

Analysis on the Mature Evolution History and Difference of Source Rocks in the Central Basin of Myanmar

Huan Zhang^{1,2} Pengcheng Liu³

1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Shaanxi Key Laboratory of Petroleum Accumulation, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

3. Shaanxi Yanchang Petroleum(Group) Co., Ltd. YanChang Gas Field No.2 Gas Production Plant, Yulin, Shaanxi, 718500, China

Abstract

The geological structure of the central basin of Myanmar is complex and the hydrocarbon accumulation conditions of each sub-basin are greatly different. In this paper, the maturity of source rocks in each sub-basin in the deep depression of the western central basin of Myanmar has been studied by means of reservoir formation simulation technology. The results show that: ① The Eocene source rocks are the main source rocks of the subbasin in the central and northern part of Myanmar, and gradually transition to Miocene as the main source rocks in the south. The maturity stage of Eocene source rocks in the north is later than that in the south. At present, the Eocene source rocks in the delta sub-basin in the south are in the gas generation stage, and gradually transition to the maturity stage in the north. ② Comprehensive analysis of the maturity differences of source rocks from south to north in the central basin of Myanmar shows that the northern part of the central basin has good oil and gas exploration prospects and the southern part has good gas exploration potential.

Keywords

central basin of Myanmar; basin modeling technique; maturity difference

缅甸中央盆地烃源岩成熟度史及差异性分析

张欢^{1,2} 刘鹏程³

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2. 陕西省油气成藏重点实验室, 中国·陕西 西安 710065

3. 陕西延长石油(集团)有限责任公司延长气田采气二厂, 中国·陕西 榆林 718500

摘要

缅甸中央盆地构造复杂、各个次盆油气成藏条件差异巨大。论文利用成藏模拟技术,对缅甸中央盆地西部深坳各个次盆烃源岩成熟度进行了研究。研究表明:①始新统烃源岩是缅甸中央盆地主力烃源岩,其中始新统烃源岩北部进入成熟阶段时间晚于南部地区,目前南部三角洲次盆始新统烃源岩处于生气阶段,向北该烃源岩逐渐过渡为成熟阶段。②综合分析缅甸中央盆地由南至北的烃源岩成熟度差异,认为中央盆地北部具有良好的油气勘探前景,南部具有良好的天然气勘探潜力。

关键词

缅甸中央盆地;盆地模拟技术;成熟度差异

1 引言

缅甸中央盆地西部深坳位于缅甸中央盆地的西部弧前区域,其中充填了晚白垩世至上新世沉积的陆源沉积物。晚始新世一早渐新世,在 26°N 、 24°N 、 22°N 、 19°N 、 18°N 处开始形成的东西横向凸起,将西部深

坳带由北至南分为胡康次盆、钦敦次盆、沙林次盆、皮亚和伊洛瓦底三角州次盆^[1](见图1)。研究区发育了晚白垩世卡巴组、始新统等多套以泥岩为主的烃源岩,其中始新统尧河组发育大量煤层,成烃潜力巨大。但是前人对于缅甸中央盆地内烃源岩成熟演化的研究仅仅局限于单个次盆,并未指出缅甸中央盆地西部深坳内源岩成熟度差异。因此,亟须对其烃源岩成熟史的差异性进行研究,掌握该盆地油气成藏差异,为后续勘探开发提供指导作用。

【基金项目】论文为西安石油大学研究生创新与实践能力的培养计划资助项目(项目编号:YCS19212052)的成果。

【作者简介】张欢(1996-),女,在读硕士,从事构造演化及盆地分析研究。

2 缅甸中央盆地地质背景

缅甸中央盆地是一条南北向的狭长陆上褶皱冲断带,

西邻印缅造山带，东临实皆断裂。北起喜马拉雅东段，南至安达曼海扩张中心，南北伸展约 1100km。盆内填充了上白垩统一新近系，总沉积厚度达到 13km^[2]。中中新世至第四纪的一系列钙碱性火山岩沿中央火山线喷发，将缅甸中央盆地划分为东部的弧后盆地和西方的弧前盆地。由于资料的局限性，论文主要研究区域为西部深拗即弧前盆地。

