

文章编号: 1009-3850(2003)01-0001-15

羌塘盆地石油地质条件与初步评价

罗建宁¹, 谢 渊¹, 王小龙¹, 朱忠发¹,

童箴言², 叶和飞², 李永铁²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 中国石油天然气总公司北京石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:羌塘盆地是我国西部尚待进一步勘探与开发的最具前景的中、新生代大型含油气盆地。盆地内发育有 10 套烃源层, 其中主要烃源层有 4 套, 即上侏罗统索瓦组(J_3s)、夏里组(J_2x)、布曲组(J_2b)和上三叠统肖茶卡组(T_3x), 除中央隆起带西部缺失外, 在盆地其他地区有广泛分布, 累积厚度大于 3000m。主要烃源层由碳酸盐岩和泥质岩两类岩性组成, J_3s 和 J_2b 主要为碳酸盐岩烃源层, 有机质含量普遍不高, 有机碳含量为 0.15%~0.25%, 多属差一中等烃源岩。 J_3x 和 T_3x 主要是泥质岩烃源层, 有机质含量较高, 有机碳含量为 0.6%~1.2%, 属中等一好烃源层。此外, J_2x 和 J_3s 还有一套油页岩烃源层, 不仅有有机碳含量特别高, 而且可溶有机质也特别丰富, 是盆地内最有价值的烃源层。4 套主要烃源层均为海相沉积, 有机物质以海相低等生物为主, 形成以混合型(Ⅱ型)为主的有机质类型, 具有较强的成烃能力。盆地中间有机质热演化处于成熟阶段, 盆地周边和中央隆起带附近处于高成熟阶段, 再向外达到了过成熟阶段。推测, 盆地中部为原油分布区, 向外扩展为凝析油-湿气区, 再向外为干气分布区。其中以索瓦组的原油分布范围最大, 而自夏里组→布曲组→肖茶卡组, 原油分布区的面积逐步缩小。

盆地储集岩类有碎屑岩和碳酸盐岩以及少量火山岩。碎屑岩主要分布于上三叠统肖茶卡组三段、中侏罗统雀莫错组(J_2q)、上侏罗统夏里组和雪山组(J_3x)及古近系双湖组(E_2s); 岩石类型以细砂岩、粉砂岩为主, 次为中砂岩和粗砂岩。碳酸盐岩储层主要分布于肖茶卡组一、二段, 布曲组和索瓦组; 主要岩石类型有泥灰岩、粒屑灰岩、鲕粒灰岩、生物礁灰岩和白云岩等, 其中白云岩储层具有特殊的意义。火山岩分布于二叠系和上三叠统。盆地内白云岩储层分布较广, 在平面上分布与古隆起有关, 已发现的白云岩中, 以隆鄂尼布曲组的白云岩规模最大, 并部分地区储有轻质原油。

盆地内存在多层盖层岩石类型, 主要有泥质岩、蒸发岩、碳酸盐岩、致密砂岩、火山岩、硅质岩和煤岩等, 其中前三种分布广泛, 各层系均较发育, 且封闭性能较好, 是盆地内主要的盖层岩石类型, 尤以泥质岩和蒸发岩更为重要。

羌塘盆地具备了形成大、中型油气田的石油地质条件, 是青藏地区最具油气希望的盆地, 展现了美好的勘探前景和开发潜力。

关键词:羌塘盆地; 石油地质条件; 初步评价

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

羌塘盆地位于青藏高原中部, 东经 $85^{\circ}00'$ — $95^{\circ}00'$, 北纬 $32^{\circ}00'$ — $35^{\circ}00'$, 东西长 640km, 南北宽约 300km, 总面积约 $18.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。它是我国西部尚待

进一步勘探与开发的最具前景的中、新生代大型含油气盆地。自 1994 年以来, 笔者参与中国石油天然气集团公司青藏项目经理部组织的青藏地区大规模

石油地质调查,对该区羌塘盆地的烃源层、储集层、盖层及生储盖组合等石油地质基本条件进行了研究,有了较为全面的认识。在此基础上,对盆地进行初步的含油气评价。作为青藏高原存在的六大主要中、新生代盆地之一的羌塘盆地,更是青藏高原最大型的沉积盆地之一,也是青藏地区最具油气希望的盆地之一。因此,剖析羌塘盆地的石油地质条件,可以显示青藏地区油气勘探的前景。

1 基本地质概况

羌塘中、新生代残留盆地平均海拔约为5000m,相对高差小于500m,地形平缓起伏、湖沼密布。唐古拉山横贯本区,有5300~5500m的山脊。在宽广的山体之间,分布众多的河谷和湖盆坝子。

盆地北部边界为金沙江蛇绿混杂岩构造带,南部边界为班公湖-怒江蛇绿混杂岩构造带,属羌塘-三江微板块。区内重力场的布格重力异常值多在 $-500 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 以下,异常变化平缓,莫霍面南高北低,呈阶梯状。推算地壳厚度可达75km以上。

1.1 盆地地层

盆地基底由前泥盆系浅变质岩系组成,主要分布于中央隆起带。其北为北羌塘地层分区,地层出露较齐全,主要出露中生代侏罗纪和新生代地层,并有部分古生代地层分布,沉积地层总厚约为10000~12000m。南羌塘地层分区主要出露中、新生代地层,沉积地层厚达7000~9000m。区内地层划分与对比见表1^[1,2]。

1.2 盆地构造

羌塘盆地可进一步划分为羌塘北缘褶冲带、北羌塘拗陷带、中央隆起带和南羌塘拗陷带等次级构造单元(图1)。中央隆起带以陆块的中西部为主体,与北、南羌塘拗陷带之间各具一条狭窄的冲断带。在双湖,以中上侏罗统与前泥盆系之间的不整合界线连接北、南两个拗陷带。在东经87°以西,北、南羌塘拗陷带被中央隆起带分开;以东分界线不明显^[3,4]。

羌塘盆地基底构造层由前泥盆系变质岩组成。盖层构造层自泥盆系至第四系,根据地层之间角度不整合接触关系划为5个构造层,即上古生界构造层、三叠系构造层、侏罗系构造层、白垩系—古近系构造层、新近系—第四系构造层。

1. 上古生界构造层

该构造层分为3个亚层,各亚层之间均为平行不整合接触关系。

(1)泥盆系亚层以浅海开阔台地及陆棚相碳酸盐岩建造为主。上统出现红色碎屑岩,共厚973~2800m,分布在北羌塘拗陷拉竹龙地区、中央隆起带查桑附近。

(2)下石炭统一二叠统亚层,以查桑—茶布—拉竹龙一线为界。南侧为浅海—次深海相过渡型含砾碎屑岩复理石建造,具冷暖水混生动物群,有轻微变质现象,大面积出露在中央隆起带西南部;北侧为浅海相稳定型碳酸盐岩、碎屑岩建造,具暖水动物群,以富生物碎屑灰岩或礁灰岩为特征,其中下二叠统夹玄武岩或中基性火山岩。该亚层主要分布在中央隆起带西北部、北羌塘拗陷带西北部和东部沱沱河一带,共厚3430~4830m。

(3)上二叠统亚层为浅海台地相碳酸盐岩及滨海沼泽含煤碎屑岩建造,为区内生油岩系之一,厚450~1200m,分布在北羌塘拗陷带东部。

2. 三叠系构造层

三叠系构造层与上古生界构造层呈平行不整合或角度不整合接触。该构造层划分为两个亚层。

(1)下中三叠统亚层在北羌塘拗陷带中部为滨海至浅海相碎屑岩、碳酸岩盐建造,厚800~1840m;向西,以浅海相碳酸盐岩建造为主,夹粗玄武岩及放射虫硅质岩,厚度大于670m。

(2)上三叠统亚层分布面积较广,与较老构造层多呈角度不整合或平行不整合。在北羌塘拗陷带称肖茶卡组,为浅海—滨海相碳酸盐岩、碎屑岩建造,厚680~1086m。碎屑岩主要集中在上部,东部含煤。在南羌塘拗陷带称日干配错组,为浅海—一半深海碳酸盐岩、碎屑岩建造,厚度大于1100m。碎屑岩集中在下部,与碳酸盐岩呈互层,在碳酸盐岩裂隙中有沥青充填。该亚层为羌塘分区主要生储油层之一。

3. 侏罗系构造层

侏罗系构造层分为两个亚层。

(1)下侏罗统亚层在北羌塘拗陷带称为那底岗日组,为陆相—滨海相火山岩、碎屑岩建造,厚70~1673m,与三叠系构造层呈角度不整合接触;在南羌塘拗陷带称曲色组,为浅海—次深海相碎屑岩、碳酸盐岩建造,厚度大于900m,为生油层之一。

(2)中上侏罗统亚层在北羌塘拗陷带为滨浅海相—陆相碎屑岩、碳酸盐岩建造,总厚2298~4317m。

表 1 羌塘盆地及邻区地层划分与对比

Table 1 Stratigraphic classification and correlation of the Qiangtang Basin and its adjacent areas

