

炭窑口矿区基性火山岩地球化学特征及其构造意义

陈喜峰

(中国冶金地质总局矿产资源研究院,北京 100025)

[摘要]为探讨炭窑口矿区变质基性火山岩的地球化学特征及其构造意义,对其产出特征、岩石学、岩石化学、地球化学等方面进行了综合分析研究。结果表明,其原岩为钾质细碧岩,属碱性火山岩,富集轻稀土和不相容元素,而亏损重稀土和相容元素(如 Nb、Ta 和 Ti),具有与火山弧基性火山岩相似的地球化学特征。其稀土元素分配型式表明其成岩物质来源于地幔。通过构造环境分析,并结合区域地质资料,认为矿区变质基性火山岩的形成构造环境为大陆边缘火山弧造山带。

[关键词]基性火山岩 地球化学 火山弧造山带 炭窑口 内蒙古

[中图分类号] P595 [文献标识码] A [文章编号] 0459-5331(2010)01-0113-07

Chen Xi-feng. Geochemical characteristics of metamorphic basic volcanic rocks of the Tanyaokou ore district, Inner Mongolia and its tectonic significance[J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46(1): 0113-0119.

0 引言

炭窑口多金属硫化物矿床位于华北地台北缘西段狼山-渣尔泰山裂陷槽(图1),是内蒙古狼山-渣尔泰山矿集区内最有代表性的矿床之一,其成矿地质背景和矿床地质特征与世界著名的 McArthur River、Mount Isa、Sullivan 等典型 SEDEX 型矿床有相似性和可对比性(翟裕生等,2008;彭润民等,2007;沈存利等,2004;沈存利,2004;翟裕生等,2002;翟裕生,2002)。因此,以往研究将其归为典型的 SEDEX 型矿床(王可南,1984;修世荫,1987;施林道等,1994;夏学惠等,2003;彭润民等,2004)。但近年来,彭润民等(彭润民,1998;彭润民等,2004)人在炭窑口矿区找到了与成矿作用关系密切的同沉积期的变质基性火山岩,表明该矿床具有与典型 SEDEX 型矿床不同而独特的成矿特征。因此,前人将该矿床(Peng *et al.*, 2004;彭润民等,2007)归为 SEDEX 型-VMS 型之间的过渡类型但靠近 SEDEX 型一侧的矿床。现有研究(彭润民等,2007)表明,该矿区的同沉积期火山活动不仅提供了部分成矿物质,而且为成矿作用提供了良好的热源,与成矿作用关系密

切,但对其地球化学特征和形成构造环境等还缺少研究,因此,本文拟通过研究该矿区变质基性火山岩的地球化学特征,揭示其原岩建造及构造沉积环境,为系统研究炭窑口矿床的形成构造环境和成矿机制提供岩石学依据。

1 矿区地质概要

炭窑口矿区大地构造上位于华北陆块北缘西段中元古代狼山-渣尔泰山裂陷槽的炭窑口-东升庙断陷盆地。目前为止,在该矿区共找到4个矿床和6个矿化带,其中以一、三号矿床为最好,属大型铜、铅、锌、硫多金属矿床。

炭窑口多金属矿床位于狼山前山西段,东升庙矿区之西南,两矿区相距约30km。构造上位于狼山复式背斜口南翼,其南部为河套平原,北部为海西期花岗岩体。矿区出露地层以中元古界渣尔泰山群阿古鲁沟组为主,其中第二岩段为矿区唯一含矿岩组(图2)。矿区地层总体沿北东向展布,倾向北西,主要岩性为石英岩类、黑云母片岩类、混合岩类、细晶白云石大理岩类、碳质千枚岩、浅粒岩、变粒岩等。

[收稿日期]2009-09-01;[修订日期]2009-11-01;[责任编辑]张 萍。
[基金项目]国家科技支撑计划课题(编号:2006BAB01A09)资助。
[第一作者简介]陈喜峰(1979 生—),男,工程师,主要从事矿床学研究。

