1000-0976
CN 51-1179/TE

天然气工业[®]



NATURAL GAS INDUSTRY

2021.1

Vol.41 No.1

—中国深层页岩气勘探开发专辑—



ISSN 1000-0976



0.1>

9 771000 097215

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

2021年第41卷第1期

(月刊·1981年创刊 总第327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
中国石油化工股份有限公司
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 冉隆辉
副 主 编 杨 雨
社 长 蒋 骥
总 编 居维清
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 2021年1月25日

中国标准 ISSN 1000-0976
连续出版物号 CN 51-1179/TE
广告经营许可证号 5101034000085
国内定价 40.00元/本
国外定价 10.00美元/本

责任编辑 曹 丽 谭蓉蓉
装帧设计 关 洁

本刊为中国石油学会天然气专业委员会会刊



版权所有，未经许可，不得转载

■本期视点

中国页岩气开发进展、潜力及前景

邹才能, 赵群, 丛连铸, 王红岩, 施振生, 武瑾, 潘松圻 (1)

■地质勘探

中国深层页岩气资源前景和勘探潜力

张金川, 陶佳, 李振, 王锡伟, 李兴起, 姜生玲, 王东升, 赵星旭 (15)

深层页岩气储层孔隙特征研究进展

——以四川盆地中生界海相页岩层系为例

刘树根, 焦堃, 张金川, 叶玥豪, 谢国梁, 邓宾, 冉波,
李智武, 吴娟, 李金奎, 刘文平, 罗超 (29)

四川盆地及其周缘页岩气勘探开发现状、潜力与展望

杨跃明, 陈玉龙, 刘燊阳, 邓宾, 徐浩, 陈丽清,
黎丁源, 殷樱子, 李怡 (42)

四川盆地东部页岩气甜点评价体系与富集高产影响因素

何希鹏 (59)

川南地区百亿立方米页岩气产能建设地质工程一体化关键技术

陈更生, 吴建发, 刘勇, 黄浩勇, 赵圣贤, 常程, 钟成旭 (72)

页岩气成藏过程的阶段划分

——以四川盆地宁西地区五峰组—龙马溪组页岩气成藏过程为例

吴建发, 吴娟, 刘文平, 周政, 罗超, 吴伟, 李小佳, 邓宾 (83)

碳酸盐矿物溶蚀对页岩孔隙的改造作用及其意义

——以川东地区下志留统龙马溪组页岩为例

梁运培, 陈强, 廖志伟, 林丹 (93)

■开发工程

深层页岩缝网压裂关键力学理论研究进展

郭建春, 赵志红, 路千里, 尹丛彬, 陈朝刚 (102)

深层页岩气开发关键技术难点与攻关方向

何骁, 李武广, 党录瑞, 黄山, 王旭东, 张成林, 张楠乔, 陈月 (118)

提高深层页岩裂缝扩展复杂程度的工艺参数优化

张丰收, 吴建发, 黄浩勇, 王小华, 罗浩然, 岳文翰, 侯冰 (125)

复杂构造区深层页岩气藏射孔参数优化及应用

——以涪陵页岩气田白马区块为例

刘尧文 (136)

深层页岩剪切滑移裂缝渗透率变化规律

陆朝晖, 贾云中, 汤积仁, 程玉刚, 贺培, 欧阳黎明 (146)

页岩气藏加密井压裂时机优化

——以四川盆地涪陵页岩气田 X1 井组为例

朱海燕, 宋宇家, 唐煊赫, 李奎东, 肖佳林 (154)

提升川南地区深层页岩气储层压裂缝网改造效果的全生命周期对策

沈骋, 谢军, 赵金洲, 范宇, 任岚 (169)

■ 钻井工程

地质工程一体化钻井技术研究进展及攻关方向

——以四川盆地深层页岩气储层为例 刘清友, 朱海燕, 陈鹏举 (178)