地 层 系	地 层 分 区	滇 藏 大 区		华 南 大 区			
		羌 南 - 保 山 区		羌 北 - 昌 都 区			
		南 羌 塘 分 区	中 央 隆 起 分 区	北 羌 塘 分 区			
				西 部	中 部	东 部	
第四系	全新统	冲洪积、湖积、冰积、残坡积等		礪 厂 组			
	更新统			同 旧 藏 布 组			
	上新统			振 泉 湖 组			
	中新统						
新近系	上新统	喷呐湖组	鱼 鳞 山 组	喷呐湖组	石 坪 顶 组		
	中新统	康托组		康 托 组			
	渐新统	丁青湖组		纳 丁 错 组			
	始新统	牛堡组		牛堡组	双 湖 组		
白垩系	上统	阿 布 山 组		阿 布 山 组			
	下统						
侏罗系	上统	雪山组		白龙冰河组	雪 山 组		
		索瓦组		索 瓦 组			
	中统	沙木罗组		雁石坪群	夏里组	夏 里 组	
		色哇组		布曲组	布 曲 组		
三叠系	上统	日干配错群		那底岗日组	(未命名)		
	中统	欧拉组		肖茶卡组	雀 莫 错 组		
	下统			康南组	康 南 组		
				硬水泉组	硬 水 泉 组		
二叠系	上统	吉普日阿组		康鲁组	康 鲁 组		
				热觉茶卡组	乌 丽 群		
	中统	龙格组		鲁 谷 组	围湖山组	拉卜查日组	
		吞龙共巴组			冈错玛组	扎 苏 组	
下统	霍尔巴错群	鲁 谷 组	九十道班组				
			诺日巴尔日保组				
石炭系	上统		肖 日 山 群			月牙湖组	扎 日 根 组
	下统				日湾茶卡组		加 麦 弄 群
泥盆系	上统	戈 木 日 群		拉竹龙组	巴贡组/土门格拉组		
	中统			查 桑 组		波里拉组	
	下统					甲不拉组	
						东达村组	

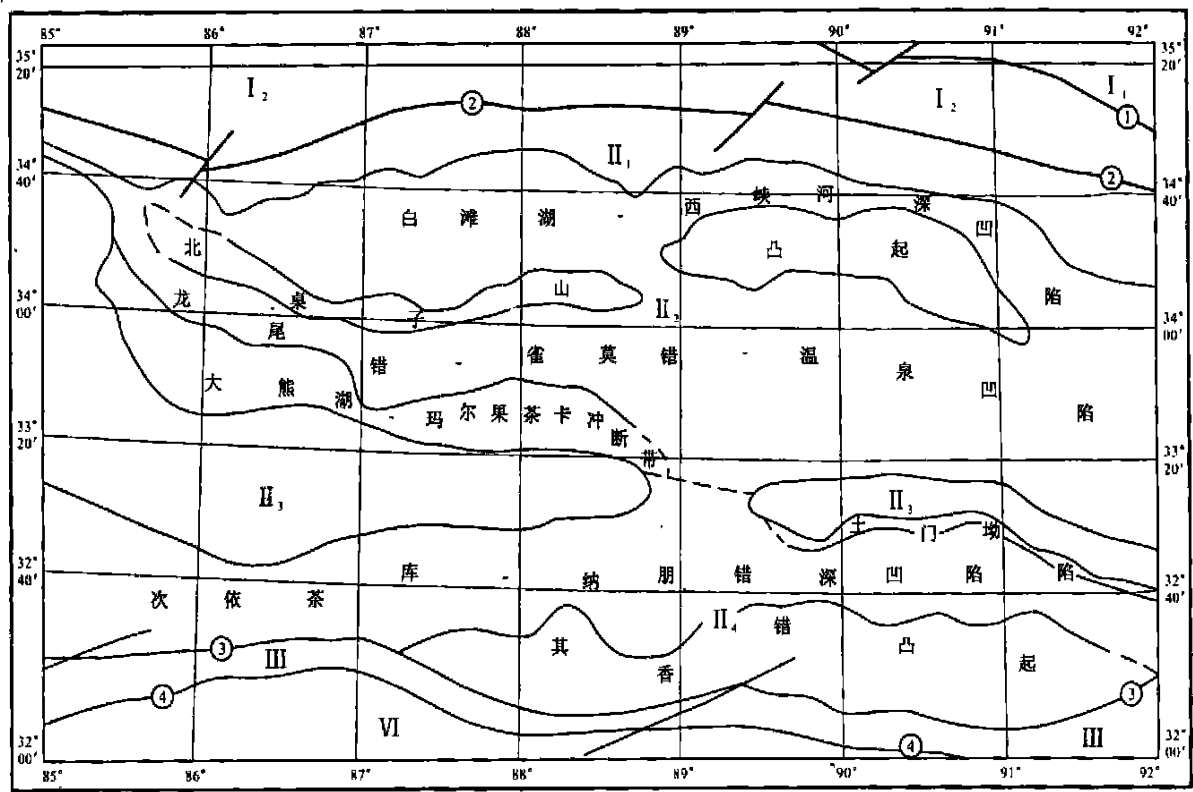


图 1 羌塘盆地及邻区构造单元划分图

I. 巴颜喀拉板片; I₁. 郭扎错-曲麻莱分区; I₂. 西金乌兰-义敦分区及拉竹龙-金沙江缝合带; II. 羌塘-昌都板片; II₁. 羌塘北缘冲断带; II₂. 北羌塘拗陷; II₃. 玛依岗日-唐古拉山隆起带(简称中央隆起带); II₄. 南羌塘拗陷; III. 班公湖-怒江缝合带; IV. 冈底斯-察隅板片。① 羊湖-甘孜深断裂; ② 拜惹布错-金沙江深断裂; ③ 班公湖-丁青北深断裂; ④ 日土-丁青深断裂

Fig. 1 Division of the tectonic elements of the Qiangtang Basin and its adjacent areas

I = Bayan Har plate; I₁ = Gozhaco-Qumaleb subprovince; I₂ = Xijil Ulan-Yidun subprovince and Lazhuglung-Jinshajiang suture-zone; II = Qiangtang-Qando plate; II₁ = northern Qiangtang thrust; II₂ = North Qiangtang depression; II₃ = Mayer Kangri-Tanggula uplift (i. e. Central uplift); II₄ = South Qiangtang depression; III = Bangong-Nujiang suture zone; IV = Gangdise-Zayu plate. ① = Yanghu-Ganze fault; ② = Baiyab Jinshajiang fault; ③ = Bangong-North Dengqen fault; ④ = Rutog-Dengqen fault

中统三个组是分区内重要油气生、储、盖层。在南羌塘拗陷带,中侏罗统称色硅组、布曲组、夏里组,为浅海一次深海相碎屑岩和碳酸盐岩,厚3000~5000m。上统上部缺失。

4. 白垩系—古近系构造层

该构造层分为3个亚层。

(1)白垩系亚层由阿布山组陆相红色碎屑岩建造组成,具磨拉石特征,厚950m。在阿布山组之上局部出现碱质中基性火山岩,厚度大于2500m。另在沱沱河一带,碎屑岩厚度增大为1831~4557m,局部夹火山岩。

(2)古近系亚层为河流、湖泊相碎屑岩建造,夹油页岩及碳酸盐岩,厚度大于1700m,具生油层特

征。

(3)新近系中新统亚层由康托组河流、湖泊相碎屑岩建造组成,夹含铁玄武岩和橄榄玄武岩,不整合于下伏古近系双湖组之上,厚500~2250m。

5. 新近系—第四系构造层

该构造层分为两个亚层。

(1)新近系上新统亚层由喷呐湖组湖河相砂岩、砾岩、泥岩及泥灰岩组成,夹石膏层,与下伏康托组呈角度不整合接触,厚530~2000m。在祖尔肯乌拉山一带为安山岩、粗面岩和凝灰岩等,厚度大于200m。

(2)第四系构造亚层,由冲积、洪积、湖积、冰积、冰水积、残坡积层等组成,厚80~680m。

2 烃源层

2.1 烃源层分布及有机质含量

羌塘盆地从新到老共有 10 套烃源层, 主要分布地区见表 2。表 2 显示, 广泛分布的主要烃源层有 4 套, 即 J_{3s}、J_{2x}、J_{2b} 和 T_{3x}; 次要烃源层有 6 套, 即 E_s、J_{3x}、J_{2q}、J_{1qs}、P_{2r} 和 P_{1l}, 兼有泥质岩和碳酸盐岩两大类岩性, 除 E_s 为陆相沉积外, 其他均为海相沉积^[5~7]。

