

文章编号: 1001-6112(2011)04-0388-04

准噶尔盆地高压带碳酸盐胶结层的分布及特征

张立强¹, 罗晓容²

(1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555; 2. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要:利用镜下观察、测井解释及氧碳同位素分析等方法,在分析碳酸盐胶结物特征的基础上,探讨了准噶尔盆地南缘古近系安集海河组高压带内碳酸盐胶结层的分布及形成环境。安集海河组超压带砂岩碳酸盐胶结物主要为连晶状铁质亮晶方解石,胶结层具有低声波时差、较高电阻率、低自然伽马值等特征。纵向上,超压带内的钙质胶结层主要分布于压力释放带及超压过渡带,包括超压顶界上部和下部,超压带内砂岩发育段的顶部和厚层超压泥岩中的岩性过渡带。大部分胶结物具有氧同位素呈高负值的特征,是晚期较高温度环境下,先于或同时于油气运移期形成的。

关键词:碳氧同位素;碳酸盐胶结层;超压带;古近系;准噶尔盆地

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

Distribution and characteristics of carbonate cements in overpressure zone of Junggar Basin

Zhang Liqiang¹, Luo Xiaorong²

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266555, China;

2. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: Based on studies of carbonate cement characteristics, the distribution and generation environment of carbonate cements in overpressure zone of the Paleogene Anjihaihe Formation in the southern margin of Junggar Basin have been discussed in this paper by means of thin section observation, well-logging interpretation and O—C isotope analysis. The carbonate cements in the study area are mainly composed of sparry ferri-calcite in connected-crystal form, characterized by low AC, high RT and low GR. Vertically, the cemented layers mainly locate in the pressure-released zone and the overpressure transition zone, including the upper and the lower parts of overpressure top surface, the top of sandstone belt in the overpressure zone as well as the lithologic transition belt in thick overpressure mudstone. Most of the carbonate cements have high negative oxygen isotope values. They were formed before or during petroleum migration under high temperature.

Key words: carbon and oxygen isotope; carbonate cement; overpressure zone; Paleogene; Junggar Basin

近 10 多年来,准噶尔盆地南缘先后在呼图壁、卡因迪克、霍尔果斯、安集海、吐谷鲁等构造带有了较大的突破,显示了良好的勘探前景。目前,盆地南缘主要目的层段为古近系和下白垩统,储层性质整体较差,普遍存在高异常孔隙流体压力,勘探难度大^[1-3]。油气勘探历程表明,储层性质的好坏是制约勘探成败的关键因素之一,而碳酸盐胶结物的分布是影响古近系储层物性的重要因素^[1]。因此,分析碳酸盐胶结物的分布及其成因对有利储层预测有着重要的意义。

1 地质背景

准噶尔盆地南缘指乌鲁木齐以西、艾 2 井以东、依连哈比尔尕山以北,芳草湖以南的条形地带,主要包括北天山山前拗陷中的山前推覆带、四中背斜带、凹北背斜带,又称山前 3 排构造带或山前断褶带^[2-3](图 1)。第一排构造包括南安集海、齐古背斜等,第二排构造包括巴音沟、霍儿果斯、玛纳斯、吐谷鲁等背斜,第三排包括卡因迪克、独山子、安集海、呼图壁背斜等。

收稿日期:2011-04-11;修订日期:2011-06-07。

作者简介:张立强(1970—),男,博士,副教授,从事储层地质学及层序地层学研究。E-mail: liqiangzhangwxm@163.com。

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金、国家重点基础研究发展计划“973 计划”项目(2011CB201105)和国家科技重大专项项目(2011ZX05008-004)资助。