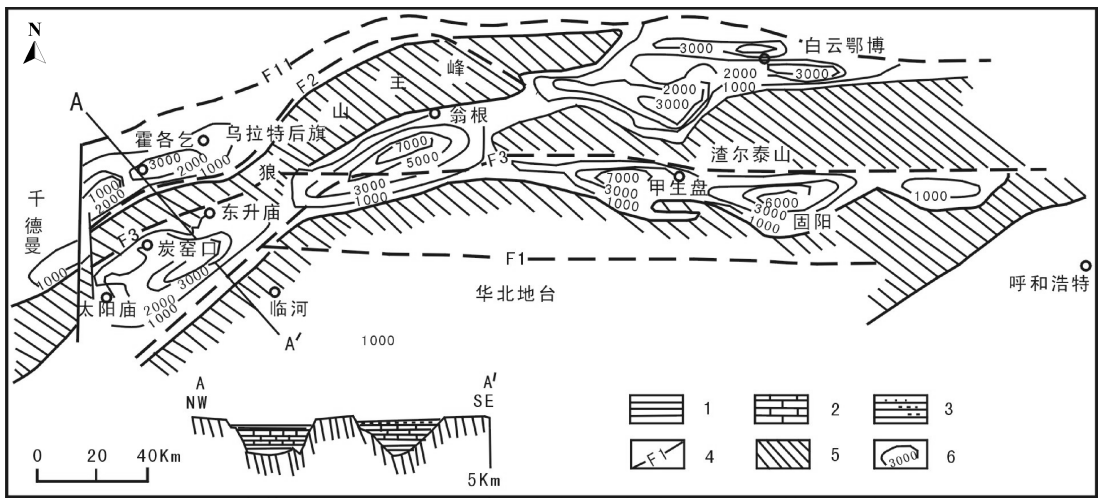


图1 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代沉积构造(据王思源等,1993修改)

Fig. 1 Sketch pattern of Mesoproterozoic depositional basins and tectonics in Langshan and Zhaertai Mountains, Inner Mongolia (After Wang Si-yuan et al., 1993)

1-泥质岩类;2-碳酸盐岩类;3-砂砾岩类;4-深断裂及编号;5-古陆;6-地层等厚线

1-argillaceous rock;2-carbonate rock;3-sandy conglomerate rock;4-deep fault and its number;5-ancient land;6-stratigraphic isopach

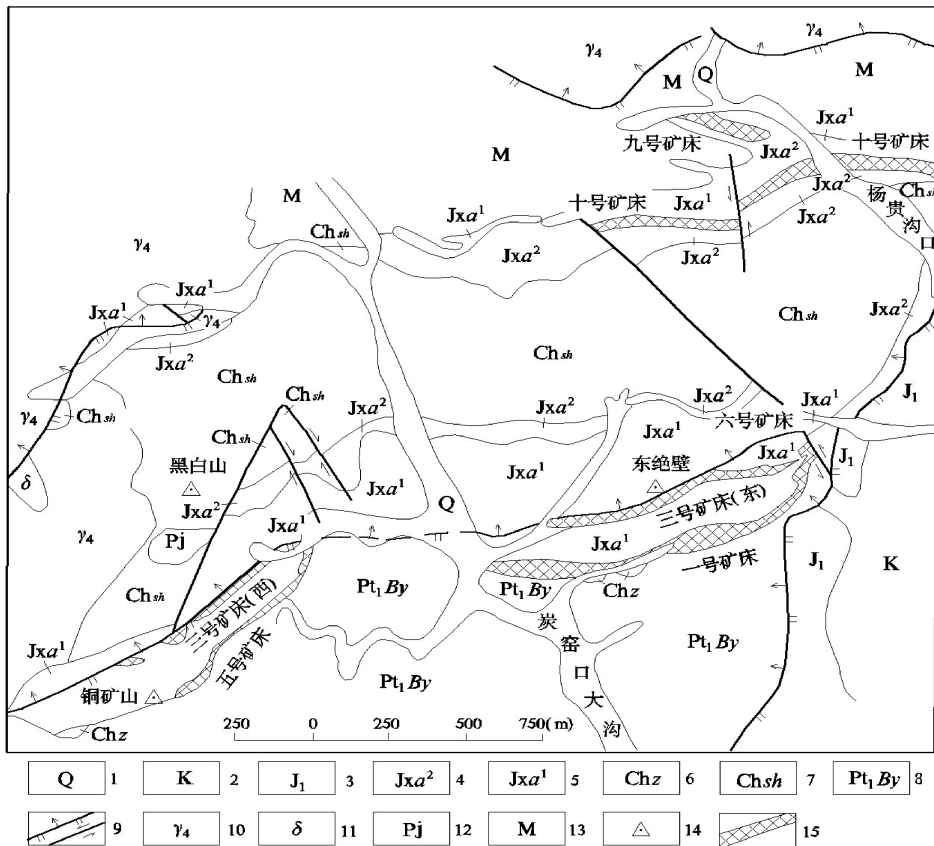


图2 内蒙古炭窑口多金属矿区地质略图(据左文彬(1984)图简化、修正)

Fig. 2 Geological map of Tanyaokou ore district, Inner Mongolia (after Zuo Wen-bin, 1984)

1-第四系冲积层;2-白垩系红色砂砾岩;3-下侏罗统砾岩;4-渣尔泰山群阿古鲁沟组二岩段;5-渣尔泰山群阿古鲁沟组一岩段;6-渣尔泰山群增隆昌组;7-渣尔泰山群书记沟组;8-宝音图群;9-断层;10-海西期花岗岩;11-闪长岩;12-角闪片岩;13-混合岩;14-山峰;15-矿床(矿段)

