

藏南日喀则地区白垩纪泥岩、页岩有机质丰度及其油气地质意义

熊国庆¹, 蔡习尧², 伍皓¹, 江新胜¹

XIONG Guo-qing¹, CAI Xi-yao², WU Hao¹, JIANG Xin-sheng¹

1. 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082;

2. 中国石化石油勘探开发研究院西北分院, 新疆 乌鲁木齐 830011

1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Chengdu 610082, Sichuan, China;

2. The West Department of Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Urumchi 830011, Xinjiang, China

摘要:对藏南发育完整的、厚度巨大的海相白垩纪地层中的暗色泥、页岩开展了有机质丰度研究。综合分析结果表明:该区泥、页岩中残余有机碳含量在 0.05%~1.1%之间,平均值约为 0.42%,其中下白垩统约为 0.531%,上白垩统约为 0.265%,有机碳平均含量变化特征与该区的古地理格局及海平面升降有关。氯仿沥青‘A’含量在 0.0009%~0.0072%之间,平均含量约为 0.0040%。有机碳与氯仿沥青‘A’最大值与最小值之比分别为 22 和 8。有机碳与氯仿沥青‘A’这种弱负相关性与两者遭受剧烈的地表风化作用、强烈的紫外线照射和高程度有机质热演化后的损失量有关,后者远大于前者。白垩系残余有机碳含量大于 0.6%的中等—好生油岩样 10 件,占样品总数的 27%,下白垩统样品 9 件,占样品总数的 24.3%,上白垩统样品 1 件,占样品总数的 2.7%,表明来自北喜马拉雅地区东山组和康马—隆子地区甲不拉组的早白垩世泥、页岩为该区主要的有效生油岩。

关键词:藏南;白垩纪;泥、页岩;残余有机碳;氯仿沥青‘A’;负相关

中图分类号:P534.53;P588.22;P618.13

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2009)10-1448-10

Xiong G Q, Cai X Y, Wu H, Jiang X S. Organic matter abundance and significance of oil geology of the Cretaceous mudstones and shales from Rikaze area, southern Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(10):1448-1457

Abstract: In this paper the research of organic matter abundance of dark mudstones and black shales in the Cretaceous strata which are developed completely and large-thickly in the marine environment from southern Tibet is carried out. The results of composition analysis reveal that the contents of organic carbon vary between 0.05% to 1.1%, and its average value during the Cretaceous period is about 0.42%, approximately 0.531% and 0.265% during the early and late Cretaceous respectively. The variety of average content of organic carbon is related to the paleogeography situation of the study area and sea-level oscillation. The contents of chloroform bitumen ‘A’ range from 0.0009% to 0.0072%, and its average value is about 0.0040%. The ratio between maximum and minimum content of both organic carbon and chloroform bitumen ‘A’ is 22 and 8. The vague negative correlation of organic carbon and chloroform bitumen ‘A’ is concerned with their lost quantities suffered from heavy surface weathering, drastic ultraviolet irradiation and high degree of thermal evolution of organic matters, and the later content is drastically higher than the former. Ten pieces of moderate and good samples of oil resource have organic carbon contents over 0.6% during the Cretaceous period, which accounts for 27% of the total samples. Nine pieces of them are from late Cretaceous, which accounts for 24.3% of the total. This fact demonstrates the Cretaceous mudstones and shales from Dongshan Formation in the north Himalayas area and Gyabula Formation in the Kangma-Longzi area are the main effective oil-bearing resource in the study area.

Key words: southern Tibet; Cretaceous period; mudstone and shale; organic carbon; chloroform bitumen ‘A’; negative correlation

收稿日期:2009-04-15;修订日期:2009-07-20

基金项目:国家自然科学基金项目(批准号:40372064)和中国地质调查局项目《青藏高原构造-岩相古地理编图与研究》(编号:1212010610101)共同资助

作者简介:熊国庆(1975-),男,硕士,工程师,从事沉积学研究。E-mail:hsiongq_1975@yahoo.com.cn

本文研究区位于雅鲁藏布江缝合带与藏南拆离系之间的藏南广大地区,区域构造上属于特提斯构造域东段印度板块北缘,属冈瓦纳大陆的一部分^[1]。晚侏罗世到早白垩世是东特提斯海盆形成和急剧扩张期,该地区断陷拉伸,表现为强烈沉降的被动大陆边缘^[2-5];晚白垩世,印度板块向北漂移加速,喜马拉雅-特提斯海域开始关闭,洋壳向欧亚板块之下俯冲^[6]。前人对该时期发育完整的厚度巨大的海相地层做了大量研究工作,涉及了沉积学^[1-3,6-14]、地层学^[1,4,15-29]、古生物学^[21,30-42]、地球化学(包括同位素地球化学)^[43-57]、事件地质学(即缺氧事件和大洋红层)^[58-63]、岩相古地理^[64]、古地磁^[65]等诸多方面。而对该地区白垩纪海相地层中暗色泥、页岩有机质丰度研究较少,个别研究主要集中在某个剖面^[66]或者某个盆地^[67-69],尤其缺乏对藏南地区区域上暗色泥、页岩有机质丰度方面的研究工作。基于前人的部分研究成果,本次工作对藏南地区白垩纪海相地层中泥、页岩有机质丰度进行了系统研究,以期获得该地区泥、页岩有机质丰度特征及其油气地质意义。

