

文章编号: 0253-9985(2007)01-0051-08

苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷白垩系 Abu Gabra 组地震相研究

李德江, 朱筱敏, 杨俊生

(中国石油大学 资源与信息学院 石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249)

摘要: 研究认为, Fula 坳陷白垩系 Abu Gabra 组可划分为 7 个三级层序。根据地震反射参数, 从内部反射结构和外部几何形态出发, 在 Abu Gabra 组的地震反射剖面上识别出杂乱相、平行亚平行席状相、前积楔状相、前积 (楔状) 充填相、上超充填相。根据连续性和振幅等辅助参数可以将上述地震相进行细分, 共计有主要地震相 9 种, 分别为强振幅-好连续平行席状相, 中、强振幅-中、好连续-平行-席状相, 中振幅-中、差连续-亚平行席状相, 中振幅-中、好连续-亚平行席状相, 中、强振幅-中连续-楔状-充填相, 中振幅-中、差连续-楔状-充填相, 中振幅-中、差连续-上超-充填相, 中振幅-中等连续-前积-楔状相, 中振幅-差连续-杂乱相。这些地震相在平面上分布部位明确, 纵向上具有继承性和差异性。地震相在空间上的分布与凹陷结构及构造演化有良好的对应性。

关键词: 层序地层; 地震相; Abu Gabra 组; Fula 坳陷; 苏丹

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A

Seismic facies of the Cretaceous Abu Gabra Formation in Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

Li Dejiang, Zhu Xiaomin, Yang Junsheng

(Faculty of Resources and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract The Cretaceous Gabra Formation in the Fula Depression, Muglad basin, Sudan, can be classified into seven three-order sequences. Based on the seismic reflection parameters, internal reflection configuration and external shape, five types of seismic facies are identified on the seismic reflection profiles of the Abu Gabra Formation. They are chaotic facies, paralleling and sub-paralleling sheet facies, foreset wedge facies, foreset (wedge)-filling facies, and onlap-filling facies. These facies may be further subdivided into nine classes in terms of their

收稿日期: 2005-05-30

第一作者简介: 李德江 (1972-), 男, 博士生, 层序地层学与测井地质学和沉积储层

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”项目 (2003CB214608)

1 地质背景

Muglad 盆地位于苏丹国西南部, 是该国最大的沉积盆地 (图 1)。

Muglad 盆地是在稳定的前寒武系基底上发育起来的中、新生界裂谷盆地。盆地的裂陷始于晚侏罗世—早白垩世, 一直持续到渐新世末期。

Fula 坳陷地层包括: 前寒武系基底、上侏罗 / 下白垩—第三系、第三系—第四系。

前寒武系基底是指在 Muglad 盆地周边发现的前寒武系及寒武系结晶岩, 在盆地的西南、西北和东北边缘均见有结晶基底出露。主要包括片麻岩、闪长岩、花岗岩、片岩和大理岩等。

上侏罗 / 下白垩—第三系地层主要是湖泊、三角洲、冲积扇和河流沉积物, 受连续的断裂、沉降、沉积作用影响, 该套地层组成了 3 个向上变粗的旋回。作为研究重点的第一裂陷旋回发生于早白垩世—阿尔比阶, 沉积的地层包括 Sharaf 组、Abu Gabra 组和 Bentiu 组。其中 Sharaf 组主要由沉积在湖泊和冲积平原环境中的细粒泥岩、页岩组成,

Abu Gabra 组也是沉积在湖泊和三角洲环境下的细粒泥、页岩沉积, Bentiu 组则主要由沉积在辫状河和曲流河环境下的厚层砂岩与薄层泥岩互层组成。在 Fula 坳陷受资料及勘探实践历史等原因所限, 未划分出 Sharaf 组地层, 而将其作为 Abu Gabra 组来处理, 并将该组划分为上、中、下 3 段。是 Fula 坳陷的主力烃源岩和重要油气产生层。第二裂陷旋回发生在土伦期至森诺期, 在该阶段沉积的地层称 Darfur 群, 同样是一个向上变粗的旋回。第三裂陷阶段是由始新世至渐新世期间的伸展构造活化引起的, 沉积的地层自下而上由 Amal 组、Nayil 组、Tendi 组、Adok 组和 Zeraf 组构成 (表 1)。

