

文章编号:1673-5005(2009)06-0022-05

黔南拗陷节理发育特征及其对构造 应力场转换的指示

宁飞^{1,2}, 汤良杰^{1,2}, 王鹏昊^{1,2}, 孟涛³

(1. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249;
3. 中石化胜利油田 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要:通过野外地质调查,统计和分析黔南拗陷节理产状、几何样式及序列关系等,探讨古构造应力场特征。结果表明:根据节理切割及其与断层的先后关系,可将黔南拗陷节理组分为5个序列,NNE与SEE向“X”型平面共轭剪节理在加里东末期首先发育,在燕山晚期发育NW-NE方向共轭剪节理和NNE-NEE方向共轭剪节理,且前者发育时间先于后者,EW向节理在喜马拉雅期形成;构造应力场主方向经历了NEE-NS-NE-EW的先逆时针后顺时针的应力场转换;燕山期和喜马拉雅期在黔南拗陷构造应力场转换中起着重要作用。

关键词:黔南拗陷;节理;断层;构造应力场

中图分类号:P 542.3 **文献标识码:**A

Growing characteristics of joints in Qiannan depression (Southern Guizhou) and its implication to tectonic stress field switch

NING Fei^{1,2}, TANG Liang-jie^{1,2}, WANG Peng-hao^{1,2}, MENG Tao³

(1. State Key Laboratory for Petroleum Resource and Prospecting in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
2. Basin & Reservoir Research Center in China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
3. Geological Science Research Institute of Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying 257015, China)

Abstract:The systematical statistical analysis on the joint occurrence, geometric patterns and sequences was carried out by field geology study, and the characteristics of palae-tectonic stress field were discussed. According to the joint cutting relationship and its chronological relation to faults, the joint set in Qiannan (Southern Guizhou) can be divided into five epochs in time chronological order: plane X conjugate shear joints with the direction of NNE and SEE which developed at late Caledonian stage, conjugate shear joints with the direction of NE-NW and with the direction of NNE-NEE developed at late Yanshanian, and EW joints developed at Himalayan stage. The principal direction of tectonic stress field experienced the switch from anti-clockwise to clockwise. The Yanshanian and Himalayan stages play a significant role in the switch of tectonic stress field in Qiannan (Southern Guizhou).

Key words: Qiannan depression (Southern Guizhou); joint; fault; tectonic stress field

构造应力场是地球科学研究中的一项重要内容,也是探讨和认识构造运动根本原因的主要研究内容,因此对构造应力场的研究越来越受到地学界的关注^[1-2]。目前针对现代构造应力场开展了一些研究并取得了丰富的成果,但对古构造应力场的研究还存在局限性^[3]。特别是我国南方海相碳酸盐

岩层系经历了多期构造变革,受到不同的地球动力学背景和构造应力场控制,不仅形成了丰富的节理、断裂、褶皱和不整合,还导致了构造变形样式的叠加和改造,使得古构造应力场的研究具有很大挑战性。节理是微小应力场变化的敏感特征,节理组在广泛的区域内具有一致的方位,可以反映一定范围内的

收稿日期:2009-05-18

基金项目:国家自然科学基金项目(40672143);国家“973”计划项目(2005CB422107);中石化勘探南方分公司项目(G0800-06-ZS-181);中石化科技发展部项目(P05073);石油天然气成藏机理教育部重点实验室开放基金项目(2003-01)

作者简介:宁飞(1981-),男(汉族),山东邹城人,博士研究生,主要从事含油气盆地构造解析方面的研究。

构造应力场方向及其变化。因此,节理被广泛用于区域应力场的研究中^[2,4,5]。笔者对黔南地区节理、褶皱和断裂发育特征进行观测,同时对节理走向进行统计分析,并在此基础上对黔南地区古构造应力场转换特征进行探讨。