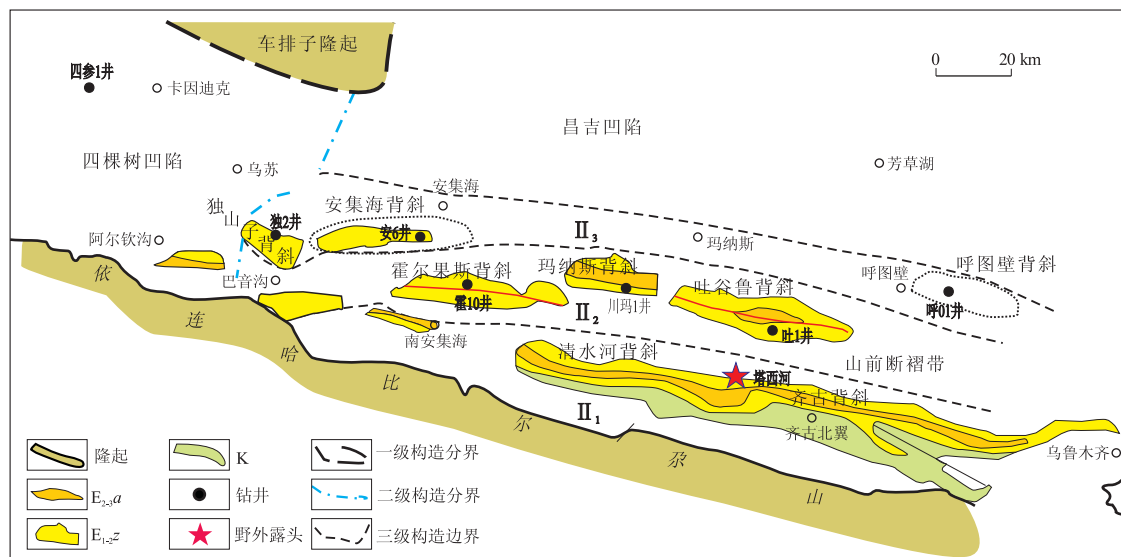


图1 准噶尔盆地南缘位置及构造纲要

II₁. 山前推覆带; II₂. 凹中背斜带; II₃. 凹北背斜带

Fig. 1 Location and tectonic division of southern margin of Junggar Basin

总体上,古近系呈南厚北薄楔状展布,与下伏白垩系为角度不整合接触^[1]。自下而上,古近系分为紫泥泉子组(E_{1-2z})、安集海河组(E_{2-3a})。安集海河组岩性为灰色湖相泥岩夹薄层粉、细砂岩等,自下而上分为3个岩性段:下段为紫色、灰色泥岩夹砂岩、含砾砂岩,具交错层理、波痕等沉积构造;中段以暗色泥岩为主夹薄层钙质砂岩,泥岩中富含介形虫、腹足类、双壳类、鱼类等化石;上段为紫色、灰色泥岩互层夹薄层砂岩^[4]。

2 压力分布特征

准噶尔盆地南缘古近系及下伏地层普遍发育超压^[1-3,5-9],吐谷鲁地区古近系(E_{2-3a} , E_{1-2z})储层段的压力系数达1.75~2.07。

超压顶面展布呈“层控”特点,超压带上部对应于区域性连续分布的安集海河组厚层泥岩,厚度超过1 km。图2为吐1井泥岩压实曲线及根据等效深度法计算出的泥岩地层压力纵向分布(虚线为静水压力线)。泥岩在新近系为正常压实,古近系及其下伏地层呈欠压实。吐1井偏离正常压实曲线的深度为347 m(图2),对应于安集海河组顶界,泥岩声波时差呈突变式增加的特征,由80 $\mu\text{s}/\text{m}$ 增加到120 $\mu\text{s}/\text{m}$,净增40 $\mu\text{s}/\text{m}$ 左右。据等效深度法计算出的吐1井异常压力在安集海河组(E_{2+3a})泥岩顶部开始出现,向下压力迅速增加,在安集海河组中部暗色泥岩段压力达到最大值;在安集海河组下部储层发育段,泥岩中的流体压力呈降低的趋势。安集海河组中上部泥岩发育段与下部储层发

