

· 综合研究 ·

尼日尔Tenere 区块勘探方向的重新定位与分析

孙林*^{①②} 张红斌^② 张亚中^③ 陈笑青^③

(^①中国地质大学(北京)能源学院,北京海淀 100083;^②东方地球物理公司研究院,河北涿州 072751;

^③东方地球物理公司,河北涿州 072751)

孙林,张红斌,张亚中,陈笑青. 尼日尔 Tenere 区块勘探方向的重新定位与分析. 石油地球物理勘探,2008,43(增刊1):86~91

摘要 Tenere 区块与南部的 Agadem 区块均属于 Termit 盆地的相邻的构造单元,在 Tenere 区块钻探的 Saha1 井并未发现类似南部 Agadem 区块已知的成藏组合。相反,在下部的中白垩统大套致密的海相页岩的薄砂层中见到了油气显示。因此,该地区下步勘探方向的选择是研究的关键。本文从该区的区域地质背景出发,开展结构、构造、沉积演化分析,提出了“新生古储”的成藏模式,指出以下白垩统为目标储层的下 II 成藏组合是 Tenere 区块下步油气勘探的主要方向。

关键词 构造 演化 油气成藏 组合 新生古储

1 Saha1 井钻探结果带来的困惑与思索

Tenere 区块位于尼日尔 Termit 断陷盆地的北段,而 Termit 断陷则属于西非—中非—东非裂谷系的一个分支(图 1)。该断陷是在晚侏罗世非洲板块与阿拉伯板块的分离、大西洋洋底扩张的大地构造背景基础上形成的。在该断陷南部的 Agadem 区块已经发现了 6 个油气藏,属于下第三系 Sokor2 段的泥岩、页岩与 Sokor1 段的砂岩组成的储盖组合。为了继续探明 Sokor 组砂岩在该地区的含油气性,同时兼探深层 Yogou 组、Donga 组的油气组合和生油能力,在北部的 Tenere 区块打了两口探井 Saha1、Fachi-w1 井。钻探结果表明,两口井在 Sokor 组均未见到任何油气显示,测井解释认为 Sokor 组的泥岩盖层与南部地区相比厚度明显减薄,最主要的是泥岩的成岩作用很差,基本上不能作为盖层。但可喜地是,Saha1 井在 2125~2142m 井段 Yogou 组薄砂层中测试出了 270L 轻质原油。通过最终的油气地球化学分析,该井主要的生油岩为 Yogou 组大套的高有机质页岩,次要生油岩则是 Donga 组的泥岩。Yogou 组以大套的海相页岩为主,只有少量的薄层砂岩(单层厚度平均 1~2m)。Donga 组的岩性

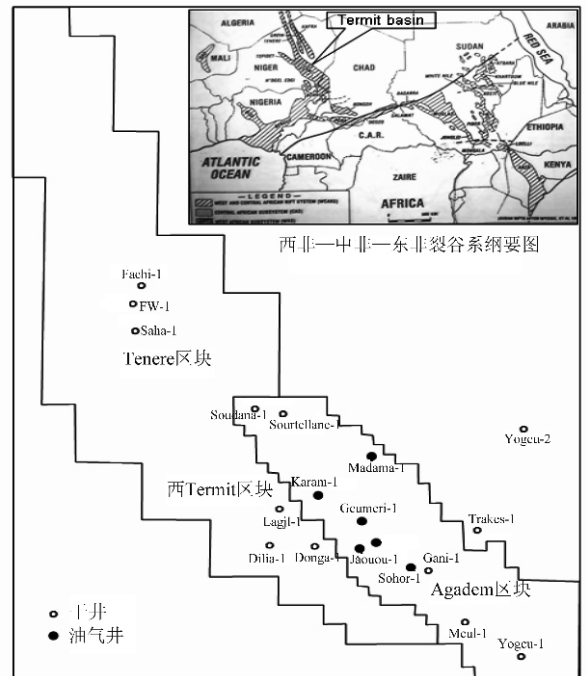


图 1 Tenere 区块位置图

总体上可以分为两部分:上部主要以海相的泥岩、页岩为主;下部则以海陆交互沉积的砂泥岩为主,砂岩的厚度较小(单层厚度平均 3~6m)。由于下白垩统(K₁)处于河流或湖相交互的沉积环境,所以其砂体发育且单层厚度较大。

