

文章编号: 1009-3850(2011)03-0013-07

主动大陆边缘海沟-斜坡盆地沉积体系分析 ——以缅甸若开海岸盆地某工区为例

邱春光, 朱光辉, 谢晓军, 杨松龄

(中海油研究总院海外评价中心, 北京, 100027)

摘要: 本文以国内少见的发育在主动大陆边缘的特殊盆地类型海沟-斜坡盆地作为研究对象, 通过建立并震结合的不同沉积体系的地质-地球物理识别模板, 用二维地震资料对研究区目的层的沉积体系进行了解析。结果显示, 研究区发育窄的滨浅海、小规模三角洲、浊积扇、下切谷、半深海陆坡和半深海平原等沉积体系。滨浅海、三角洲和浊积扇沉积体系发育的砂体是主要的储集体。海沟-斜坡盆地的规模较小, 以生气为主, 可能形成中小型断块油气藏。

关键词: 海沟-斜坡盆地; 主动大陆边缘; 沉积体系; 地震反射特征

中图分类号: P618

文献标识码: A

海沟-斜坡盆地发育在洋壳向陆壳俯冲的会聚板块边缘(主动大陆边缘)。关于会聚板块边缘发育的盆地类型前人进行过较详细的分析, Miall A D 认为聚敛边缘盆地发育海沟和俯冲杂岩、弧前盆地、弧间盆地、弧后盆地、弧后前陆盆地等类型^[1]; Ingersoll 和 Busby 认为岛弧附近发育海沟盆地、海沟-斜坡盆地、弧前盆地、弧后盆地、弧后前陆盆地等类型^[2]; Dickinson W R 将岩浆弧和海沟之间的弧前盆地划分为弧内盆地、残留盆地、增生楔盆地和复合盆地^[3]; 陆克政认为与 B 型俯冲作用有关的盆地包括海沟、斜坡盆地、弧前盆地、弧后前陆盆地等^[4]。根据区域地质剖面, 研究区处在海沟和若开山脉的斜坡地带, 基底为早期地层构造变形而成的增生楔, 若开海岸盆地属于海沟-斜坡盆地。

国内外弧前盆地的研究比较多^[5-10], 但对海沟-斜坡盆地的研究还很不充分^[11-13]。本文通过岩石学特征、沉积序列、古生物及地球化学资料、测井资料和地震资料对海沟-斜坡盆地发育的主要沉积体系进行了归类总结。

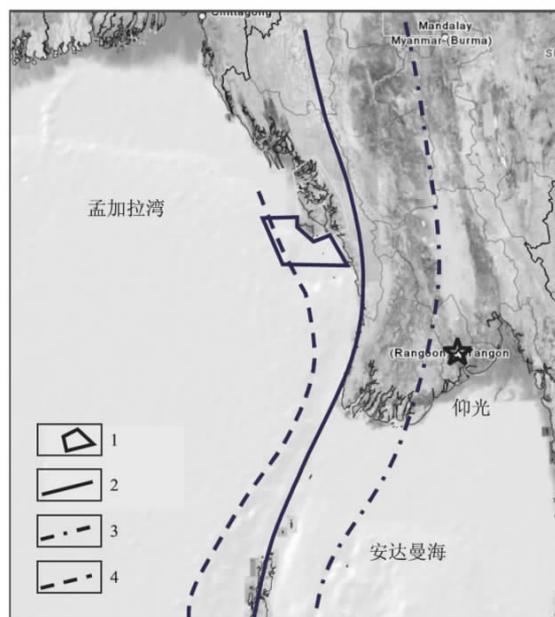


图1 缅甸若开海岸盆地某工区位置图

1. 区块范围; 2. 若开增生楔; 3. 火山岛弧; 4. 海沟

Fig. 1 Location of the study area in the Arakan Coast basin, Myanmar

1 = study area; 2 = Arakan accretionary wedge; 3 = volcanic island arc; 4 = trench

