

穆格莱德盆地形成特点与勘探潜力^{*}

张亚敏, 陈发景

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 穆格莱德盆地形成演化可分为3期: (1) 早白垩世早期, 随着非洲-南美泛大陆裂开, 在穆格莱德产生了第一期伸展断陷盆地; (2) 早白垩世晚期到晚白垩世, 随着原始大西洋的产生, 形成了第二期伸展断陷盆地; (3) 新生代, 随着区域沉降, 该断陷盆地演化为伸展拗陷盆地。晚白垩世末, 在穆格莱德盆地南部有明显的挤压运动, 形成构造反转; 在盆地西北侧, 沿中非大断裂带有走滑运动, 使得图卢斯、巴加拉凹陷受到强烈的改造。穆格莱德盆地主要构造样式有半地堑、半地垒(或地垒)、伸展断块、滚动背斜、反转形成的挤压背斜和走滑活动形成的负花状构造等。滚动背斜、挤压背斜、地垒等构造是油气富集的主要场所。早白垩世早期充填了半深湖-深湖相的泥岩, 控制了烃源岩的分布。由于沉降中心不断向南转移, 在南区沉积了上白垩统优质的厚层泥岩, 形成了大油田的区域盖层。上述地质条件决定了穆格莱德盆地具有良好的勘探前景。

关键词: 断陷盆地; 滚动背斜; 反转构造; 花状构造; 油气勘探

第一作者简介: 张亚敏, 男, 44岁, 高级地质师(博士生), 石油地质

中图分类号: P618.130.2⁺1 文献标识码: A

穆格莱德盆地位于非洲苏丹国南部, 走向NW, 平面形态北宽南窄, 呈长楔形展布, 面积约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该盆地油气勘探始于20世纪70年代, 20世纪80至90年代进行了大规模石油勘探, 二维测网达 $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$, 三维地震数百平方公里, 钻井近百口, 探明地质储量约 $4 \times 10^8 \text{ t}$, 分布在南区, 主要油田已投入开发。近期, 在北区的福拉(Fula)凹陷发现新油田, 勘探获得新突破。

1 形成演化

1.1 第一期伸展裂陷

早白垩世早期, 即阿布加布拉(Abu Gabra)组沉积时期, 随着非洲-南美泛大陆裂开, 产生了穆格莱德第一期伸展断陷盆地^[1]。区域NE向伸展运动的结果, 形成了穆格莱德盆地NW向的构造系统(图1), 造成穆格莱德盆地主体部位诸断陷边界主断层以西倾为主, NW走向, 断陷均呈东断西超, 导致下白垩统阿布加布拉组东厚西薄, 下白垩统阿布加布拉(Abu Gabra)组厚达6 000 m, 是盆地唯一一套厚度巨大的半深湖-深湖相生油岩

系。

1.2 第二期伸展断陷

早白垩世晚期到晚白垩世, 即本蒂乌(Bentiu)组、达尔富尔(Darfur)群和阿马勒(Amal)组沉积时期, 随着原始大西洋的产生, 形成了第二期伸展断陷盆地, NEE向的拉张力, 在南区, 形成了NNW走向构造系统。该系统不仅走向与早白垩世的NW走向断裂系统具有一定夹角, 而且倾向相反, 即早白垩世的断裂为西倾, 晚白垩世的断裂为东倾; 也使南、北区的断陷结构发生改变。在许多早白垩世形成的东断西超断陷的缓侧, 晚白垩世形成了新的东倾主断裂, 使断陷由早白垩世的东断西超变为晚白垩世的西断东超, 沉积地层由下白垩统的东厚西薄变为上白垩统的西厚东薄。由于早期盆地受力南区弱北区强, 晚期盆地受力南区强北区弱, 两者相叠加, 使盆地北部断陷由早白垩世的单断箕状式变为晚白垩世的东深西浅的不对称地堑式^[2](图2), 盆地南区的断陷整体表现为“牛头状”典型地堑式, 同时, 在南区沉积了上白垩统优质的浅湖相的厚层泥岩, 形成大油田的区域盖层。