表 2 羌塘盆地烃源层分布概况

Table 2 Distribution of the source rocks in the Qiangtang Basin

烃源层 地区	E _s	J _{3x}	J _{2x}	J _{3s}	J _{2b}	J _{2q}	J _{1qs}	T _{3x}	P _{2r}	P _{1l}
南羌塘坳陷东部	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
南羌塘坳陷西部			✓	✓	✓	✓	✓	✓		
北羌塘坳陷东部			✓		✓			✓		
北羌塘坳陷西部			✓	✓	✓			✓		
中央隆起带东部		✓	✓	✓	✓			✓		
中央隆起带西部								✓	✓	✓

1. 上侏罗统索瓦组(J_{3s})

自东向西, 该组碳酸盐岩逐渐增多, 泥岩主要发育于盆地的东部, 但厚度远小于碳酸盐岩。生物群以双壳类为主。

碳酸盐岩类烃源层在盆地东部一般厚度约 300m, 最厚处位于安多 114 道班, 约 600m 左右。沉积中心位于东湖—长龙梁一带, 厚度大于 944m。残余和原始有机碳含量分别大于 0.15% 和 0.5% 的地区自东向西有安多 114 道班、北雷错、那底岗日—长梁山和白龙冰河—长龙梁等 4 个地区; 其他地区残余有机碳小于 0.15%。残余生烃潜量以安多 114 道班最高, 平均达 2.86mg/g, 其他地区均小于 0.1mg/g。

泥质岩类烃源岩主要发育在盆地的东部, 厚度大于 50m。中央隆起带西部的北侧, 厚度达到 200m 左右。残余和原始有机碳含量分别为 0.3% 和 0.8% 的分布区主要在南羌塘坳陷的东部和北羌塘坳陷的西部, 其中安多 114 道班分别为 1.54% 和 3.93%, 长虹河分别为 0.64% 和 2.63%; 西长梁的油页岩最高, 分别为 11.74% 和 18.22%。残余生烃潜量较高的地区为安多 114 道班剖面, 达到 4.06mg/g, 最高值为西长梁剖面的油页岩, 高达 73.15mg/g, 其他地区的残余生烃潜量都比较低。

2. 中侏罗统夏里组(J_{3x})

该组厚度一般为 600~1000m, 最厚为 2000m 以上。沉积中心位于北羌塘坳陷中西部, 以三角洲—滨岸、湖、潮坪相的砂泥岩为主, 南羌塘坳陷西部则以台地相灰岩为主。

碳酸盐岩类烃源层从北羌塘坳陷中西部, 经中央隆起带中部至南羌塘坳陷东部, 呈北西—南东向展布, 一般厚 50~150m; 在那底岗日, 厚度为 535m。残余有机碳含量大于 0.15% 的分布区位于北羌塘坳陷的西部和南羌塘坳陷的中部, 长蛇山和比洛错剖面分别达到 0.35% 和 0.52%。残余生烃潜量大于 0.1mg/g 的分布区与残余有机碳基本一致, 比洛错剖面达到 0.64mg/g。

泥质岩类烃源层的沉积中心分别位于南羌塘坳陷的中部和北羌塘坳陷的西部。前者一般厚度为 100~200m; 在曲瑞恰乃剖面, 厚度达到 341m。后者厚度一般大于 200m; 在山缙湖剖面, 厚度达到 713m。残余有机碳含量大于 0.3% 的分布区与烃源层分布区基本一致, 且烃源层厚度大的地方也是高丰度值的地方。其中, 长蛇山剖面残余有机碳和生烃潜量分别为 4.64% 和 0.83mg/g; 比洛错剖面油页岩有机碳和生烃潜量很高, 平均值分别为 8.34% 和 29.93mg/g, 已经超过了最好烃源岩的标准。

3. 中侏罗统布曲组(J_{2b})

该组为海进鼎盛时期的沉积, 在盆地内广泛分布, 厚度为 400~1600m, 最厚可达 1800m 以上。沉积中心位于南、北羌塘坳陷的西部, 以台地、浅滩、湖、滨岸相的碳酸盐岩为主, 南羌塘坳陷中南部以斜坡相的泥岩和页岩为主。

碳酸盐岩烃源层分布于整个盆地, 南羌塘坳陷从北到南厚度增加, 厚度大于 200m; 至董杯桑、加那、多涌和曲瑞恰乃一线以南, 厚度均大于 800m。北羌塘坳陷则向坳陷中心厚度增加, 厚度大于 200m, 沉积中心的长水河剖面厚达 1010m。残余有机碳含量大于 0.15% 的范围在坳陷内广泛分布, 且残余有机碳随着厚度的增加而增加。北羌塘坳陷的中部和南羌塘坳陷的东部有机碳含量最高, 长水河剖面为 0.59%, 改拉曲剖面为 0.56%, 卓普剖面为 0.8%。

泥质岩类烃源层的分布与碳酸盐岩不同, 呈局部分布状态, 一般厚度大于 100m, 有机质含量较低。

4. 上三叠统肖茶卡组(T_{3x}), 包括日干配错群

该组除中央隆起带西部缺失外, 在盆地内广泛分布, 厚度大于 1200m。

碳酸盐岩类烃源岩主要分布在北羌塘拗陷的西部和南羌塘拗陷内,厚度由西向东减薄,西部照沙山剖面厚度为983m。残余有机碳含量大于0.15%的分布区位于南羌塘拗陷的中部和北羌塘拗陷的东部,日阿莎剖面和雀莫错剖面分别达到0.22%和0.40%。残余生烃潜量普遍偏低,一般小于0.15mg/g。

泥质岩类烃源层主要分布在盆地的中部和东部,一般厚度大于100m,中部和东部厚度较大,沃若山剖面和雀莫错剖面分别大于526m和634m。残余有机碳含量大于0.3%的分布区与烃源层的分布区基本一致,达卓玛剖面和多梁子山剖面较高,分别达到1.74%和1.84%。残余生烃潜量达到中等以上烃源岩标准的地区在多梁子山剖面 and 土门剖面,分别为0.5mg/g和1.17mg/g。

5. 渐新统双湖组(Es)

该组为河流-湖泊相沉积,分布范围小。残留地层厚度为1986.7m,其中泥质烃源岩厚约300m。有机质含量较高,残余有机碳含量为0.12%~1.84%,平均0.64%。残余生烃潜量为0.04~5.81mg/g,平均0.62mg/g,达到好烃源岩的标准。

6. 上侏罗统雪山组(J_{2x})

该组厚度为400~4500m,沉积中心位于北羌塘拗陷,南羌塘拗陷的厚度小于500m。烃源层以泥质岩类为主,厚度为10~100m,零星分布于依仓玛、雀莫错、多格错仁和加改等剖面。残余有机碳含量大于0.3%的分布区位于盆地东部,加改、依仓玛和雀莫错剖面的残余有机碳分别为0.79%、0.71%和0.42%。碳酸盐岩烃源层仅出现于东湖剖面。

7. 中侏罗统雀莫错组(J_{2q})

该组以海陆过渡相或三角洲相的杂色碎屑岩为主,烃源层不发育且呈零星分布状态。碳酸盐岩烃源层主要出现在向阳湖-阿木岗日、雀莫错和扎目纳剖面,厚度为10~100m,残余有机碳含量为0.18%~0.39%。泥质岩类烃源层分布于石水河、依仓玛和嘎尔傲包-扎目纳等剖面,残余有机碳含量大于0.3%的分布区位于北羌拗陷西部和南羌塘拗陷东部,石水河和嘎尔傲包-扎目纳剖面的残余有机碳含量分别为0.83%和0.54%。

8. 下侏罗统曲曲组(J_{1qs}),包括那底岗日组

该组厚400~2000m,南羌塘拗陷中南部厚约1000~2000m,北羌塘拗陷及中央隆起带上的厚度一般小于500m。仅在南羌塘拗陷南部的木苟日王-扎加藏布地区有厚约50~150m的碳酸盐岩烃源层和

100~900m的泥质岩类烃源岩,残余有机碳含量分别大于0.15%和0.3%。

9. 二叠系热觉茶卡组(P_{2r})和鲁谷组(P_{1l})

该两组地层只出露在中央隆起带和沱沱河地区,烃源层厚度较大。沱沱河地区热觉茶卡组泥岩类烃源岩厚达1064m,残余有机碳含量平均为1.78%,生烃潜量为0.26mg/g。角木茶卡地区鲁谷组碳酸盐岩烃源层厚达4419m,残余有机碳含量为0.08%,生烃潜量为0.025mg/g。

2.2 主要烃源层有机质类型及热演化

1. 有机质类型

以干酪根显微组分作为判断烃源岩有机质类型的主要指标,对4套主要烃源层镜下鉴定结果按不同岩性进行了统计(表3),主要特征如下:

表3 羌塘盆地主要烃源层干酪根类型统计表
Table 3 Kerogen types in the source rocks of the Qiangtang Basin

