

Tectonic Styles and Tectonic Evolution of Salin Depression in Myanmar

Yuxiao Huang

College of Earth Sciences and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao Shandong
Email: 2530375379@qq.com

Received: Apr. 7th, 2018; accepted: Apr. 21st, 2018; published: Apr. 28th, 2018

Abstract

The Salin depression of Burma is a secondary basin in the front arc depression belt of the western central Burma basin. The stress in the basin is complex. Due to the lack of research on the structural style and tectonic evolution of Burma, the predecessors have studied it. Based on the previous studies, this paper concludes that its structure has undergone three major structural stages: weak extension-stretch extensional-extrusion inversion-stabilization deposition, and a number of profiles have been selected to draw the balanced cross section. And we estimate the extension rate and the calculation of its maximum sedimentation rate, combined with deep seismic data. By summarizing its tectonic evolution characteristics, it is concluded that the structural patterns of Salin depression can be divided into four types: stretching, contraction, strike-slip, and inversion: extensional tectonics with listric normal faults and imbricate faults; contraction structure mainly as a thrust nappe structure; slip tectonic style with positive flower structure; inverted structural style is a kind of superimposed structural style, which is characterized by positive inversion structural features. The section shows that the upper is positive and lower is negative. It is hoped that the tectonic evolution of the basin can be reflected by the study of structural styles, which can help oil and gas exploration in the region.

Keywords

Myanmar, Myanmar Central Basin, Salin Depression, Tectonic Styles, Escape Tectonic Model

缅甸沙林凹陷构造样式及其构造演化

黄聿晓

山东科技大学地球科学与工程学院, 山东 青岛
Email: 2530375379@qq.com

收稿日期: 2018年4月7日; 录用日期: 2018年4月21日; 发布日期: 2018年4月28日

摘要

缅甸沙林凹陷, 是缅甸中央盆地西部弧前拗陷带中的次级盆地, 盆地内应力作用复杂, 且由于缅甸国内研究水平的限制前人对其构造样式与构造演化研究存在不足。本文在总结前人研究的基础上, 认为其构造大致经历了伸展断陷—弱挤压—挤压反转—稳定沉积四个主要构造阶段, 且选取多条剖面绘制平衡剖面, 并估算其伸展率与计算其最大沉积沉降速率, 结合地震资料等深部探测资料, 对其构造演化特征进行总结, 认为沙林凹陷构造样式可以分为伸展、收缩、走滑及反转四种构造样式: 伸展构造样式以铲式正断层及叠瓦状断层系为主; 收缩构造样式主要为逆冲推覆构造; 走滑构造样式以正花状构造为主; 反转构造样式是一种叠加构造样式, 呈正反转构造特点, 剖面上表现为下凹上隆, 下正上逆。希望通过对于构造样式的研究来反映盆地的构造演化, 可以为之后该地区的油气勘探提供帮助。

关键词

缅甸, 缅甸中央盆地, 沙林凹陷, 构造样式, 逃逸构造模式

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

缅甸中央盆地位于西缅甸地块, 是缅甸境内最大、最主要盆地, 是印度板块与欧亚板块碰撞的过渡地区, 内部主要分为西部弧前拗陷带、中部火山岩隆起、东部弧后拗陷带三个构造单元, 内部构造特征复杂。其中沙林凹陷位于西部, 处于印度板块与西缅甸地块直接碰撞作用区域, 也是地质应力最活跃的区域。因经历了多期构造事件, 使得其内部呈现多种构造样式, 追踪研究这些构造样式的演化机与特征是研究的基础。因受限于缅甸位置及国内的政治、经济及勘探技术水平等因素, 研究人员对该区的构造演化与构造样式研究相对较少, Pinvink、袁书坤、王婵[1] [2] [3] [4]等认为缅甸中央盆地中北部以背斜构造为主, 主要发育逆断仓、走滑断层, 正断层较少; Pinvink [1] [5] [6] [7]等认为缅甸中央盆地受新特提斯洋/印度板块洋壳沿西缅甸地块的碰撞俯冲作用控制影响; 陈剑光等[8] [9] [10] [11] [12]认为沙林凹陷内始新统地层为较好的烃源岩, 晚白垩至古新统地层具备潜力。除此之外, 弧前盆地是缅甸已探明最主要的油气产区, 对其新生代以来的构造变形特征进行解析, 并分析其内部动力学过程, 对研究油气的生成、运移和聚集研究也有一定的参考意义。

本文在整理分析西部弧前盆地构造样式展布的时空规律基础上, 选取多条基本平行于主构造应力方向的剖面绘制平衡剖面, 并估算凹陷在各地层沉积时期的伸展率, 并在剖面上选取了凹陷沉积最深处, 计算其最大沉积沉降速率, 结合地震资料等深部探测资料, 对沙林凹陷新生代盆地构造演化特征进行总结, 并探讨其动力学机制。

2. 区域地质背景

缅甸中央盆地坐落于西缅甸地块, 呈近南北向的弓型展布, 盆地南北伸展长约 1600~2000 km, 东西宽约 150~200 km, 位于西部若开山脉(Rakhine Range)与东部的掸邦高原(Shan Plateau)之间, 内部分为西部拗陷带、中部低隆起、东部拗陷带等 3 个 1 级构造单元。西部拗陷带内共分胡岗凹陷、钦敦凹陷、沙

林凹陷、皮亚凹陷、伊洛瓦底三角洲凹陷等 5 个 2 级构造单元(图 1)。

沙林凹陷是在中生代基底之上发育而成的新生代弧前盆地，东部为新生代的火山岩岛弧，西部为若开山脉。地理位置大致位于 N22° 凸起以南，N20° 凸起以北，是西部坳陷带油气最富集的凹陷，呈 NE-SW 走向，长约 300 km，宽 110 km，面积约为 $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，区内共分西部断裂带、中部背斜带、沙林向斜带、东南低凸起、N20° 凸起 5 个 3 级构造单元(图 2)。

自第三纪以来，沙林凹陷接受晚白垩纪以来的沉积，包括白垩系卡巴组，古新统庞吉组，始新统朗新组、提林组、塔本组、蓬当组、尧河组，渐新统瑞泽道组、巴当组、鄂霍明当组，中新统标贝组、库奥科克组、奥博贡组，第四纪伊洛瓦底群等(见表 1)。

沙林凹陷内主要的烃源岩为白垩统卡巴组和始新统朗欣组、塔本组 2 套烃源岩系，其中始新统地层为凹陷最主要的有效烃源岩，卡巴组泥岩为潜在烃源岩。卡巴组为一套浅海相灰色—灰黑色泥页岩，盆地内未钻遇(盆地内最深钻遇始新统)，露头厚度 400~1200 m；始新统烃源岩为浅海三角洲碎屑岩，盆地内未钻穿，估算厚度达 3000 m 以上，推测凹陷内始新统地层普遍处于成熟~高成熟阶段，为好~较好烃源岩；盆地内渐新世地层受构造运动影响较大，受到剥蚀较广泛，而中新世地层虽沉积较厚但主要为陆相地层，油气潜力较小。

