

# 羌塘中生代盆地演化特征

南征兵<sup>1</sup>, 张艳玲<sup>2</sup>, 李永铁<sup>1</sup>, 谭富文<sup>3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;  
2. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 3. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

**摘要:**羌塘盆地位于特提斯构造域的东段, 分布在羌塘—昌都地块中西部, 夹持于可可西里—金沙江与班公湖—怒江2条缝合带之间, 包括中央隆起带在内残留面积约为  $18 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 是青藏高原上面积最大的中生代海相残留盆地, 勘探前景乐观。对于中生代时期羌塘盆地在特提斯域中的位置和盆地的性质, 存在不同认识, 综合分析后认为: 羌塘盆地中生代属于劳亚大陆南缘, 为一个典型的叠合盆地, 先后经历了北羌塘前陆盆地演化阶段、羌南裂谷阶段、被动陆缘裂陷阶段、被动陆缘拗陷阶段和羌塘盆地萎缩阶段等5个演化阶段。

**关键词:**构造演化; 特提斯构造域; 盆地性质; 叠合盆地; 中生代; 羌塘盆地

**中图分类号:** TE121.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-1926(2013)03-0534-07

**引用格式:** Nan Zhengbing, Zhang Yanling, Li Yongtie, *et al.* Evolution characteristics of the Qiantang Basin in the Mesozoic Era[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2013, 24(3): 534-540. [南征兵, 张艳玲, 李永铁, 等. 羌塘中生代盆地演化特征[J]. *天然气地球科学*, 2013, 24(3): 534-540.]

## 1 盆地概况

羌塘盆地地跨西藏自治区的那曲地区和青海省的海西蒙藏族自治州, 位于东经  $85^\circ \sim 93^\circ$  之间, 北纬  $32^\circ \sim 35^\circ$  之间。大地构造位置上处在羌塘—昌都地块的中西部, 夹持于可可西里—金沙江缝合带与班公湖—怒江2条缝合构造带之间, 面积约为  $18 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 是青藏高原面积最大的中生代海相残留盆地, 油气资源潜力巨大。

根据物探资料及地面地质资料, 盆地可划分为北羌塘拗陷区、中央潜伏隆起区、南羌塘拗陷区和东北斜坡区4个一级构造单元(图1)。其中北羌塘拗陷区和南羌塘拗陷区又分别划分出西部拗陷和东部拗陷。从石油地质条件的比较来看, 4个一级构造单元以北羌塘拗陷区为最好, 其次为中央潜伏隆起区和南羌塘拗陷区。从油气保存条件看, 以西部较好, 东部相对较差, 发育较强的火山活动, 断裂构造也十分发育。

羌塘盆地地层发育较全, 自前泥盆系至第四系

均有不同程度的出露, 但以中生界——特别是以侏罗系的大面积分布为特征, 其次分布面积较大的为上三叠统。而白垩系、古近系—新近系仅零星出露于盆内坳式凹陷中。上三叠统和侏罗系为盆地内油气勘探的主要目的层。

## 2 中生代盆地的构造位置

羌塘盆地位于特提斯构造域东段(图2), 自中生代以来, 经历了十分复杂的演化过程, 了解盆地中生代时期在特提斯构造域中的位置对于分析盆地性质和演化过程十分重要。

但是, 由于其复杂的演化历史和有限的资料积累, 至今对中生代羌塘盆地(或地块)在特提斯域中的位置仍有不同认识, 大致可归纳为2种观点: 一种观点认为羌塘地块位于特提斯域的中带, 属于劳亚大陆与冈瓦纳大陆间的“基墨里大陆”块体群之一<sup>[1-3]</sup>; 另一种观点认为羌塘地块在中生代时期位于劳亚大陆的南缘<sup>[4-5]</sup>。本文基于以下认识, 认为羌塘盆地中生代时期属劳亚大陆的南缘。

## 2.1 盆地具有泛非结晶基底

对于羌塘地区是否存结晶基底问题,分歧较大<sup>[6-9]</sup>。成都地质矿产研究所开展的地球物理探测和地表地质调查,新发现了代表盆地结晶基底的片麻岩<sup>[10]</sup>,其形成时代为 1 666~1 780Ma,而新近完成的 1:250 000 区调成果揭示,羌塘地区奥陶系和志留系仅发生了轻微变质作用。据此,可以推断羌塘盆地具有前寒武系“泛非结晶基底”。

