

The Hydrocarbon Potential of Jurassic Source Rocks in Yanshiping-Wenquanbingzhan Area in the South of Qinghai Province

Guangchun Jin¹, Hongwei Kuang², Huanxin Song^{3*}

¹Oil & Gas Survey of China Geological Survey, Beijing

²Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing

³Hubei Cooperative Innovation Center of Unconventional Oil and Gas (Yangtze University), Wuhan Hubei

Email: *shx@yangtzeu.edu.cn

Received: Dec. 12th, 2016; accepted: Feb. 15th, 2017; published: Apr. 15th, 2017

Abstract

The research degree of Jurassic source rocks was low in Yanshiping-Wenquanbingzhan Area. On the basis of the geochemical analysis of the Jurassic source rocks systematically, the hydrocarbon potential there was researched. The results show that the dark source rocks, including mudstone and limestone were developed well in Jurassic System. The abundance of the organic matter in the mudstone of J₂x and in the limestone of J₂q is high and reaches the standard of the effective source rocks. The organic matter is II₂-III with a bias of humus type in each formation of the Jurassic System. The thermal evolution degree of the Jurassic source rocks is mainly at the high-over mature stage. It is considered that the Jurassic source rocks can provide potential gas supply conditions for the accumulation of the natural gas hydrate in the research area.

Keywords

Source Rock, Jurassic System, Hydrocarbon Potential, Yanshiping, Wenquanbingzhan, Qiangtang Basin

*通信作者。

青南雁石坪-温泉兵站地区侏罗系 烃源岩生烃潜力研究

金广春¹, 旷红伟², 宋换新^{3*}

¹中国地质调查局油气资源调查中心, 北京

²中国地质科学院地质研究所, 北京

³非常规油气湖北省协同创新中心(长江大学), 湖北 武汉

作者简介: 金广春(1970-), 男, 副研究员, 主要从事地质研究及科研管理工作。

Email: shx@yangtzeu.edu.cn

收稿日期: 2016年12月12日; 录用日期: 2017年2月15日; 发布日期: 2017年4月15日

摘要

雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩研究程度低。在对侏罗系烃源岩样品进行系统的地球化学分析的基础上, 对其生烃潜力进行了研究。结果表明: 研究区侏罗系烃暗色碳酸盐岩和泥岩发育, 其中夏里组泥岩和雀莫错组灰岩有机质丰度整体达到了有效烃源岩标准; 侏罗系各组烃源岩中有机质类型为II₂-III型, 为偏腐殖型有机质; 烃源岩的热演化程度主体处于高成熟-过成熟热演化阶段。认为侏罗系烃源岩能够为研究区天然气水合物成藏提供潜在的气源条件。

关键词

烃源岩, 侏罗系, 生烃潜力, 雁石坪, 温泉兵站, 羌塘盆地

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 区域地质概况

雁石坪和温泉兵站是青藏线(109国道)和青藏铁路沿线上两个重要的集镇, 位于青海省南部的格尔木市(图1)。雁石坪-温泉兵站地区所处的大地构造位置属于特提斯构造域东段的羌塘盆地的周缘地区, 经历多期构造运动的改造[1]。该区地层发育是在前古生界的结晶基底和古生界褶皱基底之上, 主要发育中生界的海相沉积, 沉积厚度大。其中石炭系-白垩系主要以海相碳酸盐岩和碎屑岩为主, 其上部的古近系-新近系为陆相砂、砾岩沉积。现阶段地表出露地层以侏罗系-第四系为主[2]。羌塘盆地及周缘地区是我国陆上油气勘探程度最低的区域之一, 前人初步研究表明, 其侏罗系地层可能存在较好的油气勘探前景[3][4]。在青藏线雁石坪和温泉兵站一线, 侏罗系地层出露较好, 笔者在系统野外调研和采样分析测试的基础上, 对雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩的生油气潜力进行研究。