Saha1 井的钻探结果给该区块下一步勘探带来

* 河北省涿州市东方地球物理公司研究院海外业务部,072751
本文于 2008 年 1 月 30 日收到。

一些困惑:①Sokor 组的成藏组合还有勘探潜力吗? ②如果勘探目的层转向深层,是否有良好且匹配的成藏组合? 目的层应为哪层? 会有多大的勘探潜力? 要回答这两个问题,我们必须整体比较和解剖 Tenere 区块与 Agadem 油区的沉积、构造演化和成藏模式的特征和差异。

2 Tenere 区块与 Agadem 油区成藏差异分析

2.1 成藏差异表现

从地质背景来看, Tenere 区块与 Agadem 油区分别位于 Termit 断陷盆地的北部和南部。总的大地构造和地质背景与 Termit 断陷盆地的形成、发展密切相关。但由于这两个区块构造沉积演化存在局部的差异,因此导致目前两个地区油气成藏性质的不同。

在 Agadem 油区所发现的 6 个油藏中,成藏组合均位于 Sokor 组的储盖组合(简称上组合;图 2)。6 口井钻遇的 Sokor 组地层平均厚度超过了 1100m, Sokor1 段中有 3 套比较稳定的砂组为该区的主力储层,平均厚度为 15~20m。该段大部分为大套的泥岩或页岩,表明其沉积环境主要为深—浅湖相。Sokor2 段为大套的泥岩、页岩,表明其沉积环境为深湖相,局部可能存在海侵的沉积特征,是该区比较稳定的良好盖层。但在 Tenere 区块所钻遇的 3 口井(Fachi1 井、Saha1 井、Fachi-w1 井)分层数据表明(图 3), Sokor 组地层从厚度、岩性和沉积环境上已经发生了显著的变化。Sokor 组地层厚度在 Fachi1 井中约为 420m,在 Saha1 井中为 440m,在 Fachi-w1 井中为 1200m。岩性上, Fachi1、Saha1 井中 Sokor2 段均为大套的砂岩,泥岩很薄,而且成岩作用差,根本不能作为盖层。Fachi-w1 井虽然厚度大,但与 Agadem 油区相比 Sokor2 段岩性变粗,砂

