

天然气工业[®]



NATURAL GAS INDUSTRY

2017.1

Vol.37 No.1

天然气与能源革命——以川渝地区为例

碳酸盐岩油气藏勘探研究专题

页岩气储层压裂改造技术专题

中国地下储气库业务运营专题



ISSN 1000-0976



9 771000 097178

● Ei收录期刊 ● CSCD核心期刊 ● 中国“百强报刊” ● 中国精品科技期刊
● RCCSE中国权威学术期刊 ● 全国中文核心期刊 ● 中国国际影响力优秀学术期刊
主办：四川石油管理局 中国石油西南油气田公司 中国石油川庆钻探工程公司

2017年第37卷第1期

(月刊·1981年创刊总第279期)

主管 中国石油天然气集团公司
主办 四川石油管理局
中国石油西南油气田公司
中国石油川庆钻探工程公司
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 居维清 (028)86012712
编辑部主任 韩晓渝 (028)86012718
出版部主任 申红涛 (028)86012716
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 2017年1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 陈敏
英文编辑 谭蓉蓉
装帧设计 关洁

版权所有, 未经许可,
不得转载



■ 本期视点

天然气与能源革命——以川渝地区为例

马新华 (1)

■ 地质勘探

克拉通盆地构造分异对大油气田形成的控制作用

——以四川盆地震旦系—三叠系为例

汪泽成, 赵文智, 胡素云, 徐安娜, 江青春, 姜华, 黄士鹏, 李秋芬 (9)

四川盆地震旦系灯影组岩相古地理与沉积模式

周进高, 张建勇, 邓红婴, 陈娅娜, 郝毅, 李文正, 谷明峰, 罗宪婴 (24)

鄂尔多斯盆地奥陶系白云岩成因及白云岩储层发育特征

包洪平, 杨帆, 蔡郑红, 王前平, 武春英 (32)

碳酸盐岩层序沉积演化及海平面的控制作用

——以塔里木盆地古城地区奥陶系为例

张君龙 (46)

自然伽马能谱录井技术在页岩气开发中的应用

庞江平, 杨扬, 谢伟, 姜巍, 韩贵生, 翟子易, 高源宏, 魏胜 (54)

页岩气水平井高产层段判识方法及其应用

——以四川盆地威远页岩气示范区下志留统龙马溪组为例

石强, 陈鹏, 王秀芹, 刘凤新 (60)

四川盆地高磨地区龙王庙组气藏高效开发有利区地震预测

张光荣, 廖奇, 喻颐, 冉崎, 肖尧, 卢晓敏, 梁翰, 曾鸣 (66)

Russell 流体因子在致密砂岩气层检测中的应用

姜仁, 欧阳永林, 曾庆才, 黄家强, 贺佩, 巴晶 (76)

■ 开发工程

缝内填砂暂堵分段体积压裂技术在页岩气水平井中的应用

梁兴, 朱炬辉, 石孝志, 张俊成, 刘臣, 何封, 李然 (82)

深层页岩气水平井体积压裂技术

蒋廷学, 卞晓冰, 王海涛, 李双明, 贾长贵, 刘红磊, 孙海成 (90)

页岩气藏 SRV 区域气体扩散与渗流耦合模型

高树生, 刘华勋, 叶礼友, 胡志明, 常进, 安卫国 (97)

■ 钻井工程

长宁—威远页岩气清洁生产实践与认识

孙海芳, 王长宁, 刘伟, 谢意 (105)

煤层气多分支水平井双管双循环井眼清洁技术

杨勇, 崔树清, 王凤锐, 张彬, 倪元勇, 沈家训, 李振选, 刘蜀平 (112)

固井水泥体系在不同条件下的力学行为规律

郑友志, 徐冰青, 蒲军宏, 牟乃渠, 王斌, 李明 (119)

■ 集输与加工

天然气长输管道地区等级升级管理与风险评价

姚安林, 周立国, 汪龙, 王荣昱, 李又绿 (124)

中国海域浮式天然气生产液化储卸装置 (FLNG) 台风模式研究

周晓红, 李达, 易丛, 张超, 谢波涛, 朱小松, 刘向东 (131)

天然气净化厂尾气 SO₂ 排放治理工艺探讨

宋彬, 李金全, 龙晓达 (137)

■ 安全与管理

考虑价格随机波动和季节效应的地下储气库价值模型

王震, 任晓航, 杨耀辉, 张雨濛 (145)

