

文章编号: 0253—9985(2009)06—0762—07

Bongor盆地油气成藏地质条件及分布规律初探

宋红日^{1,2}, 窦立荣², 肖坤叶³, 胡 勇², 任立忠²

(1. 中国地质大学, 北京 100083 2 中国石油天然气勘探开发公司, 北京 100034

3 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: Bongor盆地位于西非裂谷系和中非裂谷系交汇部位, 是受中西非裂谷系(WCARS)影响发育起来的中新生代裂谷盆地。Bongor盆地地下白垩统发育多套良好烃源岩、多套储集性能良好的砂体、有效的圈闭和 3 套封盖性能良好的区域性盖层及优越的生储盖组合配置, 构成其油气成藏的基本地质条件; 构造、构造—岩性复合型是主要的油气藏类型; 生油凹陷和成熟烃源岩分布范围、区域性盖层、储集砂体和二级构造带控制着油气分布; 北部斜坡带中段的深挖细找, 前中生界基岩、北部斜坡带东、西两侧以及南部陡坡带是今后油气勘探的方向。

关键词: 烃源岩; 储层; 油气成藏; Bongor盆地; 西非裂谷系

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

An exploratory research on geological conditions of hydrocarbon pooling and distribution patterns of reservoirs in the Bongor Basin

Song Hongri², Dou Lirong², Xiao Kunye³, Hu Yong², Ren Lichong²

(1. China University of Geosciences Beijing 100083 China

2. China National Oil and Gas Exploration and Development Corporation Beijing 100034 China

3. PetroChina Exploration & Development Research Institute Beijing 100083 China)

Abstract: The Bongor Basin, a Mesozoic rift basin developed under the influence of the West and Central Africa Rift Systems, is located in the joint of the West Africa Rift System and the Central Africa Rift System. The basic geological conditions in the Bongor Basin are favorable for hydrocarbon pooling, including multiple sets of quality source rocks in the Lower Cretaceous, multiple sets of sandbodies with good reservoir properties, effective traps, 3 quality regional seals and excellent source-reservoir seal combinations. The structural traps and the structural-lithologic traps are predominant. The distribution of hydrocarbons is under the control of the distribution of hydrocarbon kitchen and mature source rocks, regional seals, reservoir sandbodies and secondary structural zones. For further exploration, the focus will be the middle section of the northern slope zone, pre-Mesozoic basement, east and west sides of the northern slope zone and the southern steep slope zone.

Key words: source rock; reservoir; hydrocarbon pooling; Bongor Basin; West Africa Rift System

Bongor盆地位于西非裂谷系和中非裂谷系交汇部位, 是受中西非裂谷系(WCARS)影响发育起来的中新生代裂谷盆地(图 1), 早白垩世沉积了巨厚的湖相碎屑岩(图 2), 晚白垩世—古新世发生了明显的构造反转。Bongor盆地已发现多个含油气构造, 勘探证实 Bongor盆地为—富含油气、具

