

文章编号: 0253-2697(2008)06-0797-07

## 藏北羌塘盆地中侏罗统石油地质特征

李忠雄<sup>1,2</sup> 杜佰伟<sup>2</sup> 汪正江<sup>2</sup> 付修根<sup>2</sup> 段志明<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 湖北武汉 430074; 2. 成都地质矿产研究所 四川成都 610082)

**摘要:** 羌塘盆地的2口石油地质资料钻井自上而下揭示了中侏罗统夏里组、布曲组和色洼组的地层特征, 夏里组为潮坪相砂泥岩、膏盐岩夹灰岩组合, 布曲组为台地相碳酸盐岩组合, 色洼组为三角洲相砂泥岩组合。夏里组的膏盐岩特征与地表盐丘特征非常相似, 但井内膏盐岩具有较高的排替压力和突破压力, 显示其为良好的封盖层。布曲组碳酸盐岩中发育大量构造裂缝和压溶缝, 构造缝中主要充填方解石, 压溶缝中主要充填沥青(形成沥青脉)、铁质和泥质。井中发现大量荧光、油斑、沥青脉及含烃类流体包裹体等油气显示, 表明该区曾发生过多次油气运移活动。钻进布曲组碳酸盐岩过程中频繁发生的井漏、钻具放空等现象表明, 碳酸盐岩中岩溶洞穴可能非常发育; 而2口井不同深度出现的井涌现象则表明其中存在规模不等的承压水系统, 地下水为氯化钙型, 矿化度为366~1160 mg/L。

**关键词:** 羌塘盆地; 石油地质钻探; 中侏罗统; 岩溶构造; 承压水系统

中图分类号: TE111

文献标识码: A

## Petroleum geologic characteristics of the Middle Jurassic strata in Qiangtang Basin of Northern Xizang area

LI Zhongxiong<sup>1,2</sup> DU Baiwei<sup>2</sup> WANG Zhengjiang<sup>2</sup> FU Xingen<sup>2</sup> DUAN Zhiming<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China)

**Abstract:** The drilling data from two wells show the characteristics of Gyari, Biqu and Sewa Formations in the Middle Jurassic strata of Qiangtang Basin from top to bottom. There occur the tidal flat sandstone, mudstone and gypsum associations intercalated with limestone in the Gyari Formation. There are the platform carbonate rock associations in Biqu Formation, and delta sandstone and mudstone associations develop in Sewa Formation. The characteristics of the underground gypsum bear a striking resemblance to those of the outcropped gypsum salt domes in the Gyari Formation. The higher driving pressure and breakthrough pressure indicate that the underground gypsum is of excellent sealing capacity. Numerous structural fractures and pressure solution fissures were observed in the carbonate rocks of Biqu Formation. The structural fractures are mainly filled by calcite, and the pressure solution fissures are filled by bitumen, iron and mud. Widespread oil and gas indications including fluorescence, oil immersion, oil patches, fluorescent sections, bitumen veins and hydrocarbon fluid inclusions suggest a multistage migration of hydrocarbon. Judged from frequent mud loss and empty drilling, the karsts may be well developed in the carbonate rocks. The kicking phenomena found in different depth of two wells indicate that there exist varying scales confined water systems in both of the wells. The groundwater is assigned to the calcium chloride type and has a wide salinity range from 366 mg/L to 1160 mg/L.

**Key words:** Qiangtang Basin; petroleum geological drilling; Middle Jurassic; karst structure; confined water system

## 1 地质概况

羌塘盆地位于西藏自治区的北部, 面积约 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地南、北分别以班公湖—怒江缝合带和拉竹龙—金沙江缝合带为界, 东、西以中生界地层尖灭线为界<sup>[1,2]</sup>。根据航磁异常和大地电磁(MT)基底测深资料, 可以将羌塘盆地划分为3个次级构造单元, 即北

羌塘坳陷、中央隆起和南羌塘坳陷<sup>[3]</sup>。盆地内主要发育3套地层, 即泥盆系—中三叠统海相碳酸盐岩、砂泥岩夹火山岩、硅质岩组合, 上三叠统—白垩系滨浅海碎屑岩、台地碳酸盐岩、三角洲相碎屑岩夹膏盐岩组合, 以及古近系—新近系陆相碎屑岩组合。此外, 盆地底部可能还存在未变质的下古生界地层。目前, 中、上侏罗统为盆地油气勘探主要目的层, 中侏罗统自下而上