页岩气水平井开发套管变形的地质力学机理及其防治对策

童亨茂, 张平, 张宏祥, 刘子平, 任晓海, 肖坤泽, 周一博, 邓才 (189)

一种改进的页岩气地震约束多因素孔隙压力预测方法

巫芙蓉, 周诗雨, 邓小江, 杨晓, 黄诚, 蒋波,
王小兰, 王梦, 李阳静 (198)

■ 经济管理

我国深层页岩气规模效益开发策略

徐凤生, 王富平, 张锦涛, 付斌, 张勇, 杨品成, 吴伟 (205)

■ 行业指数

2020 年第四季度中国天然气行业景气指数分析

西南石油大学中国天然气行业景气指数研究中心 (214)

■ 要闻信息

川中古隆起北部天然气立体勘探再获重大突破 (28) 中国石油川南页岩气成为我国天然气重要增长点 (71) 我国首个页岩气重建井筒重复压裂获得成功 (82) 中国石油长庆油田公司年产油气当量突破 $6\ 000 \times 10^4$ t (92) 韧性水泥浆体系在迪探 2 井应用获得成功 (101) 绿氢 10 年内将具有成本优势 (117) 我国海上油气年产量突破 $6\ 500 \times 10^4$ t (124) 寒流引发亚洲天然气价格创出纪录涨幅 (145) EIA: 到 2050 年全球能源消费量将增长近 50% (168) 中国石化威荣深层页岩气田一期产能全面建成 (213)

■ 广告目次

四川蜀谷仪表科技有限公司 (21-01-01)

封面说明: 川南地区深层页岩气控压钻井试验平台——泸 203H57

摄影: 黄文俊

第八届编委会名单

主任: 马新华 胥永杰

执行主任: 徐春春 伍贤柱

执行副主任: 杨跃明

顾问 (以汉语拼音排序):

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 戴金星 | 杜志敏 | 高德利 | 何盛宝 |
| 胡文瑞 | 黄维和 | 贾承造 | 康玉柱 |
| 李根生 | 李鹤林 | 李鹭光 | 李士伦 |
| 刘宝珺 | 罗平亚 | 邱中建 | 苏义脑 |
| 孙龙德 | 童晓光 | 王铁冠 | 袁士义 |
| 赵文智 | 周守为 | | |

委员 (以汉语拼音排序):

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 常宏岗 | 陈刚 | 陈更生 | 董大忠 |
| 杜金虎 | 樊栓狮 | 付子航 | 甘振维 |
| 顾军 | 郭贵安 | 郭建春 | 郭旭升 |
| 韩烈祥 | 何江川 | 何太碧 | 侯明才 |
| 胡德高 | 胡勇 | 黄泽俊 | 蒋骥 |
| 江同文 | 雷群 | 雷宗明 | 李爱民 |
| 李广月 | 李海平 | 李伟 | 李香华 |
| 李玉星 | 李兆敏 | 梁兴 | 廖仕孟 |
| 刘树根 | 刘毅军 | 陆家亮 | 卢涛 |
| 罗金恒 | 吕建中 | 潘和平 | 潘仁芳 |
| 钱斌 | 秦勇 | 冉隆辉 | 撒利明 |
| 沈平 | 童传新 | 汪海阁 | 王震 |
| 魏国齐 | 吴能友 | 伍志明 | 肖贤明 |
| 谢军 | 熊建嘉 | 徐进 | 杨华 |
| 杨胜雄 | 杨雨 | 曾大乾 | 张道伟 |
| 张国华 | 张健 | 张金川 | 张烈辉 |
| 张士诚 | 张晓斌 | 赵金洲 | 郑力会 |
| 邹才能 | 钟广法 | 周荣学 | |

Susan Smith Nash (美国) 胡钦红 (美国)

Michael A. Abrams (英国) 肖倚天 (美国)

Kamy Sepehroori (美国)

Khlebnikov V.N. (俄罗斯)