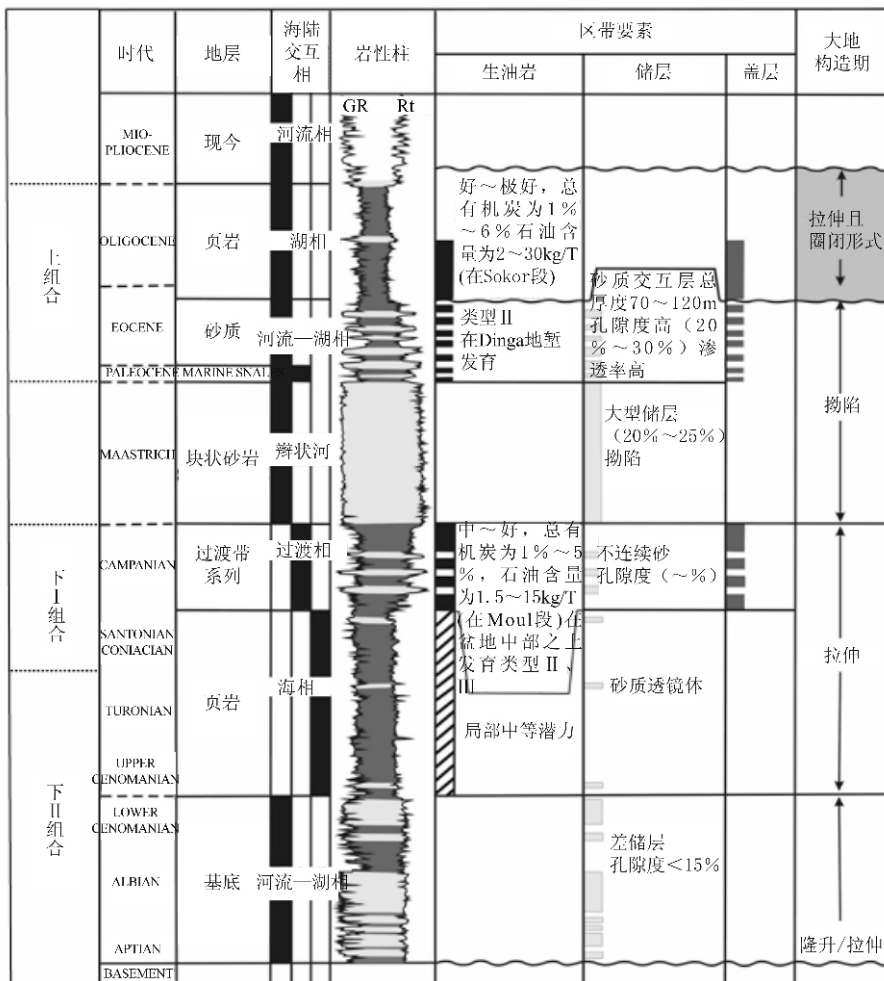


图 2 Tenere 盆地主要储盖组合示意图

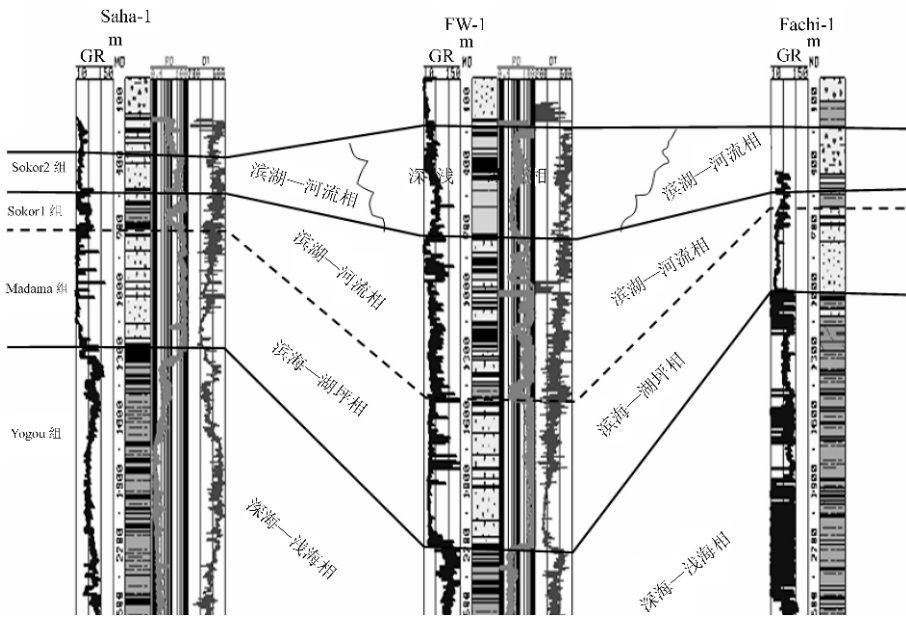


图 3 Saha-1—Fachi-w1—Fachi1 连井对比及沉积相分析图

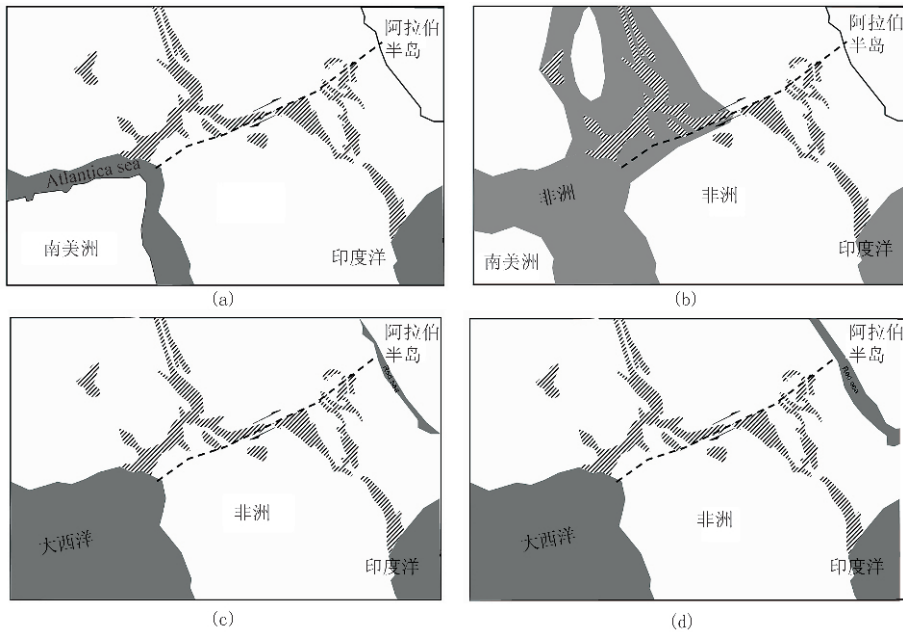


图 4 西非裂谷系构造沉积演化示意图

(a)早白垩世裂谷期;(b)中—晚白垩世凹陷期;(c)早第三纪裂谷期;(d)晚第三纪—第四纪凹陷期

层增多,而且同样的泥岩成岩作用差,也不能作为盖层。沉积环境也发生了较大的变化:Sokor1 组沉积时期,Agadem 地区主要表现为深—浅湖沉积环境,而 Tenere 地区则主要为滨湖相沉积环境,在 Fachi-w1 井及以西地区出现了局部的深—浅湖相;Sokor2 段沉积时期,Agadem 地区同样表现为深湖—局部海侵沉积环境,而 Tenere 地区主要为滨湖—河流相沉积环境。

2.2 成藏差异成因分析

概括地说,Termit 断陷盆地的构造沉积演化历史可以归纳为:两个断陷期(早白垩世、早第三纪)、两个凹陷期(中晚白垩世、新近纪及第四纪)(图 4)。Termit 断陷盆地的形成与发展与大西洋洋底的扩张密切相关。

2.2.1 早白垩世——裂谷、裂陷期

晚侏罗世—早白垩世,南美板块开始从非洲板