育段的压力梯度明显不同,中上部欠压实泥岩层段形成了储层的优质压力封隔层。

由图2可知,根据声波时差计算的压力系数在安集海河组(E_{2+3a})中部泥岩发育段达到最高值,计算的压力系数达2.0左右,高异常压力与泥岩欠压实作用的关系紧密。在储层发育段,据压实曲线计算的泥岩层压力系数最高不过1.5左右,而实测砂岩层的压力系数高达1.75~2.07,与计算的压力系数相差很大。因此,仅欠压实作用不足以形成如此大的异常压力,侧向应力的挤压^[5-8]以及断裂活动所引起的他源流体充注^[9]可能是准噶尔盆地南缘古近系储层中异常压力产生的重要原因。

3 碳酸盐胶结层的识别及其分布

3.1 碳酸盐胶结层的识别特征

安集海河组砂岩中的碳酸盐胶结物含量变化大,一般为2%~20%,局部含量高,可达30%以上,大于10%的称为钙质胶结层。碳酸盐胶结物的类型主要为铁质亮晶方解石,胶结物的产状常见以下3种类型:1)连晶状铁方解石胶结,表现为对长石和岩屑及粘土基质的交代,形成局部碳酸盐胶结物富集,残余孔隙难以保存,为安集海河组碳酸盐胶结物的主要类型;2)粒状含铁方解石胶结,呈半自形粒状占据孔隙,个别样品见粒状含铁方解石充填于溶孔中;3)残余连晶状胶结,粒间溶孔发育,颗粒边缘见溶蚀残余方解石。