^{*} 中国石油集团总公司科技攻关项目(EDR/CN-9803-106)

收稿日期: 2002-04-01

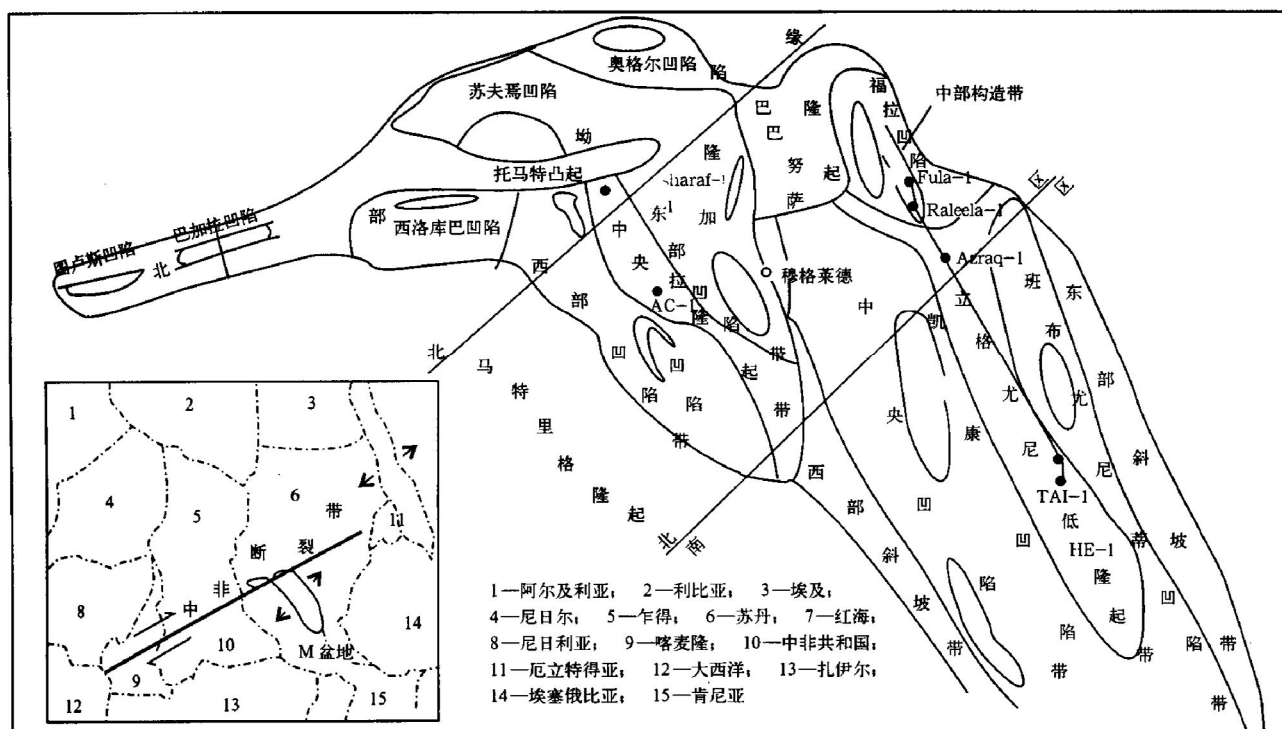


图1 穆格莱德盆地构造纲要图

Fig. 1 Structural outline of Muglud basin

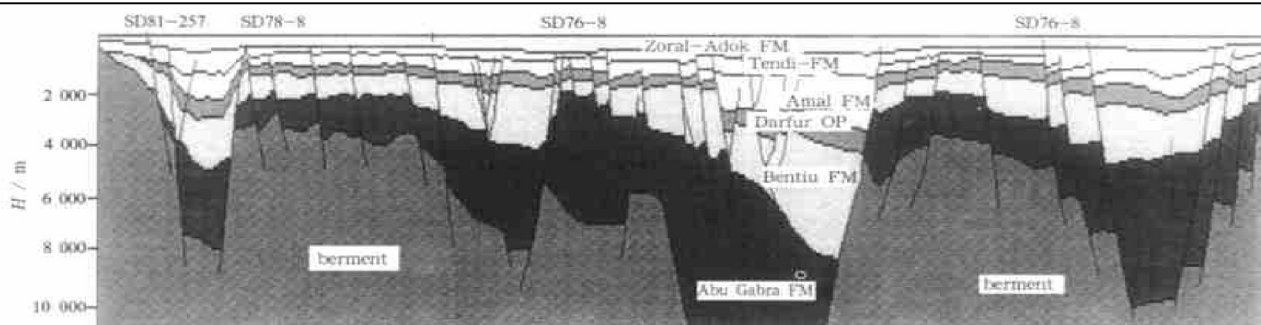


图2 穆格莱德盆地横剖面图

Fig. 2 Cross section diagram of Muglud basin

1.3 伸展坳陷盆地

穆格莱德盆地伸展断陷活动结束, 转换为整体沉降, 盆地进入伸展坳陷阶段, 沉降中心位于南区的中、南部。

1.4 挤压作用和走滑改造

晚白垩世末和早第三纪初在穆格莱德盆地南部有明显挤压运动, 形成构造反转, 形成一系列的背斜或半背斜, 成为油气富集的主要场所(图3)。