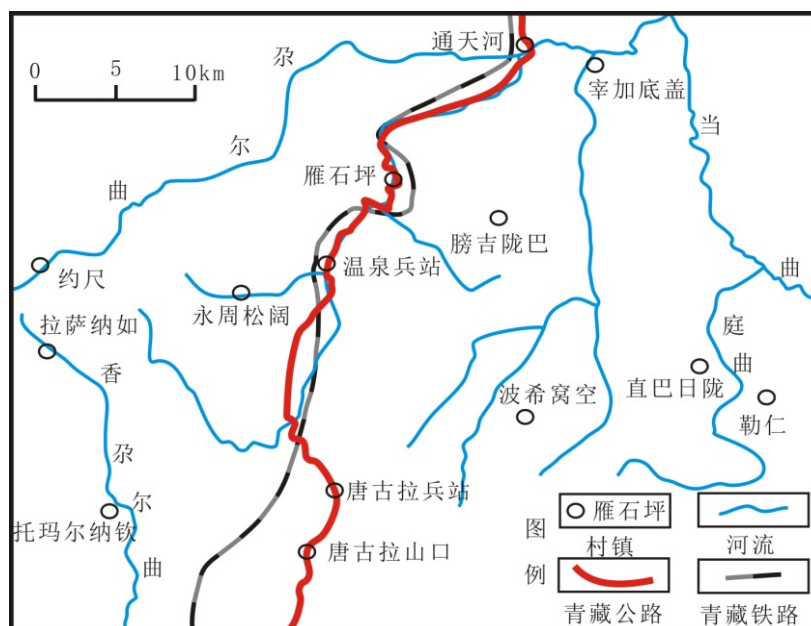


Figure 1. Position of the research area
图 1. 研究区位置图

2. 地层特征及样品采集

雁石坪-温泉兵站地区侏罗系地层中，中-上侏罗统发育齐全，分布较广泛，而下侏罗统为一套中-酸性火山岩沉积，出露局限。中-上侏罗统自下而上包括：中侏罗统的雀莫错组(J_{2q})、布曲组(J_{2b})、夏里组(J_{2x})和上侏罗统的索瓦组(J_{3s})、雪山组(J_{3x})。中-上侏罗统整体为一套以碎屑岩、碳酸盐岩为主，夹少量火山岩、油页岩及石膏层的地层，垂向上岩性特征为“三砂夹两灰”，其中灰岩主要发育在 J_{2b} 和 J_{3s} 下部，其他组岩性以砂泥岩为主。

该次野外踏勘在研究区中-上侏罗统 J_{2q} - J_{3s} 共计采集烃源岩样品 53 件，其中暗色灰岩样品 41 件，暗色泥岩样品 12 件，具体分布为： J_{2q} 烃源岩样品 14 件(泥岩 3 件，灰岩 11 件)， J_{2b} 烃源岩样品 24 件(泥岩 2 件，灰岩 22 件)， J_{2x} 烃源岩样品 5 件(泥岩 4 件，灰岩 1 件)， J_{3s} 烃源岩样品 10 件(泥岩 3 件，灰岩 7 件)。顶部的 J_{3x} 为红色的砂泥岩地层，不发育烃源岩。

3. 有机质丰度

目前烃源岩有机质丰度评价指标体系中，有机碳质量分数($w(\text{TOC})$, %)、生烃潜量($w(\text{S}_1 + \text{S}_2)$, mg/g)等指标受热演化程度的影响较大。该次采集样品分析数据表明，实测的 $w(\text{S}_1 + \text{S}_2)$ 整体很低，与 $w(\text{TOC})$ 严重偏离，表明其同样受到热演化程度的影响较大。为合理评价研究区侏罗系烃源岩的原始有机质丰度，需要对 $w(\text{TOC})$ 和 $w(\text{S}_1 + \text{S}_2)$ 进行恢复。该研究选取夏新宇等[5]提出的 $w(\text{TOC})$ 恢复系数法对烃源岩的原始有机碳质量分数 ($w(\text{TOC})'$, %) 进行恢复； $w(\text{S}_1 + \text{S}_2)$ 根据程克明等[6]提出的降解率法进行恢复，得到原始生烃潜量($w(\text{S}_1 + \text{S}_2)'$, mg/g)。恢复后的结果见表 1。