1 区域地质背景

研究区构造部位处于印度板块北缘北喜马拉雅特提斯沉积褶皱带上,吉隆-定日-岗巴-洛扎断裂将其分为南北 2 个亚带^[70-71]。区内出露的奥陶纪—古近纪海相沉积地层厚达万米,地层层序完整,很少缺失,化石十分丰富,变质程度甚低,覆盖在前奥陶纪结晶片岩基底之上(图 1)^[43]。白垩纪时期,该地区发育的海相沉积盆地主要有定日-岗巴盆地、江孜盆地和羊卓雍错盆地^[68],自南向北沉积了滨海相、浅海陆棚相、大陆斜坡—盆地相海相地层^[6,68]。吉隆-定日-岗巴-洛扎断裂以北地层属北喜马拉雅地层分区,涉及地层有古错村组、岗巴群、察且拉组、岗巴村口组和宗山组(表 1)。在古错剖面中古错村组下部为黑色薄层页岩,其中含大量扁豆体状钙质结核,结核中产菊石和箭石化石(图 2-a),定日美母剖面中岗巴群上段底部为黑色页岩夹极薄层泥灰岩(图 2-b),岗巴东山剖面中察且拉组中部为黑色页岩与中薄层灰岩互层(图 2-c),岗巴宗山剖面中岗巴村口组下段为黑色薄层泥岩(图 2-d)。早白垩世古错村组与下伏晚侏罗世门卡墩组、晚白垩世宗山组与上覆古新世基塔拉组整合接触。吉隆-定日-岗

巴-洛扎断裂以南地层属康马-隆子地层分区,出露地层有甲不拉组、床得组、宗卓组等(表 1)。在甲不拉剖面中甲不拉组下部为黑色薄层页岩夹粉砂岩透镜体(图 2-e),再往上为一套黑色中层状岩屑粉砂岩(图 2-f)。早白垩世甲不拉组与下伏晚侏罗世维美组、晚白垩世宗卓组与上覆古新世甲查拉组整合接触。

2 样品与分析

本次工作在定日-岗巴盆地和江孜盆地 2 个主要海相盆地内 5 条剖面上共采集暗色泥、页岩样品 23 件,其中下白垩统样品 19 件,上白垩统样品 4 件。样品分析均在中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院地质实验室进行。残余有机碳含量分析在温度 15℃、湿度 50%RH 条件下,在 CS-400 碳硫分析仪上进行,设备编号 3200,检测依据 GB/T 19145-2003;氯仿沥青‘A’含量测定在实验室天平上进行,设备编号 111739116,检测依据 SY/T 5118-2003。为了便于综合研究,本文收集了藏南地区所有白垩纪海相暗色泥、页岩残余有机碳及氯仿沥青‘A’含量的资料,将其按照表 1 两个不同地层分区、地层时代从老到新的次序列入表 2 中。

表 1 研究区白垩纪地层划分对比
Table 1 Division and comparison of Cretaceous strata in the study area

地质年代		朱同兴等 2002 ^①		万晓樵等 2002 ^①		万晓樵等 2002 ^①		傅培刚等 2008 ^②	
世	期	北喜马拉雅地层分区				康马-隆子地层分区			
E ₁	Danian	基塔拉组				甲查拉组			
K ₂	Masstr.	宗山组				宗卓组 ⁺	宗卓组		
	Camp.						床得组 ⁺		
	Sant.	岗巴群	上段 ⁺	岗巴村口组	上段		甲不拉组 ⁺		
	Con.								
	Tur.								
	Cenom.		中段	下段 ⁺					
Albian	察且拉组 ⁺								
K ₁	Aptian	下段	东山组 ⁺		甲不拉组				
	Barr.								
	Haut.	古错村组 ⁺							
	Val.								
	Berr.								
J ₃	Tit	门卡墩组				维美组			

注:①朱同兴等,1:25 万聂拉木幅区调报告,万晓樵等,1:25 万江孜-亚东幅区调报告;②傅培刚等,藏南白垩系黑-红层沉积岩有机质组成分布特征;“+”代表取样地层

表 2 藏南地区白垩系泥、页岩残余有机碳及氯仿沥青‘A’的含量
Table 2 Contents of organic carbon and chloroform bitumen ‘A’
from Cretaceous mudstones and shales in southern Tibet