在盆地西北侧, 晚白垩世末沿中非大断裂有走滑活动。中非大断裂走滑运动的结果, 强烈改造了断裂带内部早期的伸展断陷, 形成了串珠状展布的一系列走滑断陷盆地(图1), 即所谓的近EW向的构造系统, 包括图卢斯(Tullus)、巴加拉(Bagarra)等凹陷, 走向NEE、呈长条状。其特点是凹陷规模不

大, 狭长, 但埋深大, 边界断层陡直甚至逆倾, 具“花状结构”(图4), 充分说明其具剪切走滑特征^[3~5]。

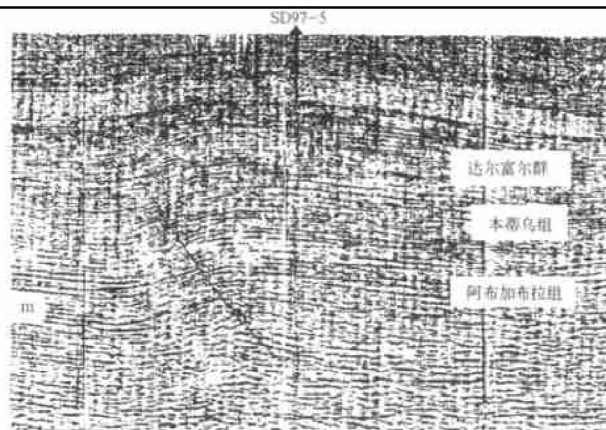


图3 南区压性背斜构造

Fig. 3 Southern compressional anticline structure

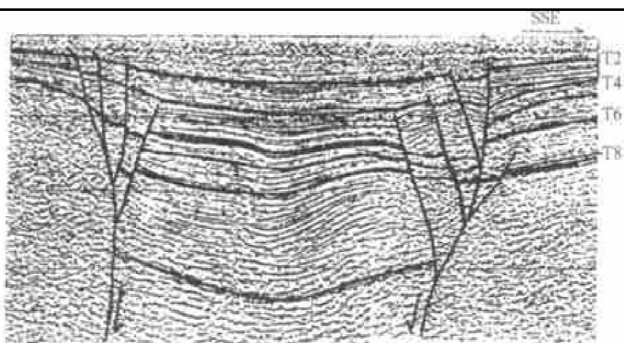


图4 北缘带的“花状构造”(位置见图1, AA')
Fig. 4 Flower structure of the north edge(see figure 1 for location of section AA')