烃源层	类型	样 品 数				
		泥岩	泥灰岩	灰岩	小计	样品数比例/%
J _{3s}	I			8	8	4.8
	II ₁	4	20	74	98	58.3
	II ₂	4	1	26	31	18.45
	III	10		21	31	18.45
J _{2x}	I	1		1	2	2.94
	II ₁	13		17	30	44.12
	II ₂	8		6	14	20.59
	III	18	3	1	22	32.35
J _{2b}	I	5	3	5	13	7.56
	II ₁	4	1	74	79	45.93
	II ₂	12	4	19	35	20.35
	III	13	1	31	45	26.16
T _{3x}	I	3		2	5	4.04
	II ₁	15	5	19	39	31.45
	II ₂	25	4	12	41	33.06
	III	36		3	39	31.45
合 计		171	42	319	532	

(1)母质类型以混合型为主。J_{3s}、J_{2x}、J_{2b}和T_{3x}4套烃源层II₁型和II₂型干酪根共占64.51%~76.75%,而I型和II型干酪根分别只占2.94%~7.56%和18.45%~32.35%,表现出明显的混合型母质为优势的特征。但与陆源的混合型母质又有明显的差别,表现在干酪根类型以II₁型为主,占31.4%~58.30%,而II₂型仅占18.45%~33.06%。

说明海相烃源层干酪根类型尽管是混合型的,但其母源输入以水生生物为主,陆源的母源输入次之。

(2)从泥岩、泥灰岩和灰岩 3 种岩性的烃源岩对干酪根类型的占有情况(表 4)来看, I 型干酪根很少,约为5%~7%, II₁ 干酪根主要被泥灰岩和灰岩所占有,分别为61.9%和57.68%,而泥岩主要是 II₂ 型和 II 型干酪根,分别为28.65%和45.04%。因此,碳酸盐岩烃源岩的有机质类型好于泥岩烃源层。

表 4 不同岩性烃源岩对干酪根类型占有率(%)
Table 4 Kerogen percentage in distinctive source rocks

类 型	泥 岩	泥 灰 岩	灰 岩
I	5.26	7.14	5.0
II ₁	21.05	61.9	57.68
II ₂	28.65	21.43	15.67
III	45.04	9.53	21.65

(3) 4 套主要烃源层的有机质质量大致可分为两组比较,即 J_{3s} 和 J_{2b} 为一组, J_{2x} 和 T_{3x} 为另一组。由于混合型母质是 4 套烃源层共有的特征,故相互比较的主要依据是 I 型和 II 型干酪根在数量上的差别,其中 I 型在 J_{3s} 和 J_{2b} 分别占4.80%和7.56%,在 J_{2x} 和 T_{3x} 分别占2.94%~4.04%,而 III 型在 J_{3s} 和 J_{2b} 的有机质质量好于 J_{2x} 和 T_{3x}。

2. 主要烃源层有机质热演化

主要烃源层的 R_o、T_{max} 和 H/c 等表示热演化的指标在平面上的分布呈环带状。

盆地中部地区,烃源层的 R_o、T_{max} 较低,分别为0.9%~1.3%和小于460℃,H/c 原子比较高,为0.6~1.0。有机质热演化处于成熟阶段。盆地周边和中央隆起带附近,烃源层的有机质热演化程度增高,R_o 为1.3%~2%,T_{max} 为460~480℃,H/c 原子比小于0.6。有机质热演化处于高成熟阶段。盆地边界的缝合带附近,烃源层有机质热演化程度更高,R_o 大于2%,T_{max} 为480~500℃,H/c 原子比为0.2~0.4。

有机质热演化达到了过成熟阶段。

根据烃源层有机质热演化程度在平面上的展布情况,分别作出上、下两套主要烃源层 J_{2s} 和 T_{3x} 的烃类相态分布状态。可以看出:(1)盆地中部为原油分布区,向外扩展为凝析油-湿气区;至盆地南、北缝合带附近为干气分布区。(2)时代由新而老,原油分布区域缩小,而凝析油-湿气、干气分布区域则扩大。

3. 油页 可能是盆地内 最有价值的烃源层

油页岩烃源层属于泥质岩类烃源层,是有机质特别富集的泥质岩类。表 5 汇集了西长梁剖面索瓦组油页岩和比洛错剖面夏里组油页岩的有机质含量参数。表 5 表明,油页岩作为烃源层,不仅有机碳含量特别高,而且可溶有机质也特别丰富。如果油页岩有相当的厚度和分布面积,则将形成极强的生烃强度和生烃量。

油页岩的分布与其沉积相环境有关。据研究,比洛错剖面夏里组油页岩发育于陆棚边缘体系域中的间歇性开启的湖相沉积。与膏岩、泥灰岩、泥岩同生,油页岩厚度为35.30m。油页岩、膏岩发育的湖相区位于羌塘盆地中部,分布面积大于 3×10⁴km²。

由上分析可以推测,油页岩很可能是羌塘盆地最有价值的烃源层。

综上所述,羌塘盆地具有分布广泛、厚度很大的多套烃源层,并且具有良好的有机地化性质,特别是其中的油页岩。

3 储集层

盆地主要储集岩类有碎屑岩和碳酸盐岩,以及少量火山岩。碎屑岩储层主要分布在肖茶卡组三段、雀莫错组、夏里组、雪山组及双湖组。碎屑岩储层的岩石类型以细砂岩和粉砂岩为主,其次为中砂岩和粗砂岩。碳酸盐岩储层主要分布于肖茶卡组一、二段和布曲组、索瓦组。碳酸盐岩储层的岩石类型有泥灰岩、粒屑灰岩、鲕粒灰岩、生物礁灰岩和白

表 5 油页岩有机质含量数据表
Table 5 Organic matter contents in oil shales

剖 面	层 位	有机碳 /%	S ₁ +S ₂ /mg. g ⁻¹	A /%	Hc/10 ⁻⁶
西长梁	J _{3s}	$\frac{3.71 \sim 28.14}{11.74(6)}$	$\frac{15.19 \sim 196.72}{73.15(4)}$	$\frac{0.5330 \sim 0.6545}{0.5776(3)}$	$\frac{2215 \sim 2657}{2485(3)}$
比洛错	J _{2x}	$\frac{1.87 \sim 26.12}{8.34(10)}$	$\frac{1.79 \sim 41.45}{29.93(10)}$	$\frac{0.0608 \sim 1.8707}{0.6614(8)}$	$\frac{315 \sim 5272}{2280(8)}$

云岩等。其中,白云岩储层具有特殊的意义,火山岩储层主要分布于二叠系和上三叠统^[5-6]。

3.1 碎屑岩与碳酸盐岩储层

1. 储层分布

(1)上侏罗统雪山组(J_{3x})。该组为一套三角洲相、台地相沉积。盆地东北部发育碎屑岩储层,厚度为800~1200m;中央隆起带周缘发育碎屑岩、碳酸盐岩储层,厚度为800~1600m;盆地南部和中北部碳酸盐岩储层厚度为400~600m。

(2)上侏罗统索瓦组(J_{3s})。该组为一套以台地相沉积为主的储集层,呈东薄西厚、南薄北厚分布特征。盆地南部储层厚度为500~900m,盆地北部碳酸盐岩台地储层厚度为1300~1500m。台地内生物礁十分发育,礁体岩层数多,礁体厚数米,延伸10~150m,造礁生物有珊瑚、苔藓、海绵和层孔虫等。

(3)中侏罗统夏里组(J_{2x})。储层以滨海和三角洲相沉积区厚度较大,在蒂让碧错-土门凹陷中南部、土坡错-白滩湖凹陷西北部及中央隆起北侧斜坡带三个地区储层最发育,厚度分别为400~700m、300~900m和200~800m。

(4)中侏罗统布曲组(J_{2b})。储层主要为碳酸盐岩,盆地中央厚度较大,达600~800m,由中央向四周减薄,周缘厚度为200~400m。布曲组也是生物礁发育的层系。

(5)中侏罗统雀莫错组(J_{2q})。储层以碎屑岩为主,盆地东北部三角洲相厚400~700m,盆地中东部三角洲相厚400~1600m,中央隆起北侧斜坡带厚700~1800m。

(6)下侏罗统曲色组(J_{1qs})及那底岗日组。该组在中央隆起以北有火山碎屑岩分布,厚度800~1000m,盆地东北部三角洲碎屑岩及南羌塘碳酸盐岩储层厚度约为1000m。

(7)上三叠统肖茶卡组(T_{3x})。储层岩性具有明显分带性,盆地西部以碳酸盐岩为主,东部则以碎屑岩为主。以盆地中央台地相及东北部、东南部的三角洲相沉积的厚度最大,达800~1800m,中央隆起周围两斜坡带厚度约1000m。北部盆地相储层厚度较小,为600~1200m,南部盆地相厚度为800~1800m。

2. 储层物性

盆地储层物性数据(表6)表明,盆地内碎屑岩、碳酸盐岩储层的孔、渗性均很低。碎屑岩孔隙度范围值为0.6%~9.0%,渗透率为(0.01~54.8)×10⁻³μm²;碳酸盐岩孔隙度范围值为0.92%~7.6%,渗透率为(0.01~26.2)×10⁻³μm²。对照中国石油

