

文章编号: 1001-6112(2008)05-0435-04

苏北盆地深层古生界结构与海相油气勘探

范小林, 方成名, 吕俊祥, 潘文蕾

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 苏北盆地深层古生界沉积实体由于多期构造运动的更迭, 其先期原始结构已面目全非。根据地表地质调查和地下地球物理信息, 开展地质—地球物理综合解释, 得出盆地深层古生界现今结构为“双层结构”, 且不具有完全的继承性。联系区域上古油藏破坏残留迹象, 建议用构造思路研究该地区的海相油气, 为区域性油气勘探目标提供相关科学依据。

关键词: 海相油气勘探; 深层结构; 古生界; 苏北盆地

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

PALEOZOIC DEEP STRUCTURE AND MARINE PETROLEUM EXPLORATION IN THE NORTHERN JIANGSU BASIN

Fan Xiaolin, Fang Chengming, Lü Junxiang, Pan Wenlei

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum
Exploration and Production, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Due to stages of tectonic movements, deep sediments of Paleozoic in the Northern Jiangsu Basin have been completely transformed. Based on field geologic survey and underground geophysical data, geologic—geophysical comprehensive interpretations have been done. Paleozoic deep in the basin can be divided into 2 layers presently and is not totally inheritant. Combined with destroyed ancient accumulations regionally, it is suggested that tectonic ways should be used in marine petroleum explorations in the region.

Key words: marine petroleum exploration; deep structure; Paleozoic; the Northern Jiangsu Basin

1 区域构造背景

苏北中生代盆地叠加在经历了晚印支期以来强烈构造活动的下扬子古生代地台之上, 大致以北北东—北东向断裂带和东西向构造带复合或联合, 具明显网状构造风格^[1]。这无疑反映了自晚印支—早燕山期以来, 区域上受东亚大陆与西太平洋块体之间相向运动的多期构造作用叠加影响, 在下扬子区板内发育相向挤压与反扭运动。根据地表地质调查、区域地震资料 and 大地电磁测深剖面综合地质解释, 可将下扬子区现今大地构造轮廓归纳于图 1, 究其与海相油气的关系, 无不与其内部古生界沉积实体现今以“残留盆地”^[2,3]保存下来的结构特征有密切联系。因此, 探讨苏北古生代盆地现今结构特征, 具有现实的油气勘探意义。