1 研究区地质概况

黔南拗陷位于贵州省南部,东临江南隆起,北与黔中隆起相接,西、南隔巫紫罗断裂分别与华南褶皱系的罗甸断坳为邻,面积约为 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1)。在大地构造上属于扬子板块^[6],在该区已发现麻江、凯里等多个古油藏。从区域范围看,黔南拗陷主要由3对主干背斜和向斜组成,自西向东依次为:贵阳向斜、龙里背斜、贵定向斜、黄丝背斜、都匀向斜和王司背斜。这些褶皱具有典型的隔槽式特点,背斜呈平缓宽阔的箱状,向斜呈狭窄紧闭的槽形。自西

向东地面出露地层逐渐变老,依次为二叠系、石炭系和泥盆系等(图2)。

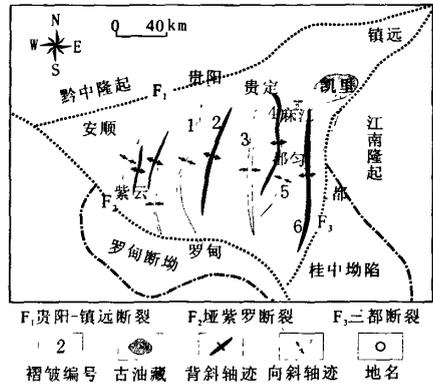


图1 黔南拗陷构造位置
Fig.1 Tectonic setting of Qiannan depression

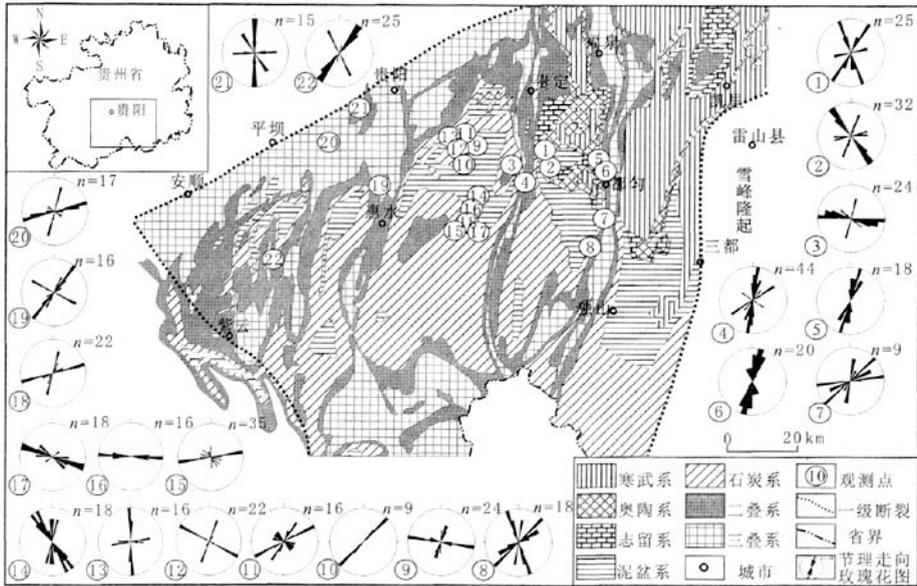


图2 黔南拗陷各个观测点节理走向玫瑰花图(岩层恢复水平后的节理走向)
Fig.2 Rose diagrams of joints from each measured point in Qiannan depression (stratum after releiving)

2 节理发育特征

通过野外地质观测,在黔南地区共得到了22个观测点的459个节理数据(图2)。这些观测点几乎在黔南拗陷整个区域都有分布,主要集中在贵阳向斜、龙里背斜、贵定向斜、黄丝背斜、都匀向斜王司背斜等地。从层位来看,晚古生界泥盆系、石炭系和二叠系都有发育,三叠系也有发育,其岩性主要为中厚层灰岩、砂岩及白云岩,少量分布在泥岩中。

一般来说,在岩层近水平地区可以直接进行节理分析,不必进行岩层的水平校正^[3,5]。但野外观测中的近水平展布的岩层很少,笔者分析的节理数据点也多来自倾斜和高陡岩层,因此需要进行水平校正。其具体做法是:面向岩层走向($0^\circ \sim 180^\circ$)把岩层以走向线为轴朝着和倾向相反的方向旋转与倾角相同的角度(倒转地层除外)。对所有节理进行的统计分析均在赤平投影软件(StereoNetTM)上进行。

