

文章编号: 1009-3850(2015)01-0016-09

藏北羌塘盆地油气地质勘探新进展

付修根^{1,2}, 王 剑^{1,2}, 谭富文^{1,2}, 陈 明¹, 李忠雄¹, 陈文彬¹, 冯兴雷¹

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 四川 成都 610081)

摘要: 羌塘盆地是青藏高原最大的含油气盆地, 也是中国潜在的石油战略后备区之一。新的油气地质调查发现, 盆地内发育优质古生代烃源岩, 主要为石炭系、二叠系的暗色泥岩, 具有有机碳含量高的特征, 机质类型主要为Ⅱ₂-Ⅲ型, Ro值大多为1.50%~2.40%, 处于高成熟-过成熟阶段。前那底岗日组的古风化壳是盆地内新发现的潜在的储集层, 其覆盖于二叠系以及前人已确定的三叠系肖茶卡组地层之上。新发现的上侏罗统-下白垩世白龙冰河组泥灰岩夹膏盐、页岩是区域上较好的盖层。盆地内近年来在地表发现油气显示250余处, 其中最重要的是发现了现代天然气泄漏的泥火山, 并采集到了天然气样品。综合考虑沉积相、烃源岩、储集层、盖层、保存条件等因素, 优选了6个有利区块, 其中托纳木和半岛湖区块作为潜力目标区进行了勘探。

关键词: 羌塘盆地; 古生代烃源岩; 古风化壳; 泥火山; 天然气

中图分类号: TE121

文献标识码: A

西藏羌塘盆地位于青藏高原北部, 其所属的西藏特提斯域与波斯湾等油气富集区同处于一个大构造单元, 油气赋存条件与勘探前景一直为世界所瞩目。羌塘盆地上规模的油气调查工作始于20世纪90年代, 1993年~1998年期间, 中石油新区油气勘探事业部青藏油气勘探项目经理部在青藏高原开展了以羌塘盆地为主的地质、地球物理、地球化学等调查与研究, 取得了羌塘盆地有可能找到大型油气藏的认识^[1]。之后的几年内, 羌塘盆地的油气勘探工作基本上处于停滞状态, 直到2004年, 国土资源部启动了新一轮羌塘盆地油气专项的

调查, 该项工作一直持续到现在。通过新一轮羌塘盆地的油气调查工作, 取得了一系列新成果和新进展, 本文对这些重要的成果和进展进行了介绍。

1 地质背景

羌塘盆地位于青藏高原北部, 东经85°~95°, 北纬32°~35°, 面积22万平方公里^[2]。盆地是在前古生界结晶基底和古生界褶皱基底之上发育起来的, 以中生界海相沉积为主的一个残留盆地^[3]。盆地南界为班公湖-怒江缝合带, 北界为可可西里-金沙江缝合带(图1)。盆地内构造复杂, 具有两坳一隆

收稿日期: 2014-07-20; 改回日期: 2014-08-16

作者简介:



付修根, 男, 1976年生, 博士, 研究员, 硕士生导师。主要从事沉积学、油气地质学、非常规能源地质学研究。曾荣获青年地质科技奖-金锤奖、青藏高原青年科技奖、四川省青年科技奖。入选四川省学术和技术后备人选、首批国土资源杰出青年科技人才培养对象、首批中国地质调查局青年地质英才培养对象、四川省杰出青年学科带头人培养对象。

主持或主研国家自然科学基金项目、国家专项等21项, 合作发表专著2部。近年来, 在《International Journal of Coal Geology》、《Gondwana Research》、《Fuel》等期刊上发表专业论文109篇(第一作者46篇, 含通讯作者3篇), 其中国际SCI检索论文30篇(第一作者26篇, 国际26篇, 含通讯作者2篇)。E-mail: fuxiugen@sohu.com

资助项目: 国家自然科学基金(41172098)资助和全国油气资源战略选区调查与评价国家专项“青藏高原油气资源战略选区调查与评价”项目(XQ2009-01)

的构造格局,即北羌塘坳陷、南羌塘坳陷和中央隆起带。盆地内现今主要出露侏罗系海相沉积地层,自下而上依次为下侏罗统曲色组(J_1q)、下-中侏罗统雀莫错组($J_{1-2}q$)、中侏罗统布曲组(J_2b)、夏里组(J_2x)、上侏罗统索瓦组(J_3s)、上侏罗统-下白垩统白龙冰河组和下白垩统雪山组(J_3s)。其中,中上侏罗统具有“三砂夹两灰”的岩石组合特点^[4],即雀莫错组、夏里组和雪山组碎屑岩夹布曲组、索瓦组灰岩。而在羌塘盆地中部的中央隆起带,主要由古生

代地层构成。

新的油气地质调查发现,在羌塘盆地中央隆起带及其两侧的南、北羌塘坳陷中,上三叠统那底岗日组及其同沉积地层之下广泛发育了一古风化壳。古风化壳覆盖了石炭系、二叠系以及前人已确定的上三叠统(?)肖茶卡组地层^[5]。古风化壳之上角度不整合沉积超覆了一套火山-火山碎屑岩地层,即那底岗日组(T_3nd)火山-火山碎屑岩。羌塘中生代盆地便是在此套火山岩的基础上发育起来的。