收稿日期: 2010-10-15; 改回日期: 2011-01-02

作者简介: 邱春光(1979-), 男, 博士, 主要从事海外石油地质研究。E-mail: qiuchg1979@163.com

1 区域地质概况

缅甸若开海岸盆地某工区位于孟加拉湾的缅甸联邦西部若开海域,东北侧靠 Cheduba 岛和 Ramree 增生楔,工区东部为海沟-斜坡盆地,向西由很窄的大陆架过渡到深海,形成西侧的海沟盆地-残余洋壳盆地(图 1)。工区目前有一口探井(A 井),位于工区东部的东南侧。古新世-中始新世(58~37Ma)期间,印度板块向欧亚板块漂移,前端发生软碰撞^[14-17]。若开海岸盆地物源来自北东方向的缅甸禅邦高原,为广阔的陆源海环境。晚始新世-早渐新世(37~30Ma)期间,印度板块与欧亚板块强烈碰撞造山。喜马拉雅山脉及若开山脉北部隆升。晚渐新世(30~24Ma)期间,因挤压逃逸作用,缅甸地块旋转,若开山脉由北向南隆升规模逐渐加大,分隔若开海岸盆地与中央盆地,并从东北方向向若开海岸盆地提供物源。推测若开海岸盆地为海沟-

滨浅海过渡的多变环境。早中新世之后,板块汇聚造山隆升,缅甸地块继续旋转,东部若开山脉向若开海岸盆地提供物源、北部喜马拉雅山脉向孟加拉湾北部海域提供物源。

工区揭示的地层主要为上中新统、上新统和更新统。上中新统下部为暗灰色泥岩夹薄层粉砂岩、砂岩。泥岩压实较好、含钙质。粉砂岩、砂岩颜色为灰白色/灰绿色,含钙质,中等固结程度。上中新统上部为粉砂岩夹泥岩,其中粉砂岩呈灰白色/灰绿色,已经压实,粉砂岩局部钙质、泥质、砂质化。泥岩为深灰色、中等压实、局部含钙质。上新统下部以泥岩为主,泥岩为灰色/黑灰色、偶见砂岩夹层和泥灰岩夹层。上新统中部为厚层粉砂岩夹薄层灰色泥岩。上新统上部为中层砂岩夹中薄层灰色泥岩,砂岩为灰白色、浅灰色,中粗粒,次圆-次棱角状。更新统下部为厚层灰色泥岩,上部为厚层砂岩。

