

赵厚祥. 缅甸 Shwebo 盆地储层研究及勘探方向[J]. 海洋地质前沿, 2019, 35(8): 51-57.

缅甸 Shwebo 盆地储层研究及勘探方向

赵厚祥

(中海油研究总院有限责任公司, 北京 100028)

摘要: Shwebo 盆地勘探多年来, 储层是影响勘探成效的关键因素。研究结果表明, Shwebo 盆地白垩系—古近系储层主要岩石类型为长石砂岩、石英砂岩及凝灰质砂岩; 孔隙类型主要为残余粒间原生孔隙和微裂隙溶蚀孔隙。孔隙结构复杂、非均质性强以及低孔、低渗是储层的主要特征。沉积环境和成岩作用是影响储层质量的主要因素, 其中, 影响盆地西部岛弧带储层质量的关键因素是火山活动及成岩作用; 影响 Shwebo 盆地内储层质量的关键因素是胶结作用及压实作用, 并指出了盆地有利储层勘探区。

关键词: Shwebo 盆地; 储层; 沉积环境; 成岩作用; 主控因素

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2019.08007

0 引言

Shwebo 盆地位于缅甸陆上北部地区, 构造上位于缅甸中央盆地中北部, 是其众多次级盆地之一^[1-3]。Shwebo 盆地面积 26 506 km², 南北向带状展布, 东部为实皆走滑断裂及掸邦台地(高原), 西部以中央岛弧带与 Chindwin 盆地相隔^[4-6](图 1、2), 南部以低隆与 PY 盆地相隔。Shwebo 盆地是晚白垩世以来发育的中—新生代盆地, 沉积了厚度达 20~25 km 的上白垩统及新生界。

Shwebo 盆地勘探程度低, 20 世纪 70 年代仅有重、磁勘探资料, 90 年代初才有稀疏的二维地震, 目前, 仅盆地南部地区覆盖测网密度为 2 km × 2 km 二维地震及部分三维地震; 钻探井 5 口, 有油气显示, 暂未发现商业油气储量。Shwebo 盆地研究程度低, 国际相关机构对盆地演化、石油地质特征的研究基本空白。目前, 随着地震、钻井资料的增加, 对盆地油气成藏认识逐步深入。勘

探多年来, 储层一直是影响勘探成效的关键因素。因此, 分析储层特征、划分有利储层分布区是进一步勘探的首要任务。

1 基本地质特征

1.1 区域构造环境

缅甸地块及组成东南亚的其他微板块随着冈瓦纳大陆裂解, 经多期裂离、并贴, 在中生代晚期重新拼合成欧亚板块的组成部分。新生代时期, 随着印度板块向欧亚板块的俯冲, 缅甸海域及周缘地区开始由被动大陆边缘向主动大陆边缘转换, 与之相适应的是主动大陆边缘不同构造体系的发育形成和构造带内不同属性盆地所作出的构造响应与改造调整。Shwebo 盆地及周边区的大地构造背景为印度板块向欧亚板块俯冲, 导致缅甸地块在不同时期经受不同的左旋、右旋剪切等应力机制, 在此应力机制下形成性质多样盆地, 发育挤压、伸展、走滑等各类构造。

1.2 盆地演化特征

Shwebo 盆地是受弧后伸展、走滑拉分以及压扭作用形成的复合成因盆地, 白垩纪—渐新世

收稿日期: 2018-09-13

基金项目: “十二五”国家科技重大专项课题“亚太地区油气资源评价及未来战略发展方向”(2011ZX05028-006)