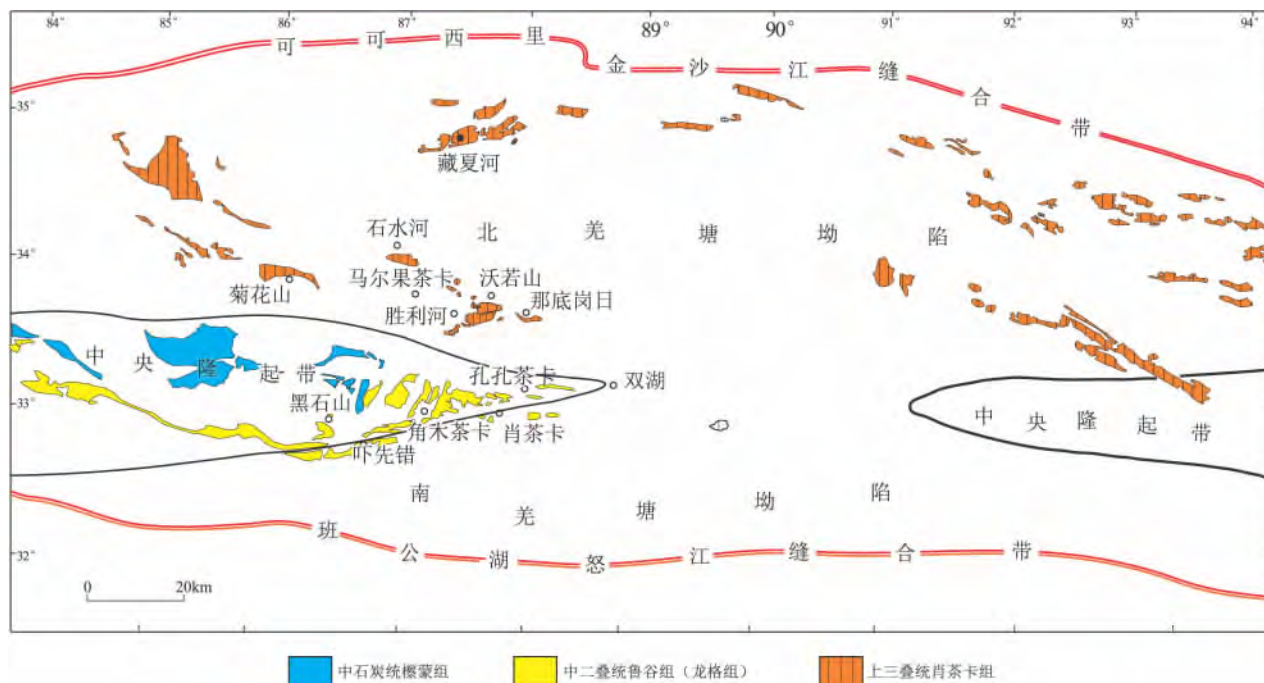


图1 羌塘盆地简略构造图以及古风化壳的分布^[5]

Fig. 1 Simplified tectonic map and distribution of the palaeo-weathering crust in the Qiangtang Basin (after Fu Xiugen et al., 2009)

2 羌塘盆地的烃源岩

前人的研究表明,羌塘盆地发育有12套烃源岩,但以中上侏罗统和上三叠统烃源岩层在盆地内分布最广,厚度最大^[6]。前人评价的烃源岩中,以中侏罗统布曲组灰岩为最有利烃源岩,其次为晚三叠世的泥岩及灰岩,而侏罗系的其它烃源岩具有有机碳含量低的特征,显示为较差-中等的烃源岩^[2]。事实上,近年来的调查显示,羌塘盆地侏罗系优质烃源岩在盆地内分布局限,优质碳酸盐岩烃源岩仅分布于盆地次级构造凹陷。根据近年来的取样结果分析,这些碳酸盐岩烃源岩有机碳含量大多小于0.5%,与前人评价的优质烃源岩存在一定的差异。

值得注意的是,近年来在古生代烃源岩的研究上取得了一定的进展。长期以来对羌塘盆地石油

地质条件的研究主要集中于中生代地层,而对古生代地层石油地质条件的研究相对较少。这是由于古生代地层在羌塘盆地出露较少,出露范围有限,因而对其生烃潜力缺乏有效的认识。

在2011年的野外地质调查中,首次在羌塘盆地角木茶卡地区二叠系地层中发现油气显示,并在钻井过程中在二叠系地层中也发现了大量的干沥青和液态油包裹体(图2b,c),油源对比显示,烃源岩来自于二叠系泥岩。这些结果表明,羌塘盆地二叠系曾经发生过油气的产生、运移和聚集,这对于重新认识古生代地层的石油地质特征具有重要意义。在之后的研究中,我们对盆地内古生界的7条地质剖面的烃源岩进行了详细的调查。

根据取样结果分析,羌塘盆地石炭-二叠系可能的烃源岩类型为暗色碳酸盐岩、暗色泥岩,其发

育与分布主要受沉积环境的控制,厚度变化较大。羌塘盆地东部和中部石炭系暗色泥岩较发育,尤以东部刻莫地区的石炭系杂多群、中部的孔孔茶卡地区的擦蒙组为典型。整体上,石炭系暗色泥岩不是十分发育,出露的残余厚度一般为20~80m,而平均厚度仅为60m。石炭系暗色灰岩分布更局限,仅在羌塘盆地热觉茶卡西部的瓦垄山一带,厚度在200m

左右。二叠系暗色泥岩则主要分布在羌塘盆地东部开心岭-90道班-雀莫错贡日乡一带,羌塘盆地中部的角木茶卡、热觉茶卡一带,以及羌塘盆地北坳陷北缘的乌兰乌拉湖东部一带,出露的厚度一般为10~200m,平均厚度为160m。二叠系暗色灰岩主要分布在羌塘盆地中部的依布茶卡-肖茶卡一带,厚度在100m以上。