在分析取心井段碳酸盐含量与测井特征的基础上,对吐1井进行了砂岩碳酸盐胶结层的测井解释。

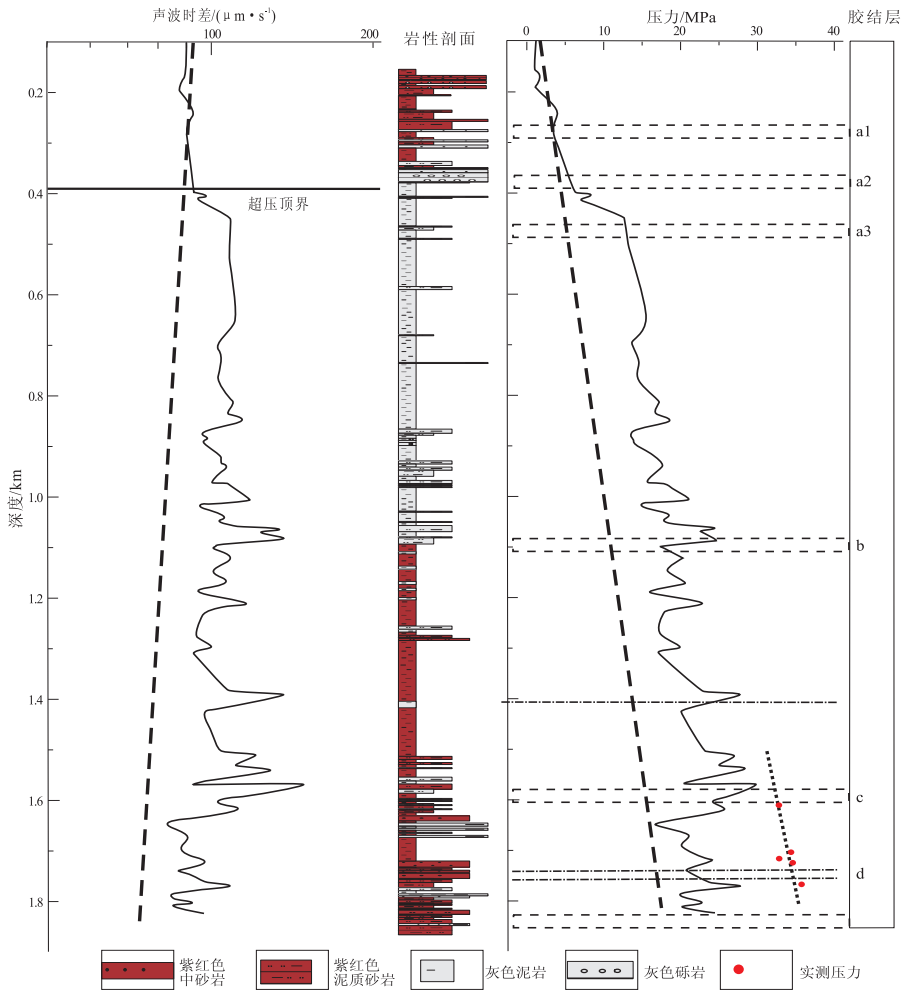


图 2 准噶尔盆地南缘吐 1 井的压力结构及碳酸盐胶结层的分布

a, b, c, d 为碳酸盐胶结带; 压力曲线为利用声波时差按等效深度法计算得到的泥岩层流体压力

Fig. 2 Pressure and carbonate cements distribution in well Tu1, southern margin of Junggar Basin

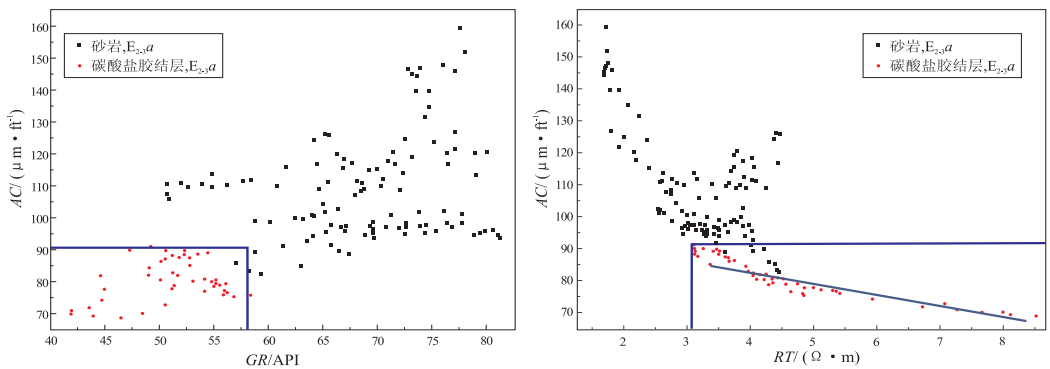


图 3 准噶尔盆地南缘吐 1 井碳酸盐胶结层的电性特征

Fig. 3 Electric property of carbonate cements in well Tu1, southern margin of Junggar Basin

图 3 为吐 1 井安集海河组碳酸盐胶结层及普通砂岩的测井交汇图, 碳酸盐胶结层具有低声波时差 (AC 为 $65 \sim 95 \mu s/m$)、较高电阻率 (RT 介于 $3 \sim 9 \Omega \cdot m$)、自然伽马值 (GR) 明显低于普通砂岩以及密度较高、中子孔隙度低的特征。

依据上述碳酸盐胶结层的电性特征, 对吐 1 井

等安集海河组碳酸盐胶结层进行了测井解释。测井解释出的吐 1 井碳酸盐胶结层有以下几段: a1 ($230 \sim 300 m$), a2 ($325 \sim 350 m$), a3 ($400 \sim 405 m$, $460 \sim 520 m$), b ($110 \sim 1120 m$), c ($1570 \sim 1610 m$), d ($1760 \sim 1770 m$), 其中 c, d 层的碳酸盐含量较低, 一般小于 20% ; a, b 层的碳酸盐含量高, 可达 35%

