

南苏门答腊盆地构造演化对沉积演化及成藏条件的控制

张琴¹,朱筱敏¹,董国栋¹,张亚雄²

(1.中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室,北京 102249; 2.中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:南苏门答腊盆地是新生代弧后裂谷盆地,盆地的构造演化明显地控制了沉积演化和成藏条件。早始新世—早渐新世为同生裂谷早期,地堑和半地堑发育,以陆相沉积为主,前三三角洲页岩为重要的烃源岩,冲积扇和辫状河砂砾岩为主要储层;晚渐新世盆地处于同生裂谷后期的早期,西南方的海侵使盆地中央为海相沉积,边缘为三角洲和河流相沉积,三角洲中的含煤页岩为主要烃源岩和重要盖层,河流—三角洲相砂岩是重要储层;早中新世为同生裂谷后期末,盆地以海相沉积为主,深海—半深海泥页岩、泥灰岩是重要烃源岩和区域性盖层,而储层主要是滨浅海的碳酸盐岩滩和生物礁灰岩;中中新世—上新世,盆地遭受挤压,发生海退,海相、陆相和海陆过渡相同时发育,滨浅海的海退砂岩是良好的储层,而三角洲相泥页岩是好的烃源岩和盖层。

关键词:沉积体系 构造演化 生储盖分布 裂谷盆地 南苏门答腊盆地

中图分类号:TE111.3

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2013)01-0016-04

沉积体系研究是开展油气聚集规律研究的基础,沉积体系演化一般受构造演化控制,明确不同构造演化阶段沉积体系的分布规律及其对油气成藏条件的控制,是油气勘探和开发过程中快速优选目标的关键。前人研究认为南苏门答腊盆地沉积体系分布受构造演化控制^[1-2],但盆地不同构造演化阶段对应的沉积体系分布及其生储盖分布还需要进一步明确。笔者通过对盆地的区域构造背景、断裂活动、古地貌、地层特征和油气田分布规律等综合分析,明确了不同构造演化阶段沉积体系的分布及其对应的油气成藏条件,以期为全球含油气盆地沉积体系和含油气系统数据库的建立提供一定的科学依据。

1 区域地质概况

南苏门答腊盆地是在欧亚、印度洋—澳大利亚、太平洋3大板块交汇处发育起来的新生代弧后裂谷盆地,属于冈瓦纳古陆的一部分^[3-6]。其南界为巴里桑山前的古近纪和新近纪断裂及隆起基底,北界为巽他陆架,西北部由Tiga Puluh群岛将其与中苏门答腊盆地分开。盆地面积为 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$,内有

70个油田,成群分布在复背斜带上,大部分属于背斜圈闭油田^[7-8]。盆地构造演化经历了古近纪之前的前裂谷基底形成期、早始新世—早渐新世同生裂谷早期、晚渐新世—早中新世同生裂谷后期及中中新世至今的挤压期4个阶段^[1]。盆地内发育多个次级构造单元,主要包括占碑凹陷、中巨港拗陷和南巨港拗陷^[7,9]。

南苏门答腊盆地地层从下到上发育始新统至更新统^[1,10]。下始新统一下渐新统Lahat组发育冲积扇和辫状河沉积的碎屑岩;上渐新统Talang Akar组底部为冲积扇和辫状河沉积,向上变为三角洲沉积;下中新统Batu Raja组和Gumai组主要为海相碎屑岩和碳酸盐岩沉积;中中新统一上中新统Air Betlakat组以三角洲—海湾碎屑岩沉积为主;上中新统一上新统Muara Enim组以海陆过渡相碎屑岩沉积为主^[1];上新统Kasai组及第四系Alluvium组则主要以粉砂岩夹杂火山岩沉积为主。