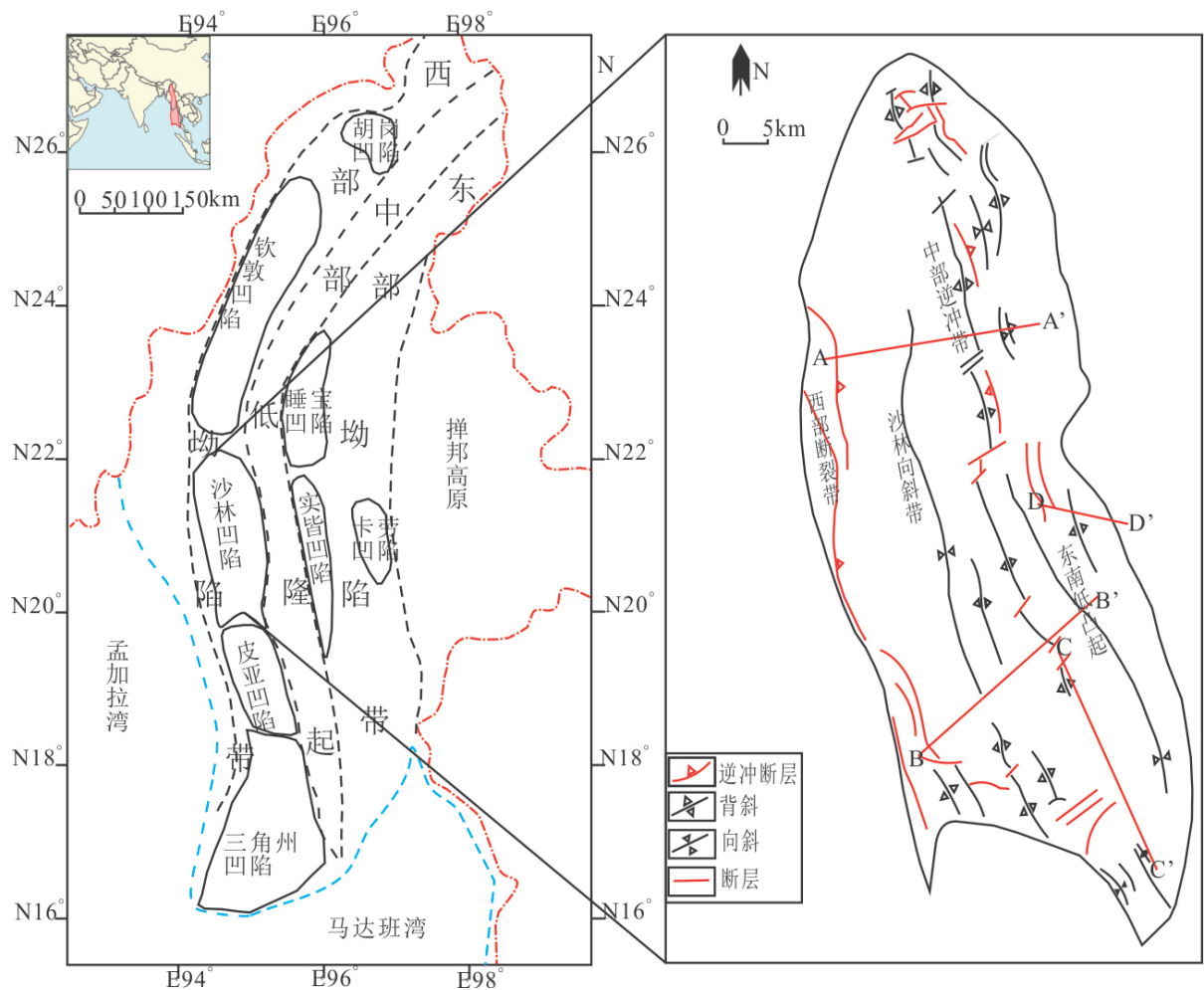


Figure 1. The structural map of the central Burma basin and the Salin depression

图 1. 缅甸中央盆地与沙林凹陷构造区划图

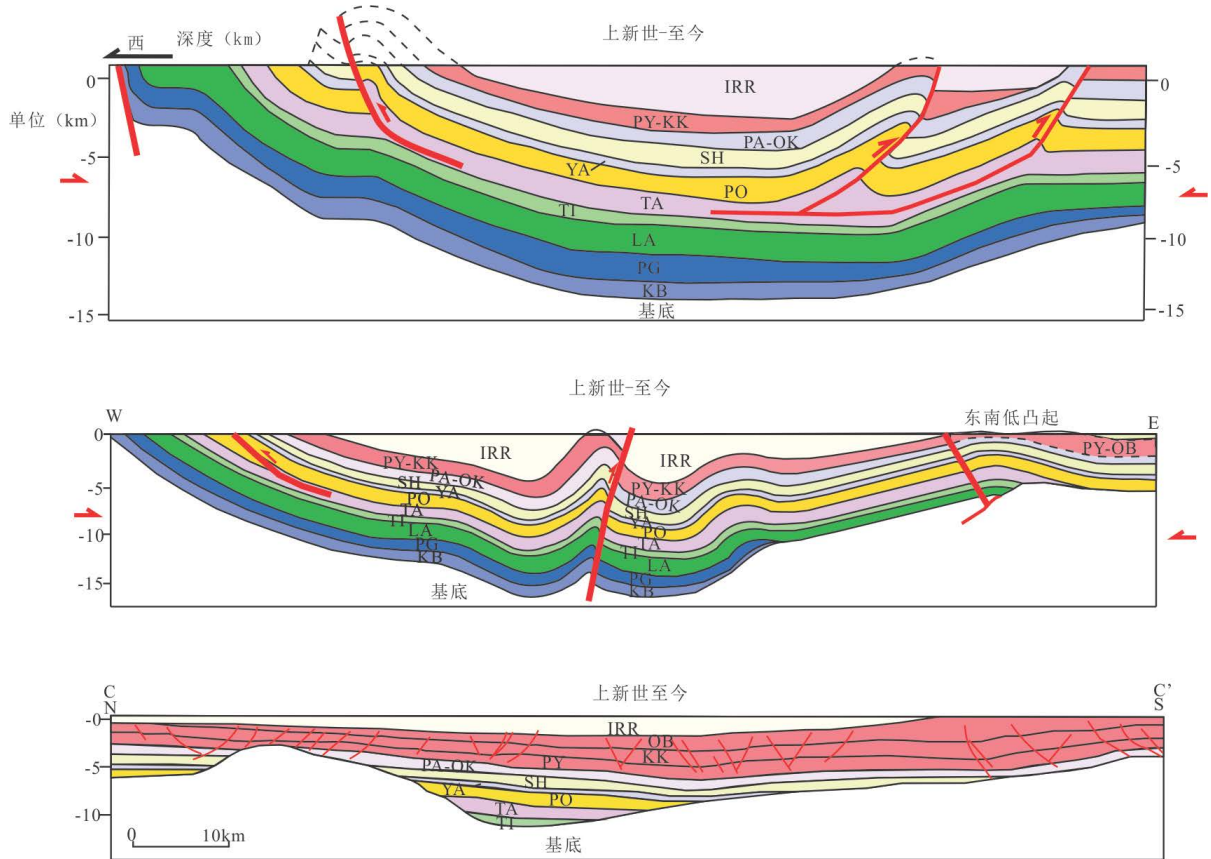


Figure 2. Geological profile of Salin depression
图 2. 沙林凹陷地质剖面图

Table 1. Stratigraphic table in Salin depression
表 1. 沙林凹陷地层表

时代		岩石地层		年龄(Ma)	构造演化阶段	
第四纪(Q)				1.85	平稳沉积期	
上新世		伊洛瓦底群	QIRR	5.2	构造反转期	西缅甸地块与喜马拉雅山碰撞
新近纪(N)	上	奥博贡组	M ₃ OB	25.2	弱挤压—强烈挤压	印度板块对先后两次对西缅甸地块的俯冲
	中新世	库奥科克组	M ₂ KK			
	下	标贝组	M ₁ PY			
	上	鄂霍明当组	O ₃ OK			
渐新世	中	巴当组	O ₂ PA	36		
	下	瑞泽道组	O ₁ SH			
古近纪(E)	上	尧河组	E ₃ YA	39.4		
		蓬当组	E ₃ PO			
始新世	中	塔本组	E ₂ TA	49	伸展断陷期	
		提林组	E ₂ TI			
	下	郎欣组	E ₁ LA	54		
	古新世	庞吉组	PPG	66.5		
白垩纪 (K)	晚白垩世	卡巴组	C ₃ KB	96	板块运动期	西缅甸地块北移

3. 区域构造特征

3.1. 构造单元概况

沙林凹陷主要构造特点是东西分带，沙林向斜带(NNW-SSE 走向)几乎贯穿整个凹陷，与两侧背斜隆凹相间排布，共同构成一个复合向斜。自西北向东南区内共分为西部断裂带、沙林向斜带、中央背斜带、东南低凸起、N20°凸起，各构造带之间基本以横断层相分隔，受构造运动影响地貌特征差异较大。

1、西部断裂带

位于沙林凹陷的西部，沙林向斜的西缘，往西为板块俯冲碰撞形成并一直沿 Kabaw 断层抬升的若开造山带，断裂带受东倾的逆冲断层与北东向的横断层所切割。区域内构造起伏较为平坦，大部分沉积地层均有所出露，以逆冲推覆构造及衍生的断层传播褶皱、区域滑脱褶皱等构造为主。逆冲断层主要发育在中晚始新世蓬当组和中始新世塔本组中，上盘后期受构造运动影响，逆冲断层锋端发育为断层传播褶皱，而在逆冲断层滑脱面上发育形成滑脱褶皱。

2、沙林向斜带

位于沙林凹陷中央偏北部，地势起伏较为平坦，呈 NNW-SSE 向展布向斜，几乎贯穿整个凹陷，内部构造样式不太发育，构造比较稳定。沙林向斜是沙林凹陷内主要的沉积中心，沉积了包括从白垩纪卡巴组到第四纪伊洛瓦底群在内的研究区所有地层，同时也是区内主要的油气资源产区。

3、中部背斜带

位于沙林凹陷东部，主要由 Yenangyat-Chauk 与 Paugan-Gwegyo 两组背斜构成，大致为 NW-SE 向，两组背斜近乎平行，受西倾逆冲断层控制，背斜翼部不对称(东陡西缓)。逆冲断层上陡下缓且倾向与西部断裂带的逆冲断层相呼应，诸多逆冲断层独立发育又相互结合影响，导致区域内相关褶皱十分发育。