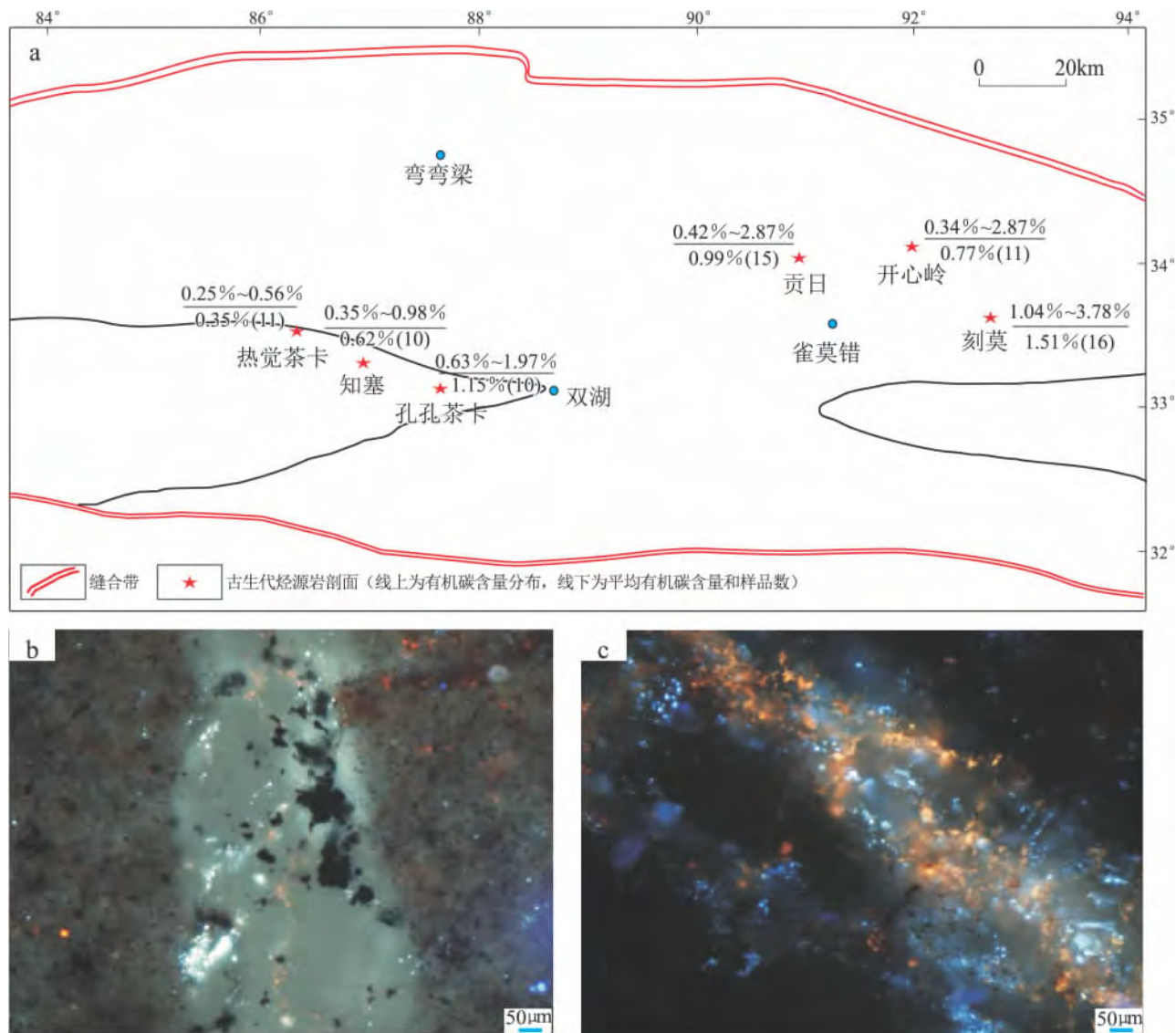


图2 羌塘盆地古生代烃源岩调查剖面(a)及井下二叠系地层中发现的液态油包裹体(b、c)(蓝白色、深黄色)

Fig. 2 Measured sections of the Palaeozoic source rocks in the Qiangtang Basin (a) and liquid oil inclusions (b and c, blueish white and dark yellow) found in the wells through the Permian strata

对有机碳含量进行了测试,石炭系一共测试了34组样品,其中泥岩样品26件,灰岩样品8件,其有机碳含量分布范围为0.01%~3.78%(表1)。在羌塘盆地中部的孔孔茶卡地区,其泥岩样品有机碳含量为0.63%~1.97%,平均1.15%(表1),除1件为非烃源岩外,其余样品大部分为中等-好烃源

岩。在羌塘盆地东部的刻莫地区,其泥岩样品有机碳含量为1.04%~3.78%,平均1.51%(图2a,表1),均为好烃源岩。在羌塘盆地中部热觉察卡地区,瓦垄山组灰岩测试的8件灰岩样品有机碳含量为0.01%~0.12%,平均0.04%(表1),仅1件样品达到烃源岩标准,说明其生烃能力差。二叠系烃

源岩一共测试了 55 件样品,其中煤 8 件。在羌塘盆地中央隆起带附近的知塞剖面,有机碳含量为 0.35%~0.98%,平均 0.62%(图 2a,表 1),总体为差-中等烃源岩。在热觉察卡剖面,有机碳含量为 0.25%~0.56%,平均 0.35%(图 2a,表 1),总体为非-差烃源岩。在东部开心岭一带,有机碳含量为 0.34%~1.28%,平均 0.77%(图 2a,表 1),总体为中等-好烃源岩。在雀莫错贡日乡,有机碳含量为 0.42%~2.87%,平均 0.99%(图 2a,表 1),总体为中等-好烃源岩。综上所述,不管石炭系还是二叠

系,灰岩的有机碳含量低,基本没有生烃能力。泥岩有机碳含量较高,除热觉察卡地区泥岩外,基本都具有较好生烃能力,为中等-好烃源岩。

另外,我们还对这些古生代烃源岩的有机质类型和成熟度进行了研究,结果显示,盆地内石炭-二叠系烃源岩有机质类型主要为Ⅱ₂-Ⅲ型。在盆地中部,这些烃源岩 Ro 值大多为 1.50%~1.98%,总体处于高成熟阶段,而在盆地东部地区,Ro 值大多为 2.00%~2.40%,总体处于过成熟阶段。

表 1 羌塘盆地古生代烃源岩有机质丰度统计表
Table 1 Statistics of the total organic carbon contents (%) in the Palaeozoic source rocks in the Qiangtang Basin

