

西藏措勤盆地中生界生储盖特征和含油气远景评价

魏玉帅^{1,2}, 王成善^{1,2}, 李亚林^{1,2}, 朱利东³, 王立成^{1,2}

WEI Yu-shuai^{1,2}, WANG Cheng-shan^{1,2}, LI Ya-lin^{1,2}, ZHU Li-dong³, WANG Li-cheng^{1,2}

1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;
2. 中国地质大学青藏高原地质研究中心, 北京 100083;
3. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. Research Center for Tibetan Plateau Geology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
3. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan China

摘要:措勤盆地是青藏高原仅次于羌塘盆地的海相含油气盆地。根据近年来新取得的资料,结合前人的研究成果,对中生代措勤盆地的生储盖层特征进行了综合研究。结果表明,措勤盆地中生界存在 3 套烃源岩,郎山组灰岩有机质丰度低,以 I 型干酪根为主,处于成熟阶段;多尼组川巴段泥质岩有机质丰度较高,多为 II 型干酪根,达到高成熟—过成熟阶段;而接奴群泥质岩有机质丰度低,为 III 型干酪根,达到高—过成熟阶段。新发现的雪上勒、革吉和弄瓦 3 处白云岩是盆地内优良的储层;多尼组泥质岩和郎山组灰岩可作为区域优良的盖层。中生界存在着郎山组和多尼组 2 套自生自储自盖的组合,且多尼组合更优。另外,盆地北部中生界目的层大片出露,保存条件较差,建议下一步勘探考虑深部上古生界目的层。

关键词:烃源岩;储层;盖层;远景评价;中生界;措勤盆地

中图分类号: P534.5; P618.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2011)10-1575-12

Wei Y S, Wang C S, Li Y L, Zhu L D, Wang L C. Characteristics of Mesozoic source-reservoir-cap rock association and hydrocarbon prospect evaluation in the Coqen basin, Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(10):1575-1586

Abstract: Located in central Tibetan Plateau, the Coqen basin is the second largest marine hydrocarbon-bearing basin in Tibet Plateau, covering an area of 140000 km². Data obtained in recent years were combined with previous studies to investigate the characteristics of source rock, reservoir, and cap rocks. The results show that total organic carbon (TOC) content in limestone of Langshan Formation is very low. The organic matters were composed of type I kerogen and have reached the mature stage. The argillaceous rocks of Chuanba Member of Duoni Formation contain higher TOC and are composed mostly of type II kerogen which has reached the high mature to over mature stage. The TOC content of argillaceous rocks in Jienu Group is lower. The organic matter is mainly type III kerogen at the high mature to over mature stage. The newly discovered dolomites located in Xueshangle, Geji and Nongwa show excellent reservoir capability characterized by low porosity and low permeability, with the development of some medium porosity and permeability reservoirs. Regionally, mudstone of Duoni Formation and limestone of Langshan Formation have good sealing properties as the cap rocks. Therefore, there exist two source-reservoir-cap rock assemblages characterized by self-source, self-reservoir and self-sealing. However, Mesozoic exploration targets are extensively exposed and poorly preserved. It is suggested that the Upper Paleozoic target strata should be considered as the next exploration objects.

Key words: source rock; reservoir; cap rock; prospect evaluation; Mesozoic; Coqen basin

收稿日期:2011-04-12;修订日期:2011-09-06

资助项目:国家自然科学基金项目《青藏高原措勤盆地白垩纪中期构造事件及其油气地质意义》(批准号:41172129)和中国地质调查局全国油气资源战略选区调查项目《青藏高原羌塘外围重点海相盆地优选与综合评价》(编号:XQ2004-06)

作者简介:魏玉帅(1975-),男,博士,副教授,从事青藏高原石油地质和沉积学研究。E-mail: cduwys@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

青藏高原位于全球油气产量最高、储量最丰富的特提斯含油气构造域东段^[1],高原内广泛发育了一系列不同时代、不同构造背景和沉积环境的含油气盆地。其中大面积分布的海相中生界沉积是多年来国内外地质界密切关注的热点^[2],并以其规模大、生油条件好、资源潜力大成为中国油气勘探的新领域^[3],被列入了国家油气资源战略选区,已经开展了第二轮的油气资源调查。

措勤盆地是青藏高原除羌塘盆地以外石油地质研究程度最高的海相盆地,其面积、规模和生烃条件仅次于羌塘盆地^[2-4]。措勤盆地油气地质调查工作始于 1956 年^[5],但一直到 90 年代初以前,都只是开展了零星的工作。1960 年在改则县东南部夏康坚雪山东侧发现了油气显示。1978 年《西藏石油地质》报道夏康坚雪山两侧海相白垩系具有较好的生油性能,也曾见到含沥青的动物化石^[6]。1979 年在措勤盆地东端当惹雍错以南的白垩系中发现了轻质沥青^[7]。自 1995 年开始,措勤盆地的石油地质工作正式拉开了大幕。原中国石油青藏项目经理部分别于 1995 年和 1996 年开展了 4 条石油地质路线调查。1997 年,又组织开展了 3 个区块的 1:5 万遥感石油地质填图。2005 年以来,中国地质调查局成都地质

矿产研究所和成都理工大学对措勤盆地的油气地质条件进行了分析,同时也对油气潜力进行了初步评价。这十多年期间的调查研究工作取得了大量的成果^[2,8-34],形成了对措勤盆地基本石油地质条件的初步认识。

但是,以上认识受研究程度较低、路线地质调查不系统、采样分析数据少的限制,对盆地基本石油地质条件的认识还不够深入,影响了对盆地油气成藏条件的总体评价。2006 年以来,对措勤盆地开展了较为综合的石油地质研究工作。本文以最近几年新取得的资料和认识为基础,结合前人的研究成果,对措勤盆地的基础地质和生、储、盖层特征作了详尽的分析,并据此评价了盆地的含油气远景,以为客观地评价盆地提供依据。

1 地质背景

措勤盆地位于青藏高原腹地,面积约 14×10⁴km²,盆地主体位于冈底斯地块之上,夹持于班公湖-怒江缝合带与冈底斯岩浆弧之间,为一东西向长条带状盆地(图 1)^[35]。前人认为措勤盆地具双层基底,前震旦系念青唐古拉群为结晶基底,下古生界浅变质岩为褶皱基底^[36],但也有人认为整个古生界为