因在研究区内钻遇 Abu Gabra 组的钻井只有 29 口, 所以进行地震相研究是细致研究 Abu Gabra 组层序和沉积特征的必要手段之一。

2 地震层序划分

地震相分析主要考虑以下 4 个方面: 1) 查清盆地沉积古地理格局。在陆相裂谷盆地中, 古地理格局复杂多变, 它控制着盆地的基本沉积格局, 并对局部地区的一些沉积作用特点产生重要的影响。明确盆地的结构、边界条件、内部格局及其演化, 对地震相和沉积相分析有着极大的帮助。2) 明确特殊地震反射结构。对在地层学与沉积学解释中有明确的地质意义的反射结构要充分利用, 如上超、下超、顶超和削蚀等地震反射终止关系, 前积等内部反射结构, 楔状、丘状、透镜状等外部形态。这些地震反射类型是能够反映水流作用、物源方向和沉积环境分布与演化的, 它们是骨架相。3) 追踪闭合骨架相, 划分非骨架地震相。追踪闭合整个沉积盆地的地震反射测线, 应用其他地震相参数描述非骨架地震相, 如应用振幅、连续性、频率等参数、平行、亚平行、杂乱等内部结构来描述非骨架地震相。4) 进行地震相编图, 预测沉积体系类型^[1~4]。

根据主干地震剖面识别出的层序界面, 确定地震层序划分方案。由于在钻井层序划分中考虑了地震资料, 而在地震层序界面的识别中又结合了钻井资料, 所以地震层序方案与钻井层序划分是一致的。地震层序方案与钻井层序方案的一致性是通过合成地震记录标定和测井曲线的深

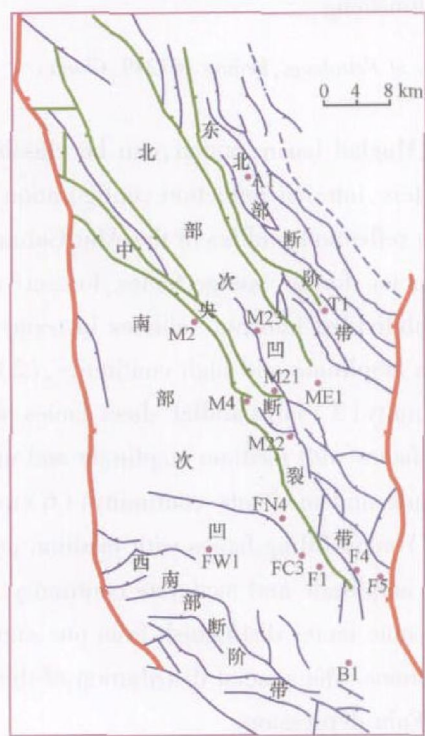


图 1 苏丹 Muglad 盆地福拉坳陷位置和地质背景

Fig. 1 Location and geological settings of Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

表1 苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷地震-钻井层序地层划分方案

Table 1 Stratigraphic subdivision of drilling-seismic sequences in Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

钻井分层				地震波组	层序方案		湖平面变化 降 升	裂谷作用	
					地质大学	本文			
第三系		Zeraf		旋回3		层序	超层序		第三裂谷旋回
		Adok							
		Tendi							
		Nayil							
		Amal							
白垩系	上统	Darfur		旋回2	T ₄ ¹	SH			第二裂谷旋回
		T ₄ ¹			SG				
		T ₅			SF				
	下统	Bentiu		T ₆	SE	K ₁ S VII	K ₁ SS III		第一裂谷旋回
		上段		T ₆ ¹		K ₁ S VI			
			中段		SD	K ₁ S V	K ₁ SS II		
		Abu Gabra 段		T ₆ ²		K ₁ S IV			
			下段	旋回1	SC	K ₁ S III	K ₁ SS I		
		SA+SB			K ₁ S II				
					K ₁ S I				
侏罗系		?		T _g					

度-时间转换来实现的。由表 1 可见,在 Fula 坳陷的地震剖面上可划分出 7 个地震层序,与钻井层序一致,自下而上命名为 K_1Siv , $K_1S_{(7)}$, $K_1S_{(4)}$, $K_1S_{(6)}$, $K_1S_{(9)}$, K_1Sv 和 $K_1S_{[5-6]}$ 。

3 地震相类型

地震相是指具有一定分布范围的、由地震反射层组成的三维地质单元,其地震参数不同于相邻的地震相单元。利用地震反射内部结构和外部形态去描述各层段地震相类型,再辅助地震反射同相轴的振幅和连续性等地震参数形容性地描述地震相类型。

前人对于苏丹 Muglad盆地 Fula坳陷白垩系 Abu Gabra组地震相的深入研究很少。本文通过对该区层位地震剖面的仔细研究,在 Muglad盆地 Fula坳陷 Abu Gabra组的地震反射剖面上识别出平行亚平行席状相、前积(楔状)充填相、上超充填相、前积楔状相、杂乱相共 5 大类 9 种地震相类型

