

马达加斯加 A 石油区块层序地层格架和地层展布研究

陈越 (陕西延长石油国际能源化工有限公司, 陕西 西安 710065)

摘要: A 石油区块位于穆伦达瓦盆地南部, 为延长油田的海外勘探项目。以钻井、测井、录井、地震资料为基础, 在前人地层划分方案及存在问题基础上, 建立研究区的地层划分方案和地震解释方案, 为该区油气勘探提供基础地质资料。

关键词: 层序地层; 地层展布; 地层格架; 穆伦达瓦盆地; 延长油田

1 区域构造特征

A 石油区块位于穆伦达瓦盆地南部, 为延长油田的海外勘探项目 (图 1)。该石油区块勘探工作始于 20 世纪 50 年代初期, 由 SPM 公司实施重力勘查和浅孔钻探。经多年勘探, 目前在该区共完钻探井 12 口, 且探井钻探的年代较早, 仅在岩屑和随钻测试中发现一些油气显示, 未获得工业油气流, 油气勘探工作停滞不前。区块西部边缘是盆地中央断裂系统与西部侏罗系被动裂谷盆地的过渡区, 向西沉积较厚的侏罗系—白垩系。石炭纪—早中二叠世 (L.sakamena 组沉积前), A 区块前寒武系结晶基底开始局部隆升, 石炭系—下二叠统 Sakoa 组在寒武系结晶基底隆升格局基础上披覆沉积, 初步形成研究区西部断裂带、中部凸起两个正向构造单元, 中部凸起形成时间早、幅度大, 西部断裂带隆升幅度略低, 同时, 此期东部凹陷也初具雏形。控制区块构造单元边界的早期断裂如 1 号、4 号、6 号、8 号断裂均在此期间开始发育; 晚二叠世 (M.sakamena 组沉积前), 早期发育的断裂持续活动, 中部凹陷开始强烈沉降, 西部断裂带及中部凸起持续发育。东部断裂带张性断裂开始发育, 区块初步形成低幅度断鼻构造形态, 此阶段烃源岩演化程度低, 基本无油气的运移聚集; 早三叠世末期 (U.sakamena 组沉积前), 中部凸起基底活动明显减弱, 而西部断裂带基底仍然缓慢抬升。

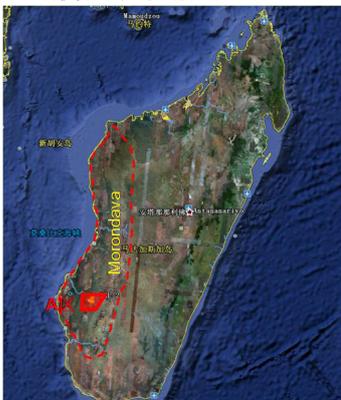


图 1 研究区地理位置图

2 岩石地层划分

基于对前人地层工作的认识, 结合研究区钻井、地震情况确定岩石地层划分方案, Karoo 期地层包括石炭系—上三叠统的 Sakoa 组、Sakamena 组、Isalo I 组、Isalo IIa 组以陆相为主的碎屑岩地层, 后 Karoo 期地层包

括下侏罗统一—中下白垩统的 Isalo III 组、Bemaraha 组、Duvalia 组以及上白垩统、第三系和第四系的海相和海陆交互的灰岩、碎屑岩地层。

2.1 Karoo 期地层

卡鲁期地层划分为三个岩性单元: 即上石炭统到下二叠统的 Sakoa 组、晚二叠统到中三叠统的 Sakamena 组以及上三叠统的 Isalo I 组和 Isalo IIa 组。

Sakoa 组主要为一套硅酸盐碎屑层序, 厚度可达 2000m, 自下而上包括 4 套地层: 冰川沉积层, 砂岩和泥岩混杂堆积, 发育纹层; 煤系沉积层, 发育泥岩及少量砂岩, 含钙质泥岩和煤, 煤层主要发育在 Sakoa 地区; 下红层, 以砂岩为主, 有少量泥岩、煤层和钙质结核; Vohitolia 灰岩, 为鲕粒—结核灰岩, 有叠层石和海相腕足化石。

