

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2023.01.05

阿拉善右旗特拜金矿赋矿变沉积岩地球化学特征、源区属性及构造意义

程先钰^{1,2}, 田 健^{1,2}, 李以科³, 董满华⁴, 曹 侃⁴, 张天福^{1,2}(1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170; 2. 中国地质调查局华北地质科技创新中心, 天津 300170;
3. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4. 内蒙古地质有限公司, 呼和浩特 010010)

摘要: 本次对阿拉善右旗特拜金矿赋矿变沉积岩进行地球化学分析, 主要岩性为云母石英片岩、变质粉砂岩、变质岩屑石英砂岩等; 主量元素 SiO_2 平均含量 62.39%, Al_2O_3 平均含量 15.40%, Fe_2O_3 平均含量 6.57%, MgO 平均含量 3.84%, CaO 平均含量 2.31%, K_2O 平均含量 2.65%, Na_2O 平均含量 2.09%。 ΣREE 配分模式曲线一致, $\text{LREE}/\text{HREE}=5.75\sim 8.34$, 平均为 7.18, $(\text{La}/\text{Yb})_n=5.39\sim 8.38$, 平均 6.83, Eu 负异常明显, 轻稀土元素相对重稀土元素明显富集; 微量元素中相对稳定元素比值如 La/Sc 、 Th/Sc 、 Cr/Zr 显示出物源来自上地壳长英质; $\text{Rb}-\text{K}_2\text{O}$ 图解、 $\text{Ni}-\text{TiO}_2$ 图解和 $\text{La}/\text{Yb}-\Sigma\text{REE}$ 图解表明其母岩主要来源于花岗岩, 结合古水流特征以及碎屑锆石年龄证据等推测物源可能来自北大山地区花岗岩。结合特拜金矿赋矿变沉积岩岩石组合特征、构造特征和地球化学特征, 认为其源岩形成于大陆岛弧构造环境。

关键词: 阿拉善地块; 特拜金矿; 赋矿地层; 变沉积岩; 地球化学; 大陆岛弧

中图分类号: P588.2; P618.51

文献标识码: A

文章编号: 2097-0188(2023)01-0042-09

阿拉善地块东接华北克拉通, 西临塔里木地块, 北侧为中亚造山带, 南为祁连造山带, 一直以来被认为是一个多地体相互作用的太古宙微陆块, 其演化历史复杂多变^[1-2]。特拜金矿位于阿拉善右旗北西 50 km, 巴丹吉林沙漠以南 20 km 处, 是近年来在阿拉善地块内部新发现的一个中型金矿, 其矿床特征及成因研究已获得较多关注^[3-5]。特拜金矿主要赋存于变沉积岩地层中, 赋矿层位的研究对于矿床成因、找矿突破等具有重要意义, 但赋矿地层缺乏较为系统的研究, 程先钰等在 2019 年报道了赋矿地层的时代归属, 认为该套地层既不属于新元古界韩母山群烧火筒组^[6], 也不归属于中元古界渣尔泰山群阿古鲁沟组^②, 将其时代大致限定为晚奥陶世-早二叠世, 与古亚洲洋早期俯冲-碰撞密切相关^[7]。另一方面, 之前以中新元古代定义的赋矿变沉积岩的物源属性可能有误。所以赋矿地层的时代、物源属性以及大地构造背景亟需得到系统研究, 从而对阿拉善地块演化

历史有更深入的理解。

本文通过对特拜金矿赋矿变沉积岩进行地球化学特征研究, 结合最新特拜矿区 1/1 万大比例尺区调资料, 对赋矿地层层序、岩石组合、古水流、地球化学特征及沉积特征进行详细研究, 恢复赋矿地层变沉积岩物源区岩石类型和构造背景, 初步建立了变沉积岩和源岩的对应关系, 进而对阿拉善地块的演化历史展开讨论。

1 区域地质背景

研究区大地构造位置为阿拉善地块中部, 北祁连造山带以北, 北邻巴丹吉林沙漠(图 1)。与龙首山、北大山地区相比, 研究区未见太古宙变质基底岩系和中、新元古代地层, 出露地层由下到上主要为古生代赋金地层、石炭系本巴图组和第四系(图 2a)。研究区赋矿地层出露最广, 风化破碎严重, 风化面颜色为灰黑色, 主要为变沉积岩, 地层由底到顶岩性为