Yenangyat-Chauk 背斜位于沙林向斜的东缘，是一个位于西倾逆冲断层上的背斜褶皱。褶皱两翼呈强烈不对称，东翼十分陡峭被一系列逆冲断层所切，西翼较东翼更加平缓，褶皱较低位置上呈较为明显的尖棱状，而高层位上较为平坦，是比较典型的断层传播褶皱。Paugan-Gwegyo 背斜同样受逆冲断层控制，褶皱近 NW-SE 向延伸超过 50 km。Paugan-Gwegyo 背斜褶皱最南部由于第四纪伊洛瓦底群不整合上覆导致褶皱两翼呈明显的不对称。

4、东南低凸起

位于沙林凹陷东南部，主要是由 Yedwet 与 Ondwe 两处背斜构成，区域内发育正断层、半地堑等，与其它构造单元之间的断层分隔不太明显。Yedwet 背斜呈 NW-N 向展布，揭示了主要有中新世地层，伊洛瓦底群不整合上覆于中新世地层。Ondwe 背斜形状与 Yedwet 背斜近似，受到几条横推断层的切割，在其核部出露晚中新世地层。

地震资料显示，该地区早期受到一系列 NE 向正断层影响，经后期构造运动区域内发育区域抬升与断块掀斜，应该是与来自印度板块的挤压应力相关。因为临近大陆一侧，基底受冲断层影响，被切割形成不同几何形态，根据地表表现推测基岩可能发生拱曲隆起，但是缺乏深部地震资料证实。

5、N20°凸起

N20°凸起位于沙林凹陷的最东南端，是由一系列雁列式褶皱组成的凸起，受区域内的 Chaungtha 和 Mindgye 两组东倾断层的控制，揭示了包括从晚渐新世鄂霍明当组到第四纪伊洛瓦底群地层。凸起区断层十分发育，包括正断层、逆断层、走滑断层等。组成 N20°凸起褶皱的东南部末端区域内发育走滑断层，区域呈现压扭应力特点。Chaungtha 断层的下盘中新世地层厚度小于 1500 m，而上盘厚度却超过 4500 m，这种不同意味着最初沉积区域内发育正断层，后期被抬升并受到第四纪压扭应力影响发生构造反转变为逆断层；Mindgye 断层与 Chaungtha 断层构造样式相类似。这种构造反转情况在整个中央盆地内比较普遍。

3.2. 构造活动性分析

对盆地的构造活动性进行定量分析,有助于了解构造活动的运动学特征,帮助判断构造拉张或者挤压的时间期次及速率等,方法主要有:断层生长指数、断层古落差、断层活动速率以及断层相关褶皱的生长地层分析等。本文计算了研究区的断层古落差、断层活动速率。

断层落差是指在垂直与断层走向的剖面上两盘相当层之间的铅直距离,而研究同生断层的活动历史需要计算各地质历史时期的断层落差。计算公式为:

$$D_i = H_i - h_i$$

式中: D_i 为第 i 时期同生断层的古落差; H_i 为第 i 时期上盘厚度; h_i 为第 i 时期下盘厚度。断层活动速率是指某一地层单元在一定时期内,因断层活动行程的落差与相应时间的比值,计算公式为:

$$V_f = \Delta H / T = (H_i - h_i) / T,$$

V_f 为式中的活动速率; H_i 为第 i 时期上盘厚度; h_i 为第 i 时期下盘厚度; T 为相应的沉积时间。通过沙林凹陷的断层古落差与活动速率(见表 2),可以看出沙林凹陷北部与南部的发育基本被断层所控制,以中新世时期活动最为强烈,之后断层的活动性逐渐减弱,第四纪之后进入稳定沉积期。