雁石坪-温泉兵站地区侏罗系各层位烃源岩中，仅 J_{2x} 泥岩和 J_{2q} 灰岩整体达到了有效烃源岩的评价标准，其 $w(\text{TOC})'$ 均质分别为 0.41% 和 0.49% (表 1)，为有效烃源岩。其他层位仅有个别样品为有效烃源岩，整体为非烃源岩。值得注意的是， J_{2b} 中有 1 个灰岩样品 $w(\text{TOC})$ 为 2.07%，其 $w(\text{TOC})'$ 高达 3.35%，为优质烃源岩。由此可见，雁石坪-温泉兵站地区侏罗系地层中， J_{2x} 泥岩和 J_{2q} 灰岩整体有机质丰度相对较高，为有效烃源岩[7][8]，其他层位仅个别小层段有机质丰度较高，整体为非烃源岩。

Table 1. The statistics of organic matter abundance of Jurassic source rocks in Yanshiping-Wenquanbingzhan Area
表 1. 雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩有机质丰度统计

层位	岩性	数量	w (TOC)/%	w (S ₁ + S ₂)/(mg·g ⁻¹)	w (TOC)' 均值/%	w(S ₁ + S ₂)' 均值/(mg·g ⁻¹)
J ₃ s	灰岩	7	0.09~0.41/0.20	0.02~0.14/0.08	0.32	1.39
	泥岩	3	0.15~0.18/0.16	0.07~0.10/0.09	0.27	0.91
J ₂ x	灰岩	1	0.14	0.03	0.23	0.74
	泥岩	4	0.18~0.32/0.25	0.02~0.20/0.10	0.41	1.74
J ₂ b	灰岩	22	0.11~2.07/0.22	0.01~0.34/0.09	0.36	0.83
	泥岩	2	0.09~0.11/0.10	0.03~0.07/0.05	0.17	0.57
J ₂ q	灰岩	11	0.09~0.73/0.30	0.01~0.55/0.13	0.49	2.33
	泥岩	3	0.16~0.32/0.23	0.03~0.10/0.07	0.37	1.34

注：表中“0.09~0.41/0.20”为“最小值~最大值/平均值”

在分析的所有 41 个灰岩样品，w (TOC)'分布范围 0.15%~3.35%，均值为 0.39%；w (S₁ + S₂)'分布范围 (0.45~3.26) mg/g，均值为 1.33%。w (TOC)'均值接近了有效烃源岩下限标准(0.4%)，而 w (S₁ + S₂)'均值相对较高,表明研究区侏罗系灰岩具一定的有机质丰度。而这其中，J₂q 灰岩样品的 w (TOC)'均值和 w (S₁+S₂)'均值分别为 0.49%和 2.33 mg/g (图 2(a))，整体较其他层位灰岩有机质丰度高。

分析的 12 个暗色泥岩样品，w (TOC)'分布范围 0.15%~0.52%，均值为 0.32%；w (S₁ + S₂)'分布范围 (0.54~2.97) mg/g，均值为 1.24%。两个指标均值均较灰岩样品低，表明其有机质丰度相对较低。但是 J₂x 泥岩样品的 w (TOC)'均值和 w (S₁ + S₂)'均值分别为 0.41%和 1.74 mg/g (图 2(b))，整体达到有效烃源岩标准，较其他层位泥岩有机质丰度高。

前人对于羌塘盆地中部拗陷区的烃源岩研究表明，其 J₂b、J₂x 和 J₃s 等都发育有较好的烃源岩，特别是在拗陷的沉积中心，还发育一定范围的优质烃源岩[3]。研究区处于羌塘盆地周缘地区，其沉积环境与物源特征与拗陷区有较大的差别，这也是雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩有机质丰度整体较盆地中心拗陷区低的原因。