天然气总公司制定的储层评价分级标准,羌塘盆地碎屑岩和碳酸盐岩两大储层均属于特低孔、特低渗储层的类型。

表6 羌塘盆地储层物性统计表

Table 6 Physical parameters of the reservoir rocks in the Qiangtang Basin

层位	碎屑岩		碳酸盐岩		礁灰岩		火山岩	
	孔隙度/%	渗透率/10 ⁻³ μm ²	孔隙度/%	渗透率/10 ⁻³ μm ²	孔隙度/%	渗透率/10 ⁻³ μm ²	孔隙度/%	渗透率/10 ⁻³ μm ²
J _{3x}	4.5	2.9						
J _{3s}	$\frac{3 \sim 9}{5.5}$	$\frac{0.02 \sim 3.1}{0.18}$	$\frac{1.5 \sim 3.2}{2.2}$	$\frac{0.03 \sim 3.1}{0.19}$	$\frac{3.0 \sim 4.7}{3.9}$	0.045		
J _{2x}	$\frac{0.95 \sim 8.3}{4.5}$	$\frac{0.01 \sim 54.8}{3.8}$	$\frac{1.02 \sim 7.6}{1.8}$	$\frac{0.02 \sim 1.6}{0.8}$	$\frac{0.93 \sim 5.99}{2.5}$	0.008~0.129		
J _{2b}	$\frac{1.3 \sim 3.1}{2.1}$	$\frac{0.01 \sim 0.16}{0.1}$	$\frac{1.6 \sim 6}{2.2}$	$\frac{0.3 \sim 26.2}{8.9}$	3	1.5		
J _{2q}	$\frac{0.6 \sim 5.6}{3.3}$	$\frac{0.01 \sim 7.3}{2.2}$						
J _{1qs}	0.87	0.13	0.92	0.11			25.6	5.2
T _{3x}	$\frac{6 \sim 7.2}{4.0}$	$\frac{0.04 \sim 5.95}{1.4}$	$\frac{1.0 \sim 2.5}{1.8}$	$\frac{0.01 \sim 1.5}{0.3}$			49.1	8815
T _{1kl}	4	1.9	3.1	0.8				
P _{2r}	$\frac{1.2 \sim 8.9}{5}$	$\frac{0.55 \sim 0.85}{0.7}$	$\frac{2.2 \sim 2.3}{2.3}$	$\frac{0.06 \sim 0.5}{0.3}$				
P _{1l}	3.8	0.9	1.9	0.06			2.7	0.2

注: T_{1kl} 为下三叠统康鲁组

3.2 白云岩储层

1. 储层分布

羌塘盆地白云岩储层分布较广。纵向上, 主要分布于中侏罗统布曲组 and 上侏罗统索瓦组(表 7); 平面上, 白云岩分布与古隆起有关, 分布于中央隆起带北侧那底岗日、多格错仁南, 中央隆起带东侧双湖昂达尔错、隆鄂尼、阿布山等, 中央隆起带南侧董杯桑、角木茶卡等地区以及羌塘盆地东部土门地区。

表 7 羌塘盆地白云岩分布及厚度数据表

Table 7 Distribution and thickness of the dolostones in the Qiangtang Basin			
层位	剖面	岩性	厚度 h
J_3s	达卓玛	(钙质)白云岩	59.00
	阿木查跃	粉晶白云岩	5.93
	雀姆东达	细晶白云岩	5.09
	塞仁夏玛	白云岩	2.98
	角龙错东	泥晶白云岩	117.7
	如日夏玛	细晶白云岩	49.32
	日尔尔保索	细晶白云岩	43.15
J_2x	洒地赛尔保	泥晶白云岩	5
J_2b	温泉	泥质白云岩	5.00
	董杯桑		27.10
	隆鄂尼	白云岩	400.9
	隆鄂尼西	白云岩	183.3
J_2q	乌兰乌拉湖东山	泥晶白云岩	27.5
	那底岗日	粉晶白云岩	
	雀莫错	白云岩	

已发现的白云岩中, 以隆鄂尼布曲组白云岩的规模最大。该岩体位于双湖南的南羌塘区, 岩体厚度为400.9m, 宽1.2km, 长9km, 出露面积约为 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$, 呈北西-南东向展布。此外, 隆鄂尼西布曲组白云岩厚度为183.2m, 昂达尔错索瓦组白云岩厚度为43.15~49.33m, 也都有较大的规模。

2. 储层物性

盆地白云岩类型多样, 其储集性能差别较大。孔隙度为1.94%~26.2%, 渗透率为 $(0.004 \sim 116) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其中, 隆鄂尼白云岩和昂达尔错白云岩规模大、物性好(表 8)。

隆鄂尼布曲组白云岩孔隙度为0.6%~15.1%, 平均为7.11%, 渗透率为 $(0.01 \sim 271.0) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均为 $39.88 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 白云岩的孔隙、裂隙中充满了轻质原油。

昂达尔错索瓦组白云岩孔隙度为2%~17.0%, 平均为8.36%, 渗透率为 $(0.01 \sim 462) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均为 $4.75 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。白云岩孔隙、裂隙中也充有轻质原油。

表 8 羌塘盆地部分地区白云岩物性统计表

Table 8 Physical parameters of the dolostones in the Qiangtang Basin

时代	岩性	ϕ / %	$K / 10^{-3} \mu\text{m}^2$
J_3s	细粒残余粒屑云岩	4.14	0.004
	粒屑灰云岩	1.94	0.067
J_3s	细晶白云岩	$\frac{2 \sim 17}{8.36}$	$\frac{0.01 \sim 462}{47.5}$
J_2b	白云岩	$\frac{0.6 \sim 15.1}{7.11}$	$\frac{0.01 \sim 271}{39.9}$
	白云岩	$\frac{1.3 \sim 15.5}{8.76}$	$\frac{0.02 \sim 283}{50.34}$
J_2q	细晶白云岩	2.22	0.8657
	细晶白云岩	$\frac{2.7 \sim 26.2}{11.33}$	$\frac{0.51 \sim 11.6}{39.27}$
T_3x	细一中晶白云岩	4.29	0.855
	细一中晶白云岩	4.61	4.899
P_1l	粉细晶白云岩	$\frac{6.7 \sim 8.3}{7.54}$	

3.3 储层评价

1. 白云岩储层

羌塘盆地多套层系中白云岩发育, 尤其是上侏罗统索瓦组和中侏罗统布曲组。有些白云岩体规模较大, 并且储有轻质原油, 说明白云岩是羌塘盆地内良好的储集层。

白云岩的分布受沉积环境控制, 多数白云岩处于湖、潮坪相带内, 为生物礁和粒屑滩等碳酸盐岩类, 后经云化形成次生白云岩。中央隆起带南、北和东部周缘是白云岩发育区域。

2. 礁灰岩储层

礁灰岩以布曲组和索瓦组最为发育, 多分布于中央隆起带两侧, 呈东西向展布。单个礁体厚度为5~200m, 一般为10~30m; 延伸长度为10~3000m, 一般为10~1000m。从地震剖面中还识别出大型的万安湖南生物礁, 礁体宽7km、高600m。

尽管已有的地表岩样的分析数据(表 6)表明礁灰岩储层物性普遍较差, 但影响物性的因素是多种多样的。如胶结作用是降低储层物性的一种重要因素, 它可分为埋藏胶结作用和表生胶结作用。很显然, 地表露头岩样较埋藏条件下的礁灰岩受表生胶结作用的影响大。因此, 埋藏礁灰岩的物性应当好于地表露头的礁灰岩, 而且生物礁的白云岩化作用可大大改善其孔、渗性能。所以, 礁灰岩储层仍应该

是羌塘盆地重要的一种储层类型。生物礁发育的北羌塘中西部台地区和南羌塘台地边缘区是礁灰岩储层的有利地区。

3. 碎屑岩储层

羌塘盆地侏罗系雪山组、夏里组、雀莫错组和三叠统肖卡组等层系中碎屑岩均很发育,但物性普遍很差,相对而言,近物源区的三角洲相、滨海相的碎屑岩的物性稍好。

总之,羌塘盆地以白云岩储层最具有现实意义,礁灰岩、滩岩、生物碎屑岩等储层和碎屑岩储层是两种应当重视的储层类型。

4 盖层

4.1 盖层岩石类型

盆地内存在多种盖层岩石类型,主要有泥质岩、蒸发岩、碳酸盐岩、致密砂岩、火山岩、硅质岩和煤岩等7种。其中前三种分布广泛,各层系均较发育,且封闭性能较好,是盆地内主要的盖层岩石类型,尤其泥质岩和蒸发岩更为重要^[5~7]。

(1)泥质岩盖层。岩石类型主要有泥岩、页岩、(含)钙质泥岩、(含)钙质页岩及(含)粉砂质泥岩等,其成分受沉积环境控制,各层系的泥质岩盖层均罗列发育,是盆地内主要的盖层岩石类型。

