

博格达山北麓油页岩元素地球化学特征及沉积环境指示意义

李婧婧^{1 2 3}, 陶 树³, 刘晓华⁴

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油大学(北京), 北京 102249;
3. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 4. 青岛恒星职业技术学院, 山东 青岛 266100)

摘要:采用 ICP-MS 测试分析技术,对博格达山北麓油页岩中能指示沉积环境的敏感微量元素做了系统测试分析,采用 GB/T 14506.28-2010《硅酸盐岩石化学分析方法》和 X 射线荧光光谱法测定主要元素和微量元素含量,并探讨了相当硼含量、Sr/Ba、V/Ni 比值与沉积环境的对应关系。研究认为:研究区油页岩总体发育于深水湖泊中,该区油页岩磷含量普遍较高,可能由湖盆周围火山喷发后的火山灰带来。磷元素的输入为藻类提供了良好的生长环境,消耗了水体中大量的氧气,形成还原环境,有利于有机质的保存。

关键词:博格达山北麓;油页岩;微量元素;沉积环境

中图分类号:TD849;P618.12

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2012)01-0109-04

Element geochemical characteristics and implications on sedimentary environments of southern Bogda Mountain oil shale

LI Jing-jing^{1 2 3}, TAO Shu³, LIU Xiao-hua⁴

(1. Exploration and Production Research Institute SINOPEC Beijing 100083, China;

2. China University of Petroleum (Beijing) Beijing 102249, China;

3. China University of Geosciences (Beijing) Beijing 100083, China;

4. Qingdao Hengxing Vocational Technological College Qingdao 266100, China)

Abstract: Systematically tested and analyzed the sensitive elements which can indicate sedimentary environment in oil shale using ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-MS Spectrometer) technique, the oil shale samples were collected from southern Bogda Mountain. Major elements and trace elements were examined by silicate rock chemical analysis (GB/T 14506.28-93) and X-ray fluorescent spectroscopy. Meanwhile, the corresponding relationships between the contents of equivalent boron, ratio of Sr/Ba, V/Ni and sedimentary environment were discussed. The results show that the oil shale in study area generally develop from deep lake. The content of phosphate is commonly high, which may be from volcanic ash after volcanic eruption around the lake. This phosphate provides a good environment for algae, which consume lots of oxygen in the water, form reductive environment and is beneficial for the preservation of organic substance.

Key words: southern Bogda Mountain; oil shale; trace elements; sedimentary environment

沉积盆地的古沉积气候、物源性质、盆地形态、构造及沉积环境介质控制着元素的分散和聚集,因

此,通过对沉积盆地微量元素分布规律性的研究,有助于了解其古沉积环境特征^[1]。前人在利用微量

收稿日期:2011-10-24 责任编辑:孙淑君

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05005-004);国家重点基础研究发展规划项目(973)(2009CB219604)

作者简介:李婧婧(1980—),女,山东烟台人,主要从事油气地球化学研究工作。

元素反演沉积古盐度、沉积水体分层特征、氧化还原条件及沉积相等方面做了大量的研究工作^[2-8]。

博格达山位于准噶尔盆地东南缘,在前寒武纪结晶基地上,发育了以泥盆纪为主的古生代褶皱基底,油页岩位于褶皱基底上出露的二叠系芦草沟组地层,主要为夹泥质粉砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩,含大量的鱼及鱼鳞化石,可见植物的页茎化石,厚约 92 ~ 1102 m^[9]。

近年来,博格达山北麓油页岩因其丰富的油页岩资源而备受关注,研究成果颇丰^[10-15],主要集中在沉积环境、矿体展布及油页岩品质分析等方面,但元素地球化学特征及其沉积指示意义方面的研究成

