

文章编号: 1001-6112(2009)06-0602-06

渤海湾盆地辽河拗陷 兴隆台潜山变质岩地球化学特征

孙卉^{1,2}, 边少之², 宋柏荣², 赵中华², 孙尚宇², 张洪彬²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油天然气股份有限公司 辽河油田公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 位于渤海湾盆地辽河拗陷西部凹陷中南部的兴隆台潜山内幕油藏是近年来国内潜山勘探的亮点, 同时也给现有勘探方法带来了严峻挑战。在确定潜山变质岩岩相学特征的基础上开展地球化学研究, 发现潜山变质岩主量元素富硅贫铁镁; 微量元素 P, Ti 亏损, K, Pb 富集; 稀土元素总量高, 轻稀土富集, 曲线右倾, Eu 异常不明显。这些特征说明兴隆台潜山变质岩原岩主要由同源大陆上地壳演化而来, 油藏所在地区的断层切割地壳直达地幔的可能性较小。原岩恢复说明潜山中正副变质岩同时存在, 变质岩具有呈层状展布的地质条件。这些认识对于兴隆台潜山内幕油藏勘探具有重要的理论指导意义。

关键词: 地球化学特征; 变质岩; 原岩恢复; 兴隆台潜山; 辽河拗陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF METAMORPHIC ROCKS IN XINGLONGTAI BURIED MOUNTAIN, LIAOHE DEPRESSION, BOHAI BAY BASIN

Sun Hui^{1,2}, Bian Shaozhi², Song Bairong², Zhao Zhonghua², Sun Shangyu², Zhang Hongbin²

(1. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. Liaohe Oil Field, PetroChina, Panjin, Liaoning 124010, China)

Abstract: Interior reservoirs in the Xinglongtai Buried Mountain which locates at the central south of the Western Sag, the Liaohe Depression, the Bohai Bay Basin are highlights in recent domestic researches on buried mountain reservoirs. Meanwhile, they are also big challenges to current exploration methods and technologies. Geochemical studies on metamorphic rocks in buried mountain have been conducted based on their petrographic characteristics. It has been found out that major elements are rich in Si and poor in Fe and Mg. As to trace elements, P and Ti are poor and K and Pb are rich. Σ REE is high with LREE enrichment, right-inclining normalized REE pattern and inconspicuous Eu anomaly. All these characteristics have indicated that original rocks of metamorphic rocks come from cognate upper crust and there is little possibility for transcrustal deep faults development. Protolith restoration shows that both ortho- and para-rocks exist in the buried mountain at the same time occurring as stratiform body. All the above mentioned results have big theoretical significance for guiding reservoir explorations in the buried mountain.

Key words: geochemical characteristics; metamorphic rock; protolith restoration; Xinglongtai Buried Mountain; Liaohe Depression; Bohai Bay Basin

近年来, 潜山内幕油气藏已成为勘探热点领域, 兴隆台潜山内幕油气藏就是其典型代表^[1~3]。该潜山位于渤海湾盆地辽河拗陷西部凹陷中南部(图1), 主要由变质岩组成, 是一个典型的洼中之隆。四周为清水、盘山、陈家等生油洼陷沙三段巨

厚生油岩所包围, 具有形成新生古储油气藏的雄厚物质基础; 潜山带南北两侧发育的深大断裂, 为潜山提供了充裕的供油窗口; 多期、多种性质的断裂改造, 在其内部形成了多期构造裂缝发育带, 潜山成藏条件优越^[4,5]。近年在潜山高部位钻探的兴

收稿日期: 2009-06-22; 修订日期: 2009-10-20。

作者简介: 孙卉(1969—), 女, 高级工程师, 主要从事油气地质与勘探研究和管理。E-mail: sunh@petrochina.com.cn。

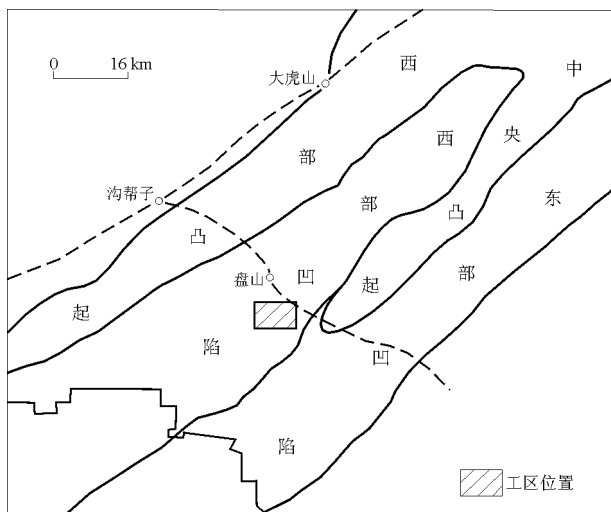


图1 渤海湾盆地辽河坳陷兴隆台潜山构造位置

Fig. 1 Location of Xinglongtai Buried Mountain in Liaohe Depression, Bohai Bay Basin