有复式油气聚集特点^[1~14], 以中生界白垩系为主要目的层的沉积盆地。

1 地质概况

根据地震和重力资料, Bongor盆地近东西向

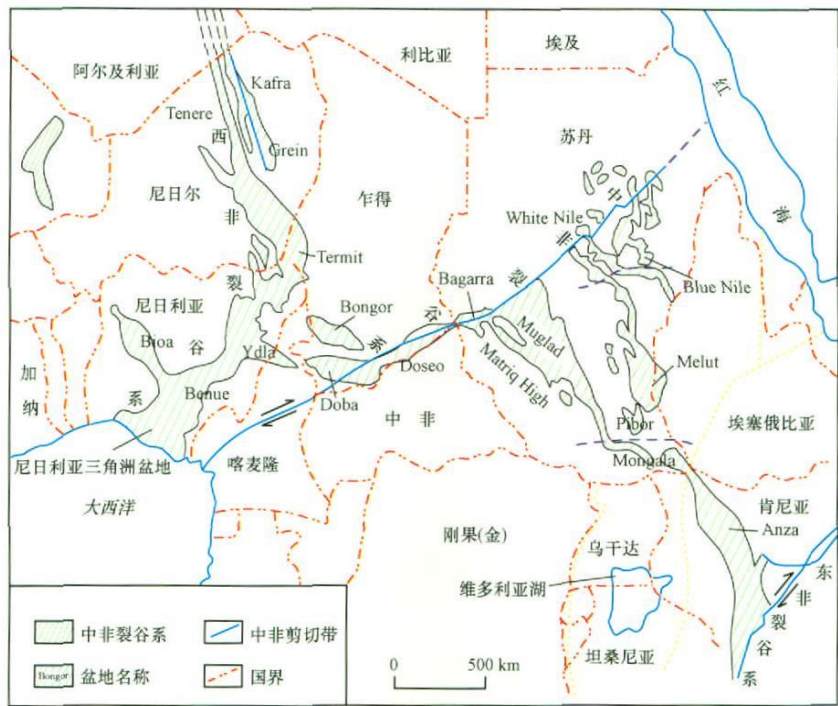


图 1 Bongor盆地位置图
Fig 1 Location of the Bongor Basin

展布, 平面上呈纺锤状, 中部宽度最大, 两端逐渐变窄, 东西长约 300 km 南北宽约 40~70 km 面积约 $1.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 3)。

Bongor盆地从东到西可分为 3 个凹陷, 呈凹凸相间的构造格局, 总体呈“南断北超”的半地堑形态, 主要沉积中心位于盆地东南部, 最大残余沉积厚度超过 6 000 m 向北地层厚度逐渐减薄。Bongor盆地与一般的半地堑盆地不同, 并不是一个简单的箕状断陷, 在盆地主体南断北超的构造背景上, 西侧局部呈现出北断南超的箕状断陷形态。

盆地内断层发育, 控凹断层和主断层走向为东西—北西西, 与盆地走向近于平行, 控凹断层面较陡直, 明显的控制了沉积, 而主断层大多对构造带的形成与展布有控制作用。

2 油气成藏地质条件

2.1 早白垩世发育的多套烃源岩提供充足的油源

Bongor盆地是在前寒武系结晶基底发育起来的中—新生代裂谷盆地, 受中非剪切带右行走滑活动的影响, 盆地早白垩世发生强烈拉张断陷, 形成

以南部为沉降中心的南陡北缓的裂谷盆地, 沉积了巨厚的下白垩统湖相碎屑岩。下白垩统湖相碎屑岩中烃源岩发育, 仅钻井揭示的烃源岩厚度可达 700 m 岩性主要为灰色、深灰色泥岩和页岩。烃源岩厚度大, 分布范围广, 成熟烃源岩几乎全盆地发育。此外烃源岩有机质丰度高、质量好, 例如 Naramay-1 井几乎全井段发育好的烃源岩, 泥岩岩屑样品分析的 TOC 最高可达 6.95%, 平均为 1.98%; 有机质类型主要为 II 型和 I 型; 生烃潜量 ($S_1 + S_2$) 最高达 53.68 mg/g 平均为 9.65 mg/g 下白垩统烃源岩在盆地内广泛发育为油气的富集奠定了坚实的物质基础。

2.2 储集性能良好的砂体叠合连片

Bongor盆地地下白垩 Cailcedra, Mimoso, Kubla 和 Ronje 组 4 套地层为泥夹砂、砂夹泥或砂泥岩互层沉积, 三角洲相、扇三角洲相、滨浅湖相等砂体发育, 各类砂体纵向上厚度大、平面上叠合连片、分布范围广。揭露较多的 Mimoso, Kubla 和 Ronje 组纵向上均发育多个砂层组 (表 1)。