作者简介: 赵厚祥(1971—), 男, 高级工程师, 主要从事海外石油勘探方面的研究工作。E-mail: zhaohx3@cnoc.com.cn

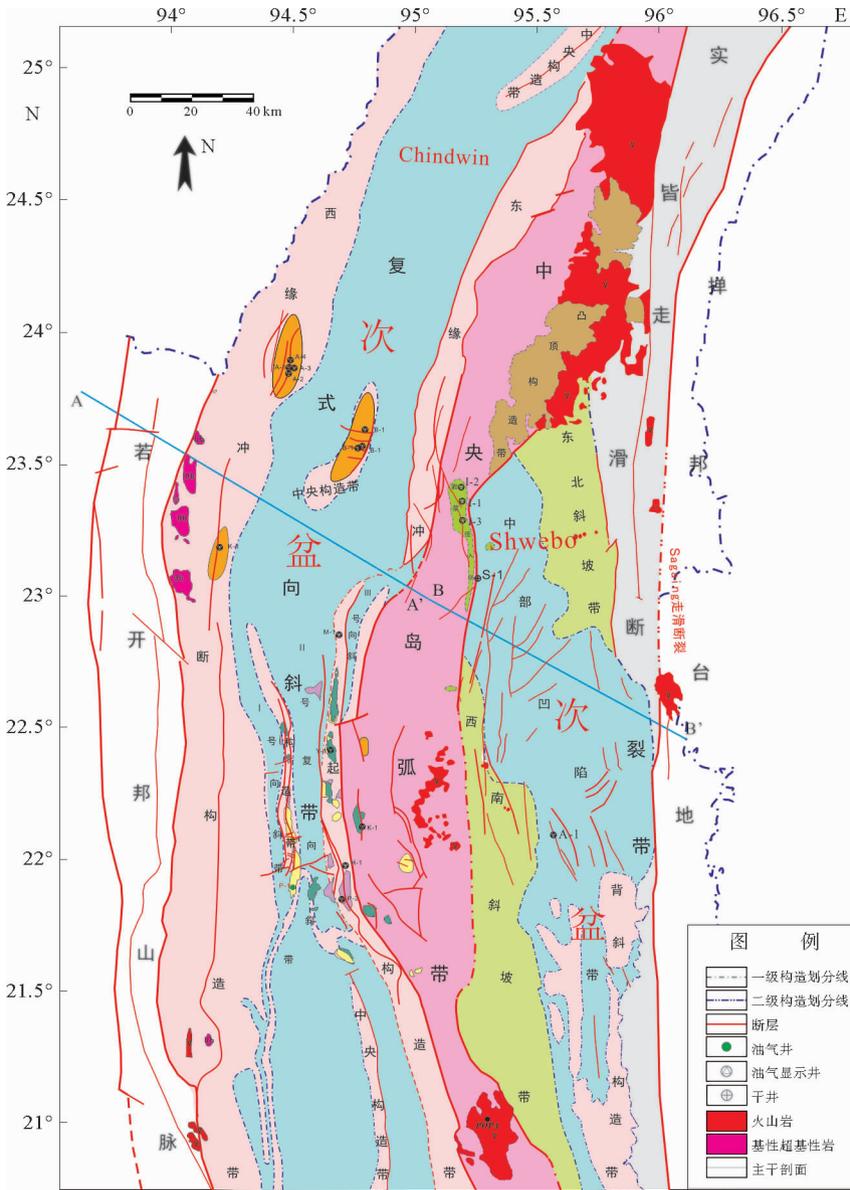


图 1 缅甸 Chindwin、Shwebo 盆地构造纲要图

Fig. 1 Structural outline map of the Chindwin and Shwebo Sub-basins in the Central Myanmar Basin

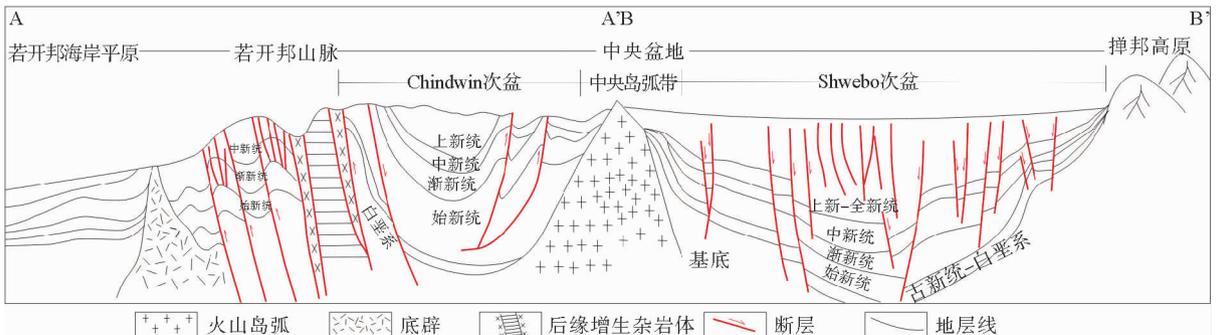


图 2 缅甸 Chindwin、Shwebo 盆地东西向主干剖面

Fig. 2 A geological section passing through the Chindwin and Shwebo Sub-basins of the Central Myanmar Basin