块分裂,大西洋雏形形成,这种板块分离的巨大张力,使得西非—中非地区形成了一系列的拉张裂谷, Termit 裂谷就是其中的一个分支。在这一时期, Termit 裂谷主要沉积了洪积扇、冲积扇、河流三角洲和局部的滨浅湖相。由于裂谷发育的主应力来自南部,裂谷向西南方向开口,向北收敛。因此在裂谷发育的主体部位——西 Termit—Fachi-w1 一线沉积的岩性较粗(资料分析来自于西 Termit 的 Delial 井、Laguil-1 井、Donga 井),而 Agadem 地区、Tenere 地区 Fachi1 井及其以东地区由于地形相对平缓,沉积的岩性较细,泥质增多(资料分析来自 Tenere 地区的 Fachi1 井、Agadem 地区的 Trakes1 井)。

2.2.2 中晚白垩世——海侵、凹陷期

中晚白垩世,由于南美板块继续向西南漂移,大西洋洋底开始扩张,海水从西南方向开始侵入,淹没了整个 Termit 地区,开始了稳定的凹陷期海相沉积。从该区所有钻井揭示的地层岩性来看,该期沉积的 Donga 组、Yogou 组、Madamma 组等地层的岩性纵向变化反映了一个完整的海进、高位、海退的沉积层序,而横向上比较稳定。

2.2.3 早第三纪——裂陷期

由于大西洋洋底的再次扩张,非洲板块与阿拉伯板块开始分裂,红海海峡开始形成,东非裂谷系开始发育,在 Termit 地区再一次发育早第三纪的拉张断陷。断陷的沉降中心由以前的西 Termit 地区开始转换为东部的 Agadem 地区,正是这一次沉降中心的转移,导致了 Agadem 地区与北部的 Tenere 地区的沉积环境形成了巨大的差异。这一时期, Agadem 地区主要表现为深—浅湖相沉积,到了晚期,甚至有可能再次遭受大西洋的海侵;而北部的地区始终处于较高的沉积部位,岩相和地层厚度均发

