



天然气工业

NATURAL GAS INDUSTRY

2021.6

Vol.41 No.6

鄂尔多斯盆地怀远运动不整合面与深层天然气勘探领域

四川盆地海相碳酸盐岩大气田形成主控因素与勘探思路

超深古老白云岩岩溶型气藏高效开发关键技术

超临界CO₂强化页岩气开采及地质封存一体化研究进展与展望



QK2122895



ISSN 1000-0976



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6期

(月刊·1981年创刊 总第332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
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6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 蒋静萍 申红涛
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

■地质勘探

鄂尔多斯盆地怀远运动不整合面与深层天然气勘探领域

刘化清, 李相博, 马玉虎, 白云来, 黄军平(1)

四川盆地海相碳酸盐岩大气田形成主控因素与勘探思路

李建忠, 谷志东, 鲁卫华, 姜华, 翟秀芬, 刘桂侠, 赵容容(13)

四川盆地东部中二叠统茅口组地层划分、对比与岩溶古地貌恢复

陈卫东, 陈义才, 徐发波, 李世临, 李延钧, 曾丽媛, 谭谦, 康宇(27)

断裂致泥岩盖层封闭形成期滞后程度的预测方法及其应用

曹思佳, 许凤鸣, 孙显义, 张云峰, 姜美玲(37)

高陡构造区枯竭型油气藏改建地下储气库配套地震解释技术序列

唐绪磊, 赵振伟, 王兰英, 王征, 徐敏, 郭海洋, 吴战培(44)

■开发工程

超深古老白云岩岩溶型气藏高效开发关键技术

——以四川盆地安岳气田震旦系灯影组气藏为例

谢军, 郭贵安, 唐青松, 彭先, 邓惠, 徐伟(52)

超临界 CO₂ 强化页岩气开采及地质封存一体化研究进展与展望

卢义玉, 周军平, 鲜学福, 汤积仁, 周雷, 姜永东,
夏彬伟, 王香增, 康勇(60)

形状因子及复杂结构井拟稳态流动阶段井底压力渐近解的计算方法

徐有杰, 刘启国, 李晓平, 杨思涵, 张楷, 谭晓华(74)

■钻井工程

控制地下储气库强采强注井环空超压的氮气柱长度计算方法

张智, 蔡楠, 赵苑瑾, 张华礼, 李玉飞, 张林(83)

钻杆轴向运动对水平井段岩屑床的清洗效果

孙晓峰, 毛宁, 鞠国帅, 胡乔波, 孙铭浩, 于福锐(89)

海洋深水钻井隔水管气液两相流的多普勒超声波传播特征

顾纯巍, 李骞, 马睿, 林英松, 李相方, 李轶明,
张爱霞, 李英杰, 尹邦堂(97)

■集输与加工

推动 LNG 在交通领域高质量发展的策略

——以成渝地区双城经济圈为例

钱治家, 朱力洋, 熊波, 王莅, 张建平(104)

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)

● 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

● 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

川渝地区建设天然气化工产业集群的必要性、可行性及实施路径

王胜, 李星月, 刘竞成, 向英 (111)

FSRU 中印刷电路板式换热器换热性能的试验研究

陈永东, 于改革, 闫永超, 韩冰川, 倪利刚 (120)

深冷大流量 LNG 高压外输泵的自主研发

毕晓星, 陈海平, 黄宇, 万学丽 (127)

LNG 浸没燃烧式气化器的传热特性及运行优化

王玉娟, 李淑一, 陈文杰, 唐建峰, 李学涛, 王冬旭, 于笑 (134)

经济管理

碳中和目标下天然气发电产业发展前景优化

龚承柱, 贾维东, 吴德胜, 潘凯 (144)

低碳转型背景下我国气电产业发展路径

刘志坦, 李玉刚, 杨光俊, 王文飞 (152)

碳中和目标下四川省低碳效率区域差异性

陈军华, 李乔楚, 何京 (162)