序号	样品号	岩石地层	地层时代	岩性	质 量 分 数/%	
					C _{org}	氯仿沥青‘A’
1	GCP2-SY1	古错组	K ₁	钙质页岩	0.20	0.0040
2	GCP3-SY1	古错组	K ₁	钙质页岩	0.12	0.0046
3	GCP4-SY1	古错组	K ₁	钙质页岩	0.23	0.0043
4	古错剖面 ^[67]	古错四组	K ₁	页岩	0.3(4)	0.0035
5	聂拉木县古错 ^[68]	古错村组	K ₁	页岩	0.47(11)	
6	古错剖面 ^[67]	古错五组	K ₁	页岩	0.48(2)	0.0048
7	聂拉木县古错 ^[68]	东山组	K ₁	泥岩	0.58(4)	
8	岗巴剖面 ^[67]	东山组	K ₁	页岩	1.02(2)	0.0048
9	岗巴县城东 1 ^[68]	东山组	K ₁	泥质岩	1.1(6)	0.0045(2)
10	岗巴县城东 5 ^[68]	东山组	K ₁	泥质岩	0.8(2)	0.0046
11	岗巴东、古错 ^[69]	上白垩统	K ₁	炭质页岩、泥岩	0.88(9)	0.0050(9)
12	GDK2-SY1	察且拉组	K ₁	黑色页岩	0.31	0.0043
13	GDK3-SY1	察且拉组	K ₁	页岩	0.23	0.0064
14	GDK5-SY1	察且拉组	K ₁	页岩	0.20	0.0072
15	GDK6-SY1	察且拉组	K ₁	页岩	0.19	0.0047
16	GZK13-SY1	岗巴村口组	K ₂	灰绿色钙质页岩	0.12	0.0046
17	GZK18-SY1	岗巴村口组	K ₂	深灰色钙质页岩	0.11	0.0026
18	DMP1-SY1	岗巴群上段	K ₂	黑色页岩	0.75	0.0041
19	DMP2-SY1	岗巴群上段	K ₂	粉砂质泥岩	0.30	0.0031
20	DMP3-SY1	岗巴群上段	K ₂	钙质泥岩	0.40	0.0053
21	DMP5-SY1	岗巴群上段	K ₂	粉砂质泥岩	0.23	0.0027
22	DMP9-SY1	岗巴群上段	K ₂	钙质泥岩	0.19	0.0052
23	JBK6-SY1	甲不拉组	K ₁	炭质页岩	0.90	0.0032
24	JBK6-SY2	甲不拉组	K ₁	炭质页岩	0.80	0.0037
25	JBK9-SY1	甲不拉组	K ₁	岩屑粉砂岩	0.33	0.0039
26	JBK10-SY1	甲不拉组	K ₁	炭质粉砂质页岩	0.73	0.0042
27	JBK11-SY1	甲不拉组	K ₁	炭质粉砂质页岩	0.54	0.0013
28	JBK12-SY1	甲不拉组	K ₁	炭质页岩	0.61	0.0009
29	JBK13-SY1	甲不拉组	K ₁	硅质页岩	0.66	0.0015
30	JBK42-SY1	宗卓组	K ₂	炭质页岩	0.40	0.0033
31	JBK43-SY1	宗卓组	K ₂	钙质页岩	0.40	0.0037
32	06CD-016	甲不拉组	K ₂	黑色页岩	0.20	
33	06CD-019 ^[66]	甲不拉组	K ₂	黑色页岩	0.52	
34	06CD-026 ^[66]	甲不拉组	K ₂	黑色页岩	0.19	
35	06CD-027 ^[66]	床得组	K ₂	紫红色泥灰岩	0.05	
36	06CD-029 ^[66]	床得组	K ₂	紫红色页岩	0.06	
37	06CD-031 ^[66]	床得组	K ₂	紫红色泥灰岩	0.06	

注:右边两列数字后边括号中的数字为样品数

3 结果与讨论

由表 2 可知,藏南地区白垩纪海相泥、页岩

残余有机碳和氯仿沥青‘A’含量变化较大,残余有机碳最大值为岗巴县城东的泥质岩(1.1%),最小值为床得剖面床得组紫红色泥灰岩(0.05%);

氯仿沥青‘A’最大值为岗巴东山剖面察且拉组页岩(0.0072%),最小值为甲不拉剖面甲不拉组炭质页岩(0.0009%)。两者最大值与最小值之比分别为 22 和 8。对残余有机碳和氯仿沥青‘A’的含量详细讨论如下。

3.1 残余有机碳

吉隆-定日-岗巴-洛扎断裂将研究区分成了北喜马拉雅和康马-隆子 2 个地层分区,而白垩纪时期,2 个地层分区分别处于浅海陆棚相和斜坡-盆地相的不同沉积环境中。为了更好地进行对比,表 3 中列出了不同范围内不同时代的残余有机碳平均含量。可以看出,整个白垩纪时期,北喜马拉雅地区、康马-隆子地区及整个藏南地区内残余有机碳平均含量分别为 0.418%、0.43%和 0.42%,差别不明显,但早、晚白垩世期间,三者残余有机碳平均含量有一定的差异。早白垩世时,三者平均含量分别为 0.474%、0.653%和 0.531%,康马-隆子地区高于北喜马拉雅地区;晚白垩世时,三者平均含量分别为 0.3%、0.235%和 0.265%,康马-隆子地区低于北喜马拉雅地区。但不管北喜马拉雅地区、康马-隆子地区还是整个藏南地区,早白垩世残余有机碳平均含量均远高于晚白垩世。

研究区白垩纪时期这种有机碳平均含量的变化,与该地区处于新特提斯构造域印度板块北缘的被动大陆边缘的古地理格局有关,同时还受到了该时期海平面升降的影响。整个白垩纪显示出一次极其明显的海水进退旋回,是特提斯洋从扩张到收缩这一演化过程的客观反映^[15],与同期古生物特征分析出的全球海平面变化基本一致^[35,40]。早白垩世时期,特提斯洋盆急剧扩张,层序地层总体表现为海进的退积序



图 2 研究区白垩系海相泥、页岩照片

Fig. 2 Photos of Cretaceous marine mudstones and shales from the study area
a—古错村组(K₁)黑色页岩;b—岗巴群上段(K₂)黑色页岩;c—察且拉组(K₁)黑色页岩与泥灰岩互层;d—岗巴村口组(K₂)黑色泥岩;e—甲不拉组(K₁)黑色页岩夹粉砂岩透镜体;f—甲不拉组(K₁)黑色岩屑粉砂岩