Sakamena 组完整地出露在 Morondava 盆地南部, 其厚度可达 4000m。Sakamena 组通常分为下、中、上三段: 下部砾岩和砂岩层段; 中部为富泥层段; 上部为以红层为主的砂、砾岩互层段。Sakamena 组下段 (L.Sakamena), 对应于晚二叠世, 主要由块状泥岩和粗粒砂岩组成, 局部发育钙质结核和粉砂岩。晚二叠世的植物及爬行动物化石丰富, 有助于地层时代的确定。Sakamena 组中段 (M.Sakamena), 对应于早三叠世, 为连续的薄层泥岩和粉砂岩, 见少量砂岩, 含结核, 化石少见。Sakamena 组上段 (U.Sakamena), 对应于中三叠世, 为白色交错层理砂岩、红色页岩等, 特别是其中间部位含有较多的红层沉积。

Isalo I 组 (对应于晚三叠世早期) 为一套厚层的粗碎屑沉积, 岩性为粗砂岩夹薄层泥岩。Isalo I 组下部为成岩很差的白色或灰色砂岩, 频繁夹有交错的硅酸岩化的节理系及杂色泥岩。Isalo IIa 组 (对应于晚三叠世后期) 岩性为砂岩夹页岩、泥岩, 颜色较杂, 见红色、绿色和棕色等, 含植物碎片。

2.2 后 Karoo 期地层

一般认为后 Karoo 期是 Karoo 盆地发育结束后以海相沉积为主发育时期, 包括下侏罗统一—中下白垩统的 Isalo III 组、Bemaraha 组、Duvalia 组以及上白垩统、第三系和第四系的海相和海陆交互的灰岩、碎屑岩地层。

Isalo III 组 (对应于早侏罗世—中侏罗世早期), 包

3.2 地震反射层的综合标定

综合利用区域地质特征,包括地层接触关系、地层岩性的组合关系及厚度的变化等信息预测地震反射所表达的可能的地质含义。地层超覆、尖灭和侵蚀等接触关系是地震剖面层位追踪和层序划分的重要依据,根据地震相较好地识别较明显的地层(层序或体系域间的)界面,利用以上几种方法,在地震标定和解释过程中相互渗透,相互验证,使每个地震反射层的地质含义更符合客观实际。根据 Morondava 盆地地震资料的品质及工作需要,确定 9 个地震反射界面(表 1),通过上述多种方法标定,明确各地震反射层的地质含义。

4 层序地层格架和地层展布

以 SAK-1 井、ME-1 井、LW-1 井为主,结合地震和露头,主要简述 Morondava 盆地 SQ1 至 SQ4 层序的划分依据、层序的特征和展布。

4.1 SQ1 层序

SQ1 层序相当于下二叠统的 Sakoa 组,该套地层自下而上发育四套沉积层,依次为冰川沉积层、煤系沉积层、下红色沉积层和 Vohitolia 灰岩层。该层序仅在 3113 区块东南部—东北部的盆地边缘分布,出露局限,只有 VHD-1 井可能钻遇该套地层的顶部。从露头资料看,SQ1 层序仅分布于 Morondava 盆地东部盆地边缘的南—中段 Betiok-Malaimbandy 一带,南部地层发育较全,向北该层序下部的煤系沉积层和冰川沉积层尖灭,保留部分下红色沉积层和 Vohitolia 灰岩,厚度明显减薄。

4.2 SQ2 层序

SQ2 层序相当于上二叠统 Sakamena 组下段—上三叠统 Isalo I 组。钻遇该层序的钻井较多,3113 区块内的 LW-2 井和 SAK-1 井具有一定的代表性,钻井上该层序同样发育 4 个岩性段。第一个岩性段为 L.Sakamena,归为低位体系域。第二个岩性段为 M.Sakamena,归为水进—早期高位体系域。第三个岩性段为 U.Sakamena,归为晚期高位体系域。第四个岩性段为 Isalo I 组,归为晚期高位体系域。SQ2 层序与 SQ3 层序之间为区域不整合面,SAK-1 井倾角测井资料显示界面之上地层产状为 N-NNW 倾 5°,而界面之下地层产状为 SE 倾 10°,界面上下存在明显地层产状变化,是典型的角度的不整合的反映。