目前以上各层系均有油气发现, 已成为盆地内部重要的勘探和开发层系。

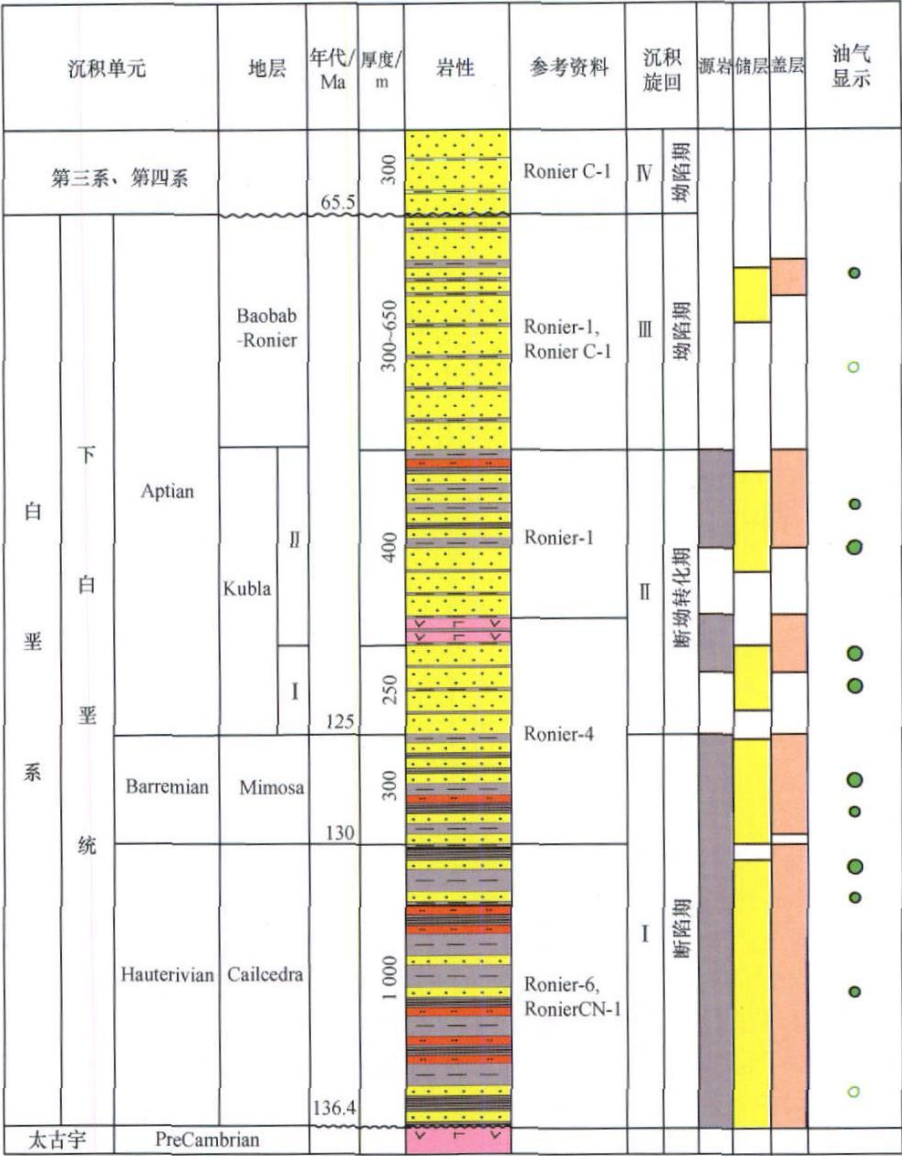


图 2 Bongor 盆地地层综合柱状图
Fig. 2 Stratigraphic column of the Bongor Basin

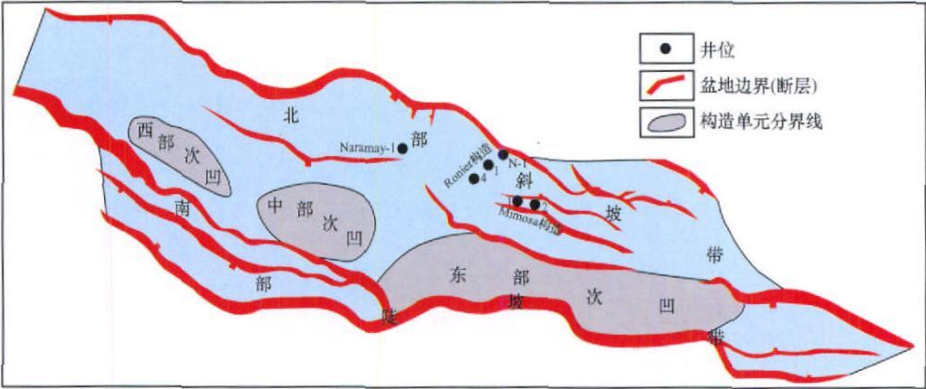


图 3 Bongor 盆地构造单元区划
Fig. 3 Structural division of the Bongor Basin

表 1 Bongor盆地地下白垩统储层参数
Table 1 Reservoir parameters of the Lower Cretaceous in the Bongor Basin