古7井,在潜山不同深度段试油3层均获工业油流。单井揭露潜山最大厚度1 642 m,进山1 426 m后常规测试获日产10.19 t工业油流,创中国潜山勘探史之最。但是,随着钻探的深入,潜山内幕油藏成藏的影响因素已成为勘探家们关注的焦点和难点问题。在油源及构造条件相近的条件下,潜山内部变质岩的岩性及分布与其储集性能密切相关。由于潜山内部反射能量较弱,无法形成有效阻挡界面^[6],因而难以应用地球物理手段有效预测潜山内部储集性能变化,给此类内幕油藏的拓展勘探带来了巨大困难。笔者通过潜山变质岩地球化学研究,试图揭示潜山成因及构造背景,进一步理顺潜山内幕油藏成藏规律与潜山岩性、构造演化间的因果关系,对后续勘探开发具有重要的指导意义。

1 变质岩岩石学特征

研究样品包括钻井取心及录井岩屑2种。钻井取心样品数量有限但深度准确,尽可能选择该类样品;不足部分由岩屑样品补充,选择岩屑较纯的井段,经过测井曲线归位后使用。所有样品均经偏光显微镜鉴定筛选,确定岩相学特征后,由长江大学测试中心地球化学实验室完成地球化学测定。其中主量元素采用重量-容量法,配以紫外可见分光光度法及原子吸收分光光度法测定;微量元素、稀土元素由中子活化分析法测定。

工区变质岩主要分为区域变质岩及混合岩2个大类,分述如下:

1.1 区域变质岩

主要包括黑云斜长片麻岩和角闪岩类。

黑云斜长片麻岩:灰黑色、深灰色,裂缝不发育。岩石具鳞片粒状变晶结构,片麻状构造,晶粒大小0.50~4.00 mm。主要成分为石英10%~25%,他形,粒状,微裂缝密集,方解石充填;斜长石40%~70%,粒状,绢云母化强烈,微裂缝、节理缝较发育,方解石充填;黑云母10%~30%,黄绿色,片状,绿泥石化,具弯曲变形特征。

角闪岩类:绿黑杂白色,裂缝不发育。柱粒状变晶结构,块状构造。晶粒大小为0.25~3.00 mm。主要矿物包括:角闪石含量50%以上,粒状,柱状;斜长石含量小于25%,少量石英为后期形成。该类岩石普遍发生绿泥石化和碳酸盐化,产生的裂缝少且被方解石全充填。

1.2 混合岩

主要包括由区域变质岩混合岩化而形成的各类混合岩。

混合岩化片麻岩:以混合岩化黑云斜长片麻岩为主,灰白杂黑色,条带状构造。岩石由基体和脉体2部分组成,基体为片麻岩中的暗色矿物;脉体为长英质,含量小于15%。

注入混合岩:基本以基体岩石为主,新生的长英质脉体含量15%~50%。基体、脉体界线较清楚,以机械注入作用为主,局部见交代作用。岩石多为灰绿、灰白色混杂,条带状、角砾状构造。矿物成分主要为石英、斜长石、碱性长石和黑云母,由于新生脉体注入量的不同,矿物含量变化较大。

混合片麻岩:混合岩化作用已相当强烈,残留的基体含量小于50%。岩石以粉红、粉灰色为主,混杂黑绿、深绿色。混合岩化作用残留的暗色基体较少,并呈定向分布。主要成分为石英、斜长石、钾长石和少量暗色矿物。

混合花岗岩:混合岩化作用最强烈,岩性与岩浆结晶的花岗岩有相似之处,成分相当于花岗岩或花岗闪长岩。但其中仍可保留一定数量的暗色矿物较集中的斑点、条痕或团块,以黑云母为主,分布不均匀,大体代表交代反应后残留的基体。