1-Quaternary alluvium;2-Cretaceous red sandy conglomerate rock;3-Lower Jurassic conglomerate;4-the second member of Agulugou formation of Zhaertai-shan Group;5-the first member of Agulugou Formation of Zhaertai-shan Group;6-Zenglongchang Formation of Zhaertai-shan Group;7-Shujigou Formation of Zhaertai-shan Group;8-Baoyintu Group;9-fault;10-Hercynian granite;11-diorite;12-hornblend schist;13-migmatite;14-mountain peak;15-deposit

矿区构造以褶皱为主, 断裂构造不发育, 只在矿区西北发育三组断层(以北东向成组出现的高角度正断层及逆冲断层为主), 与成矿关系不大, 另有北北西、北北东及近南北向时代较晚、规模较小、切穿早期断裂及地层并破坏了矿体的扭性断裂, 矿区初步见有同生断裂活动。区内岩浆岩较发育, 侵入岩具有期次多和种类多的特点, 主要分布在矿区西部和北部, 主要岩性为变质基性岩、闪长岩和二云母花岗岩, 总体呈岩脉及岩株状产出。

2 地质特征与岩相学特征

变质基性火山岩在炭窑口矿区范围内普遍存在, 总体呈层状产出, 层位稳定, 单层厚度为 0.5 ~ 10m 之间不等。岩石致密均一, 且无冷凝边。露头与新鲜岩芯呈深苹果绿色—墨绿色, 主要矿物为微晶—细晶钾长石、钠长石和绿泥石, 次要矿物为辉石、角闪石、绿帘石、绢云母等。呈致密块状构造, 另有变余杏仁构造。具变余斑状结构和微晶结构, 且斑晶内部有裂缝和蚀变, 表明斑晶为变余斑晶。基质为微—细晶质矿物, 晶内有裂缝和蚀变的变余小板条状钠长石微晶, 表现出基性岩浆快速冷凝的特征。此外, 钠长石呈聚斑状产出, 且一些钠长石斑晶和微晶还具有明显的变余中空骸晶结构和燕尾分叉现象, 表明它们是水下岩浆在淬冷条件下迅速结晶的产物(张树业等, 1982)。综上所述, 该类岩石表现出喷溢相海相火山岩的特征。

3 岩石化学特征

根据矿区变质基性火山岩岩石化学分析结果(表 1)(扣除 CO₂ 及相应的 MgO 和 CaO(因岩石中含少量白云石), 重新调整各主要组分的质量分数)计算尼格里值, 在尼格里和西蒙南判别图上投影

(图 3)都落于火成岩区, 表明它是原岩为火山岩的正变质岩, 而在 (Al+Fe+Ti) - (Ca+Mg) 图解(图 4)中的投影点则落入细碧岩区, 表明其原岩为细碧岩。

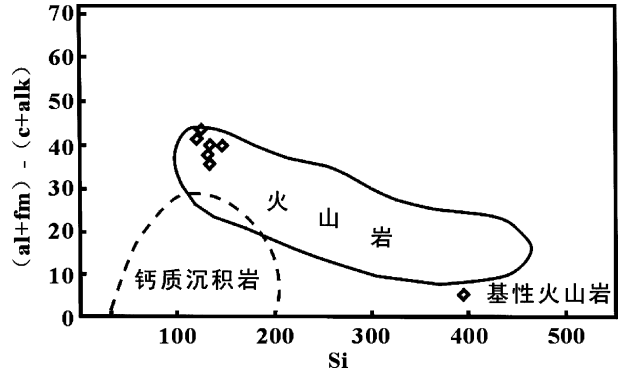


图 3 基性火山岩 (al+fm) - (c+alk) - Si 图解 (底图据西蒙南, 1953)

Fig. 3 (al+fm) - (c+alk) versus Si diagram of basic volcanic rocks (after Symoner, 1953)

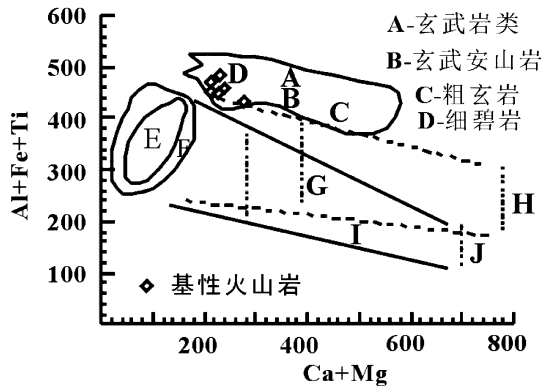


图 4 基性火山岩 (Al+Fe+Ti) - (Ca+Mg) 图解 (底图据 B. Moine, 1968)

Fig. 4 (Al+Fe+Ti) - (Ca+Mg) diagram of basic volcanic rocks (after B. Moine, 1968)