4. 构造样式与几何特征

构造样式是一组相关构造的总体特征,是区域构造在特定应力场作用下形成的特定的几何形态。构造样式本身反映了构造的形成和演化过程。构造样式受多种因素影响,不同成因类型盆地可具有相同(或相似)的构造样式,但同一类盆地亦可有不同构造样式[1] [8] [13] [14]。根据不同地质营力及区域应力场的变化。沙林凹陷构造样式可分为伸展、收缩、走滑和反转 4 类,基本上反映了地壳水平运动的结果,其剖面基本几何形态(见图 3)大致可以分为以下几种:

1) 伸展构造样式

伸展构造是岩层在水平引张应力作用下形成的构造变形,因地层的岩性差异与外部作用力不均而形成。沙林凹陷主要以正断层系及其伴生构造为主,在地表主要为半地堑,地堑可根据边界断层产状分为直线型(断面平直)和铲式(断面上陡下缓),前者是单纯脆性破裂后断块重力滑动的结果,后者是脆性破裂后断块重力滑动和韧性滑动共同作用的结果。

沙林凹陷的沉积盖层中发育的正断层在全区都有所发育,但受到后期构造运动的影响大部分正断层受到后期改造发育为反转构造样式,在东南低凸起区域还保存有未受到后期构造运动影响的正断层。根据地震资料(见图 4),正断层几何形态主要为铲式正断层,剖面上呈现直线为直线型,断层下盘厚于上盘,由凹陷边缘向中心发展。

Table 2. Paleo-fall and rate of activity in the central part of the Salin depression

表 2. 沙林凹陷中部断层古落差与活动速率

时代		古落差(m)	断层活动速率(m/Ma)
中新世	M ₃	155	24.6
	M ₂	56	10.3
	M ₁	360	60
始新世	E ₃	132	30.6
	E ₂	141	12.5

构造样式	收缩构造样式-逆冲断层	收缩构造样式-双冲构造	收缩构造样式-叠瓦构造
示意图			
构造样式	伸展构造样式-直线型	伸展构造样式-Y字型	半地堑
示意图			
构造样式	走滑构造样式-正花状	反转构造样式-正反转构造	反转构造样式-古隆起
示意图			

Figure 3. Geometric schematic diagram of structural style
图 3. 构造样式几何示意图

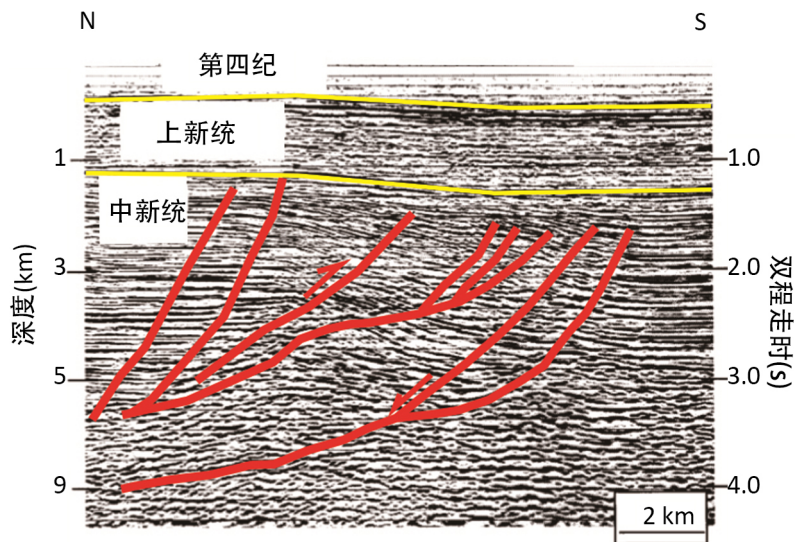


Figure 4. Extensional tectonic style southeast low uplift- Linear type [1]
图 4. 伸展构造样式东南低凸起一直线型[1]

2) 收缩构造样式

挤压构造环境与板块俯冲、碰撞造山具有密切关系，在在水平挤压应力作用下，地层发生冲断、褶

皱, 表现为一系列的褶皱冲断层系, 称为收缩构造样式。随西缅甸地块的北移其受到印度板块 NE 向的碰撞挤压。根据地震剖面及对野外露头区的研究, 研究区内逆冲推覆构造发育有断层传播褶皱、断层滑脱褶皱及其它生长断层相关褶皱等及叠瓦构造、三角带构造等构造样式(见图 5)。由于逆冲断层下盘的海相地层构造变形较弱, 油气封盖条件不易被破坏, 保存条件相对较好, 可形成有利油气储集带。

收缩构造样式主要发育在沙林凹陷的西部断裂带、中部背斜带等, 断层传播褶皱、断层滑脱褶皱及其它生长断层相关褶皱在西部断裂区、中部背斜带均有所发育, 而叠瓦构造、三角带构造等构造样式主要发育在中部背斜带。

3) 反转构造样式

反转构造是一种复合叠加构造, 与区域应力场变化有关, 是由于构造作用发生反向变化而与前期构造性质相反, 表现为断层两侧或上下盘之间地层厚度存在差异性和伸展、压缩构造的叠加现象。沙林凹陷内断裂由正断层变为逆断层, 剖面上表现为下凹上隆, 下正上逆, 呈正反转构造特点。

反转构造样式主要发育在沙林凹陷的东南与西北端(见图 6), 与凹陷毗邻的 N20° 凸起也具有反转构造。断层两盘地层厚度表现有明显的差异性, 下盘中新世地层厚度明显远小于上盘, 应是最初发育为正断层受后期构造运动影响, 转变为逆断层生成褶皱。这种反转构造现象在沙林凹陷内比较普遍, 反转构造与油气关系密切, 正反转构造在发生构造反转之前, 沉积了巨厚的生、储、盖层, 构造反转形成的背斜圈闭往往可形成油气藏。

4) 走滑构造样式

在力偶作用下沿平移断层作扭转运动时, 可以形成走滑构造样式。走滑构造样式多伴有拉张或挤压, 形成有走滑断层, 伴随走滑断层的拉伸或挤压分量可以形成坳陷或隆起。

沙林凹陷中走滑构造样式主要发育在凹陷内东南低凸起东南部, 靠近 N20° 凸起。走滑断层在基底中断面陡立, 断裂带破碎, 向上至浅部或盖层中散开和分枝, 形成正花状构造, 且由于盆地内走滑断层的