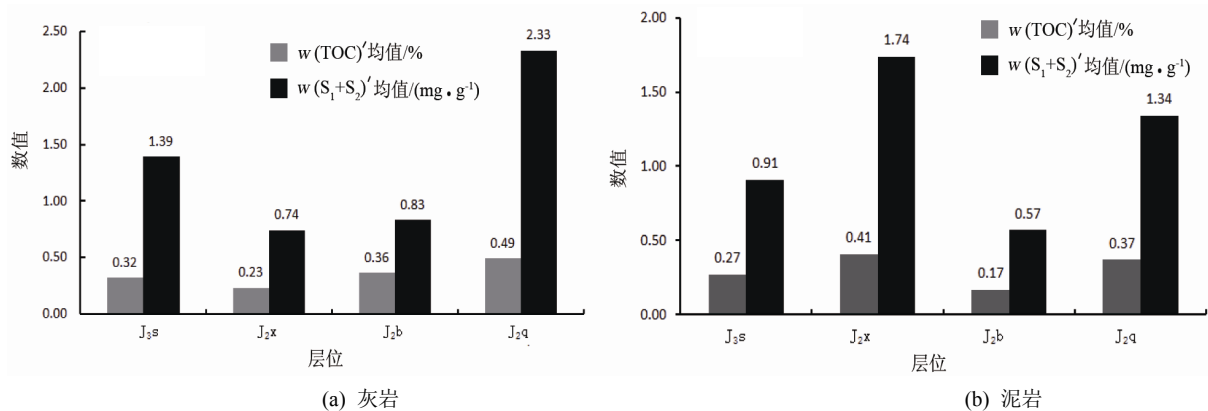


Figure 2. The average of w (TOC)' and w (S₁ + S₂)' of Jurassic source rocks in Yanshiping-Wenquanbingzhan Area
图 2. 雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩 w (TOC)'均值和 w (S₁ + S₂)'均值分布

4. 有机质类型

不同类型的有机质, 在热演化生烃的过程中, 其产物的数量和性质都有较大的差异。研究有机质类型的方法较多[9], 该次利用干酪根的显微组分和碳同位素资料进行研究。干酪根显微组分是在显微镜下直接观测烃源岩中有机质显微组分的组成情况, 腐殖型和腐泥型有机质显微组分差异明显, 常用类型指数(I_t)表示。研究区侏罗系各组 12 件烃源岩干酪根显微组分组成分析结果(表 2)表明, 主要以镜质组和腐泥组为主, 整体镜质组略微占优, 两者占到显微组分体积分数的 95%以上。其次含极少量的惰质组, 体积分数不高于 5%; 没有发现壳质组组分。 I_t 值分布范围: 20.3~38.7, 均值为 3.5。结果表明, 侏罗系各组烃源岩有机质类型为 II₂-III 型, 为偏腐殖型有机质。

干酪根碳同位素($\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$)组成主要取决于其生物先质的碳同位素组成, 同样可以反映沉积有机质的性质。研究区侏罗系各组烃源岩样品中干酪根 $\delta^{13}\text{C}$ 分布范围-24.5‰~-21.0‰, 均值为-23.5‰, 整体为 III 型有机质。考虑到较高的热演化程度对碳同位素的分馏作用[9], 认为研究区有机质类型应该为 II₂-III 型有机质。

秦建中[10]对羌塘盆地上三叠统-侏罗系烃源岩的有机相研究表明, 羌塘盆地不同构造位置, 其有机相类型不同。雁石坪-温泉兵站地区落入其 II₂(混源有机相)-III 型(木本相)有机相的范围, 主体属于 III 型(木本相), 这也与该次研究认识相符。

Table 2. The macerals and carbon isotope of kerogen in Jurassic source rocks from Yanshiping-Wenquanbingzhan Area
表 2. 雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩干酪根显微组分和碳同位素分析

层位	岩性	显微组分体积分数/%				类型指数		$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}(\text{PDB})$
		腐泥组	壳质组	镜质组	惰性体	I_t 值	类型	
J ₂ q	灰岩	47.7	0	51.3	1.0	8.2	II ₂	-24.4
	灰岩	47.7	0	51.0	1.3	6.2	II ₂	-23.8
	灰岩	43.0	0	55.3	1.7	-0.2	III	-24.1
	灰岩	45.3	0	53.3	1.4	4.0	II ₂	-23.0
	泥岩	37.0	0	61.7	1.3	-10.6	III	-23.1
J ₂ b	灰岩	65.0	0	34.7	0.3	38.7	II ₂	-23.4
	灰岩	48.0	0	51.0	1.0	8.8	II ₂	-23.0
	灰岩	58.7	0	40.6	0.7	27.9	II ₂	-23.3
J ₂ x	泥岩	46.0	0	53.0	1.0	5.3	II ₂	-24.5
	泥岩	39.7	0	58.0	2.3	-6.1	III	-21.0
J ₃ s	灰岩	32.0	0	63.7	4.3	-20.1	III	-24.3
	灰岩	32.0	0	63.0	5.0	-20.3	III	-24.0