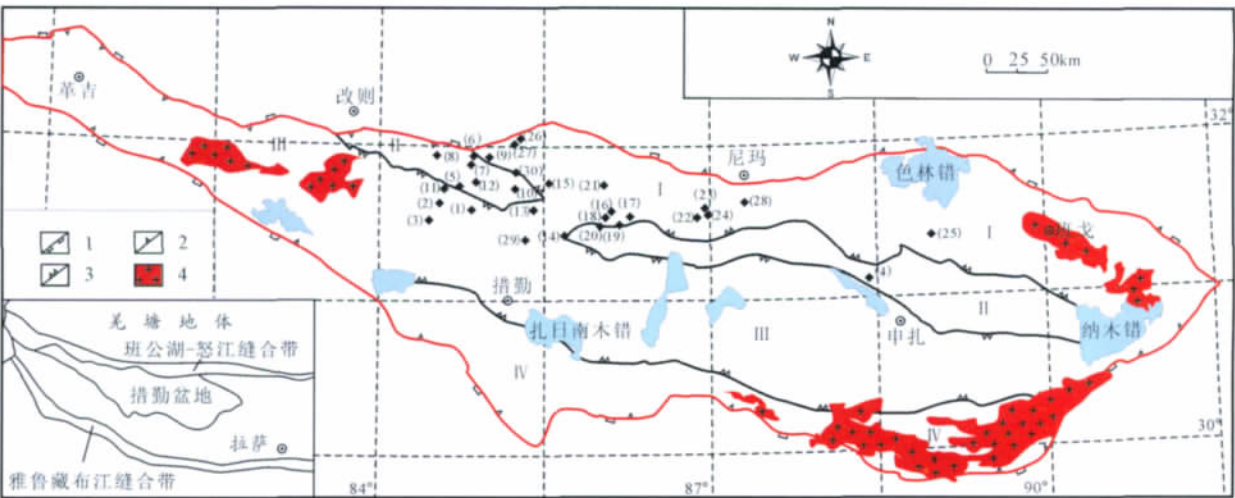


图 1 措勤盆地大地构造位置和构造单元划分

Fig. 1 Tectonic location and division of tectonic units of the Coqin basin

1——一级构造单元边界断裂; 2——盆地边界及边界断层; 3——盆地内次级构造单元边界及边界断层;
4——侵入岩体; I——北部坳陷; II——北部隆起; III——中部坳陷; IV——南部隆起。
(1)—ZP901; (2)—JP907; (3)—RP905; (4)—DP929; (5)—ZP2; (6)—SP3; (7)—CP4; (8)—LP5; (9)—JP7; (10)—SP9; (11)—DP1; (12)—CP10;
(13)—SP1805; (14)—CP1803; (15)—SBP1807; (16)—P4; (17)—P5; (18)—P6; (19)—P1; (20)—P2; (21)—P3; (22)—P16; (23)—P17;
(24)—P14; (25)—SXP; (26)—NSP; (27)—NQP; (28)—CGP; (29)—NZP; (30)—LP。其中剖面(1)~(4)出自内部报告①,剖面(5)~(12)
出自内部报告②,剖面(13)~(15)出自内部报告③,剖面(16)~(24)出自内部报告④,其它剖面为本研究群体实测

褶皱基底^[4,23,37]。近年来的工作发现,措勤盆地只具有前震旦系结晶基底,古生界沉积厚度巨大。综合近年来对盆地的地球物理研究,结合前人的资料^[36]和盆地的地质特征,认为措勤盆地基底总体呈南隆北坳,南浅北深的特点,可划分为北部坳陷,北部隆起,中部坳陷、南部隆起 4 个一级构造单元,呈东西向相间展布^⑤。

由于以往的观点都倾向于措勤盆地是在前中生代基底上发育的中生代盆地,对其性质的讨论都集中于中生代,尽管观点各异^[4,25,38-41]。新的地层学进展和古生物资料表明,措勤盆地从晚二叠世到晚三叠世诺利期沉积了厚度较大的碳酸盐岩建造,并不存在传统认识上的沉积间断在 75Ma 或以上的冈底斯古陆,是冈瓦纳大陆北缘-欧亚大陆南缘的被动大陆边缘沉积^[42]。中生界沉积具有弧后前陆盆地的典型特征,因此认为措勤盆地为古生代被动陆缘盆地和中生代弧后前陆盆地的复合盆地。

措勤盆地横跨措勤-申扎、班戈-八宿和木嘎岗日 3 个地层分区,前人对盆地内中侏罗统一上白垩统的划分意见已趋于一致(表 1),但是对上二叠统一下侏罗统的划分,由于近年来纪占胜等学者新的古生物资料的发现和地层修订^[43-49](表 1)而有必要特别强调。前人研究认为^[4,23],措勤盆地上白垩统为竟柱山组陆相碎屑岩沉积,下伏郎山组浅水碳酸盐岩与其角度不整合接触;郎山组在盆地北部分布范围较广,时代主体为 Aptian—Albian 期,局部可能

为 Barremian—Cenomanian 期^[50],在南部措勤-申扎分区相变为捷嘎组灰岩及火山岩;多尼组上段多巴段为碳酸盐岩沉积,下部川巴段海陆交互碎屑岩与上覆郎山组整合接触,时代为 Berriasian—Barremian 期^[50];则弄群火山岩也与上覆捷嘎组整合接触。侏罗系在班戈-八宿和木嘎岗日分区为上统沙木罗组和中一下统木嘎岗日群,在南部措勤-申扎分区为接奴群或达雄群。前人研究认为^[4,39,49],从晚二叠世陆相坚扎弄组沉积结束后,盆地隆升为陆,开始了约 75Ma 左右的沉积间断期。但是孢粉学研究证明,坚扎弄组和同时代的敌布错组的时代为晚三叠世一早、中侏罗世^[46],牙形石生物地层学资料也证明措勤地区存在三叠纪诺利期的海相地层^[42],并从上而下划分为江让组、珠龙组和嘎仁错组^[45]。陈清华等^[51]和程立人等^[52-53]分别在改则和申扎建立了晚二叠世桑穷组和木纠错组,主要是一套碳酸盐岩,与其下伏地层中二叠世下拉组台地相碳酸盐岩沉积整合接触。

2 烃源岩特征

青藏高原石油地质工作程度很低,目前羌塘外围盆地所采集到的烃源岩样品均来自露头,这些样品普遍经历了很强的风化作用,热演化程度很高。可溶有机质如氯仿沥青“A”、总烃、残余生烃潜力受地面风化和成熟度的影响极大,未将其作为烃源岩评价的主要指标;残余总有机碳(TOC)受地面风化

表 1 措勤盆地地层划分沿革
Fig. 1 Stratigraphic chart of the Upper Paleozoic-Mesozoic formations in the Cogen basin

资料	夏代详等,文献[48]			赵政璋等,文献[49]			王剑等,文献[4]			纪占胜等,文献[42];本文		
	措勤-中扎	班戈-八宿	木嘎岗日	措勤-中扎	班戈-八宿	木嘎岗日	措勤-中扎	班戈-八宿	木嘎岗日	措勤-中扎	班戈-八宿	木嘎岗日
白垩系	上统	竟柱山组	竟柱山组	竟柱山组	?	捷嘎组	竟柱山组	竟柱山组	竟柱山组	竟柱山组	竟柱山组	竟柱山组
	下统	捷嘎组	郎山组	捷嘎组	捷嘎组	多巴组	捷嘎组	郎山组	郎山组	捷嘎组	郎山组	郎山组
侏罗系	上统	则弄群	多尼组	则弄群	则弄群	多巴组	则弄群	多尼组	去市拉组	则弄群	多尼组	沙木罗组
	中统	拉贡塘组	沙木罗组	达雄群	接奴群	木嘎岗日群	接奴群	拉贡塘组	木嘎岗日群	接奴群	桑卡拉姆组	木嘎岗日群
三叠系	上统	桑卡拉姆组	马里组	达雄群	接奴群	木嘎岗日群	接奴群	拉贡塘组	木嘎岗日群	接奴群	桑卡拉姆组	木嘎岗日群
	中统	马里组	木嘎岗日群	达雄群	接奴群	木嘎岗日群	接奴群	拉贡塘组	木嘎岗日群	接奴群	桑卡拉姆组	木嘎岗日群
二叠系	上统	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群
	中统	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群	确哈拉群
石炭系	上统	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组	坚扎弄组
	下统	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
石炭系	上统	下拉组	昂杰组	下拉组	昂杰组	拉嘎组	下拉组	昂杰组	拉嘎组	下拉组	昂杰组	拉嘎组
	下统	昂杰组	拉嘎组	昂杰组	拉嘎组	永珠组	昂杰组	拉嘎组	永珠组	昂杰组	拉嘎组	永珠组