生重大变化。从穿过这两个地区的南北向地震剖面上(图 5),可以清楚地发现构造沉积转换的位置就是位于 Tenere 与 Agadem 接合部位的 Soudana 一带。而且可以明显看到这种构造、沉积差异导致的不同地震响应特征。这种差异决定了最终的油气成藏组合的变迁。

2.2.4 晚第三纪—第四纪——稳定湖相凹陷期

晚第三纪—第四纪时期, Termit 地区开始不稳定的湖相沉积。研究表明,这一时期恰好是处在该区的生油高峰期,这为该区的新生古储的成藏模式创造了条件。

以上的分析表明, Tenere 地区与南部已经发现油气的 Agadem 地区相比,下第三系 Sokor 组已经发生显著的构造沉积转换,已经不具备盖层条件(成岩作用可能是盖层失效的另外一个因素),严重制约了 Sokor 组在该地区的勘探前景。由此, Tenere 地区下步勘探势必转向 Sokor 组以下新的油气成藏组合。

3 Tenere 区块下步勘探方向重新定位与分析

3.1 成藏组合划分

通过该地区的钻井揭示, Sokor 组以下的油气成藏组合可以分为(图 2):①以 Yogou 组大套、稳定的海相页岩、泥岩作为盖层,以局部的薄层砂体作为储层形成的储盖组合(简称下 I 组合),该组合储层极不发育,在沉积层序, Yogou 组作为最大海泛面时期沉积的一大套深海、局部浅海的沉积体,实际上是该区主力生油岩,储层不发育,形成规模油气勘探的潜力较小;②以 Donga 组上部大套的深—浅海沉积的泥岩、页岩作为盖层,底部相对发育的浅海—滨海砂体,特别是以裂谷、河流相沉积为主的下白垩统(K_1)大套砂岩作为储层而形成的储盖组合(简称下 II 组合)。实际上,下 II 组合尽管储层条件比较有利,但是根据该区的油气地球化学分析,主力生油岩主要为 Yogou 组大套的高丰度有机质页岩,而次要生油岩为 Donga 组上部大套的深—浅海沉积的泥岩、页岩,而储层是生油岩下部更老的 K_1 地层。

3.2 “新生古储”成藏模式分析

3.2.1 “新生古储”的“凹陷”圈闭模式

通过对该区地震、地质综合构造解释,在平面和

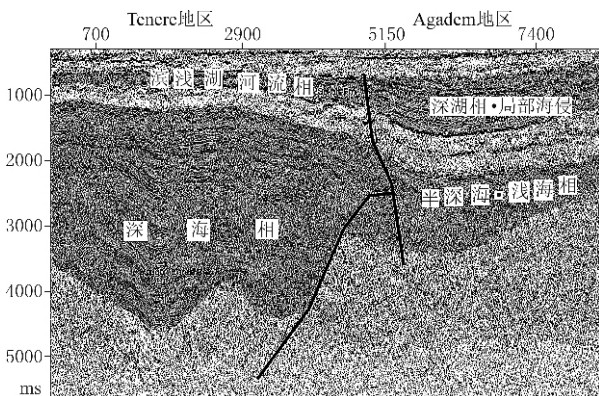


图 5 Tenere 地区与 Agadem 地区构造沉积转换差异

剖面上, Tenere 地区可以进一步划分出 6 个二级构造单元(从西向东): 西缘构造带、Fachi 西凹陷、Fachi 构造带、Fachi 东凹陷、东部构造带、东部凹陷。总体表现为“三凹三隆”构造格局(图 6)。

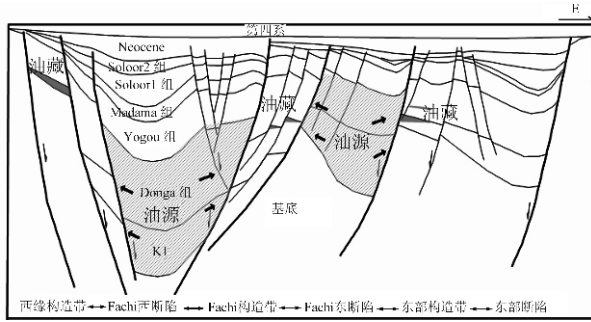


图 6 Tenere 地区结构特征及成藏模式

由于紧邻凹陷的生油岩 Yogou、Donga 组地层明显低于或对接高部位的老地层 K₁, 生成的油气可以直接在老地层 K₁ 砂岩中聚集成藏。因此这三个隆起构造带完全可能形成“新生古储”的圈闭。在东部构造带已经发现或落实的圈闭中, T28、T26、T30、T50 等圈闭均符合这种成藏模式。