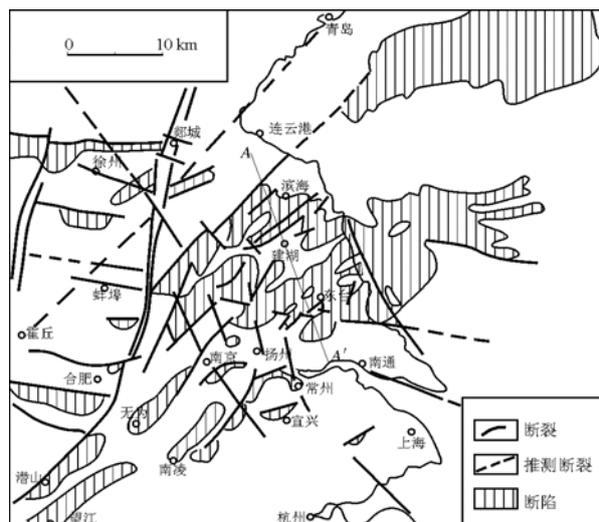


图 1 下扬子(苏北)盆地区域构造

Fig. 1 Regional tectonic of the Northern Jiangsu Basin in the Lower Yangtze area

收稿日期: 2007-08-08; 修订日期: 2008-07-30。

作者简介: 范小林(1954—), 男, 高级工程师, 主要从事盆地地球物理和石油地质研究。E-mail: fanxl@mail.wuxisuo.com。

2 苏北盆地深层古生界结构

2.1 盆地北部边缘

通过对盆地北部边缘的地表地质观察(锦屏磷矿海州群底部含磷矿层),中新元古界锦屏群/云台山群为区域动力变质(变粒岩、石英片岩、绿片岩相),古元古界东海群为混合花岗岩(糜棱岩化与鞘褶皱),与中新元古界锦屏群/云台山群之间呈断层接触关系,元古界变质岩内部存在一些剪切构造。结合地震反射剖面、毛北703孔^[4]与地表地质联合解释可知,苏北盆地北部(涟水凹陷)0~2 s 双程反射时间段的反射波组以似层状但错断为特征,深层双程反射时间 2~8 s 段的反射同相轴结构大致呈平行状;而与其相邻之北侧(韩山—东海)地表为变质岩地区的相同反射时间的层位,以“X”型或斜列状反射且错断为特征^[5,6](图2),其中若干斜列层状反射代表了太古界与元古界地层之间、以及元古界地层内部的物性(波速、密度)变化界面。结合地表地质调查和郟庐断裂研究成果^[7],联系变质岩及沉积岩地区深层反射同相轴错断特征,可以认为,该地区地表构造剪切迹象^[8]在地下深层同样存在。在该构造作用发生的同时,形成白垩纪—第三纪伸展断陷盆地(涟水凹陷),受其影响,深层古生代盆地实体也经历了改造,以“残留盆地”形式保存下来。

2.2 盆地南部

据黄桥地区钻遇古生界井下资料和过江都段地震反射解释断面(图3),该区地下深层反射同相

轴似层状但不连续,表明海相古生界实体经历了晚印支—早燕山运动改造。在扬州段,结合苏南地表地质构造和地下反射波组交叉斜列现象可以推断,该区古生界地层逆冲推覆于下白垩统葛村组之上,其上又被上白垩统一古近系不整合覆盖,逆冲断层终止于第三系底界。而在高邮凹陷地下深层的2~6 s反射时间层段,同相轴断续层状反射,表明古生界实体先后经历了挤压与拉张构造运动,呈“冲隆”或“断拗”结构。晚白垩世—古近纪,由于下

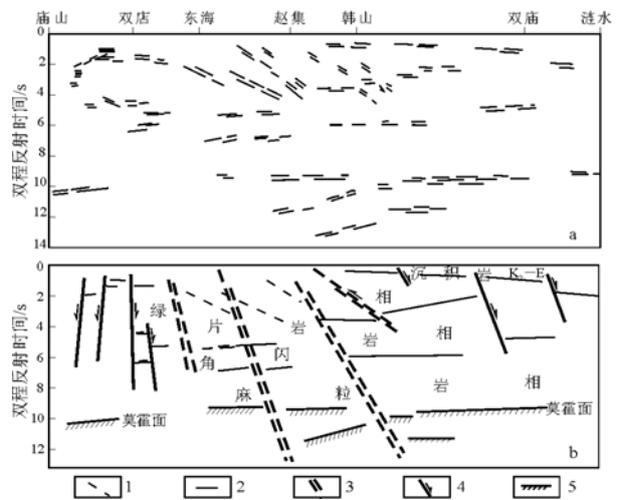


图2 苏北盆地北部边缘地震剖面反射结构(a)及地质解释断面(b)
1. 反射波同相轴;2. 岩相物性界面;
3. 韧性剪切带;4. 正断层;5. 地壳底界面

Fig. 2 Seismic structure (a) and geologic profile (b) at the northern margin of the Northern Jiangsu Basin