2 变质岩地球化学特征

2.1 主量元素

主量元素分析结果见表1。研究区变质岩SiO₂含量48%~80%,平均63.36%,Al₂O₃含量小于19%,Fe₂O₃+FeO含量一般小于9%,MnO含量小于0.27%,CaO含量不超过8.85%,P₂O₅含量小于0.334%。除4号角闪石样品SiO₂含量最低(48%),Fe和Mg含量最高外,其余岩样SiO₂

表 1 渤海湾盆地辽河坳陷兴隆台潜山变质岩主量元素分析结果

Table 1 Major element analysis of metamorphic rocks in Xinglongtai Buried Mountain, Liaohe Depression, Bohai Bay Basin

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	BaO	MnO	灼失量	总量	岩性
1	62.74	18.71	1.010	3.03	1.69	1.27	1.63	4.50	0.476	0.162	0.035 2	0.028	4.34	99.62	混合岩化片麻岩
2	61.59	18.12	0.621	4.08	1.65	1.50	3.98	4.50	0.109	0.150	0.136 0	0.026	3.04	99.50	混合岩化片麻岩
3	60.84	16.85	0.042	3.47	3.54	1.31	4.11	3.98	0.143	0.158	0.148 0	0.046	4.93	99.57	混合岩化片麻岩
4	48.14	12.14	3.060	14.75	8.85	5.46	0.58	2.24	2.040	0.220	0.018 4	0.274	0.56	98.33	角闪石岩
5	68.59	13.62	0.138	4.91	1.70	1.64	2.54	4.20	0.381	0.096	0.068 7	0.061	1.49	99.43	混合片麻岩
6	62.57	15.94	1.090	5.43	2.46	1.24	3.72	4.64	0.174	0.085	0.126 0	0.071	1.84	99.39	混合花岗岩
7	65.47	15.38	0.270	4.81	3.29	1.56	2.58	4.36	0.208	0.081	0.069 0	0.077	1.28	99.44	混合花岗岩
8	63.44	12.89	0.623	5.54	3.45	3.12	2.61	2.70	0.481	0.138	0.031 4	0.076	4.27	99.37	黑云斜长片麻岩
9	64.80	13.66	0.719	5.12	2.16	3.30	2.91	3.09	0.382	0.127	0.043 5	0.080	3.01	99.40	黑云斜长片麻岩
10	60.89	13.99	0.528	5.79	3.45	3.59	2.89	3.06	0.498	0.136	0.033 9	0.085	4.41	99.35	黑云斜长片麻岩
11	64.60	14.51	0.570	6.32	1.26	2.64	2.88	2.66	0.690	0.334	0.034 6	0.032	2.79	99.32	黑云斜长片麻岩
12	61.29	15.38	0.550	7.11	2.24	3.01	4.00	3.36	0.545	0.126	0.101 0	0.102	1.34	99.15	注入混合岩
13	64.06	14.64	0.472	7.73	1.91	1.26	2.70	4.22	0.251	0.057	0.044 5	0.078	1.69	99.11	注入混合岩
14	65.71	14.81	0.259	6.25	2.21	1.35	3.08	3.88	0.304	0.027	0.074 7	0.060	1.20	99.21	混合花岗岩
15	63.13	14.63	1.060	6.37	2.17	1.75	3.45	4.19	0.411	0.103	0.080 8	0.098	1.80	99.24	黑云斜长片麻岩
16	65.94	13.24	0.944	6.61	2.00	0.97	3.21	3.91	0.225	0.032	0.106 0	0.061	1.99	99.24	斜长混合花岗岩
17	79.51	9.20	0.375	3.75	0.91	0.27	1.47	3.52	0.048	0.009	0.026 8	0.033	0.42	99.55	斜长混合花岗岩
18	57.82	13.68	0.853	8.09	4.82	2.73	2.00	3.75	0.871	0.116	0.036 8	0.112	4.20	99.11	混合花岗岩
19	65.58	15.74	1.000	3.94	2.91	1.33	3.03	4.40	0.333	0.140	0.072 7	0.062	0.99	99.53	混合花岗岩
20	63.20	15.38	1.250	5.25	3.20	1.67	3.25	4.08	0.379	0.172	0.080 8	0.076	1.41	99.40	混合花岗岩
21	64.50	15.21	0.740	4.90	2.02	1.62	3.44	4.54	0.264	0.084	0.088 4	0.071	1.95	99.43	混合片麻岩
22	62.07	14.70	0.651	7.32	2.68	1.60	3.28	4.21	0.266	0.077	0.099 8	0.101	2.08	99.13	注入混合岩
23	61.99	14.67	1.970	5.52	2.89	2.09	3.78	3.85	0.244	0.074	0.106 0	0.097	2.06	99.34	混合片麻岩
24	62.45	14.28	0.994	5.12	3.65	1.30	4.40	3.83	0.293	0.091	0.083 3	0.062	2.85	99.40	混合片麻岩
25	63.02	15.65	1.520	4.39	3.17	1.99	3.85	4.05	0.360	0.142	0.104 0	0.083	1.13	99.46	混合片麻岩