剖面	层位	岩性	TOC (%)		氯仿沥青 A 含量 (%)		(S ₁ +S ₂) (mg·g ⁻¹)	
			分布范围	平均值	分布范围	平均值	分布范围	平均值
孔孔茶卡	C ₂ c	泥岩	0.63~1.97	1.15(10)	0.0010~0.0053	0.0026(10)	0.0040~0.4427	0.1296(10)
刻莫剖面	C ₁ s	泥岩	1.04~3.78	1.51(16)	0.0079~0.0325	0.0150(16)	0.3512~1.3607	0.5545(16)
瓦垄山组	C _{1-2w}	灰岩	0.01~0.12	0.04(8)	0.0276	0.0276(1)	0.23	0.23(1)
热觉察卡	P ₃ r	泥岩	0.25~0.56	0.35(11)	0.0021~0.0428	0.0091(11)	0.0100~0.4132	0.1134(11)
开心岭	P ₃ n	泥岩	0.34~1.28	0.77(11)	0.0014~0.0336	0.0069(11)	0.4372~0.6744	0.5329(11)
	P ₃ n	煤	4.74~76.16	40.57(8)	0.0154~0.0493	0.0266(8)	0.4292~4.1021	2.0633(8)
知塞剖面	P ₃ z	泥岩	0.35~0.98	0.62(10)	0.0142~0.0849	0.0353(10)	0.6077~0.8311	0.6901(10)
贡日剖面	P ₃ n	泥岩	0.42~2.87	0.99(15)	0.0033~0.0124	0.0065(15)	0.1445~0.3424	0.1973(15)

3 羌塘盆地的储集层

羌塘盆地的储集层总体具有产出层位多、分布面积广、厚度大、岩性类型复杂、物性特征差、孔隙类型和孔隙结构多变等特点。事实上,羌塘盆地的优质储集层较少,目前发现的优质储集层主要为中侏罗统布曲组的白云岩。但这些白云岩分布局限,主要见于南羌塘地区,而羌塘盆地目前发现的最大规模的古油藏带就产出在这些白云岩中。

近年来,在羌塘盆地油气勘探中,发现了另外一些储集类型,如在上三叠统(?)肖茶卡组顶部发现的古风化壳。剖面露头上,古风化壳四层结构明显,上部为皮壳层,厚度数厘米至数十厘米,溶沟或溶槽发育,该层中仅见少量的溶蚀角砾,角砾间为钙质胶结。皮壳层之下为溶蚀角砾层,厚度为数十厘米至两米左右,溶蚀角砾发育,角砾成分单一,主要为下覆地层灰岩,具明显的溶蚀特征。角砾层之下为过渡层,该层中的角砾明显偏大,角砾溶蚀程度更低。基岩位于过渡层之下,与风化壳层呈渐变过渡关系,但与古风化壳之间在颜色、岩性、结构、致密程度等上存在较大的差异。这些古风化壳覆盖了石炭系、二叠系以及前人已确定的三叠系肖茶

卡组地层,具有区域性展布的特点。

古生代白云岩储集层也是近年来新发现的储集类型。这些白云岩主要见于中央隆起带,发现于 QZ-5 井中,以粉-细晶白云岩为主。白云岩的孔隙类型主要为晶间孔、晶间溶孔、晶内溶孔和构造裂缝。晶间孔的孔隙非常细小,仅在扫描电镜下可发现晶间孔非常发育,孔隙呈密集的多面体蜂巢状,连通性较差。晶内溶蚀孔大小为数微米,这类孔隙初始溶蚀一般沿节理缝隙进行,在环带白云石晶体中含杂质的核心部分溶蚀较强,而增生的亮晶环边溶蚀弱。白云岩的主要储集空间是晶间溶孔和构造裂缝,镜下观察显示,这些储集空间所占比例大于 60%。白云岩中见到的沥青和含油包裹体也主要沿这些储集空间分布(图 2b,c)。

除上述储集层外,近年的油气勘探中,还在羌塘盆地北部的半岛湖地区发现了礁灰岩型储集层。这些礁灰岩分布较为局限,主要见于半岛湖地区,并且具有规模较小的特点,以点礁为主,面积大多小于 1 km²。

4 羌塘盆地的盖层与构造保存条件

羌塘盆地存在多套盖层,有利的岩石类型包括

泥岩、膏盐岩、致密灰岩。前人的综合评价显示,北羌塘坳陷的西南部和东部为最有利盖层分布区;北羌塘坳陷的中、北部和南羌塘坳陷的毕洛错-昂达尔错一带为有利区^[6]。事实上,据近年来的浅钻资料分析,南羌塘坳陷毕洛错-昂达尔错地区的盖层条件较差。在毕洛错地区,钻探了两口浅钻工程,结果显示,该地区推覆构造较为明显,在钻探的 600m 范围内,构造极为发育,这些断裂构造具有明显的破坏作用,而不具有封闭作用。另外,在昂达尔错地区,钻探了 3 口浅钻,结果显示,在钻探至 300 ~ 400m 范围内遇到明显的破碎带,并且岩层较陡,显示保存较差的特征。

上述钻探井结果表明,羌塘盆地的油气地质保存条件需要重新评价,盖层受后期构造的破坏作用需要更多地考虑。值得注意的是,近年来,我们在北羌塘坳陷油气保存条件的勘探中取得了一些新的成果和认识。在北羌塘坳陷发现了一套厚度较大的油页岩(图 3a)及膏盐(图 3b)沉积,通过 Re-Os

同位素定年显示,这些油页岩及膏盐 Re-Os 同位素等时线年龄为 101 ± 24 Ma。另外,油页岩中的孢粉化石组合也显示为晚白垩世的化石组合特征。在油页岩沉积顶部,普遍发育了一套厚度大于 348.68 m 的膏盐、泥灰岩沉积^[7]。膏盐是已被实践所证实了的优质盖层,具有孔隙度、渗透率较低的特点,从探槽剖面所发现的膏盐层来看,膏盐层最大厚度达 188.38 m,由此可见,这些膏盐层可单独作为较好的盖层。另外,含膏盐灰岩以泥灰岩为主,这些泥灰岩大多具有低孔低渗的特征,膏盐、灰岩一起构成了较好的盖层。区域上,这套膏盐、灰岩层也具有一定的区域性展布,主要发育于北羌塘坳陷的中部和西部地区。这套膏盐、灰岩层的发现表明,上侏罗统索瓦组地层之上,羌塘地区仍然沉积了一套较好的盖层,这套盖层封盖了之下的含油气系统,这对于正确评价羌塘盆地油气资源潜力无疑具有重要意义。

