

文章编号:0253-9985(2008)04-0485-06

利比亚锡尔特盆地油气地质特征及有利区带预测

田纳新^{1,2}, 陈文学², 霍红², 田建波³, 吴洁²

(1. 中国石油大学, 北京 102249; 2. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 中国石油化工股份有限公司 国际石油勘探开发有限公司, 北京 100083)

摘要:锡尔特盆地是利比亚最重要的含油气盆地, 属北非克拉通内裂谷盆地。盆地演化经历了3个阶段: 早古生代克拉通边缘拗陷、早白垩世—晚始新世裂谷和渐新世以后的拗陷阶段。发育下白垩统、上白垩统和古近系3套主要的烃源岩, 其中上白垩统锡尔特页岩是最主要的烃源岩; 储集层分布于基底至古近系渐新统的各个层段, 前白垩系储层以碎屑岩为主, 上白垩统及其上储层以碳酸盐岩为主; 盖层主要为上白垩统和古近系下始新统页岩、泥灰岩和蒸发岩。受北西—南东向正断层控制, 形成了一系列与断层走向一致的地垒和地堑, 对应于3个大致平行的地垒隆起, 可划分出西部、中部和东部3个油气聚集带, 纵向上可以划分出前地堑和地堑充填阶段两大套含油层系。综合评价认为, 盆地具备3类油气勘探的有利区: I类区位于地垒带, II类区位于地堑带, III类区位于盆地北部海域。

关键词:油气地质; 勘探区带; 裂谷盆地; 锡尔特盆地; 利比亚

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

Petroleum geologic characteristics and play prediction in the Sirte Basin, Libya

Tian Naxin^{1,2}, Chen Wenxue², Huo Hong², Tian Jianbo³, Wu Jie²

(1. China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China;

3. SINOPEC International Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing 100083, China)

Abstract: Sirte Basin, an intracratonic rifted basin in North Africa, is the most important petroliferous basin in Libya. It has experienced three stages of evolution: the Early Paleozoic cratonic margin depression, the Early Cretaceous-Late Eocene rift and the post-Oligocene depression. Three sets of source rocks were developed: the Lower Cretaceous shale, the Upper Cretaceous shale and the Paleogene shale, of which the Upper Cretaceous Sirte Formation shale is the main source rock. Reservoirs occur at various horizons from the basement to the Oligocene. The Pre-Cretaceous reservoirs are dominated by clastic rocks, while the Upper Cretaceous reservoirs and their overlying reservoirs mainly consist of carbonate rocks. Cap rocks are mainly the Upper Cretaceous and Lower Eocene shale, marl and evaporite. A series of horsts and grabens in parallel with the faults were developed under the control of the NW-NE-trending normal faults. Laterally, three hydrocarbon accumulation zones in correspondence with three roughly parallel horst uplifts were recognized: the western, central and eastern zones. Vertically, two oil-bearing sequences were recognized: the pre-horst and horst fillings. According to the above analysis, three types of favorable plays occur in the Sirte Basin: type I in the horst zone, type II in the graben zone and type III in the northern offshore area.