走滑运动的改造结果使整个盆地的断陷形态自北而南表现出由北区的东断西超或东深西浅不对称地堑,至南区的标准地堑,再至南端的西断东超的变化规律;使穆格莱德盆地主要构造样式有半地堑、半地垒(或地垒)、伸展断块、滚动背斜,反转形成的挤压背斜和走滑活动形成的负花状构造等。滚动背斜、挤压背斜、地垒等构造是油气富集的主要场所。同时区域应力场的变化也决定了上下白垩统沉降中心的不断向南迁移(图5),早白垩世盆

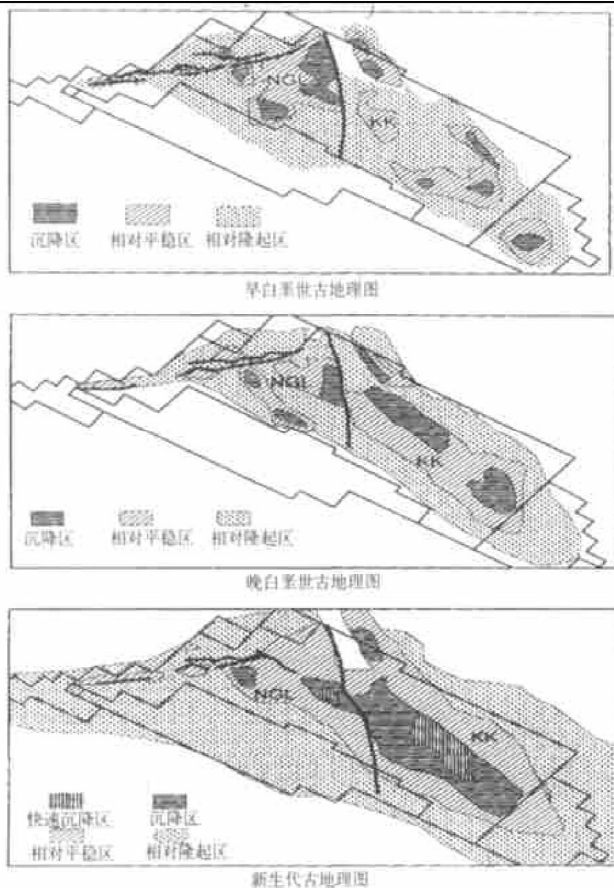


图5 穆格莱德盆地不同时期古地理图

Fig. 5 Paleogeographic map of Muglud basin at different stages
地沉降中心在北区,晚白垩世盆地沉降中心逐步转移到南区,沉积了上千米厚的上白垩统质纯的厚层

泥岩,成为良好的区域盖层。

2 成藏条件

2.1 烃源岩

钻井揭示阿布加布拉组中下部泥岩厚度为800~2 000 m,分布面积3 500 km²,有机质含量高,有机碳含量为1.6%~2.23%,生油潜量($S_1 + S_2$)为8~16.6 mg/g,干酪根类型主要为I型和II₁型, T_{max} 为440℃左右,生油门限2 100~3 000 m,表明该凹陷具有较好的生烃潜力。

2.2 盖层

上白垩统阿拉德巴组的湖相泥岩是穆格莱德盆地最重要的区域盖层,其发育程度控制油气藏的规模和富集。该组沉积厚度大于200 m,单层最大厚度近100 m,盆地北区和南区发育程度不同,南区内分布稳定,北区变化大。

位于凹陷内部的Fula-1井,测井计算的阿拉德巴组泥岩盖层突破压力在0.02~22 MPa。声波时差与深度的关系表明,在1 100~1 180 m有一个异常高压带,该组具有良好的毛细管力封闭且底部具异常高压封闭特征,是良好级别的盖层。