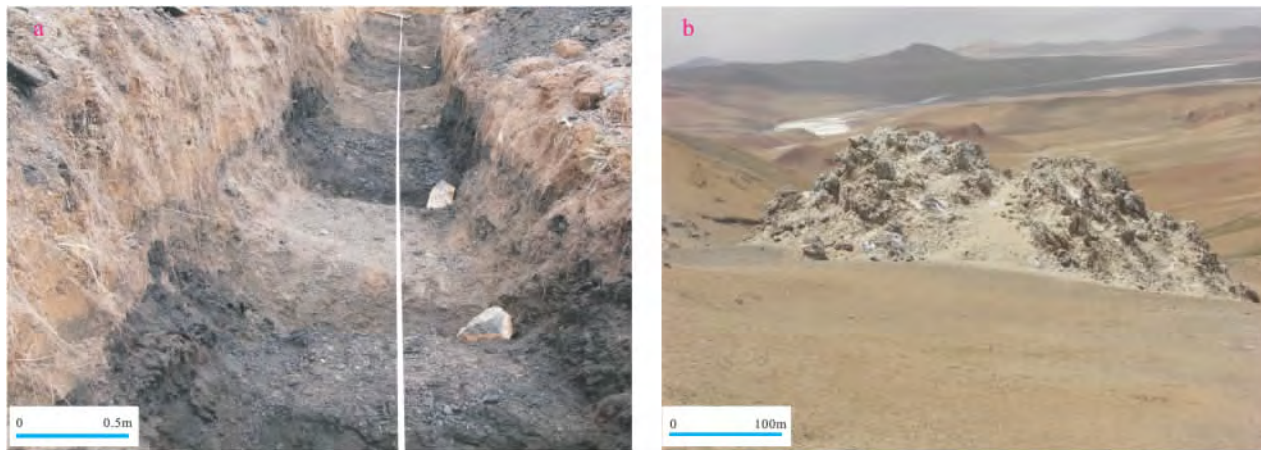


图3 北羌塘坳陷发现的白垩系油页岩(a)及膏盐(b)沉积

Fig. 3 The Cretaceous oil shales (a) and gypsum (b) in the northern Qiangtang Basin

5 羌塘盆地的油气显示

近年来在羌塘盆地地表已发现油气显示 250 余处、发现受破坏的两亿吨级大型古油气藏 1 处,其中液态油苗点 4 处,天然气显示 1 处。这些油气显示中大多为沥青,以干沥青为主。值得注意的是隆鄂尼-昂达尔错古油藏带,该带东西向展布大于 100 km,出露宽度 50 km,在该古油藏西部的毕洛错地区实施了一口浅钻工程,地下灰岩溶洞中发现了液态油苗显示。另外,中石油在该白云岩带部署了约 20 口油砂勘探浅钻工程,发现了具有较高含油率的油砂。

喷呐湖现代天然气泄露区是近年来在羌塘盆地最重要的油气发现,这些天然气沿泥火山口喷发,并残留于泥火山的泥浆中。羌塘盆地泥火山目前已发现多处,包括中央隆起带的望湖岭南北两侧地区、改则县布尔嘎错-才玛尔错地区和北羌塘南部的喷呐湖地区。但是以往发现的这些泥火山均为已经喷发过的泥火山,泥火山口未见任何气体。2013 年,羌塘盆地喷呐湖地区发现了现代天然气泄漏形成的活动泥火山群。通过对泥火山喷出的泥浆分析表明,泥浆中吸附烃类气体以甲烷为主,其含量达 $459 \sim 2279 \mu\text{L}/\text{kg}$,而背景值甲烷的含量仅为 $0.17 \sim 2.88 \mu\text{L}/\text{kg}$,碳同位素分析显示,这些甲

烷的碳同位素为 $-47.2‰ \sim -45.0‰$,显示热解成因气的特征,并非浅层生物气。另外,这些天然气在野外现场收集后能够直接点燃。

喷呐湖地区发现的活动泥火山群与断裂构造密切相关。断裂切穿了深部气源岩,成为天然气运移的有利通道,同时,这些封闭性相对较好的断裂

又是天然气储存的有利空间。之前,在羌塘盆地中央隆起带北侧褶皱冲断带上角木茶卡发现软沥青和轻质油苗;在那底岗日西侧发现现代油浸砂。这些新发现表明,目前盆地内仍然存在有利油和气的保存区,沿中央隆起带周缘,特别是北部褶冲带,有望取得天然气勘探的突破。