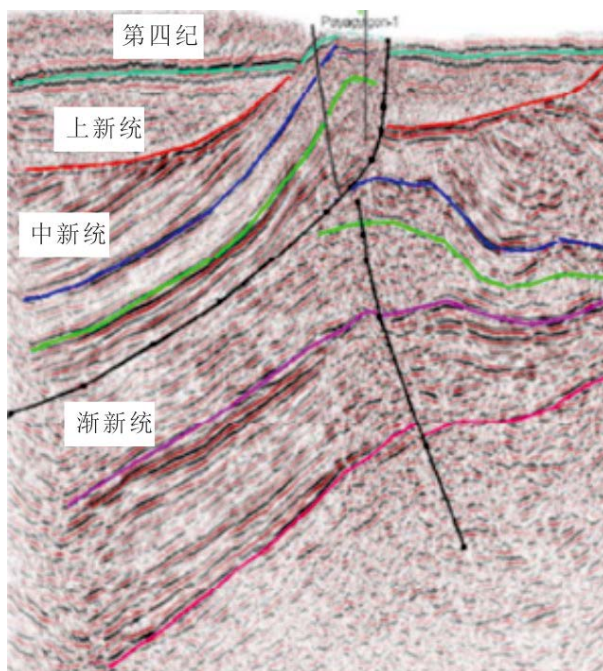


Figure 5. Contractile structural style - the thrust nappe structure of the central anticline zone [3]

图 5. 收缩构造样式—中央背斜带的逆冲推覆构造[3]

褶皱变形，走滑构造具有走滑-伸展构造特点。正花状构造反映了压扭性应力场，这也与沙林凹陷受到印度板块的挤压与西缅甸地块的顺时针旋转相符合(图 7)。

可以看出，沙林凹陷内部各处具备生油潜力的圈闭受一系列逆冲断层控制，主要发育背斜(背斜、断背斜、继承性披覆背斜)、断鼻、断块等圈闭类型，其中逆冲断层上盘以断块为主，断鼻、断背斜次之，背斜少量，逆冲断层下盘以背斜为主。

沙林凹陷的油气生成和运移相对西部坳陷带其它地区较早，而构造圈闭定形稍晚的特点，大致在始新世末形成的构造雏形，这一点有利于富集油气，油气在近源区运聚形成自生自储油气藏。由于后期构造运动特别是上新世与喜马拉雅山的碰撞没有破坏始新世末形成的圈闭的有效性，因此这些圈闭为凹陷

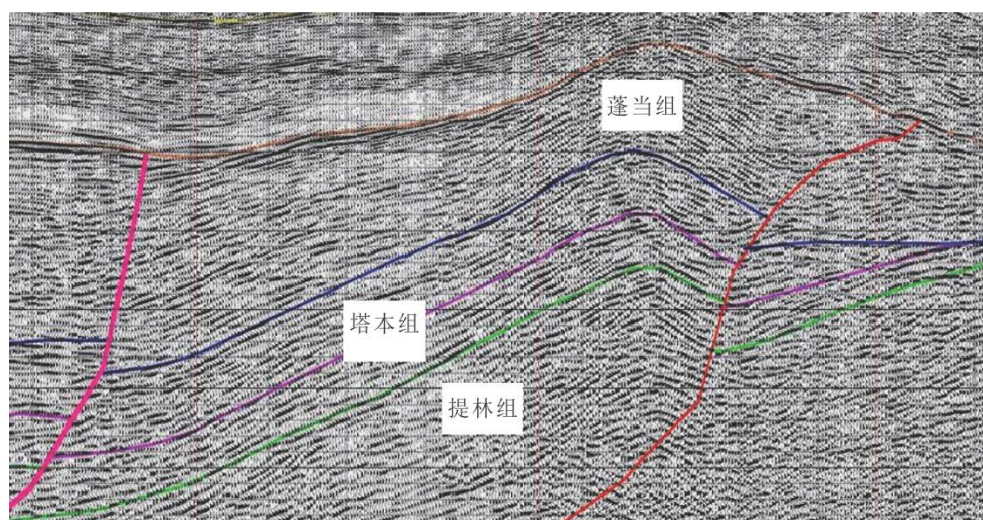


Figure 6. Reverse structural style central anticline belt [3]

图 6. 反转构造样式-中央背斜带[3]

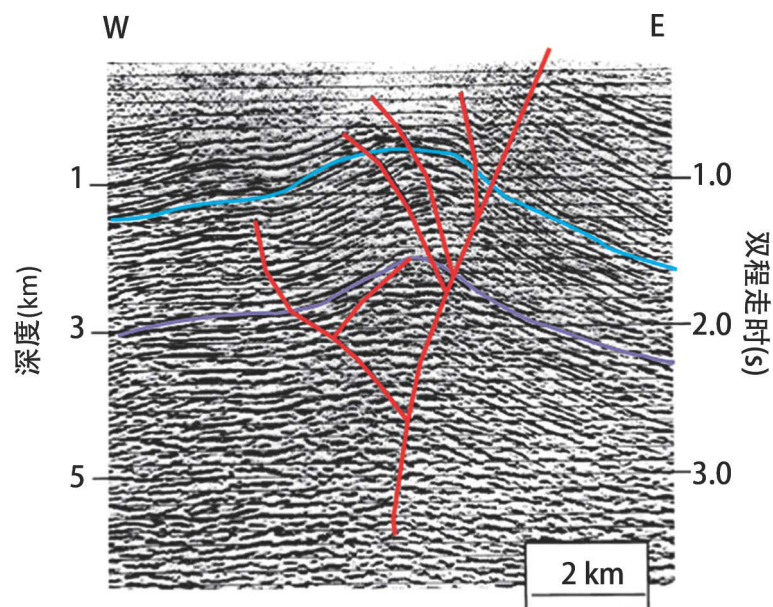


Figure 7. Strike slip structural style—a positive flower structure on the edge of the depression [1]

图 7. 走滑构造样式—凹陷边缘的正花状构造[1]

下步的勘探方向。

5. 构造演化史

对东南亚地区的构造进行研究中, 巨大的大陆板块边缘的走滑断层是不容忽视。这些大型走滑断层具有较长的延伸距离并深刻的影响区域内构造演化, 如掸邦-红河断裂带会一直延伸到中国南海的扩张中心并影响南海的演化。这种跟大型走滑断层相关的逃逸构造在整个东南亚地区构造演化中占据了重要地位, 前人根据区域构造特点提出原始的逃逸构造模型, 后人[1] [5] [6] [7]对其进行了改进, 来解释沙林凹陷乃至缅甸中央盆地挤压和拉伸现象并存于一个俯冲带区域内的情况, 该模型认为: 当缅甸地块向北移动时, 并没有受实皆走滑断裂的阻碍, 反而沿实皆走滑断裂向被运动, 此时盆地是拉张构造样式, 形成正断层。然而当缅甸地块持续向北运动与喜马拉雅东构造节碰撞时, 喜马拉雅山成为其继续向北运动的障碍, 区域应力发生重大变化, 拉张应力变为挤压应力, 此前伸展构造受上叠加收缩构造转变为反转构造。

