

ISSN 1000-0976  
CN 51-1179/TE

# 天然气工业<sup>®</sup>



NATURAL GAS INDUSTRY

2020.10

Vol.40 No.10

压力演化对页岩气储层的控制作用

水力压裂支撑剂运移与展布模拟研究进展

钛合金钻杆在页岩气长水平段的延伸钻进能力分析

中俄东线天然气管道工程专题



ISSN 1000-0976



10

9 771000 097208

● Ei收录期刊 ● 中国科技期刊卓越行动计划梯队期刊 ● 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 ● 中国国际影响力优秀学术期刊  
● 中国地学领域高质量科技期刊T1期刊 ● 世界学术期刊影响力指数Q1期刊 ● 中国科技核心期刊  
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



2020 年第 40 卷第 10 期

(月刊·1981 年创刊 总第 324 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)

四川省成都市府青路一段 3 号

主 编 冉隆辉

副 主 编 杨 雨

社 长 蒋 骥 (028)86011178

总 编 居继清 (028)86012712

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

海外总发行 中国国际图书贸易集团有  
限公司

(100044) 北京 399 信箱

国外发行代号: M 944

排版印刷 成都市新都华兴印务有限公司

出版日期 2020 年 10 月 25 日

中国标准 ISSN 1000-0976

连续出版物号 CN 51-1179/TE

CODEN TIGOE3

邮发代号 62-14

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 申红涛 陈 敏

英文编辑 蒋静萍

装帧设计 关 洁

版权所有, 未经许可,  
不得转载



■地质勘探

压力演化对页岩气储层的控制作用

——以四川盆地五峰组—龙马溪组为例

王濡岳, 聂海宽, 胡宗全, 刘光祥, 席斌斌, 刘伟新 (1)

基于存滞系数的页岩气资源评价方法

宋振响, 邱岐, 赵琳洁, 王保华, 马中良, 杨国桥 (12)

海相页岩孔隙度 GRI 测定方法优化

付永红, 蒋裕强, 夏国勇, 陈虎, 周克明, 王锦,

王子萌, 王占磊, 尹兴平, 谷一凡 (20)

松辽盆地基底石英脉中无机成因气的地球化学特征及指示意义

孟凡超, 崔岩, 张曰静, 王林, 杜青, 刘浩毅,

左耿超, 田雨露 (29)

地震振幅能量表征河道砂体及其储层物性

——以川中地区中侏罗统沙溪庙组为例

干大勇, 黄天俊, 吕斐, 杨广广, 何昌龙, 夏小勇,

吴长江, 郝诚, 喻颐 (38)

判定空气钻井井壁稳定性的临界内聚力计算新方法

——以四川盆地东部黑楼门构造为例

夏宏泉, 王舵, 刘素君 (44)

■开发工程

水力压裂支撑剂运移与展布模拟研究进展

潘林华, 王海波, 贺甲元, 李凤霞, 周彤, 李小龙 (54)

水化作用下页岩微观孔隙结构的动态表征

——以四川盆地长宁地区龙马溪组页岩为例

曾凡辉, 张嵩, 陈斯瑜, 郭建春, 范宇, 任文希, 王星皓 (66)

H 储气库注采诱发应力场及断层滑动趋势变化

王成虎, 高桂云, 贾晋, CHANG Chandong, 武志德 (76)

■钻井工程

钛合金钻杆在页岩气长水平段的延伸钻进能力分析

祝效华, 李柯, 李枝林, 韩烈祥, 陈长青 (86)

钛合金油套管抗挤毁性能计算与实验

刘强, 申照熙, 李东风, 张春霞, 祝国川, 宋生印 (94)

钻头切削齿破碎岩石的温度变化试验及机理分析

周琴, 张在兴, 张凯, 郑国敬, 何录忠 (102)



## ■ 集输与加工

### 中俄东线天然气管道天然气质量分析与计量技术

曾文平, 常宏岗, 罗勤, 王志学, 李万俊, 王伟杰, 李跟臣 (111)

### 节能环保型无溶剂环氧减阻内涂层技术

——以中俄东线天然气管道工程黑河—长岭段为例

郑安升, 黄留群, 杨学强, 付伟, 王杰, 潘怀良 (120)