表 1 炭窑口矿区基性火山岩主量元素 ($\times 10^{-6}$) 分析结果

Table 1 Chemical composition of basic volcanic rocks of Tanyaokou ore district

序号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	∑	K ₂ O/Na ₂ O	σ	τ
1	46.12	1.22	15.88	3.04	6.54	0.15	6.11	4.99	2.15	5.93	0.27	4.24	2.14	98.78	2.76	20.93	11.25
2	47.13	1.23	17.21	2.40	6.92	0.15	6.36	4.37	2.17	5.62	0.28	4.30	1.88	100.02	2.59	14.69	12.23
3	47.96	1.29	16.67	2.71	6.52	0.14	4.93	4.96	2.86	4.99	0.41	4.00	2.4	99.84	1.74	12.42	10.71
4	50.68	0.92	16.89	2.66	5.64	0.13	4.70	5.33	2.37	4.23	0.23	3.92	1.96	99.66	1.78	5.67	15.78
5	47.86	1.24	16.05	2.19	6.49	0.13	5.20	5.64	3.14	4.48	0.4	3.96	2.54	99.32	1.43	11.95	10.41
6	49.68	1.18	15.95	1.91	5.71	0.11	6.65	6.65	2.23	4.28	0.38	2.68	3.19	100.06	1.92	6.34	11.63

数据来源: 据彭润民 (1998); 测试: 由国家地质实验测试中心测试; 测试方法: ICP-MS 方法分析。

4 地球化学特征

4.1 主元素特征

主元素分析结果及有关特征参数见表 1。从表 1 可以看出矿区基性火山岩 SiO₂ 的含量主要集中于 46.12% ~ 50.68% (平均为 48.24%) 之间,依据较通用的火成(山)岩分类的 SiO₂ 质量分数界线判别(邱家骧等,1991),矿区变质火山岩属基性火山岩。基性火山岩的 TiO₂ 含量在 0.92% ~ 1.24% 之间,属中等-偏高,Al₂O₃ 的含量在 15.88% ~ 17.21% 之间,含量较高,MgO 含量在 4.70% ~ 6.65% 之间,Na₂O 和 K₂O 的含量分别为 2.15% ~ 3.14% 和 4.23% ~ 5.93%,且 K₂O/Na₂O>1,表明岩石相对富钾,Na₂O+K₂O 为 6.51% ~ 8.08%,碱质含量高,里特曼指数 σ=5.67 ~ 20.93,平均为 12,表明其为碱性火山岩。

4.2 稀土元素

基性火山岩的稀土元素分析结果及有关特征参数见表 2。基性火山岩的稀土总含量小,为 94.54 ~ 112.92 ×10⁻⁶,平均值为 102.77×10⁻⁶,LREE/HREE 为 6.12 ~ 8.12,平均值为 7.49,其 (La/Yb)_N、(La/Lu)_N 和 (Ce/Yb)_N 值分别为 6.81 ~ 10.04、7.20 ~ 12.61 和 5.36 ~ 7.64,钕基本不具异常,表明未有明显的斜长石分离结晶作用。对比研究表明,所有样品具有相似的稀土分配型式(图 5-1),显示出明显的轻稀土富集、重稀土亏损特征,表现为较强的右倾型,与火山弧基性火山岩稀土分配型式相似。

4.3 微量元素

基性火山岩的微量元素比值分配型式(图 5-2)为右倾型,为强不相容元素富集型,其 Nb/Ta、Zr/Hf、Rb/Sr、Ba/Sr、Ta/Th、Hf/Th、Tb/Th 等比值的平均值分别为 27.16、50.13、0.19、3.37、0.15、1.27 和 0.22,指示其分馏程度较高,具较明显的 Nb、Ta、Ti、P 等元素的亏损和 K、Rb、Ba 等元素的富集,显示出火山弧基性火山岩的特征。

5 构造环境探讨

依据基性火山岩的化学成分,在 lgτ-lgσ 图解(图 6)上投点,投影点落在 C 区,指示其为板内稳定区火山岩,可能为造山带火山岩,在 Th-Ta 图解(图 7)上的投影点落入火山弧区,表明其形成于火山弧环境。为了进一步确认其形成于大陆弧还是大

表 2 岩石稀土元素和微量元素(×10⁻⁶)分析结果
Table 2 REE, trace element (×10⁻⁶) abundance and related parameters of basic volcanic rocks