基金项目: 国家油气专项(XQ-2004-06)“青藏高原油气资源战略选区调查与评价”资助。

作者简介: 李忠雄, 男, 1964年2月生, 1987年获成都理工大学硕士学位, 现为中国地质大学(武汉)在职博士研究生, 成都地质矿产研究所教授级高级工程师, 主要从事石油地质综合研究和青藏高原地质研究。E-mail: lzhongxiong@163.com

由雀莫错组(色洼组)、布曲组、夏里组的碎屑岩、碳酸盐岩组成,上侏罗统自下而上由索瓦组、雪山组的碳酸盐岩、碎屑岩组成<sup>[4]</sup>。

羌塘盆地目前处于石油地质普查—盆地评价的前期阶段,大量资料主要来源于野外地表地质剖面,但

地表资料的局限性严重影响了对羌塘盆地乃至整个青藏高原油气资源的评价工作<sup>[5-6]</sup>。为此,在北、南羌塘坳陷分别钻探了羌资 1 井和羌资 2 井(图 1),以获取宝贵的地下石油地质资料。

羌资 1 井位于西藏双湖龙尾湖复式背斜黑石河

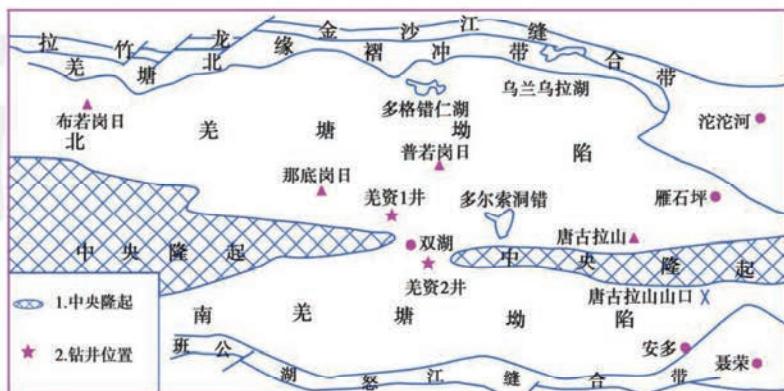


图 1 羌塘盆地区域构造及钻井位置

Fig. 1 Tectonic settings and drilling position in Qiangtang Basin

背斜上,开孔层位是中侏罗统夏里组一段钙质泥岩、粉细砂岩<sup>①</sup>,终孔层位是中侏罗统布曲组生物碎屑灰岩,终孔井深为 453 m。羌资 2 井位于西藏双湖多玛乡桑嘎尔塘布背斜北翼,开孔层位是中侏罗统布曲组白云质泥晶灰岩、生屑泥晶灰岩<sup>②</sup>,终孔层位是中侏罗统色洼组粉细砂岩、泥岩,终孔井深为 812 m。

## 2 钻遇地层特征

羌资 1 井钻遇地层为中侏罗统夏里组一段和布曲组上部,二者在垂向上呈整合接触关系;羌资 2 井钻遇地层自上而下为中侏罗统布曲组和色洼组,二者在垂向上呈整合接触关系(图 2)。井下夏里组为潮坪相沉积,碎屑岩中孢粉化石组合以 *Classopollis* 为主,灰岩中则为 *Protocardia bipi Cox*—*Mactromya eamesi Cox*—*Astartekenti Cox*—*Nuculana (Dacryomya)*—*Corbula* 组合,地层时代为中一晚侏罗世。布曲组为台地相碳酸盐岩沉积,以泥晶灰岩—微晶灰岩—生屑灰岩—粒屑(鲕粒、砂屑、生屑等)灰岩—白云质灰岩夹少量砂岩的岩性组合为特征。色洼组为一套三角洲相沉积,碎屑岩中孢粉化石以 *Classopollis* 为主,地层时代为中一晚侏罗世。

羌资 1 井和羌资 2 井地层特征及区域地质分析表明,南、北羌塘浅钻工程已经较为完整地钻穿了中侏罗统布曲组地层。

## 3 膏盐岩特征

羌资 1 井在井深 47~50 m 和 127~133 m 处分别钻遇厚 3 m 和 6 m 的石膏岩或含石膏岩石,石膏岩以白色为主,棕褐色次之;形态有块状、斑团状、线状及薄层状;矿物晶形以半自形柱状-板状为主,少部分为它形粒状晶形;矿物成分中石膏占 95% 以上,方解石少于 5%;化学成分:  $w(\text{CaO})$  为 32~47%,  $w(\text{SO}_3)$  为 45~20%,  $w(\text{H}_2\text{O})$  为 19~75%。石膏岩中常发育多层黑色碳质细纹层以及组分为围岩成分的大量砾石、角砾。井下膏盐岩特征与井位附近地表中侏罗统夏里组中盐丘构造极为相似。地表夏里组含膏盐岩地层由石膏、碳酸盐岩、钙质泥岩组成,均以背斜形态产出;石膏层多达 6 层,厚者为 30~50 cm,薄者为 5~10 cm;薄层碳酸盐岩以夹层产于厚层石膏中。井下和地表含膏盐岩地层中均未见到油气显示。