(表 2)。这些地震相分布在不同的层序和不同的地区^[7]。

4 地震相特征

在 Fula 坳陷内共识别出 9 种地震相, 其中平行、亚平行席状相、杂乱相最为发育; 前积楔状相、楔状充填相、上超充填相所代表的沉积学意义最为明显^[8]。

4.1 平行和亚平行地震相

平行和亚平行反射地震相常是指一组振幅较强、连续性较好、相互平行的同相轴。平行结构可以出现在几种外形中,但是最常见的可能是在席状、席状披盖和充填单元中^[9]。

研究区平行反射地震相多以中振幅、中-好连续性为特征,其外部几何形态多为席状。平行席状相在研究区内的分布范围较小,在 K₁S₇层序, Fulang 凹陷的北部次凹中出现部分强振幅-好连

表 2 苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷 Abu Gabra 组主要地震相类型

Table 2 Main types of seismic facies in the Abu Gabra Fm. of Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

地震相类型	分布位置	分布层段	典型地震测线	对应沉积相	
平行、亚平行 席状相	强振幅, 好连续, 平行席状相	北部次凹	K ₁ S⑤	SD89- 116 SD95- 104	浅湖
	中、强振幅, 中、好连续, 平行席状相	北部次凹, 南部次凹	K ₁ S⑤ K ₁ S④ K ₁ Sv, K ₁ S	SD84- 238 SD- 89- 111 SD- 84- 240	浅湖、深湖、半深湖、 三角洲前缘
	中振幅, 中、差连续, 亚平行席状相	北部次凹, 南部 次凹, 东北部断阶带	K ₁ Siv, K ₁ S⑤ K ₁ S④ K ₁ S④较多, K ₁ S④ K ₁ Sv, K ₁ S 较少	SD- 85- 658 F2001- 8	滨浅湖、三角洲 平原、三角洲前缘
	中振幅, 中、好连续, 亚平行席状相	北部次凹, 南部次 凹, 东北部断阶带	K ₁ S④ K ₁ Sv, K ₁ S 较多, K ₁ Siv, K ₁ S⑤ K ₁ S④ K ₁ S④较少	SD84- 238 SD- 89- 111 SD- 84- 240	浅湖、半深湖、 三角洲前缘
前积 (楔状) 充填相	中、强振幅, 中连续, 楔状充填相	东北部断阶带, 西界断层上盘	K ₁ Siv, K ₁ S④ K ₁ Sv, K ₁ S	SCF98- 1 SCF- 98- 9	扇三角洲、 近岸水下扇
	中振幅, 中、差连续, 楔状充填相	Kakang东斜坡	7个层序均有分布	SD- 90- 128 SD- 90- 130	滨浅湖、三角洲平原、 三角洲前缘
上超充填相	中振幅, 中、差连续, 上超充填相	南部次凹, 北部次凹	K ₁ Siv, K ₁ S⑤ K ₁ S④ K ₁ S⑤ K ₁ Sv, K ₁ S	SD- 89- 115 SD- 89- 114	三角洲前缘、 浅湖、半深湖
前积楔状相	中振幅, 中连续, 前积楔状相	东、西边界断层, 下降盘附近	K ₁ S④ K ₁ S⑤ K ₁ S④ K ₁ Sv, K ₁ S	SD86- 601 SD- 84- 225	近岸水下扇、 三角洲前缘
杂乱相	中振幅, 差连续, 杂乱相	各地区均有	7个层序均有分布	SD- 89- 104 SD- 89- 116	河流、近岸水下扇、 滨浅湖、三角洲



图 2 苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷 F2001- 3 剖面平行席状地震相

Fig. 2 Parallel sheet facies of seismic profile F2001-3 in Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

续- 平行- 席状相(图 2)。在 K₁S⑤层序的地震相分布平面图上, 南部次凹内西界断层的中段分布有中振幅- 中、好连续- 平行- 席状相。在 K₁S④层序的地震相分布平面图上, 靠近中央断裂带北段的南、北次凹内分别出现较大面积的中、弱振幅- 中、好连续- 平行席状相和中振幅- 好连续- 平行- 席状相。K₁Sv 层序的平行反射地震相主要分布在南部次凹内, 向西过渡为亚平行席状相或楔状充填相, 向东与中央断裂带附近的杂乱相接触。