收稿日期: 2022-03-12

资助项目: 中国地质调查局项目“渤海湾盆地地质结构与深层油气综合(DD20211339)”、“阴山成矿带小狐狸山和雅布赖地区地质矿产调查(DD20160039)”。

作者简介: 程先钰(1991-), 男, 工程师, 毕业于中国地质大学(北京), 主要从事地质矿产调查与研究工作, E-mail: chengxianyu_601@163.com。

①王宏. 特拜金矿详查报告[R]. 呼和浩特: 内蒙古国土资源厅, 2011.

②周宏. 内蒙古自治区阿拉善盟阿拉善右旗陶来(包家)等四幅 1/5 万区域矿产调查报告[R]. 呼和浩特: 内蒙古国土资源厅, 2012.

<http://hbdz.org.cn>

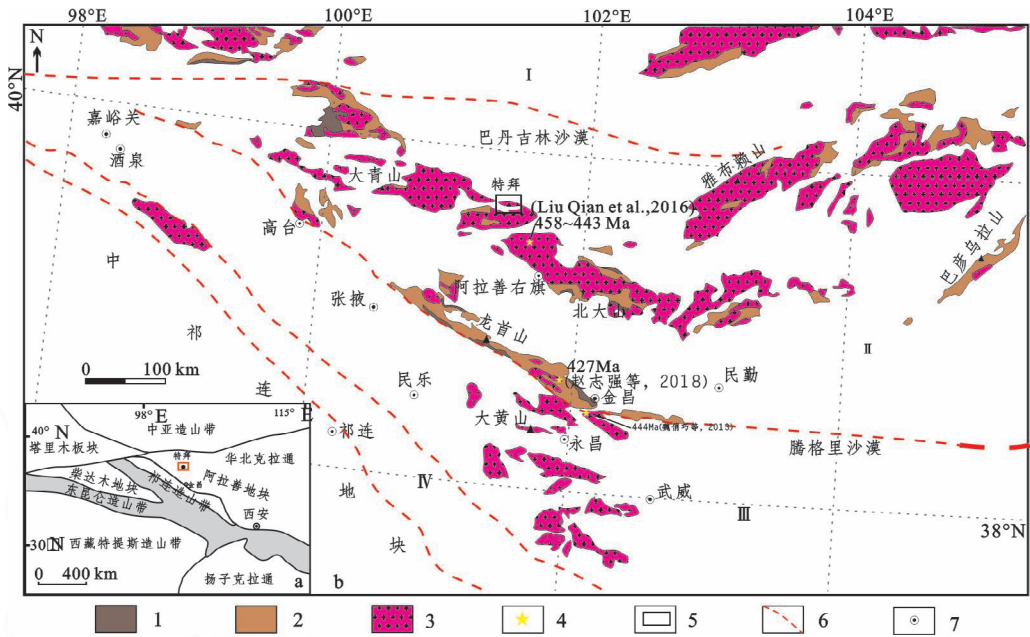


图1 阿拉善地块与邻区地质简图(据[8]修编)

Fig.1 Generalized geologic map of Alxa block and adjacent areas(modified after[8])

- 1.新太古代基底;2.古元古代基底、中-新元古代地层;3.古生代岩浆岩(未分);4.前人取样点及年龄;5.本文取样点;6.构造界限;7.地名; I.中亚造山带; II.阿拉善地块; III.河西走廊; IV.北祁连造山带