样号	1	2	3	4
La	18.23	20.64	20.65	17.34
Ce	35.78	45.42	41.98	35.57
Pr	4.34	5.17	5.11	4.36
Nd	19.03	22.57	22.54	19.27
Sm	4.28	4.86	5.08	4.68
Eu	1.28	1.47	1.26	1.39
Gd	4.00	4.22	4.34	4.21
Tb	0.51	0.70	0.58	0.70
Dy	2.96	3.36	3.09	3.64
Ho	0.60	0.68	0.58	0.74
Er	1.61	1.81	1.54	1.96
Tm	0.24	0.25	0.21	0.28
Yb	1.46	1.54	1.39	1.72
Lu	0.22	0.23	0.17	0.25
∑ REE	94.54	112.92	108.52	96.11
LREE/HREE	7.15	7.83	8.12	6.12
δEu	0.93	0.97	0.80	0.94
(Ce/Yb) _N	6.35	7.64	7.83	5.36
(La/Lu) _N	8.60	9.32	12.61	7.20
(La/Yb) _N	8.44	9.06	10.04	6.81
Ba	2891	1822	2988	
Rb	101	155	197	
Th	3.49	1.75	4.62	
Nb	12.1	7.10	22.5	
Ta	0.45	0.33	0.68	
Sr	601	817	969	
P	3800	4000	5300	
Zr	251	161	143	
Hf	4.45	3.22	3.25	
Y	14.65	16.04	14.09	
Rb _N /Yb _N	4.97	7.24	10.19	

数据来源:测试:由国家地质实验测试中心测试;测试方法:ICP-MS 方法分析, LREE = ∑ (La - Eu)、HREE = ∑ (Gd - Lu)、∑ REE = ∑ (La-Lu)

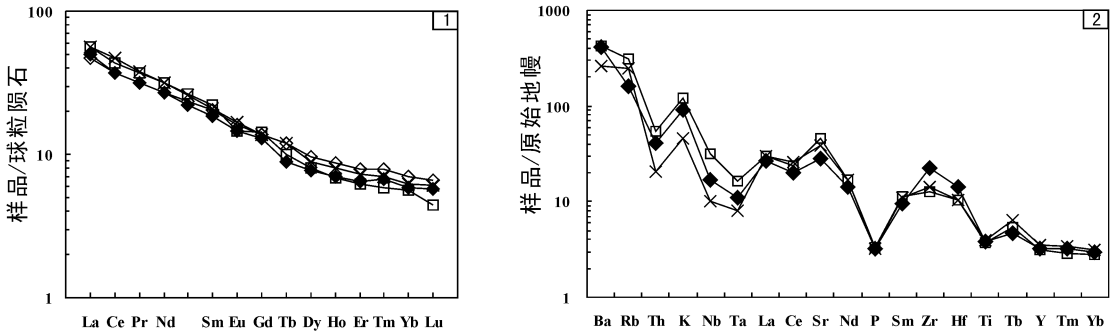


图 5 内蒙古炭窑口矿区变质基性火山岩稀土元素球粒陨石标准化配分曲线和微量元素原始地幔标准化蛛网图(球粒陨石 REE 值据 Taylor *et al.* , 1985; 原始地幔值据 Sun *et al.* , 1989)
 Fig.5 Chondrite – normalized REE patterns and trace element spider diagram of metamorphic basic volcanic rocks of Tanyaokou ore district(chondrite data from Taylor *et al.* , 1985; primitive mantle from Sun *et al.* , 1989)

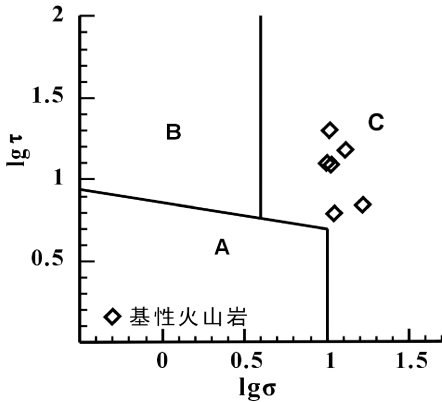


图 6 基性火山岩 $lg\tau$ - $lg\sigma$ 图解(底图据 H. K. Loffler, 1979)
 Fig. 6 $lg\tau$ - $lg\sigma$ diagram of basic volcanic rocks(after H. K. Loffler, 1979)

A-板内稳定区火山岩; B-造山带火山岩; C-A、B 区演化的碱性火山岩
 A-intraplate stable area volcanic rocks; B-orogenic belt volcanic rocks; C-evolving volcanic rocks form A area and B area

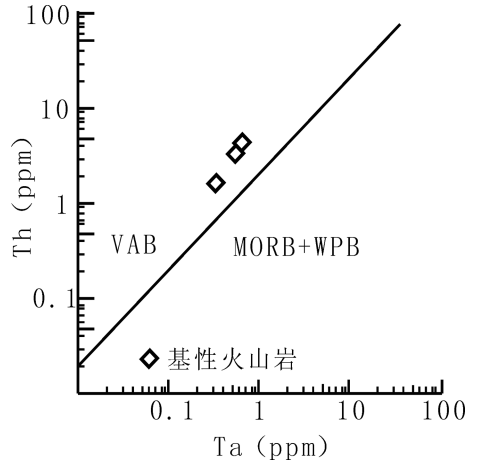


图 7 基性火山岩 Th-Ta 底图(据 Pearce, 1980)
 Fig. 7 Th-Ta diagram of basic volcanic rocks(after Pearce, 1980)

