

羌塘盆地第一口油气科学钻探井油气地质成果及勘探意义

付修根¹, 王 剑¹, 宋春彦², 刘中戎³

(1. 西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都 610500; 2. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 3. 中国石油化工股份有限公司勘探分公司, 四川 成都 610041)

摘要:羌塘盆地位于青藏高原腹地,是我国陆上面积最大、勘探程度最低的油气勘探新区,长期以来,由于缺乏油气科学钻探井的验证,对盆地油气地质条件认识不清。最近,中国地质调查局成都地质调查中心在北羌塘中北部的半岛湖地区组织实施了第一口深达4696.18米的油气科学钻探井—羌科1井,本文对该科探井的油气地质成果进行了报道。钻遇了从上侏罗统至上三叠统的连续地层,其中下—中侏罗统雀莫错组与下伏上三叠统那底岗日组地层为整合接触,沉积环境为三角洲—局限台地环境。羌科1井在雀莫错组中首次钻遇了烃源岩,并发现13层气测异常,其中,3层为重要含气层,此外还识别出两套重要的区域性盖层和一套直接封盖层。这些成果表明半岛湖地区油气保存条件较好,是盆地油气勘探的有利地区。

关键词:油气地质条件;科探井;羌塘盆地;地震解释
中图分类号:TE121.1 **文献标识码:**A

青藏高原位于特提斯构造域的东段,与之毗邻的西段是著名的波斯湾油气区,东南则是东南亚等含油气盆地分布区^[1]。羌塘盆地位于青藏高原腹地,是东特提斯地区保存最完整的中生代海相盆地,也是我国陆上面积最大、勘探程度最低的油气勘探新区。开展羌塘盆地资源潜力调查对于寻找我国油气资源战略后备基地、缓解国家能源安全、提升青藏高原油气地质研究的国际影响力都具有十分重要的意义。

近年来对羌塘盆地油气地质调查主要基于盆地周缘及盆地中部地表露头资料开展的,特别是盆地及中央隆起带周缘发育大规模泥火山^[2-3],盆地南部发育大规模古油气藏^[4-5],这些特征表明盆地油气成藏之后经历了大规模的破坏作用。一些学者提出了羌塘盆地油气保存条件较差的认识^[6]。然而,盆地周缘与盆地腹部相比,在沉积古地理条件和油气保存条件等方面存在较大的差异。因此,不能根据盆地周缘的古地理环境和浅地表油气保

存条件评价盆地的油气地质条件。羌科1井的实施为了解盆地腹部的沉积环境和构造沉积演化提供了宝贵资料,使得客观评价羌塘盆地的石油地质基本条件成为可能。

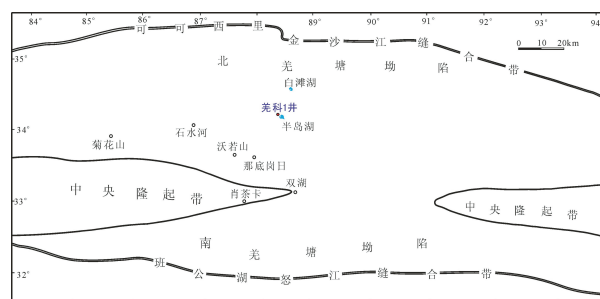


图1 羌塘盆地构造格架及羌科1井位置图

Fig. 1 Simplified tectonic map of the Qiangtang Basin showing the location of the QTKT1 well

羌科1井位于在北羌塘中北部的半岛湖地区(图1),羌科1井井深4696.18米,钻遇了从上侏罗

收稿日期:2019-10-11; 改回日期:2020-01-05

作者简介:付修根(1976—),男,研究员,主要从事沉积地质与油气地质研究工作。E-mail:272331614@qq.com

资助项目:《羌塘盆地金星湖—隆鄂尼地区油气资源油气资源战略调查》项目(编号:DD20160159)和《东特提斯演化在羌塘盆地的沉积响应及能源效应》项目(编号:91955204)

统至上三叠统的连续地层。

1 北羌塘下侏罗统地层时代新认识及盆地侏罗系地层格架的建立

1.1 北羌塘坳陷下侏罗统时代新认识

羌塘盆地晚三叠世—早侏罗世经历了一个从碰撞剥蚀到伸展拉张的过程,盆地的伸展拉张以那底岗日组火山—火山碎屑岩的广泛沉积为特征,其时代为晚三叠世^[7-11]。盆地伸展拉张早期,在周缘沉积了雀莫错组冲洪积相砾岩、砂岩。由于该套地层下部缺乏生物化石,其时代归属存在较大的争议。早期的研究认为,北羌塘坳陷缺乏早侏罗世地层,雀莫错组时代归属为中侏罗世^[12],Yan et al.^[13]的研究也沿用了这一认识。Fang et al.^[13]进一步通过该套地层中上部的双壳和腕足化石确定了雀莫错组地层时代归属为中侏罗世巴通期。然而,双壳和腕足化石的时代跨度较大,难以较为准确地确定地层时代。近年来,那底岗日组火山—火山碎屑岩最新的锆石 U-Pb SHRIM 测年结果表明,该套地层时代归属为晚三叠世,而不是前人归属的早侏罗世或中侏罗世^[14-17],因此,对沉积于那底岗日组地层之上的雀莫错组地层时代也提出了早侏罗世的新认识^[18]。然而,上述认识并没有准确的同位素年龄、沉积或可靠的化石证据。羌科1井成果为雀莫错组地层时代的确定提供了更为充分的证据。