### 针对中俄东线高钢级大口径输气管道自动焊的设计提升

张小强, 蒋庆梅, 詹胜文, 谷青悦, 金鑫, 王琴 (126)

### 中俄东线天然气管道黑河首站计量系统管汇偏流分析

陆美彤, 毛平平, 赵仕浩, 刘亮, 姜晗 (133)

## ■ 安全环保

### 基于热源权重参数反演优化的新权重多点源热辐射模型

周志航, 陈国华 (139)

### 氧化钙在油基钻屑热脱附中的协同作用

邵志国, 史志鹏, 许毓, 许世佩, 李兴春, 孙静文, 吕冲 (148)

## ■ 新能源

### 基于水热耦合模拟的油气区地热开发井网布局

段忠丰, 李福来, 巩亮, 杨永红, 李晓燕 (156)

## ■ 行业指数

### 2020年第三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 (163)

## ■ 要闻信息

元坝气田诞生第2口累产气量超 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 功勋井 (28) 我国一次性建设规模最大的液化天然气国家储备基地项目主体工程建成 (85) 我国陆上最深水平井完钻井深纪录被刷新 (101) 长宁区块页岩气日产量跃居全国页岩气田之首 (147) 《天然气工业》第一届青年编委名单 (164)

## ■ 广告目次

《Natural Gas Industry B》(20-10-01) 四川蜀谷仪表科技有限公司 (20-10-02)

封面说明: 中国石油辽河油田公司储气库公司钻井现场  
摄影: 吴兴军

万方数据

## 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 Sepehrnoori (美国)

Khlebnikov V.N. (俄罗斯)



本刊为中国石油学会天然气专业委员会会刊



**NATURAL GAS INDUSTRY**

(Monthly Issued, Started in 1981)

**Editor-in-Chief:** Ran Longhui

**Associate Editor-in-Chief:** Yang Yu

**General Director:** Jiang Ji

Natural Gas Industry

Journal Agency

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

Sichuan Province 610051, P. R. China

**Tel:** +86(28)8601 2712

**Fax:** +86(28)8601 2716

**CODEN:** TIGOE3

**ISSN** 1000-0976

**CN** 51-1179/TE

**www.cngascn.com**

**Executive Editor:** Ju Weiqing

**English Editor:** Jiang Jingping

**E-mail:** jjp@trqgy.cn

**Publishing Date:** October 25, 2020

**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

October 2020, Vol. 40, Issue 10 (TOTAL No. 324)

## ■ GEOLOGY AND EXPLORATION

- 1 **Controlling effect of pressure evolution on shale gas reservoirs: A case study of the Wufeng-Longmaxi Formation in the Sichuan Basin** by *WANG Ruyue, NIE Haikuan, HU Zongquan, LIU Guangxiang, XI Binbin, LIU Weixin*
- 12 **A shale gas resource evaluation method based on retention coefficient** by *SONG Zhenxiang, QIU Qi, ZHAO Linjie, WANG Baohua, MA Zhongliang, YANG Guoqiao*
- 20 **Optimization of GRI porosity determination method for marine shale** by *FU Yonghong, JIANG Yuqiang, XIA Guoyong, CHEN Hu, ZHOU Keming, WANG Jin, WANG Zimeng, WANG Zhanlei, YIN Xingping, GU Yifan*
- 29 **Geochemical characteristics of abiogenic gas in the quartz veins in the basement rocks of the Songliao Basin and their indicative significance** by *MENG Fanchao, CUI Yan, ZHANG Yuejing, WANG Lin, DU Qing, LIU Haoyi, ZUO Gengchao, TIAN Yulu*
- 38 **Characterization of channel sand body and its reservoir physical properties based on seismic amplitude energy: A case study of the Middle Jurassic Shaximiao Formation in the central Sichuan Basin** by *GAN Dayong, HUANG Tianjun, LYU Yan, YANG Guangguang, HE Changlong, XIA Xiaoyong, WU Changjiang, XI Cheng, YU Yi*
- 44 **A new method for calculating the critical cohesive force of borehole stability in air drilling: A case study of the Heiloumen structure in the eastern Sichuan Basin** by *XIA Hongquan, WANG Duo, LIU Sujun*