以上。测井解释与薄片中的结果非常吻合。

3.2 碳酸盐胶结层的分布特征

根据测井解释成果,纵向上胶结层的分布主要有以下几种类型:1)超压过渡带(超压顶界之下近150 m)及顶面之上近250 m的区域内,碳酸盐胶结物的含量相对较高,一般为10%~30%(图2中的a1,a2层);2)厚层超压泥岩中的岩性过渡带,如图2中吐1井的1110~1120 m(b层)和1395~1420 m井段,碳酸盐胶结带较薄,厚度一般小于5 m;3)超压带内砂岩发育段的顶部,吐1井1570~1610 m井段(图2中的c段),胶结层上部为厚层暗色泥岩,胶结层的碳酸盐胶结物含量高,局部大于30%。该层段出现多个次生溶蚀孔隙发育带,碳酸盐胶结作用和溶蚀作用强烈,胶结层和溶蚀带交互出现,胶结和溶蚀作用过程可能具有内在联系。

由图2可见,纵向上,超压带内的钙质胶结层主要对应于压力释放带及超压过渡带,钙质胶结层上下压力系数变小。

4 碳酸盐胶结物的形成环境

在对砂岩碳酸盐胶结物岩石学研究的基础上,选取样品进行了碳氧同位素测试。碳酸盐胶结物稳定同位素分析结果表明, $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 分布范围大多为-3‰~-10‰; $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ 分布相对集中,多在-10‰~-15‰之间(图4)。根据前人^[10]提出的氧同位素平衡温度计算公式: $t=16.9-4.38(\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}-1.2)+0.13(\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}-$

1.2)²,计算得到的安集海河组砂岩碳酸盐胶结物的氧同位素平衡温度相对集中,主要介于85~120℃,对应于Jansa等^[11]认为的晚期成因的铁质方解石的沉淀温度(95~105℃),说明胶结层大部分为晚期、较高温度下形成的。

吐1井及霍10井安集海河组砂岩碳酸盐胶结物的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为-5‰~-15‰, $\delta^{13}\text{C}$ 为-4‰~-10‰,同位素组成大多分布在Ⅲ区,个别样品分布在Ⅰ区(图4)。根据前人的研究^[12-14],Ⅰ区为埋藏较浅时与硫酸盐还原作用有关的碳酸盐;Ⅱ区为与甲烷细菌活动生成生物气有关的碳酸盐;Ⅲ区的碳酸盐与有机酸脱羧作用有关。安集海河组碳酸盐胶结物碳、氧同位素的分布特征说明,大部分碳酸盐胶结层与有机质热解作用的产物有关,先于或同时于油气运移期在储集层内形成,氧同位素呈高负值。

5 结论

1)安集海河组砂岩中的碳酸盐胶结物主要为连晶状铁质亮晶方解石,与普通砂岩相比,碳酸盐胶结层具有低声波时差、较高电阻率、低自然伽马、较高密度以及低中子孔隙度的特征。

2)纵向上胶结层主要分布于超压过渡带(超压顶界之下近150 m)及顶面之上近250 m的区域内,超压带内砂岩发育段的顶部,厚层超压泥岩中的岩性过渡带等压力释放带。

3)胶结层大部分为晚期、较高温度下形成的,与有机酸脱羧作用有关,先于或同时于油气运移期在储集层内形成,氧同位素呈高负值。

参考文献:

- [1] 雷德文,唐勇,常秋生. 准噶尔盆地南缘深部优质储集层及有利勘探领域[J]. 新疆石油地质,2008,29(4):435-438.
- [2] 李耀华. 淮南前陆盆地油气成藏条件及有利勘探区[J]. 天然气工业,2002,22(S1):51-55.
- [3] 李忠权,张寿庭,王洪辉,等. 准噶尔盆地南缘构造成因机理及其与油气聚集关系探讨[J]. 成都理工学院学报,1997,24(2):4-6.
- [4] 齐雪峰,吴晓智. 准噶尔盆地南缘安集海河组沉积环境及油气地质意义[J]. 新疆石油地质,2009,30(3):289-292.
- [5] 李忠权,陈更生,郭冀义,等. 准噶尔盆地南缘西部地层异常高压基本地质特征[J]. 石油实验地质,2001,23(1):47-51.
- [6] 查明,张卫海,曲江秀. 准噶尔盆地异常高压特征、成因及勘探意义[J]. 石油勘探与开发,2000,27(2):31-35.
- [7] 张闻林,张哨楠,陈义才,等. 准南西部地层超压分析[J]. 天然气工业,2004,24(1):26-29.