在羌科1井中,钻遇了1500余米厚的雀莫错组地层,自下而上发育三角洲平原亚相—泻湖相—潮坪相沉积,下部岩性主要为棕红色粉砂质泥岩、浅红棕色含泥粉砂岩、紫红色细—粉粒砂岩夹灰白色细粒岩屑石英砂岩、紫红色粉砂岩。在羌科1井中,雀莫错组底部为浅灰绿色陆缘近海湖相凝灰质粉砂岩,那底岗日组顶部为灰绿色沉凝灰岩(年龄为201Ma),显示整合接触的特征,因此,推测雀莫错组地层时代为早侏罗世。雀莫错组二段发育泻湖相沉积,岩性以白色石膏岩为主,偶夹灰色灰岩、白云质灰岩;三段为潮坪相沉积,岩性为灰色、黄灰色灰岩、白垩化灰岩与灰色泥岩及泥质粉砂岩不等厚互层。值得注意的是,在雀莫错组三段地层层中,识别出了负的碳同位素异常(未发表成果),通过对比,确定了这些碳同位素异常与全球早侏罗世托尔期缺氧事件的负偏碳同位素异常能够完全对比。早侏罗世托尔期缺氧事件的负偏碳同位素异常在南羌塘地区也已经被广泛识别,其托尔期特征的菊

石化石显示,时代为早侏罗世^[19-20]。上述资料表明,雀莫错组地层时代归属主体应该为早侏罗世,而不是中侏罗世。当然,雀莫错组地层顶部地层是否跨时,尚缺乏充分的证据,本文沿用前人的资料。

1.2 盆地上三叠统—侏罗系地层柱的建立

羌科1井由上至下钻遇上侏罗统索瓦组(J_3s)、中侏罗统夏里组(J_2x)、中侏罗统布曲组(J_2b)、下—中侏罗统雀莫错组(J_1-2q)及上三叠统那底岗日组(T_3nd),共五套地层。

羌科1井钻遇上侏罗统索瓦组视厚度为59米,岩性主要为灰色—深灰色薄—中层状泥晶灰岩、泥灰岩。该套地层与下伏夏里组间存在明显的岩性差异,该井段表现为较低的伽玛值,符合碳酸盐岩的自然伽玛测井特征,其物性特征也与下伏夏里组地层间存在明显的差异(图2)。

羌科1井钻遇中侏罗统夏里组视厚度为991米,该套地层总体为一套局限台地相的碎屑岩沉积,下部以深灰色泥岩为主,偶夹泥质粉砂岩,中部为灰色泥岩、泥质粉砂岩互层夹少量灰岩,上部为灰色泥岩夹泥质粉砂岩、泥灰岩、泥晶灰岩及石膏。夏里组测井曲线总体为齿化线形特征(图2)。细碎屑岩段表现为高自然伽玛值、锯齿化线形;碳酸盐岩段表现为自然伽玛为低值、箱状、微齿化。因此,夏里组的测井曲线的齿化线形特征与主要岩性为细粒碎屑岩一致。

羌科1井钻遇中侏罗统布曲组视厚度为1450米,岩性主要为灰色—深灰色泥晶灰岩、泥灰岩,夹鲕粒灰岩、藻砂屑灰岩、生屑灰岩、泥岩、泥质粉砂岩,偶夹白色石膏。布曲组中下部以局限台地相的灰岩、泥岩为特征,上部以开阔台地相的颗粒灰岩为特征,与上覆夏里组存在明显的岩性差异。在测井曲线上,上部自然伽玛为低值、曲线呈箱形,微齿化;中下部自然伽玛为高值、曲线呈锯齿化线形(图2)。

羌科1井钻遇下侏罗统雀莫错组视厚度为1557米,岩性组合特征显示,下部以碎屑岩为主,中部以膏盐为主,上部为灰岩夹石膏、泥岩、粉砂岩,总体显示向上变深的海侵序列。雀莫错组与上覆布曲组地层岩性差异明显,在界线附近,布曲组地层以泥晶灰岩为特征,而雀莫错组地层则以紫红色泥岩为特征。值得注意的是,在羌科1井雀莫错组中钻遇了厚度超过360米的膏岩地层,这与前人^[6]的研究结果存在较大的差异。羌科1井雀莫错组测井曲线总体为锯齿化线形,局部呈箱形特征(图2)。