K₁S 层序的平行席状相主要分布在南部次凹内, 其周围均为亚平行地震相, 在北部次凹内也分布两小块中振幅- 好连续- 平行- 席状地震相, 它们的周围是亚平行席状相或杂乱地震相。从上论述可以总结出平行反射地震相的变化规律: 纵向上, 自下而上各层序内该地震相的分布面积逐渐增大; 横向上, 该地震相主要分布在南北次凹内。该类地震相主要代表的沉积相一般为滨浅湖亚相、半深湖亚相, 有时也可能是三角洲前缘亚相的地震响应。

亚平行反射地震相常由一组振幅中等偏弱、连续性较差、近于平行的同相轴组成, 常反映水动力能量较弱或变化较大、沉积作用相对不太稳定的沉积环境。该地震相是研究区内分布最为广泛的地震相之一, 在 7 个层序中均有分布。但不同层序的分布范围有所不同, 总体规律是自下而上分布面积逐渐增大。该层序平行反射与亚平行反射地震相面积之和却是较大的, 与其下部的 K₁Sv 层序相比有增无减。该层序与平行反射地震相相比, 亚平行反射地震相的振幅和连续性等参数变化较大。需要指出的一点是, 在 Fula 坳陷东北部缓坡断阶带上或者在中央断裂带附近, 地层受断裂影响较大而引起地震反射同相轴难以在横向上连续追踪, 地震相的相变也较大, 这造成了地震相

特征难以反映原始沉积环境; 另外, 在上述区域内, 各层序的厚度一般相对较薄, 横向上厚度变化也较小, 一个层序可能只由 1~2 个同相轴组成, 这也造成了地震层序的内部反射结构难以识别。这种亚平行席状地震相的连续性一般较差, 它常代表一种相对高能的沉积环境, 如滨浅湖、三角洲前缘、扇三角洲前缘等。

4.2 杂乱反射地震相

杂乱反射地震相是指那些内部反射结构难以识别、层序边界也不易连续追踪的地震反射特征。它的振幅强度变化较大, 可以是强振幅, 也可能是中振幅或弱振幅; 它的连续性较差, 多为差连续, 部分为中等连续 (图 3a)。杂乱反射地震相是研究区内出现较多的一种地震相, 在各层序中均有分布, 该类地震相中一个明显的变化规律是自下而上各层序的分布范围减小。杂乱反射地震相分布面积向上变小的特点可能有几方面的原因:

1) 沉积相的响应, 根据裂谷盆地的演化规律和钻井揭示特征, Abu Gabra 组总体上是一个向上变细的旋回, 下段 (K_1Siv , $K_1S_{(E)}$) 地层形成于裂谷阶段早期, 坳陷的范围较小, 物源与沉积-沉降中心距离近, 高差大, 这一阶段的沉积物以粗粒、快速沉积为特点, 多为冲积-河流沉积体系。这种沉积体在地震剖面上的响应就是杂乱反射地震相。从地震剖面的反射特征来看, 在大多数地震剖面上, 杂乱地震相多分布在边界断层附近, 尤其是西界断层的上盘, 向坳陷中心方向, 地震反射的连续性变好, 逐渐可以分清内部反射结构是亚平行还是前积反射, 这反映出由物源向坳陷中心方向沉积速率变小和沉积物粒度变细的特征。2) 断裂活动和地层埋藏深度的共同影响。在断裂活动比较明显的地区和地层埋藏深度较大的地区, 地震分辨率降低, 这也导致地震层序内部反射结构识别的困难, 从而将某些地质体的真正地震特征丢失, 比如, 在西界断层附近地层埋深较大的地区。3) 构造的影响 (图 3b)。在中央断裂带和东北部断阶带上, 断层非常发育, 一方面同生断层影响沉积古地貌, 使古地表断裂为一系列地堑-地垒结构, 将原本为一体的沉积坳陷分割为多个小的沉积单元, 这会降低地震反射的连续性; 另一方面断裂作用也使早期沉积地层错断, 使原本整体的地层的连续性变差, 这也使地震剖面看起来更“杂乱”; 还