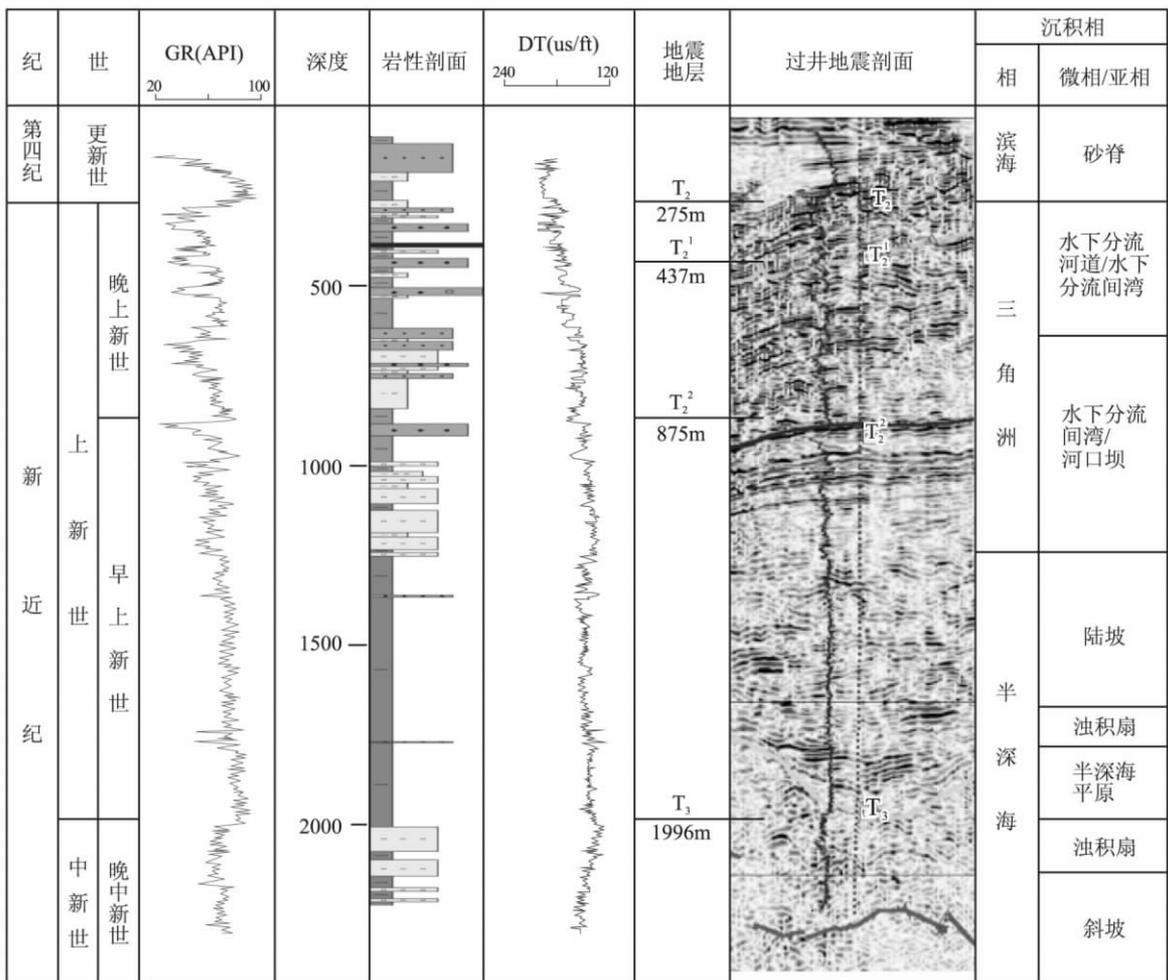


图 2 A 井地层综合柱状图与沉积相图

Fig. 2 Generalized stratigraphic column and sedimentary facies through the A well

2 沉积相标志

2.1 现今主动大陆边缘沉积特征

与被动大陆边缘相比,主动大陆边缘最显著的特征是坡度大,导致主动大陆边缘的滨浅海和半深海相带发育较窄。根据若开海域现今的海水等深线:0~200m水深区域宽度多在30~50km,而200~2000m水深区域宽度多在35~60km。按照沉积学观点,滨浅海宽度多在30~50km之间,半深海宽度多在35~60km。主动大陆边缘与被动大陆边缘另一重要的区别是:被动大陆边缘多有较大的江河入海,形成较大的三角洲沉积;而主动大陆边缘由于洋陆的俯冲,在大陆一般发育平行于海岸方向的海拔较高的山系,山系之后发育较平缓的平原。由于山系的阻挡,注入主动大陆边缘海域的河流规模较小,所以不发育大规模的三角洲沉积。若开海域没有较大的河流注入,而缅甸地块大的河流伊洛瓦底江和萨尔温江受近南北向若开山系增生楔阻挡,注入安达曼海而未注入若开海域。

目前对会聚边缘靠近大洋一侧的沉积体系研究较少,对主动大陆边缘发育的沉积体系还未进行系统分析。本次研究采用“将今论古”的方法,在建立新沉积地层的地震相、沉积相转化模型的基础上,将老地层地震相转化为沉积相,进而研究沉积体系的平面展布。

研究区二维测线S线(图3)东部为滨浅海沉积,滨浅海沉积区最大水深约200m,对应地震相为中强振幅连续亚平行-弱发散反射。S线中西侧水深200~800m,海水之下应为半深海沉积;在水深200~380m处区域沉积物地震反射特征表现为楔形前积外强振幅内部弱振幅反射;再向外水深380~560m处区域坡度小,沉积物地震反射特征表现为席状中强较连续-连续亚平行反射地震反射;在水深560~800m处坡度大,沉积物地震反射特征为较薄中振幅连续亚平行反射。再向下的地层反射均为中强振幅杂乱反射,表现为增生楔的地震反射特征。

综上所述,我们至少认识出3种半深海地震相:(1)地震反射特征为楔形前积外强振幅内部弱振幅反射,命名为半深海大陆坡亚相,结合A井沉积相其岩性应为深色泥岩为主夹薄层浊积砂岩;(2)地震反射特征为较薄中振幅连续亚平行反射,命名为半深海斜坡亚相,结合其发育的构造部位认为岩性以深色泥岩为主;(3)地震反射特征为近席状中强较连续-连续亚平行反射地震反射,命名为半深海平原亚相。半深海处还发育下切谷(陆坡)和在地形坡折处容易产生的浊积扇等沉积体。对于滨浅海相,由于滨海相带很窄,在此并没有区分滨海相和浅海相而统一为滨浅海相。另外,滨浅海相内发育一定规模的三角洲沉积。