## 2.2 盆地的形成背景和位置

据现有资料,古生代期间,东特提斯域先后经历了原特提斯洋盆和古特提斯洋盆的打开与关闭过

程。在羌塘地区自奥陶系—二叠系各岩石地层单位之间不存在明显的沉积间断,表现为连续被动大陆边缘沉积(包括二叠系被动陆缘裂隙)。二叠纪末期,古特提斯洋盆最后关闭,劳亚(北)大陆与冈瓦纳(南)大陆拼合。据现有资料认为,自二叠纪末期至三叠纪晚期,青藏地区南、北大陆间不存在大规模洋盆,二者是一个联合体,共同属 Pangea 超大陆的一部分。三叠纪晚期,随着班公湖—怒江洋盆的打开, Pangea 大陆解体,相应形成羌塘被动陆缘盆地,此时由于羌塘地块已与北侧的劳亚大陆拼合为一整体,故羌塘盆地属劳亚大陆的南缘被动陆缘盆地。

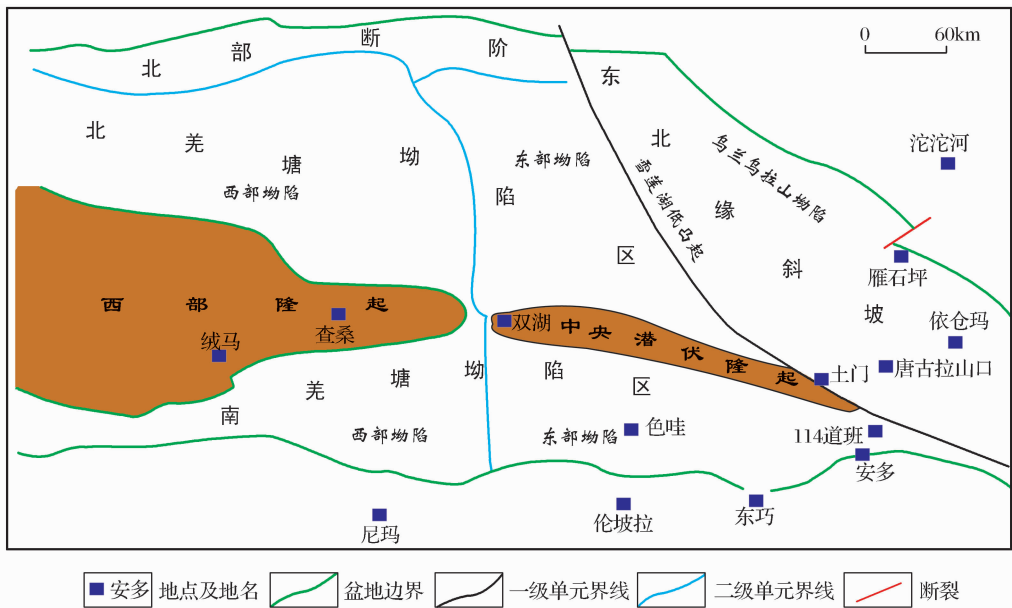


图 1 羌塘盆地构造单元划分

## 3 中生代盆地的性质

羌塘盆地中生代的演化比古生代更为复杂,对其性质的认识,也存在不同的看法。先后有弧后盆地<sup>[11]</sup>、冒地槽<sup>[12]</sup>、前陆盆地<sup>[13-15]</sup>和被动大陆边缘盆地<sup>[16-17]</sup>等多种认识。

通过对盆地形成的区域构造背景分析、深部地球物理资料、沉积充填过程、沉积相与沉积体系、古流向等研究,结合古地理环境分析、盆地结构与构造沉降分析、火山岩及其构造环境分析以及沉积地层的叠置关系等方面的综合研究<sup>[18-20]</sup>,认为羌塘盆地在中生代为一个叠合盆地。早三叠世—晚三叠世中期,盆地仅限于羌北地区,属可可西里造山带的前陆沉积盆地;晚三叠世晚期—早白垩世,属被动大陆边缘裂隙—坳陷盆地。

早三叠世—晚三叠世中期的羌北前陆盆地的形

成与羌塘地块北侧的可可西里—金沙江洋盆(古特提斯洋)在二叠纪末期关闭并褶皱造山相关,盆地形成于南北向强烈挤压环境;内部沉积体具有箕状体特征;前渊沉积位于可可西里造山带前缘,为一套快速堆积的复理石—磨拉石沉积;盆地内沉积物具有南北双向物源特征。

晚三叠世晚期—早白垩世被动大陆边缘盆地的形成与羌塘盆地南侧的班公湖—怒江洋盆的打开相呼应,盆地形成于拉张背景;盆地内部沉积体总体呈向南倾斜的楔状体;盆地内沉积体的物源主要来自于北部和东北部的大陆地区;盆地内火山岩仅出现在盆地底部,与盆地早期裂隙作用有关,火山岩岩石、地球化学特征显示陆内喷发环境;除底部发育火山岩外,其上沉积体不含火山岩,具有稳定的被动大陆边缘沉积特征,其中主体为稳定碳酸盐岩台地沉积。盆地的沉降中心位于盆地南部,靠近大洋,而非