从露头资料来看,SQ2 层序在 Morondava 盆地东部沿盆地边缘的露头区广泛出露,其中 L.Sakamena(低位体系域)在 3113 区块南部的 Betiok 地区厚度较大,向北部地层厚度减薄。M.Sakamena(水进体系域—早期高位体系域)在露头区厚度相对稳定,保持在 300-400m 左右,岩性上在盆地北部的 Fonjay 和 Ambereny 地区砂岩含量较高。U.Sakamena 和 Isalo I 组(晚期高位体系域)受不整合剥蚀作用的影响厚度变化较大,但总体仍表现为南厚北薄的特征。综上所述,露头资料表明该层序的厚度中心位于 3113 区块及其南部的 Betiok 地区。

4.3 SQ3 层序

SQ3 层序相当于上三叠统 Isalo IIa 组—中上侏罗统 L.Duvalia 组,该套地层自下而上发育四套地层,依次为 Isalo IIa 组以砂岩为主的地层,Isalo IIb 组的砂岩、泥岩,偶夹灰岩地层,Bemaraha 组以灰岩为主的地层,L.Duvalia 组以泥岩为主夹砂岩、灰岩的地层,总体构成一套粗—细—粗、碎屑岩—灰岩—碎屑岩的旋回,形成一个完整的层序。露头资料来看,SQ3 层序在 Morondava 盆地中西部地区广泛出露,因剥蚀作用,地层向东依次变老。该层序的分布受中央断裂带的控制,低位—早期水进体系域在中央断裂带的东部埋藏较浅,广泛出露,水进晚期体系域—高位体系域在该地区已经被剥蚀殆尽或仅有少量残留。受中央断裂带控制,晚期水进体系域—高位体系域沉积表现为中央断裂带西倾断裂下盘厚度大,向西厚度减薄的特征,在盆地中北部的 WMBL-1 井西部地区受 SQ3 层序与 SQ4 层序之间的区域不整合影响,SQ3 层序顶部遭受大量剥蚀。

4.4 SQ4 层序

SQ4 层序相当于中下白垩统 U.Duvalia 组,该套地层岩性以砂泥岩为主,偶夹灰岩,该层序在 Morondava 盆地不是我们研究的重点,仅进行了层序划分,没有进行体系域划分。从露头资料来看,SQ4 层序在 Morondava 盆地中部呈南北条带状广泛出露,向东出露地表被剥蚀殆尽。埋藏区,地震剖面上表现为向西加厚的特征。

5 结论

①通过对前人地层工作的总结,结合研究区的钻井、地震情况确定此次研究工作的岩石地层划分方案和基本的时代归属。Karoo 期地层包括石炭系—上三叠统的 Sakoa 组、Sakamena 组、Isalo I 组、Isalo IIa 组以陆相为主的碎屑岩地层,后 Karoo 期包括下侏罗统一中下白垩统的 Isalo IIb 组、Bemaraha 组、Duvalia 组以及上白垩统、第三系和第四系海相和海陆交互的灰岩、碎屑岩地层;

②通过 Morondava 盆地地震剖面的对比和追踪,识别出三个大规模的角度不整合面(基底和盖层之间,Isalo I 组和 Isalo IIa 组之间,侏罗系和白垩系之间)和三个小规模的平行不整合面(Sakoa 组和 Sakamena 组之间,U.Duvalia 组和上白垩统之间,白垩系和第三系之间),以此为主要依据,结合钻井、露头确定盆地的层序和体系域划分方案,把二叠系—第三系自下而上划分为 6 个层序、11 个体系域,建立 Morondava 盆地的层序地层格架。

参考文献:

- [1] 陈越,陈勇良. Morondava 盆地西部侏罗纪断陷盆地构造特征 [J]. 石化技术, 2020, 27(4): 110-111.
- [2] 马达加斯加 3113 区块石油地质条件评价(内部资料) [Z]. 中油辽河石油勘探局工程技术研究院, 2006-2.
- [3] 宋元威,王宁,王利磊,等. Morondava 盆地 X 区块 LS 段烃源岩地球化学特征 [J]. 石化技术, 2016, 23(8): 176.