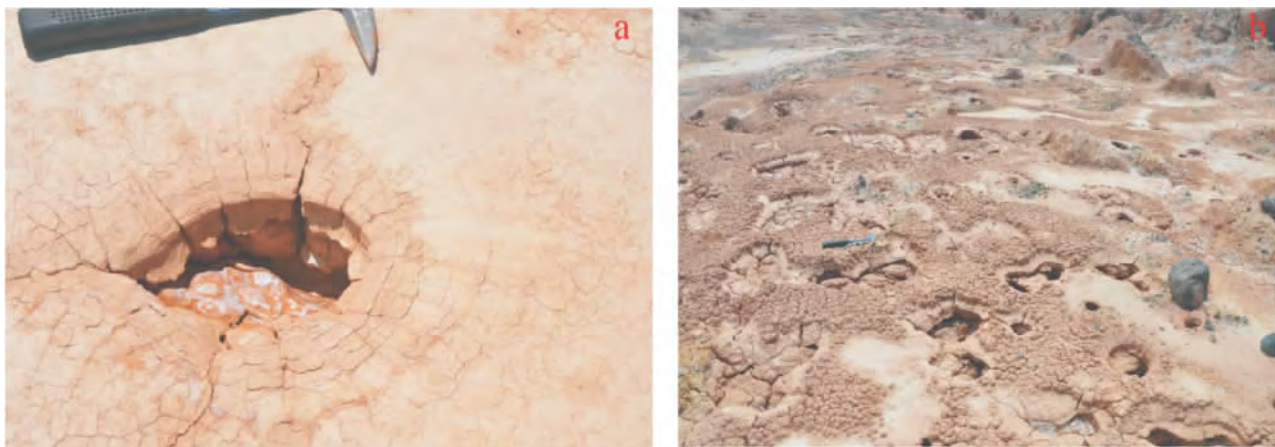


图4 羌塘盆地喷呐湖地区发现的现代天然气泄漏形成的活动泥火山

Fig. 4 Modern active mud volcanoes generated by the natural gas seepage in the Suona Lake area, Qiangtang Basin

6 羌塘盆地油气区块勘探

羌塘盆地有利区块的优选主要依据地表地质资料,并结合地球物理、地球化学勘探结果。首先,根据生油层的厚度、有机质含量、有机质类型、热演化程度等平面叠置优选出盆地有利生油区带;根据储层厚度、孔隙度、渗透率等平面叠置优选出盆地有利储层区带;根据盖层的分布特征及优质石膏盖层的分布区域,优选出盆地有利盖层分布区带。其次,根据有利生油层区带、有利储层区带、有利盖层区带的相互叠置,优选出盆地有利生-储-盖区带。第三,根据盆地圈闭的发育程度、基底特征、古地理位置与有利生-储-盖区带的结合,优选出盆地有利油气地质条件区带及区块。第四,根据盆地断层特征、岩浆岩分布及规模、地下泉水活动情况、盆地抬升剥蚀状况等综合研究,优选出盆地有利保存区带。最后,根据盆地有利油气地质条件区带及区块与有利保存区带的平面叠置,最终优选出盆地有利油气资源勘探潜力的区带及区块^[6]。

根据上述优选思路和优选因素,将羌塘盆地油气资源潜力优选出6个远景区带,并进一步优选出光明湖-沙土湾湖区、半岛湖区、托纳木区块为最有利区块,金星湖区、龙尾湖区、长湖区、达卓玛区块为有利区块。新一轮油气专项重点对

托纳木区块和半岛湖区进行了地球物理、地球化学勘探,在深部油气构造保存条件上取得了重要成果。

6.1 托纳木区块

区块位于北羌塘凹陷的中南部,交通条件较好,大地构造上位于托纳木藏布凹陷和达尔沃玛湖凸起之上,为有利油气聚集区^[6]。区内出露地层为上侏罗统索瓦组、雪山组和新生代地层。区内背斜发育,背斜核部地层为索瓦组,翼部地层为雪山组,两翼倾角大致为 $20^\circ \sim 30^\circ$,轴面近直立,最大背斜面积积达 96km^2 。断层主要有两组,呈北东向和北西向延伸,为逆冲断层(图5)。

区块内有利烃源岩包括上三叠统肖茶卡组泥岩和下一中侏罗统雀莫错组泥岩。肖茶卡组泥岩厚度大于 100m ,有机碳含量大于 0.4% ,热演化程度 R_o 为 $1.3\% \sim 2.0\%$;雀莫错组泥岩厚度大于 50m ,有机碳含量平均值大于 0.4% 。该区块最有利的条件是发现了厚度大于 1700m 的晚侏罗世-早白垩世地层,主要为一套泥晶灰岩、泥灰岩夹膏盐、泥岩的组合,是区块内最有利的盖层,覆盖了之下的含油气系统。从在该区块实施的浅钻结果分析,这套盖层基本没有受到后期构造的影响。