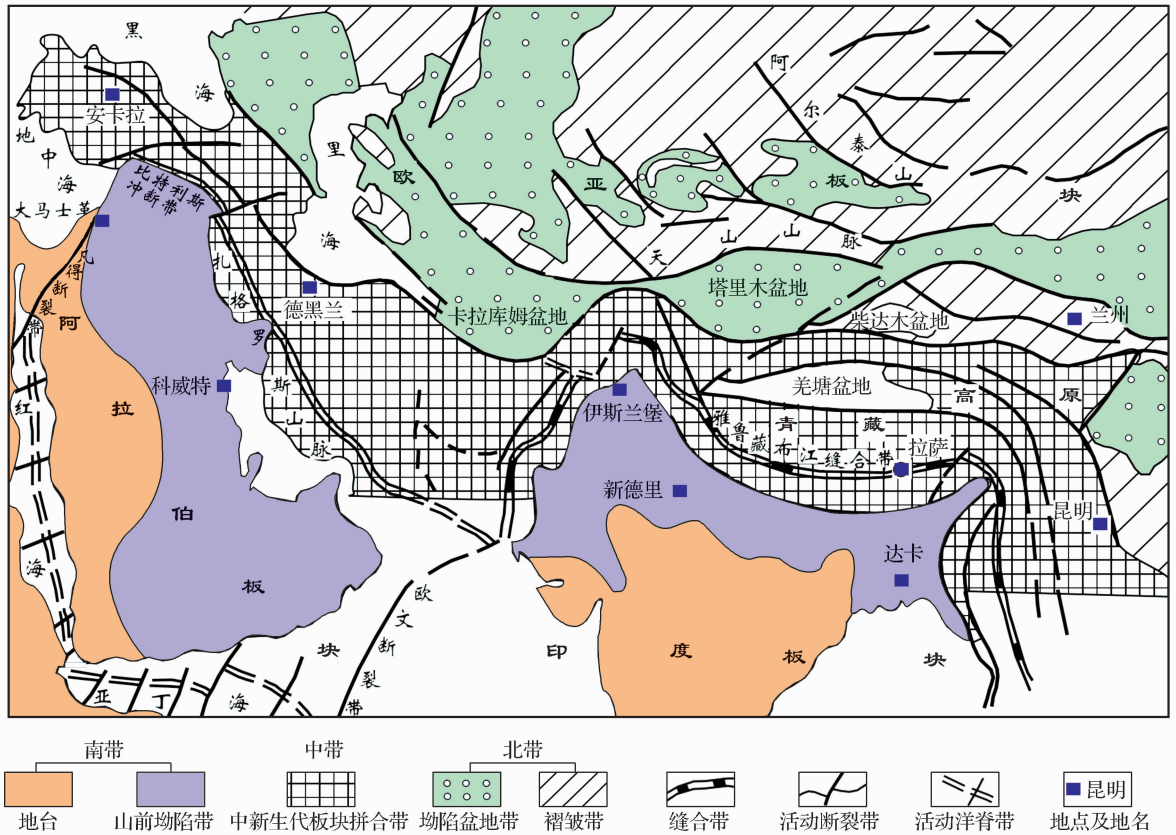


图2 特提斯构造域分区特征(据王岫岩等<sup>[3]</sup>,1998,修改)

位于造山带前缘,其内的沉积物也为陆棚相,而不是前陆盆地前渊区特有的复理石快速沉积体。

### 4 中生代盆地的演化过程分析

基于羌塘盆地地层、沉积相以及岩相古地理等方面的分析,将羌塘中生代盆地的演化过程划分为5个阶段:北羌塘前陆盆地演化阶段、羌南裂谷阶段、被动陆缘裂陷阶段、被动陆缘拗陷阶段和羌塘盆地萎缩阶段。其演化模式如图3所示。

#### 4.1 北羌塘前陆盆地演化阶段

该阶段大致发生在早三叠世初一晚三叠世诺利早期[图3(a)]。据有关资料推测,在该时期,现今中央隆起带以南可能处于大陆剥蚀区,因此,盆地的范围仅限于北羌塘地区。盆地的形成是羌塘地块向北俯冲以及可可西里造山带的崛起并向南逆冲共同作用的产物。目前尚无确切资料限定该盆地的形成时间,最有可能在早三叠世已经开始发育,主要依据为:①金沙江洋盆在二叠纪末期已经关闭,向造山带转换<sup>[21]</sup>;②在可可西里造山带前缘发育巨厚的暗色深水相细复理石沉积(若拉岗日群下部),据推测属中、下三叠统<sup>①</sup>,南缘热觉茶卡一带,下三叠统以角度不整合向南超覆于中央隆起带北缘,主要为一套