随着印度板块相对巽他的斜向俯冲使缅甸板块向北移动，在始新世早期形成了一系列扭张—拉分次盆地，缅甸中央盆地由此形成。沿缅甸中央盆地西部边缘出露上白垩世至始新世沉积序列，其被卡巴东倾逆冲断层暴露和切割。西部露头地层的碎屑锆石 U-Pb 定年表明，弧前盆地的形成始于 ~106Ma，与亚洲大陆边缘西部与印度板块（新特提斯洋壳）俯冲有关的构造高程发育同步^[3]。上新世至更新世的扭压变形、顺时针方向的断块旋转，缅甸板块沿实皆断层持续北移导致弧前盆地构造反转，在此期间中新世正断层被重新激活为逆断层。因此，该构造复杂地区具有多期变形的特征，包括新近纪至第四纪的各种扭张—扭压变形构造^[4]。逆断层和伴生褶皱是晚中新世以来实皆断层进行右旋运动同时发生构造反转的主要证据。

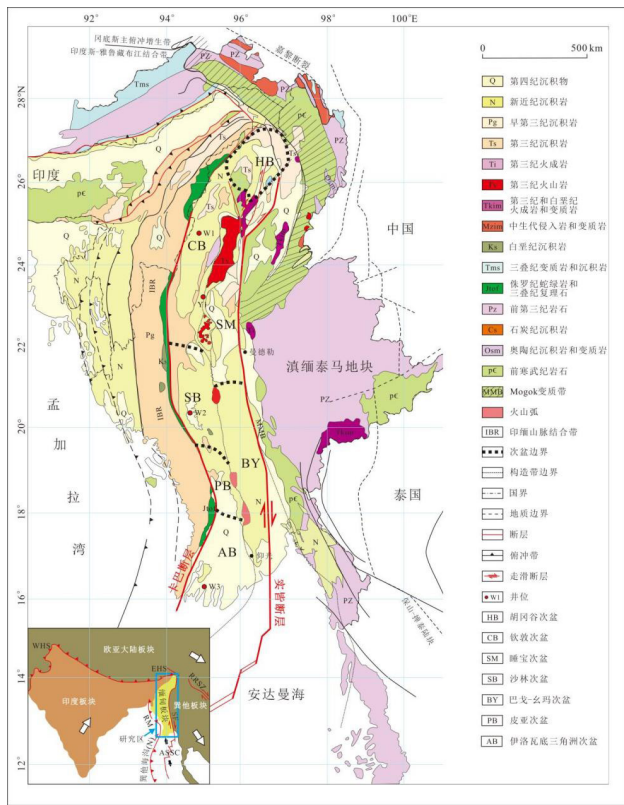


图 1 缅甸中央盆地构造位置图和内部构造单元划分图
(据文献^[5]修改)

3 盆地模拟方法

盆地模拟是石油地质量化研究的常用手段，论文采取正一反演法结合法，通过 Petromod 盆地模拟软件对烃源

岩成熟度演化及其生、排烃特征进行研究。由于研究区内钻井资料稀缺，论文分别选取软敦次盆 W1 井和 Y1 井，沙林次盆 W2 井，伊洛瓦地三角州次盆 W3 井进行缅甸中央盆地新生代以来烃源岩的成熟史模拟。由于 EASY%Ro 模型对中、高演化程度地层的模拟较为客观与准确，符合本区域的演化特征，因此本次模拟采用 EASY%Ro 模型。有机质成熟度演化阶段划分标准如下：

- 未成熟阶段： $Ro < 0.5\%$ ；
- 低成熟阶段： $0.5\% < Ro < 0.7\%$ ；
- 成熟阶段： $0.7\% < Ro < 1\%$ ；
- 晚成熟阶段： $1\% < Ro < 1.3\%$ ；
- 生湿气阶段： $1.3\% < Ro < 2\%$ ；
- 生干气阶段： $2\% < Ro < 4\%$ ；
- 过成熟阶段： $4\% < Ro < 5\%$ 。

