

# 西藏岗巴一定日盆地下白垩统页岩气资源潜力

杜佰伟, 彭清华, 谢尚克, 郑博

(中国地质调查局成都地质调查中心, 四川成都 610081)

**摘要:** 西藏岗巴一定日盆地下白垩统泥页岩分布广泛, 通过分析其厚度、有机质丰度、有机质演化程度及脆度, 评价了页岩气勘探潜力。研究区下白垩统岗巴东山组和察且拉组为一套陆棚—斜坡沉积环境下的含菱铁矿结核或条带的页岩、粉砂质页岩, 地层横向分布范围较广, 主要分布在定日、定结—岗巴以及江孜—浪卡子地区, 厚度一般超过 100 m; 有机质类型良好, 以腐泥型或者偏腐泥的 II<sub>1</sub> 型为主, 总体处于高成熟—过成熟演化阶段, 以生成湿气—干气为主; 页岩矿物成分以石英、长石为代表的脆性矿物为主, 易于形成诱导性裂缝, 同时吸附性能较强。通过分析有机地球化学参数及借鉴其他地区页岩气勘探实践, 认为岗巴一定日盆地下白垩统泥页岩具有形成页岩气藏的良好条件。

**关键词:** 页岩气 下白垩统 地球化学特征 勘探潜力 岗巴一定日盆地

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2015)02-0051-04

## Exploration potential analysis of shale gas in the Lower Cretaceous, Gamba-Tingri basin of Tibet

Du Baiwei, Peng Qinghua, Xie Shangke, Zheng Bo

(Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu City, Sichuan Province, 610081, China)

**Abstract:** The shale developing in the Lower Cretaceous distributes widely in Gamba-Tingri basin. The shale gas exploration potential has been evaluated through the analysis of its thickness, organic abundance, organic evolution and brittleness. Cretaceous Gamba-Dongshan Formation in the study area consists of a set of shale or silty shale having siderite nodules or strips, which was formed under shelf-slope depositional environment. The formation distributes widely in the horizon direction including Tingri, Tingjie-Bamba and Gyangze-Nagarze areas, where shale thickness is generally over 100 m. Its organic type is good mainly developing sapropelic or partial sapropelic II<sub>1</sub> type. And the organic matter is overall high mature or over mature and generates moisture-dry gas mainly. The shale mineral composition mainly consists of brittle quartz and feldspar, which is favorable for induced fracture formation and has strong adsorption at the same time. It is concluded that the shale in the Lower Cretaceous of the Gamba-Tingri basin has favorable conditions for shale gas accumulation based on organic geochemical parameters analysis and other shale gas exploration practice.

**Key words:** shale gas; the Lower Cretaceous; geochemical characteristics; exploration potential; Gamba-Tingri basin

页岩气资源勘探与开发已经成为能源研究的新领域, 美国和加拿大等国家已经实现了页岩气商业勘探开发, 且勘探开发技术相对成熟, 而中国页岩气勘探开发尚处于起步阶段<sup>[1-4]</sup>。李玉喜等研究了中国广泛分布的海相、海陆交互相及湖相富有机质页岩, 认为页岩气有利勘探区域主要包括中上扬

子地区、鄂尔多斯地区及滇东、黔西等地区<sup>[5]</sup>。在西藏特提斯构造域中, 喜马拉雅北坡岗巴一定日一带发育了侏罗系、白垩系深海沉积, 其中尤以下白垩统泥页岩厚度巨大且分布广泛, 具有形成页岩气的有利地质条件, 为此, 笔者结合北美页岩气研究及中国页岩气勘探实践, 对研究区下白垩统泥页岩厚

收稿日期: 2015-01-21。

作者简介: 杜佰伟(1976—), 男, 四川成都人, 高级工程师, 从事青藏高原石油地质和非常规油气调查研究。联系电话: 13688012881, E-mail: dbw88@163.com。

基金项目: 地质矿产调查评价专项“青藏高原非常规油气调查”(1212011221106), 国家油气重大专项“青藏地区海相碳酸盐岩成藏条件与有利勘探区带评价”(2011ZX05004-001-006)。