河流—三角洲相碎屑沉积物,其上为中三叠统浅海碳酸盐岩沉积。可见,早、中三叠世,北羌塘盆地已具备了前陆盆地的基本特征,即:造山带前缘快速挠曲、下沉、接受早期复理石沉积;盆地呈南浅北深的箕状;沉降中心向前陆隆起方向迁移等。晚三叠世卡尼期,盆地的沉降中心进一步向南迁移,前渊带位于藏夏河、明镜湖一带,形成深水复理石沉积;前陆隆起带位于盆地中部布若错、半岛湖、沱沱河一带,分布广泛,主要发育缓坡相碳酸盐岩沉积;隆后区位于那底岗日、沃若山、土门格拉一带,主要发育滨岸相碎屑岩沉积,局部发育含煤碎屑沉积。古流向和物源分析显示,盆地具有双向物源。

晚三叠世诺利早期,该前陆盆地处于迅速萎缩阶段,盆地内广泛发育三角洲相碎屑含煤沉积;诺利晚期,羌塘地区的构造性质全面发生了反转,羌北地区全面隆升成为剥蚀区,羌南地区发生了强烈的拉张作用和裂谷作用。

#### 4.2 羌南裂谷阶段

该阶段发生在晚三叠世诺利早期[图3(b)]。

① 西藏自治区地矿局区域地质调查大队,中华人民共和国区域地质调查报告(1:100万)改则幅I-45,1986。

在现今羌塘盆地南侧的班公湖—怒江一带地壳受拉张(或剪切)破裂,产生裂谷作用,并迅速扩张成为洋盆。在色林错、滋格塘错等地保留有裂谷早期沉积,即基性火山岩、紫红色粗碎屑岩、膏岩等;在申扎县巫嘎附近也发现有基性火山岩—紫红色粗碎屑岩—泥灰岩、膏岩组合,时代为晚三叠世<sup>[22]</sup>。在羌南肖茶卡、北雷错一带伴生有小型裂谷(陷)盆地,初期发育火山喷发—喷溢相角砾状中基性火山岩夹河流相砾岩—砂岩—泥岩,向上过渡为碳酸盐岩沉积。

### 4.3 被动大陆边缘裂陷阶段

该阶段为羌塘盆地晚三叠世晚期—早白垩世被动大陆边缘盆地的开启时期。据盆地内火山岩锆石

SHRIMP 年龄确定<sup>[23]</sup>,该阶段裂陷发生在晚三叠世诺利晚期—瑞替期[图 3(c)]。裂陷作用主要发生在羌塘盆地北部,使前期的大陆剥蚀区下陷成为沉积盆地,从而真正意义上形成了羌塘盆地内部“两坳一隆”的格局。

北坳陷为裂陷盆地,以狭窄的通道经中央隆起与南侧的外海相通,形成较封闭的陆缘近海湖泊环境。其内部呈地堑—地垒结构,下部发育火山岩夹碎屑岩,不整合于前侏罗系之上,厚为 0~640m;上部发育红色碎屑岩夹少量灰岩和石膏,厚为 400~1 800m。坳陷内部发育 3 个呈北西向展布的裂陷槽,分别位于湾湾梁、雀莫错和菊花山—那底岗日—