(2)蒸发岩盖层。蒸发岩是由于含盐度较高的海水或咸水通过蒸发作用产生的化学沉淀形成的岩石,作为盖层的主要岩石类型为石膏,形成于局限台地相和盐湖相,按地表产状可分为薄层条纹状石膏、雪花状石膏、晶簇状石膏、纤维板状石膏、碎屑石膏、白土状石膏和泥膏岩等。

膏盐岩分布于侏罗系雀莫错组、布曲组、夏里组、索瓦组和新统喷呐湖组中,其中夏里组、布曲组中膏盐岩尤为发育。

羌塘盆地膏盐岩发育,而膏盐岩具有较强的封盖油气的性能,所以,蒸发岩盖层是盆地内很重要的盖层岩石类型。

(3)碳酸盐岩盖层。主要是泥灰岩、泥晶灰岩,多形成于陆棚相和开阔台地相,在盆地内各层系均较发育,广为分布。

(4)致密砂岩、硅质岩、火山岩、煤岩盖层。只能在特定条件下才具封盖能力,其封盖性能受多种因素影响,只能作为辅助盖层。

4.2 盖层分布

1. 古近系—新近系

盖层岩性以泥质岩为主,部分为膏岩。总体上

看,分布局限,连片性差。但局部地区盖层也较发育,盆地东部达卓玛剖面泥岩厚1573.39m,膏盐厚112.54m;东湖南剖面为一套紫红色泥岩、含膏泥岩及含膏泥灰岩,厚度大于294m。

2. 侏罗系

(1)雪山组。该组分布于北羌塘,以泥质岩为主。乌兰乌拉湖剖面泥质岩厚361.72m;依仓玛剖面泥质岩厚304m;雀莫错剖面泥质岩厚1053.59m;星罗河剖面泥质岩、粉砂质泥岩厚1073.52m(表9)。

(2)索瓦组。北羌塘索瓦组盖层岩性以泥质岩、泥灰岩和泥晶灰岩为主,少为膏岩,在长龙梁—长梁山一带最为发育。长龙梁剖面索瓦组泥质岩厚117.30m,泥灰岩厚203.70m;长梁山剖面盖层厚536.64m。向东,盖层减薄,雀莫错剖面泥质岩厚229.64m;依仓玛剖面泥质岩、泥灰岩厚266.8m。南羌塘索瓦组盖层岩性以泥晶灰岩和泥灰岩为主。114道班剖面泥晶灰岩、泥灰岩厚470.0m;鲁雄错剖面为一套泥晶灰岩,厚1431.36m(表9)。总之,索瓦组盖层较发育。北羌塘盖层以泥灰岩和泥晶灰岩为主,次为泥质岩,长龙梁—长梁山一带厚约500m,向东减薄,至雀莫错一带厚约250m。南羌塘盖层厚度大,鲁雄错一带厚1400m左右,岩性以碳酸盐岩为主。

(3)夏里组。北羌塘盖层岩性以泥质岩、膏岩为主,龙尾湖南至祖尔肯乌拉山一带最发育。祖尔肯乌拉山剖面泥质岩厚421.6m,膏岩和泥晶灰岩分别厚11.59m和39.8m(表9)。南羌塘盖层岩性以泥质岩为主,次为泥灰岩、泥晶灰岩。色硅—安多一带最发育,安多114道班剖面的夏里组泥质岩厚186m,泥晶灰岩厚4m。比陇错剖面地层厚度大于165.9m,盖层岩性以油页岩为主,次为石膏、泥灰岩及泥晶灰岩,盖层总厚度大于157.28m。中央隆起东端土门地区夏里组盖层也较发育,洒地赛尔保剖面泥质岩厚396.7m,膏盐厚18.2m。总之,夏里组盖层发育,分布广泛且稳定,是一套良好的区域性盖层。

(4)布曲组。北羌塘西部盖层岩性为台地相泥灰岩、泥晶灰岩,次为膏岩和泥质岩。如野牛沟剖面布曲组盖层岩性为泥灰岩、泥晶灰岩,厚度大于359.99m;尖头山剖面盖层岩性为泥灰岩和膏岩,厚度大于59.05m;独雪山剖面泥晶灰岩、泥灰岩厚386.86m,泥质岩182.86m(表9)。北羌塘东部盖层岩性以泥灰岩为主,次为页岩、泥岩。祖尔肯乌拉山剖面布曲组厚947.98m,其中泥灰岩厚588.7m,泥质岩221.88m。南羌塘盖层岩性以泥灰岩、泥晶灰岩为

表 9 羌塘盆地侏罗系盖层厚度及岩性统计表

Table 9 Thickness and lithology of the Jurassic cap rocks in the Qiangtang Basin

层位	构造部位	地理位置	盖层岩性	累计厚度/m	最大单层厚度/m
雪山组 (J _{3x})	北羌塘	雀莫错	泥质岩	1053.59	45.96
		星罗河	泥质岩	1073.52	
		祖尔肯乌拉山	泥质岩	> 195.18	89.3
		乌兰乌拉湖东山	泥质岩	361.72	200
		多格错仁	泥页岩/泥岩/灰岩	> 46.9 ▽ 132.9 ▽ 44.8	85.8
		安多东曲	泥质岩	> 124.5	> 124.5
		安多依仓玛	泥质岩	304	
索瓦组 (J _{3x})	北羌塘	雀莫错	泥晶灰岩、泥灰岩/泥质岩	88.76/229.64	
		祖尔肯乌拉山	泥质岩/泥灰岩/安山玄武岩	612.1/161.8/110.09	115.74/51/59.71
		乌兰乌拉湖东山	泥岩、泥晶灰岩/泥质岩	246.6/342.1	80/68.07
		东湖	泥晶灰岩、泥灰岩	1258.15	85.21
		野牛沟	泥晶灰岩、泥灰岩/泥质岩/硅质岩	> 154.93 ▽ 12.11 ▽ 64.47	39.98/—/—
		白龙冰河南	泥晶灰岩、泥灰岩	> 143.48	
		吐坡错北	泥晶灰岩、泥灰岩	> 170	38
		安多依仓玛	泥质岩/泥灰岩	247.6/19.2	39.8/—
		安多东曲	泥质岩	> 99.8	58.5
	南羌塘	土门格拉	泥晶灰岩、泥灰岩/泥质岩	> 372 ▽ 125.3	100/25
		114道班	泥灰岩、泥晶灰岩	> 470	100
		鲁雄错	泥晶灰岩	> 1431.36	1431.36
夏里组 (J _{2x})	北羌塘	雀莫错	泥质岩	324.24	
		祖尔肯乌拉湖山	泥晶灰岩/泥质岩/膏盐岩	39.8/421.6/11.59	—/66/—
		乌兰乌拉湖东山	泥质岩/膏盐岩	184.6/2.3	70.81/—
		独雪山	泥质岩	70	8.6
		野牛沟	泥质岩	77.89	77.89
		安多依仓玛	泥质岩	277.9	
	南羌塘	土门格拉	泥质岩/泥晶灰岩、泥灰岩/膏盐岩	> 298 ▽ 155 ▽ 32	35/115/10.1
		114道班	泥晶灰岩/泥质岩	> 4 ▽ 186	—/186
布曲组 (J _{2b})	北羌塘	雀莫错	泥晶灰岩/泥质岩	> 184.89 ▽ 59.56	
		赤布张错	泥晶灰岩	> 147	147
		祖尔肯乌拉山	泥质岩/泥晶灰岩、泥灰岩	221.88/598.7	57.2/98.05
		那底岗日	泥晶灰岩、泥灰岩/膏盐岩	300/98	50/93.7
		牛肚湖	泥灰岩	> 172.25	21.52
		野牛沟	泥灰岩、泥晶灰岩	> 359.99	127.83
		尖头山	泥灰岩、石膏	> 59.05	16
		独雪山	泥灰岩、泥晶灰岩/膏岩	368.86/183.86	58/20
		喷呐湖	泥晶灰岩/膏岩	108.01/22.71	59.13/—
		安多依仓玛	页岩/泥岩/泥灰岩	318.6/262.4/34.5	
	南羌塘	鲁雄错	泥灰岩	> 559.97	171
		董怀桑	泥灰岩、泥晶灰岩/泥质岩	> 227.11 ▽ 115.68	45.7 ▽ 76.29
雀莫错组 (J _{2q})	北羌塘	雀莫错	泥灰岩/泥质岩	76.18/1436.21	
		那底岗日北	泥质岩/膏岩夹灰岩	50.51/59.51	—/59.51
		花梁山	泥质岩	294.7	29.2
		祖尔肯乌拉山	泥质岩/泥灰岩	> 100.1 ▽ 36.0	35.92/—
		咸水河	泥质岩/膏盐岩	> 234.73 ▽ 12.92	36.16/—
		半岛湖南	泥晶灰岩	> 30.54	30.51
		安多依仓玛	泥质岩	> 412.3	
	南羌塘	扎目纳	泥质岩/泥灰岩	> 821.87 ▽ 44.14	130.21/29.91
		卓普	泥质岩/泥晶灰岩	> 191.8 ▽ 60.6	49.19/20.05
曲色组 (J _{1q})	北羌塘	则松改拉	泥质岩	> 392.7	
		雀莫错	泥质岩/凝灰岩	4.95/30.21	
		菊花山	安山岩/凝灰岩	22.50/410.74	
		那底岗日北	凝灰岩	135.88	135.88
	南羌塘	石水河	凝灰岩/火山岩	215.88/257.91	> 40.16/66.23
		松可尔	泥页岩	> 898.5	246.2
		索布查	泥页岩	1700	
		扎目纳	泥岩、粉砂质泥岩/泥灰岩	> 623.56 ▽ 89.91	117.04/31.4