要闻信息

陆上水平井最长水平段亚洲纪录被刷新 (12) 中石油油气井套管变形控制技术取得实质性突破 (26) 国内最大的页岩油三维地震勘探项目启动 (36) 中国石油西南油气田公司获“四川省院士工作站”授牌 (43) 鄂西地区二叠系大隆组获得页岩气重要发现 (51) 中国石油管道局管道设计院成立新能源创新中心 (133) 中国石油发布 2020 年环境保护公报 (161) 中国石油西南油气田公司一项科技成果整体达到国际先进水平 (170)

广告目次

捷贝通石油技术集团股份有限公司 (21-06-01) 四川蜀谷仪表科技有限公司 (21-06-02)

封面说明：四川页岩气勘探开发有限责任公司的泸县阳 101 脱水站

摄影：梁华

本刊微信公众号





NATURAL GAS INDUSTRY

(Monthly, Started in 1981)

CONTENTS

June 2021, Vol. 41, No.6 (TOTAL No. 332)

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

Addr: 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: June 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

■ GEOLOGY AND EXPLORATION

- 1 **The unconformity caused by the Huaiyuan movement and the deep natural gas exploration field in the Ordos Basin** by LIU Huaqing, LI Xiangbo, MA Yuhu, BAI Yunlai, HUANG Junping
- 13 **Main factors controlling the formation of giant marine carbonate gas fields in the Sichuan Basin and exploration ideas** by LI Jianzhong, GU Zhidong, LU Weihua, JIANG Hua, ZHAI Xiufen, LIU Guixia, ZHAO Rongrong
- 27 **Stratigraphic division and correlation and karst palaeogeomorphology restoration of the Middle Permian Maokou Formation in the eastern Sichuan Basin** by CHEN Weidong, CHEN Yicai, XU Fabo, LI Shilin, LI Yanjun, ZENG Liyuan, TAN Qian, KANG Yu
- 37 **A method for predicting the fault induced lag degree of seal formation time of mudstone cap rocks and its application** by CAO Sijia, XU Fengming, SUN Xianyi, ZHANG Yunfeng, JIANG Meiling
- 44 **Seismic interpretation technology sequence supporting the rebuilding of underground gas storages (UGSs) from depleted oil and gas reservoirs in high-steep structure zones** by TANG Xulei, ZHAO Zhenwei, WANG Lanying, WANG Zheng, XU Min, GUO Haiyang, WU Zhanpei

■ DEVELOPMENT AND PRODUCTION

- 52 **Key technologies for the efficient development of ultra-deep ancient dolomite karst gas reservoirs: A case study of the Sinian Dengying Formation gas reservoir in the Anyue Gas Field of the Sichuan Basin** by XIE Jun, GUO Gui'an, TANG Qingsong, PENG Xian, DENG Hui, XU Wei
- 60 **Research progress and prospect of the integrated supercritical CO₂ enhanced shale gas recovery and geological sequestration** by LU Yiyu, ZHOU Junping, XIAN Xuefu, TANG Jiren, ZHOU Lei, JIANG Yongdong, XIA Binwei, WANG Xiangzeng, KANG Yong
- 74 **A new method for calculating shape factor and asymptotic solution of bottom hole pressure of complex-structure wells during the pseudo-steady flowing period** by XU Youjie, LIU Qiguo, LI Xiaoping, YANG Sihan, ZHANG Kai, TAN Xiaohua

■ DRILLING ENGINEERING

- 83 A calculation method of nitrogen column length for controlling annular overpressure in underground gas storage (UGS) wells with intensive production and injection by ZHANG Zhi, CAI Nan, ZHAO Yuanjin, ZHANG Huali, LI Yufei, ZHANG Lin
- 89 Cleaning effect of a drill pipe's axial movement on cuttings bed in horizontal well sections by SUN Xiaofeng, MAO Ning, JU Guoshuai, HU Qiaobo, SUN Minghao, YU Furui
- 97 Propagation characteristics of Doppler ultrasonic wave in gas-liquid two-phase flow in an offshore deepwater riser by GU Chunwei, LI Qian, MA Rui, LIN Yingsong, LI Xiangfang, LI Yiming, ZHANG Aixia, LI Yingjie, YIN Bangtang