● 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

● 世界期刊影响力指数 Q1 期刊

● 中国国际影响力优秀学术期刊



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: Ran Longhui

Associate Editor-in-Chief: Yang Yu

General Director: Jiang Ji

Executive Editor: Ju Weiqing

Add: No. 3, Sec. 1, Fuqing Rd., Chengdu
Sichuan Province 610051, P. R. China

Tel: +86(28)8601 3013

Website: www.cngascn.com

E-mail: trqgy@trqgy.cn

Publishing Date: January 25, 2021

Annual Subscription Rates:

China RMB ¥ 480

Overseas US \$ 120

Overseas Distributor:

China International Book Trading Corporation

P. O. Box 399, Beijing 100044

P. R. China

Code No.: M 944

CONTENTS

January 2021, Vol. 41, No.1 (TOTAL No. 327)

■ SPOTLIGHTS

- 1 Development progress, potential and prospect of shale gas in China**
by ZOU Caineng, ZHAO Qun, CONG Lianzhu, WANG Hongyan, SHI Zhensheng, WU Jin, PAN Songqi

■ GEOLOGY AND EXPLORATION

- 15 Prospect of deep shale gas resources in China** by ZHANG Jinchuan, TAO Jia, LI Zhen, WANG Xiwei, LI Xingqi, JIANG Shengling, WANG Dongsheng, ZHAO Xingxu
- 29 Research progress on the pore characteristics of deep shale gas reservoirs: An example from the Lower Paleozoic marine shale in the Sichuan Basin**
by LIU Shugen, JIAO Kun, ZHANG Jinchuan, YE Yuehao, XIE Guoliang, DENG Bin, RAN Bo, LI Zhiwu, WU Juan, LI Jinxi, LIU Wenping, LUO Chao
- 42 Status, potential and prospect of shale gas exploration and development in the Sichuan Basin and its periphery** by YANG Yueming, CHEN Yulong, LIU Shenyang, DENG Bin, XU Hao, CHEN Liqing, LI Dingyuan, YIN Yingzi, LI Yi
- 59 Sweet spot evaluation system and enrichment and high yield influential factors of shale gas in Nanchuan area of eastern Sichuan Basin** by HE Xipeng
- 72 Geology-engineering integration key technologies for ten billion cubic meters of shale gas productivity construction in the Southern Sichuan Basin**
by CHEN Gengsheng, WU Jianfa, LIU Yong, HUANG Haoyong, ZHAO Shengxian, CHANG Cheng, ZHONG Chengxu
- 83 Stage division of shale gas accumulation process: An example from the Wufeng Formation-Longmaxi Formation shale gas reservoir in the Ningxi area of the Sichuan Basin** by WU Jianfa, WU Juan, LIU Wenping, ZHOU Zheng, LUO Chao, WU Wei, LI Xiaojia, DENG Bin
- 93 Dissolution effect of carbonate minerals on shale pores and its significance: A case study on the Lower Silurian Longmaxi Formation shale in the eastern Sichuan Basin** by LIANG Yunpei, CHEN Qiang, LIAO Zhiwei, LIN Dan

■ DEVELOPMENT AND PRODUCTION

- 102 Research progress in key mechanical theories of deep shale network fracturing** by GUO Jianchun, ZHAO Zhihong, LU Qianli, YIN Congbin, CHEN Chaogang