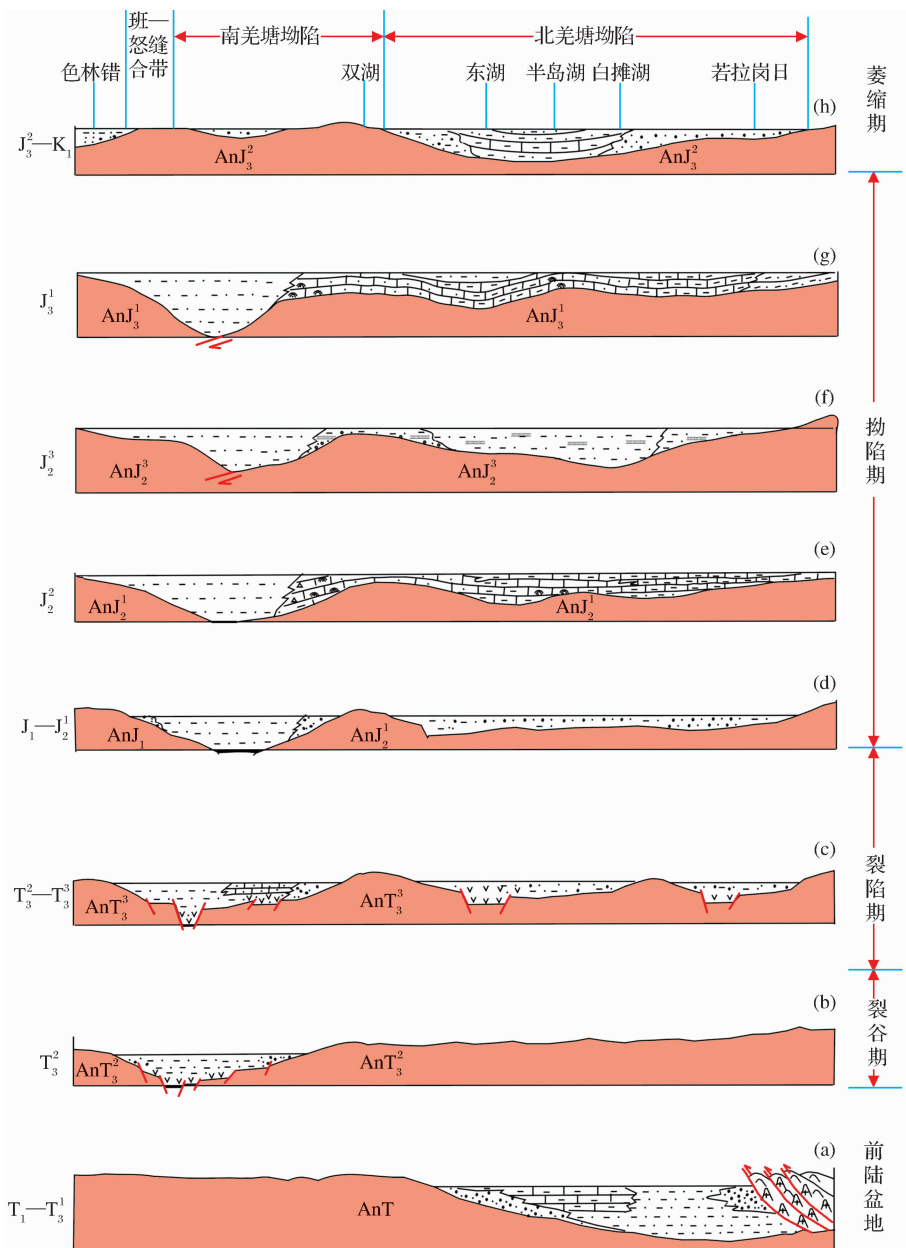


图 3 羌塘盆地中生代沉积盆地演化模式

玛威山一带,始终是该阶段的沉积和沉降中心。北坳陷沉积物具有多物源特点,主要来自可可西里造山带和中央隆起带,其次为坳陷内部相对隆起区,如乌兰乌拉山、半咸河及沃若山等地区。在裂陷区,具有沉降速度快、沉积速率高、沉积厚度巨大的特点,最大沉积厚度达 2 400m 以上。

裂陷槽下部火山岩的化学成分显示其里特曼指数为 0.34~3.37,显示钙碱性火山岩特征,其中安山熔岩具有高  $TiO_2$  (1.76)、中  $Al_2O_3$  (16.75) 特点,与典型岛弧安山岩的低  $TiO_2$  (0.58)、高  $Al_2O_3$  (17.4) 特征不同,其微量、稀土和稳定同位素资料显示其为造山带型火山岩特征。湾湾梁地区火山岩为一套玄武岩—流纹岩组合,可能属拉张环境下的双峰式火山岩。

#### 4.4 被动陆缘坳陷阶段

该阶段自早侏罗世至晚侏罗世基末里期[图 3(d)—图 3(g)]。整个羌塘地区发生了相对稳定的均匀沉降作用,盆地内发生了大规模海侵,海水淹没了中央隆起,将南北坳陷连接成一个统一的被动大陆边缘坳陷盆地,整体上呈北浅南深的单斜结构,总沉积厚度为 1 300~5 500m,这一阶段也是班公湖—怒江洋盆扩张至最大又逐步关闭的时期,盆地内发生了 2 次明显的海侵和一次海退过程,相应形成了碎屑岩—碳酸盐岩—碎屑岩—碳酸盐岩沉积序列。

第一次海侵发生在早侏罗世—中侏罗世巴通期[图 3(d)—图 3(e)],该时期是南侧班公湖—怒江洋盆的快速扩张时期,北侧的被动大陆边缘(羌塘地区)快速拉伸变薄,海水自班公湖—怒江海域北部迅速扩张,海水越过中央隆起带向羌北坳陷区侵漫。