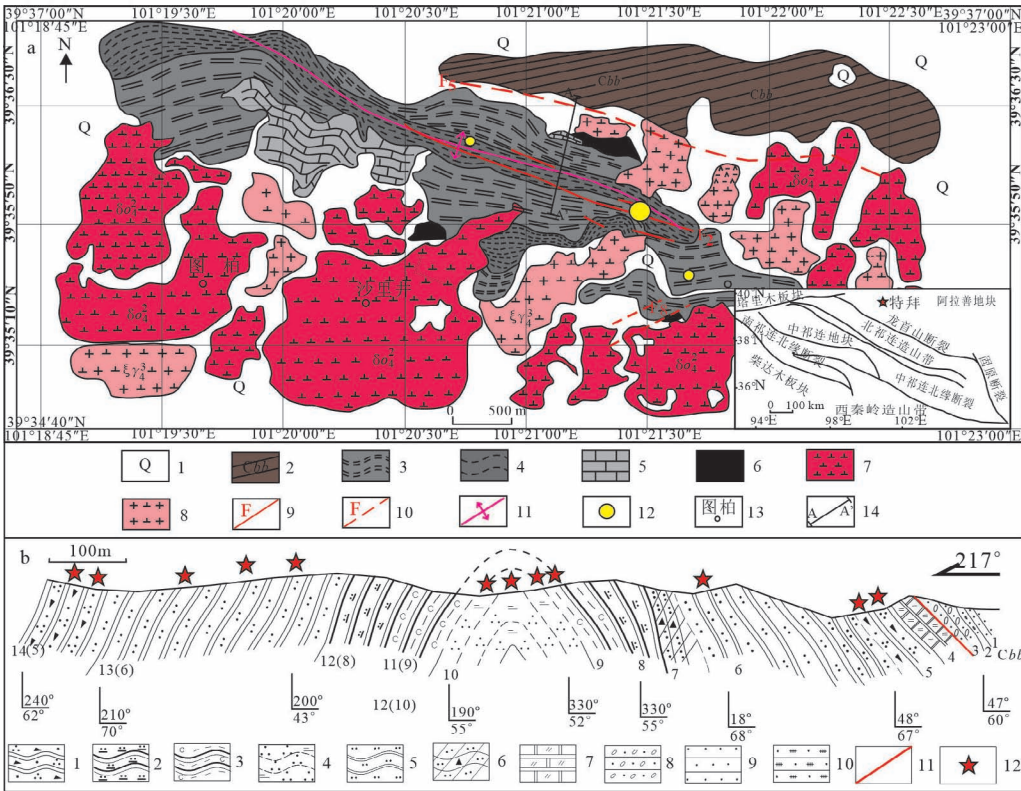


图2 阿拉善右旗特拜金矿区建造构造图(a)(据脚注①修编);赋矿地层剖面图(b)

Fig.2 Tebai gold deposit structural of Alxa Right Banner(a);Sectional maps of ore-bearing strata in study area(b)

- a-1.第四系;2.石炭系本巴图组;3.赋含金矿地层,变质粉砂岩、炭质板岩;4.赋含金矿地层,云母石英片岩;5.白云质大理岩;6.角岩、石英角岩;7.晚古生代石英闪长岩;8.晚古生代正长花岗岩;9.实测断层;10.推测断层;11.背斜构造;12.特拜金矿;13.地名;14.剖面位置。b-1.变质长石岩屑砂岩;2.硅质板岩;3.炭质板岩;4.云母石英片岩;5.变质细砂岩;6.变质粉砂岩;7.角岩化变质粉砂岩;8.白云质大理岩;9.含砾砂岩;10.细砂岩;11.断层;12.采样位置

云母石英片岩、炭质板岩、硅质板岩、角岩化变质粉砂岩、变质粉砂岩、变质岩屑石英砂岩和白云质大理岩(图3),赋矿变沉积岩是一套沉积接触的地层。地层主要发育变余层理构造,如变余水平层理、变余砂状结构,代表较为稳定的浅海陆棚-半深海沉积环境;本巴图组分布于研究区北部,岩性为石英砂岩夹砂砾岩,与古生代赋矿地层为断层接触关系;研究区第四系覆盖严重,主要分布在西侧和北侧,以风积砂为主。