为张扭性质弧后裂谷发育阶段,中新世后为受压扭作用影响的拗陷发育阶段。

盆地演化动力学机制主要为岩浆底辟、基底隆升和挤压反转,Shwebo 盆地演化史表现出 2 个阶段,白垩纪—渐新世为张扭性质弧后裂谷发育阶段,主要发育滨岸沉积及三角洲沉积体系,局部发育碳酸盐岩,火山大规模活动,物源主要来自东部和东北部。中新世后为压扭作用影响的拗陷发育阶段,持续海退,发育三角洲—河流沉积;物源主要来源于北部。

1.3 盆地构造单元划分

依据基底形态结构特征、拗陷内构造变形的分带特征、沉积盖层的展布及厚度的横向变化等,Shwebo 盆地划分为 4 个构造单元,即西南斜坡构造带、中部凹陷带、东北斜坡构造带、实皆走滑断裂带(图 1)。由于中央岛弧带在研究区范围内对 Shwebo 盆地的演化形成具有关键控制作用,本文将其作为 1 个独立单元与 Shwebo 盆地的二级构造带共同研究。

2 储层特征

2.1 地层特征

Shwebo 盆地钻遇地层为白垩系、古近系(古新统、始新统、渐新统)、新近系(中新统、上新统)和第四系,地层厚度最厚达 8 000 m,盆地西部中央岛弧带缺失渐新统。岩性主要为(粗、中、细、粉)砂岩、凝灰质细砂岩及凝灰岩、泥岩,夹杂灰岩、碳质泥岩和煤层。

白垩系厚度为 390 m,岩性主要为灰色凝灰质泥岩和凝灰岩互层,中上部见凝灰质中粗砂岩,底部为凝灰质细砂岩和凝灰质泥岩互层。古新统厚度为 780 m,上部为灰色、棕黑色碳质泥岩与灰色粉砂岩互层,下部为灰色凝灰质泥岩与灰色凝灰岩互层。始新统厚度为 725 m,上部岩性为灰色凝灰质细砂岩与灰绿色凝灰质泥岩互层,下部为灰色、棕色、红棕色凝灰质泥岩与灰色凝灰岩互层。中新统厚度为 189 m,岩性主要为灰色凝灰质砂岩和绿灰色凝灰质泥岩互层。上新统一第四系:钻厚 286 m,岩性主要为灰色砂岩、含砾中砂

岩与灰色泥岩互层。

中新统底部为一区域角度不整合,地震反射可见明显的地层削截现象。古新统与下伏白垩系为一区域假整合面,界面上下地震反射特征不明显。白垩系底以白垩系灰色凝灰质细砂岩与凝灰质泥岩与前白垩系花岗岩呈角度不整合接触。

2.2 沉积相分析

在区域地质背景的基础上,应用岩(壁心、岩屑)、电(测井、录井)、震资料,以及薄片资料、古生物特征及粒度概率曲线等化验资料进行单井沉积特征研究,分析出 6 种沉积相,即滨浅海、滨岸相、海岸平原、三角洲相、扇三角洲相、火山沉积相。在单井沉积相认识基础上,结合地震相,分析各层系平面沉积体系特征。

白垩系主要发育滨浅海、三角洲沉积相;上白垩统水体表现为先加深后变浅的特征,西部岛弧带受火山活动影响多。

古新统沉积整体表现为水体浅,动荡频繁,古新统海侵体系域沉积期岛弧带受火山活动影响较大,垂向上经历了潮坪—滨岸—泻湖的沉积演化过程。

始新统沉积相属于滨岸—三角洲沉积环境,物源来自研究区的北东向,同时中央岛弧带发育火山沉积相,垂向上表现为三角洲平原/沼泽—火山沉积相—三角洲前缘的演化过程。

中新统沉积受火山活动影响非常小,物源主要来自北北东向,属于三角洲沉积环境。

上新统一第四系沉积相整体表现为北向物源的河流相沉积。

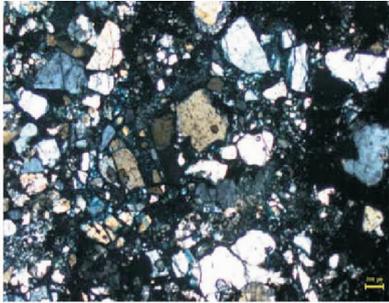
Shwebo 盆地有效砂岩储层主要分布于白垩系—上古新统、始新统及渐新统,为滨海相和三角洲相砂岩和凝灰质砂岩。