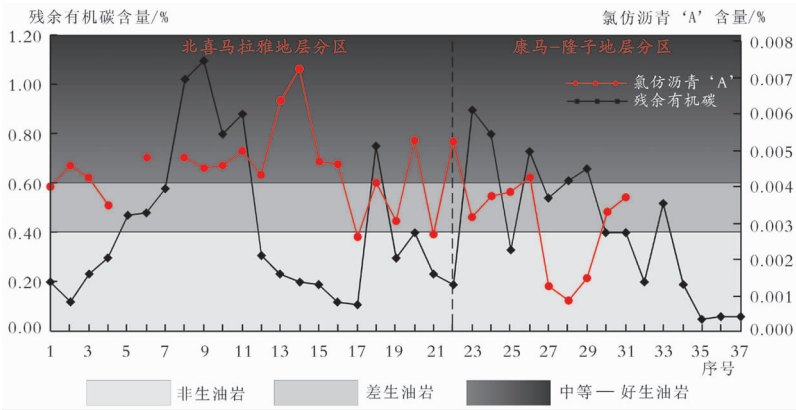


图 3 藏南地区白垩系海相泥、页岩残余有机碳和氯仿沥青‘A’含量分布图
Fig. 3 Content plot of organic carbon and chloroform bitumen ‘A’ from Cretaceous marine mudstones and shales in southern Tibet

表 3 不同区域内不同时代地层的有机碳平均含量

Table 3 Average contents of organic carbon of strata in different period and different regions

地层时代	北喜马拉雅 地层分区	康马—隆子 地层分区	藏南研究区
白垩纪	0.418%	0.43%	0.42%
早白垩世	0.474%	0.653%	0.531%
晚白垩世	0.3%	0.235%	0.265%

列。处于大陆斜坡—盆地相的康马—隆子地区比处于浅海陆棚环境的北喜马拉雅地区，沉积水体明显要深,更近于还原环境,更利于有机质的保存,因而前者有机碳平均含量较后者要高;自晚白垩世开始,印度板块与北侧欧亚板块开始聚合、俯冲、碰撞,层序地层总体表现为海退的进积序列。大地构造性质也发生变化,由扩张沉降阶段转换为挤压抬升阶段^[72]。洋盆开始萎缩,海平面开始下降,沉积水体由还原环境逐步变为氧化环境,不利于有机质保存,有机碳平均含量降低。晚白垩世末期,康马—隆子地区大陆斜坡环境中还发生了全球性的“大洋红层事件”^[58-60,63,66],也是造成晚白垩世有机碳平均含量低于早白垩世的重要影响因素,也解释了该地区晚白垩世有机碳平均含量低于北喜马拉雅地区的原因。

将表 2 中残余有机碳的含量进行投点分析(图 3)。为了更好地说明藏南地区白垩纪泥、页岩中残余有机碳含量的分布特征及其规律性,笔者将图 3 中残余有机碳的含量曲线按北喜马拉雅地层分区和康马—隆子地层分区分别进行讨论。

图 3 中序号 1~22 的样品采自北喜马拉雅地区。有机碳含量曲线出现 2 个明显的波峰,第一次峰值对应序号为 7~11,相应样品为早白垩世东山组泥质岩;第二次峰值对应序号为 18,相应样品为晚白垩世岗巴群上段黑色页岩。第一次峰值明显比第二次峰值高,说明早白垩世东山组较晚白垩世岗巴群上段黑色泥、页岩有机碳含量更高。

图 3 中序号 23~37 的样品来自康马—隆子地区。从早白垩世到晚白垩世,该段曲线总体上表现为下降趋势,说明早白垩世甲不拉组黑色页岩残余有机碳比晚白垩世要高。曲线中序号 21 的残余有机碳含量出现一个负异常,该序号对应的样品为岩屑粉砂岩,明显低于泥、页岩残余有机碳的含

量,属于正常,因为残余有机碳含量的高低与沉积物的粒度有关^[73]。

残余有机碳含量的高低还与原始有机质保存程度有关^[73],有机质保存程度的好坏又与沉积水体的氧化还原条件紧密相关,而海平面变化可以控制沉积水体的氧化还原环境。因此随着海平面的上升,沉积水体由氧化条件变为还原条件,有利于有机质保存,残余有机碳含量增加,反之残余有机碳含量降低。藏南地区白垩纪泥、页岩有机碳含量曲线与该时期海平面变化^[35,40]匹配关系很好,晚侏罗世末期到早白垩世初期,该地区曾发生大规模的海退^[18,74],有机碳含量表现为一个低值,之后大规模海侵开始,有机碳含量逐渐上升,并迅速达到一个波峰,此时藏南地区为最大海侵时期。晚白垩世时期,海平面开始下降,沉积水体由还原环境逐步变为氧化环境,不利于有机质保存,有机碳含量逐渐降低。但北喜马拉雅地区和康马—隆子地区有机碳含量还是存在一定的差异,前者处于浅海陆棚环境,在 Cenomanian—Turonian 界线处出现缺氧事件^[54,57,61-62],有机碳含量表现为一个较小的峰值;后者属于大陆斜坡相,出现全球性的“大洋红层事件(CORBs)”,有机质被氧化,造成有机碳含量异常低。

3.2 氯仿沥青‘A’

从表 2 中可知,藏南地区白垩纪海相泥、页岩氯仿沥青‘A’的含量在 0.0009%~0.0072%之间变化,平均值约为 0.0040%。其中早白垩世氯仿沥青‘A’的含量平均值约为 0.00407%,晚白垩世平均值约为 0.00384%,早白垩世氯仿沥青‘A’的含量较晚白垩世略高。

将表 2 中氯仿沥青‘A’的含量进行投点分析(图 3),从图 3 中可以看出,曲线局部变化趋势与残余有机碳变化趋势相反,如序号 9~14、序号 23~27 和序号 28~31。是什么原因造成的?下面就两者的相关性进行分析。

3.3 残余有机碳与氯仿沥青‘A’的相关性

将表 2 中残余有机碳和氯仿沥青‘A’两者的含量进行散点分析(图 4),在图 4 中数据点主要集中在 2 个区域,左上区域数据点较为集中,右下区域数据点则相对分散,总体上表现为左高右低,具有一定的弱负相关性。