2.1 节理的方位

通过水平校正后,所有的节理和剪切破裂都是垂直于岩层面的。将每个观测点的节理玫瑰花图投到区域地质图上,对节理走向进行统计(图2)。从图2中可以看出,黔南坳陷主要发育5个节理组,分别是:

(1) NNE-SSW 方向(观测点 5,6 和 10)节理。野外见于上泥盆统尧梭组和望城坡组,下石炭统大塘组,下二叠统梁山组和栖霞组。几何形态上较平直、连续,并且在观察点该组节理发育较密(图3(a))。

(2) NNE 与 SEE 向 X 型平面共轭剪节理($110^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 与 $10^{\circ} \pm 10^{\circ}$) (观测点 3,9,12,13,19 和 21), 主要在上泥盆统尧梭组和上二叠统茅口组中发育,共轭关系比较明显,使该节理系被切割成“豆腐块”状(图3(b))。

(3) NNE-NEE 方向共轭剪节理(观察点 4,7,11,18 和 20),在中泥盆统独山组,上二叠统茅口组、梁山组和栖霞组中以及上三叠统永宁镇组中均有发育,其共轭关系也比较清晰(图3(c))。

(4) NW-NE 向共轭剪节理(观察点 1,2,8,14 和 22),在泥盆系望城坡组、尧梭组,石炭系大塘组中及三叠系永宁镇组均有发育。该节理系和 NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理在露头上观察到叠加现象(图3(d))。

3个具有共轭性质的节理组在野外露头上表现为被后期节理限制改造,连续性不好。

(5) 近 EW 向节理(观察点 15,16 和 17)。此组节理在泥盆系高场坡组及石炭系马平群中均有发育,节理产状不稳定,延伸不远,且开度较大,有方解石充填现象,是一组具有雁列性质的张节理(图3(f))。

2.2 节理与褶皱和断层的关系

节理和断层、褶皱存在不可分割的联系^[4,7-9]。在黔南坳陷,南北向隔槽式褶皱群常伴有北东向和北西向共轭“X”型扭性断裂和近东西向横张断裂,向斜多遭受走向冲断裂破坏。通过对比龙里背斜东翼及核部节理发育特征,发现具有相同性质或者走向相似的节理在龙里背斜核部往东直至都匀向斜几乎没有变化,如 NNE 和 NEE 方向共轭剪节理(观察点 4,7 和 11 等),NNE-SSW 方向节理(观察点 5,6 和 10),这表明这些节理可能处在统一的应力场下,都在断层及褶皱之前形成。在贵定向斜两翼,节理的几何特征发生明显变化,如位于贵定断层上下两

盘的观察点 1,2 和观察点 3,节理组的共轭关系表现出明显的不同。贵定断层发育于贵定向斜西翼,南段表现为正断层。由于断层多期活动,可能导致断层两盘受力不均,因此和断层同时形成的节理有可能在断层上下盘表现出性质或走向不同。Peacock 认为在断层形成之后断层可能充当“应力屏障”^[7],使断层两盘产生不同的应力场,基于以上观点并根据节理在断层上下盘的变化可以判断这两个节理组是在断层之后或者与之同时形成,但在局部地区有 NW-NE 向节理叠加到 NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理的现象(图3(d)),表明 NW-NE 向节理可能是 NNE 与 SEE 向 X 型平面共轭剪节理之后形成的。所以,NNE 与 SEE 向共轭节理可能是在贵定断层活动时形成,而 NW-NE 向节理是断层活动后,受断层影响造成局部地区和 NNE 与 SEE 向共轭节理的叠加。