区内断裂和褶皱发育,褶皱构造主要为特拜复式向斜,枢纽走向近北西向,位于研究区南侧。在复式向斜的北翼为走向约295°的次级背斜(图2a),其

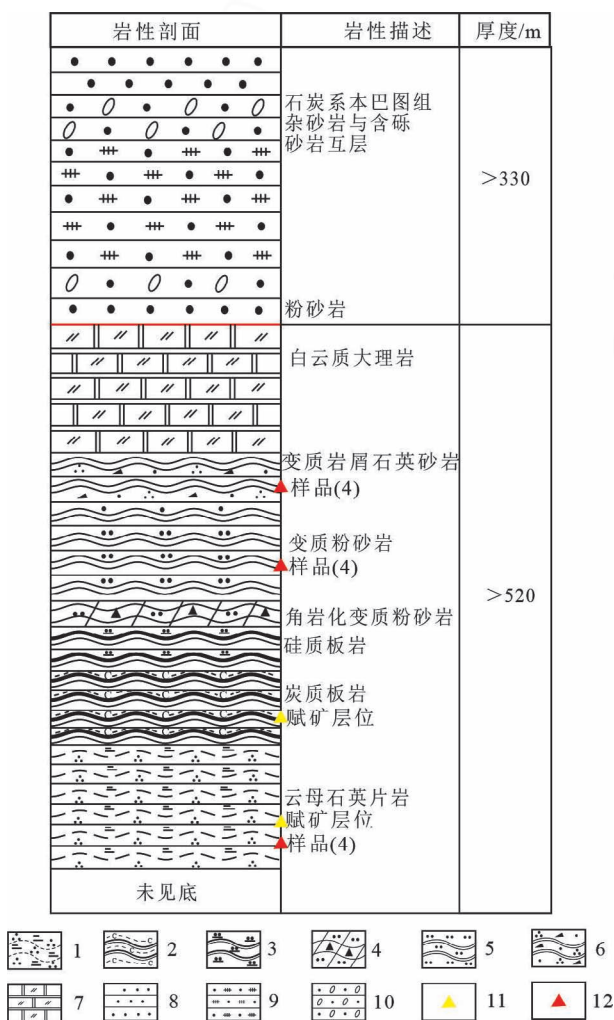


图3 特拜矿区赋矿地层岩性柱状图

Fig.3 Lithological columnar of ore-bearing strata in the study area

1. 云母石英片岩;2. 炭质板岩;3. 硅质板岩;4. 角岩化变质粉砂岩;5. 变质粉砂岩;6. 变质岩屑石英砂岩;7. 白云质大理岩;8. 细砂岩;9. 杂砂岩;10. 含砾砂岩;11. 赋矿层位;12. 采样层位

核部为云母石英片岩,片理化较为发育,岩石破碎严重。区域内的断裂可分为NW向和NE向两组,其中NW向断裂带为主要控矿构造^[1]。

区域上岩浆活动亦非常强烈,主要的深成岩体为华力西期石英闪长岩和正长花岗岩,区域上发育黑云母二长花岗岩、辉长岩、黑云母斜长花岗岩等。特拜石英闪长岩出露面积较大,分布最为广泛,正长花岗岩呈岩株或岩枝状侵入古生代赋矿地层中。

2 岩石学特征

变质粉砂岩:呈灰褐-深灰色,变余粉砂质结构,似板状构造。主要矿物由石英、长石、少量云母以及岩屑等组成,粒度小于0.2 mm,由于粒度较细,镜下难以确定矿物比例。粉砂岩受区域变质作用,特拜矿区构造发育,碎屑岩在构造应力作用下转变成变质粉砂岩(图4a、b)。