根据对沉积地层与不整合面的研究, 结合前人研究成果及地质、地震资料, 对沙林凹陷构造演化有如下认识(见图 8、图 9、图 10):

1) 古生代-中生代板块漂移期

古生代-中生代时期, 西缅甸地块从冈瓦纳大陆分离, 大约在晚白垩纪时期, 西缅甸地块东缘与其它板块发生碰撞并与之发生耦合; 之后更晚时候, 西缅甸地块开始由稳定大陆边缘向活动大陆边缘的转变, 并在大陆边缘处发生断陷, 海水侵入, 在此期间西缅甸地块沿巽他板块西缘向北移动。

在此期间, 缅甸中央盆地区域构造运动较为稳定, 断层不太发育, 是处于一种弱伸展拉张状态。沙林凹陷此时是被海水覆盖处于浅海沉积环境, 沉积了晚白垩纪卡巴组暗色泥岩。

2) 古新世时期-始新世俯冲碰撞期

早古新世时期, 大洋板块向东沿西缅甸地块发生俯冲, 缅甸中央盆地海水开始逐步退出, 地层被剥蚀; 大约在中古新世, 洋壳对西缅甸地块的碰撞俯冲加剧, 洋壳逐渐消减闭合, 到古新世末期, 中央盆地内火山活动频繁, 在盆地中央部分开始出现火山岛弧; 约在中始新世时期, 印度板块在东北部方向上与欧亚板块碰撞耦合, 印度东北部阿萨姆地区开始抬升, 西缅甸地块和掸邦地块之间发生旋转走滑, 实皆右旋走滑断裂的雏形出现, 西缅甸地块由于巽他地块向东南方向的旋转逃逸而发生向北移动, 沉积中心由盆地西北部开始向南移动。

晚白垩纪到早古新世, 缅甸中央盆地北部经历了大范围的构造运动, 沙林凹陷内可以观察到古新统庞吉组与下始新统朗新组之间明显的角度不整合面, 此时沙林凹陷依然处于弱伸展期, 北部构造活跃, 南部较为稳定; 到中-晚始新世, 随着洋壳俯冲加剧, 沙林凹陷内逆冲断裂广泛发育, 在沙林向斜带处发生连续沉积, 主要沉积了以暗色碎屑岩为主的海相地层, 同时也是研究区最主要的烃源岩之一。

3) 渐新世-中新世拉张断裂期

渐新世开始, 随着西部若开山隆起, 凹陷内发生区域性海退, 但由于沙林凹陷相对地势较低, 所以仍为滨浅海沉积环境, 仅在局部边缘缺失了渐新统下段地层; 晚渐新世, 发生海侵, 形成滨浅海-三角洲沉积环境; 早中新世期间盆地北部抬升, 沉积地层遭到剥蚀缺失部分下中新统地层, 中中新世-晚中新世期间, 随着印度板块的楔入亚洲板块, 造成山脉隆升和对亚洲的挤出效应, 致使东南亚板块向南东方向的加速逃逸, 同时西缅甸地块沿着实皆断裂向北加速运动及安达曼海扩张影响, 缅甸中央盆地在 NNW-SSE 方向开始拉张和断裂, 沙林凹陷呈现拉张的构造环境, 并且弧后扩张中心向南迁移, 使得盆地可容纳空间增大, 沙林凹陷接受连续沉积, 沉积了大量物质。中央盆地内部 N22°与 N20°地区发生抬升, 分别为东西向和北西向, 凹陷内受到挤压, 应力调节产生平移断层形成走滑构造区域。

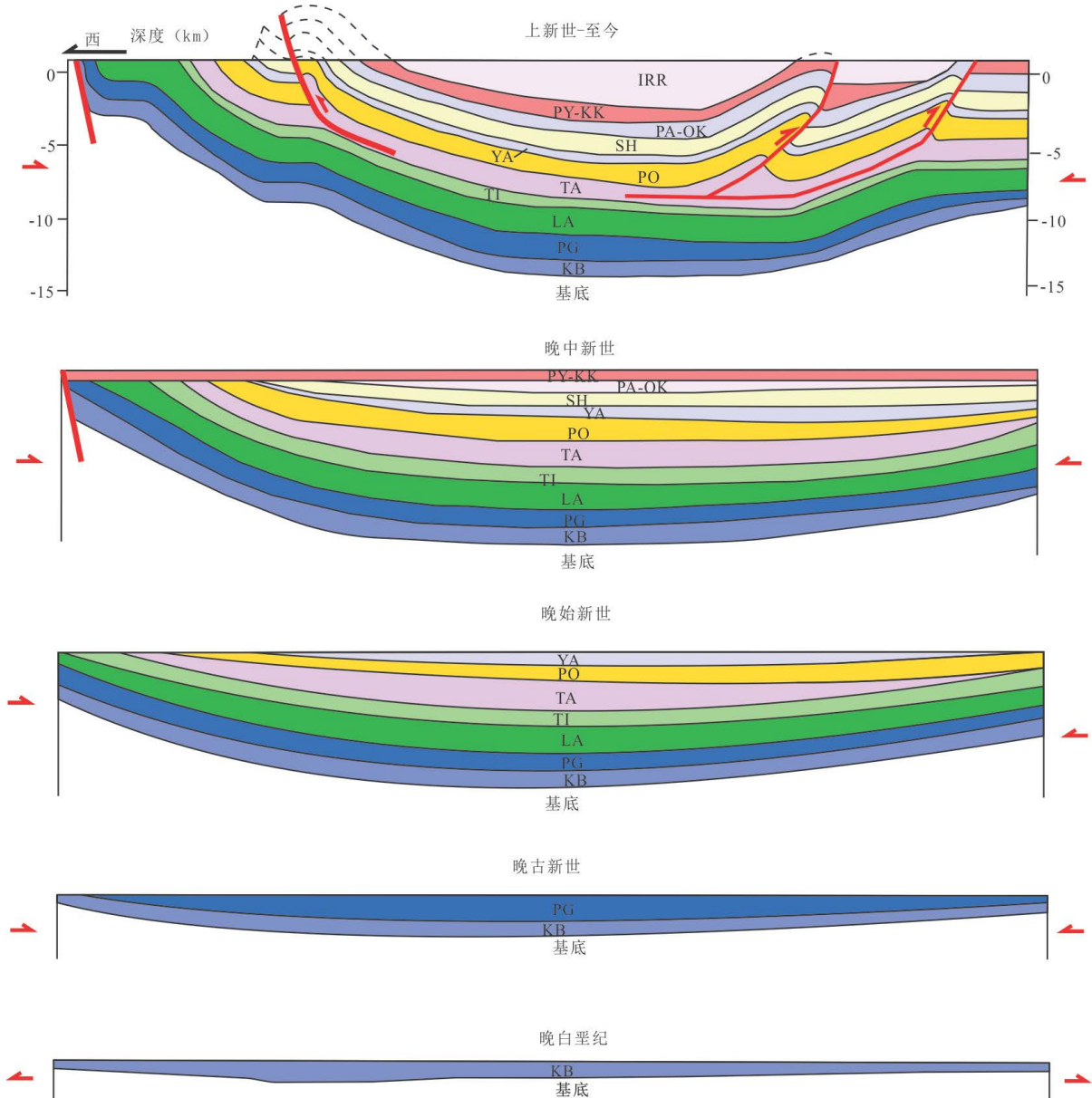


Figure 8. A-A' line balance profile

图 8. A-A' 测线平衡剖面

中新世开始，沙林凹陷多种作用下伸展拉张较之前时期强烈，研究区内的大部分正断层就是这段时期产生的，这段时期岩浆活动也十分活跃，中新统的火山岩构成了沙林凹陷的基底，而西缅甸地块沿实皆断裂加速向北移动的同时使得凹陷内因构造应力调节出现相对应的平移断层。局部缺失渐新统、中新统地层，渐新统主要为暗色碎屑岩夹浅色碎屑岩，中新统岩性与渐新统相似。