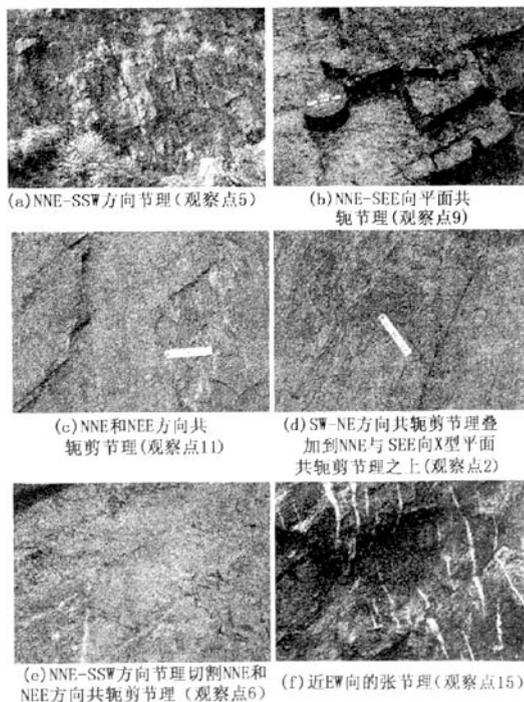


图3 黔南坳陷节理组及切割关系
Fig.3 Joint set and crosscutting relationship in Qiannan depression

2.3 节理组间的序列关系

对一个区域应力场发生转化的地区,应该首先对区域节理组发育次序进行分析,因此分清节理系或节理组之间的相对切割关系就极为重要^[2,10]。在黔南坳陷,同一观测点可见多组共轭节理共存的现

象,是多期构造应力场活动的产物,因此在进行构造应力场研究之前,必须对节理形成期次进行划分。对于同一层位,切割和限制其他共轭节理组的节理形成期次较晚;对于不同层位,由于所处的地球动力学背景不同,形成的断层、褶皱和共轭节理产状也往往不同。对于无法用相互切割关系判断节理发育顺序的节理组,可以结合节理组和断层、褶皱的关系来分析节理组的发育次序。

NNE-SSW 方向节理切割 NNE 和 NEE 方向共轭剪节理,且切割关系比较明显,前者走向较连续、平直,后者有被错断的痕迹(图 3(e))。这种现象表明 NNE-SSW 方向节理晚于 NNE 和 NEE 方向共轭剪节理形成时间。在贵定断层一侧(如观察点 2),可以观察到 NW-NE 方向共轭剪节理叠加到 NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理之上,并且 NW-NE 方向共轭剪节理的一组节理与 NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理中的一组平行(图 3(d)),经过多处的观察分析,前者共轭剪节理可能晚于或者和后者同时形成。EW 向节理形成时间较晚,在观测点显示具有雁列张节理特征(图 3(f)),推测可能由近东西向剪切应力形成。

根据各节理组的切割关系结合节理组和断层褶皱的关系,节理发育可能有以下的时间序列关系: NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理最早形成, NW-NE 方向共轭剪节理在其后发育,由于 NNE-SSW 方向节理切割 NNE-NEE 方向共轭剪节理,因此 NNE-SSW 方向节理形成时间晚于 NNE-NEE 方向共轭剪节理; EW 向节理形成时间晚于共轭剪节理形成时间。

3 节理发育对古应力方向的指示

在野外观测过程中,在多个点观测到共轭剪节理在锐角象限内有钝头现象以及两组共轭剪节理互切现象(图 4)。对于两组互交叉呈锐角相交的且在同一应力场下形成,同时又满足脆性剪切破裂的库仑-莫尔假设的共轭剪切破裂,则它们与主应力轴的方向满足“ σ_1 方向平行锐夹角平分线方向, σ_3 方向平行钝夹角平分线的方向”的关系。根据以上原则, NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理对应的 σ_1 为 NEE 方向, NW-NE 方向共轭剪节理对应的 σ_1 为近 NS 方向,而 NNE-NEE 方向共轭剪节理对应的 σ_1 方向为 NE 方向, NNE-SSW 方向节理的最大水平应力 S_H 可以确定为 NNE 方向,但最大水平应力 S_H 的方向是与 σ_2 还是 σ_1 方向平行尚不能确定。对于