主,少量泥质岩,如鲁雄错剖面布曲组厚度大于1148.87m,盖层岩性为泥灰岩,厚度为559.97m。总之,布曲组盖层较发育,盖层岩性以泥灰岩、泥晶灰岩及泥质岩,在北羌塘西部发育一定厚度的膏岩。

(5)雀莫错组。该层盖层岩性主要为泥质岩,其次为泥晶灰岩、泥灰岩及少量膏岩。

北羌塘西部咸水河剖面泥质岩厚234.73m,膏岩厚12.92m;花梁山剖面泥质岩厚294.7m;半岛湖剖面盖层岩性为泥晶灰岩,厚30.54m(表9)。北羌塘东部雀莫错剖面泥质岩厚1441.06m。南羌塘盖层在色硅地区最为发育,则松改拉剖面泥质岩厚392.17m;扎加藏布卓普剖面泥质岩厚191.8m,泥灰岩厚60.0m。

(6)曲色组(那底岗日组)。北羌塘那底岗日组盖层岩性以凝灰岩为主,其变化趋势是西厚东薄,西部厚400余米,东部厚30多米(表9)。南羌塘曲色组盖层岩性为泥页岩,以色哇地区厚度最大,索布查剖面地层厚2122.2m,盖层厚约1700m。

3. 三叠系

(1)肖茶卡组。该组在盆地内分布广泛,其岩性三分性明显,其盖层岩性以泥质岩、泥晶灰岩及泥灰岩为主,少量火山岩。

从纵向上看,肖茶卡组三段盖层岩性主要为泥质岩,以泥岩、(含)粉砂质泥岩及页岩为主;肖茶卡组二段盖层岩性以泥晶灰岩、泥灰岩为主;而肖茶卡组一段盖层条件则较差。

从平面分布上,北羌塘西部肖茶卡组二段分布广泛,盖层岩性主要是泥晶灰岩、泥灰岩,如照沙山剖面未见顶底,厚988.29m,其致密泥晶灰岩累积厚度大于411.58m,最大单层厚58m,为优质盖层。北羌塘东部则以肖茶卡组三段分布较广泛,盖层岩性以泥质岩为主,如明镜湖剖面未见顶、底,厚达1183.09m,其泥质岩、粉砂质泥岩厚度大于781.0m,单层厚9~145.0m,为优质盖层。南羌塘肖茶卡组主要分布于日阿萨—吓先错一带,盖层岩性以泥晶灰岩和泥灰岩为主,主要分布于二段。如日阿莎剖面,未见顶、底,厚653.7m,盖层岩性主要为台地相的泥灰岩和泥晶灰岩,盖层总厚达341.31m,最大单层厚60.6m;吓先错剖面未见顶底,总厚达1261.86m,盖层岩性以泥灰岩、泥晶灰岩为主,厚334.7m,最大单层厚63.8m,其次为粉砂质泥岩、泥质粉砂岩,厚173.4m,最大单层厚66.4m,总厚大于508.1m。中央隆起带上,肖茶卡组盖层岩性以二段的泥质岩为主。西部肖茶卡组剖面肖茶卡组未见顶

底,厚782.25m,盖层岩性以泥质岩、钙质泥岩,次为泥质粉砂岩、泥灰岩,累计盖层厚大于147.0m,最大单层厚50m;东部尕尔曲剖面肖茶卡组三段未见顶底,地层厚525.3m,盖层岩性为泥质岩,累厚418.3m,最大单层厚135.2m。

(2)康南组。该组只在康如茶卡、热觉茶卡和康鲁山等地有出露。据康如茶卡剖面,地层厚160.49m,可作为盖层的岩类主要为其下部的页岩,厚约100m左右。

(3)康鲁组。该组在羌塘盆地分布较局限,仅在热觉茶卡、康鲁山、董布拉山一带及土门地区托加夏日一带有出露,其盖层岩性主要是泥质岩、泥晶灰岩和泥灰岩,其中热觉茶卡剖面以砂岩、泥岩和泥晶灰岩及泥灰岩为主,泥质岩累积厚达180.11m,最大单层厚58.6m,为优质盖层,泥灰岩、泥晶灰岩累积厚458.61m,最大单层厚为63.83m,为一般性盖层。

总之,肖茶卡组盖层以二段、三段封闭条件较好,二段以灰岩为主,三段以泥质岩为主;平面上,不论是北羌塘还是南羌塘,西部盖层以二段泥晶灰岩、泥灰岩为主,东部以三段泥质为主。

4. 二叠系

二叠系盖层有泥质岩、泥灰岩及泥晶灰岩、火山岩、煤及硅质岩,东部以泥岩为主,西部以泥灰岩、泥晶灰岩为主,其次为泥质岩和火山岩等。上二叠统热觉茶卡组二段盖层在东部玛璋错钦一带及西部热觉茶卡一带均以泥质岩为主,最大单层厚达32.53m。下三叠统鲁谷组盖层主要分布于角木茶卡、热觉茶卡和依布茶卡及纳日帕查等地,东西部岩性变化较大。鲁谷组二段以泥灰岩及泥晶灰岩为主,鲁谷组一段亦以泥灰岩和泥晶灰岩为主。从纵向上看,一段较二段盖层发育。

总之,二叠系盖层岩性以泥质岩为主,次为泥灰岩及泥晶灰岩和火山岩;纵向比较,上二叠统热觉茶卡组盖层较下二叠统鲁谷组发育。

4.3 盖层评价

1. 岩类盖层评价

通过对羌塘盆地各层位盖层的分布规律的分析可见,羌塘盆地主要的封盖层为泥质岩,多分布于浅海陆棚相、三角洲相、台地相及湖泊相,纵向上各层段均较发育,区域上连片出现,分布面积广、沉积厚度大、横向分布稳定、泥质岩封闭能力较强,因此,是羌塘盆地良好的封盖层。

膏岩也是羌塘盆地的较好的封盖层,具有良好的封闭能力,但其分布不如泥质岩广泛;纵向上主要

分布于中、上侏罗统及古近系和新近系,平面上分布相对局限,厚度不稳定。

除泥质岩和膏岩可作为有利的盖层外,泥灰岩和泥晶灰岩也是羌塘盆地内较好的封盖层,分布广泛、厚度大,但其封闭能力较泥质岩和膏岩弱。此外,致密砂岩、火成岩、硅质岩及煤岩等也具有事实上的封闭能力,可作为辅助盖层。

2. 层系盖层评价

(1)古近系和新近系。古近系和新近系盖层主要分布于双湖组和唢呐湖组,盖层岩性以泥质岩为主,少量膏岩。总体上看,分布局限,连片性差,但局部地区亦很发育,可作为良好的盖层。

(2)侏罗系。侏罗系盖层以泥质岩为主,次为膏岩、泥灰岩和泥晶灰岩。曲色组、夏里组、雀莫错组最发育,次为雪山组、布曲组和索瓦组。

(3)三叠系。肖茶卡组分布广泛,为区域盖层。北羌塘西部盖层以肖茶卡组二段的泥晶灰岩和泥灰岩为主,厚度大于650m;东部盖层以肖茶卡组三段的泥质岩为主,厚度大于780m。南羌塘盖层以二段的泥灰岩、泥晶灰岩为主,厚度大于350m。

中、下三叠统在盆地内分布较局限,主要分布于热觉茶卡一带和布拉一带。盖层岩性主要是泥质岩、泥晶灰岩和泥灰岩。热觉茶卡剖面下三叠统盖层厚大于638.72m,为优质盖层。康如茶卡剖面中三叠统盖层厚约100m左右,以页岩为主,为优质盖层。总之,中、下三叠统局部盖层较发育,但其横向展布不清。

(4)二叠系。下二叠统鲁谷组在盆地东部以泥质岩为主,累厚大于456.3m,西部以泥晶灰岩和泥灰岩为主,次为泥质岩和火山岩,累厚大于2280.5m,上二叠统热觉茶卡组以泥质岩为主,东部累厚大于1354.7m,西部累厚大于260.61m。

综上所述,羌塘盆地盖层发育,古近系和新近系、侏罗系(雪山组、索瓦组、夏里组、雀莫错组)和三叠系、二叠系都有盖层分布,尤以夏里组由泥质岩和膏岩组合而成的盖层最好,是盆地内良好的区域性盖层。