5. 热演化程度及综合评价

一个地区主力烃源岩所处的热演化阶段, 与区域油气勘探前景及勘探目标的选择密切相关。研究区侏罗系烃源岩中灰岩样品的最高热解峰峰温(t_{max})分布范围 392~600℃, 均值为 476℃; 泥岩 t_{max} 分布范围 413~600℃, 均值为 512℃。表明研究区侏罗系烃源岩整体处于高成熟-过成熟热演化阶段。烃源岩干酪根 H/C 原子比分布范围 0.26~0.58, 均值为 0.42, 同样表明侏罗系烃源岩整体处于高成熟-过成熟热演化阶段。

秦建中等[3]对羌塘盆地不同地区 7762 个样品的镜质体反射率(R_o)、 t_{max} 、包裹体均一温度等项目研究

表明,羌塘盆地北羌塘坳陷的东部地区(雁石坪-温泉兵站地区)侏罗系烃源岩主体处于高成熟-过成熟热演化阶段,与该文的研究结论相符。同时多个学者[10][11]指出,羌塘盆地中生界烃源岩从中部的沉积坳陷向盆地边缘,相同层位热演化程度有增加的趋势,主要与盆地边缘或断裂带附近不平衡压力变形作用有关。

综上所述,雁石坪-温泉兵站地区侏罗系地层中, J_{2x} 泥岩和 J_{2q} 灰岩整体有机质丰度较高,达到有效烃源岩标准,其他层位有机质丰度较低;有机质类型为 II_2 -III 型有机质,为偏腐殖型有机质;烃源岩热演化程度较高,主体处于高成熟-过成熟热演化阶段。由此可见,雁石坪-温泉兵站地区侏罗系烃源岩主要以生气为主,能够为研究区天然气水合物的形成提供较潜在的气源条件。

6. 结论

1) 雁石坪-温泉兵站地区侏罗系地层暗色碳酸盐岩和泥岩发育;烃源岩样品的有机质丰度研究表明, J_{2x} 泥岩和 J_{2q} 灰岩整体有机质丰度较高,达到有效烃源岩标准,其他层位烃源岩有机质丰度较低,主体为非烃源岩。

2) 烃源岩中干酪根类型研究表明,研究区侏罗系烃源岩有机质类型为 II_2 -III 型有机质,为偏腐殖型有机质,较有利于生气。烃源岩热演化程度分析表明,主体热演化程度较高,处于高成熟-过成熟热演化阶段。

3) 综合分析认为,雁石坪-温泉兵站地区侏罗系 J_{2x} 泥岩和 J_{2q} 灰岩作为烃源岩,能够为该区天然气水合物成藏提供较有利的气源条件。

基金项目

中国地质调查局地质调查项目(GZH201400304);长江大学青年基金项目(2015cq42)。

参考文献 (References)

- [1] 南征兵,李永铁,郭祖军. 新构造运动对藏北羌塘盆地油气保存条件的影响[J]. 海相油气地质, 2008, 13(1): 45-50.
- [2] 张玉修,张开均,李勇,等. 西羌塘盆地东部中-上侏罗统沉积特征及沉积相划分[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(1): 52-62.
- [3] 秦建中. 青藏高原羌塘盆地中生界主要烃源层分布特征[J]. 石油实验地质, 2006, 28(2): 134-141.
- [4] 王剑,谭富文,李亚林. 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.
- [5] 夏新宇,洪峰,赵林. 烃源岩生烃潜力的恢复探讨——以鄂尔多斯盆地奥陶统碳酸盐岩为例[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 307-312.
- [6] 程克明,王兆云. 高成熟和过成熟海相碳酸盐岩生烃条件评价方法研究[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(6): 537-543.
- [7] 彭平安,刘大永,秦艳. 海相碳酸盐岩烃源岩评价的有机碳下限问题[J]. 地球化学, 2008, 37(4): 415-422.
- [8] 梁狄刚,张水昌,张宝民,等. 从塔里木盆地看中国海相生油问题[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 534-547.
- [9] 侯读杰. 油气地球化学[M]. 北京:石油工业出版社, 2011.
- [10] 秦建中. 青藏高原羌塘盆地有机相展布与成烃模式[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 364-270.
- [11] 丁文龙,李超. 西藏羌塘盆地中生界海相烃源岩综合地球化学剖面研究及有利生烃区预测[J]. 岩石学报, 2011, 27(3): 789-986.

[编辑] 宋换新

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jogt@hanspub.org