MORB+WPB-洋中脊和板内火山岩; VAB-火山弧火山岩
 MORB+WPB-oceanic ridge and intraplate volcanic rocks; VAB-volcanic arc volcanic rocks

洋弧? 在 $Th/Yb-Ta/Yb$ 图解(图 8)上进行了投点, 结果表明, 图 8-a 指示其为形成于岛弧环境的钙碱性火山岩; 图 8-b 指示其形成于大陆边缘弧, 综合分析其在 $Th/Yb-Ta/Yb$ 图解(图 8)上的投影点, 可知, 其形成环境为大陆边缘岛弧。为了进一步证实其形成于大陆边缘岛弧环境, 又在 $Ti_2O_3 \times 10 - Al_2O_3 - K_2O \times 10$ 和 $Hf/3 - Th-Ta$ 等图解上(图 9-a, b)进行了投点, 结果表明其为形成于板块边缘火山弧造山带的火山岩, 与 Th-Ta 图解(图 7)和 $Th/Yb-Ta/Yb$ 图解(图 8)相一致。综合分析基性火山岩在以上各种图解上的投影点结果, 可知, 其形成构造环境为大陆边缘火山弧造山带, 与其稀土

元素和微量元素所体现的构造环境特征相一致。

6 结论

通过对矿区变质基性火山岩的产出特征、岩相学特征、岩石学、岩石化学、地球化学(主量元素、稀土元素和微量元素)及其形成的构造环境的综合分析研究, 可以确认: ①其原岩为钾质细碧岩, 属碱性火山岩, 具与火山弧基性火山岩相似的地球化学特征; ②其稀土元素分配型式表明其成岩物质来源于地幔; ③形成构造环境为大陆边缘火山弧造山带。

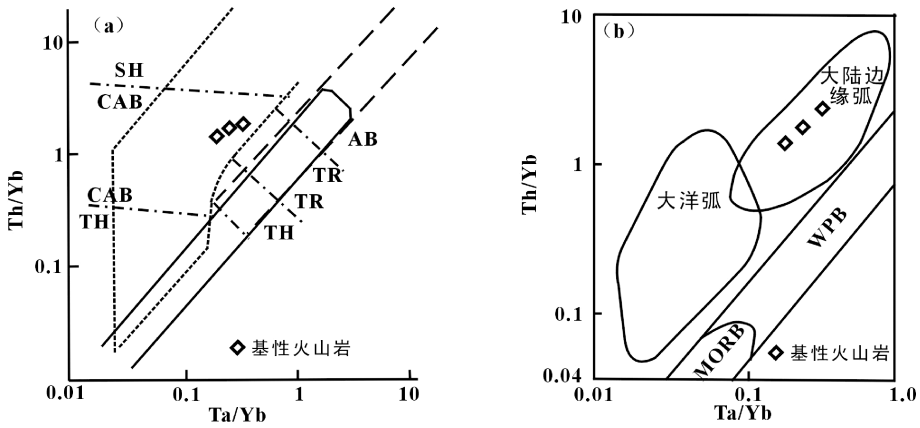


图 8 基性火山岩 Th/Yb-Ta/Yb 图解(底图据 Pearce J A,1982)

Fig. 8 Th/Yb-Ta/Yb diagram of basic volcanic rocks of Tanyaokou ore district (after Pearce J A,1982)

1-实线区为洋脊火山岩;2-虚线区为板内火山岩;3-点线区为岛弧火山岩;TH-拉斑玄武岩;AB-碱性玄武岩;TR-过渡类型玄武岩;SH-钾玄岩;CAB-钙碱性玄武岩;MORB-洋中脊玄武岩;WPB-板内玄武岩

1-the real lines are boundaries of oceanic ridge volcanic rocks; 2-the dashed lines are boundaries of intraplate volcanic rocks; 3-the point lines are boundaries of island arc volcanic rocks; TH-tholeiite basalt; AB-alkali-basalt; TR-transitional basalt;SH-potassic basalt; CAB-calc-alkaline basalt;MORB-oceanic ridge basalt; WPB-intraplate basalt