层位	砂层组 /个	厚度 /m	Φ , %	Φ , %	$K/(10^{-3} \mu m^2)$	$K/(10^{-3} \mu m^2)$
Mimosa组	2~4	20~50	10~22	18.4	67~768	190
Kubla组	3~6	60~140	12~25	22.1	13.7~1 653.0	683
Ronjer组	3~5	150~210	10~33	25.0	33~661	286

2.3 多套泥页岩发育段形成良好的盖层

根据目前的钻探成果, Bongor盆地地下白垩统发育 3 套分布稳定的泥页岩盖层, 即 Kubla组上部, Mimosa组以及 Cailcedra组, 上述各套盖层控制了油气纵向分布, 也形成了盆地内最重要的三套储盖组合。第一套盖层为 Cailcedra组页岩。Cailcedra组沉积时, 沉积环境以深湖环境为主, 泥页岩发育, 地层厚度较大, 目前仅揭露其上部地层; 岩性大致可以分为上下两部分, 上部主要为厚层暗色泥、页岩夹薄层灰色、浅灰色砂岩, 下段为泥、页岩与砂岩互层。Cailcedra组泥、页岩为 Cailcedra组内部砂岩提供了良好的封盖条件, 同时也是盆地重要生油层段。第二套盖层为 Mimosa组页岩(少量泥岩)。区域上分布稳定, 是 Bongor盆地的第二套区域性盖层, 单层厚度一般 5~10 m, 最大单层厚度为 40 m。Mimosa组岩性主要为灰色、深灰色页岩与灰色、浅灰色薄层砂岩、粉沙岩互层或灰色、深灰色页岩夹灰色、浅灰色薄层砂岩、粉沙岩。其内部的灰色、深灰色页岩(少量泥岩)既为其下的砂岩储层提供了良好的封盖条件, 也是 Bongor盆地主要生油层段。第三套盖层为 Kubla组上部泥、页岩。该套泥页岩为 Bongor盆地的第三套区域性泥、页岩盖层, 一般其顶部为泥岩, 向下逐渐变化为页岩, 由南部深凹区向北部斜坡带泥、页岩厚度和泥地比逐渐减小, 钻井揭露的泥、页岩厚度为 51.6~271.0 m, 泥地比为 34.4%~97.5%, 其下封盖了 Bongor盆地的绝大部分油气储量。

2.4 长期、多次发育的圈闭为油气聚集提供了有利场所

Bongor盆地经历了早白垩世裂陷、拗陷以及晚白垩世—古新世构造反转等构造演化阶段, 形成了现今主体南断北超的箕状断陷, 发育了多个凹陷和次级构造带。其中北部斜坡带白垩世早期开始形成, 长期继承性发育, 晚白垩世—古新世南

北挤压应力场造成的构造反转使构造得到进一步改造和加强, 并最终定形。该构造带构造形成时间早, 地处主要烃源岩热演化成熟区, 长期处于南部深凹区成熟烃源岩油气运移的有利指向区, 加上大面积叠合连片的砂体以及与生油岩沟通的大小断裂与之配套, 因而具有得天独厚的成藏条件, 成为油气聚集的有利场所。

2.5 生储盖组合好、含油气层系多

Bongor盆地地下白垩统发育 4 套主要储盖组合: ① Cailcedra组砂岩储油, 泥、页岩封盖的储—盖组合; ② Mimosa组中下部砂岩储油, 顶部泥、页岩封盖的储—盖组合; ③ Kubla组中下部砂岩储油, 顶部泥、页岩封盖的储—盖组合; ④ Ronjer组砂岩储油, 内部泥岩封盖的储—盖组合。此外还有 Kubla组内部火成岩封盖, 砂岩储油的局部储盖组合以及 Baobal组内部储盖组合等。