## 4 裂缝特征

在岩心(特别是碳酸盐岩岩心)中裂缝非常发育,按成因可分为构造缝和压溶缝两种类型。

构造缝是在构造应力作用下形成的裂缝,其组序和期次分明,缝壁平直,切割明显,延伸较远。按规模分为中小型和微型裂缝(岩心上所见均为中小型裂缝,薄片中所见一般为微型裂缝)。中小型裂缝宽度一般

① 贾宝江,刘建清,杨平.羌塘盆地龙尾湖区块 1:5 万石油地质构造详查报告.成都地质矿产研究所,2006.

② 廖忠礼,刘建清,陈文彬.羌塘盆地扎仁区块 1:5 万石油地质构造详查报告.成都地质矿产研究所,2007.

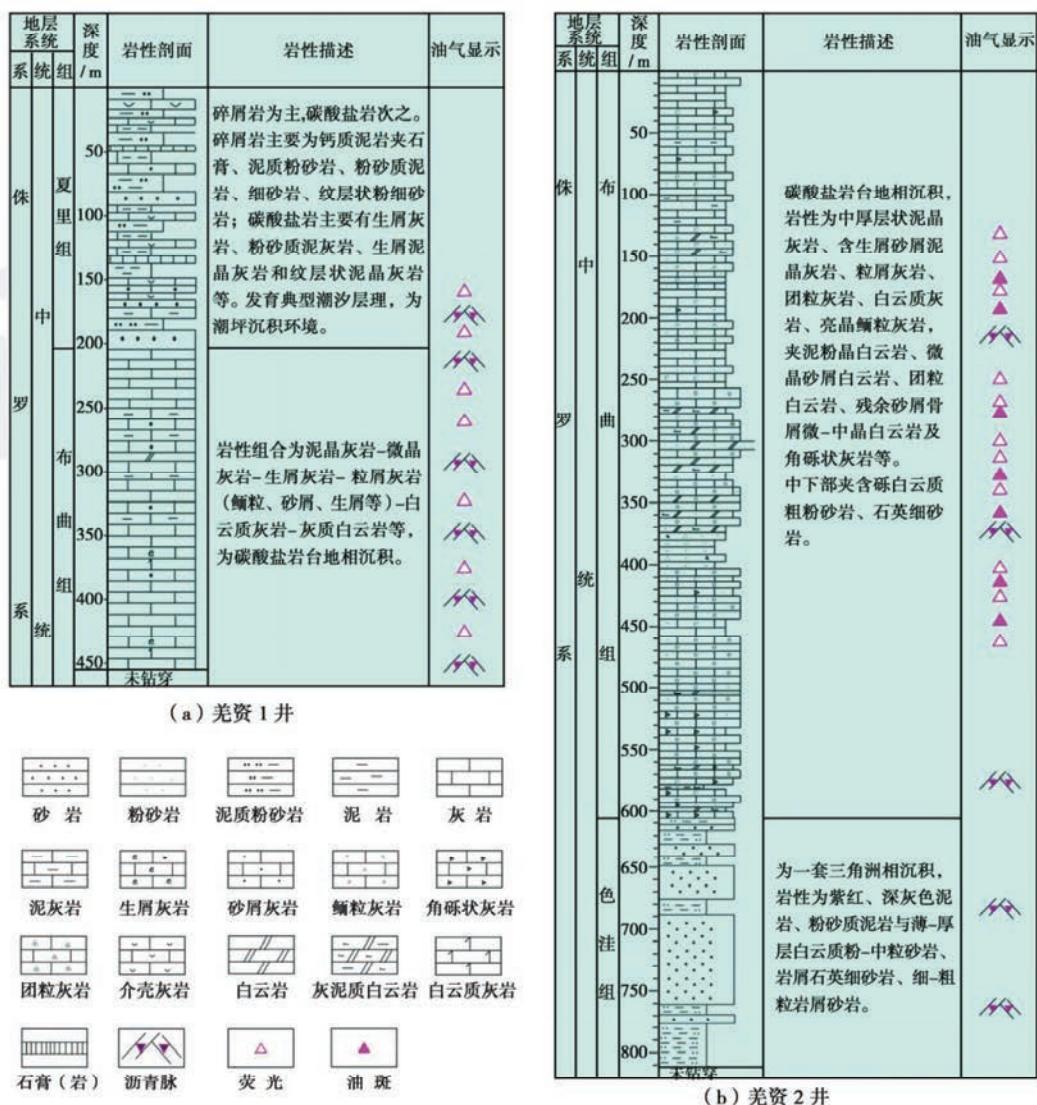


图2 钻遇地层柱状图

Fig. 2 Simplified stratigraphical column for drilled strata

为1~20 mm, 微型裂缝宽度一般为0.1~1 mm; 裂缝形状有规则状、交叉状、网纹状、平行状、树枝状等。构造缝除少部分未充填或半充填外, 绝大多数已被充填。充填物主要为白色方解石, 另外还可见少量白云石、铁泥质、有机质和硅质等。如羌资1井255 m井深处7 cm直径岩心中的裂缝与沥青脉(图3)。构造缝密度为0.055~0.265条/cm<sup>2</sup>。

压溶缝是受压溶作用影响形成的裂缝, 形状不规则, 多为锯齿状、波纹状; 宽细不均, 宽者为2~4 cm,

细者仅1~2 mm。沿缝壁常发生溶蚀作用, 形成断续或连续分布的溶孔甚至溶缝, 缝壁常见未完全溶解的残留物; 缝密度为0.03~0.185条/cm<sup>2</sup>。压溶缝常被有机质、铁质、泥质等充填, 缝内物质为沥青则形成沥青脉。

布曲组碳酸盐岩中构造缝(方解石裂缝)与沥青脉特征(表1和图3)表明, 构造缝和沥青脉形成期次至少有两期, 早期构造缝和沥青脉形成时间不清楚, 但应晚于地层时代; 晚期构造缝和沥青脉的形成则可能与喜山期油气运移散失有关。



图3 羌资1井布曲组碳酸盐岩心中方解石裂缝(白色)与沥青脉(黑色)

Fig. 3 The calcite fissures and bitumen veins in carbonate core of Biqu Formation in Qiangzi 1 Well

表 1 羌资 1 井布曲组碳酸盐岩裂缝特征