前人研究证实,碳酸盐生油岩中有机碳与氯仿沥青‘A’含量之间成正比^[69]。图 4 所表现出的弱负相

关性与之相矛盾,究竟是什么原因造成的呢?经分析后认为,与被测试的样品有关。新鲜的、热演化程度低的地下样品所测出的有机碳与氯仿沥青‘A’含量之间成正比。而本文所有样品均来自高原地区的地表,遭受了剧烈的地表风化作用和强烈的紫外线照射,而且样品有机质热演化程度高,为过成熟阶段。有机碳与氯仿沥青‘A’这种弱负相关性表明,在遭受地表风化作用、紫外线照射、热演化程度等相同条件下,后者损失量远大于前者。

3.4 有机质丰度与油气地质

在组成生物体的主要元素中,C 含量最高、最稳定,因此残余有机碳含量是最主要的有机质丰度指标,而作为生油岩,确定残余有机碳的下限尤为重要^[73]。通常认为,残余有机碳最小值为 0.4%的细粒页岩能够产生足以形成工业聚集的石油。羌塘盆地泥质岩类有机质丰度评价标准中将残余有机碳最小值为0.4%和氯仿抽提物含量 0.01%定为生油岩的下限值(表 4)。

根据表 4 的评价标准,藏南地区白垩系残余有机碳含量低于 0.4%的样品有 19 件,占样品总数的 51.4%,为非生油岩;有机碳含量介于 0.4%~0.6%之间的样品 8 件,占样品总数的 21.6%,为差生油岩;有机碳含量介于 0.6%~1.0%之间的样品 8 件,占样品总数的 21.6%,为中等生油岩;有机碳含量高于 1.4%的样品 2 件,占样

品总数的 5.4%,为好生油岩(如图 5 所示,N 为样品数)。其中有机碳含量高于 0.6%的中等—好生油岩的早白垩世样品 9 件,占样品总数的 24.3%,晚白垩世样品 1 件,占样品总数的2.7%(图 3)。与晚白垩世泥、页岩相比,早白垩世泥、页岩为该地区主要的有效生油岩。

而根据烃源岩氯仿沥青‘A’0.025%~0.03%的下限值,无论是早白垩世还是晚白垩世泥、页岩中氯仿沥青‘A’的含量都远低于其下限值,似乎表明该地区白垩纪海相泥、页岩为非生油岩。对高成熟度—过成熟度生油岩进行生油评价或预测油气资源量时,需恢复其原始有机质丰度。若用残余有机质丰度按通常标准进行评价,就会把有机质类型好、排烃量大的好生油岩划为差生油岩或非生油岩^[69]。

结合上述有机碳含量曲线综合分析后认为,早白垩世初期有机碳含量逐渐上升,之后达到一个波峰,这个时期是藏南地区最佳的生油时期,该地区沉积的黑色页岩(无论是北喜马拉雅地区的东山组还

表 4 羌塘盆地泥质岩类有机质丰度评价标准

Table 4 Evaluation standard of organic mass abundance for argillaceous in Qiangtang basin

级别	非生油岩	差生油岩	中等生油岩	好生油岩
残余有机碳/%	<0.4	0.4~0.6	0.6~1.0	>1.0
氯仿‘A’/%	<0.01	0.01~0.05	0.05~0.1	>0.1

注:据中国石油集团总公司青藏油气勘探项目总经理部(内部资料)

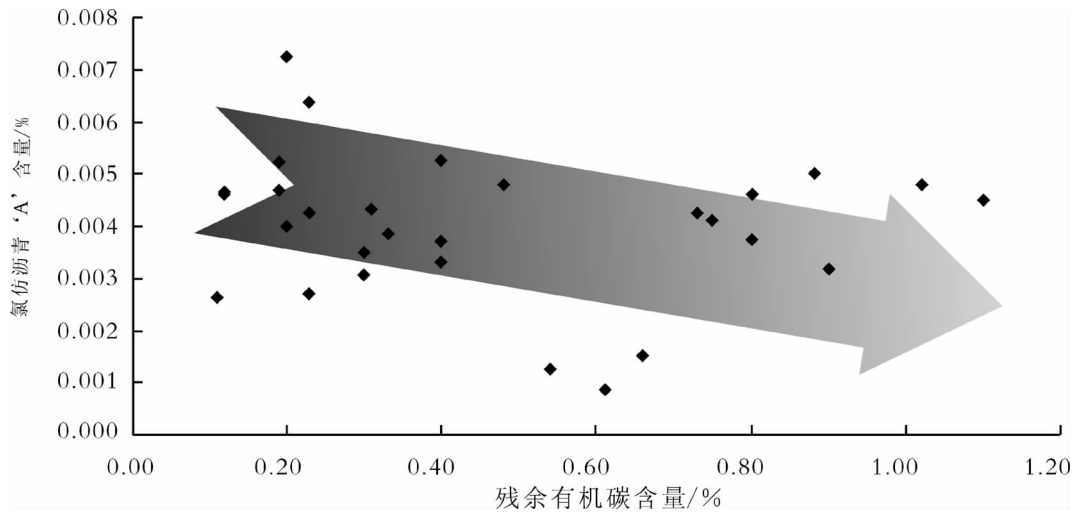


图 4 藏南地区白垩系海相泥、页岩残余有机碳与氯仿沥青‘A’的相关性

Fig 4 Correlation plot of contents of organic carbon and chloroform bitumen ‘A’ from Cretaceous marine mudstones and shales in southern Tibet