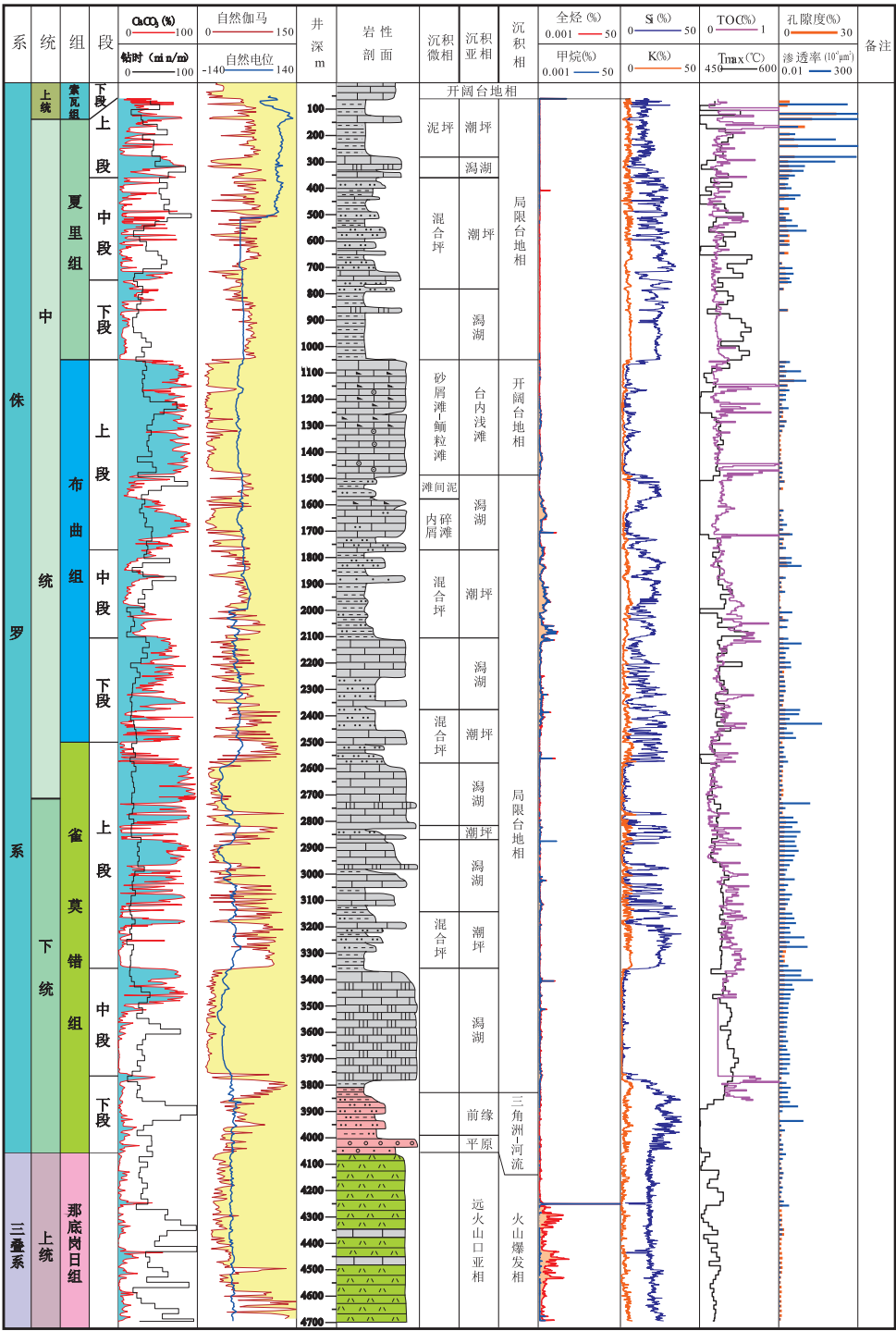


图2 羌科1井钻井综合柱状图

Fig.2 Synthesis column map of the QTKT1 well

羌科1井钻遇上三叠统那底岗日组视厚度为639.18米,岩性以灰绿色凝灰岩为主,夹沉凝灰岩、凝灰质粉砂岩、碳酸盐岩。测井曲线总体为弱锯齿化线形,自然伽玛为中-低值(图2)。