中国地下储气库业务面临的挑战及对策建议

张刚雄, 李彬, 郑得文, 丁国生, 魏欢, 钱品淑, 李春 (153)

基于 NSGA_II 的地下储气库注气节能优化运营研究

刘佳宁, 刘得军, 钱步仁, 翟颖, 冯牧群 (160)

■ 要闻信息

《2016年国内外油气行业发展报告》发布 (23) 《天然气工业》蝉联“中国权威学术期刊”称号 (45) 中国石油西南油气田公司天然气日销量首破 $7\,000 \times 10^4$ m³ (53) 中国天然气对外依存度达 34.9% (59) 中国第二个国家级大宗能源商品交易中心在重庆成立 (75) 中国石油西南油气田公司天然气年销量突破 200×10^8 m³ (89) 崖城 13-1 气田深度除油设备正式投产验收 (111) 中亚天然气管道 2016 年向中国输气 341×10^8 m³ (136) 四川盆地南部地区煤层气参数井——川高参 1 井顺利开钻 (144) 中石油在川页岩气年产量超 25×10^8 m³ (166)

■ 广告目录

四川蜀谷仪表科技有限公司 (17-01-01) 杭州中泰深冷技术股份有限公司 (17-01-02) 四川石达能源发展有限公司 (17-01-03)

封面说明: 相国寺储气库作为我国西南地区首座地下储气库 2016 年完成注采气量达 23.6 亿立方米, 增产保供效果突出

摄影: 庞源山

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 董晓光 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

汪海阁 王震 魏国齐 吴能友

伍志明 肖贤明 谢军 谢玉洪

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)

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**

Editing Manager: **Han Xiaoyu**

Publishing Manager: **Shen Hongtao**

English Editor: **Tan Rongrong**

E-mail: trr@trqgy.cn

Publishing Date: January 25, 2017

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 2017, Vol. 37, Issue 1 (TOTAL No. 279)

■ SPOTLIGHTS

- 1 **Natural gas and energy revolution: A case study of Sichuan–Chongqing gas province** *By Ma Xinhua*

■ GEOLOGY AND EXPLORATION

- 9 **Control of tectonic differentiation on the formation of large oil and gas fields in craton basins: A case study of Sinian–Triassic of the Sichuan Basin** *By Wang Zecheng, Zhao Wenzhi, Hu Suyun, Xu Anna, Jiang Qingchun, Jiang Hua, Huang Shipeng & Li Qiufen*
- 24 **Lithofacies paleogeography and sedimentary model of Sinian Dengying Fm in the Sichuan Basin** *By Zhou Jingao, Zhang Jianyong, Deng Hongying, Chen Yana, Hao Yi, Li Wenzheng, Gu Mingfeng & Luo Xianying*
- 32 **Origin and reservoir characteristics of Ordovician dolostones in the Ordos Basin** *By Bao Hongping, Yang Fan, Cai Zhenghong, Wang Qianping & Wu Chunying*
- 46 **Carbonate sequence sedimentary evolution and control of sea level: A case study of Ordovician in the Gucheng area, Tarim Basin** *By Zhang Junlong*
- 54 **Application of natural gamma-ray spectral logging in shale gas development** *By Pang Jiangping, Yang Yang, Xie Wei, Jiang Wei, Han Guisheng, Qu Ziyi, Gao Yuanhong & Wei Sheng*
- 60 **A method for identifying high-productivity intervals in a horizontal shale gas well and its application: A case study of the Lower Silurian Longmaxi Fm in Weiyuan shale gas demonstration area, Sichuan Basin** *By Shi Qiang, Chen Peng, Wang Xiuqin & Liu Fengxin*
- 66 **Seismic prediction on the favorable efficient development areas of the Longwangmiao Fm gas reservoir in the Gaoshiti–Moxi area, Sichuan Basin** *By Zhang Guangrong, Liao Qi, Yu Yi, Ran Qi, Xiao Yao, Lu Xiaomin, Liang Han & Zeng Ming*
- 76 **Application of the Russell fluid factor in tight sandstone gas detection** *By Jiang Ren, Ouyang Yonglin, Zeng Qingcai, Huang Jiaqiang, He Pei & Ba Jing*

■ DEVELOPMENT AND PRODUCTION

- 82 **Staged fracturing of horizontal shale gas wells with temporary plugging by sand filling** *By Liang Xing, Zhu Juhui, Shi Xiaozhi, Zhang Juncheng, Liu Chen, He Feng & Li Ran*