Key words: petroleum geology; play; rift valley; Sirte Basin; Libya

利比亚锡尔特盆地(Sirte basin)位于非洲大陆板块撒哈拉地盾与地中海大陆架之间, 属北非

克拉通内裂谷盆地。北接地中海, 东部和东北部为昔兰尼加台地, 南部为库夫拉盆地, 西南部为穆

收稿日期: 2008-07-01。

第一作者简介: 田纳新(1968—), 男, 博士、高级工程师, 石油地质。

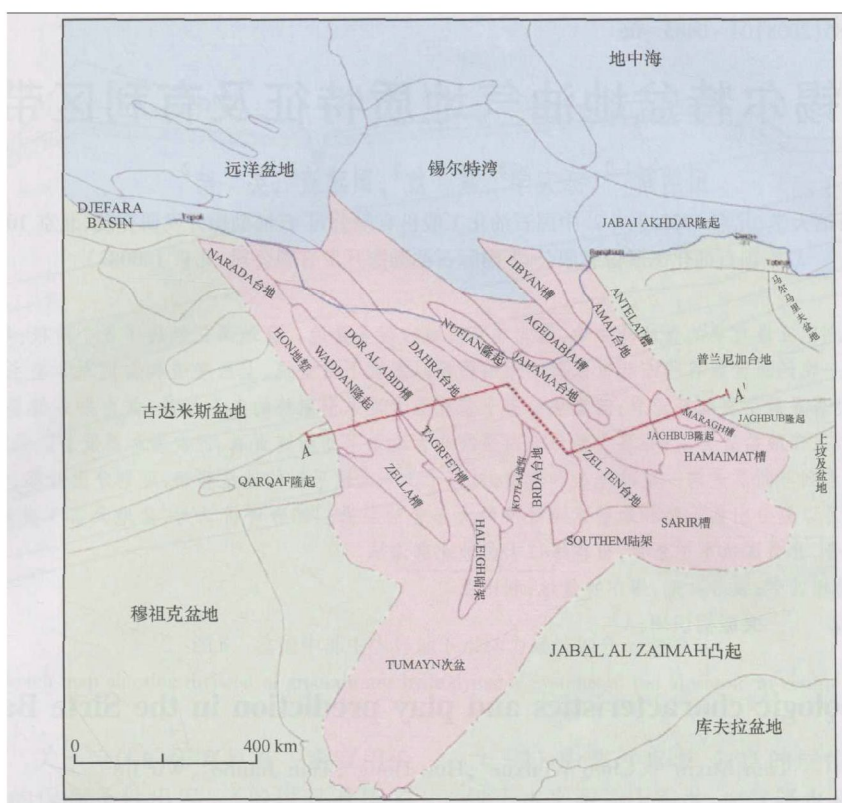


图1 锡尔特盆地构造位置及构造纲要

Fig. 1 Structural location and structure outline map of the Sirte Basin

祖克盆地,西为古达米斯盆地(图1),盆地面积 $502\,412\text{ km}^2$,整体表现为东深西浅、南高北低的结构特征。

锡尔特盆地一直是利比亚的主要石油产地^[1],拥有全国80%以上的储量,目前已发现292个油田,其中21个大油田。但盆地中已确定的油气区带仍有巨大的潜力,特别是埋藏较深的构造和地层油气区带尚未进行系统研究,北部海域(锡尔特湾)油气勘探程度非常低,因此,该盆地是世界上最有远景的含油气盆地之一^[2]。

1 构造沉积演化

锡尔特盆地基底由前寒武纪花岗岩、侵入岩、火山岩和变质岩组成,沉积盖层的构造沉积演化可划分为3个阶段,即克拉通边缘拗陷阶段、裂谷盆地演化阶段及后裂谷拗陷阶段。

1.1 克拉通边缘拗陷阶段(早古生代)

古生代克拉通被动边缘拗陷层序从古非洲板

块的北部边缘向南扩展,覆盖了锡尔特盆地。区内下古生界沉积了一套浅海相碎屑岩,寒武-奥陶系的石英砂岩构成了盆地最早的沉积盖层(图2)。受海西构造运动影响,盆地发生了剧烈的构造抬升运动,此时北非几乎所有地层都遭到了强烈的侵蚀^[3],本区缺失志留系一下侏罗统。

晚二叠世-侏罗纪,区内发生了广泛的碱性玄武岩喷发,Amal地垒发现了玄武岩(164,213~218,251 Ma)、流纹岩(161 Ma)以及微晶侵入岩(245,159 Ma)。

1.2 裂谷盆地演化阶段(早白垩世-晚始新世)

白垩纪初期,锡尔特盆地东南部的Hamaimat及Sarir地槽剧烈沉降,沉积了巨厚的陆相碎屑岩,而在构造高部位沉积较薄或者缺失。这一时期的构造活动以断裂、塌陷、局部的火山活动及侵蚀活动为主。