2.3 岩石学特征

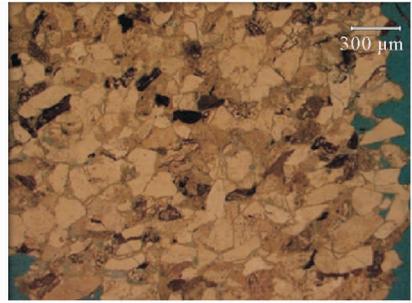
Shwebo 盆地南部 A-1 井(图 1)始新统岩性主要为亚长石砂岩^[7],次为长石岩屑石英砂岩,分选中等,次棱角状—次圆状,主要以次棱角状为主,点、线式接触,随深度增加过渡为缝合线接触,孔隙式胶结,填隙物以泥晶、粉晶结构为主,含火山灰杂基(图 3a)。

根据 Shwebo 盆地西部 I-1 井(图 1)分析,白

垩系—古新统储层岩性主要为凝灰质石英细砂岩和细砂岩,镜下岩石为含凝灰质细砂岩(图3b),分选差—中等,次棱角状—次圆状,以次棱角状为主,点—线接触,孔隙式胶结,填隙物以泥晶、粉晶结构为主,富含大量火山灰杂基。



(a) A-1井, 2379 m(始新统), 亚长石砂岩(-)



(b) I-1井, 2345 m(上白垩统)含凝灰质石英砂岩(+)

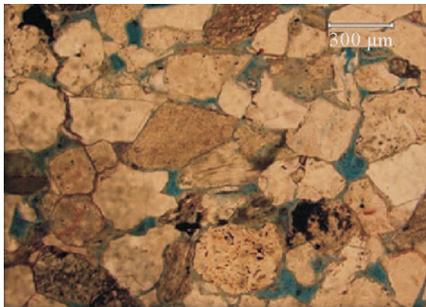
图3 Shwebo盆地储层岩石学特征

Fig. 3 Microscopic characteristics of the reservoirs in the Shwebo Sub-basin

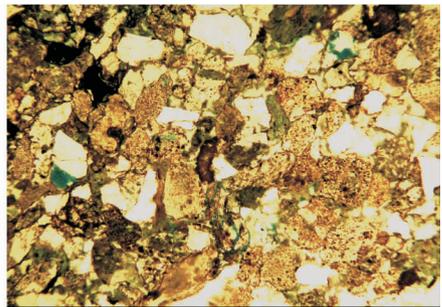
2.4 物性特征

盆地南部 A-1 井(图1)始新统砂岩钻井取心分析孔隙度及电测解释孔隙度为4%~12%,储集空间类型以残余粒间原生孔隙为主(图4a),渗

透率0.1 mD~10 mD;始新统2750 m以下地层铁方解石胶结发育,孔隙急剧减少,物性变差,属于特低孔低渗—低孔低渗储层的过渡型储层^[8]。渐新统存在次生孔隙发育段,地层抬升中的风化、淋滤作用是次生孔隙发育的原因。



(a) A-1井, 2379 m(始新统), 石英砂岩(-)



(b) I-2井, 503.53 m(始新统), 凝灰质细砂岩(-)

图4 Shwebo盆地储层物性特征

Fig. 4 Physical property of reservoirs in the Shwebo Sub-basin

盆地西部 I-2 井(图1)始新统凝灰质细砂岩钻井取心物性分析值为孔隙度3.2~8.1%,微裂隙溶孔(图4b)发育,多呈狭长或窄条带状,分布不均,水平渗透率0.03~0.09 mD。

钻井取芯分析数据、测井解释数据以及露头岩石样品分析数据表明,盆地西部区白垩系—古新统砂岩、凝灰质砂岩储层孔隙度普遍<4%,始新统凝灰质砂岩、砂岩孔隙度<10%,属于低孔、低渗—特低渗储层,微裂隙溶孔为主;盆地南部始