## ■ DEVELOPMENT AND PRODUCTION

- 54 **Progress of simulation study on the migration and distribution of proppants in hydraulic fractures** by *PAN Linhua, WANG Haibo, HE Jiayuan, LI Fengxia, ZHOU Tong, LI Xiaolong*
- 66 **Dynamic characterization of microscopic pore structures of shale under the effect of hydration: A case study of Longmaxi Formation shale in the Changning area of the Sichuan Basin** by *ZENG Fanhui, ZHANG Qiang, CHEN Siyu, GUO Jianchun, FAN Yu, REN Wenxi, WANG Xinghao*
- 76 **Variation of stress field and fault slip tendency induced by injection and production in the H underground gas storage** by *WANG Chenghu, GAO Guiyun, JIA Jin, CHANG Chandong, WU Zhide*



## ■ DRILLING ENGINEERING

- 86 Extensional drilling capacity of titanium alloy drill pipes in the long horizontal sections of a shale gas well by ZHU Xiaohua, LI Ke, LI Zhilin, HAN Liexiang, CHEN Changqing
- 94 Calculation and experimental studies on the collapse strength of titanium alloy tubing and casing by LIU Qiang, SHEN Zhaoxi, LI Dongfeng, Zhang Chunxia, ZHU Guochuan, SONG Shengyin
- 102 Temperature variation tests and mechanism analysis of rock breaking by bit cutters by ZHOU Qin, ZHANG Zaixing, ZHANG Kai, ZHENG Guojing, HE Luzhong

## ■ STORAGE, TRANSPORTATION AND GAS PROCESSING

- 111 Quality analysis and flow measurement technologies for natural gas of the China–Russian Eastern Gas Pipeline by Zeng Wenping, CHANG Honggang, LUO Qin, WANG Zhixue, LI Wanjuan, WANG Weijie, LI Genchen
- 120 Energy-saving and environmental-friendly solvent-free epoxy drag-reduction coating technology: A case study of the Heihe–Changling section of the China–Russian Eastern Gas Pipeline by ZHENG Ansheng, HUANG Liuqun, YANG Xueqiang, FU Wei, WANG Jie, PAN Huailiang
- 126 Design improvement measures for the automatic welding of high-steel-grade and large-diameter gas line pipes in the project of the China–Russian Eastern Gas Pipeline by ZHANG Xiaoqiang, JIANG Qingmei, ZHAN Shengwen, GU Qingyue, JIN Xin, WANG Qin
- 133 Analysis on the bias current in the manifold of measurement system at the Heihe initial station of China–Russian Eastern Gas Pipeline by LU Meitong, MAO Pingping, ZHAO Shihao, LIU Liang, JIANG Han

## ■ HSE TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

- 139 A novel weighted multi-point source thermal radiation model based on inversion optimization of heat source weight parameters by ZHOU Zhihang, CHEN Guohua
- 148 Synergistic effect of calcium oxide in thermal desorption of oil-based drilling cuttings by SHAO Zhiguo, SHI Zhipeng, XU Yu, XU Shipai, LI Xingchun, SUN Jingwen, LYU Chong

## ■ NEW ENERGY SOURCES

- 156 Geo-thermal development well spacing patterns based on hydrothermal coupled modeling in oil–gas bearing areas by DUAN Zhongfeng, LI Fulai, GONG Liang, YANG Yonghong, LI Xiaoyan

*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 more than 30 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:

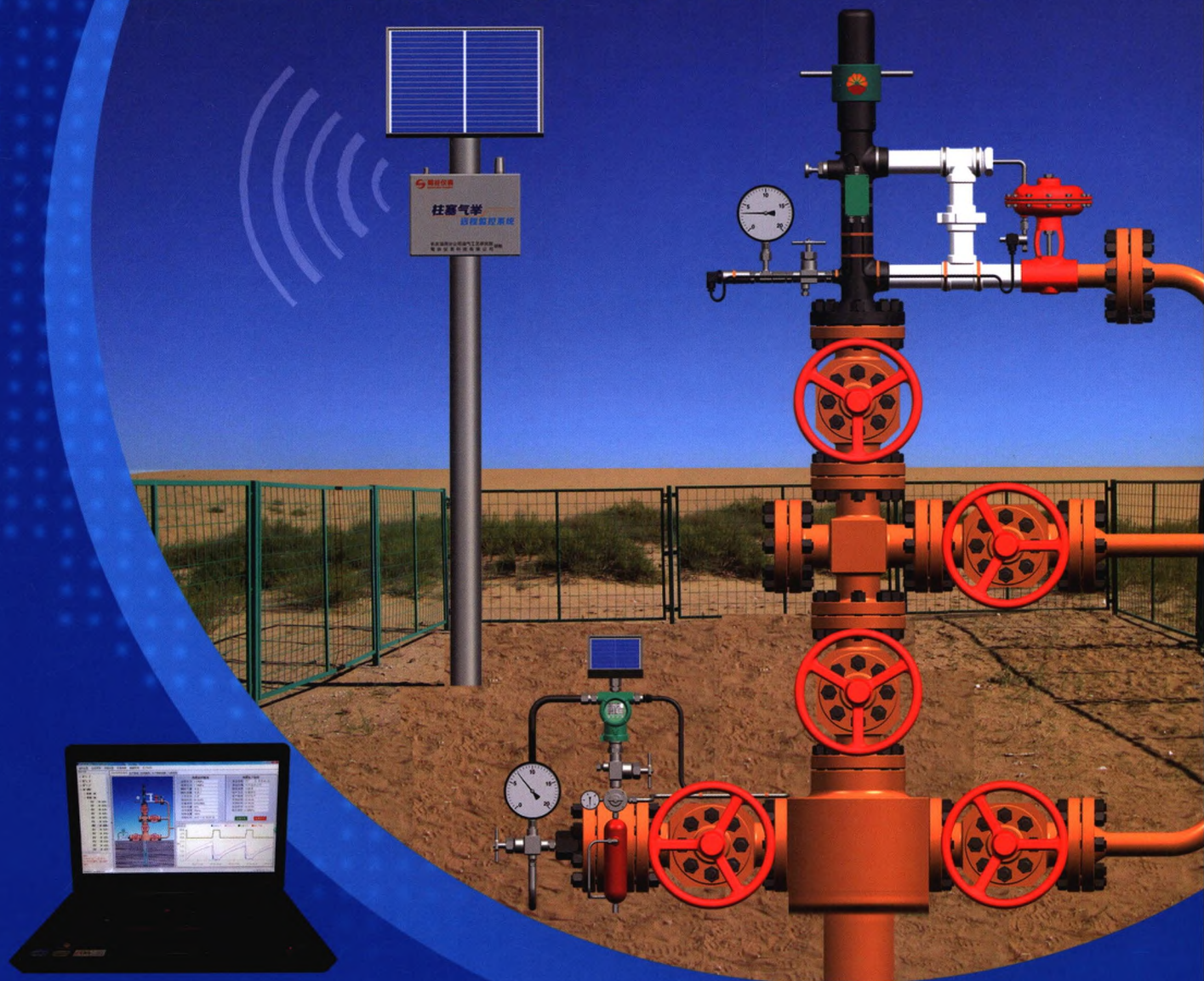
[http://www.cngascn.com:81/ngi\\_wk/EN/volumn/current.shtml](http://www.cngascn.com:81/ngi_wk/EN/volumn/current.shtml)



# 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
- 存储能力：7天的生产数据
- 太阳能供电，蓄能电池：续航7个连续阴雨天
- 外壳防护等级：IP65
- 结构紧凑，安装简单、维护方便
- 通讯模式：RS485接口，Modbus及自定义协议
- 具有“黑匣子”功能
- 压力测量最大允许误差： $\pm 0.2\%$ FS
- 防爆类型：本质安全型，防爆标志为Exib II BT4
- 整机功耗： $\leq 15$  mW
- 模块化设计，多种生产制度优化模式算法
- 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：20-10-02



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