2.3 生储盖组合

钻井证明,穆格莱德盆地主要具有两种生储盖组合,即下白垩统阿布加布拉组生油、本蒂乌组储集、上白垩统达尔富尔群底部泥岩为盖层,以及阿布加布拉组自生、自储、自盖式组合。前者出现于上部地层,是跨组段组合,生、储、盖厚度都比较大,尤其是储层为大套平原河流相块状砂岩,单层厚度大,物性好,可称之为“大组合”。下部生成的油气经过二次运移和富集,形成块状砂岩的层状油藏,油藏高度大于100 m,单井产原油200~900 t/d,是南区各凹陷及福拉(Fula)凹陷油气勘探的主力油藏类型(图6)。后者出现于下部地层,生、储、盖存

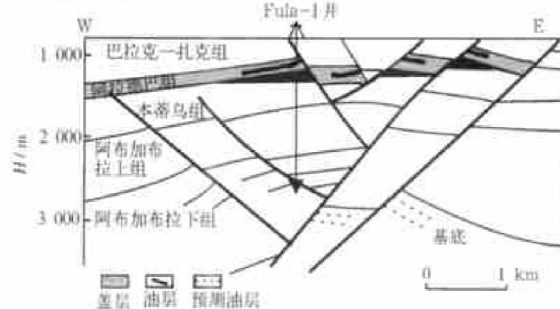


图6 Fula-1井油藏剖面图

Fig. 6 Reservoir section of Well Fula-1

于阿布加布拉组内,地层厚度小,储层多为夹于生

油层中的薄砂岩,物性一般比较差,可称之为“小组合”,为层状油藏,油藏高度低,含油面积小,单井产原油 20~60 t/d,北区发现的两个小油田属此类。

盆地沉积中心从早期的下白垩统阿布加布拉组至晚期的上白垩统达尔富尔群,由北区转移至南区,决定了南区达尔富尔群阿拉德巴组泥岩纯净,盖层性能好;而北区的上白垩统达尔富尔群阿拉德巴组泥岩普遍含砂,未形成良好盖层。即盆地南区主要是大组合、北部则以小组合为主。因此,大油田均发现于盆地南区。盖层的这种差异是第一期伸展断陷和第二期伸展断陷的构造运动所造成的。

3 勘探前景

目前在南区共探明石油地质储量超过 4×10^8 t,均分布在上白垩统,其中约 80% 的储量在本蒂乌组的块状砂岩油藏中;20% 的储量在达尔富尔群底部阿拉德巴组的薄砂层油藏中。北区仅在萨拉夫构造和阿布加布拉构造的下白垩统阿布加布拉组发现两个小油田,而在上白垩统的本蒂乌组、达尔富尔群多口井见油气显示,并发现了少量稠油油藏。

经过区域地质评价及勘探目标优选,区域勘探取得了新认识,北区与南区隶属于同一盆地,石油地质条件近似,而油气探明储量差距很大。通过对达尔富尔群、本蒂乌组展布、构造特征、油气藏类型等进一步评价。北区以本蒂乌组为储集层,达尔富尔群为盖层应该是客观存在的。据此,2000年6月在北区福拉凹陷部署钻探,结果勘探取得了重大进展。Fula-1井发现类似南区的主力油层,电测解释油层 77.4 m 14 层,本蒂乌组顶部(1 256.3~1 286.9 m井段)23.4 m 试油获 231.84 m³/d 的高产油流,有望获得规模储量。展现出北区广阔的勘探开发前景。

根据资源评价、区带评价、圈闭评价结果,穆格莱德盆地石油地质条件好、风险小,资源条件好的凹陷有努加拉、福拉、凯康等3个凹陷。各凹陷中部的构造带是寻找规模储量的勘探主攻区带,如北区福拉凹陷的中部构造带和努加拉凹陷的中央隆起带,南区凯康凹陷北部的反转背斜构造带及其海立格尤尼蒂低隆起带等具有规模储量远景(图1)。

福拉中部构造带位于福拉凹陷中南部,NW向展布,面积约 1 060 km²,西北端倾没于南和北两个

生油次凹之间,长期处于油气运移的指向区,储盖配置有利。中部构造带上发育的 Fula 1 号滚动背斜构造和 Fula 2 号断鼻构造,构造面积分别大于 70 km²,60 km²。Fula-1 井在前者已获高产量,含油高度超过 100 m,是拿储量的靶区。