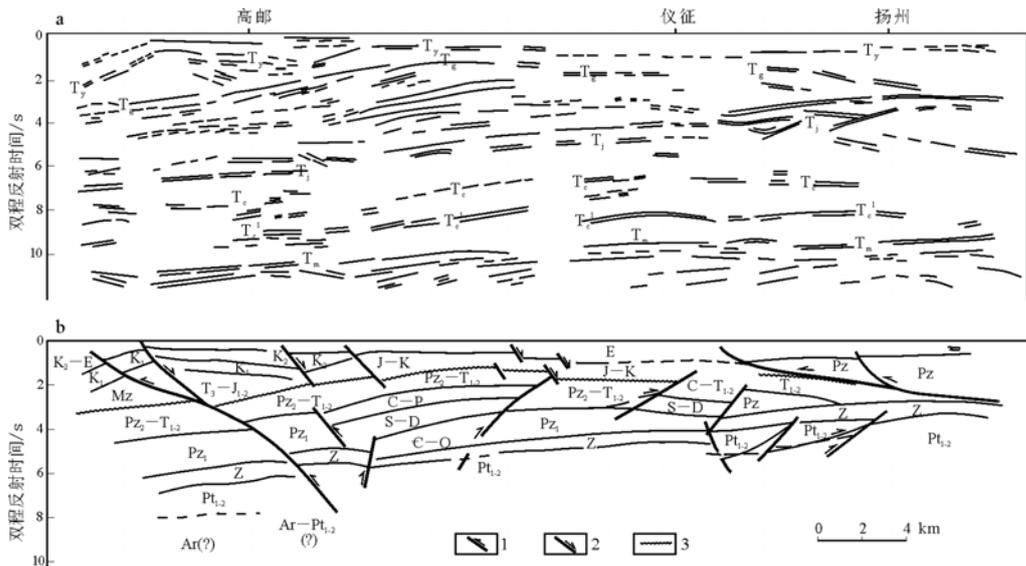


图3 苏北盆地 HQ—13 断面江都段地震反射结构(a)与地质解释剖面(b)

T_y. 燕山运动反射面; T_g. 古生界底反射面; T₁. 基底反射面; T_c. 中地壳底界面; T_m. 地壳底界面
1. 逆冲断层; 2. 正断层; 3. 不整合面

Fig. 3 Seismic reflection (a) and geologic profile (b) in Jiangdu area along line HQ-13 in the Northern Jiangsu Basin

扬子区紧靠西太平洋构造活动带,受太平洋板块相对东亚大陆俯冲作用影响,陆缘岩石圈深部扩展破裂(伸展大地构造背景),一些先期逆冲断层在晚燕山期沿相对早期冲断层面层滑正断,形成晚白垩世箕状断陷,继而控制新近纪沉积凹陷,部分凹陷与现今古生代“残留拗陷”具有一定继承性(图3)。

根据苏南地区地表地质构造迹象,参考钻井和地球物理资料^[9,10]以及江宁—丹阳地震解释断面(图4),对苏北南部及苏南地区海相地层顶部构造地质(图5)^[11]进行重新认识。整个苏北盆地东台拗陷海相中—古生界沉积实体经历了印支运动以后的隆升“变形”和燕山运动以后的错动“变位”。依据新生代盆地构造单元划分,海安和金湖2个新生代断(凹)陷似乎与古生界深埋有很好的对应性;洪泽和高邮2个新生代凹陷对应的深层古生界则发生了大的“变形、变位”,没有继承性且下古生界隆升浅埋。新老构造既有不同,又有联系:相对古生界隆起的,包含早燕山期因构造隆升而形成的“复背斜”,而相对古生界深埋的,则以“残留盆地”保存。

2.3 盆地内部

笔者近年来对横贯苏北盆地的大地电磁测深剖面再次研究表明:苏北盆地浅层中生界电性层特征是以正常线性梯度递增(10~100 Ω·m);深层古生界电性特征则为“高阻灰岩(上古生界:3~5 km,大于100 Ω·m)—低阻砂泥岩(志留—泥盆系:3~7 km,小于100 Ω·m)—中高阻碳酸盐岩(下古生界:5~10 km,200~500 Ω·m)—甚高阻变质岩(元古界及部分侵入岩:10 km上下,1 000~大于1 000 Ω·m)”垂向分层。据此,并参照重力场、磁场特征以及区域反射地震剖面(G44线、HQ—13线)资料,结合地表地质露头和部分钻井数据,重新进行地质—地球物理综合解释,给出苏北盆地内部深层古生界实体现今的结构面貌