4) 上新世构造反转期

上新世早期，西缅甸地块继续向北运动与喜马拉雅山发生碰撞，向北运动受到阻挡，来自于印度板块、西藏地块西向东、北向南两个方向的碰撞挤压就成为构造及区域应力的主控力量控制中央盆地变形，盆地内应力状态变为挤压和压扭为主，全区内应力场由拉张变为挤压，逆冲推覆构造十分发育，在凹陷内伸展构造的基础上叠加挤压构造呈现反转构造特征。

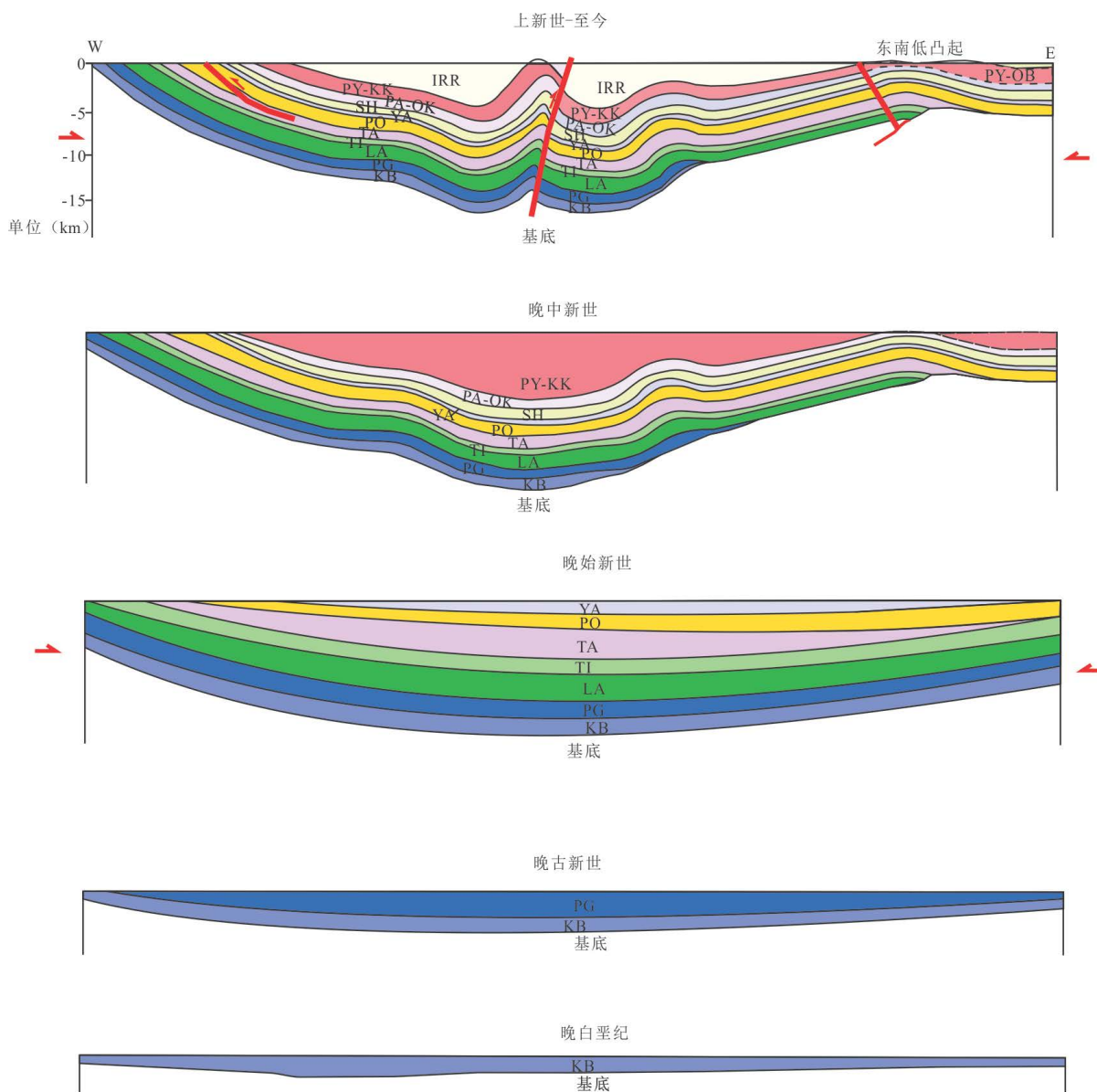


Figure 9. B-B' line balance profile
图 9. B-B'测线平衡剖面

上新世, 西缅甸地块与喜马拉雅山碰撞之后, 应力转变导致这个时期产生大量挤压与反转构造产生, 沙林凹陷内的反转构造也是这个时期产生的, 这种晚第三纪的构造倒转在是东南亚地区比较常见。上新统地层归属于第四纪伊洛瓦底群中。

5) 第四纪稳定沉积期

第四纪以来沙林凹陷构造稳定, 区域内接受稳定沉积, 沉积中心南移至马达班湾-安达曼海。因上新世的碰撞造山运动, 使得凹陷内第四纪伊洛瓦底群与下伏地层呈现角度不整合, 造成局部地层岩性主要为厚层砂岩。

6. 结论

在前人研究的基础上, 本文认为:

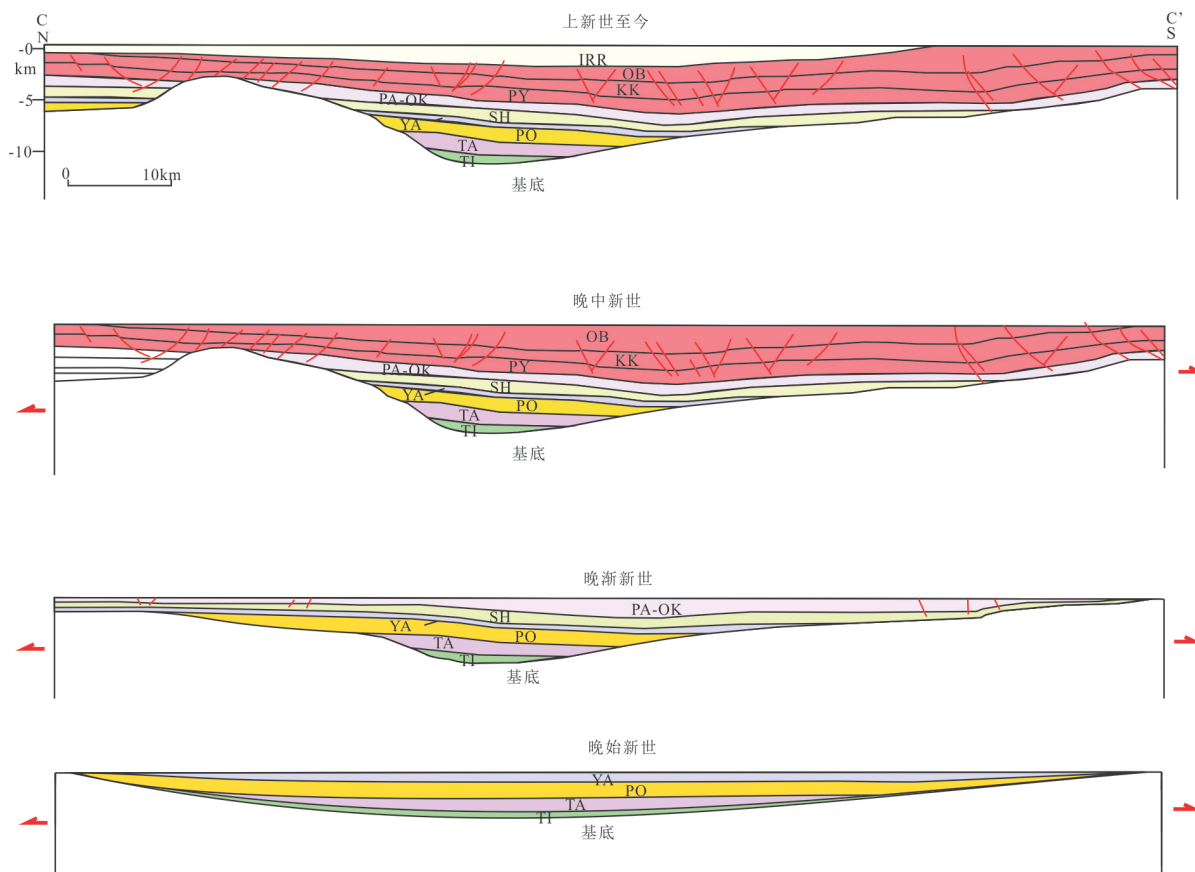


Figure 10. C-C' line balance profile

图 10. C-C'测线平衡剖面

1、沙林凹陷发育分为伸展构造样式、收缩构造样式、走滑构造样式和反转构造样式等四种构造样式，研究区发现的收缩构造样式主要为逆冲推覆构造，伸展构造样式主要为铲式正断层及叠加断层系，走滑构造样式主要为正花状构造，反转构造样式主要为下凹上隆的正反转构造。

2、沙林凹陷内可以分为四个主要构造带，西部与东部都受到逆冲断裂的强烈影响，凹陷中心比较稳定，应该是凹陷内主要最具油气潜力的地方，中新世 NNW-SSE 的拉张作用构成了凹陷第三纪时期伸展拉张的主要应力使得盆地广泛扩张，后期来自于喜马拉雅山和印度方向的挤压应力控制了凹陷的形变。

3、沙林凹陷构造演化总体来看经历了弱伸展：伸展拉张断裂~挤压构造反转~稳定沉积 3 个发展时期，伸展期主要发育铲式断层与半地堑；挤压期，强烈挤压应力活化了早期正断层使其逆冲运动形成反转构造，局部地区因地层脆韧性差异发生应力调节产生平移断层出现走滑构造样式。沙林凹陷内沙林凹陷内部各处具备生油潜力的圈闭受一系列逆冲断层控制，后期的构造运动对油气圈闭影响较小，这一点有利于富集油气，且具有自生自储的特点，因此这些圈闭为凹陷下步的勘探方向。

参考文献

- [1] Pivnik, D.A., Nahm, J., Tucker, R.S., et al. (1998) Polyphase Deformation in a Fore-Arc/Back-Arcbasin, Salin Subbasin, Myanmar (Burma). *AAPG Bulletin*, **82**, 1837-1856.
- [2] 王婵, 林畅松, 等. 缅甸伊洛瓦底盆地中北部构造样式及其演化[J]. 特种油气藏, 2012, 19(4): 46-50.
- [3] 袁书坤. 缅甸伊洛瓦底盆地构造演化及层序地层学研究[M]. 北京: 中国地质大学(北京).
- [4] Oo, K.L., Aung, L. and Yong, T.W. (2014) Deformation Styles in the Tuyintaung-Gwegyo Area, Salin Sub-Basin,

Central Myanmar. *AAPG conference*, August, 14-15.

- [5] Hurukawa, N., Tun, P.P. and Shibazaki, B. (2012) Detailed Geometry of the Subducting Indian Plate beneath the Burma Plate and Subcrustal Seismicity in the Burma Plate Derived from Joint Hypocenter Relocation. *Earth Planets and Space*, **64**, 333-343. <https://doi.org/10.5047/eps.2011.10.011>
- [6] Aung, H.H. (2011) Seismicity and Regional Tensional Stresses in the Central Myanmar Basin. *Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan*, **122**, 1713-1720.
- [7] Wandrey, C.J. (2006) Eocene to Miocene Composite Total Petroleum System, Irrawaddy-Andaman and North Burma Geological Provinces, Myanmar. *US Geological Survey Bulletin*, **2208-E**, 1-24.
- [8] 陈剑光, 刘怀山, 周军, 等. 缅甸 D 区块构造特征与油气储层评价[J]. 西北油气地质, 2006, 39(1): 105-114.
- [9] 王平. 缅甸伊洛瓦底盆地油气成藏模式及主控因素[J]. 油气藏评价与开发, 2011, 1(5): 1-5.
- [10] 李浩. 缅甸伊洛瓦底盆地地热—沉降史模拟及构造—热演化特征[J]. 地球物理学报, 2014, 57(3): 884-890.
- [11] 周新科. 缅甸伊洛瓦底盆地 D 区块石油地质特征与勘探前景[J]. 江汉石油职工大学学报, 2009, 22(2): 19-22.
- [12] 王进. 缅甸某区块始新统沉积相对储层的控制作用分析[J]. 江汉石油职工大学学报, 2012, 25(1): 16-19.
- [13] 侯方辉, 张志珣, 张训华. 南黄海盆地地质演化及构造样式地震解释[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28(5): 61-68.
- [14] 信延芳, 郭兴伟, 温珍河. 渤海新生代盆地浅部构造特征及其深部动力学机制探讨[J]. 地球物理学报, 2015, 30(4): 1535-1543.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org