目前, Bongor盆地已在①, ②, ③, ④ 4 套储盖组合以及 Kubla组内部火成岩—砂岩储盖组合中发现油气藏, 在 Baobal组储盖组合中见到了油气显示。Kubla组、Mimosa组和 Cailcedra组储盖组合以区域性分布泥、页岩为盖层, 具有良好的封盖条件, 是盆地内最重要的两套储盖组合, 目前发现的油气大多位于上述组合内, 提供了 Bongor盆地的大部分油气储量。

3 油气分布规律

3.1 油气藏类型

Bongor盆地已发现 Ronjer Mimosa两个油气田及多个含油气构造, 根据圈闭的成因, 大体可划分为构造油气藏、构造—岩性复合型油气藏两大类型。

3.1.1 构造油气藏

构造油气藏主要类型有披覆背斜油气藏、反转背斜油气藏和断块油气藏等。

披覆背斜油气藏: 以 Mimosa构造为代表, 早期基底背景下形成披覆背斜构造, 往往伴生有同生断层, 后期与盆地一起发生反转, 早期的背斜得到进一步改造和加强。同生断层与晚期断层比较发育, 切割背斜而成断裂背斜, 油气水关系变化较大。披覆背斜圈闭规模大、含油气层位多、含油气丰度高 (图 4)。

反转背斜油气藏: 以 Ronier-1背斜为代表, 后期盆地反转背景下挤压形成背斜, 之后冲注油气形成油气藏, 其背斜构造的闭合度一般控制着油藏的油气分布, 往往具有统一的油气水界面和统一的流体压力系统。

另外盆地内还发育有滚动背斜油气藏, 如 Ronier-N-1滚动背斜构造。

断块型油气藏: 该类油气藏受断层侧向封堵条件的控制, 每个断块具独立的油水系统。如 Ronier-5块的 Kubla组上部油藏等。

3.1.2 复合型油气藏

复合型油气藏受构造与岩性双重因素控制, 可细分为构造-岩性油气藏与岩性-构造油气藏。目前发现的 Cailcedra组油气藏多属于复合型油气藏, 既有构造的因素, 也有岩性的影响。

由于勘探程度低, 目前 Bongor盆地还没有发现真正的岩性油气藏, 随着勘探工作的深入开展, 岩性油气藏将会有发现, 例如南部陡坡带是岩性油气藏发育的理想场所。

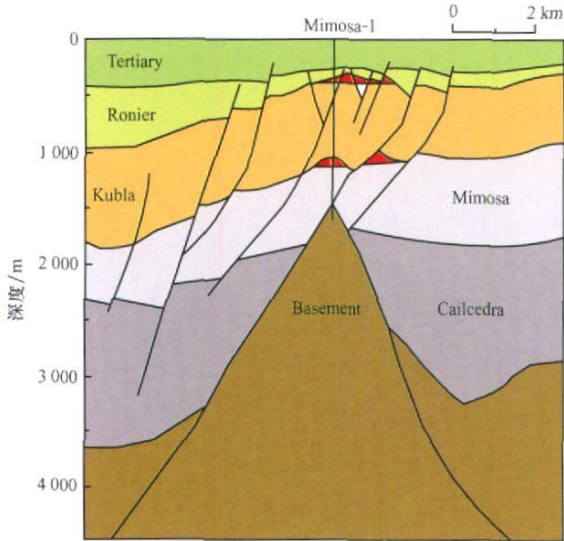


图 4 Mimosa油藏示意图

Fig 4 Diagrammatic profile of Mimosa oil pool

3.2 油气分布规律

3.2.1 生油凹陷及成熟烃源岩分布范围控制了油气的平面分布

油气分布主要受生油凹陷和成熟烃源岩的控制, 盆地从东到西分为 3 个凹陷, 主力生烃凹陷位于东南部, 另外地化分析资料表明盆地东部大部分地区都分布有成熟烃源岩, 目前已发现的油气藏均位于或邻近生油拗陷和成熟烃源岩分布区, 油气藏油源条件的好坏决定着油气藏的丰度高, 条件好丰度高, 条件差丰度低。