2 构造演化对沉积演化的控制

与盆地构造演化相对应,南苏门答腊盆地古地理演化主要分为4个时期。从早始新世盆地开始接

收稿日期:2012-11-29。

作者简介:张琴,女,副教授,博士,从事层序地层学和储层沉积学方面的研究。联系电话:(010)89731178,E-mail:zhangqin@cup.edu.cn。
基金项目:中国石油重大专项“全球剩余油气资源研究及油气资源快速评价技术”(2008ZX05028-003)。

受沉积,一直到早渐新世,盆地主要以陆相沉积为主;晚渐新世盆地开始发生海侵,发育陆相、海相和海陆过渡相沉积;早中新世海侵范围扩大,主要以海相沉积为主;而在中中新世—上新世,海水开始退出盆地,同时沉积了海相、陆相和海陆过渡相^[10-13]。

2.1 早始新世—早渐新世

早始新世—早渐新世南苏门答腊盆地处于同生裂谷早期,此阶段构造活动强烈,西—北西—东—南东向和北—南向基底断层被激活,形成了大量的地垒、地堑和半地堑^[1]。早渐新世,主要的正断层活动减弱,使得盆地沉降中心发育少量的湖相碎屑沉积,而在盆地边缘以冲积扇和辫状河粗碎屑沉积为主,早渐新世晚期,南苏门答腊地区发生了抬升,致使陆相沉积面积扩大(图1),并在局部遭受剥蚀形成了剥蚀区。

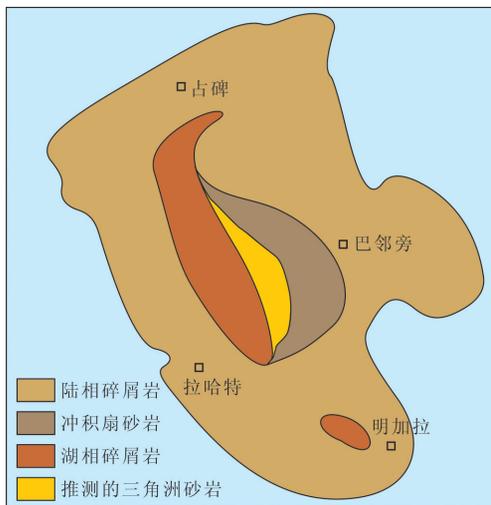


图1 南苏门答腊盆地晚始新世—早渐新世沉积相

2.2 晚渐新世—早中新世

晚渐新世—早中新世南苏门答腊盆地处于同生裂谷后期。中渐新世,由于全球范围内的海平面下降,盆地开始遭受剥蚀,从而形成一个区域不整合面。晚渐新世晚期—早中新世早期,地壳又开始拉张,使得盆地发生断陷,此时发生了来自西南方向的海侵,在垂向上和横向上沉积环境由陆相变为近岸环境,在一些凹陷的底部为冲积扇和辫状河沉积,向上及沿盆地边缘变为近源三角洲沉积(图2)。该时期构造明显影响沉积体系的分布,而且裂谷期的断层样式也控制了盆地的沉降。

中新世,早期的裂谷开始大范围沉陷,海侵范围进一步扩大,石灰岩开始形成局部的碳酸盐岩滩。在盆地的中部和南部,较高的地台、隆起断块及局部的基底凸起之上发育了碳酸盐岩滩和生

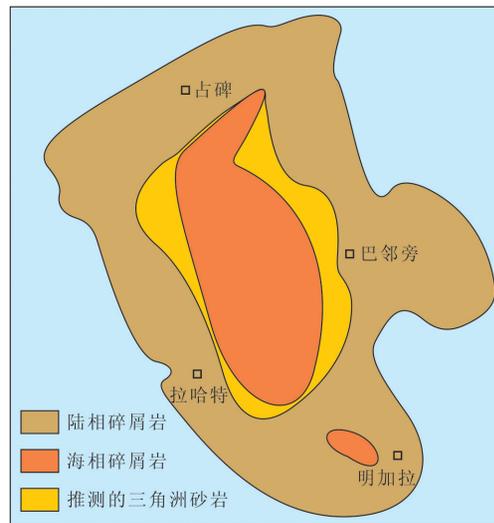


图2 南苏门答腊盆地晚渐新世沉积相

物礁建造^[11],在海侵范围最大时,盆地内大部分地区沉积了泥灰岩,而在早期的局部碳酸盐岩滩建造之上沉积了厚层的海相页岩。这一海侵使南苏门答腊盆地、中苏门答腊盆地和巽他盆地连接起来。