EW 向节理,具有典型的雁列式张节理特征,因此可以判断 EW 向节理的 σ_3 方向是近 SN, σ_1 方向则为近 EW 向,反映了近东西方向的挤压和近南北方向伸展的特点。根据黔南拗陷各节理组发育的次序,可以判定 σ_1 经历了 NEE-NS-NE-EW 的先逆时针后顺时针的转换。

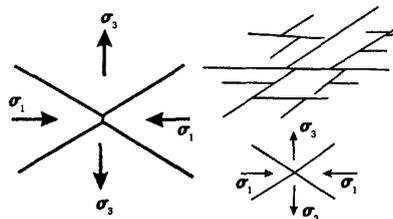


图 4 共轭剪节理的钝头现象及互切现象

Fig. 4 Obtuse and intersecting phenomenon of conjugate shear joint

4 动力学成因

分析节理动力学成因应该和区域构造活动相关联,中国南方自震旦纪以来的构造演化主要取决于扬子和华夏等块体的漂移和“开合”历史^[11],由于早期构造边界的影响,板块之间的相互作用会形成复杂的构造应力场。最早的一个节理组主要发育在龙里背斜核部泥盆系和二叠系中,对应的最大主应力方向是 NEE。加里东末期的广西运动是加里东期以来最强烈的一次构造运动^[12],在黔南地区表现是形成了南北向的贵阳、贵定、都匀等断层。黔南拗陷北部边界贵阳-镇远深大断裂呈 NEE 走向,在地震剖面上表现为倾向南东的逆断层^[6]。该断层具有右行走滑的性质,受基底断裂的影响,断层南部最大主应力方向为 NEE,从而在加里东期末形成了 NNE-SEE 共轭剪节理。NW-NE 共轭节理系主要分布在黔南东部,由于中国陆地构造变形的主要驱动力是印度板块与欧亚板块的 NNE 向推挤,而引起物质向高原周边做放射状侧向挤出^[13-14],各块体之间复杂的相互运动引起局部的南北向挤压,可能导致 SN 向的应力场,在燕山期末形成 NW-NE 共轭节理系。NE 向的应力场似乎可以用雪峰隆起自东向西的推覆作用来解释,扬子板内变形的重要动力学来源之一是雪峰隆起推覆作用^[15-16],燕山晚期由于古特提斯洋的完全关闭,扬子板块大陆边缘受到挤压与碰撞作用,在板内形成了江南-雪峰基底拆离推覆体,由于贵阳-镇远边界断层和雪峰隆起弧形边界的双重影响,使得断层南部区域产生 NE 方向的剪切,产生 NE 向的构造应力场,从而形成 NNE 和 NEE 方

向共轭剪节理。近 EW 向应力场来自喜马拉雅运动时期,太平洋板块俯冲与印度和亚洲大陆的碰撞,江南-雪峰推覆构造带向西推覆,使黔南地区承接了先期应力作用,处于近东西向挤压构造环境,发育了 EW 向张节理。可见,印支期以前的构造运动对黔南地区应力场变换的影响作用是有限的,燕山期和喜马拉雅期在黔南拗陷构造应力场转换中起着重要作用。

5 结 论

(1)根据节理产出层位、切割关系和区域构造背景分析,研究区节理可划分为5个序列,从早到晚顺序依次为:NNE 与 SEE 向“X”型平面共轭剪节理在加里东末期形成,在燕山晚期发育 NW-NE 方向共轭剪节理和 NNE-NEE 方向共轭剪节理,且前者发育时间先于后者,NNE-SSW 方向节理在其后发育,但尚无法判断形成时间,喜马拉雅期 EW 向节理形成时间晚于共轭剪节理形成时间。

(2)根据黔南拗陷节理发育的次序,判定 σ_1 经历了 NEE-NS-NE-EW 的先逆时针后顺时针的应力场转换。

(3)印支期以前的构造运动对黔南拗陷应力场变换的影响作用有限,燕山运动时期和喜马拉雅运动时期的构造运动在黔南拗陷构造应力场转换中起着重要作用。

参考文献:

[1] 吴巧生,王华,吴冲龙. 沉积盆地构造应力场研究综述 [J]. 地质科技情报,1998,17(1):8-12.
WU Qiao-sheng, WANG Hua, WU Chong-long. Review of researches on tectonic stress field in sedimentary basin [J]. Geological Science and Technology Information, 1998,17(1):8-12.