新统为长石砂岩、石英砂岩,原生孔隙为主,孔隙度多>10%,为中—低孔、低渗储层。

3 储层影响因素分析

3.1 沉积环境

(1)沉积体系 研究表明,Shwebo盆地白垩纪至始新世为滨浅海—三角洲沉积环境,渐新世

至上新世为三角洲—河流沉积体系, 沉积相带控制有利储层的空间展布。Shwebo 盆地东北斜坡带主要处于三角洲平原亚相, 岩性多为分选差、棱角状长石砂岩, 物性致密。西南斜坡构造带主要位于三角洲前缘亚相和前三角洲亚相, 岩性主要为分选中等、次圆状长石砂岩, 物性较好。

(2) 火山活动 Shwebo 盆地西部岛弧带火山活动多期次、多类型发育, 火山岩以中性—基性喷出岩^[9]为主, 岛弧带北部火山活动强烈。由于火山碎屑成分的介入, 在中央岛弧带北部及临近区域凝灰质砂岩发育。与正常沉积砂岩相比, 凝灰质砂岩不仅在岩性上具有颗粒来源多样、矿物成分复杂、矿物易于转化的特点, 而且成岩作用更加复杂, 形成具有“孔隙结构复杂、非均质性强”和“低孔低渗”的凝灰质砂岩储层特征。I-1、I-2 井(图 1)位于中央岛弧带, 凝灰岩发育, I-3、S-1 井(图 1)位于中央岛弧带边缘, 凝灰岩较发育, 位于西南斜坡构造带与中部凹陷带的 A-1 井则无凝灰岩发育。

(3) 物源 重矿物组合主要为磁铁矿、赤褐铁矿、辉石以及帘石类, I-1 上白垩统一始新统重矿物 ZTR 指数很低, 同时岩石结构与成分成熟度低, 说明了西部岛弧带具有近源特征, 母岩多为北

东向陆源高级变质岩, 并且从砂体规模反映了陆源沉积物供给不足的特征。A-1 井岩性多为亚长石砂岩及长石岩屑石英砂岩, 也具有近源特征, 但是石英含量较 I-1 井高。根据迪金森 QmFLt 图解, 判断物源均来自于东部掸邦台地(高原)。

3.2 成岩作用

根据沉积岩黏土矿物定量分析、镜下薄片鉴定、有机质成熟度、 T_{max} 以及孢粉颜色的综合分析, 认为 Shwebo 盆地中新统和始新统处于早成岩 A-B 期, 古新统一上白垩统处于中成岩 A 期, 其中胶结作用、凝灰质蚀变作用以及压实作用影响盆地储层质量^[10]。

(1) 胶结作用 胶结作用包括碳酸盐胶结和硅质胶结。碳酸盐胶结以方解石、铁方解石呈孔隙式胶结, 方解石胶结可能是长石溶解后再沉淀的产物。薄片下茜素红染色方解石胶结物呈现紫红色, 分布于碎屑颗粒边部(图 5a)。硅质胶结在薄片可见石英次生加大, 呈现环带构造(图 5b)。总之, 碳酸盐岩胶结和硅质胶结使原生粒间孔隙大幅度减少, 且堵塞裂缝孔隙的吼道, 导致 Shwebo 盆地储层物性致密。胶结作用是影响盆地储层物性主要的成岩作用之一。