晚白垩世-晚始新世,是盆地主要的裂谷阶段^[4],形成了北西-南东向的堑垒构造。这一阶段构造活动以拉张作用为主,正断层活动强烈,断距

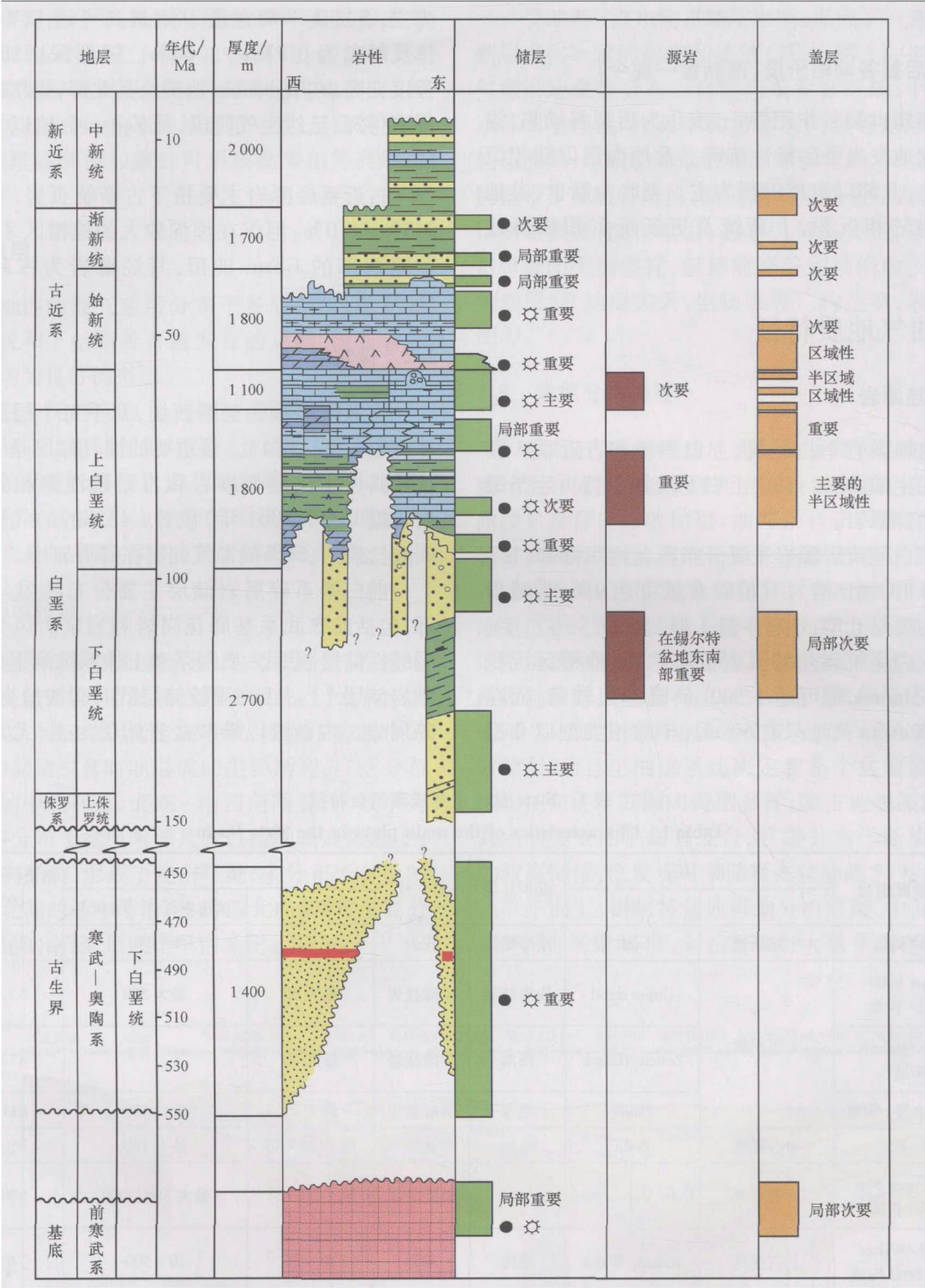


图2 锡尔特盆地地层综合柱状图
Fig. 2 Generalized columnar section of the Sirte Basin

可达 300 m,控制着盆地的构造和沉积。整个盆地向东倾斜,地层自西向东增厚。

海水向南侵入到锡尔特盆地,沉积了上白垩统锡尔特页岩,是盆地的主要烃源岩。

晚白垩世早期,特提斯洋发生了大规模海侵,

古新世海侵覆盖了全盆地,沉积了巨厚的碳

酸盐岩。

1.3 后裂谷拗陷阶段(渐新世—现今)

渐新世裂谷作用停止,演化为后裂谷拗陷,锡尔特盆地发生了区域性沉降。盆地南部以陆相沉积为主,北部以海相沉积为主。至晚中新世,盆地演化为陆相沉积,上新统及更新统沉积很薄或缺失。