2.3 中中新世至今

中中新世南苏门答腊盆地遭受挤压,巴里桑山系开始了初始的抬升,同时伴随着沿岩浆弧的火山活动。随着巴里桑山系的抬升,盆地内开始发生海退,并在巴里桑山脉附近发生剥蚀。这一抬升使区域性的斜坡变为向北东方向的倾斜带,并使得火山碎屑物质向巽他盆地进行搬运,此时期盆地内的陆相和海陆过渡相沉积明显增加,在 Muara Enim 组沉积了沼泽相的厚煤层^[12-14],而在盆地中部的挤压拗陷处发育了海相碎屑岩沉积(图3)。Kasai 组为非海相沉积,且凝灰质含量较高。第四纪,沿巴里桑山系形成了许多火山,这些构造活动对更新世海平面变化的影响远大于冰川作用的影响,盆地内第四

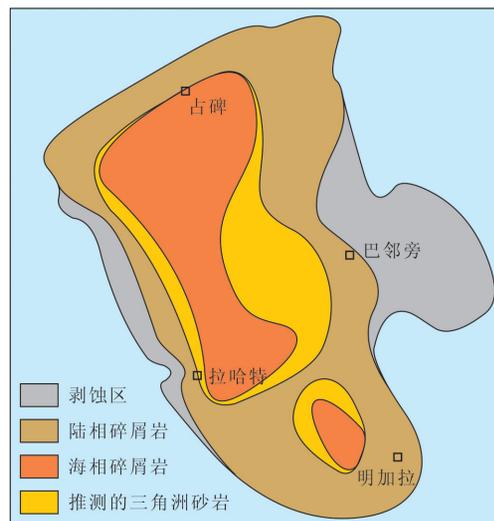


图3 南苏门答腊盆地中中新世—上新世沉积相

系主要由冲积平原沉积和火山碎屑沉积及大陆剥蚀区组成。

3 沉积演化对成藏条件的控制

南苏门答腊盆地油气资源丰富^[15],已经累积开采石油 1 842×10⁸ bbl,天然气 3 125×10¹² ft³,剩余石油开采储量为 587×10⁸ bbl,剩余天然气可采储量为 7 080×10¹² ft³,其油气勘探潜力依然很大。盆地的生储盖分布规律与沉积体系演化密切相关,明确生、储、盖的分布范围,对进一步的油气勘探和开发具有重要的理论和实践意义^[16-18]。

3.1 烃源岩

受沉积体系分布控制,南苏门答腊盆地三角洲相和海相烃源岩都比较发育(图4)。Lahat组前三角洲相泥页岩中含有丰富的有机质,是该盆地一套重要的烃源岩^[19-20];由于晚渐新世发生海侵,在 Talang Akar组发育含煤页岩,是该盆地最主要的烃源岩;到早中新世海侵范围进一步扩大,此时海相沉积广泛,其中 Gumai组深海一半深海相泥页岩中富含动物群化石和藻类物质,也是该盆地一套重要的烃源岩。