3.2.2 区域性盖层控制了油气的垂向聚集层位

钻探成果证实, Bongor盆地下白垩统发育 Kubla组上部、Mimosa组及 Cailcedra组 3 套稳定分布的泥、页岩盖层, 具有良好的封盖条件, 控制了油气垂向的聚集和分布, 目前已发现的油气藏主要位于上述 3 套盖层下, 只有当断层或构造反转破坏了上述封盖体系的完整性之后, 油气才在上覆地层中发生二次聚集。

3.2.3 储集砂体和储集性能限定了油气的聚集丰度

储集砂体的分布限定了油气分布的范围。如 Ronier-4油藏储集性能良好的砂体主要分布于 Ronier-4井区, 形成了规模油气藏。其南侧无砂体或仅分布有很薄的薄砂层, 储层物性差, 因而未形成有效的油气聚集。

3.2.4 二级构造带是油气聚集的有利场所, 具有复式油气聚集带的特征

构造研究表明: ①早白垩世 Bongor盆地断裂活动强烈, 造成基底地形复杂, 单面山、地垒、断块等发育, 明显控制着盖层构造和沉积, 形成基岩披覆、两侧地层超覆以及岩性圈闭; ②多期发育的断层也控制了盖层的沉积和圈闭的形成, 如逆牵引圈闭、断层-岩性圈闭和断块圈闭等; ③晚白垩世-古新世形成了反转背斜等圈闭。上述各类圈闭为油气聚集提供了良好的场所, 初步显示复式油气聚集带的特征, 如 Mimosa披覆构造带。

4 结语

基于勘探程度的原因, Bongor盆地目前找到的

油气藏类型主要是与构造成因有关的以背斜为主的构造油气藏, 层位上的油气发现只限于下白垩统内部, 勘探的地区还主要位于北部斜坡带中段, 无论从深度和广度来看, Bongor盆地都具有十分广阔的油气勘探前景。从油气藏类型上看, 目前发现的油气藏绝大部分都是面积和幅度较大的背斜构造油气藏, 还有小规模、低幅度的背斜, 断块、潜山、地层、岩性等油气藏等待去发现; 从勘探层位上看, 除下白垩统需进一步加强勘探外, 还应该加强对前中生界基岩潜山的勘探; 从勘探的区带上看, 除北部斜坡带中段仍需进一步深化勘探外, 其东、西两侧将是近阶段油气勘探的主攻方向。另外南部陡坡带也是构造油气藏和岩性油气藏发育的有利地区, 也需要加强勘探的投入, 有望形成突破。

致谢: 衷心感谢指导、支持和参加本项目的相关人员。

参 考 文 献

1 Genik G J Regional framework structural and Petroleum aspects of rift basins in Niger Chad and the Central African Republic [J]. Tectonophysics 1992 213 169~185

2 Genik G J Petroleum Geology of cretaceous-Tertiary rift basins in Niger Chad and central African republic [J]. AARG Bulletin 1993 77 1 405-1 434

3 陈忠民, 刘洛夫, 卞德智, 等. 乍得南部 B盆地地下白垩统碎屑岩储集层成岩演化及特征 [J]. 石油勘探与开发, 2006 33(2): 250~254

4 陈忠民, 卞德智, 潘校华, 等. 中非地区 B盆地地下白垩统储层特征及其控制因素 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006 36(6): 976~981

5 窦立荣, 潘校华, 田作基, 等. 苏丹裂谷盆地油气藏的形成与分布—兼与中国东部裂谷盆地对比分析 [J]. 石油勘探与开发, 2006 33(3): 255~261

6 童晓光, 窦立荣, 田作基, 等. 苏丹穆格莱特盆地的地质模式和成藏模式 [J]. 石油学报, 2004 25(1): 19~24

7 窦立荣. 苏丹迈努特盆地油气成藏机理和成藏模式 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2005 24(1): 50~57