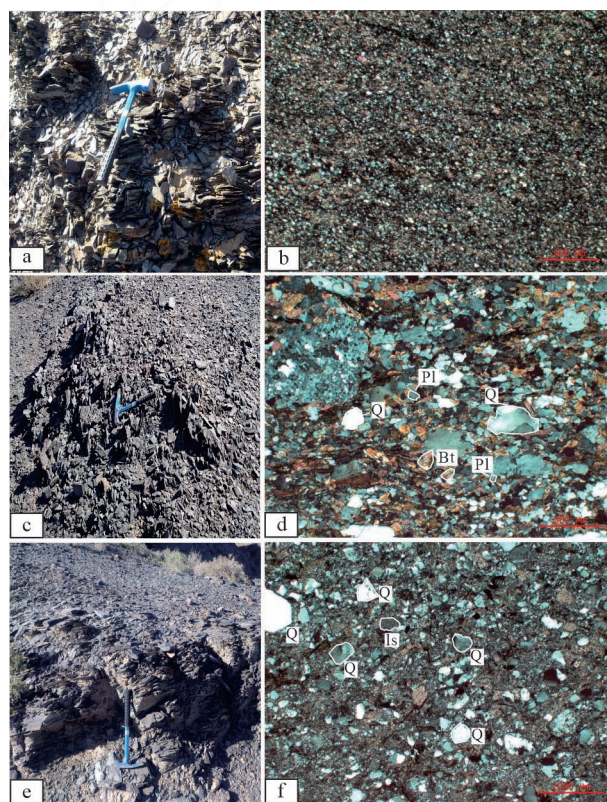


图4 a、b.变质粉砂岩宏观、微观特征;c、d. 云母石英片岩宏观、微观特征;e、f. 变质岩屑石英砂岩宏观、微观特征

Fig.4 a、b.Macroscopic and microscopic characteristics of metamorphic siltstone; c、d. Macroscopic and microscopic characteristics of Mica quartz schist; e、f. Macroscopic and microscopic characteristics of Metamorphic lithic quartz sandstone

Macroscopic and microscopic characteristics of Metamorphic lithic quartz sandstone
Q. 石英; Pl. 斜长石; Bt. 黑云母; ls. 岩屑

云母石英片岩:野外露头上呈暗灰黑色-浅灰黑色(图4c),镜下特征显示细粒鳞片变晶结构片状构造。主要造岩矿物有石英、黑云母和少量长石等。长石主要由斜长石组成,后期具轻粘土化、褐铁矿化;石英他形粒状,具有波状消光和压扁拉长现象分异条带透镜体沿片理分布,粒度比较粗,为0.1~0.3 mm,体积分数为45%~70%;黑云母,黄褐色,细粒鳞片集合体,粒度一般在0.1~0.3 mm,体积分数为25%~30%(图4d),后期具有较强绿泥石化,少量残留;矿物存在一定的变质变形现象,具有较明显的定向性。定名为云母石英片岩,原岩为碎屑岩。由于云母石英片岩处于特拜次级背斜核部,受构造作用强烈。

变质岩屑石英砂岩:呈深灰色,变余砂状结构,块状结构、似板状构造。主要矿物由石英、岩屑、少量长石、云母组成,其中石英含量40%、岩屑30%,其余为长石、云母及暗色矿物,填隙物为少量粘土质杂基。其为中等磨圆度,呈次棱角-次圆状外形,部分呈透镜状外形,杂乱分布,粒径部分为0.25~0.5 mm的中砂,部分为0.05~0.25 mm的细砂,少量为0.5~0.6 mm的粗砂。石英主见单晶石英,表面干净,少量见次生加大边,镜下表现较亮(图4e、f),长石主要由斜长石组成,后期具轻粘土化、褐铁矿化。

3 分析测试及地球化学特征

3.1 分析测试

本次共采集12块样品,岩性主要为变质粉砂岩、云母石英片岩和变质岩屑石英砂岩(图2b)。样品200目全岩粉末制取工作在中国地质科学院进行,主、微量元素检测工作在核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成,本次采用AB-104L, PW2404 X射线荧光光谱仪进行主量元素分析,检测方法依据为GB/T14506.14-2010仪器说明《硅酸盐岩石化学分析方法第14部分:氧化亚铁量测定》、GB/T14506.28-2010仪器说明《硅酸盐岩石化学分析方法第28部分:16个主要成分量测定》,实验温度20~25℃,相对湿度30%。采用ELEMENT XR等离子体质谱分析仪进行微量元素分析,检测方法和依据为GB/T14506.30-2010仪器说明《硅酸盐岩石化学分析方法第30部分:44个元素量测定》,实验温度20℃,相对湿度30%。主量元素使用X-射线荧光光谱仪(XRF-1500)法测试,精度优于2%~3%。微量元素及稀土元素利用酸溶法制备样品,使用ICP-MS(El-

ment II)测试,分析精度优于10%。

3.2 主量元素和稀土元素

赋矿地层变沉积岩SiO₂含量为54.86%~66.59%,平均62.39%;Al₂O₃含量为12.93%~18.27%,平均15.40%,Fe₂O₃含量为4.72%~7.5%,平均6.57%,MgO含量为3.42%~4.86%,平均3.84%;Fe₂O₃和MgO是沉积岩中镁铁矿物的度量,显示赋矿地层中镁、铁含量较高。CaO含量为0.88%~4.78%,平均2.31%,K₂O含量为1.70%~3.59%,平均2.65%,Na₂O含量为1.02%~3.45%,平均2.09%。