和成熟度的影响相对较小^[54],是烃源岩评价最重要的有机地球化学指标^[55-56],因此目前对青藏地区烃源岩的评价多以残余 TOC 为主要指标。同时,风化作用和高成熟度会降低有机质中氢的含量,降低剩余生烃潜力(S_2),导致氢指数(HI)和类型指数(S_2/S_3)降低,使得有机质类型变差^[57]。由于措勤盆地样品热演化和风化程度普遍较高,因此本文参考前人的意见^[2],主要采用干酪根透射光镜检的方法,辅以其它特征作为参考评价有机质的类型。同样由于热解 S_2 峰较低或没有,因此将热解峰温(T_{max})作为反映热成熟度的参数时仅作参考。与热成熟度相关的甾烷成熟度参数 $C_{29}\alpha\alpha\alpha 20S/(20S+20R)$ 和 $C_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$ 在高成熟度时比值变小^[35],因此主要以镜质体反射率(R_o)来评价有机质的成熟度。

2.1 郎山组

下白垩统郎山组(K_1l)为一套碳酸盐台地相沉积,主要岩性为圆笠虫泥晶灰岩、含圆笠虫泥晶灰岩、生物碎屑灰岩、固着蛤灰岩、泥灰岩等,迄今为止

共实测了 16 条剖面。各剖面间有机质丰度差异较大。ZP2 剖面主要为局限台地沉积,15 个样品残余 TOC 在 0.03%~0.29%之间,平均 0.16%;尼玛县色纳剖面为一套开阔台地相沉积,在所测剖面中残余 TOC 含量最低,5 个样品残余有机碳含量为 0.01%~0.03%,平均仅为 0.025%。总地来看,郎山组大部分样品的残余 TOC 分布在 0.01%~0.10%之间,只有个别剖面的少部分样品超过 0.10%(表 2),因此郎山组有机质丰度普遍偏低。郎山组 42 个烃源岩样品的干酪根以腐泥组和壳质组为主,含量在 65%~98%之间,平均为 86%;其次为惰质组分,平均 10%;镜质组分很少,平均不到 4%,因此干酪根类型从 \sim_2 型皆有分布,并以 \sim_1 型为主(图 2、表 2)。郎山组镜质体反射率(R_o)主要分布在 1.0%~1.3%之间,所有样品 R_o 平均 1.30%,只有少数样品大于 1.3%;从单剖面来看,大部分剖面 R_o 值都介于 1.0%~1.3%之间。可见总体表明郎山组烃源岩有机质处于成熟阶段,仅有盆地东部的 SXP 剖面达到高一过成熟阶段(表 2)。在盆地南部措勤-申扎地层分区与郎山组同时

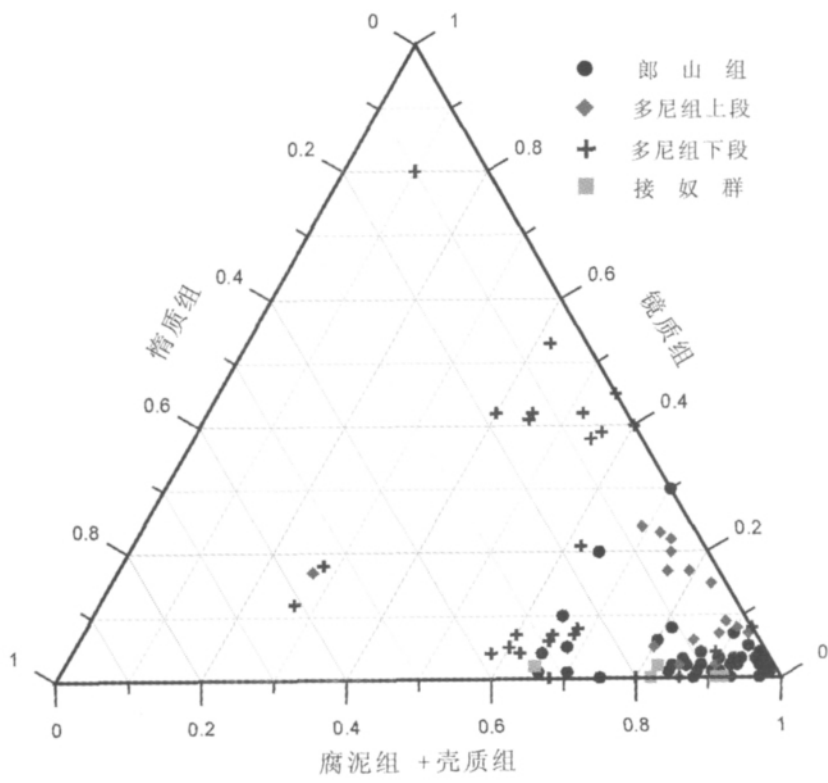


图 2 措勤盆地中生界烃源岩干酪根显微组分三角图解
Fig. 2 Ternary plot of kerogen maceral in the Mesozoic source rocks of the Coqen basin

表 2 措勤盆地烃源岩有机质丰度、类型和成熟度
Table 2 Organic geochemical data of the Mesozoic source rocks in the Coqen basin

生油 层系	岩性	剖面 代号	烃源岩 厚度/m	残余有机质/%	干 酪 根	显 微 组 分	有机质类型	R _o %	T _{max} /℃	热演化阶段
K ₁ l	灰岩	ZP901	345	0.05~0.17/0.09(18)	-	-	-	1.11~1.30/1.22(3)	491~531	成熟
	灰岩	SP1805	580	0.02~0.20/0.08(44)	-	-	-	362~503/433(19)	362~503/433(19)	成熟—高成熟
	灰岩	ZP2	244	0.03~0.29/0.16(15)	82.7	8.8	II ₁ 型	0.94~1.72/1.29(4)	465(13)	成熟
	灰岩	SP3	316	0.05~0.09/0.06(9)	90	3	I型	0.98	459(9)	成熟
	灰岩	JP7	158	0.04~0.06/0.05(6)	-	-	-	-	470(6)	成熟
	灰岩	LP5	314	0.03~0.12/0.06(18)	80.7	0.6	II ₁ 型	2.02	454(5)	成熟
	灰岩	CP4	6	0.03~0.09/0.05(3)	93	2	I型	0.93	-	成熟
	灰岩	SP9	139	0.06~0.11/0.07(5)	92	2	I型	0.85~1.53/1.19(2)	463(15)	成熟—高成熟
	灰岩	P6	115	0.03~0.12/0.06(17)	95	3	II ₁ 型	1~1.15/1.07(3)	422~438/429(3)	成熟
	灰岩	P5	303	0.03~0.21/0.09(43)	96	3	II ₁ 型	1.08~1.29/1.17(4)	425~435/428(4)	成熟
	灰岩	P4	20	0.04~0.16/0.09(5)	97	2	II ₁ 型	1.28	424~429/426(3)	成熟
	灰岩	SXP	371	0.03~0.10/0.05(9)	86	3	II ₁ 型	1.06~1.97/1.65(8)	500~514/507(5)	高—过成熟
	灰岩	NSP	0	0.01~0.05/0.03(5)	68	3	II ₂ 型	-	502~539/516(4)	过成熟
	灰岩	NQP	0	0.01~0.03/0.03(4)	91	1	I型	-	504~510/506(4)	过成熟
K ₁ d ²	灰岩	ZP935	?	0.06~0.12/0.09(6)	-	-	-	0.6	489~515	高成熟
	灰岩	ZP901	168	0.04~0.11/0.066(14)	-	-	-	-	492~536	高—过成熟
	灰岩	DP1	159	0.04~0.13/0.07(24)	84	7	II ₁ 型	0.94~1.34/1.18(3)	464(18)	成熟—高成熟
	灰岩	P2	43	0.04~0.31/0.10(15)	72	23	II ₂ 型	0.92~1.68/1.40(3)	470~477/433(3)	高成熟
	灰岩	P1	102	0.03~0.21/0.10(14)	77	17	II ₂ 型	1.54~1.57/1.55(2)	472~474/473(2)	高成熟
	灰岩	P3	0	0.03~0.04/0.035(2)	-	-	-	-	-	-
	灰岩	LP5	0	0.03~0.16/0.09(4)	87	3	II ₁ 型	-	-	-
	灰岩	CP1803	10	0.01~0.11/0.04(38)	-	-	-	-	415~492/473(10)	高成熟
	泥岩	JP907	94	0.08~0.52/0.27(11)	99.3	0.7	I型	1.36	480~536	高成熟
	泥岩	SP9	273	0.29~8.72/2.49(4)	45	42	II ₂ 型	1.52~2.42/1.96(4)	-	高—过成熟
K ₁ d ¹	泥岩	CP10	53	1.78~17.3/7.34(8)	51	42	II ₂ 型	0.99~1.87/1.24(11)	470(8)	成熟—高成熟
	泥岩	SP1807	208	0.04~1.04/0.63(9)	49	13	III型	1.61~3.32/2.70(3)	464~491/480(9)	高成熟
	灰岩	P16	30	0.04~0.57/0.19(8)	-	-	-	-	-	-
	泥岩	CGP	62	0.01~0.58/0.11(8)	59	21	II ₂ 型	1.16~2.9/1.77(6)	398~551/509(8)	高成熟
	灰岩	NZP	?	0.03~0.07/0.04(5)	82	2	II ₁ 型	0.79~1.22/1.01(2)	443~512/494(6)	成熟
J ₂₋₃ j	泥岩	LP	467	0.25~0.56/0.41(18)	68	16	III型	1.05~1.91/1.45(5)	476~537/499(13)	高—过成熟