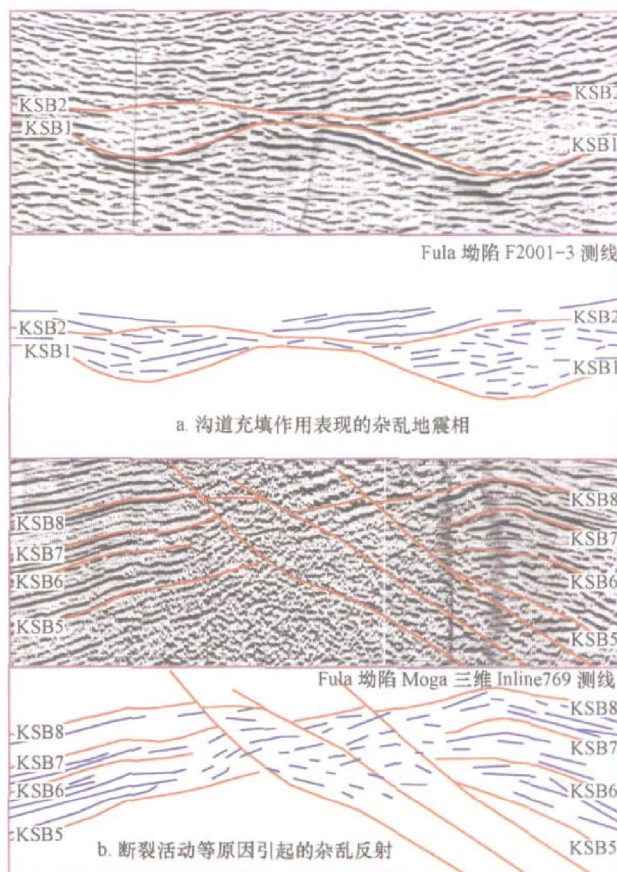


图 3 苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷杂乱反射地震相典型剖面

Fig. 3 Typical profile of chaotic reflection seismic facies in Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

有就是断面波的影响, 会出现一些假反射, 使本来连续性就较差的地震剖面更加复杂^[10]。

4.3 前积反射地震相

前积反射结构通常反映某种携带沉积物的水流在向盆地推进 (前积) 的过程中由前积作用产生的反射特征, 这种反射结构在地震剖面上最容易识别, 也常作为一种特殊地震反射结构来研究。它在倾向剖面上相对于其上、下反射层系均是斜交的, 称为退覆反射或倾斜型反射层系, 它是三角洲体系向盆地方向迁移过程中, 前积沉积物的地震响应。在研究区内, 该地震相外形主要为楔状或充填状, 振幅一般为中等, 连续性为中等或中、差连续, 也有部分为好连续 (图 4)。在 SD85-213 测线上, 可以看到 $K_1S_{(E)}$ 和 K_1Siv 层序内的前积现象。在各层序沉积的早期一般是湖平面上升的过程, 地震剖面表现为上超反射, 在湖平面上升到最大湖泛面位置之后, 这一阶段容易形成沉积物源的进积作用, 相应地在地震剖面上表现为前积结

构。正是上述过程的反复进行,才形成了图 4 中 $K_1S_{(u)}$ 和 K_1S_v 内上超反射之上的前积结构^[11]。

在平面上,前积反射地震相主要分布在边界断层下降盘一侧,东部和西部均有;在纵向上,该地震相的分布特征与亚平行席状相类似,也是有向上分布范围变大的趋势。由于 Abu Gabra 组下段 (K_1S_{iv} 和 $K_1S_{(u)}$) 的沉积或埋藏深度等原因,造成它的地震反射是以杂乱相为主的,前积地震相少见,仅在坳陷的西南部见有小面积的中振幅-中等连续-前积-楔状相。 $K_1S_{(u)}$ 和 $K_1S_{(u)}$ 层序的前积地震相同样分布在坳陷的西部地区,且以北部居多。 $K_1S_{(u)}$ 、 K_1S_v 和 $K_1S_{(u)}$ 层序的地震相平面分布图上则可以见到来自东南方向的前积反射,且西北部前积反射地震相分布面积逐渐变小,有向边界断层退缩之迹象。由于前积反射地震相一般代表三角洲的进积和退积作用,所以从上述前积反射地震相的变化规律可以大致看出 Abu Gabra 组各层序沉积体系纵向上和平面上的变化规律。即从 $K_1S_{(u)}$ 层序开始出现较大规模的三角洲前积作用,且首先是发生在西部、北部; $K_1S_{(u)}$ 层序沉积时,西北部的三角洲进积作用达到最大; $K_1S_{(u)}$ 层序东南方向的辫状河三角洲前积作用开始出现,西部、北部的三角洲前积作用则开始减弱; K_1S_v 层序基本继承了 $K_1S_{(u)}$ 层序的变化特征,东南部的前积反射达到最大。