Table 1 The characteristics of fractures in Biqu Formation carbonate in Qiangzi 1 Well

序号	井 深/m	裂缝平均密度/(条·cm <sup>-2</sup> )		特 征 描 述
		方解石裂缝	沥青脉	
1	267.1~270.1	0.156	0.132	方解石裂缝切割沥青脉以及二者互相交切
2	270.1~272.1	0.112	0.040	方解石裂缝和沥青脉互相交切
3	272.1~273.1	0.110	0.030	沥青脉切割方解石裂缝; 方解石裂缝沿沥青脉发育
4	273.1~276.1	0.124	0.103	方解石裂缝和沥青脉、压溶缝互相交切
5	276.1~278.1	0.193	0.035	沥青脉切割方解石裂缝为主, 方解石裂缝切割沥青脉次之
6	278.1~280.1	0.190	0.060	沥青脉切割方解石裂缝以及二者互相交切
7	280.1~282.1	0.142	0.050	方解石裂缝和沥青脉互相交切
8	282.1~282.5	0.140	0.140	方解石裂缝切割沥青脉
9	282.6~285.1	0.095	0.185	方解石裂缝切割沥青脉
10	286.6~287.1	0.265	0.130	沥青脉切割方解石裂缝
11	287.1~290.1	0.096	0.110	方解石裂缝和沥青脉互相交切
12	290.6~292.8	0.143	0.180	方解石裂缝和沥青脉互相交切
13	292.8~294.1	0.100	0.100	方解石裂缝和沥青脉互相交切
14	294.1~297.1	0.103	0.090	沥青脉明显切割方解石缝; 局部互相交切
15	297.1~300.1	0.120	0.080	沥青脉切割方解石裂缝
16	301.6~304.5	0.160	0.065	方解石裂缝和沥青脉、压溶缝互相交切
17	304.5~307.0	0.080	0.093	方解石裂缝和沥青脉、压溶缝互相交切
18	307.0~309.1	0.135	0.065	方解石裂缝和沥青脉、压溶缝互相交切
19	309.1~312.1	0.130	0.110	方解石裂缝和沥青脉互相交切
20	312.1~315.1	0.067	0.085	方解石裂缝和沥青脉互相交切
21	315.1~316.6	0.070	0.060	方解石裂缝和沥青脉互相交切
22	316.6~318.1	0.055	0.090	方解石裂缝和沥青脉互相交切