度、有机质丰度、有机质演化程度及脆度进行研究,初步认为其具有良好的页岩气勘探潜力。

## 1 区域地质概况

岗巴一定日盆地位于北喜马拉雅北部东段,北以贡当—孜松—多巴断层为界与雅鲁藏布江缝合带毗邻,南与高喜马拉雅结晶岩带(构造带)毗邻<sup>[6-7]</sup>(图1);东西长度约为900 km,南北宽度约为50~70 km,面积约为 $7 \times 10^4$  km<sup>2</sup>。研究区白垩纪自下而上分为古错村组、岗巴东山组、察且拉组、岗巴村口组及宗山组<sup>[8]</sup>,目前通常将古错村组、岗巴东山组、察且拉组归为下白垩统,其中古错村组可能跨上侏罗统,察且拉组可能跨上白垩统,仍须进一步论证,在此不做地层时限论述。

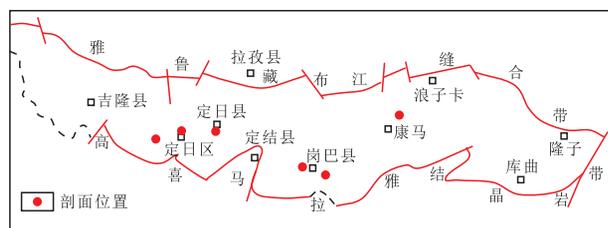


图1 岗巴一定日盆地区域构造位置

Fig.1 Regional structural location of the Gamba-Tingri basin

## 2 泥页岩分布特征

岗巴一定日盆地在白垩纪基本继承了侏罗纪沉积格局,主要表现为被动大陆边缘的古地理环境,为浅海陆棚相沉积,埋藏呈逐渐变深的趋势。沉积相及地层分布明显受到雅鲁藏布江洋向北俯冲的影响,岗巴一定日盆地东、西部都为次深海—浅海环境的沉积,呈现出北深南浅的被动陆缘海洋格局。岗巴东山组和察且拉组为一套陆棚—斜坡沉积环境下的含菱铁矿结核或条带的页岩、粉砂质页岩,代表了低能和强还原的沉积环境,地层横向分布范围较广,纵向厚度大。岗巴东山组在盆地内分布广泛,主要出露于定日、岗巴地区;岩性主要为深灰—灰黑色薄层状页岩、粉砂质页岩,底部夹灰黑色泥灰岩,产菊石、双壳等化石,页岩中含铁质结

核,其厚度为190~1 100 m,与下伏古错村组呈整合接触。察且拉组主要出露于定日、岗巴地区,与下伏岗巴东山组及上覆岗巴村口组呈整合接触;岩性以灰、灰黑色薄层状页岩、粉砂质页岩为主,含灰黄色、褐色菱铁矿结核或条带,厚度为98~541.9 m。

厚度较大且分布较广泛的页岩才能为页岩气生成、吸附滞留及聚集提供足够的储集空间<sup>[9-10]</sup>。因此,理论上讲,页岩的厚度越大,形成的页岩气就越多。北美工业性页岩气藏的页岩厚度一般在20 m以上,而岗巴一定日盆地地下白垩统页岩厚度一般在100 m以上;江孜县甲不拉北沟剖面发育的灰黑色钙质页岩厚度可达777.8 m,岗巴县岗巴东山组黑色页岩和粉砂质页岩厚度达388 m;定日县美姆、多吉一带灰黑色页岩发育,厚度为541.9~1 300 m。平面上,下白垩统页岩主要分布在定日、定结—岗巴以及江孜—浪卡子地区,形成3个页岩厚度高值区域,并以定结—岗巴地区页岩厚度最大。不同地区黑色页岩中物质成分略有差异,定日县美姆、多吉一带黑色页岩中钙质含量较小,砂质含量略高。

## 3 泥页岩地球化学特征

**有机质丰度** 岗巴一定日盆地察且拉组黑色页岩有机碳含量为0.59%~1.31%,平均为1.03%,生烃潜力为0.03~0.12 mg/g,平均为0.07 mg/g,具备一定的生烃能力。岗巴东山组有机碳含量为0.44%~1.13%,平均为0.95%(表1)。理论上,海相水体较深的沉积环境的沉积物有机质含量应该较高,但是由于岗巴一定日盆地经过了高原隆升及风化剥蚀作用,使得地表泥页岩有机质转化率较高,因而残留的有机碳含量相对较小。