2 油气地质特征

2.1 烃源岩

盆地发育下白垩统、上白垩统和古近系3套主要的生油页岩。其中上白垩统锡尔特页岩是最主要的烃源岩。

下白垩统烃源岩主要分布在盆地东南部(Hamaimat和Sarir槽),有机碳含量可达9%,干酪根类型主要是Ⅱ型,还有少量Ⅰ型。

上白垩统锡尔特页岩分布广泛,地槽区沉积厚,在Marada槽可达1500m;隆起区较薄,而在Amal-Nafoora高地只有60m。干酪根类型以Ⅱ型

为主,有机碳平均含量7%,最高可达12%;镜质体反射率为0.71%~1.62%。随埋深增加,演化程度变高,在Agedabia地槽及其北部,锡尔特页岩埋藏很深,已达生气阶段,是Zelten台地以北气田的源岩。

古近系烃源岩主要指下古新统页岩,有机碳0.5%~1.0%,但仅在埋深较大的地槽区才成熟。盆地西部的Ghani油田,其烃源岩为古新统的Hagfa组页岩^[5]。

2.2 储集层

盆地内从基底至渐新统,几乎每个层段都存在储层(图2;表1)。最重要的油气储层是下白垩统及其以下的陆相砂岩和古新统浅海相碳酸盐岩。据USGS(2001年)统计:42%的油气储集在碳酸盐岩中;58%的油气储集在碎屑岩中。

前白垩系碎屑岩储层主要分布在盆地东南部,包括前寒武系基底花岗岩和岩浆岩风化壳及裂隙性储层、寒武—奥陶系和上侏罗统到下白垩统砂岩储层^[6,7]。上白垩统储层既有碳酸盐岩,也有碎屑岩。古新统以碳酸盐岩储层为主,尤其是生

表1 Sirte盆地主要成藏组合特征

Table 1 Characteristics of the main plays in the Sirte Basin

主要成藏组合	地 层		沉积环境	岩 性	物 性		储量(油当量)/ (10 ⁶ m ³)
	统	组			孔隙度, %	渗透率/(10 ⁻³ μm ²)	
Gialo构造	中始新统	Gialo	浅海陆架	灰岩	8~22	1~250	387.28
Upper Sabil 地层-构造	上古新统	Upper Sabil	浅海陆架	碳酸盐岩	最大35	最大500	552.31
Zelten/Harash 构造		Zelten/Harash	浅海	碳酸盐岩	最大40		472.18
Dahra地层-构造		Dahra	浅海	碳酸盐岩	最大29	最大100	411.45
Beda构造	中古新统	Beda	浅海	灰岩	最大25~30	最大100	350.40
Defa/Upper Satal 地层-构造	下古新统	Defa/Upper Satal	浅海	碳酸盐岩	最大30~38	最大200~900	536.72
Kalash/Waha/ Lower Satal构造	上白垩统	Kalash/Waha	浅海	灰岩	10~25	10~500	740.86
Nubian/Sarir 构造-不整合	上侏罗统— 下白垩统	Nubian/Sarir	河流	砂岩	4~27	1~4 000	1 210.81
Nubian/Sarir 地层-构造-不整合							1 171.38
Gargaf/Amal/Hofra 地层-构造-不整合	二叠系—三叠系	Amal	河流	砂岩	23		380.13
	寒武系—奥陶系	Hofra	河流	砂岩	5~14	1~10	

物礁储层物性好^[8],孔隙度可达30%以上、渗透率 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以上(表1),为高孔、高渗储层。碳酸盐岩储层主要受控于前白垩纪古地貌^[9],其展布大体与北西-南东向构造带一致,呈岛链状分布,古地理高部位和翼部可形成礁滩相等有利的储层。

2.3 盖层

盆地内的油气盖层分布于各层系中,尤其是上白垩统和下始新统普遍发育的页岩、泥灰岩和蒸发岩均为良好的盖层。

上白垩统的广海页岩和局部的蒸发岩,是努比亚(Nubian)组储层的半区域性盖层^[10];下古新统至下始新统的海侵页岩是海退碳酸盐岩储层的半区域和区域盖层;上始新统至渐新统的页岩和钙质泥岩是加洛组(Gialo)灰岩的局部盖层。