## 5 油气显示特征

岩心中发育大量沥青脉, 荧光录井、荧光薄片和流体包裹体中也见到大量油气显示。

### 5.1 沥青脉

羌资 1 井布曲组碳酸盐岩岩心中有大量沥青脉密集分布(图 2 和图 4), 羌资 2 井布曲组碳酸盐岩中也有一些沥青脉产出, 而夏里组和色洼组泥岩、粉砂岩中仅有少量沥青脉产出(图 2)。因此, 从层位上看, 布曲

组碳酸盐岩中产出的沥青脉明显比夏里组、色洼组泥岩、粉砂岩中的沥青脉多。从位置上看, 羌资 1 井中的沥青脉明显多于羌资 2 井。从产出形态上看, 布曲组碳酸盐岩中的沥青脉多沿压溶缝产出, 二者形影相伴、特征非常相似; 而夏里组、色洼组泥岩和粉砂岩中的沥青脉多数沿层面或构造缝产出, 形态较为简单。布曲组碳酸盐岩中的沥青脉质地较软; 夏里组、色洼组泥岩、粉砂岩中的沥青脉质地较硬。综合判断, 上述沥青脉应分别形成于不同期次的油气运移过程中。

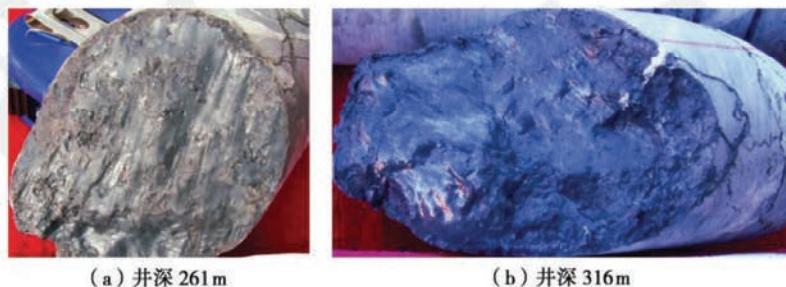


图 4 羌资 1 井布曲组碳酸盐岩岩心中的沥青脉

Fig. 4 Bitumen veins in carbonate cores of Biqu Formation in Qiangzi 1 Well

### 5.2 荧光录井与荧光薄片

荧光录井发现, 不同产状构造裂缝中有大量荧光、油斑显示。荧光薄片也证实岩石中曾发生过大规模油

气运移活动, 并表现出如下特征: ①裂缝可作为油气运移通道, 有时还能显示出多期次油气运移活动特征; ②粒屑(鲕粒、生屑)和胶结物的油气荧光显示主要与孔

隙、通道的发育程度有关。

### 5.3 流体包裹体

在羌资1井和羌资2井夏里组和布曲组共采集215件包裹体样品,色洼组中未采到测试样品。包裹体样品测试在中国科学院贵阳地球化学研究所完成。测试结果分析表明,流体包裹体按成分可分为无机盐水溶液的气液包裹体、单相有机烃类包裹体和有机气-液两相包裹体,其中以无机盐水溶液的气液包裹体为主。有机烃类包裹体成分主要有CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>和沥青,含烃类有机包裹体以发淡蓝色荧光为

主。包裹体主要产在方解石脉中,少量产在石英脉、石膏晶体和白云岩中。另外,在夏里组和布曲组颗粒灰岩的亮晶方解石胶结物中也发现了一些烃类和盐水溶液包裹体。

对包裹体大小、气液比、盐度、均一温度数据(表2)的分析表明,羌资1井和羌资2井布曲组方解石脉包裹体之间、夏里组与布曲组方解石脉包裹体之间无明显差异,应为同期产物。另外,不同形态方解石脉包裹体之间的差异也不明显,说明它们形成于相似的温度、压力环境中。夏里组与布曲组颗粒灰岩亮晶