4.4 充填地震相

充填地震相的主要特点是充填在下伏地层的低洼地形之上,根据外形的差别可划分为河道充填、海槽充填、盆地充填和斜坡前缘充填。本文识别出的充填相一般发育在各次洼内或断阶上,也有的发育在边界断层下降盘附近。该类地震相主要由楔状充填相、上超充填相组成,不同地区、不同层位各地震相单元的振幅和连续性变化较大。上超充填型地震相在剖面上表现为地层向两端或一端上超在下伏低地形之上(图 4 图 5)。

该地震相主要分布在北部次洼内。由地震相平面分布图可见,在东北部断阶带与中央断裂带之间的北部次洼内分布有上超充填地震相发育区,这些区域在地层厚度图上一般是厚度的高值区。一般来讲,这些低洼地区一直处于湖平面之下,水体相对较深,代表了浅湖、半深湖或深湖沉积环境。

楔状充填相,主要发育在研究区南部的 Kai-

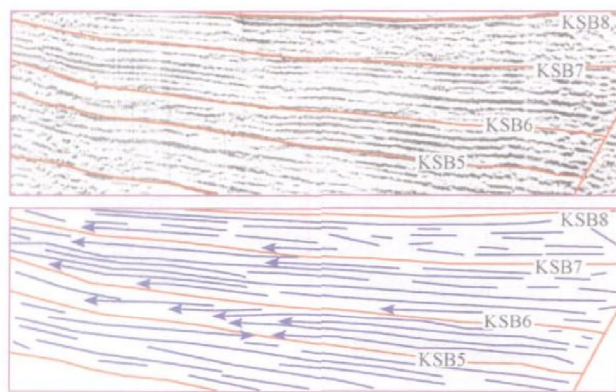


图 4 苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷 SD85-213 测线地震上超反射

Fig. 4 Onlap reflection facies of seismic profile F2001-3 in Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

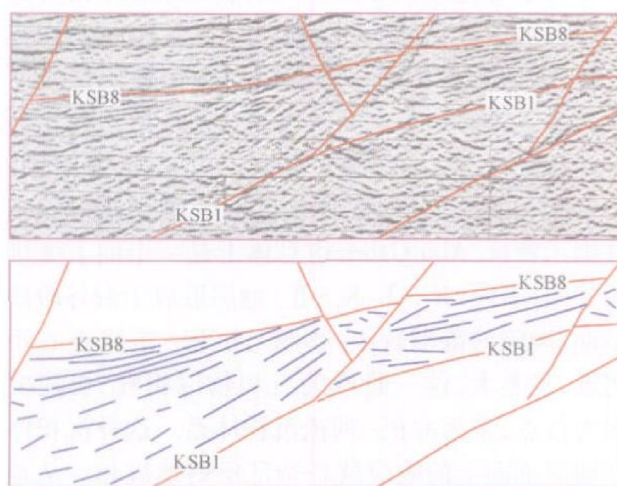


图 5 苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷充填地震相典型剖面
Fig. 5 Typical profile of filling seismic facies in Fula Depression, Muglad Basin, Sudan

kang 东斜坡上,由于该地区 Abu Gabra 组埋藏相对较深,断层较多,大多地震剖面上难以划分层序和识别地震相。而恰恰是因为断层发育,形成了一系列斜坡背景上的半地堑,这些半地堑的规模都较小。这种楔状外形内充填的沉积物可以作为一个地震相单元来处理,称其为楔状充填相,其地质意义不是非常明确,根据发育的层位不同,它们可能解释为滨浅湖沉积,也可能解释为三角洲前缘沉积,甚至是河流相沉积。