2.4 构造特征

盆地发育4组断裂系统,均为正断层,在盆地内互相交错,构成了复杂的断裂系统:1)北西-南东向断裂,与区域构造走向一致,控制了隆起带的展布,为盆地发育时期形成的主要断裂,广泛分布于盆地的中北部;2)北东-南西向断裂,形成于海西期,多分布于盆地南部及其以南的基底隆起上;3)东西向断裂,形成于晚白垩纪,多分布于盆地的东部及北部的地中海沿岸;4)南北向断裂,主要分布于盆地的南部,形成于早白垩纪。

受北西-南东向正断层影响,形成了一系列与断层走向一致的地垒和地堑(图1,图3),主要油气藏沿地垒带分布。自西向东发育西部、中部和东部3个构造带,西部构造带为同裂谷期形成的构造圈闭,以断层的牵引和逆牵引背斜为主;中部构造带于晚裂谷阶段,圈闭类型以构造型占主导,以断层披覆背斜、牵引、逆牵引背斜为主;东部构造带圈闭类型多样,包括前裂谷到拗陷阶段形成的地层型(地层尖灭、生物礁等)、构造型、岩性圈闭等。

2.5 油气分布特征

垂向上,锡尔特盆地油气聚集带可以划分出前地堑和地堑充填阶段两大套含油层系。前地堑阶段只发育良好的储层,油气来自于后期沉积的地堑期深水页岩,前地堑阶段的圈闭类型主要为古地貌圈闭,其顶部的不整合面为地堑沉积和前地堑沉积之间的区域不整合面,油气盖层为上覆地堑沉积中的页岩,圈闭的形成主要与基底断裂所控制的断块隆起有关,已发现可采储量占盆地的49%。地堑充填阶段不仅发育有广泛的碳酸盐岩储层,而且生油层系还决定着整个盆地最主要的生油条件。其圈闭类型多样,除古地貌圈闭外,其余的类型几乎都有发育,且多分布于断块隆起的较高部位,已发现可采储量占盆地的51%。

平面上,锡尔特盆地可划分出西部、中部和东部3个油气聚集带,对应于3个大致平行的地垒

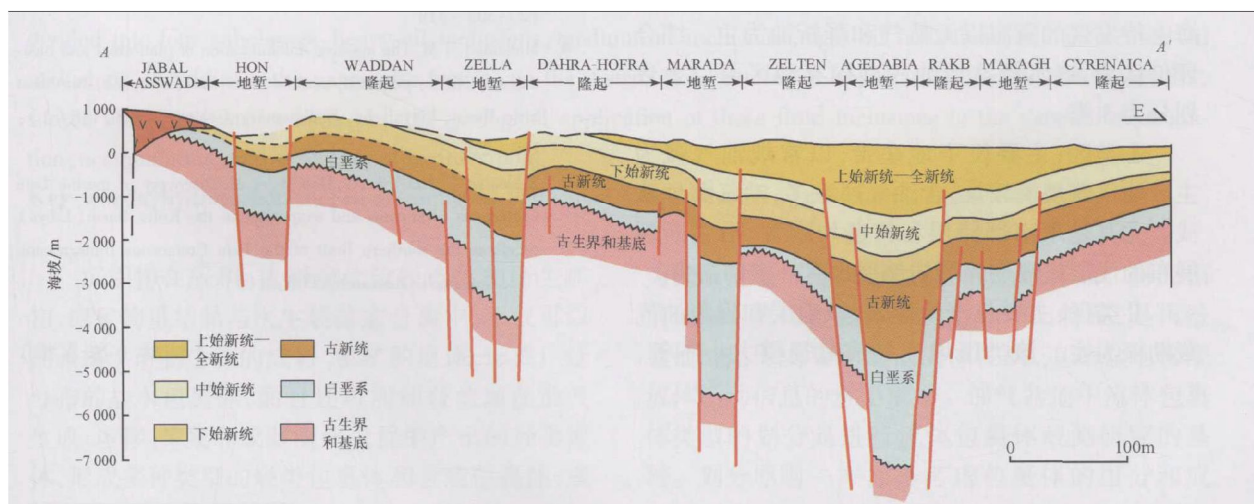


图3 锡尔特盆地东西向区域地质横剖面(剖面位置见图1)