(图6)。

由图6可知,现今苏北盆地内部具“双层结构”:以古生界地层为主的“下构造层”,以冲隆构造或冲断构造为特征,代表印支运动构造形变痕迹;而以中生界沉积实体为代表的“上构造层”,则是以晚侏罗世以来伸展大地构造背景下发育的伸展块断(拗)构造面貌为特色,两者不具有完全的继承性,前者与苏南地区浅层及地表发育的古生界复杂构造相一致。由此,为勘探家认识地下古生界“残留盆地”结构特征,提供了很好的基础资料。

3 构造与海相油气勘探

现今下扬子区见到的露头海相“古油藏”,大都经历了后期隆升剥蚀、烘烤热度、淋滤冲刷、开启散失等地质作用过程,对油气成藏不利^[12],苏北盆地

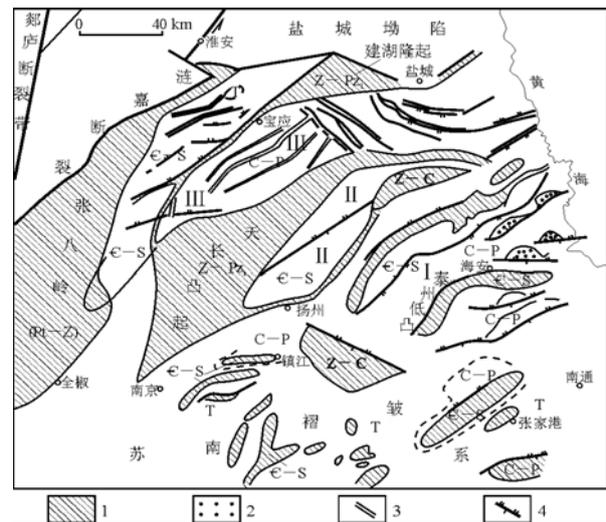


图5 苏北南部与苏南地区海相地层顶部构造^[11]

1. 古生界隆起区;2. 古生界拗陷区;3. 主要正断层;4. 主要逆断层;
I. 海安拗陷;II. 高邮拗陷;III. 金湖拗陷

Fig. 5 Tectonic map of marine strata surface in the south of Northern Jiangsu Basin and the Southern Jiangsu region

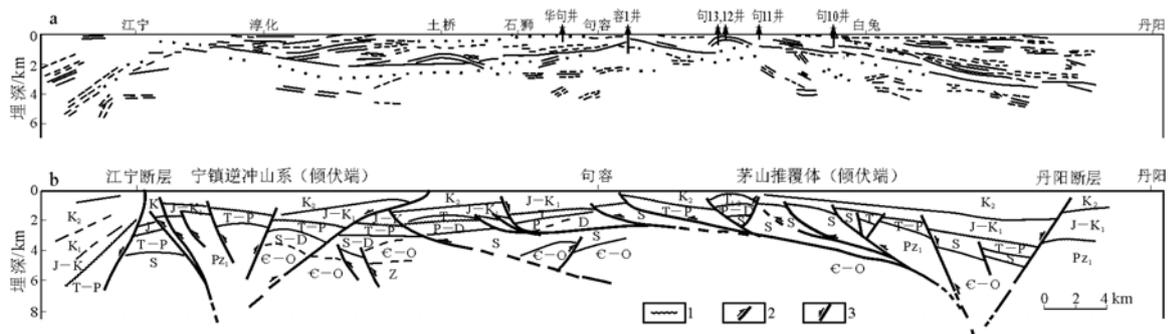


图4 苏南地区江宁—丹阳地震剖面(a)及地质解释断面(b)

1. 不整合面;2. 逆冲断层;3. 正断层

Fig. 4 Seismic structure (a) and geologic profile (b) from Jiangning to Danyang in the Southern Jiangsu region