果较少。

1 微量元素含量及其环境指示意义

1.1 微量元素含量

共选取 13 块油页岩样品,全来自二叠系芦草沟组。采用 X 射线荧光光谱法测定主要元素、微量元素含量。

仪器型号: 飞利浦 PW2404, X 射线荧光光谱仪。

博格达山北麓油页岩微量元素检测结果见表 1,与北美页岩中各种微量元素的平均含量(克拉克值)的比较如图 1 所示。

表 1 博格达山北麓油页岩微量元素含量

样品号	V	Ni	Sr	Ba	B	Th	U
1-0-10	133	68.8	163	195	109	3.47	3.85
2-0-8	65.7	51.7	129	221	100	5.11	1.35
2-0-15	128	75.8	146	268	232	5.31	5.43
2-0-31	143	38	170	212	105	3.14	3.77
2-0-36	147	46.5	237	322	206	5.42	4.65
2-0-43	189	62.5	176	207	141	3.24	3.72
3-0-6	101	33.9	110	97.2	54	1.36	1.92
3-0-11	86.3	47.2	133	235	107	2.45	3.00
LCBO-12	77.85	31.2	296.5	323	182.5	4.915	2.995
LCBO-31	159	52.1	147	255	72.1	4.18	4.88
LCBO-42	109	36.5	190	216	60.7	3.98	3.92
LCBO-45	105	17.3	548	337	153	7.47	4.24
LCBO-86	135	54.8	162	266	195	6.79	3.92
平均值	121.5	47.4	200.6	242.6	132.1	4.4	3.7
北美页岩(克拉克值)	130	68	300	580	10	12	3.7

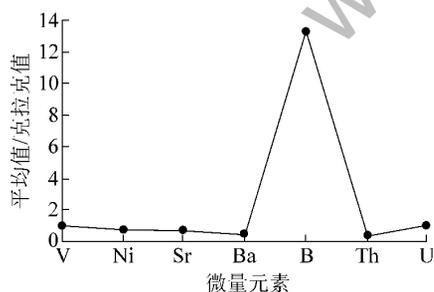


图 1 博格达山北麓油页岩微量元素与北美页岩各种元素含量比值关系

博格达山北麓油页岩中强烈富集 B 元素,其含量平均值可达 132.1×10^{-6} ,约为北美页岩中 B 元素克拉克值的 13.2 倍,U 元素含量相当,其它各种元素的平均含量均低于页岩中的克拉克值。

1.2 微量元素对沉积环境的指示意义

(1) 相当硼: 相当硼含量可作为指示古盐度的

真正指标。研究区油页岩的相当硼含量分布见表 2。

表 2 博格达山北麓油页岩微量元素相关参数

样品	B	相当硼	盐度	Sr/Ba	V/Ni
1-0-10	109	321.74	24.39	0.84	1.93
2-0-8	100	202.43	12.73	0.58	1.27
2-0-15	232	540.52	45.77	0.54	1.69
2-0-31	105	341.07	26.28	0.80	3.76
2-0-36	206	515.27	43.30	0.74	3.16
2-0-43	141	355.73	27.71	0.85	3.02
3-0-6	54	206.21	13.10	1.13	2.98
3-0-11	107	248.09	17.20	0.57	1.83
LCBO-12	183	674.05	58.81	0.92	2.50
LCBO-31	72	318.09	24.03	0.58	3.05
LCBO-42	61	273.50	19.68	0.88	2.99
LCBO-45	153	448.19	36.74	1.63	6.07
LCBO-86	195	616.90	53.23	0.61	2.46

由表 2 可以看出,研究区相当硼的值较高,为 $202.43 \times 10^{-6} \sim 674.05 \times 10^{-6}$,多数大于 200×10^{-6} ,最大值约为 700×10^{-6} ,反映以咸水湖泊为主的沉积环境。

(2) Sr/Ba 比值: Sr 元素主要从海水中直接沉淀,而 Ba 元素则极易被粘土及细碎屑沉积物以吸附的形式富集。由于在滨海和浅海地带,水动力环境变化较大, Sr 离子主要通过生物堆积作用方式大量沉淀下来,从而形成较高的 Sr/Ba 比值(以 Sr/Ba > 1 方式指示)。当沉积盆地水体深度逐渐加大,水动力条件减弱,水体能量降低,沉积介质中粘土及细碎屑物质成分将增加,从而对 Ba 离子的量增大,导致沉积岩中 Sr/Ba 比值降低。如在半深海、深海、深湖或滞流海域沉积环境中,沉积物的 Sr/Ba 比值小于 1^[16-17]。由表 2 可看出,博格达山北麓油页岩的 Sr/Ba 比值大多小于 1,表明古沉积水体环境主要为深