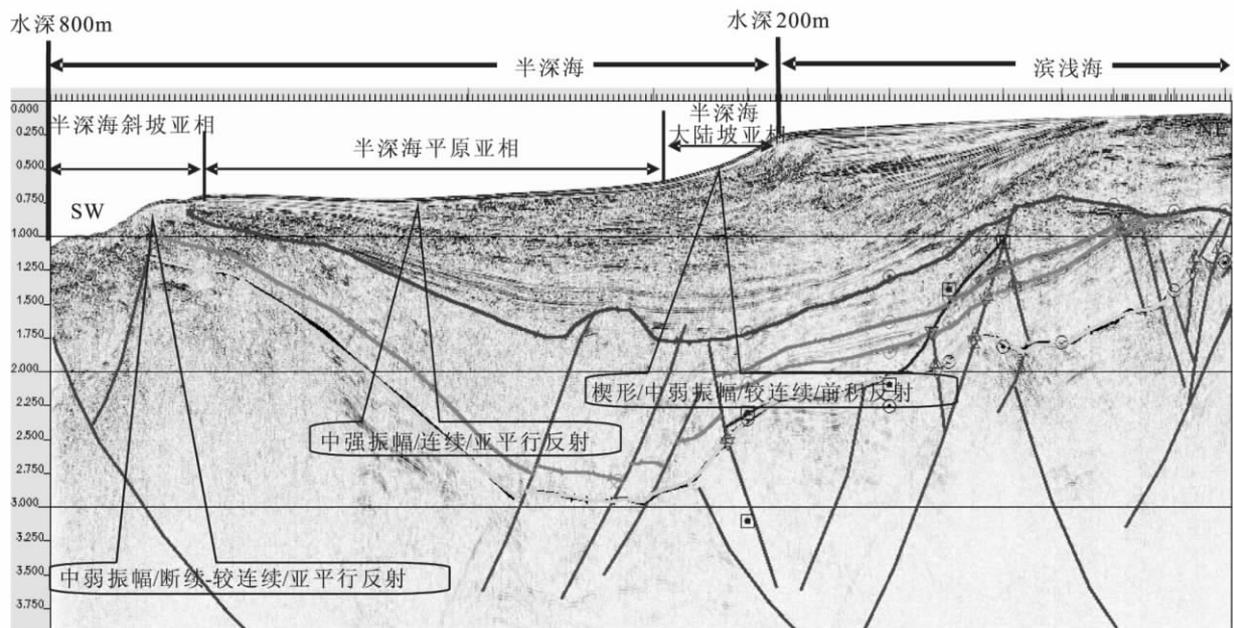


图3 S测线全新统地震反射特征

Fig. 3 Seismic reflection profile through the Holocene strata along the S seismic line

2.2 沉积体系识别标志

在对 A 井的合成地震记录进行井-震标定基础上,通过测井、地层和地震反射特征的结合,建立该井已经揭示的沉积体系的识别标志(图 4)。研究区还存在的未被钻井揭示的沉积体系,主要通过地震反射特征根据经验推测沉积体系(图 5)。

图 4 中,三角洲在测井上表现为反旋回,岩性以砂岩为主,夹不等厚的泥岩,平行物源方向的地震剖面上为前积地震反射特征;陆坡在测井上表现为加积,以大套泥岩为主夹薄层砂岩,地震剖面上为杂乱、断续“前积”反射、顶界面清楚、底界不清晰;半深海浊积扇为正旋回测井特征,岩性上为大套泥岩中夹着砂岩,地震剖面上表现为透镜体外形、内部为杂乱地震反射。

图 5 中,陆架和陆坡的下切谷有不同的地震反射特征。陆架下切谷根据其底部形态又可分为 U 型和 V 型下切谷,U 型下切谷内部为弱振幅蠕虫状反射;V 型下切谷内部有杂乱反射或者中-弱振幅、上超充填地震反射特征。陆坡位置的下切谷主要是由于基准面升高的早期、高部位的物源侵蚀下伏地层并将碎屑物输送到构造低部位,这种类型的下切谷宽/高比较大,内部主要为杂乱反射。不管