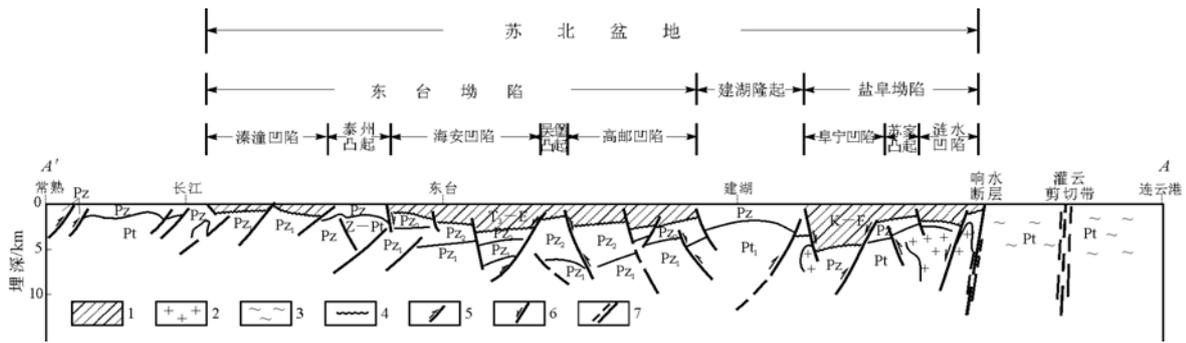


图6 苏北盆地现今地质结构、构造断面

剖面位置见图1。

1. 中新世界; 2. 侵入岩; 3. 变质岩; 4. 不整合面; 5. 逆断层; 6. 正断层; 7. 剪切带

Fig. 6 Geological structure cross section of the Northern Jiangsu Basin

内部及苏南复杂构造地区同样没有见到形成规模的海相油气显示。可见,研究构造对油气成藏的控制作用极为重要。

在苏北盆地内部的地球物理—地质综合解释断面段(图3,5),可以看到由若干电性界面、地震反射错断或反射界面代表的地质内涵,代表切割中新世界沉积盆地及其下伏古生界“残留盆地”的分界、盆地内部不同沉积层之间的物性变化、改造后的古生代盆地所构成的“冲隆构造”或“逆冲构造”、以及不同时代盆地的叠加关系等现象。总体上体现的现今构造面貌反映了燕山晚期(66±2 Ma)以来的构造隆升与推覆作用,倾向南东的压性冲断层对古生代盆地进行压、扭、张构造应力作用改造,冲断层在切割古生界形变地层后,继而再形成南掉或北掉正断层,并控制了新生代断(坳)陷盆地的发育。

苏南地区的浅层及地表推覆构造现象,在句容地区地质露头 and 钻井中都得到了验证^[13],江宁—丹阳地震剖面的同相轴结构也证实了其存在(图4)。因此,在地质解释方面,结合地表地质,原则上可以划分出推覆构造样式。依此所涉及的苏北东台坳陷南部古生界地层,应该存在类似构造现象,如盆地内部出现的“冲隆构造”(泰州凸起),在其周边存在地层褶皱现象(图3,5),导致地震反射弱或缺失(图3)。由此联系到盆地内部,由现今盆地结构为“双层”可知,苏北地区先后发育了古生代海相盆地与中生代伸展断—坳盆地。在古生代阶段海相生烃岩系集中发育。在新生代阶段陆相生烃岩系集中发育,不同体制下的盆地都有一定的生烃岩系发育,形成一定的油气体系。中生代以来的成盆期既是对以往古生代盆地的继承,又受到晚印支期以来构造活动的影响,油气成藏组合系统发生

变化,形成复杂的油气成藏史^[14~16]。从以上分析至少可以看到,燕山期以来的差异升降运动导致古生界隆起经受剥蚀,中生界坳陷接受沉积且对古生代盆地进行叠加,形成“古生中储”统一的成藏组合。而始新世(45 Ma)以后的再次伸展断—坳,新生代盆地自身构成了一套成藏组合。