表2 井下流体包裹体特征

Table 2 Characteristics of fluid inclusion in drilling cores

井号	层位	测量对象	包裹体大小/ $\mu\text{m}$	气液比/%	盐度/%	均一温度/℃	均一温度数据特征
羌资1井	夏里组	方解石脉	3~13 6.97	5~20 10.1	0.53~4.96 3.01	129~192 153.7	75%的数据分布于140~170℃
		亮晶方解石胶结物	3~5 4	4~12 8	3.55	83~102 92.1	10个测温数据
羌资2井	布曲组	方解石脉	3~25 7.3	5~18 10.5	1.23~4.8 2.83	126~179 154.7	86%的数据分布于140~179℃
		方解石脉	4~38 11	4~25 10.2	1.06~4.96 2.79	120~191 149	77%的数据分布于130~160℃
		亮晶方解石胶结物	4~11 5.5	4~10 6.8	0.53~0.71 0.62	89~110 95.5	15个测温数据

注:数据栏中,分子为范围值,分母为平均值。

方解石胶结物中的包裹体特征相似,但明显不同于方解石脉中的包裹体,应为较早时期油气运移活动的产物。

### 6 碳酸盐岩中的岩溶构造

羌资1井和羌资2井的漏失现象非常普遍。羌资1井在井深845 m时开始发生井漏;在井深1668 m发生全井性井漏,漏失量大于150 L/min;在

井深130 m处出现涌水;在井深277.6 m再次发生全井性井漏。羌资2井除涌水井段外,其他井段平均5~10 m就发生一次漏失;最大漏失量为9.6 m<sup>3</sup>/h,最小为1.2 m<sup>3</sup>/h;通常漏失量为4~6 m<sup>3</sup>/h。

羌资2井在布曲组碳酸盐岩中钻进时发生多次0.2~0.3 m的钻具放空情况;羌资1井在布曲组碳酸盐岩中钻进时发生6次大规模钻具放空,最大放空距离超过1875 m,直接导致井眼报废(表3)。

表3 羌资1井放空情况

Table 3 Circumstances of drilling emptiness in Qiangzi 1 Well

放空井段/m	放空长度/m	顶板取心特征	底板取心特征
282.64~283.35	0.71	岩心160(2/2),生屑泥晶灰岩	岩心161(3/3),泥晶灰岩
298.10~298.50	0.40	岩心169(3/3),生屑泥晶灰岩	岩心170(2/2),生屑泥晶灰岩
320.60~322.90	2.30	岩心178(7/7),生屑泥晶灰岩,发育开放式裂缝	岩心179,溶蚀孔隙发育,方解石裂缝中见胶状黄铁矿充填物
331.70~332.00	0.30	岩心183(5/7),泥粉晶灰岩	岩心183(7/7),泥粉晶灰岩,发育沥青脉
332.30~334.75	2.45	岩心183(7/7),泥粉晶灰岩,发育沥青脉	岩心184(1/1),泥粉晶灰岩,发育沥青脉
344.45~363.20	18.75	岩心188(2/2),泥粉晶灰岩,发育沥青脉	>30°的陡倾斜面,未取心

根据井漏特征和钻具放空情况判断,布曲组碳酸盐岩中岩溶作用和溶洞构造可能比较发育。

### 7 承压水系统与地下水特征

羌资1井在井深130 m处开始出现承压水,涌水

量为0.5 L/min,140 m处涌水量为1 L/min,157~162 m井段涌水量达到3 L/min。之后,涌水量逐渐降低,直到井深277.6 m处发生全井性井漏。涌水水质有咸味,无色透明。羌资2井地层涌水发生在井深6858 m处,直到井深131 m处再次发生井漏为止。

该段泥浆明显变稀、密度变小。

上述特征说明,羌资 1 井和羌资 2 井浅层均存在承压水系统。由此判断,羌塘盆地地下可能存在多个有利于油气保存的相对封闭体系。

表 4 给出了采自羌资 1 井不同深度地下水的分析数据及参数值(由中国石油西南油气田公司勘探开发

研究院地质实验室分析)。地下水矿化度为 366~1 160 mg/L;按矿化度水型划分为淡水—微咸水,按油田水分类水型均为氯化钙型<sup>[7]</sup>。碱交换系数(IBE)、变质系数、Cl<sup>-</sup>/Mg<sup>2+</sup> 系数显示水岩接触时间较长、阳离子交换较彻底、变质程度较深,是与油气活动关系密切的地下水。

表 4 羌资 1 井地下水分析数据

Table 4 Analytical data of underground water in Qiangzi 1 Well

井深/m	离子含量/mg·L <sup>-1</sup>												矿化度/(mg·L <sup>-1</sup> )	
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	
80	184	462	7.03	2 590	0.667	237	0.110	218	3.77	18.4	0.536	21.30	—	1 160
162	104	88.2	—	0.205	—	81.6	0.651	56.8	4.25	10.2	0.238	19.30	—	366
364	141	227	—	—	—	452	0.150	147	4.82	41.6	1.230	6.28	—	1 080