据此，对模拟井烃源岩成熟度演化史进行分析。

4 模拟参数

4.1 地层信息

地层信息主要包括层位名称、层位顶底年龄、岩性、地层厚度或钻遇深度以及地层剥蚀厚度，是模型输入的基本数据。其中，地层的剥蚀厚度对于模拟结果有直接的影响，缅甸中央盆地自晚白垩世以来主要经历了三次隆升侵蚀事件，分别为晚白垩世末期、始新世末期、中中新世末期。本次模拟利用实测镜质体反射率 $Ro^{[6]}$ 来约束剥蚀厚度，以 W2 井为例，用此恢复的剥蚀厚度为 100m（见图 2）。对地质资料进行整理得到四口井的基础数据^[7]。

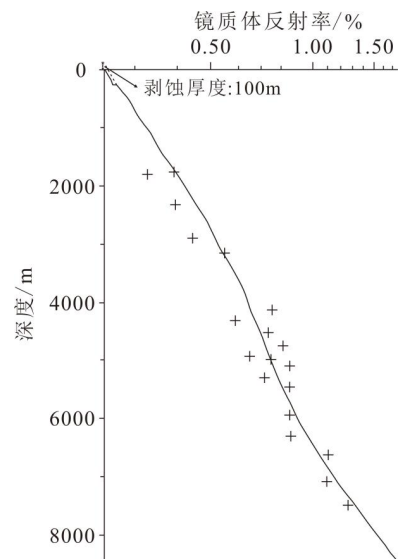


图 2 W2 井剥蚀厚度图

4.2 烃源岩地球化学参数

烃源岩的总有机碳 (TOC)、氢指数 (HI) 等性质以及动力学参数是盆地模拟油气生排烃所必需的参数。在模拟过程中，将有机碳含量和氢指数的平均值作为地球化学输入

数据。由于研究区烃源岩基本为 II₂-III 型干酪根，因此使用 Tiost (1984) T II 动力学参数对古近系烃源岩干酪根的生烃过程进行模拟。

4.3 边界条件

古水深 (PWD): 本研究根据缅甸中央盆地北部、中部、南部各个沉积时期的沉积相, 结合现代沉积水体深度, 统计出各个次盆代表井的古水深 (见图 3)。

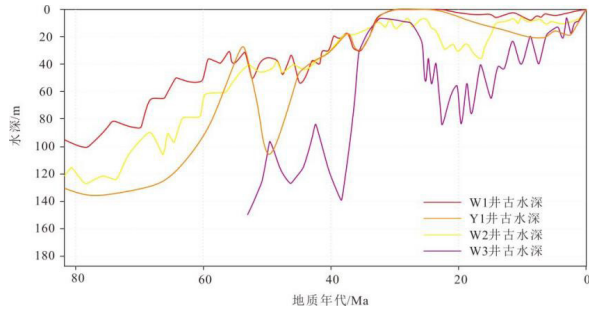


图 3 缅甸中央盆地各井水深史图

古沉积水界面温度 (SWIT): 古沉积水界面温度利用 PetroMod 软件提供的沉积水界面温度—时间版图, 输入现今区域地理位置纬度 (北部为北纬 24°, 中部为北纬 21°, 南部为北纬 17°), 获得古沉积水体界面温度 (见图 4)。

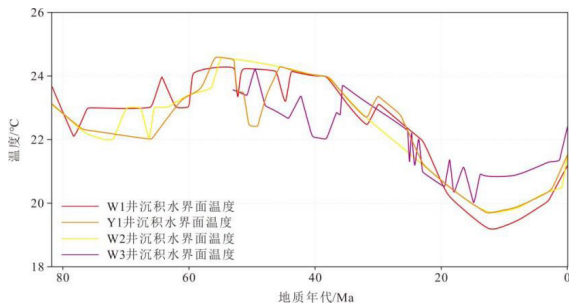


图 4 缅甸中央盆地各井沉积水界面温度史图

古今热流值 (HF): 热流史作为一个基本的输入参数, 对烃源岩成熟度演化有很大的影响。根据不同演化阶段的地质背景, 缅甸中央盆地北部、中部和南部古热流值差异明显 (见图 5)。