早侏罗世—中侏罗世巴柔期,为海侵初期,随着海水的向北侵漫,在羌北地区形成自南向北超覆的下部沉积——陆缘近海湖泊相沉积物(雀莫错组),底部的河流相—湖泊相沉积物由南向北自那底岗日、沃若山、菊花山、咸水河、半咸河呈平行不整合或角度不整合超覆于那底岗日组、肖茶卡组、二叠系之上,向上中部过渡为夹海相色彩的陆缘近海湖泊沉积。在南羌塘地区主要为浅海—陆棚沉积,底部表现为下侏罗统曲色组钙屑浊积岩透镜体下超于粉砂质页岩之上,其间见槽模等侵蚀构造,透镜体内部见包卷层理(改则县康托、色哇乡松可尔等地),向上过渡为内陆棚相粉砂岩、页岩沉积组合。

中侏罗世巴通期,为本次海侵的高峰期,随着海平面的快速上升,整个羌塘盆地几乎均被海水淹没,沉积环境也相应由陆缘近海湖泊向正常广海过渡,

陆缘碎屑沉积逐渐减少,过渡为稳定的碳酸盐岩台地沉积[图 3(e)]。沉积体自北向南发育潮坪—潟湖—局限台地—开阔台地—台缘浅滩(礁)—台缘斜坡—陆棚—盆地相。

第一次海退发生在中侏罗统卡洛期,研究区内发生了一次快速的海平面下降,盆地内主要表现为陆源碎屑沉积物急剧增加。在羌北地区,表现为以陆源碎屑沉积物为主的三角洲相、潮坪、潟湖相砂岩、粉砂岩、泥岩超覆在海相碳酸盐岩之上为特征,其间可见明显的冲刷构造,如雁石坪剖面的槽模构造、侵蚀面。该时期,具有炎热干旱的气候特征,沉积物中普遍发育多层膏盐,厚度可达 90m,形成了分布面积巨大的区域性膏盐盖层[图 3(f)]。在南羌塘地区主要表现为陆源碎屑沉积物向下超覆在海相碳酸盐岩之上,形成明显的岩相结构转换面,其间见弱海蚀面,在羌南曲瑞恰乃剖面还见浊积砂岩透镜体及相应的侵蚀面。

第二次海侵发生在晚侏罗世牛津期—基末里期,沉积了侏罗统索瓦组下段。研究区内发生了又一次海平面的快速上升,剥蚀区被海水淹没,陆源碎屑迅速减少,全盆地转为碳酸盐岩沉积,形成东北部较高,向西南部倾斜的古地理面貌。沉积环境自北东向西南方向依次发育潮坪、潟湖、碳酸盐岩台地和陆棚,底部发育一明显的初始海泛面,多数地方表现为碳酸盐岩超覆在砂岩、泥岩之上[图 3(g)]。

#### 4.5 盆地萎缩阶段

该阶段发生在晚侏罗世提塘期—早白垩世贝里阿斯期。提塘期,随着班公湖—怒江洋盆关闭,羌塘盆地南部迅速抬升,羌南地区和盆地的北东部分迅速隆升成陆地,海域萎缩至羌塘坳陷的中西部[图 3(h)],海水逐步向西北部退缩,形成一个向北西开口的海湾—潟湖环境,其内部沉积灰岩、泥岩和粉砂岩,沉积厚度为 600~1 600m,向东南部的台缘地区发育河流—三角洲相紫红色碎屑沉积。大约在贝里阿斯期末,海水退出羌塘地区,结束了中生代海相盆地的演化历史。

## 5 结论

羌塘盆地中生代为一个叠合盆地,构造位置上处于劳亚大陆南缘。早三叠世—晚三叠世中期,盆地仅限于羌北地区,属可可西里造山带的前陆沉积盆地;晚三叠世晚期—早白垩世,属被动大陆边缘裂陷—坳陷盆地。基于羌塘盆地地层、沉积相以及岩相古地理等方面的分析,将羌塘中生代盆地的演化过程划分为

5个演化阶段:早三叠世初—晚三叠世诺利早期为北羌塘前陆盆地演化阶段,晚三叠世诺利早期为羌南裂谷阶段,自早侏罗世至晚侏罗世基末里期为被动陆缘裂陷阶段,自早侏罗世至晚侏罗世基末里期为被动陆缘拗陷阶段,在晚侏罗世提塘期—早白垩世贝里阿斯期盆地进入萎缩阶段,至此,海水退出羌塘地区,结束中生代海相盆地的演化历史。