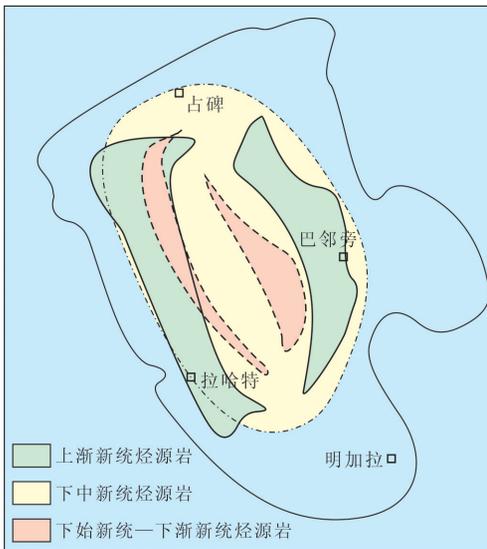


图4 南苏门答腊盆地主要烃源岩分布

3.2 储层

南苏门答腊盆地储层主要为河流、三角洲和滨浅海相的碎屑砂岩及海相碳酸盐岩(图5)。晚渐新世 Talang Akar组发育河流—三角洲相砂岩,物性好,是该盆地重要的储层^[1];早中新世在盆地中部和东部形成的碳酸盐岩滩和生物礁灰岩次生孔隙发育^[21],而在盆地西北陡坡带发育一些浊积砂体^[22],都是良好的储层;中中新世—上新世,良好的储层

主要分布在浅海和近海环境下的海退砂岩中。

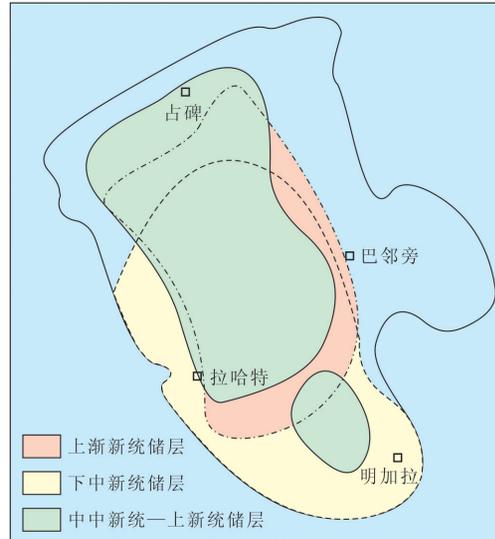


图5 南苏门答腊盆地主要储层分布

3.3 盖层

南苏门答腊盆地发育几套较好的盖层,主要为发育在前三角洲和海相中的泥页岩^[1,19-20]。晚渐新世沉积的三角洲相泥页岩,是一套重要的准区域性盖层;早中新世,由于海侵广泛,从而形成大面积的海相泥页岩,其厚度大,封闭性好,成为该盆地一套区域性盖层;中中新世—上新世,三角洲相泥页岩发育,砂泥互层现象普遍,也对砂岩起到了很好的封闭作用。

4 结论

南苏门答腊盆地是新生代典型的弧后裂谷沉积盆地,盆地构造演化经历了古近纪之前的前裂谷基底形成期、早始新世—早渐新世的同生裂谷早期、晚渐新世—早中新世的同生裂谷后期和中中新世至今的挤压期4个阶段。构造演化明显控制了盆地的沉积体系演化,使得盆地经历了陆相—海相和海陆过渡相—海相—海陆过渡相的海侵—海退旋回。烃源岩主要为 Lahat组三角洲相泥页岩、Talang Akar组含煤页岩和 Gumai组深海—半深海相泥页岩;储层主要为上渐新统 Talang Akar组河流—三角洲相砂岩、下中新统碳酸盐岩滩和生物礁灰岩、中中新世—上新统的海退砂岩;盖层主要存在于上渐新统和中中新统三角洲相泥页岩和下中新统海相泥页岩中,同时盆地发育多套有利的生储盖组合。

参考文献:

[1] 譙汉生,于兴河.裂谷盆地石油地质[M].北京:石油工业出版社

- 2004.
- [2] 曲英杰,樊太亮,毛治国,等.南苏门答腊盆地Jabung区块新生代沉积演化特征[J].内蒙古石油化工,2008,17(10):195-197.
- [3] 毛治国,樊太亮,王宏语,等.层序地层格架下岩性-地层油气藏成藏与分布——以南苏门答腊盆地北部为例[J].石油勘探与开发,2009,36(1):120-127.
- [4] 杨福忠,薛良清.南亚太地区盆地类型及油气分布特征[J].中国石油勘探,2006,11(5):65-70.
- [5] Robert Hall.Cenozoic tectonic of SE Asia and Australasia[C].Proceedings of the Petroleum Systems of SE Asia and Australasia Conference,1997:47-62.
- [6] Barber A J, Crow M J.An evaluation of plate tectonic models for the development of Sumatra[J].Gondwana Research,2003,6(1):1-28.
- [7] 李国玉,金之钧,等.世界含油气盆地图集(下册)[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [8] 童晓光,杨福忠.印尼油气资源及中国石油合同区块现状[J].中国石油勘探,2005,10(2):58-62.
- [9] 童晓光,关增森.世界石油勘探开发图集(亚洲太平洋地区分册)[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [10] Boyd J D, Peacock S G.Sedimentological analysis of a Miocene deltaic systems: Air Benakat and Muara Enim Formations, Central Merangin Block, South Sumatra[C].Proceedings of Indonesian Petroleum Association 15th Annual Convention, Jakarta, 1986: 245-258.
- [11] 薛良清,杨福忠,马海珍,等.南苏门达腊盆地中国石油合同区块成藏组合分析[J].石油勘探与开发,2005,32(3):130-134.
- [12] 刘亚明,薛良清,杨福忠,等.印尼J区块层序地层与沉积相特征研究[J].西南石油大学学报:自然科学版,2008,30(6):45-49.
- [13] Hendra Amijaya, Ralf Littke.Microfacies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra Basin, Indonesia[J].International Journal of Coal Geology,2005,61(3/4):197-221.
- [14] Sosrowidjojo I B, Saghafi A.Development of the first coal seam gas exploration program in Indonesia: Reservoir properties of the Muraenim Formation, south Sumatra [J].International Journal of Coal Geology,2009,79(4):145-156.
- [15] US Geological Survey World Energy Assessment Term.US geological survey world petroleum assessment 2000——description and results[M].USGS Digital Data Series DDS-60 Multi Disc Set Version 1.0,2000.
- [16] 赵习森,闫志军.东濮凹陷文西断裂带沙三段层序地层与沉积体系[J].油气地质与采收率,2007,14(4):32-34,37.
- [17] 蔡周荣,黄先雄,万志峰,等.非洲中部 Bongor 盆地与 Lake Chad 盆地烃源岩发育特征差异性探讨[J].油气地质与采收率,2010,17(1):41-44.
- [18] 董艳蕾,朱筱敏,李德江,等.渤海湾盆地辽东湾地区东二层序高位三角洲沉积特征[J].油气地质与采收率,2008,15(2):56-60.
- [19] Hendra Amijaya, Jan Schwarzbauer, Ralf Littke.Organic geochemistry of the Lower Suban coal seam, South Sumatra Basin, Indonesia: Palaeoecological and thermal metamorphism implications[J].Organic Geochemistry,2006,37(3):261-279.
- [20] Suseno P H, Zakaria, Mujahidin N, et al.Contribution of Lahat formation as hydrocarbon source rock in south Palembang area, South Sumatra, Indonesia[C].Jakarta: Indonesia Petroleum Association,1992:325-337.
- [21] Mark W Longman.东南亚地区第三纪碳酸盐岩储层光明的油气远景[J].国外油气勘探,1995,7(2):168-172.
- [22] 刘亚明,薛良清,杨福忠,等.印尼J区块西部浊积砂体的发现及其地质意义[J].断块油气田,2010,17(4):409-412.

编辑 经雅丽



欢迎广大科技人员踊跃投稿