区块内目前开展了一定规模的二维反射地震调查工作,部分重点区域达到了 4×8 的密度。通过

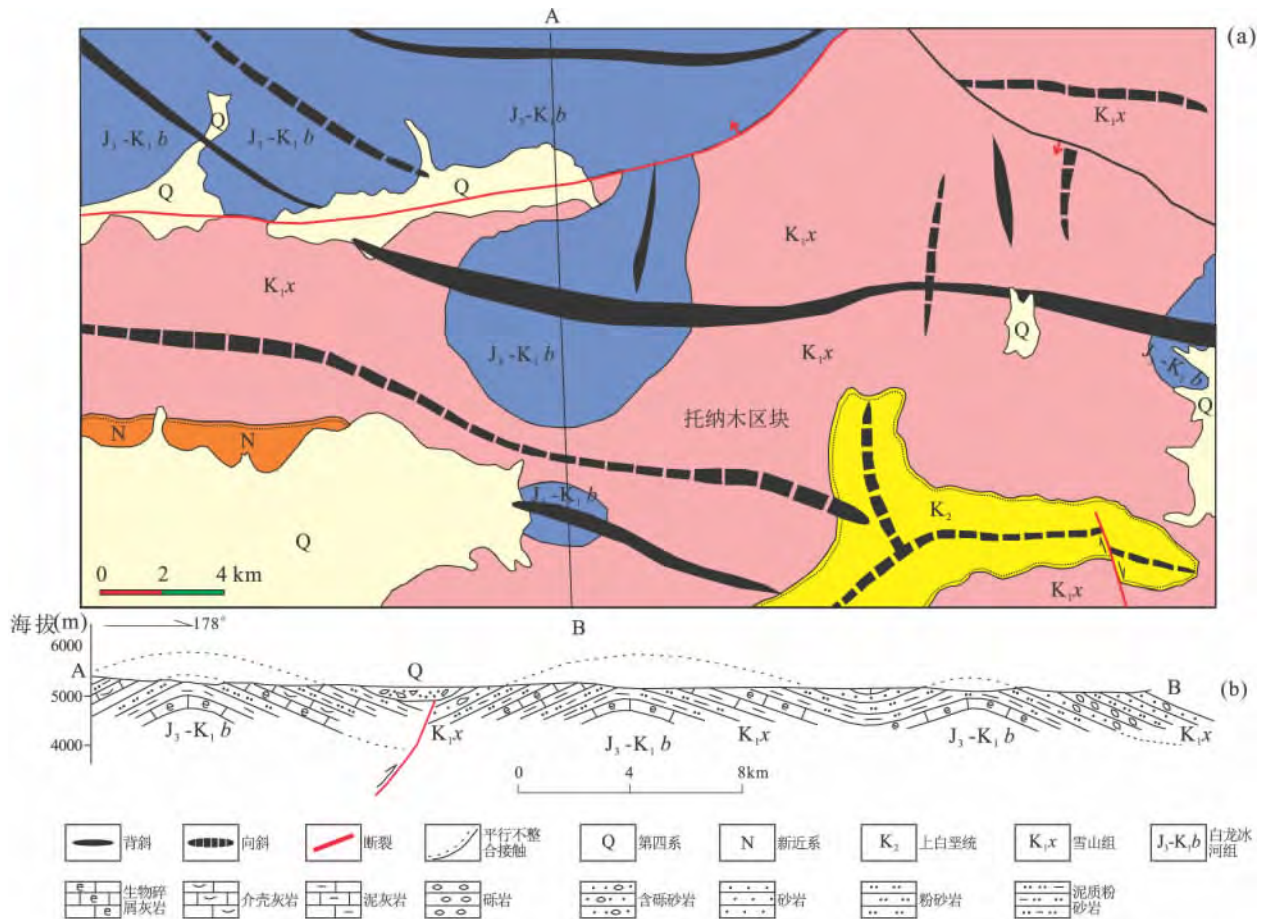


图5 托纳木区块地质图(a)及剖面图(b)

Fig. 5 Simplified geological map (a) and section (b) in the Tuonamu area, Qiangtang Basin

地震的连片解释,发现了5个较好的构造圈闭。结合在该区块开展的地球化学、微生物调查、非震地球物理资料,优选出3个有利构造作为下一步油气突破勘探的目标。

6.2 半岛湖区块

半岛湖区块位于北羌塘坳陷的中南部,在大地构造位置上位于吐波错深凹陷、龙尾湖凹陷和白滩湖深凹陷之间交汇的半岛湖凸起之上^[6]。地表出露地层以上侏罗统索瓦组,上侏罗统-下白垩统白龙冰河组 and 新生代地层为主,少量出露中侏罗统夏里组。

区内主力烃源岩为布曲组灰岩,厚度大于400m。有机碳含量大于0.2%,有机质类型为I-II₁,成熟度Ro为1.3%~1.5%。除了该套烃源岩之外,之下还覆盖了晚三叠世泥质烃源岩,有机碳含量大于1%,厚度大于50m。该区块在构造保存条件上与托纳木区块相似,区内发现了厚度大于590m的晚侏罗世-早白垩世地层,以泥灰岩、泥岩夹膏盐为主,形成了较好的区域性盖层。

区内地表发育多个背斜,而地下则组成规模

更大的复式背斜^[2],这为大型油气田的形成准备了储集空间。背斜构造主要定型于燕山中晚期,而各组合生油岩的生油高峰期多在燕山期或之后。如雀莫错组烃源岩在晚侏罗世(J₃s末期,约148Ma)达到生油高峰期,在144Ma开始进入湿气期,此后一直为生油高峰-湿气阶段,大约在20Ma左右进入干气期,因此油气生成与背斜圈闭的形成时限配套良好,利于油气成藏。此外,区内可能存在生物礁圈闭,这些生物礁圈闭发生于生烃之前,对油气成藏极为有利。区块及周围见地下隐伏断裂,这些断裂可能成为油气运移通道,有利于油气成藏。

区内目前也开展了一定规模的二维反射地震调查工作,其密度为10×10。通过地震的连片解释,发现了3个较好的构造圈闭。结合在该区块开展的地球化学、微生物调查、非震地球物理资料,优选出两个有利构造作为下一步油气突破勘探的目标。