含量较高,并且随着混合岩化程度的增强, SiO₂ 含量增高, Fe 和 Mg 含量降低。各样品主量元素含量范围与中酸性火山岩接近。在 AFM 图解中投点(图 2),除 4 号角闪石样品落在拉斑玄武岩区域内,其余样品均集中于拉斑系列与钙碱性系列的过渡区域,并具有向钙碱性系列集中的趋势。求取研究区变质岩 25 个样品主量元素氧化物平均值,并与地壳元素丰度进行对比(表 2),发现兴隆台潜山变质岩主量元素含量与大陆上地壳十分相似,说明变质岩母岩主要由大陆上地壳物质组成。

2.2 微量元素

各类岩石都由岩浆岩演化而来,因而开展微量、稀土元素分析对研究形成变质岩的各种原岩具有重要的指示意义。从表 3 可以看出:潜山变质岩 Nb 异常值均小于 1, K 异常值均大于 1,说明研究区变质岩属于地壳花岗质岩石或具同化混染的玄武质岩石,与板块削减作用有关; Th 异常值小于 1 的样品占总样品数的 75%, 大于 1 的占 25%,说明研究区变质岩以太古代地壳岩石为主,后期经历岩浆作用改造。

利用原始地幔标准化数据^[7]对变质岩微量元素标准化后,绘制蛛网图(图 3)。可以看出,不论

区域变质岩类还是混合岩类,不相容元素 Nb, P, Ti 明显亏损, K, Pb 显著正异常,表现出大陆地壳微量元素分布特征^[8]。兴隆台潜山变质岩的类型虽然有多种,区域变质程度不同,混合岩化程度不同,但各类变质岩的微量元素分馏结果十分相似,说明潜山中的变质岩具有同源性。变质岩原岩部

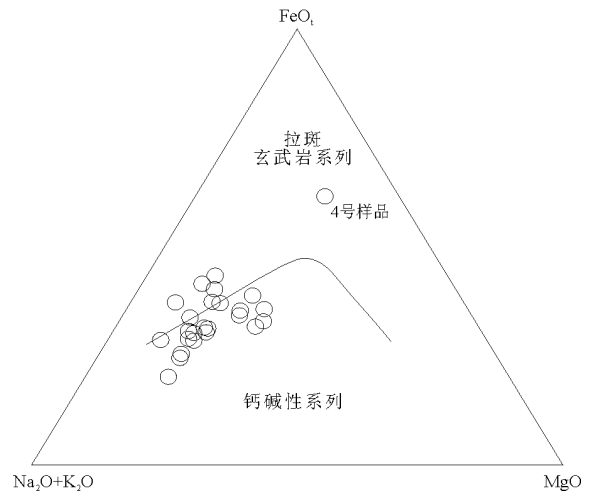


图 2 渤海湾盆地辽河坳陷兴隆台潜山变质岩 AFM 图
Fig. 2 Discriminant diagram of AFM of Xinglongtai Buried Mountain, Liaohe Depression, Bohai Bay Basin

表 2 渤海湾盆地辽河坳陷兴隆台潜山变质岩主量元素均值与地壳元素丰度比较

Table 2 Comparison of major element abundances between Xinglongtai Buried Mountain in Liaohe Depression of Bohai Bay Basin and earth crust %

比较对象	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
兴隆台潜山	63.66	14.48	5.66	2.96	1.95	3.02	3.74	0.44	0.13	0.08
大陆上地壳	66.00	15.20	4.50	4.20	2.20	3.40	3.90	0.65	0.15	0.08
大陆中地壳	52.30	15.50	6.40	5.10	3.40	2.01	3.20	0.70	0.10	0.10
大陆下地壳	59.10	16.60	8.14	9.40	7.10	0.60	2.60	0.80	0.10	0.10
大洋地壳		16.00	10.50	11.30	7.70	0.14	2.80	1.50		0.13