2 单井地震标定及新认识

用羌科1井井深500~4696 m测井声波资料制作合成地震记录(图3)进行标定。总体分析表明,与钻井标定前相比,标定后构造的整体形态和地层层序是一致的。

从羌科1井现阶段的标定结果来看,较纯的厚层泥岩在常规地震剖面上表现为空白反射、内部存

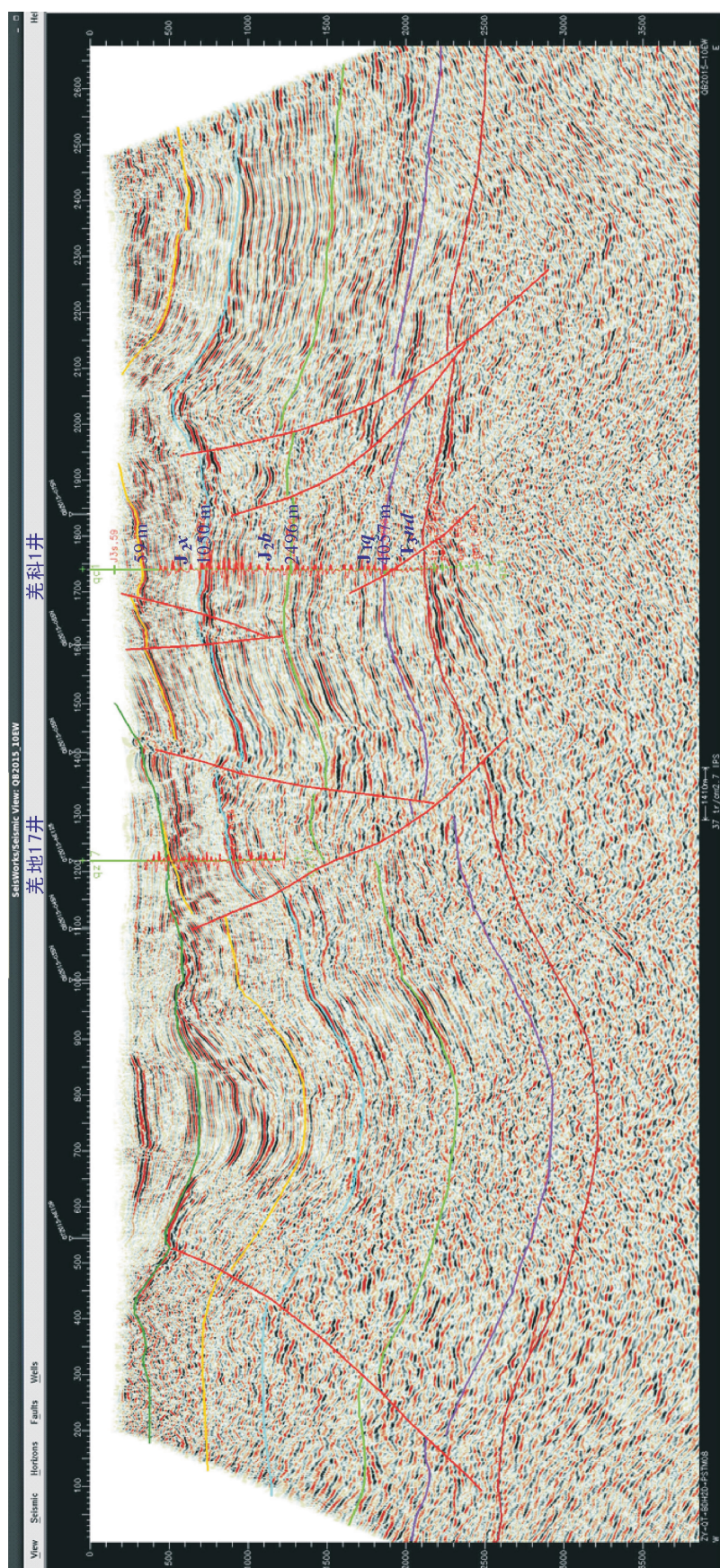


图4 羌科1井校正后地震解译特征

Fig. 4 Seismic interpretation after correcting by the QTKT1 well

表 1 羌科 1 井气测异常统计表
Table 1 Gas logging abnormal zones in the QTKT1 well

序号	层位	井段 (m)	厚度 (m)	岩性	全烃 (%)	烃组分					录井解释
						C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	
1	J _{2b}	1237-1249.3	12.3	生屑泥晶灰岩	0.028 ↑ 0.074	0.0210 ↑ 0.0674	0.0013 ↑ 0.0018	0	0	0	重要含气层
2	J _{2b}	1705.5-1707	1.5	亮晶粉屑灰岩	0.245 ↑ 0.621	0.2204 ↑ 0.5123	0	0	0	0	弱含气层
3	J _{2b}	2059-2061	2	泥质粉砂岩	0.161 ↑ 0.541	0.1434 ↑ 0.5273	0 ↑ 0.0015	0 ↑ 0.0010	0 ↑ 0.0007	0 ↑ 0.0005	重要含气层
4	J _{2b}	2320-2322	2	粉砂质泥岩	0.145 ↑ 0.328	0.1066 ↑ 0.2775	0.0008 ↑ 0.0011	0	0	0	弱含气层
5	J _{2b}	2386-2389	3	泥质粉砂岩	0.143 ↑ 0.425	0.1001 ↑ 0.3527	0.0002 ↑ 0.0006	0		0	弱含气层
6	J _{2b}	2440-2442	2	泥岩	0.025 ↑ 0.147	0.0082 ↑ 0.1037	0 ↑ 0.0004	0	0	0	弱含气层
7	J _{1q}	2823-2825	2	含粉砂泥岩	0.024 ↑ 0.124	0.0153 ↑ 0.1163	0	0	0	0	弱含气层
8	J _{1q}	3023-3027	4	灰岩	0.055 ↑ 0.263	0.0283 ↑ 0.2296	0 ↑ 0.0004	0 ↑ 0.0002	0	0	弱含气层
9	J _{1q}	3395-3398	3	含灰膏盐	0.036 ↑ 0.125	0.0124 ↑ 0.0917	0	0	0		弱含气层
10	J _{1q}	3401-3407	6	含灰膏盐	0.036 ↑ 0.576	0.0133 ↑ 0.5282	0 ↑ 0.0002	0 ↑ 0.0048	0	0	弱含气层
11	J _{1q}	3461-3465	4	灰岩	0.018 ↑ 0.112	0.0060 ↑ 0.0987	0 ↑ 0.0014	0	0	0	弱含气层
12	J _{1q}	3513-3515	2	灰岩	0.056 ↑ 0.269	0.0203 ↑ 0.2010	0 ↑ 0.0005	0 ↑ 0.0016	0	0	弱含气层
13	T _{3nd}	4246.0-4253.7	7.7	碳酸盐	0.044 ↑ 3.544	0.0046 ↑ 3.3593	0	0.0092 ↑ 0.0485	0 ↑ 0.0049	0 ↑ 0.0023	重要含气层

在微弱断续同相轴,反演剖面表现为低阻抗、分布连续稳定;纯碳酸盐岩段表现为平行-亚平行中强振幅波组特征,如果碳酸盐岩中发育优质储层,则会出现变振幅-杂乱反射、反演剖面上表现为高阻抗中的相对低阻抗;碎屑岩层段表现为变振幅、中低频、弱连续、前积-丘形-杂乱反射;碎屑岩与碳酸盐互层的层段对应地震剖面的平行-亚平行中强振幅的波组,见图4。

与钻井标定前的地层记录相比,钻井标定后在地震解释方面取得了新的进展。在羌科1井标定之前,依据其他地区的经验和羌塘盆地地表地质综合解释,认为空白反射、内部存在微弱断续同相轴的地震记录为布曲组灰岩的特征,然而,钻井标定之后发现,该套地层为中侏罗统夏里组泥岩。

钻井标定之前,地震剖面表现为中强振幅、中低频率杂乱反射的地层解释为那底岗日组火山-火山碎屑岩沉积,然而,钻井标定之后表明,该套地层为下侏罗统雀莫错组膏岩地层,该套膏岩在北羌塘中部地区是首次发现。

3 羌科1井石油地质条件及气测异常

3.1 羌科1井气测异常

羌科1井在钻井过程中共发现13层较为明显的气测异常(表1),发育于1237m~4254m井段,涉及中侏罗统布曲组、下侏罗统雀莫错组和上三叠统那底岗日组三套地层。其中,布曲组气测异常6层22.7m(灰岩3层15.7m、泥质粉砂岩2层5m、泥岩1层2m),雀莫错组气测异常6层21.0m(灰岩4层17m、灰质白云岩1层2m、泥岩1层2m),那底岗日组气测异常1层7.7m(钙质凝灰岩);总体上气测异常的数值较低,异常最高的井段为那底岗日组的4246.0~4253.7m井段、其异常全烃值为3.54%。