水滞流区。

(3) V/Ni 比值: V 和 Ni 均属于铁族元素,二者的离子价态随着沉积水体的氧化度变化而变化。另外,海水中 V、Ni 元素含量极少,但是在页岩和粘土中, V 和 Ni 元素含量较高。因此, V、Ni 元素的比值通常用以评判沉积介质盐度的指标^[18-20]。V/Ni 比值总是海相大于淡水相,比值大于 1 指示的是咸水环境,其值越大,盐度越高。研究区 V/Ni 值均大于 1,最高值达 6.07,显示出成化的还原环境见表 2。

通过上述分析可知,博格达山北麓油页岩沉积环境主体为成化的深水湖泊环境。

2 常量元素含量及意义

博格达山北麓油页岩的常量元素测定结果见表 3,各元素与北美页岩中相应元素含量比值如图 2 所示。

表 3 博格达山北麓油页岩主要元素含量

%

样品	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	FeO
1-0-10	6.76	40.09	3.31	1.44	0.45	4.62	1.05	0.52	0.14	0.41	1.71
2-0-8	9.01	46.21	1.70	2.28	0.57	5.58	0.37	1.46	0.097	0.13	0.84
2-0-15	9.20	51.90	2.36	1.96	0.57	4.01	0.59	1.34	0.063	0.69	1.62
2-0-31	5.76	39.31	3.84	1.26	0.40	5.50	0.85	0.46	0.21	0.33	1.58
2-0-36	9.24	54.18	2.29	1.73	0.55	5.47	1.01	1.01	0.12	0.60	3.18
2-0-43	6.85	40.23	2.94	1.37	0.48	6.12	1.49	0.98	0.18	0.49	2.86
3-0-6	2.99	44.03	2.61	0.66	0.26	3.78	0.68	0.23	0.20	0.20	1.82
3-0-11	6.51	38.40	1.97	1.56	0.44	2.88	0.91	0.41	0.059	0.67	1.05
LCB0-12	7.85	45.85	8.80	1.56	0.51	4.43	1.25	0.91	0.12	4.12	2.4
LCB0-31	5.59	45.16	1.81	1.27	0.43	2.84	0.55	0.65	0.12	0.25	1.25
LCB0-42	6.15	51.96	3.79	1.24	0.41	3.37	0.88	0.74	0.13	0.53	2.25
LCB0-45	11.13	68.6	1.06	2.07	0.57	1.87	0.47	0.6	0.031	0.47	1.5
LCB0-86	11.76	61.04	2.57	1.88	0.65	5.08	1.45	0.41	0.072	0.48	1.35
平均值	7.60	48.23	3.00	1.56	0.48	4.27	0.89	0.75	0.12	0.72	1.80
北美页岩	15.40	58.10	3.11	3.24	0.65	4.02	2.44	1.30	0.119	0.17	2.45

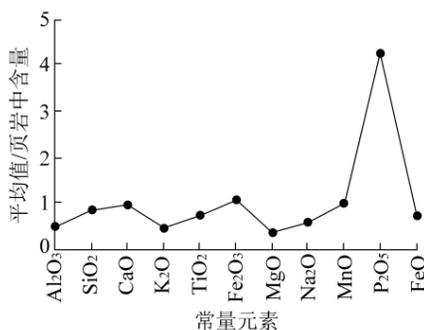


图 2 博格达山北麓油页岩常量元素与页岩常量元素含量之比

由图 2 可知,研究区油页岩中大部分常量元素与北美页岩相似,其中, Ca 和 Fe 元素含量最为接近,其余几种元素的含量略低于普通页岩中的含量。值得一提的是,研究区油页岩中磷元素(P_2O_5)显著富集,其均值是北美页岩中的 4.2 倍,即使在去除极高值 4.12% 后,其余样品的平均值仍高达 0.44%。如此高的磷含量可能由湖盆周围火山喷发后的火山灰带来,通过研究区油页岩的薄片岩石成分鉴定结果也能发现油页岩中含有大量的凝灰质成,恰也证明了火山灰带入的可靠性。磷元素的输入为藻类提

供了良好的生存繁殖环境,而藻类大量繁殖的同时也消耗了湖水中大量的 O_2 ,造就了研究区水体缺氧的还原环境,有利于有机质的保存^[9],为该区发育大量的富藻类油页岩创造了条件。