表 3 渤海湾盆地辽河坳陷兴隆台潜山变质岩微量元素分析结果

Table 3 Trace element analysis of metamorphic rocks in Xinglongtai Buried Mountain, Liaohe Depression, Bohai Bay Basin 10⁻⁶

样号	Rb	Ba	Th	U	K	Nb	Ta	Pb	P	Zr	Hf	Ti	Nb*	K*	Th*
1	58.9	315	1.12	0.12	13 583	8.06	0.80	43.3	707.3	126.0	3.82	2 856	0.22	1.91	0.18
2	114.0	1 220	0.50	0.04	33 167	2.72	0.40	18.5	654.9	81.0	2.01	654	0.04	6.74	0.04
3	97.5	1 330	0.69	0.03	34 250	3.91	0.78	23.3	689.9	129.0	3.45	858	0.06	4.92	0.06
4	19.9	165	1.66	0.28	4 867	7.94	1.49	14.4	960.6	114.0	4.63	12 240	0.59	0.80	0.77
5	93.9	615	16.60	0.38	21 167	5.92	0.92	40.2	419.2	102.0	2.72	2 286	0.11	2.48	1.68
6	93.9	1130	4.87	1.11	31 000	4.00	0.30	19.1	371.1	70.9	2.19	1 044	0.07	8.63	0.42
7	85.4	618	6.81	0.61	21 500	5.23	0.40	28.6	353.7	117.0	2.77	1 248	0.13	6.30	0.73
8	130.0	281	1.77	1.66	21 750	7.44	0.93	19.2	602.5	103.0	4.01	2 886	0.20	5.98	0.14
9	134.0	390	2.72	2.79	24 250	6.08	0.20	24.1	554.5	47.5	2.22	2 292	0.15	13.2	30.21
10	137.0	304	0.80	2.13	24 083	5.55	0.68	20.5	593.8	98.1	2.69	2 988	0.14	8.94	0.06
11	123.0	310	2.40	2.68	24 000	14.60	0.91	25.4	1 458.0	125.0	4.70	4 140	0.35	6.04	0.20
12	166.0	902	10.90	0.97	33 333	7.59	0.76	29.2	550.1	76.0	1.97	3 270	0.13	7.29	0.65
13	118.0	399	14.80	1.68	22 500	7.64	0.67	33.8	248.9	84.0	2.95	1 506	0.17	4.26	1.27
14	67.1	669	7.18	0.78	25 667	9.21	1.32	23.7	117.9	141.0	5.78	1 824	0.20	4.35	0.80
15	122.0	724	9.04	0.60	28 750	6.93	0.78	29.2	449.7	125.0	4.12	2 466	0.13	6.08	0.69
16	117.0	948	19.00	6.94	26 750	6.59	1.90	33.6	139.7	125.0	5.36	1 350	0.14	3.80	1.54
17	58.2	240	6.61	3.86	12 250	2.40	0.73	24.5	39.3	218.0	9.58	288	0.11	4.03	1.11
18	94.0	330	4.20	2.05	16 667	6.92	0.83	56.4	506.5	121.0	4.40	5 226	0.20	3.31	0.46
19	98.2	651	10.00	1.41	25 250	5.37	0.90	26.7	611.3	95.9	3.34	1 998	0.10	3.97	0.92
20	95.1	724	22.20	0.94	27 083	6.60	0.40	28.9	751.0	138.0	4.25	2 274	0.09	2.54	2.01
21	99.3	792	7.75	0.48	28 667	4.99	0.30	25.6	366.8	84.1	4.04	1 584	0.09	7.66	0.67
22	98.5	894	11.20	0.54	27 333	4.32	0.58	26.2	336.2	105.0	4.10	1 596	0.08	5.62	0.99
23	102.0	952	11.60	3.52	31 500	4.98	0.82	25.8	323.1	89.4	4.08	1 464	0.09	6.31	0.94
24	140.0	746	13.10	0.79	36 667	6.18	0.40	23.8	397.3	91.8	3.48	1 758	0.09	7.64	0.84
25	91.8	929	11.60	0.65	32 083	5.47	0.20	31.2	620.0	98.2	4.22	2 160	0.09	8.04	0.99