**有机质类型** 岗巴一定日盆地地下白垩统页岩干酪根显微组分包括腐泥组、壳质组、镜质组和惰质组4种类型,以腐泥组占绝对优势,其次为壳质组、镜质组,惰质组含量最小。按干酪根中各显微组分所占比例计算的有机质类型指数为-30~76;58%的样品类型指数为40~76,有机质类型为II<sub>1</sub>型;37%的样品类型指数为0~40,有机质类型为II<sub>2</sub>型;

表1 岗巴一定日盆地主干剖面下白垩统黑色页岩有机地球化学特征

Table 1 Organic geochemical characteristics of the main section in the lower Cretaceous black shale, Gamba-Tingri basin

剖面	地层	样品个数	有机碳含量,%		生烃潜力/(mg·g <sup>-1</sup> )		最高热解峰温/℃		镜质组反射率,%		有机质类型
			范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	
美姆	察且拉组	4	0.59~1.3	0.96	0.06~0.12	0.09	546~606	587	1.87~2.16	2.0	II <sub>1</sub> -II <sub>2</sub>
多吉	察且拉组	6	0.79~1.31	1.1	0.03~0.06	0.05	520~607	579	1.69~2.11	1.98	II <sub>1</sub> , II <sub>2</sub>
岗巴	岗巴东山组	9	0.44~1.13	0.95	0.03~0.05	0.04	410~609	556	1.74~2.05	1.88	II <sub>1</sub> -II <sub>2</sub>

5%的样品类型指数小于0,有机质类型为Ⅲ型。依据干酪根显微组分分布(图2),岗巴一定日盆地下白垩统灰黑色薄层状页岩有机质类型主要为腐泥型,有机质类型良好,与干酪根镜检得出的结论一致(表1)。

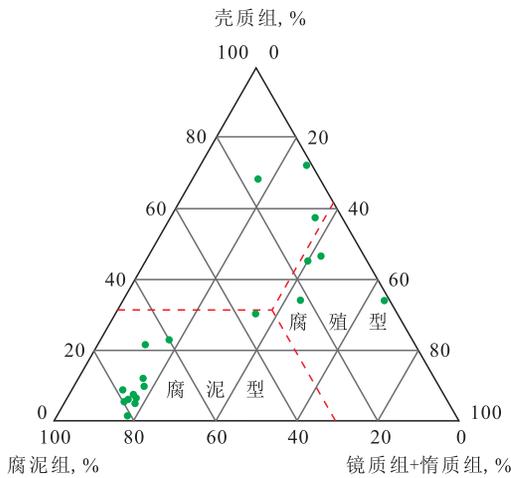


图2 岗巴一定日盆地下白垩统页岩干酪根显微组分分布

Fig.2 Kerogen macerals of the Lower Cretaceous shale in Gamba-Tingri basin

有机质成熟度 通过对岗巴一定日盆地路线剖面与基干剖面下白垩统泥页岩样品分析测试发现,总体上镜质组反射率为1.43%~2.23%,平均值为1.87%,处于高成熟—过成熟演化阶段,其中78%的样品镜质组反射率为1.3%~2%,属高成熟演化阶段,22%的样品处于镜质组反射率大于2%的过成熟演化阶段;而岩石最高热解峰温为410~609℃,平均值为574℃,反映出岩石演化程度较高。结合镜质组反射率与最高热解峰温的关系(图3)可知,岗巴一定日盆地下白垩统泥页岩有机质演化程度较高,总体处于高成熟—过成熟演化阶段,以生成湿气—干气为主,这对于页岩气的生成、聚集是非常有利的。

岩石脆度 岗巴一定日盆地下白垩统泥页岩常见矿物包括伊利石、蒙皂石、高岭石等粘土矿物,还混杂石英、长石、云母、方解石、白云石、黄铁矿等矿物。以石英和长石为代表的脆性矿物含量为