注:K₁l 为下白垩统郎山组,K₁d¹ 为下白垩统多尼组上段,K₁d² 为多尼组下段,J₂₋₃j 为中—上侏罗统拔奴群。0.05~0.17/0.09(18)=最小值~最大值/平均值(样品数)

异相的地层捷嘎组 (K_j)ZP935 剖面残余 TOC 在 0.06%~0.12% 之间, 平均 0.09%, 有机质热演化达到高成熟阶段^[2]。

2.2 多尼组

下白垩统多尼组 (K_1d) 包括上下 2 段。

多尼组上段多巴段为一套潮坪和碳酸盐台地相沉积, 主要岩性有含生物碎屑泥晶灰岩, 厚壳蛤泥晶灰岩, 含圆笠虫泥晶灰岩、礁灰岩、砂岩、粉砂岩和泥岩。多巴段共有 8 条实测剖面, 其中 CP4 剖面主要为砂岩, 未采集烃源岩样品。多巴段灰岩样品残余 TOC 含量在各剖面普遍较低, 这也和其沉积环境相关。残余 TOC 最高的 P2 剖面, 15 个样品残余有机碳含量在 0.04%~0.31% 之间, 平均 0.10%。总体来看, 多巴段 111 个样品残余 TOC 在 0.01%~0.31% 之间, 平均 0.11%。多巴段 17 个烃源岩样品显微组分主要为腐泥组和壳质组, 含量在 69%~90% 之间, 平均 79%; 其次为镜质组, 平均 12%; 惰质组分平均 9%, 表明有机质为 $I_1 \sim I_2$ 型, 且以 I_2 型为主 (图 2, 表 2)。上段烃源岩 R_o 主要分布在 1.2%~1.7% 之间, 平均 1.47%, 相当于高成熟阶段; 就单剖面看, 有 R_o 值的 3 个剖面, 有 2 个剖面 R_o 平均值都大于 1.3%, 表明有机质处于高成熟阶段 (表 2)。

多尼组下段川巴段为一套三角洲相的砂岩和泥岩沉积, 主要岩性有砂岩、泥岩、炭质页岩等。川巴段共实测 6 条剖面, 有机质丰度最高的是 CP10 剖面, 8 个炭质页岩样品残余 TOC 含量在 1.78%~17.3% 之间, 平均 7.34%; 氯仿沥青“A”含量在 441×10^{-6} ~ 2660×10^{-6} 之间, 平均 1562×10^{-6} , 属于优质烃源岩, 这也是盆地内迄今为止发现的最优烃源岩。CGP 剖面有机质丰度最低, 平均残余 TOC 仅为 0.11%。川巴段 27 个烃源岩样品显微组分中腐泥组和壳质组从 10%~92% 不等, 大多在 50%~80% 之间; 镜质组变化也较大, 从 0~80%; 惰质组含量从 0~61%, 表明有机质类型多集中在 I_2 型, I_2 型占到了 63%, I_1 型占 26% (图 2, 表 2)。多巴段 R_o 值分布范围较大, 从 0.99%~3.32%, 变化较大, 但主要分布在 1.3%~2.5% 之间, 所有样品 R_o 平均 1.78%, 表明处于高成熟—过成熟阶段, 只有少数样品小于 1.3%; 从单剖面来看, 大部分剖面 R_o 平均值都大于 1.7%, 相当于高成熟—过成熟阶段 (表 2)。

2.3 接奴群

中上侏罗统接奴群 ($J_{2-3,j}$) 主要分布在措勤—申扎

地层分区, 为一套滨海相石英砂岩、泥岩和灰岩的沉积。NZP 剖面 5 个碳酸盐烃源岩样品残余 TOC 为 0.03%~0.07%, 平均 0.04%, 有机质丰度非常低。该剖面有机质显微组分以腐泥组为主, 平均 86%, 镜质组分 2%, 惰质组占到 16%, 属于 $I_1 \sim I_2$ 型有机质 (表 2)。接奴群仅有 2 个样品的 R_o 值为 0.79% 和 1.22%, 平均 1.01%; T_{max} 在 443~512℃ 之间, 平均 494℃, 认为其处于成熟阶段。另外, 班戈—八宿地层分区的同时代地层拉贡塘组 ($J_{2-3,l}$) 前人测得 LP 剖面泥岩残余 TOC 为 0.25%~0.56%, 平均 0.41%, 有机质为 I_1 型, R_o 为 1.45%, T_{max} 在 476~537℃ 之间, 平均 499℃, 表明为高一过成熟阶段 (表 2)。

3 储层特征

措勤盆地自古生界至白垩系发育巨厚的海相碳酸盐岩和碎屑岩沉积, 沉积厚度大, 盆地内储集层分布于古生界—白垩系的各个层位中。根据前人研究, 储层岩石类型主要为碳酸盐岩、碎屑岩和火山岩, 但碳酸盐岩储层均为特低孔特低渗储层, 碎屑岩和火山岩多属低孔低渗—特低孔特低渗储层^[4,23]。因此, 良好的储集层在措勤盆地一直未曾发现。白云岩是重要的储集岩类型, 前人仅在措勤盆地扎贡弄巴剖面白垩系多尼组中发现 2 层含白云质岩石, 1 层为含白云质泥晶生屑灰岩, 另有 1 层为白云质粉砂岩^[20], 由于白云石含量较低而均未达到白云岩的标准。近几年调查中在措勤县北部的雪上勒、革吉亚美错和弄瓦一带的郎山组中发现了 3 处白云岩层, 分别称为雪上勒白云岩、革吉白云岩和弄瓦白云岩 (图 3)^[33-34]。