■ STORAGE, TRANSPORTATION AND GAS PROCESSING

- 104 Strategies for promoting LNG high-quality development in the transportation sector: A case of the Chengdu-Chongqing economic circle by QIAN Zhijia, ZHU Liyang, XIONG Bo, WANG Li, ZHANG Jianping
- 111 Construction of natural gas chemical industry clusters in the Sichuan-Chongqing area: Necessity, feasibility and implementation measures by WANG Sheng, LI Xingyue, LIU Jingcheng, XIANG Ying
- 120 An experimental study on the heat exchange performance of printed circuit heat exchangers in an FSRU by CHEN Yongdong, YU Gaige, YAN Yongchao, HAN Bingchuan, NI Ligang
- 127 Independent research and development of LNG cryogenic, large flow rate and high pressure export pumps by BI Xiaoxing, CHEN Haiping, HUANG Yu, WAN Xueli
- 134 Heat transfer behaviors and operation optimization of LNG submerged combustion vaporizers by WANG Yujuan, LI Shuyi, CHEN Wenjie, TANG Jianfeng, LI Xuetao, WANG Dongxu, YU Xiao

■ ECONOMIC MANAGEMENT

- 144 Optimization of the development prospect of gas power industry under the goal of carbon neutrality by GONG Chengzhu, JIA Weidong, WU Desheng, PAN Kai
- 152 Development path of China's gas power industry under the background of low-carbon transformation by LIU Zhitan, LI Yugang, YANG Guangjun, WANG Wenfei
- 162 Regional diversity of low-carbon efficiency in Sichuan province under the goal of carbon neutrality by CHEN Junhua, LI Qiaochu, HE Jing

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.engascn.com:81/ngi_wk/EN/volumn/current.shtml

SGQ

智能差压流量计

主要功能和特点

- 多级密码授权管理
- 一体化结构，安装方便
- 报表日志记录完善，便于溯源
- “一键式”示值校准，操作简单
- 远程多表联网，支持有线 RS485 和无线 Zigbee 接口
- 参数设置、在线检表、示值校准、报表日志查询无需 PC 机
- 差压、压力量程宽，特别适合有高低峰用气时段的民用燃气计量
- 智能实时温压补偿
- 低功耗技术，多种供电方式
- 单向过载能力强，无需三阀组
- 数字传感器，温度、静压影响忽略不计

主要技术指标

- 外壳防护等级：IP65
- 瞬时流量准确度：±0.05%
- 环境温度范围：-25℃ ~ +65℃
- 差压测量范围：0~100 kPa，准确度：±0.2% FS
- 压力测量范围：0~20 MPa，准确度：±0.2% FS
- 温度测量范围：-30℃ ~ +70℃，准确度：±0.5℃
- 储存能力：“黑匣子”记录 2048 条；小时流量记录：90 天；分钟流量记录：7 天
- 时钟精度：误差 ≤ 0.5 s/d
- 累计流量准确度：±0.02%
- 防爆类型及标志：本质安全型 Exib II BT4 Gb

SGQ 智能差压流量计是配合标准孔板节流装置使用的一体化差压式流量计。它以高精度单晶硅谐振式复合传感器为测量元件，在外观结构上与数据采集器、流量积算器、数据储存器、显示器、键盘、电源、信号避雷器、通信接口等部件融为一体，通过自动测量流体的差压、压力、温度并作温压补偿，按国标《GB/T 21446-2008》自动积算天然气流量，并就地显示、储存和上传计量结果。本产品具有计量精度高、性能可靠、单向过载能力强、量程宽、功耗低、校准方式简捷、报表和日志记录完善、安装方便等优点，是天然气输送场合理的流量计量仪表。

广告编号：21-06-02