Fig.3 E-W regional geologic cross-section of the Sirte Basin

隆起,且构造延伸方向一致。西部油气聚集带的储层主要为盆地地堑充填阶段的碳酸盐岩,油气圈闭类型比较单一,以构造圈闭为主;中部油气聚集带的储层系仍以地堑充填阶段的碳酸盐岩为主,但有些油田可以见到盆地底部砂岩的储层,油气的圈闭类型仍是构造圈闭占主导地位;东部油气聚集带无论是储层系列还是圈闭类型都具有多样化的特点,其储层的时代范围从前地堑阶段到拗陷阶段都有发育,圈闭类型包括古地貌圈闭,构造圈闭和地层圈闭。3个油气聚集带已发现的油气储量表明东部最有利,中部次之,西部较差。

目前普遍认为油气在槽地内生成,运移至台地或地垒区聚集成藏。Hamaimat槽是锡尔特盆地东南部主要的生油灶。Agedabia和Marada槽是锡尔特盆地西部油气田主要的供烃区。Agedabia槽可能是Zelten台地油气田的主要供给区,Marada槽则是Bcda和Dahra台地的油气主要的供给区。

总体看,地槽区的烃源岩在始新世达到成熟并开始运移,晚渐新世后发生了大规模运移。此时,盆地主要的地垒带已经形成,构成了油气运移的有利场所。

3 有利区带预测与评价

据USGS在2000年的估计,锡尔特盆地待发现的资源量(均值):油 $1\,089.67 \times 10^6 \text{ m}^3$,气 $4\,243 \times 10^8 \text{ m}^3$,凝析油 $103.02 \times 10^6 \text{ m}^3$,盆地勘探前景大,海上待发现的资源以天然气和凝析油为主。综合评价认为,锡尔特盆地油气勘探有利区可以大致划分为3类。

I类区:主要位于地垒带,以常规油气藏为主。油气藏规模较大,含油气层系多,油气藏埋藏浅。尤其是东南部储层和构造均发育,沿主断裂展布的浅层康潘期碎屑岩储层也有一定的潜力。

II类区:主要位于地堑带,以地层和隐蔽油气藏勘探为主。该类区域油气成藏规模大小不等,

油气成藏条件比较复杂,油气藏埋深较大,勘探程度较低,是未来主要的勘探区域之一。

III类区:位于海上,锡尔特盆地地堑构造带延伸到海域(锡尔特湾),以常规和隐伏油气藏为主。该类探区地层埋藏深,主要烃源岩锡尔特页岩处于晚熟和过成熟阶段,以生气为主,但古新统烃源岩处于生油窗内,可作为潜在生油岩。该区域勘探程度低,是未来主要的勘探领域之一。

参 考 文 献

- 1 罗承先. 利比亚成为世界石油开发新热点[J]. 中国石化, 2006, 7: 57 ~ 59
- 2 李国玉. 世界含油气盆地图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005
- 3 Van Der Meer F, Cloetingh S. Intraplate stresses and the subsidence history of the Sirt basin (Libya) [J]. Tectonophysics, 1993, 226(1): 37 ~ 58
- 4 Gumati Y D, Nairn A E M. Tectonic subsidence of the Sirte Basin, Libya [J]. Journal of Petroleum Geology, 1991, 14(1): 93 ~ 102
- 5 Abushagur S A. Cyclic transgressive and regressive sequences and their association with hydrocarbons, Sirte Basin, Libya [J]. AAPG Bulletin, 1988, 72(8): 983
- 6 Ambrose G. The geology and hydrocarbon habitat of the Sarir Sandstone, SE Sirt Basin, Libya [J]. Journal of Petroleum Geology, 2000, 23(2): 165 ~ 192
- 7 Ceriani A, Giulio A D, Goldstein R H, et al. Diagenesis associated with cooling during burial: an example from Lower Cretaceous reservoir sandstones (Sirt basin, Libya) [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(9): 1 573 ~ 1 591
- 8 Gumati Y D. Lithostratigraphy of oil-bearing Tertiary bioherms the Sirte Basin, Libya [J]. Journal of Petroleum Geology, 1992, 15(2): 305 ~ 318
- 9 Mohamed H M. The massive dolomitization of platform and basinal sequences: proposed models from the Paleocene, Northeast Sirte Basin, Libya [J]. Sedimentary Geology, 1998, 116(1): 199 ~ 226
- 10 Sebastian L, Kai-Uwe G, Dan B, et al. Discovery of marine Late Cretaceous carbonates and evaporites in the Kufra Basin (Libya) redefines the southern limit of the Late Cretaceous transgression [J]. Cretaceous Research, 2000, 21(5): 721 ~ 731

(编辑 陈喜禄)