综合钻井过程中实时钻进及取芯钻井时的气测异常情况、 H_2S 显示情况、后效显示情况、显示层岩性及缝洞发育情况、录井现场岩芯及岩屑实物含油气试验情况、测井解释结论等,认为羌科1井较重要的油气显示层有:

(1)布曲组井深1219.3~1226.1m,厚6.8m,岩芯岩性为深灰色含溶孔洞含砂屑-砂屑灰岩。钻井过程中出现 H_2S 异常18-210PPM,含甲烷气体,工程节流循环后液气分离器排气管线出口点火橘黄色火焰高50cm,该套含气层作为 H_2S 气层。

(2)布曲组井深1237.0-1249.3m,厚12.3m。

岩性为深灰色含生屑亮晶藻砂屑灰岩及深灰色含生屑藻砂屑泥晶灰岩。气测全烃由0.028↑0.074%、C1由0.021↑0.068%,显示时钻井液相对密度为1.10。有一次明显的后效,气测全烃由0.049↑4.467%、C1由0.012↑3.577%,后效显示时钻井液相对密度1.11。

(3)布曲组井深2059.0~2061.0m,厚2.0m,岩性为深灰色泥质粉砂岩及灰色泥晶灰岩。气测全烃由0.161↑0.541%、C1由0.143↑0.527%,显示时钻井液相对密度为1.09。现场录井统计该显示层有13次后效,最大的一次后效气测全烃由0.024↑2.894%、C1由0.001↑2.786%,后效显示时钻井液相对密度1.28。

(4)那底岗日组井深4246.0~4253.7m,厚7.7m,岩性为灰白色钙质凝灰岩。气测全烃由0.044↑3.544%、C1由0.005↑3.35953%,显示时钻井液相对密度为1.25。钻井液相对密度提至1.44后仍然有后效,共见8次后效,最大的一次后效气测全烃由0.0421↑0.559%、C1由0.005↑0.068%,后效显示时钻井液相对密度1.32。

3.2 羌科1井烃源岩特征

羌科钻遇了多套烃源岩层,主要分布于中侏罗统布曲组和下侏罗统雀莫错组地层中。尽管从区域优质烃源岩展布预测及羌科1井最下部含气层分析,主力烃源岩发育于上三叠统巴贡组,但该井未能钻进到巴贡组,因此未能揭示羌塘盆地的最优质烃源岩。

羌科1井布曲组以碳酸盐岩特别是泥晶灰岩为主,局部夹泥岩,有利于烃源岩发育。羌科1井布曲组发育烃源岩5套,第一套为井深1143~1159m,岩性为深灰色生屑泥晶灰岩,视厚度为4m,TOC含量为0.61~1.04%;第二套为井深1216~1232m,岩性为深灰色含生屑藻砂屑泥晶灰岩,视厚度为4m,TOC含量为0.51~0.90%;第三套为井深1444~1484m,岩性为深灰色含生屑微-亮晶粉屑灰岩,视厚度为6m,TOC含量为0.67~2.99%;第四套为井深2044~2056m,岩性为深灰色含钙粉砂质泥岩,视厚度为4m,TOC含量为0.50~0.87%;第五套为井深2076~2120m,岩性为深灰色含钙粉砂质泥岩,视厚度为11m,TOC含量为0.52~0.77%。

通过羌科1井,首次在下侏罗统雀莫错组地层发现烃源岩,包括4套,第一套为井深3172~3140m,岩性为灰色泥岩,视厚度为6m,TOC含量为

0.51~0.59%;第二套为井深3284~3340m,岩性为粉砂质泥岩,视厚度为11m,TOC含量为0.51~0.56%;第三套为井深3766~3790m,岩性为深灰色泥岩,视厚度为24m,TOC含量为0.51~1.58%;第四套为井深3846~3858m,岩性为粉砂质泥岩,视厚度为12m,TOC含量为0.53~0.67%。

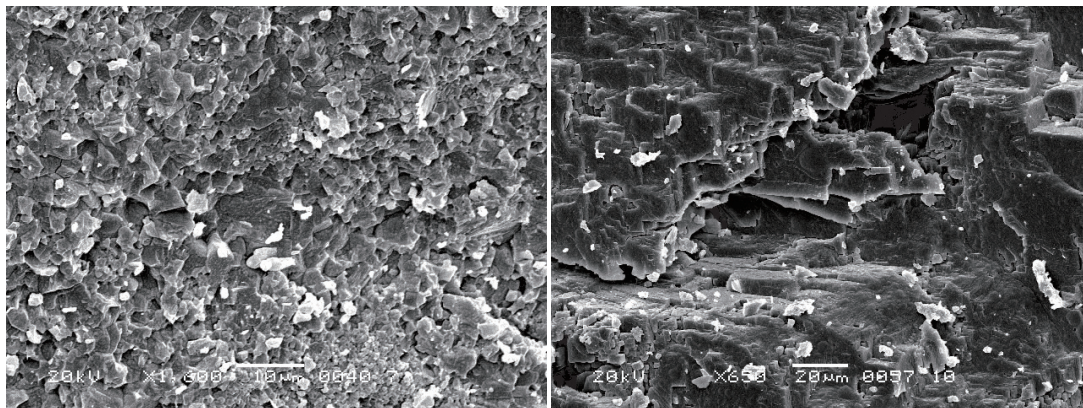
值得注意的是,雀莫错组地层在区域上以冲洪积相沉积为主,有机碳含量非常地低,羌科1井首次在雀莫错组地层中发现了烃源岩,表明了半岛湖地区的沉积环境与盆地沉降中心存在较大的差异。

尽管羌科1井仅在布曲组和雀莫错组地层中发现了多套烃源岩,而且,这些烃源岩以差的烃源岩为主,但在下部那底岗日组沉凝灰岩地层中钻遇了厚达7.7m的气测异常,通过研究表明,这些气测异