近期研究成果表明^[17],南方地区海相中、古生界油气实现突破,应该重点研究古生代盆地现今的构造状况。原因是燕山期以来的多期次构造活动,多次打破了古生代时期形成的地下流体的温压平衡,改变了地壳乃至岩石圈各层块内部及其之间的地球物理和地球化学条件。苏北盆地深层古生界经历了燕山、喜山2次大的构造差异隆升与沉降运动,盆地构造格局发生改变,出现了复杂的“堑—垒”结构,从而控制了盆地内部局部隆起及背斜带的空间分布,为油气运聚途径和方向也随之改变创造了条件,从而有利于在现今的构造高部位或邻近高部位的边缘地带形成“古生古储”、“古生中储”、“古生新储”等多类型的成藏组合环境。

致谢:本文得到了笔者曾经工作过的原地矿部华东石油地质局的支持和帮助。并对中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所孙肇才、张渝昌、高长林、叶德燎教授的有益讨论和启发表示诚挚谢意!

参考文献:

- 1 江苏省地质矿产局. 江苏省及上海市区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1984. 612~721
- 2 刘光鼎. 试论残留盆地[J]. 勘探家,1997,2(3):1~4,45
- 3 高长林. 残留盆地之理解[J]. 石油实验地质,2007,29(4):封二
- 4 杨文采,方慧,程振炎等. 苏鲁超高压变质带北部地球物理调

参考文献:

1 胡宗全,周新科,张玉兰. 济阳拗陷前第三系油气勘探前景[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):655~660

2 常俊合,李新军,何江等. 东濮凹陷文古2井天然气地球化学特征及成因研究[J]. 天然气地球科学,2005,16(5):608~611

3 胡宗全,王传刚,张玉兰等. 渤海湾盆地东濮凹陷上古生界潜山油气成藏条件评价[J]. 石油实验地质,2004,26(6):553~556

4 林武,李政,李钜源等. 济阳拗陷孤北潜山带天然气成因类型及分布规律[J]. 石油与天然气地质,2007,28(3):419~426

5 张英利,赵长毅,朱炎铭. 华北地区上古生界二次生烃及成藏条件特征[J]. 沉积学报,2006,24(5):747~755

6 王毓俊,田在艺. 华北东部盆地油气勘探潜力与发展方向[J]. 石油学报,2003,24(7):7~12

7 梁生正,杨国奇,田建章等. 渤海湾叠合盆地大中型天然气田的勘探方向[J]. 石油学报,2001,22(6):1~4

8 王兆云,何海清,程克明. 华北区古生界原生油气藏勘探前景[J]. 石油学报,1999,20(2):1~6

9 胡宗全. 华北东部地区盆地叠合特征与古生界生烃史[J]. 现代地质,2006,20(4):585~591

10 梁生正,谢恭俭,马郡等. 华北石炭—二叠系残留盆地天然气勘探方向[J]. 天然气工业,1998,18(6):16~19

11 吴智平,李伟,任拥军等. 济阳拗陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨[J]. 地质学报,2003,77(2):280~286

12 常俊合,岳玉山,吕红玉等. 东濮凹陷上古生界热演化史与生烃期关系[J]. 石油勘探与开发,2004,31(2):32~34

13 周建林. 济阳拗陷上古生界煤成气成藏规律认识[J]. 地球科学与环境学报,2004,26(2):47~50

14 肖丽华,孟元林,李臣等. 冀中拗陷文安斜坡古生界成藏史分析[J]. 石油勘探与开发,2004,31(2):43~45

15 胡宗全,朱建辉. 华北东部地区上古生界天然气成藏条件分析[J]. 石油勘探与开发,2006,33(6):697~701

16 郑和荣,胡宗全. 渤海湾盆地与鄂尔多斯盆地上古生界天然气成藏条件分析[J]. 石油学报,2006,27(3):1~5

17 秦勇,张有生,朱炎铭等. 煤中有机质二次生烃迟滞性及其反应动力学机制[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2000,25(3):278~282