哪种下切谷,内部充填的中弱振幅杂乱-蠕虫状反射地震相的沉积物应为后期开始堆积的细粒沉积。滨浅海一般表现为中高振幅、中频、连续性好的亚平行-平行地震反射。

2.3 沉积体系分布

以沉积体系识别标志为指导,对研究区目的层进行了沉积体系识别与平面成图。在晚中新世,研究区主要发育滨浅海和浊积扇等沉积体系(图 6),物源来自北东方向。东部发育滨浅海沉积,其中研究区东北部被剥蚀;中部和西部分别为半深海陆坡和半深海平原沉积;浊积扇主要位于半深海平原与陆坡相交靠近半深海平原的位置。在更新世,研究区主要发育滨浅海、三角洲、半深海相陆坡、半深海平原和各种下切谷等沉积体系,物源同样来自于来自北东方向。三角洲规模较小,约 50km²。下切谷大量发育在滨浅海和半深海区域,在研究区北部的下切谷发育在滨浅海区,为 V 型下切谷,走向为近东西;在研究区中部的两条下切谷也发育在滨浅海区,为 U 型下切谷,走向为北东向;研究区南部发育的下切谷发育在半深海区,下切谷规模较大,走向以北东向为主(图 7)。

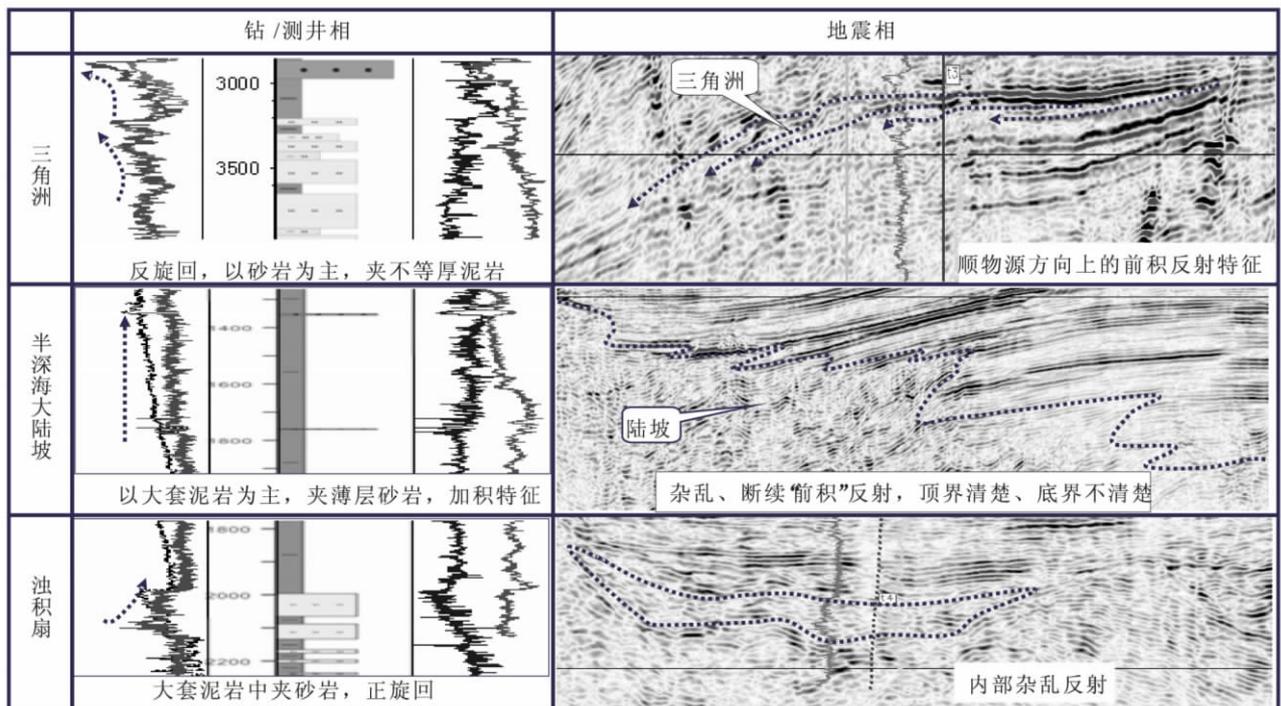


图 4 海沟-斜坡盆地沉积体系识别模板(钻井揭示)

Fig. 4 Recognition patterns for the sedimentary systems in the trench-slope basins (drilled)