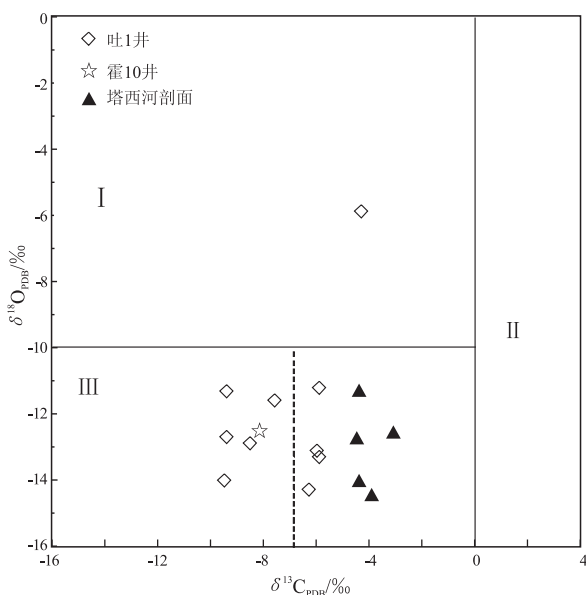
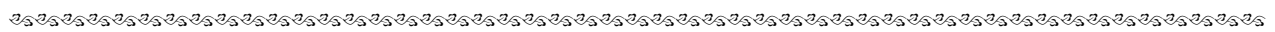


图4 准噶尔盆地南缘安集海河组砂岩碳酸盐胶结物碳、氧同位素分布

Fig. 4 Carbon and oxygen isotopes distribution in carbonate cements in sandstones from Anjihaihe Formation, southern margin of Junggar Basin