- 90 **Volume fracturing of deep shale gas horizontal wells** *By Jiang Tingxue, Bian Xiaobing, Wang Haitao, Li Shuangming, Jia Changgui, Liu Honglei & Sun Haicheng*
- 97 **A coupling model for gas diffusion and seepage in SRV section of shale gas reservoirs** *By Gao Shusheng, Liu Huaxun, Ye Liyou, Hu Zhiming, Chang Jin & An Weiguo*

■ DRILLING ENGINEERING

- 105 **Cleaner production in the Changning–Weiyuan national shale gas demonstration area** *By Sun Haifang, Wang Changning, Liu Wei & Xie Yi*
- 112 **Double casing & binary circulation hole cleaning technology for CBM multi-branch horizontal wells** *By Yang Yong, Cui Shuqing, Wang Fengrui, Zhang Bin, Ni Yuanyong, Shen Jiayun, Li Zhenxuan & Liu Shuping*
- 119 **Mechanical behaviors of cement systems in different conditions** *By Zheng Youzhi, Xu Bingqing, Pu Junhong, Mu Naiqu, Wang Bin & Li Ming*

■ STORAGE, TRANSPORTATION AND GAS PROCESSING

- 124 **Management of and risk evaluation on long-distance gas pipelines related to regional level upgrading** *By Yao Anlin, Zhou Liguo, Wang Long, Wang Tangyu & Li Youli*
- 131 **FLNG vessels under cyclone conditions in China sea areas** *By Zhou Xiaohong, Li Da, Yi Cong, Zhang Chao, Xie Botao, Zhu Xiaosong & Liu Xiangdong*
- 137 **Treatment of tail gas SO₂ emitted from natural gas purification plants** *By Song Bin, Li Jinjin & Long Xiaoda*

■ QHSE MANAGEMENT

- 145 **Valuation of underground natural gas storage: Considering stochastic volatility and seasonality of gas prices** *By Wang Zhen, Ren Xiaohang, Yang Yaohui & Zhang Yumeng*
- 153 **Challenges to and proposals for underground gas storage (UGS) business in China** *By Zhang Gangxiong, Li Bin, Zheng Dewen, Ding Guosheng, Wei Huan, Qian Pinshu & Li Chun*
- 160 **Optimization of energy-saving operation in underground gas storage injection based on NSGA_II** *By Liu Jianing, Liu Dejun, Qian Buren, Zhai Ying & Feng Muqun*

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 and transportation, gas processing and utilization, QHSE management, marketing and economy, 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



四川石达能源发展有限公司



四川石达能源发展有限公司（以下简称公司）是一家专业从事油（气）田地面、长距离管道输送、油气库、油气加工和市政燃气工程规划、咨询、勘察设计、EPC总承包、项目管理及技术服务的设计工程公司。

公司具有城镇燃气甲级，石油天然气管道输送甲级，气田地面、油气库乙级、勘察测量乙级，规划乙级，咨询乙级，拥有压力管道设计许可证、压力容器设计许可证，并取得质量、环境、职业健康安全管理体系认证，是中石油准入单位及优秀承包商、中石化A级诚信合作单位。

公司重视人才的引进和培养，汇聚了一批在行业内具有丰富工程设计和经验的人员，现有员工300余人，其中：高级职称21人，中级职称53人，各类国家注册工程师35人，并长期聘用有油气田地面、管道输送、燃气、建筑结构、设备等知名专家16人；同时公司注重技术融合与发展，拥有TGNET、CADworx2015、CAESARII 应力分析、HYSYS、数字化管道、鹏业等设计软件，并自主开发了城镇燃气进户设计、长输管道设计等一体化软件，利用自建的OA项目管理系统对各工程进行全阶段管控。公司成立以来，完成各类工程2 000余项，2014年荣获“德勤中国”高成长企业全国50强。

公司秉承“客户价值、专业创新、坦诚开放、尊重合作、持续改善、共享共赢”的核心价值观，融入市场经济规律和现代企业经营发展理念，坚持“用户为本、诚信服务、质量至上”的宗旨，致力于成为国内优秀的石油天然气设计工程公司。



致力于成为国内优秀的石油天然气设计工程公司

广告编号：17-01-03

地址：四川省成都市高新区天府大道中段1388号美年广场D座801室
邮编：610041

网址：www.scsdny.com

电话：86-28-69283776
传真：86-28-69283772