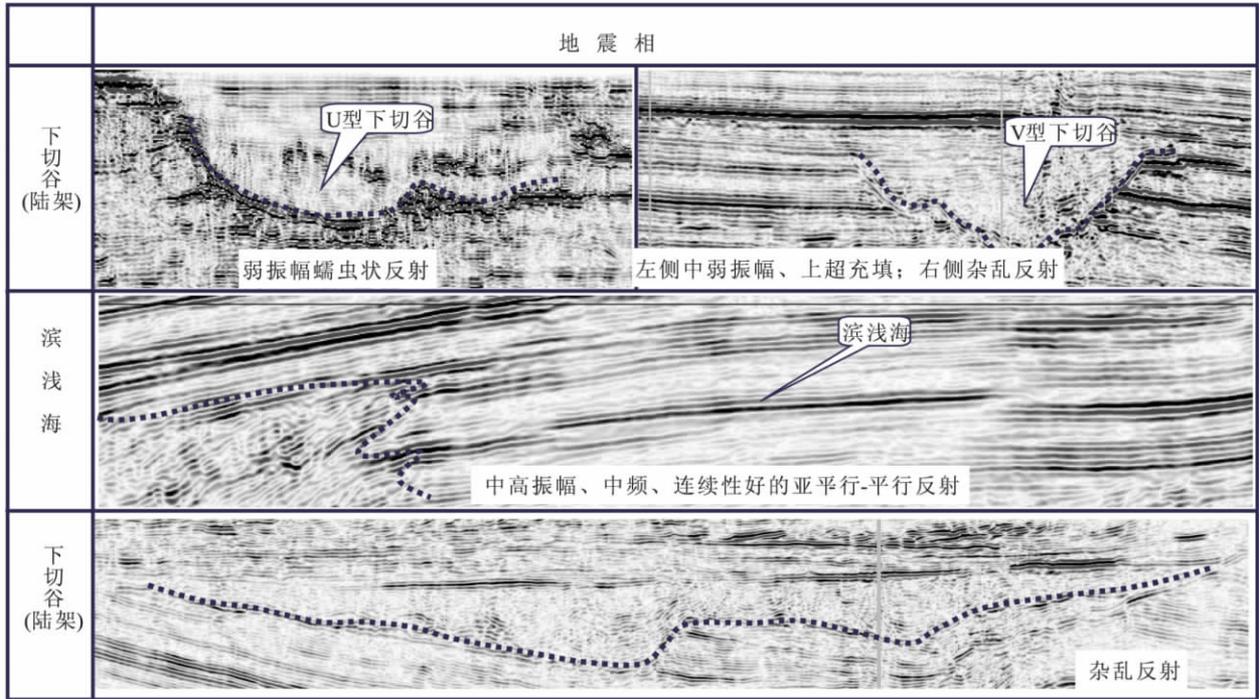


图5 海沟-斜坡盆地沉积体系识别模板(钻井未揭示)

Fig. 5 Recognition patterns for the sedimentary systems in the trench-slope basins (not drilled)

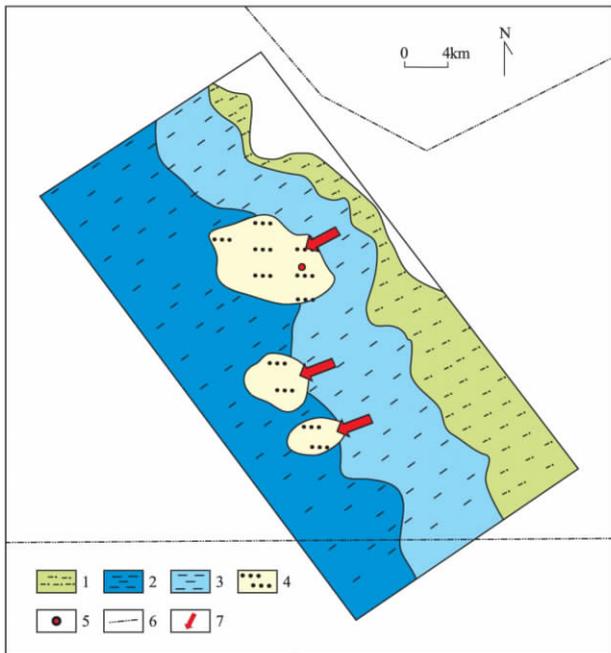


图6 若开海域某工区上中新统沉积体系图

1. 滨浅海; 2. 半深海平原; 3. 半深海陆坡; 4. 浊积扇; 5. 井位; 6. 工区边界; 7. 物源方向

Fig. 6 Upper Miocene sedimentary systems within the study area along the Arakan Coast

1 = littoral-shallow sea; 2 = bathyal plain; 3 = bathyal continental slope; 4 = turbidite fan; 5 = well site; 6 = boundary of the study area; 7 = provenance