- 118 **Key technological challenges and research directions of deep shale gas development** by HE Xiao, LI Wuguang, DANG Lurui, HUANG Shan, WANG Xudong, ZHANG Chenglin, ZHANG Nanqiao, CHEN Yue
- 125 **Technological parameter optimization for improving the complexity of hydraulic fractures in deep shale reservoirs** by ZHANG Fengshou, WU Jianfa, HUANG Haoyong, WANG Xiaohua, LUO Haoran, YUE Wenhan, HOU Bing
- 136 **Optimization of application of perforation parameters of deep shale gas reservoirs in complex structural areas: a case study of the Baima Block of Fuling Shale Gas Field** by LIU Yaowen
- 146 **Evolution laws of fracture permeability of deep shale in the process of shear slip** by LU Zhaohui, JIA Yunzhong, TANG Jiren, CHENG Yugang, HE Pei, OUYANG Liming
- 154 **Optimization of fracturing timing of infill wells in shale gas reservoirs: A case study on Well Group X1 of Fuling Shale Gas Field in the Sichuan Basin** by ZHU Haiyan, SONG Yujia, TANG Xuanhe, LI Kuidong, XIAO Jialin
- 169 **Whole-life cycle countermeasures to improve the stimulation effect of network fracturing in deep shale gas reservoirs of the Southern Sichuan Basin** by SHEN Cheng, XIE Jun, ZHAO Jinzhou, FAN Yu, REN Lan

■ DRILLING ENGINEERING

- 178 **Research progress and direction of geology-engineering integrated drilling technology: A case study on the deep shale gas reservoirs in the Sichuan Basin** by LIU Qingyou, ZHU Haiyan, CHEN Pengju
- 189 **Geomechanical mechanisms and prevention countermeasures of casing deformation in shale gas horizontal wells** by TONG Hengmao, ZHANG Ping, ZHANG Hongxiang, LIU Ziping, REN Xiaohai, XIAO Kunze, ZHOU Yibo, DENG Cai
- 198 **An improved seismic-constrained multi-factor pore pressure prediction method for shale gas reservoirs** by WU Furong, ZHOU Shiyu, DENG Xiaojiang, YANG Xiao, HUANG Cheng, JIANG Bo, WANG Xiaolan, WANG Meng, LI Yangjing

■ ECONOMIC MANAGEMENT

- 205 **Strategies for scale benefit development of deep shale gas in China** by XU Fengsheng, WANG Fuping, ZHANG Jintao, FU Bin, ZHANG Yong, YANG Pincheng, WU Wei

Natural Gas Industry, approved by the State Scientific and Technological Commission, is a unique gas journal in China with an overall 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. ■