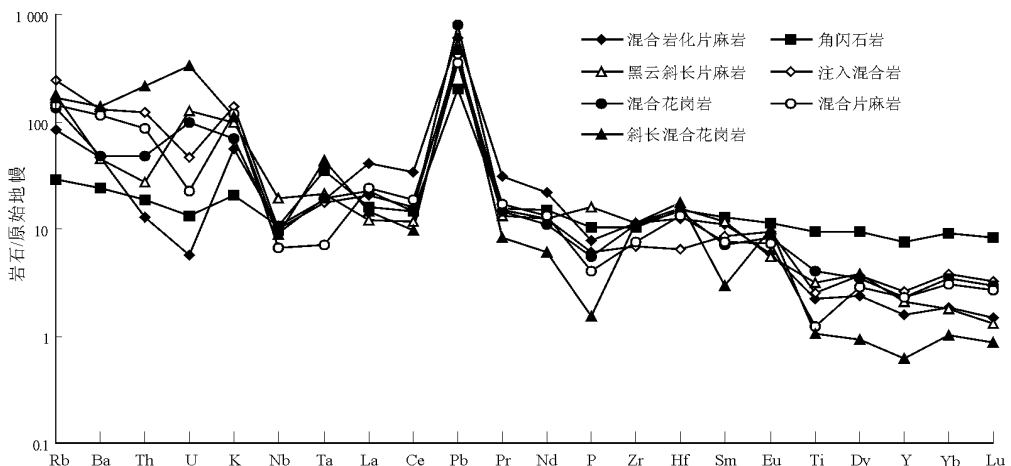


图 3 渤海湾盆地辽河坳陷兴隆台潜山变质岩微量元素蛛网图

Fig. 3 Trace element spidergram of metamorphic rocks in Xinglongtai Buried Mountain, Liaohe Depression, Bohai Bay Basin

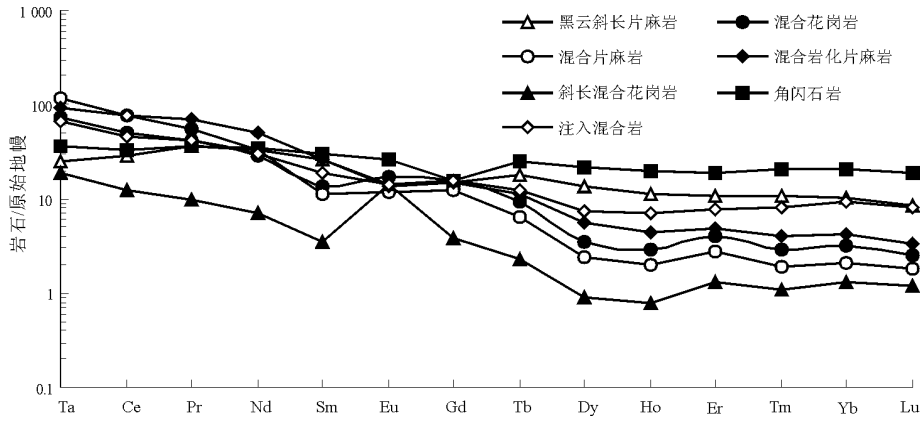


图 4 渤海湾盆地辽河拗陷兴隆台潜山变质岩稀土元素配分模式

Fig. 4 REE pattern of metamorphic rocks in Xinglongtai Buried Mountain, Liaohede Depression, Bohai Bay Basin

分熔融过程中, Th, U 多保留在残余熔体中, 由熔体形成的变质岩表现出 Th, U 部分亏损的特点。

2.3 稀土元素

除经受岩浆熔融外, 稀土元素整体组成特征基本不破坏, 既配分形式保持不变^[9]。兴隆台潜山变质岩球粒陨石标准化稀土元素配分模式(图 4)表明, 兴隆台潜山各类变质岩均具有稀土总量较高、轻稀土较富集、轻重稀土分馏不明显、曲线轻度右倾的特点, $\sum REE$, $\sum L/\sum H$, $(La/Yb)_N$, $(Ce/Yb)_N$ 等几个参数都具有特征反应。Eu 异常主要取决于含钙造岩矿物(斜长石、含钙辉石等)的聚集和迁移。由于 Ca, Eu 2 种元素晶体化学性质接近, 在结晶变质过程中, Eu 可以伴随 Ca 进入斜长石中, 部分样品具有轻度 Eu 正异常, 应该与岩石中斜长石含量较高有关。其余各类变质岩 Eu 异常接近 1, 异常不明显。曲线整体形态与现今大陆上地壳配分形式十分接近, 且元素含量相当^[10,11], 说明潜山变质岩具有大陆上地壳特点。