5 地震相分布规律

5.1 平面分布特征

沉积体系类型和分布受盆地构造活动的控

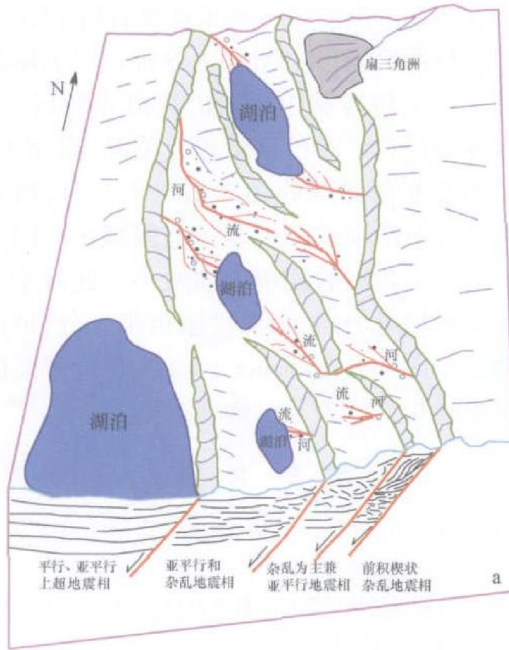
图 6a K_1Siv 和 $K_1S⑤$ 层序地震相分布模式

Fig. 6a Distribution model of seismic facies of K_1Siv and $K_1S⑤$ sequences

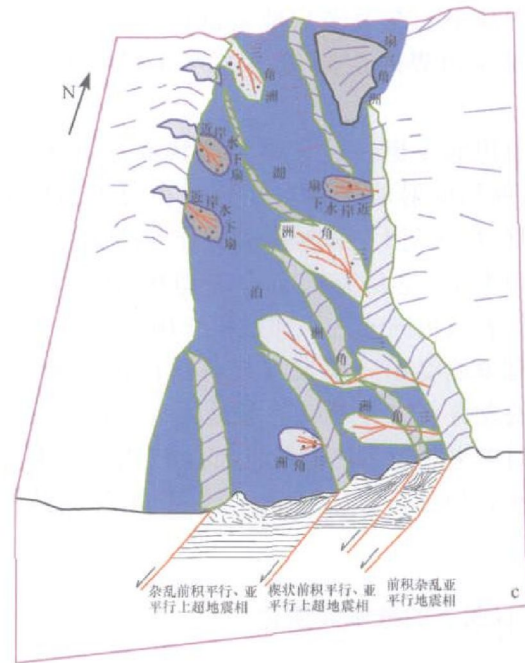
图 6c K_1Sv 和 K_1S 地震相分布模式

Fig. 6c Distribution model of seismic facies of K_1Sv and K_1S sequences

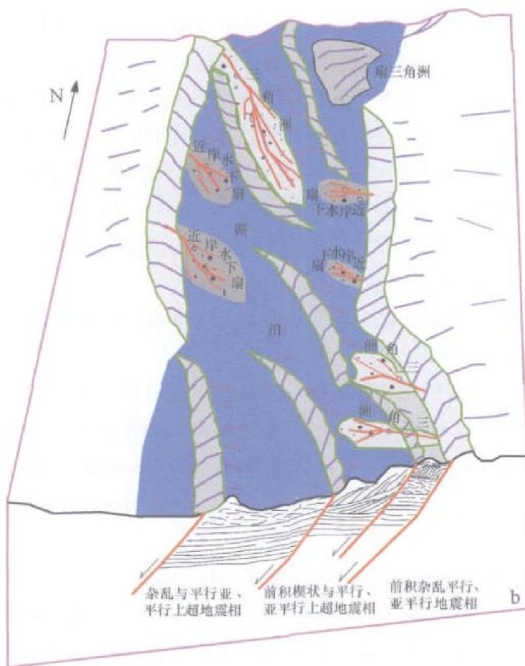
图 6b $K_1S④$ 、 $K_1S⑥$ 和 $K_1S⑦$ 地震相分布模式

Fig. 6b Distribution model of seismic facies of $K_1S④$, $K_1S⑥$ and $K_1S⑦$ sequences

制。由于各层序的沉积环境在平面上存在差异性, 不同的地区发育不同的沉积体系, 因而地震响应也不同, 为了反映沉积相与地震相的响应关系, 建立了各层序的地震相模式。根据各层序的

地震相及沉积格局是否相似, 将 Fula 坳陷白垩系 Abu Gabra 组的 7 个层序建立 3 个沉积模式 (图 6a b c)。

平行地震相除在 K_1Siv 和 $K_1S⑤$ 层序沉积时期分布局限外, 在其余 5 个层序沉积时期均分布广泛。纵向上, 自下而上各层序内该地震相的分布面积逐渐增大; 横向上, 该地震相主要分布在南北次凹内。该地震相反映了在一个沉积区域内相对稳定的、沉积水动力能量中等偏低的沉积相组合, 一般意味着在均匀沉降的盆地缓坡部位上的匀速沉积作用。主要代表的沉积相一般为滨浅湖亚相、半深湖亚相, 有时也可能是三角洲前缘亚相的地震响应。

亚平行地震相是研究区内分布最为广泛的地震相之一, 在 7 个层序中均有分布。但不同层序的分布范围有所不同, 总体规律是自下而上分布面积逐渐增大, 这种亚平行席状地震相的连续性一般较差, 反映水动力能量较弱或变化较大、沉积作用相对不太稳定的沉积环境。它常代表一种相对高能的沉积环境, 如滨浅湖、三角洲前缘、扇三角洲前缘等。