#### 参考文献(References):

- [1] Jia Chengzao, Yang Shufeng, Chen Hanlin, *et al.* Tectonic Geology and Natural Gas in Northern Tethys Basin Group[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001. [贾承造, 杨树锋, 陈汉林, 等. 特提斯北缘盆地群构造地质与天然气[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.]
- [2] Gan Kewen. Evolution and hydrocarbon distribution of Thetys domain[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2000, 5(3): 21-29. [甘克文. 特提斯域的演化和油气分布[J]. 海相油气地质, 2000, 5(3): 21-29.]
- [3] Wang Xiuyan, Teng Yuwen, Wang Guiwen. Tibet Tethys tectonic domain and petroleum potential[J]. Acta Petrolei Sinica, 1998, 19(2): 44-48. [王岫岩, 滕玉洪, 王贵文. 西藏特提斯构造域及其找油前景[J]. 石油学报, 1998, 19(2): 44-48.]
- [4] Luo Jinhai, Che Zicheng. Formation and comparative analysis of Jurassic sedimentary basins in Central Asia and western China[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2001, 31(2): 167-170. [罗金海, 车自成. 中亚与中国西部侏罗纪沉积盆地的成因分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2001, 31(2): 167-170.]
- [5] Ren Jishun, Xiao Liwei. Lifting the mysterious veil of the tectonics of the Qinghai-Tibet Plateau by 1: 250 000 geological mapping[J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(1): 1-11. [任纪舜, 肖黎薇. 1: 250 000地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱[J]. 地质通报, 2004, 23(1): 1-11.]
- [6] Wang Guozhi, Wang Chengshan. Analysis of the disintegration of metamorphics on basement and determination of its age in Qiangtang Basin, Tibet[J]. Science in China: Series D, 2001, 31(supplement): 77-82. [王国芝, 王成善. 西藏羌塘基底变质岩系的解体 and 时代厘定[J]. 中国科学: D辑, 2001, 31(增刊): 77-82.]
- [7] Huang Jijun. Structural characteristics of the basement of the Qiangtang Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(3): 333-337. [黄继钧. 羌塘盆地基底构造特征[J]. 地质学报, 2001, 75(3): 333-337.]
- [8] Li Cai. Question about the basement of the Qiangtang microplate[J]. Geological Review, 2003, 49(1): 4-9. [李才. 羌塘基底质疑[J]. 地质论评, 2003, 49(1): 4-9.]
- [9] Li Cai, Zhai Qingguo, Cheng Liren, *et al.* Thought on some key geological problems in the Qiangtang area, Qinghai-Tibet Plateau[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(4): 295-301. [李才, 翟庆国, 程立人, 等. 青藏高原羌塘地区几个关键地质问题的思考[J]. 地质论评, 2005, 24(4): 295-301.]
- [10] Tan Fuwen, Chen Ming, Wang Jian, *et al.* Discovery of middle- and high-grade metamorphic rocks in the central Qiangtang Basin, Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(3): 351-355. [谭富文, 陈明, 王剑, 等. 西藏羌塘盆地中部发现中高级变质岩[J]. 地质通报, 2008, 27(3): 351-355.]
- [11] Zhou Xiang. Plate Tectonics-construction Map and Instruction [M]. Beijing: Geology Press, 1984: 1-20. [周祥. 西藏板块构造—建造图及说明书[M]. 北京: 地质出版社, 1984: 1-20.]
- [12] Huang Jiqing, Chen Bingwei. Evolution of Tethys Ocean in China and Its Adjacent Area [M]. Beijing: Geology Press, 1987: 55-56. [黄汲清, 陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 55-56.]
- [13] Wang Chenshan, Zhang Shaonan. Preliminary analysis of petroliferous basins and oilgas prospects in Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 1996, 21(2): 120-129. [王成善, 张哨楠. 青藏高原含油气盆地分析及油气资源预测[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1996, 21(2): 120-129.]
- [14] Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xingzhen, *et al.* Geological Structure Formation and Evolution in East Tethys [M]. Beijing: Geology Press, 1997. [潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1997.]
- [15] Li Yong, Wang Chenshan, Yi Haisheng, *et al.* Fill models of in the Qiangtang composite foreland basin in Qinghai-Xizang Plateau, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 20-27. [李勇, 王成善, 伊海生, 等. 青藏高原中侏罗世—早白垩世羌塘复合型前陆盆地充填模式[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 20-27.]
- [16] Yi Jizheng, Deng Guanghui, Zhang Xiufu. Conditions of oil and gas forming in Qiangtang Basin, north Xizang (Tibet) [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 1996, 21(2): 141-142. [易积正, 邓光辉, 张修富. 藏北羌塘盆地成油气地质条件探讨[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1996, 21(2): 141-142.]
- [17] Wang Jian, Tan Fuwen, Li Yalin, *et al.* Hydrocarbon Resources Potential Analysis of Main Depositional Basin in Tibet Plateau [M]. Beijing: Geology Press, 2004. [王剑, 谭富文, 李亚林, 等. 青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M]. 北京: 地质出版社, 2004.]
- [18] Su Long, Yang Xin, Liu Xingwang, *et al.* Kinematics analysis in Sanjiang to shallow structural deformation region of south-east Tibet [J]. Natural Gas Geoscience, 2010, 21(1): 117-124. [苏龙, 杨鑫, 刘兴旺, 等. 藏东南三江地区浅层构造变形的运动学分析[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(1): 117-124.]
- [19] Xu Wenshi, Liu Xiulian, Yu Zhiqing, *et al.* Geological structure of Amu-Darya Basin in Central Asia [J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(5): 117-124. [徐文世, 刘秀联, 余志清, 等. 中亚阿姆河含油气盆地构造特征[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(5): 117-124.]
- [20] Gao Bo, Long Shengxiang, Liu Bin. Analogy analysis on pe-