3.1 白云岩储层特征

措勤盆地郎山组新发现的 3 处白云岩层的储层特征笔者已有简单报道^[34]。

雪上勒郎山组白云岩共分析了 10 件样品, 其孔隙度在 0.5%~8.13% 之间, 渗透率在 0.04×10^{-3} ~ $30.62 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。其中, 样品 PB-5B₆ 孔隙度和渗透率分别为 $8.13\% \times 10^{-3} \mu m^2$ 和 $4.85 \times 10^{-3} \mu m^2$, 属于低孔低渗储层, 样品 D058C₈ 和 PB06C₂ 孔隙度和渗透率分别为 7.76%、 $30.62 \times 10^{-3} \mu m^2$ 和 6.5%、 $15.4 \times 10^{-3} \mu m^2$, 属于低孔中渗储层 (表 3)。雪上勒白云岩孔隙类型主要是次生孔隙, 且多属毛细管孔隙, 其中溶蚀孔隙是次生孔隙的主体; 孔隙结构以细孔小喉型和细孔中喉型为主, 部分为细孔微喉型和中孔中

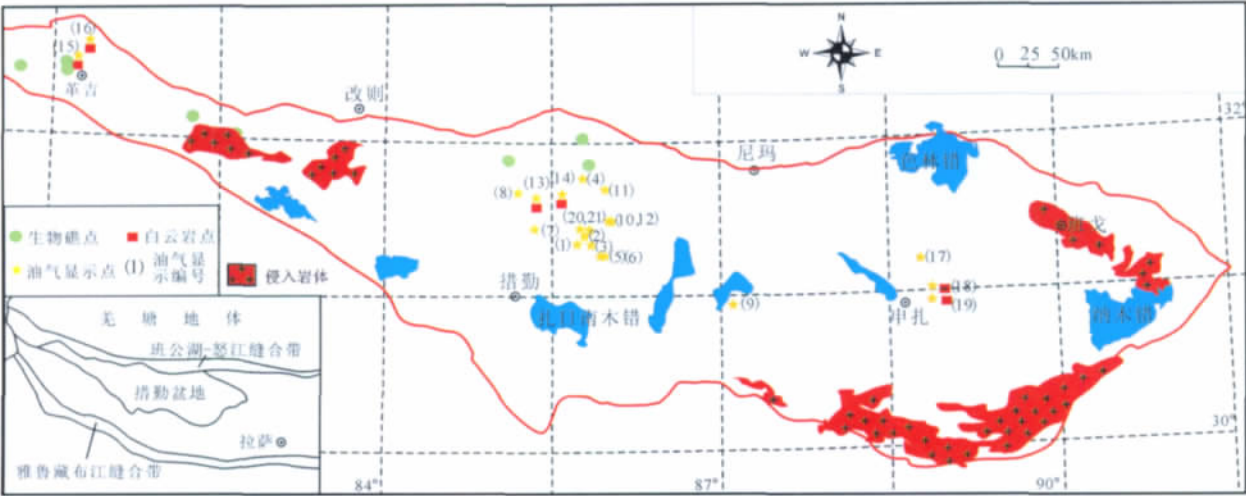


图 3 措勤盆地野外油气显示、白云岩和生物礁点的分布

Fig. 3 Locations of hydrocarbon shows, dolostone and reefs in the Coqen basin

喉型。因此,该区白云岩总体评价为较好的白云岩储层。

革吉亚美错郎山组 6 件白云岩样品孔隙度在 6.2%~25.1%之间,渗透率为 $6.57\times10^{-3}\sim2360\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

其中,3 件样品的孔隙度大于 12%,3 件样品孔隙度大于 6%,5 件样品的渗透率大于 $10\times10^{-3}\mu\text{m}^2$, 因此有 3 件样品(P08-3C、P08-4C 和 P08-14C)属于中孔中渗储层,2 件样品(P08-9C1 和 P08-13C)为低

表 3 措勤盆地白垩系郎山组白云岩储层物性特征

Table 3 Properties of the Cretaceous dolomite reservoir of the Langshan Formation in the Coqen basin

采样地点	序号	野外样品编号	采集层位	岩石名称	孔隙度 F / %	渗透率 K / $10^{-3}\mu\text{m}^2$
措勤雪上勒	1	D058C ₁	K ₁ l	砂糖状白云岩	1.9	0.09
	2	D058C ₂	K ₁ l	砂糖状白云岩	2.0	0.16
	3	D058C ₃	K ₁ l	砂糖状白云岩	1.39	3.88
	4	D058C ₆	K ₁ l	砂糖状白云岩	0.5	0.10
	5	D058C ₇	K ₁ l	砂糖状白云岩	1.1	<0.04
	6	D058C ₈	K ₁ l	砂糖状白云岩	7.76	30.62
	7	PB05C ₁	K ₁ l	细晶白云岩	5.6	3.38
	8	PB05C	K ₁ l	细晶白云岩	1.8	4.27
	9	PB-5B ₆	K ₁ l	细晶白云岩	8.13	4.85
	10	PB06C ₂	K ₁ l	砂糖状白云岩	6.5	15.4
革吉亚美错	11	P08-9C ₁	K ₁ l	中细晶白云岩	6.2	16.5
	12	P08-4C	K ₁ l	中细晶白云岩	14.4	104
	13	P08-3C	K ₁ l	中细晶白云岩	25.1	2360
	14	P08-13C	K ₁ l	角砾状白云岩	10.5	34.7
	15	P08-1C ₅	K ₁ l	中细晶白云岩	10.7	6.57
	16	P08-14C	K ₁ l	中细晶白云岩	18.7	32.1
革吉弄瓦	17	SP-5C ₁	K ₁ l	中细晶白云岩	5.7	19.4
	18	SP-8C ₃	K ₁ l	中细晶白云岩	8.3	0.26
	19	SP-10C ₁	K ₁ l	中细晶白云岩	7.6	<0.04
	20	SP-10C ₄	K ₁ l	中细晶白云岩	8.1	0.87
	21	GD034C ₂	K ₁ l	中细晶白云岩	2.6	0.12

孔中渗储层,1 件样品(P08-1C₅)为低孔低渗储层(表 3),总体表现了很好的物性特点。该区白云岩孔隙类型主要是次生孔隙,包括粒间溶孔和晶间溶孔。大部分样品毛细管压力曲线反映的孔隙结构为粗孔大喉型,是比较典型的孔隙型或洞穴型储层的孔隙结构;样品 P08-3C、P08-4C 和 P08-14C 是以粒间孔内和晶间溶蚀孔隙为主体的储层代表,毛细管压力曲线反映了以粒间孔隙为主的储层孔隙结构特征,孔隙结构总体上为粗孔大喉型,也有少部分为细孔粗喉型,甚至细孔中喉型。因此革吉亚美错地区的白云岩是盆地中很好的储层。

革吉弄瓦郎山组 5 件白云岩样品孔隙度在 2.6%~8.3%之间,渗透率为 $0.04 \times 10^{-3} \sim 19.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,仅有 2 件样品 SP-8C₃ 和 SP-10C₄ 能达到低孔低渗储层(表 3)。本区白云岩孔隙类型主要是次生孔隙,且多属毛细管孔隙,包括粒内溶孔、晶间溶孔和晶内溶孔,次为构造微裂缝;其孔隙结构以细孔小喉型和细孔微喉型为主,部分为细孔中喉型。

因此,这些白云岩反映了比已报道的碎屑岩和碳酸盐岩更好的储集性能,是盆地内目前为止发现的最优质的储集类型,对盆地的油气勘探意义重大。

3.2 其它有利的储层类型

生物礁高孔隙度、高渗透率的特性是高产油气井、大油气田的极好储集体。全世界已发现的 8 口日产万吨的油井中有 4 口在礁灰岩里,最著名的礁灰岩油田有墨西哥的黄金港油田、美国二叠纪盆地、加拿大西部的泥盆纪生物礁、利比亚的伊特列斯礁块油田等,俄罗斯乌拉尔山前的二叠纪生物礁中也产油气^[58]。目前,措勤盆地郎山组已发现各类生物礁灰岩剖面 8 处(图 3)^[59],但前人对这些剖面礁灰岩的储集性能还鲜有研究。程顶胜等^④研究了尼玛县阿苏乡尺雄山郎山组藻礁灰岩的特征,由藻类形成的集合体构成造礁骨架,仅有的 1 个样品物性一般,孔隙度为 1.12%,渗透率为 $1.42 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,评价为特低孔低渗储层。