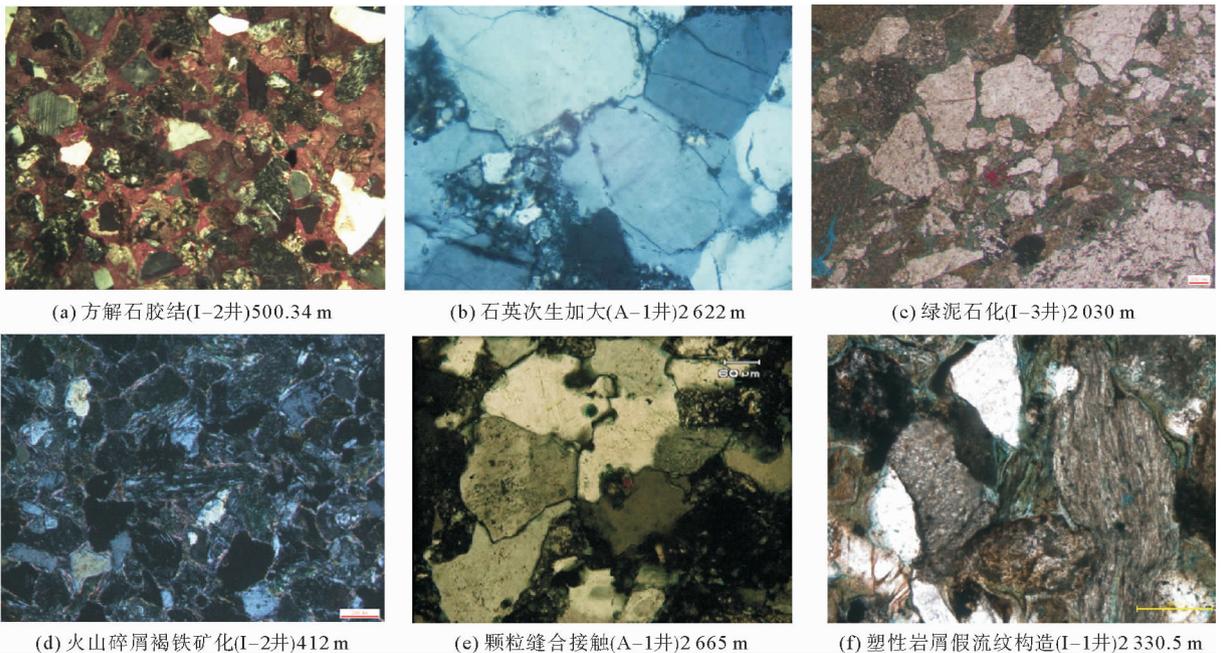


图 5 Shwebo 盆地储层显微特征

Fig. 5 Microscopic characteristics of reservoirs in the Shwebo Sub-basin

(2)凝灰质蚀变作用 Shwebo 盆地西部晚白垩世—始新世火山活动发育,形成大范围分布的凝灰质砂岩。凝灰质在埋藏成岩过程中发生蚀变作用,主要是脱玻化、溶蚀化及自生矿物的转化。凝灰质砂岩中的泥级火山玻璃经水解脱玻,部分成分随孔隙水流失,剩余组分发生重组并发生重结晶作用转化成绿泥石、伊利石以及成岩作用形成高岭石等^[11]。火山灰填隙物脱水收缩形成微收缩缝,这可以改善储层的储集性能。在埋藏的早—中期,凝灰物质多蚀变为蒙脱石、伊利石等,火山物质多富集 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,易形成绿泥石化和褐铁矿化(图 5c、d)。由于火山岩多为中—基性,溶蚀作用强,有利于次生孔隙发育^[12]。

(3)压实作用 Shwebo 盆地区域构造活动强烈,多期构造运动形成逆冲推覆及压扭走滑构造(图 2)。应力集中区地层受强烈挤压,造成地层不仅接受上覆地层机械压实作用,还遭到区域构造水平应力的构造压实作用,进而进一步降低原生孔隙^[13]。

随着深度的增加机械压实逐渐增强,砂岩孔隙度呈降低趋势,体现在刚性碎屑颗粒(石英、长石、火山碎屑等)间的错动缝合接触变形(图 5e)以及抗压性弱的碎屑岩及岩屑(泥岩、流纹岩)的塑性变形(图 5f),碎屑颗粒被压实而排列紧密,孔隙变小,颗粒间吼道大大变窄,储集物性变差;但刚性岩屑的碎裂缝与溶蚀粒间孔连通好的情况下,有利于改进储层质量。Shwebo 盆地始新统储层机械压实作用和构造挤压作用减孔量为 13%~30%,研究计算,A-1 井区始新统砂岩孔隙有 4.5%~12.8%的减孔率为非沉积压实作用影响所致^[14]。

3.3 勘探方向

Shwebo 盆地勘探多年来,储层是影响勘探成效的关键因素。在沉积相的研究认识基础上,在有利沉积相带仍然存在储层物性差、勘探失利的情况。因此,针对有利沉积相带中成岩相^[15]的综合研究是 Shwebo 盆地寻找有利储层的关键。研究认为 Shwebo 盆地的西南斜坡区是有利沉积相带、成岩相带储层发育区,是下步勘探的有利区带。

4 结论

(1)Shwebo 盆地白垩系—新近系储层岩石类型为中—细粒长石砂岩、长石岩屑石英砂岩和凝灰质砂岩;孔隙类型为残余原生粒间孔、微裂隙溶蚀孔,储层物性总体较差,为典型的低孔—低渗型储层。