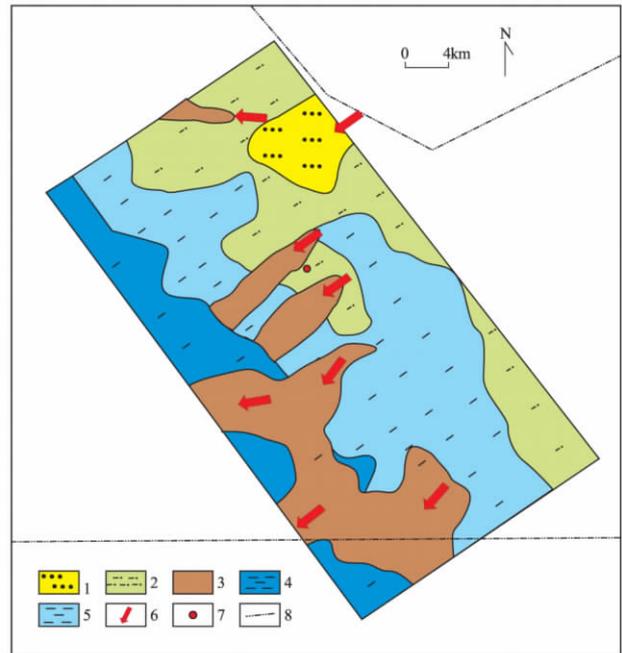


图7 若开海域某工区更新统沉积体系图

1. 三角洲; 2. 滨浅海; 3. 下切谷; 4. 半深海平原; 5. 半深海陆坡; 6. 物源方向; 7. 井位; 8. 工区边界

Fig. 7 Pleistocene sedimentary systems within the study area along the Arakan Coast

1 = delta; 2 = littoral-shallow sea; 3 = incised valley; 4 = bathyal plain; 5 = bathyal continental slope; 6 = provenance; 7 = well site; 8 = boundary of the study area

海沟-斜坡盆地主要发育滨浅海、三角洲、半深海陆坡、半深海平原、下切谷、浊积扇等沉积体系,其中滨浅海沉积体系、三角洲沉积体系和浊积扇沉积体系是砂岩主要发育场所。

3 海沟-斜坡盆地石油地质条件

海沟-斜坡盆地发育在海沟向陆地一侧的增生楔之上,一般呈与海沟平行的条带向分布,

面积一般不大,地层年代较新(多为古近纪-新近纪),但地温梯度一般较低(通常小于 $20^{\circ}\text{C}/\text{km}$)。目前来看,世界范围在海沟-斜坡盆地勘探程度低,勘探成效不大。

从已钻井揭示情况看,上新统上部为煤系泥岩,有机质丰度较高;上新统下部有机质丰度高, T_{oc} 最高可达到10%,总烃含量也高。上中新统有机碳小于5%,但总烃含量高于上新统。上新统和上中新统埋深一般不大于3000m,由于盆地地温梯度较低(一般小于 $20^{\circ}\text{C}/\text{km}$),故一般未达生烃门限深度,但结合孟加拉湾地区临近区块已经发现的油气藏和烃源岩类型认为有生成生物气的可能。研究区临区钻井揭示,中新统中下部泥岩是中等-好的低成熟烃源岩,而研究区部分中新统埋深超过4000m,为有效烃源岩。而始新统在研究区是增生楔基底的主要地层,分布广泛,为较好的烃源岩,干酪根II₂-III型,油气兼生。综合认为研究区烃源岩以生气为主。

海沟-斜坡盆地物源以早期形成的增生楔为主,而增生楔地层一般为早期深海平原沉积发育的一套以泥岩为主的地层后期受构造运动改造形成,所以海沟-斜坡盆地地层一般砂地比低,储层不甚发育是海沟-斜坡盆地勘探重要风险之一。本研究区主要发育两套成藏组合:一套是上中新统浊积砂体储层下上新统半深海平原泥岩盖层,一套是上上新统三角洲砂体储层三角洲泥岩盖层。

由于所处的特殊构造位置,内部构造复杂,盆地内断裂呈网格化,故圈闭类型以断层圈闭为主。海沟-斜坡盆地一直处在构造活跃预期,其内发育的网格化断裂可以成为油气运移的通道,但聚集保存存在一定风险。