3.2.2 圈闭发育、定型时间与油气演化的关系

前面的构造演化分析表明, 该区主要经历了两期断陷、两期凹陷的构造运动。从剖面上可以看出(图 7), 该区的 Fachi 构造带、T28 所在的东部构造带在早白垩世就处于较高的隆起构造带上, 尽管后期经历了中晚白垩世的海相沉积、第三纪的陆相沉积, 这种隆凹的构造格局始终没有改变, 最终构造的定型在晚第三纪。

而通过该地区的生油岩埋藏史和生烃的模拟分

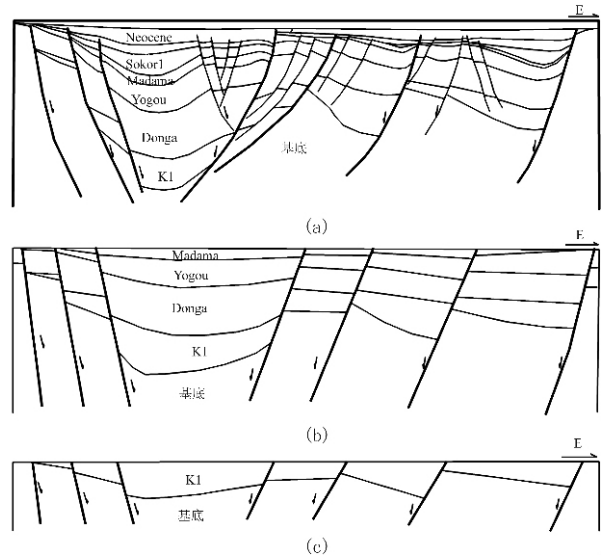


图 7 Tenere 地区构造演化示意图

(a) 现今构造; (b) 第三系沉积前; (c) 中、晚白垩世沉积前

析认为, 主力生油岩 Yogou 组的生排烃开始时间在早第三纪, 生油高峰则在晚第三纪, 直到现在还有生油能力(图 8)。这表明油气的演化与构造圈闭的发育史是匹配的, 完全可以形成“新生古储”的油藏模式。

在如今的钻探中已有一些发现, 如在西 Termit 区块的 Delia1 并于下白垩统 K₁ 砂砾岩中见到了良好油气显示, 在 Agadem 地区东部斜坡上的 Trakes1 并于下白垩统 K₁ 粉砂岩中也见到了油气显示(从该井所在的地震剖面上看, 油气正是来自于 Donga 组、Yogou 组的烃源岩), 但未发现工业油气流。这可能与圈闭本身的缺陷有关, 这里不再详细评述。

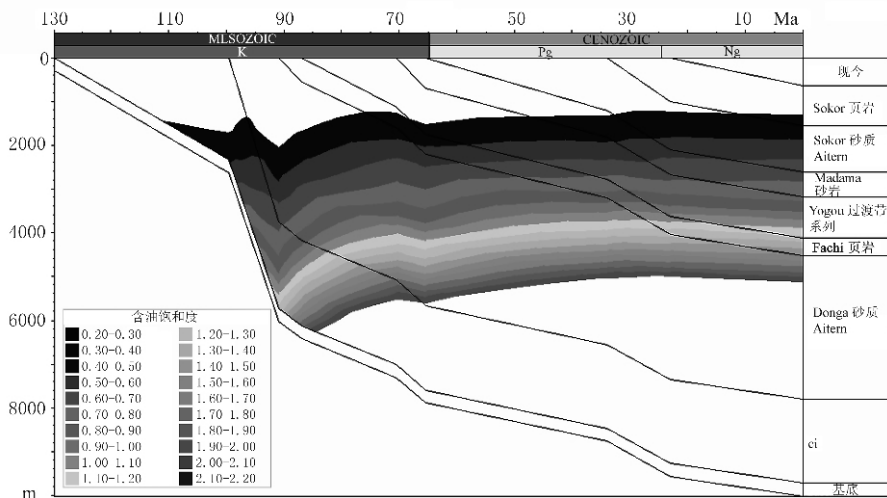


图 8 Termit 盆地生烃埋藏及热演化史(据 CNPC 海外研究中心)