roleum geological characteristics of the foreland basins between western China and Central Asia[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2009, 20(5): 187-191. [高波, 龙胜祥, 刘彬. 中国西部与中亚前陆盆地油气地质特征类比分析[J]. *天然气地球科学*, 2009, 20(5): 187-191.]

- [21] Bian Qiantao, Sha Jingeng. Age and tectonic setting of ophiolite in the Kokoxili region, Qinghai Province[J]. *Geological Review*, 1997, 43(4): 347-355. [边千韬, 沙金庚. 青海可可西里地区蛇绿岩的时代及形成环境[J]. *地质评论*, 1997, 43(4): 347-355.]

- [22] Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, *et al.* The Formation in Qinghai-Tibet Plateau[M]. Beijing: Science Press, 2001. [赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原海相烃源层的油气生成[M]. 北京: 科学出版社, 2001.]

- [23] Wang Jian, Wang Zhengjiang, Chen Wenxi, *et al.* New evidences for the age assignment of the Nadi Kangri Formation in the north Qiangtang Basin, northern Tibet, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26(4): 404-409. [王剑, 汪正江, 陈文西, 等. 藏北羌塘盆地那底岗日组时代归属的新证据[J]. *地质通报*, 2007, 26(4): 404-409.]

## Evolution Characteristics of the Qiangtang Basin in the Mesozoic Era

NAN Zheng-bing<sup>1</sup>, ZHANG Yan-ling<sup>2</sup>, LI Yong-tie<sup>1</sup>, TAN Fu-wen<sup>3</sup>

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China*; 2. *China Institute of Geoenvironment Monitoring, Beijing 100081, China*; 3. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China*)

**Abstract:** Qiangtang Basin is located in the east of Thethys structural domain, in the middle-west part of the Qiangtang-Changdu crustal block, between the two suture zones of Kokoxili-Jiangshajiang and the Bangonghu-Nujiang. Its area is about  $18 \times 10^4 \text{ km}^2$  including central uplift belt. It's the biggest Mesozoic marine residual basin in the Qinghai-Tibet Plateau, and has great exploration potential. There are different ideas about the location in Thethys structural domain in Mesozoic and the basin's character. Based on comprehensive analysis, this study concludes that the basin is located in the south margin of the Laoya continent, and is a typical superimposed basin. It has undergone 5 evolutionary phases, including foreland basin of north Qiangtang, rift of south Qiangtang, passive margin rift stage, passive margin depression stage and fade phase.

**Key words:** Tectonic evolution; Thetys structural domain; Basin character; Superimposed basin; Mesozoic Era; Qiangtang Basin

(上接第 533 页)

## New Method for Effectiveness Evaluation of Vuggy Reservoir

ZHANG Zhao-hui<sup>1</sup>, GAO Chu-qiao<sup>2</sup>, GAO Yong-de<sup>3</sup>

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development-Northwest (NWGI), PetroChina, Lanzhou 730020, China*; 2. *Geophysics and Oil Resource Institute, Yangtze University, Jingzhou 434023, China*; 3. *Research Institute, West of South Sea of CNOOC, Zhanjiang 524057, China*)

**Abstract:** Several methods for quantitatively effectiveness evaluating of carbonate vuggy are discussed. Based on the micro- and macro-pore structure and the analyses of influences on reservoir production, a new method was proposed. In addition to general macroscopic porosity parameter, this method also considers some microscopic pore structure parameters (displacement pressure and average pore throat radius) and the reservoir development degree in vertical. It made up for porosity and increased the accuracy of evaluating reservoir effectiveness. It has been applied to Tazhong and Lungu zones of Tarim Basin, and good effects have been obtained.

**Key words:** Tarim Basin; Carbonate; Vuggy reservoir; Effectiveness