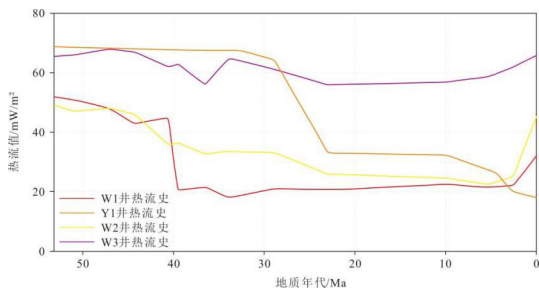
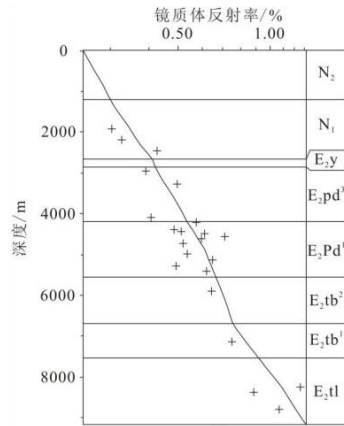


图 5 缅甸中央盆地各井热流史图

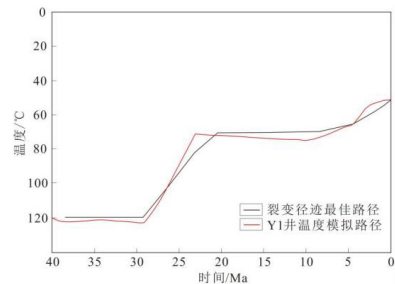
4.4 参数选择准确性分析

热史和成熟度史模拟结果需要实测数据校正, 其中 Y1 井利用前人磷灰石裂变径迹法模拟温度史与本文温度史曲

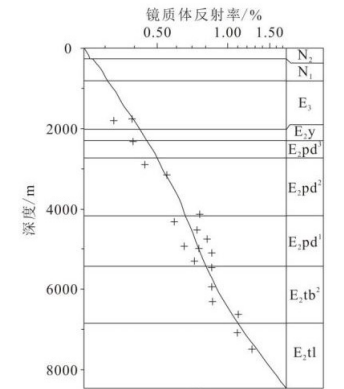
线耦合来印证模拟的可靠性 (见图 6-b)。其余井则选取各个次盆单井的镜质体反射率为校正数据。模拟结果与实测数据具有良好的吻合度, 证明模拟结果可信 (见图 6)。



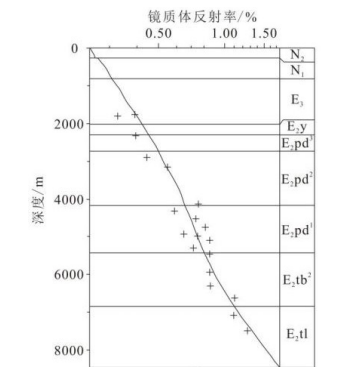
(a) W1 井实测 Ro 与模拟曲线拟合图



(b) Y1 井磷灰石裂变径迹史轨迹与模拟曲线拟合图



(c) W2 井实测 Ro 与模拟曲线拟合图



(d) W3 井实测 Ro 与模拟曲线拟合图

图 6 缅甸中央盆地各井置信图 (实测 Ro 及磷灰石裂变径迹史轨迹自文献^[6])

5 烃源岩成熟度演化差异性特征

古新世—始新世, 缅甸中央盆地西部深坳由北至南烃源岩成熟度逐渐升高, 就始新统提林组烃源岩为例, 南部三角洲次盆提林组烃源岩在 45Ma 就已经进入成熟阶段大量生油, 此时中部睡宝次盆提林组烃源岩刚进入生烃门限达到早成熟阶段, 而北部的两口井都显示提林组烃源岩处于未成熟阶段(见图 7-a、图 7-b)^[9]。始新世末期, 由于热沉降作用该组烃源岩在中央盆地北部全部进入成熟阶段、中部已经进入晚成熟阶段(见图 7-c)、南部已经进入生湿气阶段(见图 7-d)。

晚始新世—早渐新世, 北部及南部始新统提林组烃源岩处于成熟阶段, 而中部该组烃源岩于埋深约 7000m 处已进入生湿气阶段。

中中新世, 差异沉降作用致使始新统提林组烃源岩在北部埋深约 8000m 进入晚成熟阶段, 中部处于晚成熟—生湿气阶段, 南部埋深约 4300m 处开始进入生干气阶段。