井深/m	Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	(Na <sup>+</sup> -Cl <sup>-</sup> )/ SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	(Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup> )/ Mg <sup>2+</sup>	水型	碱交换系数	变质系数		Cl <sup>-</sup> /Mg <sup>2+</sup> 系数	备注
						(Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup> )/ Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>		
80	0.47	-1.03	13.260	氯化钙	0.52	13.26	21.69	25.11	水型按苏
162	0.64	-0.38	3.078	氯化钙	0.31	3.08	4.56	8.65	林油田水 分类
364	0.65	-0.18	1.920	氯化钙	0.33	1.92	3.61	5.46	

## 8 结论及讨论

(1) 羌资 1 井夏里组膏盐层是油气藏的优质盖层,其突破压力和排替压力均值分别为 32.3 MPa 和 40.7 MPa(成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室测试),它与布曲组相关岩石构成了羌塘盆地中侏罗统中一套重要的自生自储式生储盖组合<sup>[5,8]</sup>。其中,布曲组泥晶灰岩为生油岩,布曲组颗粒灰岩、白云岩及裂缝系统为主要储集层,夏里组膏盐层和泥岩为盖层。羌塘盆地与膏盐岩相关的构造较发育,与膏盐岩相关的盐隆、盐丘、刺穿和底辟是油气聚集的有利场所<sup>[9,10]</sup>,羌资 1 井膏盐层与其下面的沥青脉已构成了一个与膏盐岩相关的古油气藏。因此,根据羌塘盆地膏盐层发育情况,结合沉积相展布,在有利的构造部位寻找与膏盐岩相关的油气藏是有前景的。

(2) 羌塘盆地具有多期构造运动与多期成藏的石油地质特征。新获得的 11 件构造裂缝方解石电子自旋共振(ESR) 测年数据(由成都理工大学应用核技术研究所梁兴中教授测试分析)为 15.1±2.0~0.3±0.1 Ma,为新近纪中一晚期。裂缝方解石的形成时间与盆地埋藏史、热史研究和比洛错油页岩有机质成熟过程模拟的结果相符<sup>[10,11]</sup>,是羌塘盆地最重要的成油期<sup>[12]</sup>。因此,裂缝和沥青脉发育特征证实了羌塘盆地后期大规模油气运移活动时间为新近纪中一晚期。另外,井下中侏罗统布曲组碳酸盐岩中发育的大量沥青脉说明其储集空间类型是裂缝主导型的。

(3) 未充填的巨型溶洞在岩心上难以见到,主要靠放空、泥浆漏失、井涌、井喷及图像等信息资料判断和识别<sup>[13]</sup>。羌资 1 井和羌资 2 井碳酸盐岩中发育溶洞构造,其洞穴内仅有少量暗河沉积的深色砂泥岩和垮塌角砾状灰岩,储集空间巨大,属于有效的岩溶洞穴。羌塘盆地作为一个内陆汇水盆地,气候干旱少雨,岩溶作用无疑是新构造运动时高原隆升的产物,但岩溶作用是否发生在新近纪中一晚期大规模排烃活动之前,从现有的资料还无法确定。

(4) 钻井中地下水虽为氯化钙型(苏林分类),但其矿化度较低(366~1 160 mg/L),类似于北羌塘坳陷中部泉水的矿化度<sup>[14]</sup>,明显不同于塔河油田、焉耆盆地等地区油田水的矿化度特征<sup>[15]</sup>。基于水化学成分,多数海相沉积环境中的油田水被认为是沉积时圈闭的海水,并与淡水注入、排替原生水有关<sup>[7]</sup>。钻遇地层沉积环境主要为潮坪、三角洲、台地等海陆交互环境或浅海环境,海水明显受淡水注入的影响;在高原隆升的新构造运动过程中,构造及岩溶作用发育,圈闭中的海水再次受到地表淡水的注入与混合,从而造成水体矿化度大幅下降,最终与地表泉水的矿化度大体一致。