赋矿地层变沉积岩稀土、微量元素数据如表1,ΣREE为137.17×10⁻⁶~173.57×10⁻⁶,平均为159.23×10⁻⁶,LREE为139.82×10⁻⁶~153.32×10⁻⁶,HREE为16.46×10⁻⁶~21.84×10⁻⁶,LREE/HREE=5.75~8.34,平均7.18,(La/Yb)_N=5.39~8.38,平均6.83,说明轻稀土元素相对重稀土元素明显富集,稀土元素分馏明显。样品δEu=0.5~0.88,平均0.7,为明显负Eu异常。

4 讨论

4.1 碎屑物源区

野外识别出具有指示古水流方向的标志有交错层理、剥离线理等,发现特拜赋矿地层的古水流方向主要是近北西向,与大黄山组的古水流特征较为相似,受地理位置影响,大黄山组碎屑物源不可能来自阿拉善地块内部^[9],而特拜赋矿地层的碎屑物源来自阿拉善地块内部且处于研究区南东方向。

程先钰等2019年获得特拜赋矿地层碎屑锆石年龄介于1850~461 Ma,近年来,阿拉善地块有大量的年龄数据报道^[10-14],说明碎屑物源可能全部来源于阿拉善地块内部。最年轻碎屑锆石的谐和年龄集中在525~461 Ma之间,峰期年龄为473±3 Ma^[2],北大山地区存在458~400 Ma年龄出现^[7],结合赋矿地层古水流方向判别结果,推测其碎屑物源可能来自研究区南东方向的北大山-龙首山一带。

4.2 物源区成分特征

微量元素La、Co、Zr、Sc、Th等属于相对稳定元素,受后期风化、搬运、成岩作用影响较弱,其组合特征可以作为物源类型和沉积构造环境良好的指示剂^[15-16]。研究区岩石样品中(表1),Th/U变化范围为2.68~5.07,平均为3.51(上地壳平均值为3.8);La/Sc变化范围为1.65~3.01,平均值为2.3(上地壳平均值为2.73);Th/Sc变化范围为0.57~1.21,平均值为

表1 阿拉善右旗特拜金矿赋矿变沉积岩主、微量和稀土元素分析数据表

Table 1 Major element contents and trace element contents of Ore bearing metasedimentary rocks from Tebai gold deposit in Alxa Right Banner