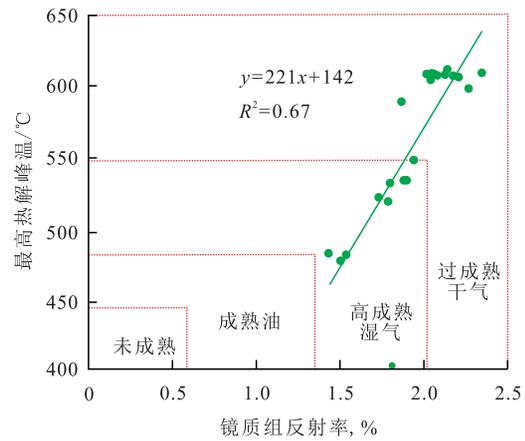


图3 岗巴一定日盆地下白垩统泥页岩最高热解峰温与镜质组反射率关系

Fig.3 Relationship between  $T_{max}$  and  $R_v$  of the Lower Cretaceous shale in the Gamba-Tingri basin

53%~70%,碳酸盐矿物含量为1%~10%,粘土矿物含量为29%~37%,对比不同地区页岩X射线荧光衍射分析结果<sup>[11]</sup>发现,定日—岗巴盆地下白垩统泥页岩中各矿物含量与北美、川东北、渝东南页岩存在显著的差异,主要表现为以石英、长石等为代表的脆性矿物含量偏高,粘土矿物和碳酸盐矿物含量相对偏低(表2)。在相同条件下,研究区下白垩统泥页岩脆性矿物含量偏高,说明其在后期压裂改造过程中容易形成裂缝;碳酸盐矿物含量偏低则说明在相同条件下页岩不易溶蚀,溶蚀孔隙、孔洞可能相对较少。

岩石吸附性能 基于页岩气与煤层气具有相似的吸附机理,借鉴煤层气中吸附气的评价方法,对岗巴一定日盆地下白垩统泥页岩样品在温度为30℃、湿度为2.2%的条件下进行等温吸附实验,实验数据与Langmuir公式计算得到的数据非常吻合(图4)。实验结果显示,研究区下白垩统泥页岩等温吸附测试的理论吸附气含量为2.3~2.68 cm<sup>3</sup>/g,说明其具有较强的吸附能力。另外,随着有机碳含量和镜质组反射率的增加,泥页岩的吸附能力增强(图4)。同时,在定日—岗巴盆地的临区,尼泊尔木斯塘地区侏罗系页岩中产大量燃烧的天然气<sup>[12]</sup>,说明该区泥页岩存在吸附气体的能力。

表2 不同地区泥页岩X射线荧光衍射分析结果  
Table 2 Statistics data of XRD analysis of shale reservoirs in different areas

地区	地层	粘土矿物含量,%		石英和长石含量,%		碳酸盐矿物含量,%	
		范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
岗巴一定日	下白垩统	29~37	33.5	53~70	63.6	1~10	2.9
渝东南	龙马溪组	12.7~50.8	32.6	22.5~80.6	52.3	0~64.8	15.04
川东北	筲竹寺组	15.3~56.1	39.7	31.3~52.3	42.2	0~53.4	18.1
北美	Barnett	<50		20~80		<25	

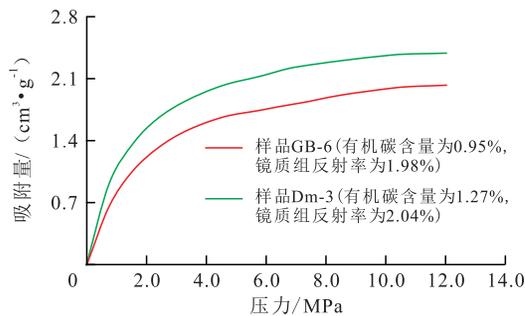


图4 岗巴一定日盆地地下白垩统泥页岩等温吸附曲线

Fig.4 Adsorption isotherm curves of the Lower Cretaceous shale in the Gamba-Tingri basin

## 4 结论

岗巴一定日盆地地下白垩统泥页岩发育广泛,尤其在定日、定结—岗巴以及江孜—浪卡子等地区。研究区下白垩统泥页岩厚度大,为280~1 600 m;有机碳含量为0.44%~1.31%;有机质类型良好,总体以腐泥型或者偏腐泥的Ⅱ<sub>1</sub>型为主;有机质热演化处于高成熟—过成熟演化阶段,以生成湿气—干气为主要特征。岩石矿物成分以脆性矿物(石英、长石等)为主,在外力作用下易于形成诱导性储集空间。根据与北美、川东北、渝东南页岩对比研究认为,研究区无论从泥页岩的分布、厚度、有机质含量、有机质类型、成熟度及岩石脆度、吸附性等方面均满足产生页岩气的条件,特别是在定结—岗巴地区泥页岩厚度、有机质丰度均显示有形成页岩气的可能性。同时,在临近定日—岗巴盆地的尼泊尔木斯塘地区泥页岩中已发现溢出的天然气,则说明高原隆升对页岩气的生成、保存影响不大,也进一步说明岗巴一定日盆地页岩气地质研究的前景是乐观的。