[2] ARLEGUI L, SIMON J L. Geometry and distribution of regional joint sets in a non-homogeneous stress field: case study in the Ebro Basin (Spain) [J]. Journal of Structural Geology, 2001, 23(2/3):297-313.

[3] 万天丰. 构造应力场研究新进展 [J]. 地学前缘, 1995, 2(1/2):226-235.
WAN Tian-feng. The progress of researches on tectonic stress field [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(1/2): 226-235.

[4] RAWNSLEY K D, PEACOCK D C P, RIVES T, et al. Joints in the Mesozoic sediments around the Bristol Chan-

nel Basin [J]. Journal of Structural Geology, 1998, 20 (12):1641-1661.

[5] EYAL Y, GROSS M R, ENGELDER T, et al. Joint development during fluctuation of the regional stress field in southern Israel [J]. Journal of Structural Geology, 2001, 23(2/3):279-296.

[6] 封永泰,赵泽恒,赵培荣,等. 黔中隆起及周缘基底结构、断裂特征 [J]. 石油天然气学报,2007,29(3):35-38.
FENG Yong-tai, ZHAO Ze-heng, ZHAO Pei-rong, et al. Basement structures and fault characteristics in Qianzhong uplift and its circumferential areas [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2007, 29(3):35-38.

[7] PEACOCK D C P. The temporal relationship between joints and faults [J]. Journal of Structural Geology, 2001, 23(2/3):329-341.

[8] BLENKINSOP T G. Relationships between fault, extension fractures and veins, and stress [J]. Journal of Structural Geology, 2008, 30(5):622-632.

[9] WHITAKER Amy E, ENGELDER T. Characterizing stress fields in the upper crust using joint orientation distributions [J]. Journal of Structural Geology, 2005, 27(10):1778-1787.

[10] EYAL Y. Stress field fluctuations along the dead sea rift since the middle Miocene [J]. Tectonics, 1996, 15(1): 157-170.

[11] 赵宗举,俞广,朱琰,等. 中国南方大地构造演化及其对油气的控制 [J]. 成都理工大学学报:自然科学版, 2003, 30(2):155-168.
ZHAO Zong-ju, YU Guang, ZHU Yan, et al. Tectonic evolution and its control over hydrocarbon in southern China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2003, 30(2):155-168.

[12] 赵宗举,朱琰,李大成,等. 中国南方构造形变对油气藏的控制作用 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1):19-25.
ZHAO Zong-ju, ZHU Yan, LI Da-cheng, et al. Control affect of tectonic deformation to oil-gas pools in southern China [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(1):19-25.

[13] 陈小斌. 中国陆内现今水平形变状况及其驱动机制 [J]. 中国科学:D 辑, 2007, 37(8):1056-1064.
CHEN Xiao-bin. Present-day horizontal deformation status of continental China and its driving mechanism [J]. Science in China (Ser D), 2007, 37(8):1056-1064.

(下转第31页)