3 原岩恢复

原岩恢复是变质岩研究的重要内容之一。镜下观察发现, 除部分角闪岩类可见变余辉绿结构、变余辉长结构外, 大部分岩石变质程度较深, 无法识别其原岩结构。然而, 一般变质作用基本不改变原岩的主要化学成分, 即使是异化学变质, 也或多或少可保留原岩化学成分变异的某些特点。因而, 变质岩化学成分是恢复原岩的重要标志之一^[12]。从图 5, 6 中可以看出, 角闪岩均落在基性岩类区域, 加之镜下可见变余辉绿、辉长结构, 可确认潜山中角闪岩类是源于基性岩浆岩的正变质岩; 片麻岩类投点较散, 中、基性正变质岩区域及副变质岩区域都有分布, 说明片麻岩类的原岩比较复杂, 存在

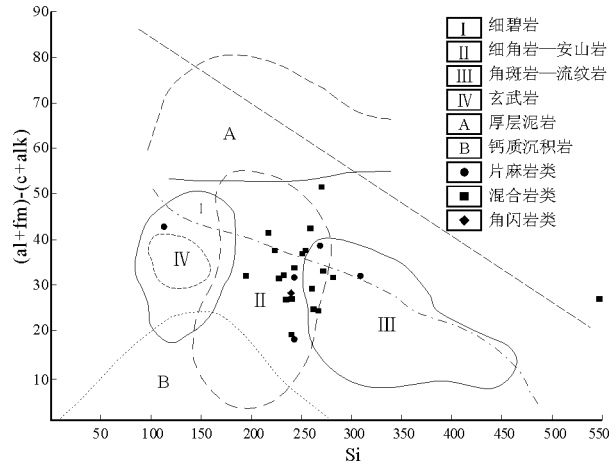


图 5 渤海湾盆地辽河拗陷兴隆台潜山变质岩 $(al+fm)-(c+alk)$ 与 Si 图解

Fig. 5 Discriminant diagram of $(al+fm)-(c+alk)$ and Si of Xinglongtai Buried Mountain, Liaohede Depression, Bohai Bay Basin

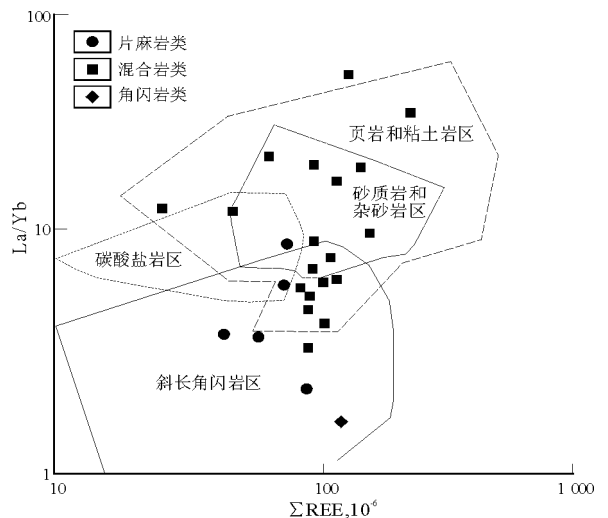


图 6 渤海湾盆地辽河拗陷兴隆台潜山变质岩 $La/Yb - \sum REE$ 图解

Fig. 6 Discriminant diagram of $La/Yb - \sum REE$ of Xinglongtai Buried Mountain, Liaohede Depression, Bohai Bay Basin

着不同性质的变质原岩;混合岩类投点相对杂乱,正副变质同时存在。考虑到混合岩化作用存在外来成分加入的可能,变质环境已不是等化学条件,原岩恢复的可信度降低,但仍具有一定的指向性。

4 结论

兴隆台潜山变质岩主要由片麻岩、角闪岩等区域变质岩及由区域变质岩经过不同程度混合岩化作用的混合岩组成。钻井资料证实,除上述变质岩外还夹杂大量中酸性岩岩浆脉体及少量基性岩岩浆脉体,穿插分割潜山主体变质岩。变质岩及岩浆岩的这种空间组合方式,为潜山内幕油藏的形成奠定了物质基础。

变质岩主量元素具有高硅、低铁镁的特点;微量元素具有 P、Ti 亏损、K、Pb 正异常的特点;稀土元素具有总量高、轻稀土富集、曲线右倾的特点;Eu 异常不明显。主量、微量、稀土元素均表现出大陆地壳元素分布特征,说明潜山岩石主要由陆壳岩石演化而来,工区岩浆活动仅限于陆壳范围,附近断裂切穿地壳直达地幔的可能性很小。