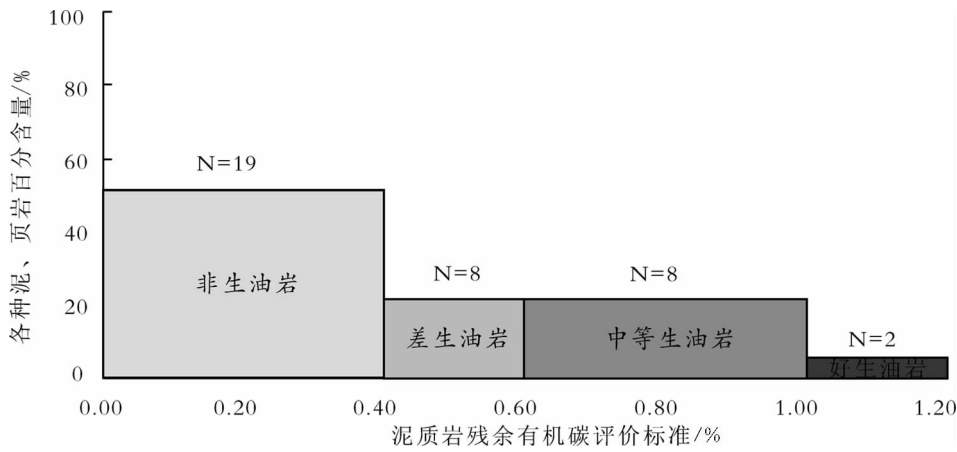


图 5 藏南地区白垩系海相泥、页岩生油岩评价图

Fig. 5 Evaluation plot of oil resources from Cretaceous marine mudstones and shales in southern Tibet

是康马—隆子地区的甲不拉组)为最有利的生油岩，具一定的油气资源勘探潜力。

4 结 论

(1)该区泥、页岩中残余有机碳含量在 0.05%~1.1%之间变化,平均值约为 0.42%,下白垩统平均值约为 0.531%,上白垩统平均值约为 0.265%,有机碳平均含量变化特征与该地区所处的古地理格局和海平面升降有关;氯仿沥青‘A’含量在 0.0009%~0.0072%之间变化,平均含量约为 0.0040%。两者最大值与最小值之比分别为 22 和 8。

(2)该区有机碳与氯仿沥青‘A’这种弱负相关性,与有机质丰度中两者遭受剧烈的地表风化作用、强烈的紫外线照射和高有机质热演化程度的影响强弱有关,后者远大于前者。

(3)该区白垩纪残余有机碳含量大于 0.6%的中等—好生油岩样品 10 件,占样品总数的 27%;早白垩世样品 9 件,占样品总数的 24.3%;晚白垩世样品 1 件,占样品总数的 2.7%。早白垩世泥、页岩来自北喜马拉雅地区东山组及康马—隆子地区甲不拉组,因此东山组和甲不拉组为该区主要的有效生油岩。

需要补充说明的是,上述结论是根据该地区 33 件海相泥、页岩样品得出的,缺乏海相碳酸盐岩有机质丰度方面的印证,同时还需要采集更多样品以补充和验证,下一步应该加强这 2 个方面的研究工作。

致谢:在野外工作期间,得到成都地矿所朱同兴研究员、冯心涛高级工程师、张予杰工程师、王晓飞助

理工程师和车队温建柱、王建忠师傅的大力配合和帮助,在成文过程中,与陈文彬、杨平工程师进行了烃源岩方面的探讨,余谦教授级高级工程师、汪正江副研究员提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并致谢。

参考文献

[1]史晓颖.藏南珠峰地区侏罗纪晚期至白垩纪早期层序地层序列及沉积环境演化[C]//第三届全国地层会议论文集编委会.第三届全国地层会议论文集.北京:地质出版社,2000:260-264.

[2]Liu G H, Einsele G. Sedimentary history of the Tethyan Basin in the Tibetan Himalayas[J]. Geol. Rundschau, 1994, 83(1): 32-61.

[3]Jadoul F, Berra F, Garzanti E. The Tethys Himalayan passive margin from Late Triassic to Early Cretaceous (South Tibet) [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 1998, 16(2/3): 173-194.

[4]Shi X Y, Yin J R, Jia C P. Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy and sea-level changes in the Northern Himalayas, South Tibet, China[J]. Newsl. Stratigr., 1996, 33(1): 13-61.

[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: 613-626.

[6]傅德荣, 刘训, 姚培毅. 西藏南部晚侏罗世—白垩纪沉积与构造背景探讨[J]. 中国地质科学院院报, 1990, (21): 21-38.

[7]胡修棉, 王成善, 李祥辉, 等. 藏南古错地区上侏罗统上部和下白垩统沉积相[J]. 古地理学报, 2006, 8(2): 175-186.

[8]蔺新望. 西藏江孜地区上白垩统宗卓组沉积混杂堆积基本特征及构造意义[J]. 岩相古地理, 1998, 18(3): 28-33.

[9]Liu G, Einsele G. Various types of olistostromes in a closing ocean basin, Tethyan Himalaya (Cretaceous, Tibet) [J]. Sedimentary Geology, 1996, 104(1/4): 203-226.

[10]史晓颖. 藏南珠峰地区下白垩统发现海底扇沉积[J]. 现代地质, 2000, 14(2): 140.