4 盖层特征与生储盖组合

措勤盆地中生界盖层较发育,存在 3 套盖层,盖层岩性包括泥岩(页岩)、泥晶灰岩和泥灰岩。郎山组沉积时期,盆地发生大规模海侵,处于稳定的台地沉积时期,泥晶灰岩和泥灰岩在区域上分布较广,厚度较大,平均厚度超过 300m,普遍具有低孔渗、高突破

压力的特点。多尼组泥质岩盖层是盆地内最优质的盖层,分布范围也较广,厚度一般超过 500m。接奴群泥质岩盖层分布较为局限,厚度一般大于 200m,可作为局部盖层。

根据以上措勤盆地烃源岩、储层和盖层的特征,以及前人对油源的对比结果,将中生界分为 2 个生储盖组合。

(1)多尼组组合:该组合以多尼组川巴段三角洲相炭质页岩和灰黑色泥岩为烃源岩,储层为多巴段生物碎屑灰岩和粗砂岩,盖层为多尼组泥(页)岩,为自生自储自盖式组合。

(2)郎山组组合:该组合以郎山组局限台地亚相和台内凹陷亚相的泥灰岩或泥晶灰岩为烃源岩,台地边缘滩相、礁相的生物碎屑灰岩、礁灰岩和白云岩为储层,以区域分布的泥灰岩和泥晶灰岩为盖层,为自生自储自盖式组合。

5 含油气远景分析和讨论

5.1 油气显示和油源对比

措勤盆地目前已发现野外各类油气显示点 21 个(图 3、表 4),油气显示的类型多样,包括干沥青、油污、油浸砂岩、油浸灰岩、油浸白云岩等,产于砂岩、灰岩和白云岩中,产状主要为裂隙式和浸染状,油气显示的层位以郎山组和多尼组为主。近年来发现的白云岩点大都发现了油浸白云岩,其中措勤雪上勒砂糖状白云岩和羌塘盆地布曲组白云岩的野外特征^[60-61]较相似。前人还通过室内分析,意外地发现了一些其它的油气显示^[2]。赵政璋等^[2]研究发现,措勤盆地郎山组含油显示与郎山组灰岩的生物标志物非常相似,所含的油应为郎山组灰岩烃源层提供的;多尼组的含油显示应为多尼组下部的炭质页岩烃源层提供的。这些油气显示的发现表明,措勤盆地至少在中生代有过油气生成、运移和聚集的过程。

5.2 郎山组烃源岩有机质丰度

烃源岩中的有机质在热成熟后,随有机质丰度的大小,会在满足岩石自身吸附后向外排烃。随着热成熟度的增加,残余 TOC 含量会逐渐减少,逐渐不像烃源岩^[62]。烃源岩在排烃效率大于 20%的情况下,残余 TOC 含量普遍小于原始 TOC 含量,而且排烃效率越高,残余有机碳含量普遍越低^[63]。如前所述,郎山组烃源岩已进入成熟阶段,而多尼组烃源岩更

表 4 措勤盆地野外油气显示

Table 4 Hydrocarbon shows in the Coqen basin

序号	产地或坐标	产出层位	显示类型	产 状	来 源
1	N31° 25′ 30″	多尼组	干沥青	裂隙式	
	E85° 42′ 39″				
2	N31° 26′ 23″	多尼组	油浸砂岩	浸染状	
	E85° 45′ 45″				
3	N31° 25′ 19″	多尼组	干沥青	裂隙式	
	E85° 49′ 08″				
4	N31° 45′ 18″	多尼组	油污	孔隙式	③
	E85° 44′ 21″				
5	N31° 24′ 17″	多尼组	油浸砂岩	浸染状	
	E85° 51′ 59″				
6	N31° 24′ 11″	多尼组	油污	孔隙式	
	E85° 52′ 13″				
7	N31° 28′ 31″	多尼组	油污	孔隙式	
	E85° 19′ 25″				
8	夏康坚雪山东侧	上白垩统	凝析气、沥青	?	[6]
9	当惹雍错以南	海相侏罗、白垩系	轻质沥青	?	[7]
10	N31° 30′ 00″	多尼组	干沥青	孔隙-裂隙式	
	E86° 00′ 27″				
11	N31° 41′ 54″	多尼组	干沥青	浸染状	④
	E85° 58′ 54″				
12	N31° 29′ 55″	多尼组	干沥青	裂隙式	
	E86° 00′ 26″				
13	措勤县雪上勒	郎山组	油浸白云岩	浸染状	本研究 2006 年发现
14	夏康坚东	下拉组	油浸白云岩	浸染状	本研究 2006 年发现
15	革吉亚美错	郎山组	油浸白云岩	浸染状	本研究 2007 年发现
16	革吉弄瓦	郎山组	油浸白云岩	浸染状	本研究 2007 年发现
17	申扎朗玛日阿	永珠组	油浸灰岩、砂岩	浸染状	本研究 2009 年发现
18	申扎东	下拉组	油浸白云岩	浸染状	本研究 2009 年发现
19	申扎买巴	下拉组	油浸白云岩	浸染状	本研究 2007 年发现
20	N31° 26′ 23″ 、 E85° 45′ 45″	郎山组	油浸砂岩	浸染状	①
21	N31° 25′ 19″ 、 E85° 49′ 08″	郎山组	干沥青	裂隙式	

是处于高一过成熟阶段，并且郎山组和多尼组目前已发现多处含油显示，这些都说明郎山组和多尼组烃源岩已经发生过排烃作用(排烃量还无法估计)，高成熟度和发生排烃作用导致了残余 TOC 含量要低于原始有机碳含量。

风化作用影响着长期暴露地表的烃源岩的有机质丰度。Hanson 等^[64]认为,还不能确定风化作用对于露头样品有机质丰度的影响有多大。羌塘盆地羌资 1 井 30 件烃源岩样品，残余 TOC 含量介于 0.1%~0.95%之间,平均 0.27%;而地表剖面 29 件烃源岩样品残余 TOC 含量介于 0.1%~0.23%之间，

均值为 0.148%^⑥,表明风化作用对有机质丰度有着较大的影响。但因为取样点沉积环境和部位的差异，还没有确定的风化作用校正系数能准确地反映风化作用的影响。措勤盆地目前并无井下样品可供对比研究,因此前人研究采用的校正系数^[65]显得可信度不高。

前人的研究都认为郎山组灰岩是措勤盆地的主要烃源岩之一^[2,4]。但是,一个不可忽视的事实是,目前获得的所有残余 TOC 数据还没有一个超过 0.3%,超过 0.15%的也是少数,大多数样品的残余 TOC 分布在 0.01%~0.10%范围内，即使进行风化