(2)沉积环境与成岩作用是影响储层物性的主要因素。沉积环境因素包括沉积体系、火山活动和沉积物源,成岩作用包括胶结作用、蚀变作用、压实作用等。在 Shwebo 盆地主体构造发育区,胶结作用及压实作用是影响储层质量的主要因素;在 Shwebo 盆地西部岛弧带,火山岩分布与成岩作用是影响储层质量的主要因素。火山灰填隙物脱水收缩形成微收缩缝与溶蚀作用形成的次生孔隙可以对岛弧带储层物性起建设作用。

(3)沉积相、岩性相及成岩相的综合研究是 Shwebo 盆地寻找有利储层的关键。认为 Shwebo 盆地的西南斜坡区是有利储层发育区,是下步勘探的有利区带。

参考文献:

- [1] Morley C K. A tectonic model for the Tertiary evolution of strike-slip faults and rift basins in SE Asia [J]. *Tectonophysics*, 2002, 347(1): 189-215.
- [2] Wandrey C J. Eocene to Miocene Composite Total Petroleum System, Irrawaddy-Andaman and North Burma Geological Provinces, Myanmar [J]. *U. S. Geological Survey Bulletin*, 2006, 2208-E(1):1-24.
- [3] 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.
- [4] Pivnik D A. Polyphase Deformation in a Fore-Arc/Back-Arc Basin, Salin Sub-basin, Myanmar (Burma) [J]. *AAPG Bulletin*, 1998, 82(10):1837-1856.
- [5] Mitchell A H G. Cretaceous-Cenozoic tectonic events in the western Myanmar (Burma) Assam region [J]. *Journal of the Geological Society of London*, 1993, 150(6): 1089-1102.
- [6] 赖生华,麻建明,廖林. 缅甸中央沉降带 C 盆地油气勘探潜力[J]. *天然气工业*, 2005, 25(11): 21-24.
- [7] 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学(第三版)[M]. 北京:石油工业出版社, 2001: 99-116.
- [8] 吕鸣岗,程永才,袁自学,等. 石油天然气储量计算规范[S]. 中华人民共和国地质矿产行业标准(DZ/T 0217-

- 2005), 北京:中华人民共和国国土资源部, 2005: 17.
- [9] 陈义贤, 陈文寄. 辽西及邻区中生代火山岩:年代学、地球化学和构造背景[M]. 北京:地震出版社, 1997: 52-55.
- [10] 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社, 1999: 101-111.
- [11] 刘钦甫, 付正, 侯丽华, 等. 海拉尔盆地贝尔凹陷兴安岭群储层粘土矿物组成及成因研究[J]. 矿物学报, 2008, 28(1): 43-47.
- [12] 王宏语, 樊太亮, 肖莹莹, 等. 凝灰质成分对砂岩储集性能的影响[J]. 石油学报, 2010, 31(3): 432-439.
- [13] 李军, 张超谟, 李进福, 等. 库车前陆盆地构造压实作用及其对储集层的影响[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(1): 47-51.
- [14] 寿建峰, 朱国华, 张惠良. 构造侧向挤压与砂岩成岩压实作用[J]. 沉积学报, 2003, 21(1): 90-95.
- [15] 石玉江, 肖亮, 毛志强, 等. 低渗透砂岩储层成岩相测井识别方法及其地质意义[J]. 石油学报, 2011, 32(5): 820-828.

HYDROCARBON RESERVOIRS AND EXPLORATION STRATEGIES IN THE SHWEDO SUB-BASIN, MYANMAR

ZHAO Houxiang

(CNOOC Research Institute Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: In the Shwebo Sub-basin, reservoir has remained the key factor influencing exploration effectiveness for many years. The main rock types of the Cretaceous-Eocene reservoirs are dominated by sand stones, such as feldspar sandstone, quartz sandstone and tuffaceous sandstone with residual intergranular pore and dissolved microfracture pore characterized by complex structure and great heterogeneity. They are low in porosity and permeability, and the quality of reservoirs is determined by their depositional environment and diagenesis. The former includes the depositional system, volcanic activity and provenance, while the latter involves cementation, alteration and compaction. In the island arc in the west of the basin, volcanism and diagenesis are the key factors, while in the internal part of the basin, cementation and compaction dominate. Upon the study of reservoir characteristics, favorable exploration areas are further discussed.

Key words: the Shwebo Sub-basin; reservoir; depositional environment; diagenesis; controlling factors