常为正常裂解气,因此,推测其气源来自下部地层,可能为上三叠统巴贡组烃源岩。我们近年来的研究表明,巴贡组泥岩是羌塘盆地的一套优质烃源岩。

3.3 羌科1井储层特征及新认识

羌科1井钻遇的多套地层中,储层类型包括裂缝、溶孔、岩性储层等。溶孔储层主要见于上三叠统那底岗日组碳酸盐岩化凝灰岩及布曲组中,裂缝型储层在各个地层中均有发育。岩性储层主要见于布曲组颗粒灰岩,包括生屑砂屑灰岩、藻灰岩、鲕粒灰岩等。孔隙类型有晶间孔及溶蚀孔,发育程度较低,孔隙比较孤立;孔隙周缘的颗粒表面有明显的溶蚀痕迹;粒状方解石晶体之间呈紧密镶嵌状接触,见个别晶间微孔隙,细晶结构方解石晶体之间呈镶嵌状接触,见晶间溶蚀孔隙(图5)。



羌科1井 布曲组 1223.4m 晶间微孔隙

羌科1井 布曲组 1224.85m 晶间溶蚀孔隙

图5 羌科1井布曲组灰岩显微镜下特征

Fig. 5 Microscopic characteristics of the Buqu Formation limestones in the QTKT1 well

物性分析结果表明,羌科1井布曲组灰岩储层孔隙度分布范围0.1%~2.4%,平均0.7%;渗透率主要分布在0.0001mD~0.2136mD,平均0.0011mD左右,属特低孔特低渗储层。

通过单井相分析,羌科1井布曲组为局限台地潮坪-泻湖相沉积。井南侧的长水河西剖面布曲组为开阔台地和局限台地沉积,其上部发育台内浅滩储层,局部发育点礁,整体储层厚度较大。地震剖面上,在羌科1井西南侧发现明显“底平顶凸、内部杂乱变振幅反射”地震异常(图6),初步推断为滩相灰岩,分布面积42.4km²。

3.4 羌科1井盖层及生储盖组合

羌科1井实钻在中侏罗统夏里组及布曲组中各发现了1套泥质岩集中发育的井段,在下侏罗统雀莫错组中发现了1套厚度较大的石膏。

在夏里组的下部即井深788~1050m钻遇泥质岩集中发育段,岩性为灰色-深灰色泥岩夹薄层白色石膏、厚度262m(图7);在布曲组中部井深1904~2105m钻遇泥质岩集中发育段,岩性为深灰色泥岩、厚度201m(图7)。该两个段地质录井资料及测井资料均证实为致密地层,具有一定的封盖性。

雀莫错组下部井深3397~3752m井段发育泻湖相白色膏岩,累厚296m,膏岩集中发育段厚270m。膏岩实验室分析孔隙度0.6~2.1%、渗透率0.0342~0.161×10⁻³μm²,岩性比较致密。

羌科1井夏里组泥质岩累厚近700m,其底部泥岩段(厚262m)在地震时间剖面上为弱反射、波阻抗反演剖面上为低阻抗特征,横向上分布较稳定(图7),可作为区域盖层;布曲组中段的泥质岩累厚201m,其在地震时间剖面上同样表现为弱反射、在波