- 科学版,2007,31(5):7-11.
- WANG Yan-zhong, CAO Ying-chang, CHEN Shi-yue, et al. Clastic reservoirs characteristics and its control of Mesozoic in Jiyang depression[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2007, 31(5):7-11.
- [6] 邱隆伟,黄双泉. 民丰洼陷沙三段孔隙发育特征及储层物性主控因素[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2009,33(4):10-15.
- QIU Long-wei, HUANG Shuang-quan. Characteristics of pore development and controlling factors of reservoir property of Es₃ in Minfeng sag[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2009, 33(4):10-15.
- [7] 袁静,王乾泽. 东营凹陷下第三系深部碎屑岩储层次生孔隙垂向分布及成因分析[J]. 矿物岩石,2001,21(1):43-47.
- YUAN Jing, WANG Qian-ze. Distribution and generation of deep reservoir secondary pores, Paleogene, Dongying sag[J]. Mineral Petrol, 2001, 21(1):43-47.
- [8] 吴少波,赵惊蜚,李健. 吴起油田长6油层组储层成岩作用及其对物性的影响[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2006,21(4):42-45.
- WU Shao-bo, ZHAO Jing-fei, LI Jian. Diageneses of Chang-6 sandstone reservoir in Wuqi Oilfield, Erdos Basin and their effects on reservoir property[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2006, 21(4):42-45.
- [9] SURDAM R C. Organic-inorganic interactions and sandstone diagenesis[J]. AAPG, 1989,73(1):1-23.
- [10] 司学强,张金亮,杨子成. 博兴洼陷沙四上亚段滩坝砂岩成岩作用及其与储层质量的关系[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2008,32(2):6-11.
- SI Xue-qiang, ZHANG Jin-liang, YANG Zi-cheng. Relation between beach bar sandstones diagenesis and reservoir quality in the upper Es₄ of the Palaeogene in Boxing sag[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2008,32(2):6-11.
- [11] 郑浚茂,吴仁龙. 黄骅坳陷砂岩储层的成岩作用与孔隙分带性[J]. 石油与天然气地质,1996,17(4):268-275.
- ZHENG Jun-mao, WU Ren-long. Diagenesis and pore zonation of sandstone reservoirs in Huanghua depression [J]. Oil and Gas Geology, 1996,17(4):268-275.
- [12] 陈纯芳,赵澄林,李会军. 板桥和歧北凹陷沙河街组深层碎屑岩储层物性特征及其影响因素[J]. 石油大学学报:自然科学版,2002,26(1):4-7.
- CHEN Chun-fang, ZHAO Cheng-lin, LI Hui-jun. Physical properties of reservoir and influencing factors of deep burial clastic rocks in Banqiao-Qibei sag[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2002,26(1):4-7.
- [13] 王琪,史基安,肖立新,等. 石油侵位对碎屑储集岩成岩序列的影响及其与孔隙演化的关系[J]. 沉积学报,1998,16(3):97-101.
- WANG Qi, SHI Ji-an, XIAO Li-xin, et al. Influence of oil emplacement on diagenetic sequence of the clastic reservoir rock and its relationship to the porosity evolution[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1998,16(3):97-101.
- [14] 袁东山,张枝焕,刘洪军. 油气充注对晚期碳酸盐矿物胶结作用的影响[J]. 石油天然气学报,2005,27(2):298-300.
- YUAN Dong-shan, ZHANG Zhi-huan, LIU Hong-jun. Effects of hydrocarbon emplacement to late carbonate cement[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2005,27(2):298-300.
- (编辑 徐会永)
-
- (上接第26页)
- [14] 李月,周瑶琪,颜世永,等. 龙门山造山带构造演化模式的建立[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2008,32(2):12-15.
- LI Yue, ZHOU Yao-qi, YAN Shi-yong, et al. Establishment of tectonic evolution pattern of Longmenshan Orogen[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2008,32(2):12-15.
- [15] 丁道桂,郭彤楼,胡明霞,等. 论江南—雪峰基底拆离式构造:南方构造问题之一[J]. 石油实验地质,2007,29(2):120-127.
- DING Dao-gui, GUO Tong-lou, HU Ming-xia, et al. Basement decoupling structure in Jiangnan-Xuefeng: series 1 of the southern structure studies [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007,29(2):120-127.
- [16] 杨超,陈清华,吕洪波,等. 南盘江盆地中三叠统复理石的物源和沉积构造背景分析[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2008,32(6):22-27.
- YANG Chao, CHEN Qing-hua, LÜ Hong-bo, et al. Provenance and Tectonic settings of them iddle Triassic flysch in Nanpanjiang Basin[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2008, 32(6):22-27.
- (编辑 徐会永)