作用校正和总有机碳的恢复(恢复系数参照秦建中等^[66]的文献),其有机质丰度仍然达不到好烃源岩的标准(烃源岩评价标准见秦建中等^[54]的文献)。因此,郎山组灰岩到底能否作为盆地的主要烃源岩还难以确定。不可否认的是,郎山组灰岩是目前郎山组储层中含油显示的源岩^[2],但是否因大量排烃,现今已失去了烃源岩的意义?这个结论不能下得太早太草率。塔里木盆地较长一段时间在中—上奥陶统未发现大于0.5%的有效烃源层,后来由于钻井数量增加、工作深入,才找到了大于0.5%的有效烃源层^[67]。2007年,中国石化勘探开发研究院在尼玛县普德部郎山组二段灰黑色灰岩样品中测得残余TOC含量最高可达2.12%(伍新和,未刊资料),这套灰黑色灰岩为一套台内凹陷沉积,属于优质烃源岩。因此勘探经验告诉我们,在青藏高原勘探程度极低的含油气盆地,还需要坚持不懈的勘探工作。

5.3 含油气远景评价

就措勤盆地中生界的烃源、储集和封盖条件而言,随着近年来白云岩优质储层的发现,烃源条件似乎成为制约其油气远景的主要因素,特别是被认为是主力烃源岩的郎山组,目前仅发现1层优质烃源层,因此寻找优质烃源岩显得尤为重要。盆地中生界可能的2套生储盖组合,生储盖层的时空配置均较好,上部组合中尽管郎山组的烃源条件目前来看还较差,但也存在着发现好烃源岩的潜力。然而,盆地的中生界仅出露在盆地北部地区,盆地南部已大部分出露古生代地层,在北部地区以前述2套生储盖组合的目的层系也已经大范围出露。因此,盆地中生界目的层系的有利保存区仅存在于它日错和色林错附近的小凹陷内。

前人认为多尼组多巴段的主生烃期为晚白垩世坎潘期,郎山组则在晚白垩世末期^[25],川巴段在郎山组沉积时期已进入生油门限,大量生烃期在晚白垩世竟柱山组沉积时期^[2];而早白垩世末和晚白垩世末的燕山运动均使盆地地层较强烈褶皱,有利于对油气的捕集^[25]。但是,尽管郎山组灰岩区域分布范围较广、厚度较大,但该套灰岩发育的构造裂隙可能难以形成有效的封盖层^[25],因此郎山组组合的油气远景值得慎重考虑。相较而言,多尼组比郎山组出露面积更少,而且有较大埋深,因此该生储盖组合可能更有利。

当大多数勘探家们将目光聚焦在中生界时,盆

地北部大片出露的中生代沉积之下的古生代沉积建造也引起了不少学者的重视。贾承造等^[68]曾指出,叠合盆地的中下部组合应是未来油气勘探的新领域。纪占胜等^[42]认为措勤盆地的上古生界是潜在的油气沉积建造。笔者近年来在盆地上古生界永珠组和下拉组中也发现了油气显示(图3、表4),这至少表明盆地的上古生界也有过油气生成、运移、聚集的过程。因此,下一步的勘探工作可以兼顾上古生界。

6 结 论

通过对措勤盆地前人的研究资料和本研究群体近年来所获成果进行系统的综合和总结,获得了以下认识。

(1)措勤盆地中生界存在3套烃源岩:郎山组、多尼组下段和接奴群。郎山组灰岩烃源岩有机质丰度低,以Ⅱ₁型干酪根为主,处于成熟阶段;多尼组下段川巴段有机质丰度较高,有机质多为Ⅱ₂型,达到高成熟—过成熟阶段;接奴群灰岩有机质丰度很低,达不到烃源岩的意义,泥质岩有机质丰度低,有机质为Ⅲ型,达到高—过成熟阶段。

(2)措勤盆地新发现的雪上勒、革吉和弄瓦3处白云岩均表现出了优良的储集性能,要优于过去认为的砂岩和灰岩储层,是目前认为的盆地内最有利的储层。

(3)多尼组的泥质岩和郎山组的灰岩厚度较大,分布广泛,可作为区域的优良盖层。

(4)认为存在着郎山组和多尼组2套自生自储自盖型的生储盖组合,且多尼组组合要更优。

(5)郎山组有机质丰度低,但通过持续勘探,也有存在优质烃源岩的潜力。

(6)盆地北部中生界目的层系大片出露,保存条件较差,下一步应该考虑对深部的上古生界进行勘探。

致谢:2006~2008年的野外工作期间,得到金玮、王进军、姜琳、王新利、李德亮、赵培松、杨勇军、武景龙、黄辉、熊绍云、刘玉法等同志的帮助,司机徐瑞、罗宏民、阿旺桑布等提供了野外期间后勤方面的保障,在此一并致谢。

参考文献

- [1]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.