致谢 课题在实施过程中得到了“龙尾湖 1:5 万构造填图区块”和“扎仁 1:5 万构造填图区块”项目组全体成员的大力帮助;西藏地质勘查局第二地质大队和地热地质大队为课题的顺利完成提供了有力支持;王承书研究员也给予了帮助。在此,谨向给予帮助和支持的同志和相关单位致以衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 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: 174~238.  
Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Petroleum geology of Qiangtang Basin in Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing: Science Press, 2001: 174~238.
- [2] 杨日红, 李才, 杨德明, 等. 西藏羌塘盆地中生代构造岩相演化及油气远景[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(3): 237~242.  
Yang Rihong, Li Cai, Yang Deming, et al. Mesozoic tectonic petrographic evolution and oil & gas perspective in Qiangtang Basin, Tibet [J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(3): 237~242.
- [3] 和钟铧, 李才, 杨德明, 等. 西藏羌塘盆地的构造沉积特征及演化 [J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(4): 347~352.  
He Zhonghua, Li Cai, Yang Deming, et al. The tectonic sedimentary feature and evolution of Qiangtang Basin in northern Tibet [J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(4): 347~352.
- [4] 杜伟伯, 谭富文, 王剑, 等. 羌塘盆地最大规模沥青脉的发现及其意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(1): 69~74.  
Du Baiwei, Tan Fuwen, Wang Jian, et al. The discovery and significance of the large scale asphalt veins in the Qiangtang Basin, northern Xizang [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2003, 23(1): 69~74.
- [5] 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, 2000: 89~375.  
Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Oil and gas generation of marine source rock in Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing: Science Press, 2000: 89~375.
- [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: 120~241.  
Zhao Zhengzhang, Li Yongtie, Ye Hefei, et al. Mesozoic sedimentary facies and characteristics of reservoir and seal rocks in Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing: Science Press, 2001: 120~241.
- [7] 柯林斯 A G. 油田水地球化学 [M]. 林文庄, 王秉忱, 译. 北京: 石油工业出版社, 1984: 128~200.  
Collins A G. Geochemistry of oilfield waters [M]. Translated by Lin Wenzhuang, Wang Bingchen. Beijing: Petroleum Industry Press, 1984: 128~200.
- [8] 李亚林, 伊海生, 王成善, 等. 西藏羌塘盆地盐相关构造特征与油气聚集 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2004, 31(6): 586~591.  
Li Yalin, Yi Haisheng, Wang Chengshan, et al. Salt-related structural characteristics and hydrocarbon accumulation in Qiangtang Basin, Tibet, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2004, 31(6): 586~591.
- [9] 罗建宁, 朱忠发, 谢渊, 等. 羌塘盆地膏盐岩及其与油气勘探的关系 [J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(2): 1~8.  
Luo Jianning, Zhu Zhongfa, Xie Yuan, et al. The gypsum lith and its bearings on the oil and gas exploration in the Qiangtang Basin in northern Xizang and southern Qinghai [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2003, 23(2): 1~8.
- [10] 王成善, 伊海生, 刘池洋, 等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 139~143.  
Wang Chengshan, Yi Haisheng, Liu Chiayang, et al. Discovery of paleo oil reservoir in Qiangtang Basin in Tibet and its geological significance [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 139~143.
- [11] 伍新和, 王成善, 伊海生, 等. 西藏羌塘盆地烃源岩古油藏带及其油气勘探远景 [J]. 石油学报, 2005, 26(1): 13~17.  
Wu Xinhé, Wang Chengshan, Yi Haisheng, et al. Fossil reservoir of hydrocarbon rock in Qiangtang Basin of Tibet and exploration perspective of oil and gas [J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 13~17.
- [12] 王成善, 李亚林, 李永铁. 青藏高原油气资源远景评价问题 [J]. 石油学报, 2006, 27(4): 1~7.  
Wang Chengshan, Li Yalin, Li Yongtie. Discussion on evaluation of oil and gas resources in Qinghai-Tibet Plateau [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(4): 1~7.
- [13] 陈善勇. 塔里木盆地轮古西地区奥陶系古岩溶储层特征 [J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2004, 19(4): 9~12.  
Chen Shanyong. Characteristics of Ordovician palaeokarst reservoir in the western region of Lungu, Tarim Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Sciences Edition, 2004, 19(4): 9~12.
- [14] 李明辉. 北羌塘中部泉水及其地球化学特征 [J]. 岩相古地理, 1999, 19(6): 15~20.  
Li Minghui. The occurrence and geochemistry of the spring water in north-central Qiangtang [J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1999, 19(6): 15~20.
- [15] 钱一雄, 蔡立国, 顾亿. 塔里木盆地塔河油区油田水元素组成与形成 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 751~757.  
Qian Yixiong, Cai Liguo, Gu Yi. The oilfield water in Tare area, Tarim Basin—Constraints from its element composition [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(6): 751~757.

(收稿日期 2008-01-12 改回日期 2008-06-27 编辑 王秀)