凯康凹陷为穆格莱德盆地较大规模的凹陷之一,埋藏深度大,具备较大的生油潜力。目前在凯康凹陷南部海立格尤尼蒂低隆起带已发现海立格(Heglig)、尤尼蒂(Unity)两个大型油田。凯康凹陷北部作为凯康凹陷向北延伸的一部分,具备一定的资源潜力,同样具有形成大型油气藏的区域性生、储、盖“大组合”,构造形成早,保存条件相对较好,是有利的油气聚集区。其中发育的反转背斜构造位于凯康凹陷内两个深陷区之间,为有利勘探目标。

努加拉凹陷的中央隆起带位于努加拉凹陷中部,面积约 2 300 km²,呈 NW-SE 走向。发现了萨拉夫和阿布加布拉两个小油田,已获得产能超过 200 m³/d 的高产油流。该带除自身的油源外,主力油源区为东西两个次凹,该带构造发育,圈闭面积大,近油源,生储盖组合条件好,易形成规模油藏,具有一定的勘探潜力。

由于该盆地经历了伸展、挤压构造运动,构造十分发育。在盆地的高部位往往形成由断块化地垒、披覆背斜、潜山构造等类型构造组成的构造带,在控凹断层或其他控制沉积的主断层下降盘,还发育有滚动背斜、断鼻等构造类型,地垒内或相向倾掉的犁式正断层之间容易形成复杂的“Y”字型的构造。这些构造都是油气勘探的目标。

参 考 文 献

- 1 Genik G J. Petroleum geology of Cretaceous - Tertiary Rift Basin in Niger, Chad, and Central African Republic[J]. AAPG Bull, 1993, 77: 1 405~ 1 434
- 2 Chull T J. Rift basins of interior Sudan: petroleum exploration and discovery[J]. AAPG Bull, 1988, 72: 1 128~ 1 142
- 3 Schandelmeyer H, Pudlo D. The Central African Fault Zone(CAFZ) in Sudan a possible continental transform fault[J]. Berl Geowiss Abh A, 1990, 120(1): 31~ 44
- 4 陈发景,汪新文. 含油气盆地地球动力学模式[J]. 地质论评, 1996, 7: 304~ 309
- 5 Woodcock N H, Schubert C. Continental strike-slip tectonic [A]. In: Hancock P L. Continental deformation [C]. Oxford: Pergamon Press, 1994. 251~ 263

THE DEVELOPMENT FEATURE AND HYDROCARBON EXPLORATION POTENTIAL IN MUGLUD BASIN

Zhang Yamin Chen Fajing

(*China University of Geosciences, Beijing*)

Abstract: The development and evolution of Muglud basin can be divided into three stages: (1) in the early Cretaceous, with the Africa– South America continent splitting, the first extension downchasm basin ocured; (2) in the late Cretaceous, with the original Atlantic Ocean formation, the second extension downchasm basin occurred; (3) in Kainozoic, with the regional subsidence, this basin evolved into a sag basin. From the end of the late cretaceous, there were apparent movements, resulting in reverse structure. In the west– north basin, there were strik– slip movements along the great central African fracture. As a result, Tullus, Bagarra sub– basins were greatly reformed. The main structural styles of Muglud basin are half graben, half horst(or horst), extension fault– block, rollover anticline, compression anticline and flower structure. Among them, rollover anticline, compression anticline and horst are the main area of hydrocarbon enrichment. In the early Cretaceous, the basin was filled with mudstone of half– abyss and abyss facies, which controlled the distribution of hydrocarbon rocks. As the sediment center continuously moved southwards, good thick upper Cretaceous mudstone deposited in the south area, and formed regional cap– rock of giant oil field. Therefore, good potential region for oil and gas exploration in Muglud basin is decided by the above factors.

Key words: rift basin; rollover anticline; reverse structure; flower structure; oil and gas exploration