[11]Willems H. Sedimentary history of the Tibetan Tethys Himalaya continental shelf in South Tibet (Gamba, Tingri) during Upper

- Cretaceous and Lower Tertiary (Xizang Autonomous Region, P R China)[C]//Willems H. Geoscientific Investigation in the Tethyan Himalayas. Berichte der Fachbereich Geowissenschaften, Universitat Bremen, 1993,38:49–183.
- [12]余光明,兰伯龙,王成善.西藏江孜地区白垩系深海中滑塌堆积和浊流沉积作用[C]//青藏高原地质文集(15).北京:地质出版社,1984:13–26.
- [13]岳来群,史晓颖,王鸿祯.北喜马拉雅地区下白垩统海底扇沉积环境[J].古地理学报,2003,5(4):391–403.
- [14]周志广,梁定益,刘文灿,等.藏南晚白垩世宗组巨型混杂堆积的特征及其地裂—地震成因论证[J].地质论评,2006,52(3):314–321.
- [15]李国彪,万晓樵,于潮.特提斯喜马拉雅白垩纪层序地层分析[J].沉积与特提斯地质,2003,23(3):21–34.
- [16]李祥辉,王成善,万晓樵,等.藏南江孜县床得剖面侏罗—白垩纪地层层序及地层划分[J].地层学杂志,1999,23(4):303–309.
- [17]Li X H, Wang C S, Hu X M. Stratigraphy of deep-water Cretaceous deposits in Gyangze, southern Tibet, China[J]. Cretaceous Research, 2006, 26(1):33–41.
- [18]刘宪斌,高连凤,万晓樵,等.特提斯—喜马拉雅北带侏罗纪—白垩纪界线层序地层分析[J].矿物岩石,2006,26(4):62–68.
- [19]郝诒纯,万晓樵.西藏定日地区的海相白垩、第三系[C]//青藏高原地质文集(17).北京:地质出版社,1985:227–232.
- [20]石和,黄思静,沈立成.西藏岗巴晚白垩世锶同位素曲线的地层学意义及问题讨论[J].地层学杂志,2005,29(1):28–33.
- [21]万晓樵.西藏岗巴地区白垩纪地层及有孔虫动物群[C]//青藏高原地质文集(16)地层古生物——地质矿产部青藏高原地质科学第二次讨论会论文集(一).北京:地质出版社,1985:203–228.
- [22]万晓樵,赵文金,李国彪.对西藏岗巴晚白垩世地层的新认识[J].现代地质,2000,14(3):281–285.
- [23]万晓樵,丁林,李建国,等.西藏仲巴地区白垩纪末期—始新世早期海相地层[J].地层学杂志,2001,25(4):267–272.
- [24]王成善,李祥辉,万晓樵,等.西藏南部江孜地区白垩系的厘定[J].地质学报,2000,74(1):97–107.
- [25]王乃文.中国白垩纪特提斯地层学问题[C]//青藏高原地质文集(3).北京:地质出版社,1983:148–180.
- [26]Willems H, Zhou Z, Zhang B, et al. Stratigraphy of the Upper Cretaceous and Lower Tertiary strata in the Tethyan Himalayas of Tibet (Tingri area, China)[J]. Geologische Rundschau, 1996, 85(4):723–754.
- [27]吴浩若,王东安,王连城.西藏南部拉孜—江孜一带的白垩系[J].地质科学,1977,67(3):250–261.
- [28]吴浩若.西藏南部江孜地区晚白垩世晚期及早第三纪(?)地层[J].地层学杂志,1987,11(2):147–149.
- [29]徐钰林,万晓樵,苟宗海,等.西藏侏罗、白垩、第三纪生物地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1989:1–147.
- [30]苟宗海.西藏岗巴地区白垩纪双壳类动物群[C]//青藏高原地质文集(18)地层古生物——地质矿产部青藏高原地质科学第二次讨论会论文集(三).北京:地质出版社,1983:146–170.
- [31]李国彪,万晓樵,刘文灿,等.藏南萨迦县赛区“混杂岩”放射虫的发现及其意义[J].地质通报,2003,22(11/12):949–955.
- [32]钟石兰,周志澄, Willems H, 等.西藏南部岗巴地区白垩纪中期钙质超微化石 Cenomanian–Turonian 界线[J].古生物学报,2000,39(3):313–325.
- [33]司家亮,高连凤,万晓樵.西藏南部晚白垩世大洋氧含量变化的生物特征[J].地学前缘,2005,12(2):113–122.
- [34]万晓樵.西藏白垩纪—早第三纪有孔虫与特提斯喜马拉雅海的演化[J].微体古生物学报,1990,7(2):169–186.
- [35]万晓樵.从有孔虫分析西藏南部白垩纪海平面升降[J].现代地质,1992,6(4):392–398.
- [36]万晓樵,阴家润.西藏岗巴地区白垩纪中期微体生物群与古海洋事件[J].微体古生物学报,1996,13(1):43–56.
- [37]万晓樵,丁林.西藏吉隆白垩纪末期浮游有孔虫的发现及其年代意义[J].古生物学报,2002,41(10):89–95.
- [38]Wan X Q, Lamolda M A, Si J L, et al. Foraminiferal stratigraphy of Cretaceous red beds in southern Tibet[J]. Cretaceous Research, 2005, 26(1):43–48.
- [39]吴浩若,李红生.藏南宗组滑塌堆积中的放射虫化石[J].古生物学报,1982,21(1):64–71.
- [40]赵文金.西藏岗巴晚白垩世有孔虫动物群与海平面变化[J].高校地质学报,2001,7(1):106–117.
- [41]赵文金,万晓樵.西藏南部岗巴地区晚白垩世 Cenomanian–Turonian 集群灭绝事件后有孔虫动物群的复苏[J].古生物学报,2001,40(2):189–194.
- [42]赵文金,万晓樵.藏南定日地区 Cenomanian–Turonian 界线附近的生物古海洋事件[J].地质科学,2003,38(2):155–164.
- [43]陈南生,董振生.西藏南部聂拉木—岗巴地区奥陶纪—老第三纪地层沉积地球化学[J].地球化学,1982,(1):105–113.
- [44]李祥辉,王成善, Hugh C, 等.西藏特提斯喜马拉雅白垩纪中期 Cenomanian–Turonian 期碳同位素偏移[J].地球科学——中国地质大学学报,2005,30(3):63–73.
- [45]李祥辉,王成善, Hugh C, 等.西藏南部上白垩统高分辨率全岩碳同位素地层学[J].地质论评,2006,52(3):304–313.
- [46]李祥辉, Jenkyns H C, 王成善, 等.西藏南部晚白垩世坎潘期碳同位素偏移及其意义[J].地球化学,2007,36(3):279–285.
- [47]胡修棉,王成善,李祥辉.大洋缺氧事件的碳稳定同位素响应[J].成都理工学院学报,2001,28(1):1–6.
- [48]胡修棉,王成善,李祥辉.藏南海相白垩纪碳酸盐碳稳定同位素演化与古海洋溶解氧事件[J].自然科学进展,2001,10(7):341–349.
- [49]黄思静,石和,张萌,等.西藏南部晚白垩世厚壳蛤的锶同位素年龄标定[J].地球科学——中国地质大学学报,2005,30(4):437–442 (EI).
- [50]黄思静,卿海若,胡作维,等.西藏南部晚白垩世厚壳蛤不同壳层的地球化学特征及其对古海洋信息的保存性[J].沉积学报,2006,24(1):68–74.
- [51]万晓樵,刘文灿,李国彪,等.白垩纪黑色页岩与海水含氧量变化——以西藏南部为例[J].中国地质,2003,30(1):36–47.
- [52]Wan X Q, Wei M R, Li G B. $\delta^{13}\text{C}$ values from the Cenomanian–Turonian passage beds of southern Tibet[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2003, 21 (8): 861–866.
- [53]王成善,胡修棉,李祥辉.古海洋溶解氧与缺氧和富氧问题研究[J].海洋地质与第四纪地质,1999,19(3):39–47.
- [54]尹观,王成善.西藏南部中白垩世黑色页岩的碳氧同位素组成及大洋缺氧事件的讨论[J].矿物岩石,1998,71(1):95–101.
- [55]赵文金,万晓樵.藏南定日地区白垩纪中期地球化学异常对海平