3 结 论

研究区大部分样品中硼元素含量高于样品,多数大于 200×10^{-6} ,最高值接近 700×10^{-6} ; Sr/Ba 值大多小于 1; V/Ni 值基本大于 1,均显示沉积环境为咸化的还原环境,油页岩总体发育于深水湖泊中。研究区油页岩磷含量普遍较高,可能由湖盆周围火山喷发后的火山灰带来。磷元素的输入为藻类提供了良好的生长环境,同时也消耗了水体中大量的 O_2 ,形成缺氧的还原环境,有利于有机质的保存。

参考文献:

- [1] 邓宏文,钱凯. 沉积地球化学与环境分析 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993.
- [2] Walker C T. Evaluation of Boron as a Palaeosalinity Indicator and its Application to Off shore Prospects [J]. AAPG Bulletin, 1968, 52(5): 751 - 766.
- [3] Elton L Couch. Calculation of palaeosalinities from boron and clay mineral data [J]. AAPG Bulletin, 1971, 55(10): 1829 - 1837.
- [4] Hatch J R, Leventhal J S. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, U. S. A [J]. Chemical Geology, 1992, 99(1-3): 65 - 82.
- [5] 朱立军, 赵元龙. 贵州台江中、下寒武统界线剖面微量元素地球化学特征 [J]. 古生物学报, 1996, 35(5): 623 - 630.
- [6] 何宏, 彭苏萍, 邵龙义. 巴楚寒武 - 奥陶系碳酸盐岩微量元素及沉积环境 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25(6): 631 - 633.
- [7] 周强. 中国煤中微量元素的研究. 洁净煤技术, 2010, 16(1): 12 - 15.
- [8] 王琳. 煤炭洗选脱除煤中有害微量元素的实验研究 [J]. 洁净煤技术, 2007, 13(3): 13 - 17.
- [9] 李婧婧. 博格达山北麓二叠系芦草沟组油页岩地球化学特征研究 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- [10] Tao S, Tang D Z, Li J J, et al. Indexes in evaluating the grade of Bogda Mountain oil shale in China [J]. Oil Shale, 2010, 27(2): 179 - 189.
- [11] 陶树, 汤达祯, 王东营, 等. 低成熟油页岩的生排烃作用实验模拟 [J]. 地学前缘, 2009, 16(3): 356 - 363.
- [12] 陶树, 汤达祯, 许浩, 等. 分步热解气相色谱在油页岩工艺性质评价中的应用——以淮南大黄山芦草沟组油页岩为例 [J]. 西安科技大学学报, 2010, 20(1): 97 - 101.
- [13] 李婧婧, 汤达祯, 许浩, 等. 准噶尔盆地南缘大黄山矿区二叠系芦草沟组油页岩沉积特征 [J]. 西安科技大学学报, 2009, 29(1): 68 - 72.
- [14] 王东营, 许浩, 李婧婧, 等. 淮南大黄山二叠系芦草沟组油页岩相控成矿模式 [J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 53 - 55.
- [15] 李成博, 郭巍, 宋玉勤, 等. 新疆博格达山北麓油页岩成因类型及有利区预测 [J]. 吉林大学学报, 2006, 36(6): 949 - 953.
- [16] 朱立军, 赵元龙. 贵州台江中、下寒武统界线剖面微量元素地球化学特征 [J]. 古生物学报, 1996, 35(5): 623 - 630.
- [17] 邓平. 微量元素在油气勘探中的应用 [J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(1): 27 - 32.
- [18] 陶树, 汤达祯, 周传祯, 等. 川东南 - 黔中及其周边地区下组合烃源岩元素地球化学特征及沉积环境意义 [J]. 中国地质, 2009, 36(2): 397 - 403.
- [19] 陶树, 汤达祯, 周传祯, 等. 川东南 - 黔中及其周边地区下组合烃源岩稀土元素地球化学特征及沉积环境 [J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3): 41 - 43.
- [20] 苗建宇, 周立发, 邓昆, 等. 吐鲁番坳陷二叠系烃源岩地球化学与沉积环境的关系 [J]. 中国地质, 2004, 31(4): 424 - 430.

简 讯

《洁净煤技术》杂志已被美国《乌利希期刊指南》(Ulrichsweb)、美国《化学文摘》(CA)、波兰《哥白尼索引》(IC)收录。