综上所述, Tenere 区块下步的主要勘探方向应集中在以 K₁ 陆相砂体为储层的下 II 组合, 勘探目标优选具备“新生古储”特定条件的圈闭。从已经完

成的构造解释和圈闭评价分析可知, 东部构造带 T28(图 9)、T30、T50 等圈闭和 Fachi 构造带都具有良好的勘探前景。

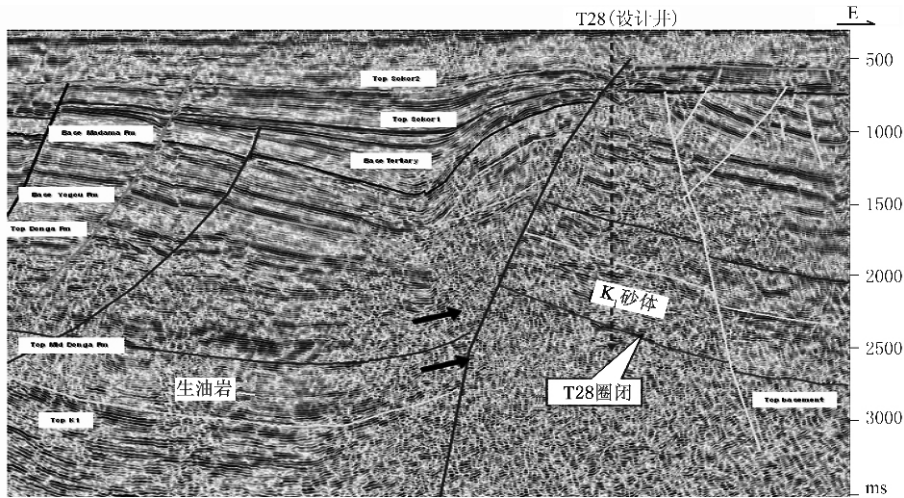


图 9 T28“新生古储”圈闭剖面显示

4 结论

(1) Tenere 地区经历了两个断陷期(早白垩世、早第三纪)、两个凹陷期(中晚白垩世、晚第三纪及第四纪)的构造沉积演化, 而在早第三纪, Tenere 地区与 Agadem 地区存在明显构造沉积转换;

(2) 类似在 Agadem 地区已经发现的 Sokor 油气成藏组合, 在 Tenere 区块发生了变化, 因此勘探潜力比较有限;

(3) Tenere 区块下步的主要勘探方向应集中在以下白垩统 K₁ 陆相砂体为储层的下 II 组合, 勘探目标优选具备“新生古储”特定条件的圈闭, 比如东部构造带 T28、T30、T50 等圈闭。

在此, 真诚感谢 CNODC 尼日尔项目经理部、BGP 尼日尔处理中心的专家和同仁们的指导和帮助。

参考文献

- [1] 邓宏文等. 高分辨率层序地层学原理及应用. 北京: 地质出版社, 2002
- [2] 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学. 北京: 石油工业出版社, 2002
- [3] 童晓光. 世界油气勘探图集. 北京: 石油工业出版社, 2005
- [4] 陆基孟. 地震勘探原理. 山东东营: 石油大学出版社, 1993
- [5] Richard T, Houck. Estimating uncertainty in interpreting seismic indicators. *The Leading Edge*, 1999, 18: 320~325
- [6] Quicy Chen et al. Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring. *The Leading Edge*, 1997, 16(5)
- [7] Catherine Lewis. Seismic attributes for reservoir monitoring. A feasibility study using forward modeling. *The Leading Edge*, 1997, 16: 459~469

(本文编辑: 张亚中)

《石油地球物理勘探》是您的挚友