综合认为,海沟-斜坡盆地烃源岩较发育、存在大量断层圈闭、运移条件好,但储层和聚集保存存在一定风险。有一定勘探潜力,可能形成中小规模的油气藏。

4 结论

(1) 处于主动大陆边缘的海沟和若开山脉之间的若开海岸盆地为海沟-斜坡盆地,其基底为增生楔。

(2) 海沟-斜坡盆地主要发育滨浅海、半深海陆坡、半深海平原、下切谷、三角洲和浊积扇等沉积体系。滨浅海相带和半深海相带均较窄,三角洲规模较小。其中滨浅海、浊积扇和三角洲等沉积体系是有利储层主要发育的沉积体系。

(3) 海沟-斜坡盆地烃源岩较发育、存在大量断层圈闭、运移条件好,但储层和聚集保存存在一定风险,可能形成中小规模的油气藏。

参考文献:

- [1] MIALL A D. Principles of Sedimentary Basin Analysis [M]. New York: Springer-Verlag, 1984. 371.
- [3] DICKINSON W R, SEELY D R. Structure and stratigraphy of fore-arc regions [J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1977, 63: 2-31.
- [4] 陆克政等编,《含油气盆地分析》[M],北京:中国石油出版社,2006.
- [5] PIVNIK D A. Polyphase deformation in a fore-arc/back-arc basin Salin subbasin, Myanmar (Burma) [J]. AAPG Bulletin, 1998, 82 (10): 1837-1856.
- [6] SLEEP N, TOKSOZ M N. Evolution of marginal basins [J]. Nature, 1973, 233: 548-500.
- [7] CURRAY J R. Tectonics and history of the Andaman Sea region [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2005, 25: 187-232.
- [8] DICKINSON W R. Forearc basins [A]. Busby C J, Ingersoll R V. Tectonics of Sedimentary Basins [C]. Cambridge Massachusetts: Blackwell Science, 1995. 211-261.
- [9] 周树青, 黄海平, 林畅松, 等. 环太平洋活动大陆边缘盆地类型及油气成藏条件 [J]. 海洋石油, 2006, 26(4): 13-17.
- [10] 张传恒, 张世红. 弧前盆地研究进展综述 [J]. 地质科技情报, 1998, 17(4): 1-6.
- [11] KOCYIGIT A. An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey [J]. Geol. Soc. Am. Bull., 1991, 103: 22-36.
- [12] LEGGETT J K. The sedimentological evolution of a Lower Paleozoic accretionary forearc in the Southern Upland of Scotland [J]. Sedimentology, 1980, 27: 401-417.
- [13] MOORE G F, KARIG D E. Development of sedimentary basins on the lower trench slope [J]. Geology, 1976, 4: 693-697.
- [14] ALAM M. Geology and depositional history of Cenozoic sediments of the Bengal Basin of Bangladesh [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1989, 69: 25-139.
- [15] MOLNAR P, TAPPONNIER P. Cenozoic tectonics of Asia: effects

- of a continental collision [J]. *Science* ,1975 ,189: 419 – 426.
- [16] SCLATER J G ,FISHER R L. The evolution of the east central Indian Ocean ,with emphasis on the tectonic setting of the Ninetyeast Ridge [J]. *Geological Society of America Bulletin* , 1974 ,85: 683 – 702.
- [17] CHEN H H ,DOBSON J ,HELLER F et al. Paleomagnetic evidence for clockwise rotation of the Simao region since the Cretaceous – a consequence of India-Asia collision [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.* , 1995 ,134: 203 – 217.

Sedimentary systems in the trench-slope basins along the active continental margins: An example from one block in the Arakan sea basin , Myanmar

QIU Chun-guang , ZHU Guang-hui , XIE Xiao-jun , YANG Song-ling
(*Research Institute , CNOOC , Beijing 100027 , China*)

Abstract: The sedimentary systems are explored on the basis of 2D seismic data for the target strata in one block in the Arakan Coast basin , Myanmar developed in the trench-slope basins along the active continental margin. The results of research in this study have disclosed that the sedimentary systems in the study area dominantly consist of the littoral-shallow sea , delta , turbidite fan , incised valley , bathyal continental slope and bathyal plain sedimentary systems. The reservoir rocks are mainly developed in the littoral-shallow sea , delta and turbidite fan sedimentary systems. The small-sized trench-slope basins may be host to the medium- or small-sized block oil-gas pools dominated by natural gas.

Key words: trench-slope basin; active continental margin; sedimentary system; seismic reflection profile