上新世—至今, 南部提林组烃源岩在深凹处已经进入过成熟阶段—生干气阶段, 向北逐渐过渡为晚成熟阶段。

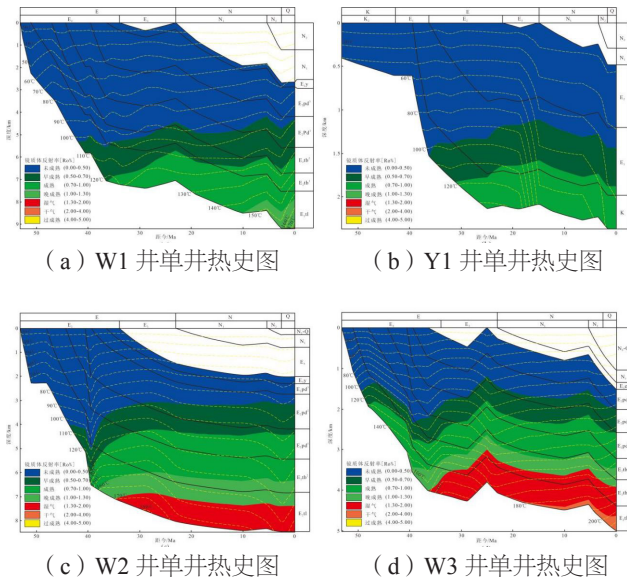


图 7 缅甸中央盆地各单井成熟度及温度史图

6 成熟演化差异性影响因素

热流值控制成熟度演化进程, 同一时期, 由北至南热流值逐渐升高, 热流值与构造演化阶段密切相关, 致使发育

在各个次盆内的烃源岩热演化阶段不同。研究区北部为挤压构造环境向南逐渐过渡为伴有走滑拉张性质。

7 结语

①始新统烃源岩是缅甸中央盆地主力烃源岩, 其中始新统烃源岩北部进入成熟阶段时间晚于南部地区, 目前南部三角洲次盆处于生气阶段, 向北该组烃源岩逐渐过渡为成熟阶段。

②虽然始新统烃源岩部分已到达生油阶段, 但后期大型逆冲断层发育, 大量构造圈闭被破坏, 难以形成大规模的工业油气藏。而中央盆地中部自古新世以来地层发育相对完整、构造作用较为缓和, 形成了一系列大型断背斜油气藏。南部由于前期拉张的构造背景拥有较高的热流值, 上新世以来沉积了巨厚的伊洛瓦底群是三角洲次盆良好的区域性盖层, 次盆内热演化成熟度较高, 拥有形成大型气藏的基本条件。

参考文献

- [1] 王营, 辛仁臣. 缅甸含油气盆地群形成演化及其地球动力学背景[J]. 地质科技通报, 2021, 40(1): 27-35+48.
- [2] Aung, Khin, Kyaw, et al. Geology and hydrocarbon prospects of the Burma Tertiary geosyncline, Union of Burma[J]. Journal of Sciences and Technology, 1969(2): 53-81.
- [3] Cai F, Ding L, Zhang Q, et al. Initiation and evolution of forearc basins in the Central Myanmar Depression[J]. Geological Society of America Bulletin, 2019, 132(5-6).
- [4] Pivnik D A, Nahm J, Tucker R S, et al. Polyphase deformation in a fore-arc/back-arc basin, Salin subbasin, Myanmar (Burma)[J]. AAPG Bulletin, 1998(82): 1387-1856.
- [5] Westerweel Jan. Burma Terrane Collision and Northward Indentation in the Eastern Himalayas Recorded in the Eocene Miocene Chindwin Basin (Myanmar)[J]. Tectonics, 2020, 39(10): 68-73.
- [6] 于彪, 刘建良, 杨贵丽, 等. 渤海海域东部不同富油凹陷烃源岩生烃特征差异及意义[J]. 地质科技通报, 2021, 40(4): 104-114+130.
- [7] 李浩, 林畅松, 张燕梅, 等. 伊洛瓦底盆地热-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.
- [8] 李任远, 梅廉夫, 胡孝林, 等. 缅甸中央盆地北部新生代隆升的裂变径迹证据[J]. 地球科学, 2018, 43(6): 1931-1940.
- [9] 王平, 邹德江, 武新民. 缅甸伊洛瓦底盆地油气地质特征[J]. 西部探矿工程, 2011, 23(8): 64-67.