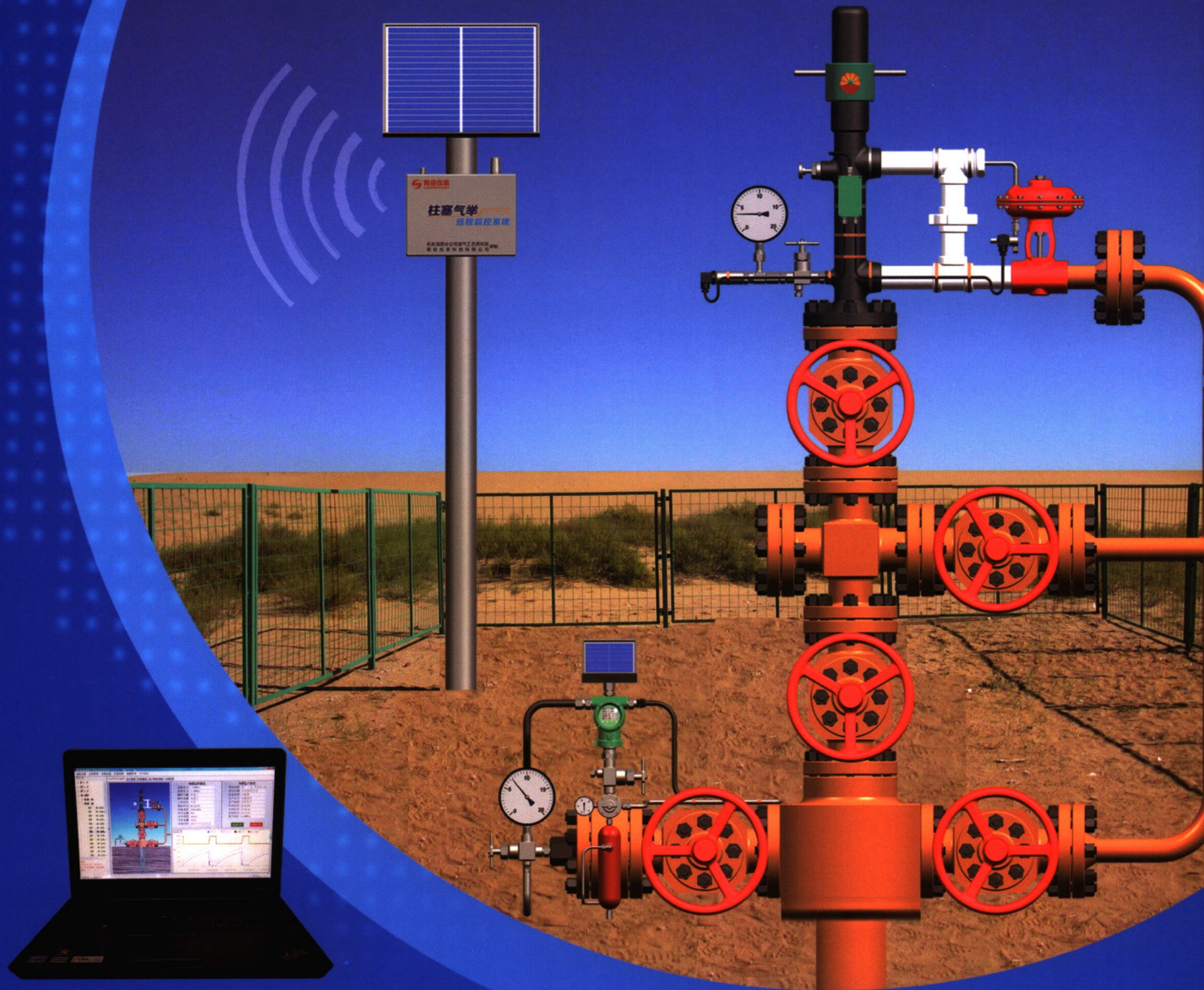
To obtain the information on "the Authors and Abstracts", please visit the English version on our website:

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

SGD

蜀谷仪表
SHUGU INSTRUMENT

柱塞气举排水采气控制系统



主要功能特点和技术指标

- 具备远程控制功能
- 外壳防护等级：IP65
- 具有“黑匣子”功能
- 整机功耗： ≤ 15 mW
- 存储能力：7天的生产数据
- 结构紧凑，安装简单、维护方便
- 压力测量最大允许误差： $\pm 0.2\%$ FS
- 模块化设计，多种生产制度优化模式算法
- 太阳能供电，蓄能电池：续航7个连续阴雨天
- 通讯模式：RS485接口，Modbus及自定义协议
- 防爆类型：本质安全型，防爆标志为Exib II BT4
- 工作环境温度范围 $-25 \sim 65$ °C，相对湿度： $\leq 95\%$

SGD柱塞气举排水采气控制系统是一套多功能、宽用途的油气井生产管理控制系统。它由智能柱塞控制器、柱塞到达传感器、油套压数字压力计、电磁阀、太阳能光伏板、远程测控系统等组成，内置定时开关井、压力优化、时间优化等多种气井生产控制模式。通过对井口压力、产量、柱塞运行速度等数据的采集、识别、远程监控，可正确判断气井生产动态，为优化气井生产制度提供依据。经中石油西南油气田、长庆油田、福山油田、新疆油田、煤层气公司近600口气井的应用证实，该系统具有智能控制算法稳定、远程测控可靠、生产管理简便等优点，是气田后期稳产技术的重要配套装备。

广告编号：21-01-01



四川蜀谷仪表科技有限公司
SHUGU INSTRUMENT TECHNOLOGY CO., LTD.

地址：四川省成都市高新区（西区）西芯大道4号
传真：028-85158327 网址：www.ssgic.com

电话：028-85162746
邮箱：sgi@ssgic.com