5 生储盖组合

羌塘盆地发育有四大套生储盖组合,自下而上为^[5~8]:

(1)组合I。下二叠统鲁谷组中下部碳酸盐岩为烃源层,上部碳酸盐岩及碎屑岩为储集层,上二叠统热觉茶卡组下部页岩为盖层。

(2)组合II。上三叠统肖茶卡组泥质岩、灰岩为生油层,砂岩和灰岩为储集层,肖茶卡组上部和下侏罗统曲色组泥页岩为盖层。

(3)组合III。下侏罗统曲色组泥页岩、中侏罗统布曲组碳酸盐岩、泥页岩和中侏罗统夏里组油页岩、泥岩及上侏罗统索瓦组碳酸盐岩、泥岩为生油层,中上侏罗统白云岩、礁灰岩等碳酸盐岩与碎屑岩为储层,中上侏罗统泥质岩与膏岩为盖层。

(4)组合IV。古近系牛堡组、双湖组的泥岩和油页岩为烃源层,古近系和新近系碎屑岩为储层,泥质岩和膏岩为盖层。

上述四大套生储盖组合中,组合I勘探程度低,在盆地地腹分布不清楚;组合IV发育差,分布零星;组合II与组合III是羌塘盆地勘探的主要目的层系。其中,组合II埋藏较深,热演化程度较高,勘探目标应油气并举,而侧重天然气;组合III以布曲组、夏里组、索瓦组泥页岩、油页岩和碳酸盐岩为烃源层,布曲组、索瓦组碳酸盐岩和夏里组碎屑岩为储层,夏里组、索瓦组泥页岩、膏岩为盖层,保存条件好,是最佳配置的生储盖组合,是油气勘探的主要目的层系。

6 小结

羌塘盆地生油层、储集层和盖层均很发育,而且,具有良好的生、储、盖组合。具有突出意义的有:

1. 羌塘盆地发育多套烃源层,具有雄厚的找油(气)的物质基础

盆地内主要烃源层J₃S、J₂X、J₂b、和T₃X,存在着碳酸盐岩、泥质岩和油页岩3种主要类型的烃源层,前两类分布广泛,后一类有机质特别富集。烃源层发育于海相或海陆交互的沉积环境,有机母质以海相低等生物为主,或掺入不同数量的陆源物质。母质类型从I型至II型均有,但以混合型的II型为主,具有较强的成烃能力。主要烃源层有机质热演化处于成熟、高熟和过熟阶段。盆地中央区域演化程度低,处于成熟阶段,由盆地中央向周围扩展,热演化程度增高,进入高熟、过熟阶段。表明羌塘盆地内大部分区域处于油气藏组合阶段。

据计算,羌塘盆地具有十分可观的油气资源量和雄厚的找油(气)物质基础。

2. 白云岩为油气富集提供了有利的储层

羌塘盆地主要发育有碳酸盐岩和碎屑岩储层。其中布曲组、索瓦组以碳酸盐岩储层为主;雀莫错组、夏里组以碎屑岩为主;肖茶卡组、雪山组碳酸盐岩和碎屑岩均有分布。以往的研究认为本区储层物

性差,属特低特低孔渗储层,但近年来的野外地质调查和研究发现多处物性好的碳酸盐岩储层。在隆鄂尼、隆鄂尼西布曲组发现古油藏,岩性主要为介壳灰质白云岩、深灰色中厚层微晶、中晶白云岩。隆鄂尼白云岩厚400.9m,占地层厚度78.5%;隆鄂尼西白云岩储层厚183.2m,占地层厚度83.8%。据51块样品分析,孔隙度为0.6%~15.5%,渗透率为 $(0.01\sim 283)\times 10^{-3}\mu\text{m}$ 。说明本区存在优质储层。

除白云岩储层外,也不能忽视其它岩石类型的储层,随着勘探工作的深入,一定会发现好的生物礁(已发现有数百米礁体)储层和好的碎屑岩储层。

3.泥质岩和膏岩十分发育,是油气聚集的良好盖层

羌塘盆地内的几套主要勘探目的层大面积处于埋藏状态,不缺乏保存条件。盆地内盖层发育,尤以夏里组泥质岩和膏岩、泥晶灰岩、泥灰岩组成的盖层最佳。夏里组盖层总厚度为70~1305.8m,一般厚300~500m,占地层厚度30%~80%。其中泥岩厚70~998m,膏盐岩厚10~188.97m,具有良好的封盖性能。夏里组分布于南羌塘南部和北羌塘北部,夏里组地层埋藏区的面积较大,在吐坡错-白滩湖深凹陷埋藏区面积为17760km²;洞错-葫芦湖较深凹陷埋藏区面积为21425km²;雀尔茶卡低隆起埋藏区面积为

6490km²,蒂让碧错-土门凹陷面积为4850km²。为油气保存创造了良好条件。

综上所述,从烃源层、储集层和盖层条件分析,羌塘盆地具备了形成大中型油气田的石油地质条件,展现了美好的勘探前景和开发潜力。

参考文献:

[1] 西藏地质矿产局. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
[2] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原地层[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[3] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原大地构造特征及盆地演化[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[4] 刘增乾, 徐宪, 潘桂棠, 等. 青藏高原大地构造与形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
[5] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原羌塘盆地石油地质[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[6] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原中生界沉积相及油气储盖层特征[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[7] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原海相烃源和油气生成[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
[8] 叶和飞, 罗建宁, 等. 特提斯构造域与油气勘探[J]. 沉积与特提斯地质, 2000 20(1): 1-27.

The preliminary study of petroleum geology of the Qiangtang Basin in northern Xizang

LUO Jian-ning¹, XIE Yuan¹, WANG Xiao-long¹, ZHU Zhong-fa¹, TONG Zhen-yan², YE He-fei², LI Yong-tie²

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Beijing Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083, China)

Abstract: Ten successions of source rocks are developed in the Qiangtang Basin, of which four ones appear as important source rocks, including the Upper Jurassic Suowa Formation (J₃s), Middle Jurassic Xiali (J₂x) and Buqu (J₂b) Formations, and Upper Triassic Xiaochaka Formation (T₃x). The source rocks occur almostly throughout the basin besides the central uplift, with a total thickness of more than 3000 m, and consist chiefly of carbonate rocks and argillaceous rocks. The former are common in the Upper Jurassic Suowa Formation and Middle Jurassic Buqu Formation where the lower organic carbon contents ranging between 0.15% and 0.25% suggest the poor to moderate source rocks. The latter are observed in the Middle Jurassic Xiali Formation and Upper Triassic Xiaochaka Formation where the higher organic carbon contents ranging between 0.60% and 1.20% indicate the moderate to good source rocks. An additional sequence of oil shales has been found to be hosted in the Middle Jurassic Xiali Formation and Upper Jurassic Suowa Formation. The oil shales behave as the valuable source rocks due to their extraordinary high organic carbon and soluble

organic matter contents. The above-mentioned four sequences of source rocks, without exceptions, have a marine origin; the organic matter is made up of low-grade marine organisms. The mixed (II-type) organic parent material is interpreted to have good reservoir quality. The thermal evolutionary history shows that the organic matter is now in the maturation stages in the central part of the basin; the high maturation stages in the peripheral part and central uplift, and supramaturation stages outside the basin. It is estimated that the crude oil area appear in the central part of the basin, followed by condensates-wet gas area, and dry gas area towards the margins of the basin. The extents of the crude oil areas reach the maximum in the Suowa Formation. There is a gradual decrease in crude oil area from the Xiali Formation through the Buqu Formation to the Xiaochaka Formation.

The reservoir rocks in the basin are assembled by clastic rocks and carbonate rocks, with subordinate volcanic rocks. The clastic rocks occur mainly in the third member of the Upper Triassic Xiaochaka Formation, Middle Jurassic Quemocuo Formation, Middle Jurassic Xiali Formation, Upper Jurassic Xueshan Formation, and Paleogene Shuanghu Formation. The rock types consist of fine-grained sandstone and siltstone, with subordinate medium- and coarse-grained sandstone. The carbonate rocks are defined to the first and second members of the Upper Triassic Xiaochaka Formation, Middle Jurassic Buqu Formation and the Upper Jurassic Suowa Formation. The rock types consist of marls, grainstone, oolitic limestone, organic reef limestone and dolostone. The volcanic rocks are observed in the Permian and Upper Triassic strata. The dolostones as reservoir rocks are widespread in the basin, and their planar distribution is believed to be related to the paleouplift.

Several sequences of cap rocks appear in the basin, including, evaporates, carbonate rocks, condensed sandstone, volcanic rocks, siliceous rocks and coal-bearing series. The former three types, especially mudstone and evaporates, widespread in the basin have good sealing capacity, and thus may serve as the principal cap rocks in the basin.

In sum, the Qiangtang Basin has favourable geological conditions for the generation of the large- or medium-sized oil/gas fields, and thus is interpreted to be highly prospective.

Key words: Qiangtang Basin; petroleum geology; assessment