18 张润合,赵宗举,贺小苏等. 淮南煤矿山西组煤样的二次生烃模拟研究[J]. 石油勘探与开发,2004,31(4):25~28

19 刘洛夫,王伟华,李术元. 干酪根二次生烃热模拟实验研究[J]. 沉积学报,1995,13(增刊):147~150

20 李慧莉,金之钧,何治亮等. 海相烃源岩二次生烃热模拟实验研究[J]. 科学通报,2007,52(11):1322~1328

21 关德师,王兆云,秦勇等. 二次生烃迟滞性定量评价方法及其在渤海湾盆地中的应用[J]. 沉积学报,2003,21(3):533~537

22 邹艳荣,杨起,刘大锰. 华北晚古生代煤二次生烃的动力学模式[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1999,24(2):189~191

23 Magoon L B, Dow D W G. The petroleum system: from source to trap. AAPG memoir 60[M]. Tulsa: AAPG, 1994. 1~30

24 Isaksen G H. Central North Sea hydrocarbon system: generation, migration, entrapment, and thermal degradation oil and gas[J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(11):1545~1572

25 朱建辉,江兴歌,徐旭辉等. 苏北盆地海安凹陷曲塘—李堡地区新生代演化和油气响应评价[J]. 石油实验地质,2005,27(2):138~143

26 徐旭辉,江兴歌,朱建辉等. TSM盆地模拟:在苏北溱潼凹陷的应用[M]. 北京:地质出版社,1997

(编辑 韩 或)

(上接第438页)

查(II):非地震方法[J]. 地球物理学报,1999,42(4):508~519

5 杨文采,胡振远,程振炎等. 郯城—涟水综合地球物理剖面[J]. 地球物理学报,1999,42(2):206~217

6 杨文采,程振炎,陈国九等. 苏鲁超高压变质带北部地球物理调查(D):深反射地震[J]. 地球物理学报,1999,42(1):41~52

7 朱光,徐佑德,刘国生等. 郯庐断裂中—南段走滑构造特征与变形规律[J]. 地质科学,2006,41(2):226~241

8 程裕淇,常印佛,徐惠芬等. 大别—苏鲁造山带地质图(1:50万)说明书[M]. 北京:地质出版社,2003

9 陈沪生,周雪清,李道琪等. 中国东部灵璧—奉贤(HQ—13)地质断面图(1:100万)说明书[M]. 北京:地质出版社,1993

10 徐师文. 大地电磁测深在下扬子及邻区的应用[J]. 海相油气地质,1997,2(4):43~52

11 陈安定. 苏北南部、句容地区中生界构造特征[J]. 小型油

气藏,2006,11(1):1~16

12 吴元燕,平俊彪,付建林等. 中国油气藏破坏类型及分布[J]. 地质论评,2002,48(4):377~383

13 吴向阳,曾海东,金兴国等. 苏南SK1井钻探结果对下扬子区油气勘探的启示[J]. 石油勘探与开发,2000,27(5):5~7

14 周荔青,吴聿元. 苏北盆地浅层油气藏类型及分布特征[J]. 石油实验地质,2007,29(4):334~339

15 陈安定,黄仓明,杨芝文等. 皖南—浙西下古生界沂青成因及南方海相“有效烃源岩”问题探讨[J]. 海相油气地质,2004,9(1):77~83

16 袁玉松,郭彤楼,胡圣标等. 扬子苏南地区构造—热演化及烃源岩成烃史研究:以圣科1井为例[J]. 自然科学进展,2005,15(6):753~758

17 范小林,翟常博,邓模. 中新世构造运动在南方海相油气勘探中的意义[J]. 石油实验地质,2006,28(6):539~543

(编辑 韩 或)