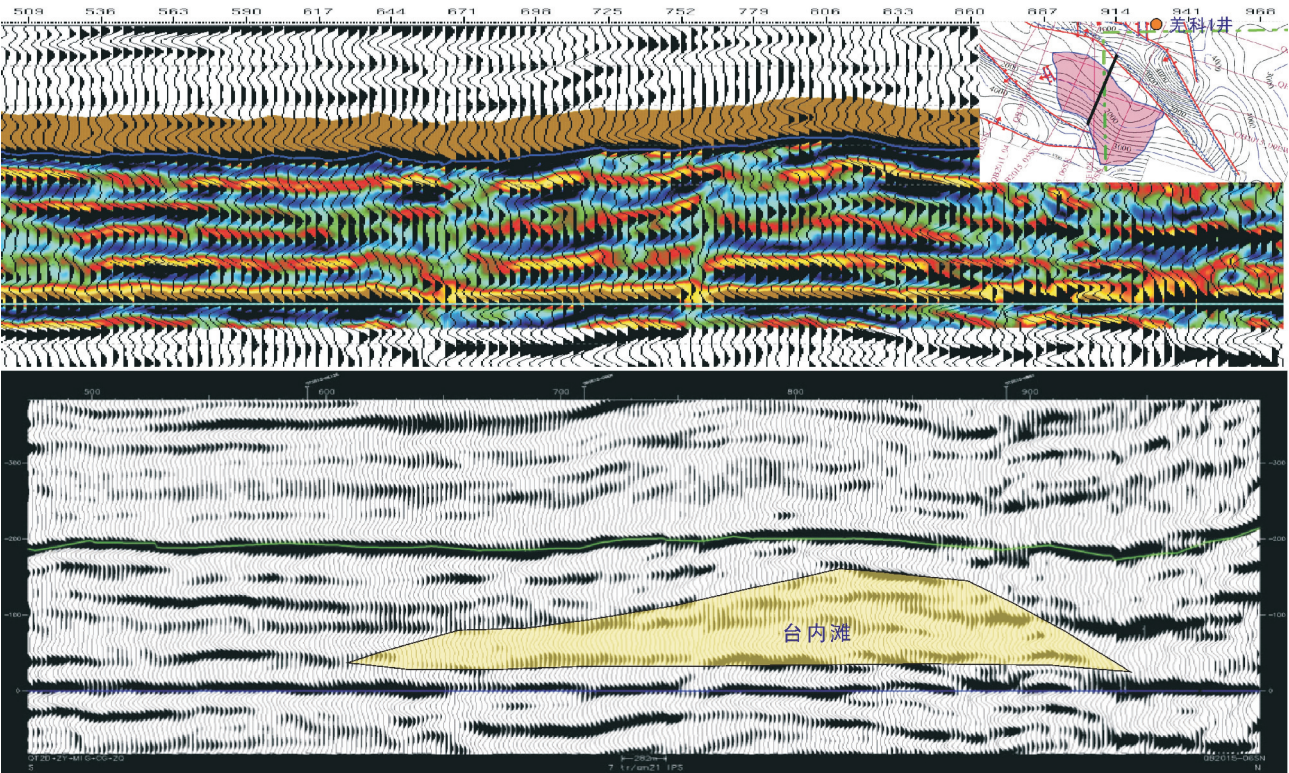


图 6 半岛湖地区布曲组地震相异常图
Fig. 6 Seismic facies anomalies of the Buqu Formation in the Bandao Lake area

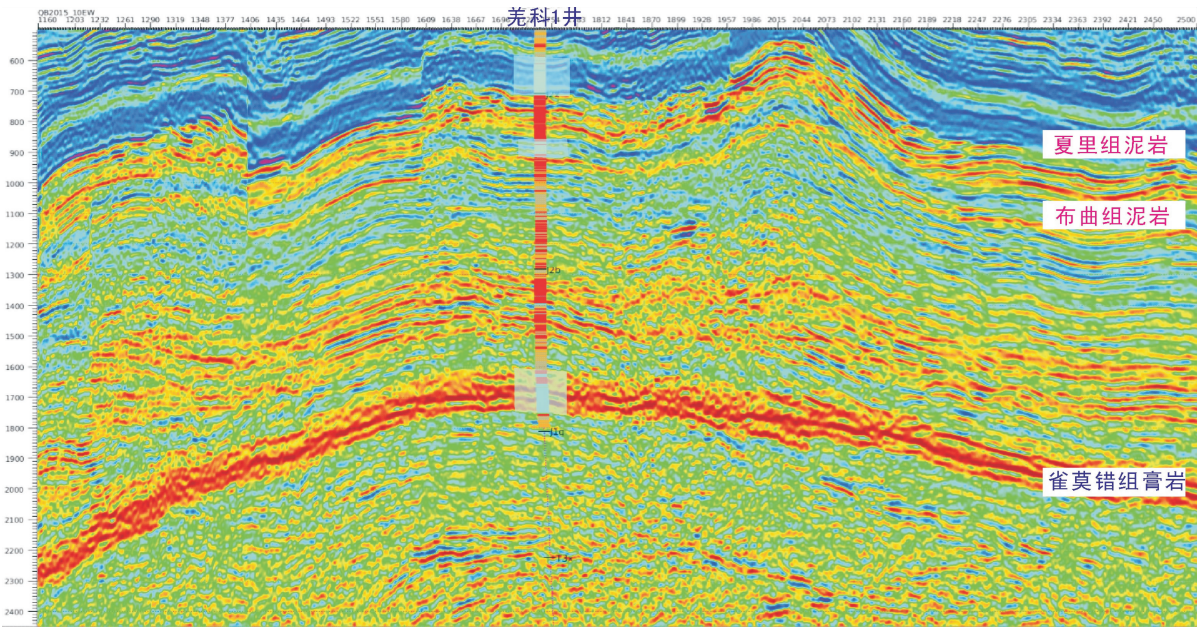


图 7 羌科 1 井盖层地震反演剖面特征
Fig. 7 Seismic inversion profile of regional caps based on the QTKT1 well

阻抗反演剖面上为低阻抗特征,横向上具有一定范围的展布,但从地震时间剖面上可看出其横向稳定性不如夏里组底部泥岩,可作为其下伏储层的直接盖层;雀莫错组膏岩累厚 296m,膏岩集中发育段厚 270m,地震反演剖面上为高阻抗特征,横向上分布较稳定,在半岛湖地区波阻抗预测膏岩厚度 290 ~ 330m,可作为下部巴贡组储层的区域盖层。

需要注意的是,在每套盖层的下部,均发现了较好的油气显示,如:在夏里组泥岩之下,发现了厚 12.3 米的气测异常层;在雀莫错组膏盐地层之下,发现了厚 7.7 米的气测异常层。依据这些主要盖层、钻井钻遇的烃源岩(或区域有效烃源岩)、储层特征等因素,建立了生储盖组合,明确了盆地有利的生储盖组合包括夏里组-布曲组、布曲组、雀莫错组-巴贡组(或巴贡组上生下储)。其中,特别是雀莫错组-巴贡组(或巴贡组上生下储)为最有利的生储盖组合。

4 结论与油气勘探建议

(1)羌科 1 井在下侏罗统时代归属方面取得了新认识,明确了羌塘中部地区存在下侏罗统,雀莫错组时代为早-中侏罗世,而不是前人归属的中侏罗世。

(2)钻井标定后在地震解译方面取得了新的进展,明确了空白反射、内部存在微弱断续同相轴的地震记录为布曲组灰岩的特征,而不是之前解译的夏里组泥岩的特征;中强振幅、中低频率杂乱反射的地层为下侏罗统雀莫错组膏岩特征。尽管如此,标定后构造的整体形态和地层层序与钻前解译结果是一致的。

(3)首次在雀莫错组中发现了烃源岩,尽管该套烃源岩属于差烃源岩,但该套烃源岩的发现表明,半岛湖地区沉积环境与盆地沉降中心存在较大的差异,依据沉积相预测,在羌科 1 井南部的坳陷区,该套烃源岩较为发育。

(4)储层分析显示,羌塘地区储层性能总体较差,但通过连井地层对比分析,岛湖地区布曲组具备台内浅滩发育条件,羌科 1 井西南侧地震剖面明显的“底平顶凸、内部杂乱变振幅反射”,分析认为是浅滩沉积。因此,羌科 1 井西南侧的浅滩沉积区可能为油气勘探的有利目标区。