- 面上升的响应[J].地球科学进展,2002,17(3):331-338.
- [56]赵振华,陈南生,董振生,等.西藏南部聂拉木—岗巴地区奥陶纪—老第三纪沉积地层稀土元素地球化学[J].地球化学,1985,(2):27-37.
- [57]Zou Y R, Kong F, Ping A P, et al. Organic geochemical characterization of Upper Cretaceous oxic oceanic sediments in Tibet, China: a preliminary study[J]. Cretaceous Research, 2006, 26(1): 65-71.
- [58]Hu X M, Jansa L, Wang C S, et al. Upper Cretaceous Oceanic Red Beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age, and environments[J]. Cretaceous Research, 2005, 26(1): 3-20.
- [59]胡修棉,王成善,李祥辉,等.藏南上白垩统大洋红层:岩石类型、沉积环境与颜色成因[J].地球科学,2006,36(9):811-821.
- [60]胡修棉,王成善.白垩纪大洋红层:特征、分布与成因[J].高校地质学报,2007,13(1):1-13.
- [61]王成善,胡修棉,万晓樵,等.西藏南部中白垩世 Cenomanian-Turonian 缺氧事件研究[J].自然杂志,1999,21(4):244-246.
- [62]Wang C S, Hu X M, Jansa L, et al. The Cenomanian - Turonian anoxic event in South Tibet [J]. Cretaceous Research, 2001, 22(4): 481-490.
- [63]Wang C S, Hu X M, Massimo Sarti et al. Upper Cretaceous oceanic red beds in southern Tibet: a major change from anoxic to oxic, deep-sea environments[J]. Cretaceous Research, 2005, 26 (1): 21-32.
- [64]李祥辉,王成善,伊海生,等.西藏中白垩世和始新世岩相古地理[J].中国区域地质,2001,20(1):82-89.
- [65]Patzelt A, Li H, Wang J, et al. Palaeomagnetism of Cretaceous to Tertiary sediments from southern Tibet: evidence for the extent of the northern margin of India prior the collision with Eurasia [J]. Tectonophysics, 1996, 259(4): 259-284.
- [66]傅培刚,宋之光,胡修棉,等.藏南白垩系黑—红层沉积岩有机质组成分布特征[J].地质学报,2008,82(1):85-91.
- [67]岳来群,李永铁,史晓颖.西藏古错—岗巴盆地白垩统黑色页岩地质特征及其油气资源意义[J].古地理学报,2006,8(3):307-316.
- [68]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,2004:248-282.
- [69]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,2000:158-213, 579-584.
- [70]潘桂棠,李兴振,王立全,等.青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J].地质通报,2002,21(11):701-707.
- [71]潘桂棠,丁俊,王立全,等.1:150 万青藏高原及邻区地质图说明书[M].成都:成都地图出版社,2004:7-12.
- [72]王根厚,梁定益,刘文灿.藏南海西期以来伸展运动及伸展作用[J].现代地质——中国地质大学研究生院学报,2000,14(2):133-139.
- [73]陈荣书.石油及天然气地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,1994:96-138.
- [74]江新胜,颜仰基,潘桂棠,等.藏南特提斯晚侏罗世维美组沉积环境[J].地质通报,2003,22(11/12):900-907.