### 参考文献:

- [1] 刘树根,马文辛,Luba Jansa,等.四川盆地东部地区下志留统龙马溪组页岩储层特征[J].岩石学报,2011,27(8):2 239-2 252.  
Liu Shugen, Ma Wenxin, Luba Jansa, et al.Characteristics of the shale gas reservoir rocks in the Lower Silurian Longmaxi Formation, East Sichuan basin, China [J].Acta Petrologica Sinica, 27 (8):2 239-2 252.
- [2] 李建青,高玉巧,花彩霞,等.北美页岩气勘探经验对建立中国南海相页岩气选区评价体系的启示[J].油气地质与采收率,2014,21(4):23-27,32.  
Li Jianqing, Gao Yuqiao, Hua Caixia, et al.Marine shale gas evaluation system of regional selection in South China: enlightenment from North American exploration experience [J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(4): 23-27, 32.
- [3] 葛忠伟,樊莉.页岩气研究中应注意的问题[J].油气地质与采

收率,2013,20(6):19-22.

Ge Zhongwei, Fan Li. Some notable problems about shale gas in the scientific research [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(6): 19-22.

- [4] 张善文,张林晔,李政,等.济阳坳陷古近系页岩油气形成条件[J].油气地质与采收率,2012,19(6):1-5.  
Zhang Shanwen, Zhang Linye, Li Zheng, et al. Formation conditions of Paleogene shale oil and gas in Jiyang depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(6): 1-5.
- [5] 冯子齐,于炳松,曾秋楠,等.鄂尔多斯东南部页岩气储层特征及其主控因素[J].特种油气藏,2013,20(6):40-43.  
Feng Ziqi, Yu Bingsong, Zeng Qiunan, et al. Characteristics and main controlling factors of shale gas reservoir in the southeastern ordos Basin [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2013, 20(6): 40-43.
- [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.  
Wang Jian, Tan Fuwen, Li Yalin, et al. The potential of the oil and gas resources in major sedimentary basin on the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004.
- [7] 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,2009:227-270.  
Wang Jian, Ding Jun, Wang Chengshan, et al. Investigation and evaluation of petroleum resources strategic area selection in Qinghai-Tibetan Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 227-270.
- [8] 罗小平,朱剑如,祁开令.西藏岗巴—定日盆地找油前景[J].地球科学——中国地质大学学报,1996,21(2):158-162.  
Luo Xiaoping, Zhu Jianru, Qi Kailing. Oil prospects in Gamba-Dingri basin, Xizang (Tibet) [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1996, 21(2): 158-162.
- [9] 王永诗,巩建强,房建军,等.渤海洼陷页岩油气富集高产条件及勘探方向[J].油气地质与采收率,2012,19(6):6-10.  
Wang Yongshi, Gong Jianqiang, Fang Jianjun, et al. Enrichment condition analysis and exploration direction of shale oil-gas in Bonan subsag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(6): 6-10.
- [10] 马宁,侯读杰,包书景,等.页岩气资源潜力评价方法[J].油气地质与采收率,2012,19(6):25-29.  
Ma Ning, Hou Dujie, Bao Shujing, et al. Evaluation method of shale gas resource potential [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(6): 25-29.
- [11] 蒋裕强,董大忠,漆麟,等.页岩气储层的基本特征及其评价[J].天然气工业,2010,30(10):7-12.  
Jiang Yuqiang, Dong Dazhong, Qi Lin, et al. Basic features and evaluation of shale gas reservoirs [J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(10): 7-12.
- [12] 费琪,邓忠凡.西藏特提斯构造域海相油气前景[J].地球科学——中国地质大学学报,1996,21(2):113-119.  
Fei Qi, Deng Zhongfan. Marine petroleum potential in Xizang (Tibet) Tethys tectonic domain [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1996, 21(2): 113-119.