杂乱地震相的沉积物以粗粒、快速沉积为特点, 一个明显的变化规律是自下而上各层序的分

布范围减小。在大多数地震剖面上, 杂乱地震相多分布在边界断层附近。多为冲积-河流沉积体系。

前积地震相外形主要为楔状或充填状, 在平面上, 前积反射地震相主要分布在边界断层下降盘一侧; 在纵向上, 该地震相的分布特征与亚平行席状相类似, 也是有向上分布范围变大的趋势。一般代表三角洲的进积和退积作用。

充填地震相一般发育在各次洼内或断阶上, 也有的发育在边界断层下降盘附近。在东北部断阶带与中央断裂带之间的北部次洼内分布有上超充填地震相发育区。代表了浅湖、半深湖或深湖沉积环境^[12]。

5.2 纵向上的继承和演化

地震相主要反映的是沉积体系特征, Fula 坳陷白垩系 Abu G abra 组的沉积体系类型和分布受盆地构造活动的控制。不同层序的沉积体系其分布特征既有继承又有演化(图 6a, b, c)。因而不同层序的地震相之间既有继承又有演化。

在裂谷作用早期(K_1S_{iv} 和 $K_1S_{\oplus}$), 东、西边界断层及内部主干断层均已发育, 由于物源供给充分, 沉积物堆积速度快, 代表湖泊的平行亚平行上超地震相分布范围小, 而代表河流相的杂乱反射地震相分布广泛。物源来自西部、西北部、东部、东南部, 它们在坳陷内顺断层走向发育, 充填由断裂作用产生的低地与沟槽。在东北部断阶缓坡带上还发育有代表扇三角洲沉积的楔状前积地震相(图 6a)。

裂谷作用中期($K_1S_{\oplus}$ 、 $K_1S_{\oplus}$ 和 $K_1S_{(u)}$)各主干断层的活动加强, 平行亚平行上超地震相扩张至边界断层, 湖泊沉积范围扩大。西界断层的下降盘一侧发育了一系列杂乱反射地震相, 代表近岸水下扇沉积。在中央断裂带北段断层所限定的沟槽内发育了前积地震相, 代表了三角洲沉积, 顺断层条带状展布。代表扇三角洲沉积的楔状前积

地震相在东北部断阶带的继承性发育(图 6b)。

裂谷作用晚期(K_1S_v 和 $K_1S_{\oplus}$), 代表湖泊的平行亚平行上超地震相范围仍达边界断层。Fula 坳陷西界断层在此时已逐渐停止活动, 直至消失, 造成了西部和西北部的物源供给不充分, 所以在坳陷的西部杂乱和前积地震相范围减小。因而近岸水下扇及三角洲的规模也非常小。此时东界断层的活动却相对增强, 物源供给也很充分, 形成了 Fula 坳陷东南部及 Kakang 东斜坡断阶带上的前积反射地震相。代表了三角洲沉积(图 6c)^[14]。

参 考 文 献

- 1 张万选, 张厚福, 曾洪流. 陆相地震地层学 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1993
- 2 顾家裕. 陆相层序地层学格架概念及模式 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 6~10
- 3 徐怀大, 王世飞, 陈开远. 地震地层学解释基础 [M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1990
- 4 魏魁生, 史淑玲, 历大亮, 等. 渤海湾盆地沾化凹陷下第三系高精度层序地层学研究 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 513~518
- 5 李明娟, 张洪年, 胡宗全, 等. 济阳坳陷古生界层序地层研究 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 106~110
- 6 张年富, 齐雪峰. 准噶尔盆地侏罗系 $\oplus$ 层序底界上下砂体预测与有利区评价 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 145~149
- 7 魏力民, 柳梅青. 川西新场蓬莱镇组层序地层研究与储层横向预测 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 220~225
- 8 王洪亮, 邓洪文. 昌图凹陷层序地层与油气储层预测 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 160~163
- 9 朱筱敏. 陆相坳陷型和断陷型湖盆层序地层样式探讨 [J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 283~287
- 10 张琴, 朱筱敏, 张满郎. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系地震相研究 [J]. 石油大学学报(自然科学版), 2001, 25(1): 72~76
- 11 Posamentier H W, Vail P R. Eustatic controls on clastic deposition iv: sequence and system tract [J]. SEPM Special Publication, 1988, 42: 126~148
- 12 Van Wagoner J C, Mitchum R M. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high resolution correlation of time and facies [J]. AAPG, Methods in Exploration series, 1990, 55: 1~240

(编辑 高 岩)