角闪岩类的原岩为基性岩浆岩,片麻岩类及混合岩类既可能是正变质岩,也可能是副变质岩。副变质岩的存在说明潜山中的部分变质岩可能具有沉积岩的宏观构造,平面上具有一定的成层性,对于油气藏追踪及潜山内幕的刻画有一定指示意义。

参考文献:

- 1 谢文彦,孟卫工,张占文等. 辽河坳陷潜山内幕多期裂缝油藏成藏模式[J]. 石油勘探与开发,2006,33(6):649~652
- 2 高先志,陈振岩,邹志文等. 辽河西部凹陷兴隆台高潜山内幕油气藏形成条件和成藏特征[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2007,31(6):6~9
- 3 慕德梁. 辽河坳陷兴隆台古潜山深部油藏地质特征及勘探意义[J]. 特种油气藏,2007,14(3):16~19
- 4 李晓光,刘宝鸿,余 成. 兴隆台古潜山带勘探实践及地质意义[J]. 特种油气藏,2007,14(2):6~9
- 5 钱宝娟. 兴隆台古潜山储层特征及成藏条件研究[J]. 特种油气藏,2007,14(5):35~48
- 6 张文坡,宁日亮,郭 平等. 辽河油田地震资料精细处理[M]. 北京:石油工业出版社,2007. 86~88
- 7 Thompson R N. Magmatism in the British Tertiary volcanic province[J]. Scottish Journal of Geology,1982,18:49~107
- 8 韩吟文,马振东. 地球化学[M]. 北京:地质出版社,2003. 204~206
- 9 李昌年. 火成岩微量元素岩石学[M]. 北京:中国地质大学出版社,1992. 74~77
- 10 Shaw D M, Cramer J J, Higgins M D, et al. Composition of the Canadian Precambrian shield and the continental crust of the earth[A]. In: Dawson J B, ed. The nature of the lower continental crust, Geological Society Special Publication 24 [M]. London: Geological Society, 1986. 275~282
- 11 Wedepohl K H. The composition of the continental crust[J]. Geochim Cosmochim Acta, 1995, 59: 1217~1232
- 12 路凤香,桑隆康. 岩石学[M]. 北京:地质出版社,2002. 284~288

(编辑 韩 或)

(上接第 601 页)

分布相对稳定,对比结果为唯一解。扶一组油层底面与下部地层呈冲刷或突变接触为特征,依据中期基准面旋回的转换面进行对比。由于转换面稳定性差,确定转换面准确位置时,容易出现一定的误差。

2)短期和超短期基准面旋回主要以油田内部厚层河道砂岩的正旋回组合特征进行对比,对比操作时具有较强的多解性。

3)大庆长垣以东地区扶余油层顶、底界标志层明显,地震反射特征清晰,且有大量的钻穿扶余油层底界的井进行控制。因此,扶余油层地层厚度的平面变化真实地反映了地层格架变化趋势。

参考文献:

- 1 高瑞祺,蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 47~103
- 2 高瑞祺,萧德铭. 松辽及其外围盆地油气勘探新进展[M]. 北

- 京:石油工业出版社,1995. 19~25
- 3 沈安江,康伟力. 松辽盆地南部沉积特征与岩性油藏圈闭条件[M]. 北京:石油工业出版社,1985. 45~56
- 4 刘鸿友,沈安江,王艳清等. 松辽盆地南部泉头组—嫩江组层序地层与油气藏成因成藏组合[J]. 吉林大学学报,2003,33(4):470~473
- 5 邓宏文,王红亮,李熙哲. 层序地层学基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质,1996,17(3):177~184
- 6 郑荣才,尹世民,彭 军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析[J]. 沉积学报,2000,18(3):369~375
- 7 冯大晨,王文明,翟秀杰. 扶余油层储层砂体层次构成分析[J]. 大庆石油地质与开发,2003,22(3):13~15
- 8 郭康良,周丽娟. 应用层序地层学预测 HJ 凹陷隐蔽油气藏[J]. 大庆石油学院学报,2004,28(2):8~10
- 9 裘怿楠. 松辽陆相盆地河流—三角洲各种沉积砂体的油水运动特点[A]. 见:中国石油学会编. 陆相碎屑岩油田开发[M]. 北京:石油工业出版社,1988
- 10 李凤杰,王多云,王 峰等. 坳陷湖盆三角洲前缘储层砂体成因研究[J]. 石油实验地质,2007,29(1):64~68

(编辑 黄 娟)