7 结论

(1) 羌塘盆地具有好的油气勘探潜力。除了前

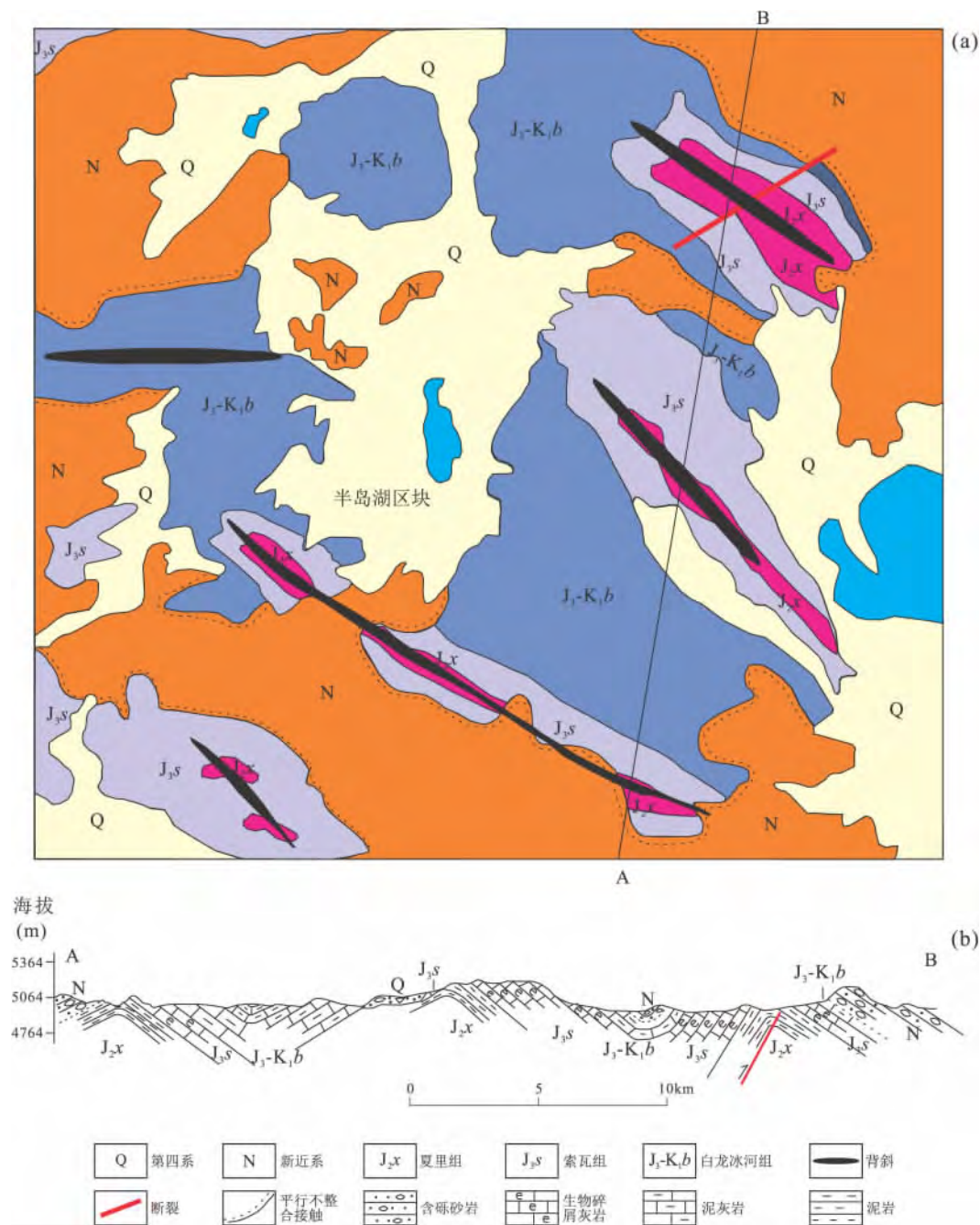


图6 半岛湖区块地质图(a)及剖面图(b)

Fig.6 Simplified geological map (a) and section (b) in theBandao Lake area ,Qiangtang Basin

人评价的中生代烃源岩之外,盆地内还发育古生代烃源岩。这些烃源岩大多具有有机碳含量较高的特征,机质类型主要为Ⅱ₂-Ⅲ型,Ro值大多为1.50%~2.40%,处于高成熟-过成熟阶段。

(2) 盆地内储集层以致密储集层为主,新发现的具有区域性展布的前那底岗日组古风化壳可以作为潜在的储集层。上侏罗统-下白垩统白龙冰河组泥灰岩夹膏盐、页岩具有较好的封盖性,封盖了之下的含油气系统。

(3) 喷呐湖现代天然气泄露区是近年来羌塘盆

地最重要的油气发现,这些天然气沿泥火山口喷发,并残留于泥火山的泥浆中。这些新发现表明,目前盆地内仍然存在有利油和气的保存区。

(4) 对羌塘盆地石油地质条件进行了综合评价,优选出光明湖-沙土湾湖区块、半岛湖区块、托纳木区块为最有利区块;金星湖区块、龙尾湖区块、长湖区块、达卓玛区块为有利区块。

参考文献:

- [1] ZHAO Z Z, LI Y T. Conditions of petroleum geology of the Qiangtang Basin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Geologica Sinica* 2000, 74(3): 661–665.
- [2] 王剑, 丁俊, 王成善, 等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评[M]. 北京: 地质出版社, 2010. 1–650.
- [3] 黄继钧. 羌塘盆地基底构造特征[J]. *地质学报*, 2001, 75(3): 333–337.
- [4] 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, 12(6): 586–591.
- [5] 付修根, 王剑, 吴滔, 等. 藏北羌塘盆地大规模古风化壳的发现及其意义[J]. *地质通报*, 2009, 28(6): 696–700.
- [6] 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. 35–47.
- [7] 王剑, 付修根, 李忠雄, 等. 北羌塘盆地油页岩形成环境及其油气地质意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 2010, 30(3): 11–17.

Recent progress in oil and gas geological exploration in the Qiangtang Basin, northern Xizang

FU Xiu-gen^{1,2}, WANG Jian^{1,2}, TAN Fu-wen^{1,2}, CHEN Ming¹, LI Zhong-xiong¹, CHEN Wen-bin¹, FENG Xing-lei¹

(1. *Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China*; 2. *Key Laboratory for Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China*)

Abstract: The Qiangtang Basin lies as the largest petroleum basin on the Qinghai-Xizang Plateau and a potential strategic reserve area for petroleum exploration in China. Our results of recent petroleum geological survey in the Basin show that the excellent Palaeozoic source rocks mostly composed of the Carboniferous and Permian dark mudstones are characterized by higher contents of organic carbon, with the II₂ to III types of kerogen in organic matter, and maturities Ro values ranging between 1.50% and 2.40%, indicating the stages of oil-window maturity to overmaturity. The palaeo-weathering crust within the formerly Nadigangri Formation is believed to be the newly-discovered potential reservoir rocks in the Basin, which are overlain upon the Permian and formerly Triassic Xiaochaka Formation strata. The newly-discovered Upper Jurassic–Lower Cretaceous Bailongbing River Formation marls intercalated gypsum and shales are considered to be good seal rocks in the Basin. More than 250 sites of oil and gas showings have been distinguished in the Mesozoic formations in the Basin in recent years. Best of all, a large number of modern active mud volcanoes generated by the natural gas seepage have also been recognized in the northern Qiangtang Basin where the gas samples were collected. In the light of sedimentary facies, source rocks, reservoir rocks, seal rocks and preservation of oil and gas resources, six hydrocarbon exploration prospects are delineated, and the Tuonamu and Bandao Lake areas are selected as the potential targets for future petroleum exploration in the Qiangtang Basin.

Key words: Palaeozoic source rock; palaeo-weathering crust; mud volcano; natural gas; Qiangtang Basin