(5)羌科 1 井发现 13 层气测异常,其中,3 层为

重要含气层,通过羌科 1 井标定和地震的重新联片解译,识别出了两套重要的区域性盖层和一套直接封盖层。这些成果表明,半岛湖地区油气保存条件较好,是盆地油气勘探的有利地区。

参考文献:

- [1] 王剑,丁俊,王成善,等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价[M]. 北京:地质出版社,2009,19-20.
- [2] Fu Xiugen, Wang, Jian, Tan, Fuwen, et al. Gas hydrate formation and accumulation potential in the Qiangtang Basin, northern Tibet, China. *Energy Conversion and Management*, 2013, 73, 186-194
- [3] 冯兴雷,付修根,谭富文,等. 羌塘盆地戈木错地区泥火山群沉积及浅地表地球化学特征. *沉积与特提斯地质*, 2015, 35(1):50-56.
- [4] 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.
- [5] 万友利,王剑,付修根,等. 羌塘盆地南坳陷古油藏带中侏罗统布曲组白云岩元素地球化学特征及意义. *沉积与特提斯地质*, 2018, 38, 23-35.
- [6] 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.
- [7] Fu Xiu-gen, Wang Jian, Tan Fu-wen, et al. 2010. The Late Triassic rift-related volcanic rocks from eastern Qiangtang, northern Tibet (China): Age and tectonic implications[J]. *Gondwana Research*, 17(1):135-144.
- [8] 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.
- [9] 付修根,王剑,汪正江,等. 藏北羌塘盆地菊花山地区火山岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及地球化学特征[J]. *地质论评*, 2008, 54(2):232-241.
- [10] 王剑,付修根,陈文西,等. 北羌塘沃若山地区火山岩年代学及区域地球化学对比一对晚三叠世火山-沉积事件的启示[J]. *中国科学 D 辑:地球科学*, 2008, 38(1):33-43.
- [11] 付修根,王剑,谭富文,等. 羌塘东部鄂尔陶巴组火山岩锆石 SHRIMP 年龄及其意义[J]. *地质通报*, 2009(5), 28:15-21.
- [12] 郝子文,饶荣标. 全国地层多重划分对比研究-西南区区域地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1999,120-126.
- [13] Yan Maodu, Zhang Dawen, Fang Xiaomin, et al. Paleomagnetic data bearing on the Mesozoic deformation of the Qiangtang Block: Implications for the evolution of the Paleo- and Meso-Tethys[J]. *Gondwana Research*, 2016, 39:292-316.
- [14] Fang Xiaomin, Song Chunhui, Yan Maodu, et al. Mesozoic litho- and magneto-stratigraphic evidence from the central Tibetan Plateau for megamonsoon evolution and potential evaporites[J]. *Gondwana Research*, 2016, 37:110-129.

- [15] 中国地质调查局成都地质矿产研究所. 中华人民共和国区域地质调查报告(1:25 万黑虎岭幅)[R]. 成都: 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 2005.
- [16] 贵州地质调查院. 中华人民共和国区域地质调查报告(1:25 万丁固幅)[R]. 成都: 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 2005.
- [17] 长春地质学院. 青藏地区羌塘盆地区域石油地质调查报告(蜈蚣山幅 9-45-93, 达尔沃错温幅 9-45-94)[R]. 北京: 中国石油天然气总公司勘探局青藏项目经理部, 1996.
- [18] 付修根, 王剑, 吴滔, 等. 羌塘盆地胜利河地区雀莫错组地层及其古环境. 中国地质, 2016, 37(5): 1305–1312.
- [19] Fu Xiugen, Wang Jian, Feng Xinglei, et al. Early Jurassic carbon-isotope excursion in the Qiangtang Basin (Tibet), the eastern Tethys: Implications for the Toarcian Oceanic anoxic event. Chemical Geology, 2016, 442, 62–72.
- [20] Fu Xiugen, Tan Fuwen., Feng Xinglei, et al. Early Jurassic anoxic conditions and organic accumulation in the eastern Tethys. International Geology Review, 2014, 56(12), 1450–1465.

Petroleumgeological achievements and exploration significance of the first oil and gas scientific drilling well in the Qiangtang Basin

FU Xiu-gen¹, WANG Jian¹, SONG Chun-yan², LIU Zhong-rong³

(1. School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, China; 3. Sinopec exploration company, Chengdu 610041, China)

Abstract: The Qiangtang Basin is located in central Qinghai-Tibet Plateau, which is a new oil and gas exploration area with the largest area and the lowest level of exploration in China. Oil and gas geological conditions are unclear in this basin due to lack of validation of oil and gas scientific drilling wells. Recently, QTKT1 well was drilled by Chengdu Center, China Geological Survey in the Northern Qiangtang Depression with a depth of 4696.18 m. This paper reports the petroleum geological achievements of the well. The Quemo Co Formation conformably overlies the Upper Triassic Nadi Kangri Formation in the Badao Lake area suggesting an early-middle Jurassic age. Mudstones and gypsum were well developed in the Quemo Co Formation, suggesting delta-restricted platform environments. The QTKT1 well penetrated the Quemo Co Formation source rocks firstly, although they are poor source rocks. Shoal on edge of platform was identified on the southwest of the QTKT1 well with an area of 42.4 km², where is a favorable target for oil and gas exploration in the future. Thirteen gas logging abnormal zones and two important regional caps were identified in the QTKT1 well. These data suggest that the Badao Lake area exhibit good oil and gas preservation conditions and is a favorable area for oil and gas exploration in the basin.

Key words: Oil and gas conditions; scientific drilling well; Qiangtang Basin; Seismic interpretation