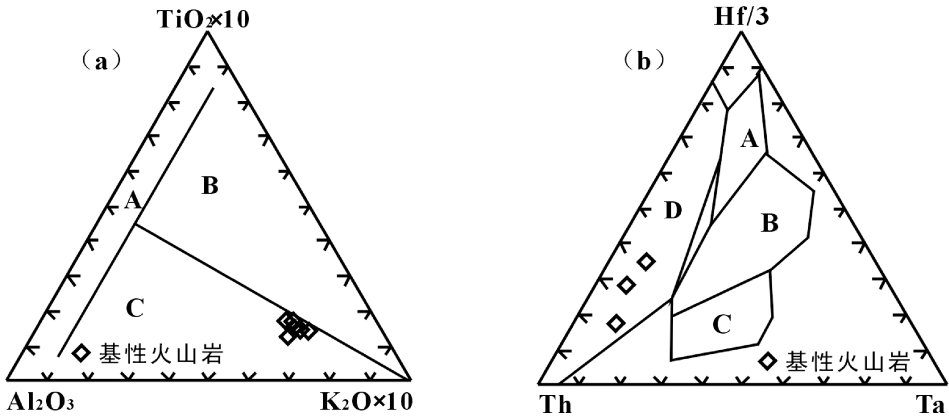


图 9 基性火山岩 $Ti_2O \times 10 - Al_2O_3 - K_2O \times 10$ (a) 和 $Hf/3 - Th - Ta$ (b) 图解(底图据 Wood DA,1982)

Fig. 9 $Ti_2O \times 10 - Al_2O_3 - K_2O \times 10$ (a) and $Hf/3 - Th - Ta$ (b) diagrams of basic volcanic rocks (after

Wood DA,1982)

(a):A-大洋玄武岩;B-大陆裂谷型玄武岩;C-岛弧造山带玄武岩;

(b) A-正常型洋脊拉斑玄武岩;B-异常型洋脊拉斑玄武岩;C-板内碱性玄武岩;D-板边岛弧玄武岩 VAB

(a):A-oceanic basalt;B-continental rift basalt;C-island arc orogenic belt basalt;

(b) A-normal oceanic ridge tholeiite basalt;B-abnormal oceanic ridge tholeiite basalt;C-intraplate alkali-basalt;D-marginal island arc basalt

[References]

Pearce J A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries [A]. In: Thorpe R S (ed.), Andesite [C]. Chichester: Wiley;525-548

Peng Run-min. 1998. Discovery of potassic spilite in Langshan group Tanyaokou district, Inner Mongolia, China [J]. Chinese Science Bulletin, 43(3): 212-216

Peng Run-min, Zhai Yu-sheng, Wang Zhi-gang. 2004. Discovery of double peaking potassic volcanic rocks in Langshan Group of the Tanyaokou

hydrothermal sedimentary deposit, Inner Mongolia and its indicating significance [J]. Science in China (Series D), 34 (12): 1135-1144

Peng Run-min, Zhai Yu-sheng. 2004. The characteristics of hydrothermal exhalative mineralization of the Langshan-Zhaertaishan belt, Inner Mongolia, China [J]. Earth Science Frontier, 11 (1): 257-268 (in Chinese with English abstract)

Peng Run-min, Zhai Yu-sheng. 2004. Hydrothermal mineralization on the Mesoproterozoic passive continental margins of China: a case study of the Langshan-Zhaertaishan belt, Inner Mongolia, China [J]. Acta