8 肖坤叶, 黄人平, 林金逞, 等. 中非迈卢特盆地 Adar-Yale油田油藏特征及勘探方向 [J]. 现代地质, 2003 17(增刊): 124~129

9 吕延仑, 何碧竹, 王秀林, 等. 中非穆格莱德盆地 Fula凹陷石油地质特征及勘探前景 [J]. 石油勘探与开发, 2001 28(3): 95~98

10 张亚敏, 陈发景. 穆格莱德盆地形成特点与勘探潜力 [J]. 石油与天然气地质, 2002 23(3): 236~240

11 窦立荣. 油气藏地质学概论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001

12 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 油气成藏期研究新进展 [J]. 石油与天然气地质, 2005 26(3): 271~276

13 田纳新, 陈文学, 霍红, 等. 利比亚锡尔特盆地油气地质特征及有利区带预测 [J]. 石油与天然气地质, 2008 29(4): 485~490

14 夏在连, 刘树根, 王国芝, 等. 中伊朗盆地卡山地区 Aran构造带油气成藏 [J]. 油气地质与采收率, 2008 15(2): 24~26

(编辑 陈喜禄)

(上接第 761 页)

参 考 文 献

1 何登发, 陈新发, 张义杰, 等. 准噶尔盆地油气富集规律 [J]. 石油学报, 2004 25(3): 1~10

2 王惠民, 吴华, 靳涛, 等. 准噶尔盆地西北缘油气富集规律 [J]. 新疆地质, 2005 23(3): 278~282

3 黄第藩, 李晋超, 张大江. 克拉玛依油田形成中石油运移的地球化学 [J]. 中国科学(B辑), 1989 19(2): 199~206

4 王屿涛. 准噶尔盆地油气形成与分布论文集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002 275~280

5 瞿辉, 王社教. 玛湖—盆 1 井西凹陷二叠系含油气系统的形成与演化 [J]. 勘探家, 2000 5(3): 89~97

6 张立平, 王社教, 瞿辉. 准噶尔盆地原油地球化学特征与油源讨论 [J]. 勘探家, 2000 5(3): 30~35

7 王绪龙, 康素芳. 准噶尔盆地西北缘玛北油田油源分析 [J]. 西南石油学院学报, 2001 23(6): 6~8

8 林隆峰. 新疆克拉玛依油区油气勘探新思路 [J]. 中国石油勘探, 2007 (2): 76~81

9 林青, 林壬子, 王培荣, 等. 塔中北斜坡西部原油类型及主力油源层 [J]. 石油与天然气地质, 2001 22(2): 150~153

10 王屿涛, 惠荣跃. 准噶尔盆地西北缘油运移的地球化学研究 [J]. 石油实验地质, 1995 17(3): 265~271

11 林卫东. 查干凹陷原油地球化学特征与油源对比 [J]. 石油与天然气地质, 2000 21(3): 249~251

12 李涛, 隋风贵, 张奎华. 准噶尔盆地南缘油气成藏组合特征及分布规律 [J]. 油气地质与采收率, 2006 13(1): 55~58

13 魏东涛, 贾东, 赵应成, 等. 准噶尔盆地南缘原油地球化学特征 [J]. 石油与天然气地质, 2007 28(3): 433~440

14 Fu Jianq, Sheng Guoying Xu Jiayou et al Application of biological markers in the assessment of Petroleum environments of Chinese nonmarine sediment [J]. Organic Geochemistry 1990 16 769~779

15 Moldovan JM Sundaraman P Schpell M Sensitivity of biomarker properties to depositional environment and source input in the Lower Tertiary of SW Germany [J]. Organic Geochemistry 1986 10 915~926

16 姜向强, 柳广弟, 张年富, 等. 准噶尔盆地克百断裂封闭性研究及其对成藏的控制作用 [J]. 高校地质学报, 2008 14(2): 243~249

17 匡立春, 薛新克, 邹才能, 等. 火山岩岩性地层油藏成藏条件与富集规律——以准噶尔盆地克百断裂带上盘石炭系为例 [J]. 石油勘探与开发, 2007 34(3): 285~290

(编辑 李 军)