- [15] 张卫海,查明,曲江秀. 油气输导体系的类型及配置关系[J]. 新疆石油地质,2004,24(2):118-121.
- [16] 江文龙,周雯雯. 珠三拗陷成岩作用与油气聚集[J]. 沉积学报,1998,16(4):91-97.
- [17] 徐新德,黄保家,李里,等. 珠三拗陷琼海凸起油气运聚研究[J]. 石油勘探与开发,2000,27(4):41-44.
- [18] 姜华,王华,李俊良,等. 珠江口盆地珠三拗陷油气成藏模式与分布规律[J]. 石油与天然气地质,2009,30(3):275-281.
- [19] 徐思煌,朱义清. 烃源岩有机碳含量的测井响应特征与定量预测模型:以珠江口盆地文昌组烃源岩为例[J]. 石油实验地质,2010,32(3):290-295.
- [20] 于水明,施和生,梅廉夫,等. 过渡动力学背景下的张扭性断陷:以珠江口盆地惠州凹陷古近纪断陷为例[J]. 石油实验地质,2009,31(5):485-489.
- [21] Nie Fengjun, Li Sitian, Xie Xinong, et al. Lateral Migration Pathways of Petroleum in the Zhu III Subbasin, Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Marine and Petroleum Geology, 2001,18(5):561-575.
- [22] Nie Fengjun, Li Sitian, Wang Hua, et al. Study on Sequence Stratigraphy of Zhujiang and Zhuhai Formations, Zhu III Subbasin, Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Journal of China University of Geosciences, 2001,12(1):11-21.
- [23] Nie Fengjun, Li Sitian, Wang Hua, et al. Vertical Migration of Petroleum via Faults in the Zhu III Subbasin, Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Journal of China University of Geosciences, 2001,12(2):117-126.
- [24] Ru K, Pigott J D. Episodic rifting and subsidence in the South China Sea[J]. AAPG Bulletin, 1986,70(9):1136-1155.
- [25] 朱伟林,黎明碧,吴培康. 珠江口盆地珠三拗陷石油体系[J]. 石油勘探与开发,1997,24(6):21-26.
- [26] Zhu Weilin, Li Mingbi, Wu Peikang. Petroleum systems of the Zhu III subbasin, Peral River Mouth basin, South China Sea[J]. AAPG Bulletin, 1999,83(6):990-1003.
- [27] 季洪泉,王新海. 珠江口盆地西部文昌 A 凹陷油气勘探潜力分析与预测[J]. 天然气地球科学,2004,15(3):338-342.
- [28] Jones P H, Wallace R H Jr. Wallace and Hydrogeological aspects of structural deformation in the northern Gulf of Mexico basin[J]. Journ Res USGS, 1974,2 (5):511-517.
- [29] Price L C. Utilization and documentation of vertical oil migration in deep basins [J]. Journ Petro Geol, 1980,2(2):352-387.
- [30] Galloway W E. Epigenic zonation and fluid flow history of uranium-bearing fluvial aquifer systems, South Texas uranium province [R]. Austin: The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology, report of investigations 119,1982:31.
- [31] 陈桂华. 珠江口盆地珠三拗陷南边界断裂发育方式分析及其意义[J]. 海洋石油,2002,113(2):33-38.
- [32] 姜华,王华,刘军,等. 珠江口盆地珠三拗陷神狐组—恩平组沉积时期南断裂活动性对沉积的控制作用[J]. 地质科技情报,2009,28(2):49-53.
- [33] 龚再升,李思田. 南海北部大陆边缘盆地油气成藏动力学研究[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [34] 王斌,祝春荣,丰勇. 珠江口盆地番禺低隆起油气输导体系及运移脊线[J]. 海洋石油,2006,26(1):1-6.
- [35] Perkins H. Fault closure type fields, SE Louisiana, Gulf Coast Assoc. Geol[J]. Socs Trans, 1961,11:177-184.
- [36] Smith D A. Theoretical considerations of sealing and non-sealing faults[J]. AAPG Bulletin, 1966,50(2):363-374.
- [37] Smith D A. Sealing and nonsealing faults in Louisiana Gulf Coast Salt basin[J]. AAPG Bulletin, 1980,64(2):145-172.

(编辑 黄娟)



(上接第 391 页)

- [8] 王震亮,孙明亮,耿鹏,等. 淮南地区异常地层压力发育特征及形成机理[J]. 石油勘探与开发,2003,30(1):32-34.
- [9] 罗晓容,肖立新,李学义,等. 准噶尔盆地南缘中段异常压力分布及影响因素[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2004,29(4):404-413.
- [10] 陈丽华,姜再兴. 储层实验测试技术[M]. 东营:石油大学出版社,1994:161-162.
- [11] Jansa L F, Noguera Urrea V H. Geology and diagenetic history of overpressured sandstone reservoirs, venture gas field, offshore Nova Scotia, Canada [J]. AAPG Bulletin, 1990,74(10):1640-1658.
- [12] 郭宏莉,王大锐. 塔里木油气区砂岩储集层碳酸盐胶结物的同位素组成与成因分析[J]. 石油勘探与开发,1999,26(3):31-35.
- [13] Irwin H, Curtis C, Coleman M L. Isotopic evidence for source of diagenetic carbonates for med during burial of organic-rich sediments[J]. Nature,1977,269:209-213.
- [14] Hutcheon I, Abercrombie H J, Putnam P E, et al. Diagenesis and sedimentology of the Glearwater Formation at Tucker Lake[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1989,37(1):83-97.

(编辑 黄娟)