- Geologica Sinica, 78(2):534-547
- Peng Run-min, Zhai Yu sheng, Han Xue-feng. 2007. Mineralization response to the structural evolution in the Langshan orogenic belt, Inner Mongolia[J]. Acta Petrologica sinica, 023(03):0679-0688
- Peng Run-min, Zhai Yu-sheng, Han Xue-feng. 2007. Synsedimentary volcanic activities in the cracking process of the Mesoproterozoic aulacogen of passive continental margin in Langshan-Zhaertaishan area, Inner Mongolia, and its indicating significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(5):1007-017
- Qiu Jia-xiang, Lin Jing-qian. 1991. Petrochemistry [M]. Beijing: Geological Publishing House:95-102
- Sheng Cun-li. 2004. On chaertaishan group and metallogenic system in the western part of Northern margin of North China block[D]. China University of Geosciences(Beijing):18-39
- Sheng Cun-li, Wang Song-guang, Su Xin-xu. 2004. The study on regional metallogenic characteristics in proterozoic Chaertaishan group, Inner Mongolia,[J]. Earth Science Frontiers, (1):279-286
- Shi Lin-dao, Xie Xian-jun, Gong Zheng-ji. 1994. Nonferrous metal deposits in middle Proterozoic Langshan-Zhaertaishan rift zone[A]. In: Rui Zongyao, Shi Lindao, Fang Ruheng, et al, eds. Geology of ore deposits of nonferrous metals on the Northern margins of the North China landmass and its adjacent area [C] Beijing: Geological Publishing House:121-126 (in Chinese with English abstract)
- Wang K N. 1984. Sulfur isotopic composition of Tanyaokou and Dongshengmiao Cu, Pb, Zn polymetallic deposit Inner Mongolia, and its geological significance[J]. Geology and Exploration, 20(7):20-22
- Wood D A. 1979. ariably veined suboceanic upper mantle-genetic significance for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence[J]. Geology, 7:499-503
- Xiu. S Y. 1987. Discussion on the genesis of Tanyaokou and Dongshengmiao polymetallic sulfide-pyrite deposit [J]. Geology of Chemical Minerals, No2:1-12
- Xia Xue-hui, Lian Wei. 2003. Geology of the polymetallic pyrite deposits along the northern margin of north China platform with a focus on regional division of prospective areas[J]. Geology Chemical Minerals, 25(3):129-144
- Zhang shu-ye, Liu Ru-xi, Chang Li-hua. 1982. Atlas of the textural and structural patterns of igneous rocks[M]. Beijing: Geological Publishing House:40-43
- Zhai Yu-sheng. 2002. Some features of regional metallogeny of china[J]. Geology and Exploration, 38(5):1-4
- Zhai Yu-sheng, Deng Jun, Tang Zhong-li. 2002. Metallogenic systems of paleocontinental margin[M]. Beijing: Geological publishing house: 30-50, 149-207 (in chinese)
- Zhai Yu-sheng, Peng Run-ming, Chen Cong-xi, Cai Ke-qin. 2008. Genesis and structure of major metallogenic series of China [M]. Beijing: Geological publishing house:8-46 (in chinese)
- [附中文参考文献]
- 彭润民. 1998. 内蒙古狼山炭窑口一带钾质细碧岩的发现[J]. 科学通报, 43(2):212-216
- 彭润民, 翟裕生, 王志刚. 2004. 内蒙古狼山炭窑口热水喷流沉积矿床钾质“双峰式”火山岩层的发现及其示踪意义[J]. 中国科学(D辑 地球科学), 34(12):1135-1144
- 彭润民, 翟裕生. 2004. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代被动陆缘热水喷流成矿特征[J]. 地学前缘, 11(1):257-268
- 彭润民, 翟裕生, 韩雪峰. 2007. 内蒙古狼山造山带构造演化与成矿响应[J]. 岩石学报, 023(03):0679-0688
- 彭润民, 翟裕生, 韩雪峰. 2007. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代被动陆缘裂隙槽裂解过程中火山活动及其示踪意义[J]. 岩石学报, 23(5):1007-017
- 邱家骧, 林景任. 1991. 岩石化学[M]. 北京:地质出版社:95-102
- 沈存利. 2004. 华北陆块北缘西段渣尔泰山群及其成矿系统研究[D]. 中国地质大学(北京):18-39
- 沈存利, 王守光, 苏新旭. 2004. 内蒙古中元古界渣尔泰山群区域成矿特征研究[J]. 地学前缘, (1):279-286
- 施林道, 谢贤俊, 巩正基. 1994. 狼山—渣尔泰山中元古代裂隙槽有色金属矿床[A]. 见:芮宗瑶, 施林道, 方如恒编. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[C]. 北京:地质出版社:121-126
- 王可南. 1984. 内蒙古炭窑口、东升庙铜、铅、锌多金属矿床硫同位素组成及其地质意义[J]. 地质与勘探, 20(7):20-22
- 修世荫. 1987. 炭窑口—东升庙多金属硫铁矿床成因探讨[J]. 化工地质, 第2期:1-12
- 夏学惠, 连卫. 2003. 华北地台北缘多金属硫铁矿床地质及其成矿远景区划[J]. 化工矿产地质, 25(3):129-144
- 张树业, 刘如曦, 常丽华. 1982. 火成岩结构构造图册. 北京:地质出版社:40-43
- 翟裕生. 2002. 中国区域成矿特征探讨[J]. 地质与勘探, 38(5):1-4
- 翟裕生, 邓军, 汤中立. 2002. 古陆边缘成矿系统[M]. 北京:地质出版社:30-50, 149-207
- 翟裕生, 彭润明, 陈从喜, 蔡克勤. 2008. 中国重要成矿系列的形成机制和结构特征[M]. 北京:地质出版社:8-46

Geochemical Characteristics of Metamorphic Basic Volcanic Rocks of the Tanyaokou Ore District, Inner Mongolia and Its Tectonic Significance

CHEN Xi-feng

(Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025)

Abstract: In order to investigate the geochemical characteristics of metamorphic basic volcanic rocks of Tanyaokou ore district and its tectonic significance, the occurrence characteristics, petrology, petrochemistry and geochemistry characteristics of metamorphic volcanic rocks are studied. The results show that the primary part of metamorphic basic volcanic rocks is potassic spilitite. Geochemical analyses demonstrate that metamorphic basic volcanic rocks are strongly enriched in LREE and incompatible elements and depleted in HREE and other compatible elements, such as Nb, Ta and Ti, and have the similar geochemical characteristics with the volcanic arc basic volcanic rocks. The model of rare earth element (REE) of the basic volcanic rocks shows that its rock-forming elements came from mantle. Based on the research of rock-forming environment and the regional geological researches, it can be confirmed that the metamorphic basic volcanic rocks of Tanyaokou ore district is formed in continental marginal volcanic arc orogenic belt environment.

Key words: geochemistry, basic volcanic rocks, volcanic arc, Tanyaokou, Inner Mongolia