- [2]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: 1-634.
- [3]邱中建, 方辉.对我国油气资源可持续发展的一些看法[J]. 石油学报, 2005, 26(2):1-5.
- [4]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[M].北京:地质出版社, 2005:1-300.
- [5]西藏地质矿产局.西藏自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1993: 1-700.
- [6]青藏油气区石油地质志编写组.中国石油地质志[M]. 北京:石油工业出版社,1990:1-483.
- [7]杨锡彬, 蒋中惕.中国地质科学院 562 综合大队集刊[M].北京:地质出版社,1987: 49-59.
- [8]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,1996, 21(2):120-129.
- [9]费琪, 邓忠凡.西藏特提斯构造域海相油气前景[J]. 地球科学, 1996, 21(2): 113-119.
- [10]吴应林, 李兴振, 丘东洲, 等.青藏高原的构造演化与含油气盆地分析[J]. 地球科学, 1996, 21(2):130-135.
- [11]肖秋苟, 李松照, 周家声. 西藏措勤地区(昂拉仁错)海相白垩系油气远景[J]. 地球科学, 1996, 21(2):152-157.
- [12]赵政璋, 李永铁, 郭祖军, 等.青藏高原油气勘探前景[J]. 中国石油勘探, 1997,2(3):14-16.
- [13]王岫岩, 滕玉洪, 王贵文, 等. 西藏特提斯构造域及其找油前景[J]. 石油学报, 1998, 19(2):44-48.
- [14]宋全友, 陈清华, 陈书平. 西藏措勤盆地盖层条件分析[J]. 地质力学学报, 1998,4(3):64-69.
- [15]叶和飞, 罗建宁, 李永铁, 等. 特提斯构造域与油气勘探[J]. 沉积与特提斯地质, 1999, 20(1):1-27.
- [16]宋全友, 任拥军. 西藏措勤盆地早白垩世多巴组烃源岩评价[J]. 西北地质科学,1999,20(1):27-33.
- [17]吴孔友, 陈清华, 洪梅. 青藏地区措勤盆地它日错深凹陷主含油气系统[J]. 石油大学学报(自然科学版),1999,23(4):13-15.
- [18]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.
- [19]程顶胜, 李永铁, 刚文哲, 等. 藏北措勤盆地油气生成特征[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(3):180-184.
- [20]王兴涛, 张庆石, 张吉, 等. 青藏高原中生界白云岩特征研究及成因分析[J]. 沉积学报, 2000, 18(4):555-559.
- [21]任拥军, 宋全友. 西藏措勤盆地地下白垩统烃源岩中可溶有机质的地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2000,36(4):64-68.
- [22]任拥军, 李瑞雪. 西藏措勤盆地地下白垩统海相灰岩的芳烃地球化学特征[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 282-286.
- [23]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,2001:1-300.
- [24]王冠民. 西藏措勤盆地地下白垩统多巴组沉积环境分析[J]. 沉积学报, 2000, 18(3):349-354.
- [25]王冠民. 西藏措勤盆地构造沉积演化及含油气远景[J]. 石油学报, 2001, 22(1):31-35.
- [26]王冠民. 西藏措勤盆地郎山组沉积特征及其石油地质条件[J]. 地球学报,2001,22(1):39-42.
- [27]胡书毅,冀国盛,文玲. 西藏措勤盆地地下白垩统碳酸盐岩储层特征及评价[J]. 西北地质, 2001, 34(2):59-66.
- [28]吴孔友, 洪梅. 青藏地区措勤盆地它日错深凹陷子含油气系统[J]. 新疆石油地质, 2001,22(2):119-121.
- [29]汪恩华, 柳广弟, 梁尚勇, 等.措勤盆地油气系统研究[J]. 西安石油学院学报(自然科学版), 2002,17(4):6-10.
- [30]许怀先, 蒲秀刚, 韩德馨. 碳酸盐岩中烃源的识别——以西藏措勤盆地碳酸盐岩为例[J]. 地质学报, 2002, 76(3):395-399.
- [31]王纪祥, 陈清华, 任拥军.西藏措勤盆地油气成藏条件分析[J]. 地球科学进展, 2003,18(2):312-316.
- [32]刘家铎, 周文, 李勇, 等. 青藏地区油气资源潜力分析与评价[M]. 北京:地质出版社, 2007: 1-299.
- [33]李亚林, 黄永建, 王成善, 等.西藏措勤盆地白垩系白云岩地球化学特征及其成因分析[J].岩石学报,2008,24(3):609-615.
- [34]李亚林, 王成善, 朱利东, 等.西藏措勤盆地地下白垩统郎山组白云岩储层的发现及其油气地质意义[J].地质通报, 2008, 27(3): 426-428.
- [35]王立成, 王成善, 李亚林, 等. 西藏措勤盆地色林错凹陷郎山组分子地球化学特征[J]. 沉积学报, 2009, 27(6): 1199-1207.
- [36]高瑞琪, 赵政璋. 中国油气新区勘探(第六卷)——青藏高原石油地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 1-256.
- [37]陶晓风, 刘登忠, 朱利东, 等. 西藏措勤中—新生代沉积盆地演化[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008,35(1):103-107.
- [38]余光明, 王成善.西藏特提斯沉积地质[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 1-185.
- [39]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,1997:1-218.
- [40]Decelles P G, Kapp P, Ding L, et al. Late Cretaceous to middle Tertiary basin evolution in the central Tibetan Plateau : Changing environments in response to tectonic partitioning, aridification, and regional elevation gain[J]. GSA Bulletin, 2007, 119(3/4): 654-680.
- [41]Leier A L, DeCelles P G, Kapp P. The Takena Formation of the Lhasa terrane, southern Tibet: The record of a Late Cretaceous retroarc foreland basin[J]. GSA Bulletin, 2007, 119(1/2): 31-48.
- [42]纪占胜, 姚建新, 武桂春. 西藏措勤盆地的上古生界—下古生界: 潜在的油气沉积建造[J]. 地质通报, 2008, 27(1):36-63.
- [43]纪占胜, 姚建新, 武桂春, 等. 西藏措勤县敌布错地区“下拉组”中发现晚三叠世诺利期高舟牙形石[J]. 地质通报, 2006,25(1/2): 138-141.
- [44]纪占胜, 姚建新, 武桂春. 西藏西部狮泉河地区二叠纪和三叠纪牙形石的发现及其意义[J]. 地质通报,2007,26(4): 383-397.
- [45]纪占胜, 姚建新, 武桂春.西藏冈底斯西段措勤地区海相三叠系的划分[J]. 地质通报,2007,26(8):947-952.
- [46]纪占胜, 姚建新, 武桂春.关于藏北改则地区夏岗江植物群及其地层时代的修订意见[J]. 地质通报,2007,26(8):953-959.
- [47]武桂春, 姚建新, 纪占胜.西藏冈底斯西段措勤地区三叠纪牙形石生物地层特征[J]. 地质通报,2007,26(8):938-946.
- [48]夏代详, 刘世坤. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997:1-302.
- [49]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: 1-542.

[50]Zhang Kaijun, Xia Bangdong, Wang Guanmin, et al. Early Cretaceous stratigraphy, depositional environments, sandstone provenance, and tectonic setting of central Tibet, western China[J]. GSA Bulletin, 2004, 116(9/10):1202-1222.

[51]陈清华, 王建平, 王绍兰, 等. 西藏措勤盆地上二叠统的发现及其地质意义[J]. 科学通报, 1998, 43(19):2111-2114.

[52]程立人, 王天武, 李才, 等. 藏北申扎地区上二叠统木纠错组的建立及皱纹珊瑚组合[J]. 地质通报, 2002, 21(3):140-143.

[53]程立人, 张予杰, 张以春. 西藏申扎地区古生代地层研究新进展[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):1018-1022.

[54]秦建中, 刘宝泉, 国建英, 等. 关于碳酸盐烃源岩的评价标准[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3):281-286.

[55]郭长春, 金强, 姚军. 用模糊数学方法评价烃源岩[J]. 石油学报, 2005, 26(4): 50-53.

[56]王建, 马顺平, 罗强, 等. 渤海湾盆地饶阳凹陷烃源岩再认识与资源潜力分析[J]. 石油学报, 2009, 30(1): 51-55.

[57]岳来群, 李永铁, 史晓颖. 西藏古措-岗巴盆地下白垩统黑色页岩地质特征及其油气资源意义[J]. 古地理论, 2006,8(3): 307-316.

[58]唐祥华. 漫谈生物礁及石油勘探[J]. 石油知识, 1998, (6):12-13.

[59]陈明, 王剑, 谭富文, 等. 措勤盆地下白垩统郎山组生物礁的平面分布特征及意义探讨[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(4): 68-70.

[60]王成善, 伊海生, 刘池洋, 等. 西藏羌塘盆地古油气藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2):135-143.

[61]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.

[62]Dembicki Jr H. Three common source rock evaluation errors made by geologists during prospect or play appraisals [J]. AAPG Bulletin, 2009, 93(3):341-356.

[63]周总瑛. 烃源岩演化中有机碳质量与含量变化定量分析[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(4):463-468.

[64]Hanson A D, Ritts B D, Zinniker D, et al. Upper Oligocene lacustrine source rocks and petroleum systems of the northern Qaidam basin, northwest China [J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(4): 601-619.

[65]张君峰, 王东良, 秦建中, 等. 青藏高原地面露头样品风化校正研究[J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 297-300.

[66]秦建中, 郑伦举, 腾格尔. 海相高演化烃源岩总有机碳恢复系数研究[J]. 地球科学, 2007, 32(6):853-860.

[67]牟书令, 金之钧, 刘家铎, 等. 中国海相油气勘探理论与实践[M]. 北京:地质出版社, 2009: 1-752.

[68]贾承造, 赵政璋, 杜金虎, 等. 中国石油重点勘探领域——地质认识、核心技术、勘探成效及勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(4): 385-396.

① 陈清华, 王建平, 王冠民, 等. 青藏地区措勤盆地石油天然气路线地质综合调查报告. 中国石油大学(华东),1996.

② 刘宝泉, 赵炳岳, 方炳旺, 等. 西藏措勤盆地它日错深凹陷西段区域石油地质调查报告. 华北石油管理局录井公司, 1997.

③ 陈清华, 王建平, 王冠民, 等. 青藏地区措勤盆地区域石油地质调查报告. 中国石油大学(华东),1997.

④ 程顶胜, 吴培红, 齐小平, 等. 西藏措勤盆地它日错深凹陷遥感石油地质调查研究报告. 中国石油勘探开发研究院遥感地质研究所, 1998.

⑤ 王成善, 李亚林, 魏玉帅, 等. 青藏高原羌塘以外重点海相盆地油气资源调查与评价成果报告. 中国地质大学(北京),2008.

⑥ 谭富文, 陈明, 杜佰伟, 等. 羌塘盆地石油地质条件综合研究与区带优选. 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 2008.