样品号	BT2041	BT2042-1	BT2020	BT2021	BT4098	BT4099	BT2019	BT2035	BT2036	BT2019-1	BT2014	BT2023
岩性	变质粉砂岩				云母石英片岩				变质岩屑石英砂岩			
SiO ₂	54.86	65.79	60.51	59.06	66.59	65.06	63.15	65.14	57.07	62.65	64.56	64.2
Al ₂ O ₃	17.23	13.43	17.19	17.68	12.93	13.43	16.17	13.46	18.27	16.53	14.3	14.13
Fe ₂ O ₃	6.66	6.18	6.21	6.11	7.5	7.27	6.9	4.72	6.8	6.23	6.93	7.28
MgO	4.03	3.56	3.54	4.86	3.55	3.91	3.56	3.54	3.99	3.61	3.42	4.45
CaO	4.78	2.15	4.54	2.03	0.88	1.38	1.03	3.6	2.63	1.22	2	1.53
Na ₂ O	2.22	2.29	2.58	2.44	1.02	1.2	1.54	2.1	2.98	3.45	1.99	1.18
K ₂ O	2.89	2.31	2.29	3.12	3.46	3.25	2.67	2.45	2.18	1.7	1.93	3.59
MnO	0.17	0.1	0.1	0.06	0.1	0.08	0.15	0.12	0.13	0.14	0.12	0.16
TiO ₂	0.7	0.69	0.7	0.75	1.02	1.03	0.64	0.53	0.81	0.64	0.54	0.73
P ₂ O ₅	0.15	0.18	0.14	0.16	0.22	0.22	0.15	0.13	0.19	0.13	0.13	0.13
FeO	5.24	5.33	4.69	5.34	5.25	4.95	4.8	3.01	5.15	4.26	5.41	4.74
烧失量	6.26	3.3	2.15	3.72	2.69	3.15	4.01	2.2	4.92	3.67	4.02	2.59
Total	98.9	102	102.5	101.6	102.5	101.8	100.8	100.8	100.2	100.6	101.3	102.1
MgO/CaO	0.03	0.05	0.02	0.03	0.11	0.06	0.15	0.03	0.05	0.11	0.06	0.11
Sc	17.3	16	17.1	15.5	16.7	18.6	17.5	12.7	19.3	16.5	10.2	16.2
V	134	119	119	119	159	167	121	96.2	136	111	66.1	137
Cr	84.1	161	77.9	165	201	178	86.2	102	98.9	82.9	48.8	83.9
Co	11.5	15.7	16.2	17.7	26.3	16	15.1	13.7	13.9	9.94	8.79	21.4
Ni	35.2	72.4	44.3	128	88.6	58.1	37.8	70.2	57.3	28.8	20.4	43.9
Cu	44.4	73	48.2	44.5	54.7	55.8	38.6	30.1	37.5	33	24.5	33.3
Zn	112	82.5	106	82.7	127	130	127	93.9	122	108	92.1	123
Ga	21.8	16.2	22.3	24.2	20.3	21.1	22.3	18.1	24.2	20.5	15.2	19.3
样品号	BT2041	BT2042-1	BT2020	BT2021	BT4098	BT4099	BT2019	BT2035	BT2036	BT2019-1	BT2014	BT2023
岩性	变质粉砂岩				云母石英片岩				变质岩屑石英砂岩			
La	34.6	27.6	36.5	37.5	29.7	27.2	32.7	33.6	36.1	37.4	34.6	33.8
Ce	61.7	53.1	69.5	68.2	58.1	53.3	60.9	61.7	67	67.1	63.5	64.6
Pr	7.58	6.57	8.32	8.19	6.91	6.5	7.06	7.4	8.21	8.16	7.58	7.75
Nd	29.3	27.5	30.4	31.5	28.1	25.4	28.2	28.7	31.9	33.9	29.4	31.2
Sm	5.46	5.51	5.25	5.91	5.59	5.11	5.19	5.39	6.07	5.61	5.17	6.01
Eu	1.18	1.49	1.27	1.05	1.28	1.25	1.04	1.04	1.26	1.15	1.06	1.09
Gd	4.86	4.92	4.86	5.05	4.9	4.67	4.43	4.76	5.44	4.99	4.5	5.34
Tb	0.9	0.99	0.9	0.97	0.9	0.88	0.75	0.84	1.01	0.92	0.8	1.01
Dy	5.35	6.16	5.29	5.59	5.05	4.99	4.18	4.87	5.88	5.42	4.5	5.76
Ho	1.08	1.14	1.05	1.06	0.94	0.92	0.8	0.95	1.1	1.05	0.84	1.08
Er	3.3	3.23	3.19	3.2	2.64	2.75	2.43	2.89	3.26	3.11	2.54	3.19
Tm	0.58	0.57	0.56	0.57	0.44	0.48	0.43	0.51	0.58	0.53	0.43	0.54
Yb	3.89	3.67	3.86	3.89	2.79	3.29	3.03	3.69	4.04	3.73	2.96	3.61
Lu	0.51	0.49	0.5	0.55	0.37	0.43	0.41	0.47	0.53	0.5	0.38	0.47
Y	31.8	32.9	29.6	31.1	25.8	25.1	22.7	27.4	31.2	29.8	23.7	31.4
Rb	141	115	134	141	126	126	123	132	140	80	85	174
Ba	446	470	504	925	779	746	512	633	355	369	347	407
Th	14.4	9.8	15.7	17.7	10.3	10.6	12.1	14.3	14.9	14.5	12.3	13.1
U	5.38	3.12	4.53	3.81	3.19	2.73	3.38	4.95	5.00	3.84	4.35	2.58
Ta	1.54	0.86	1.62	1.89	1.73	1.68	1.19	1.35	1.65	1.51	1.22	1.18
Nb	19.7	11.1	22.6	24.5	24.7	24.6	16.8	22.0	22.5	20.0	19.5	16.0
La	34.6	27.6	36.5	37.5	29.7	27.2	32.7	33.6	36.1	37.4	34.6	33.8
Ce	61.7	53.1	69.5	68.2	58.1	53.3	60.9	61.7	67.0	67.1	63.5	64.6
Sr	308	192	568	245	107	132	128	283	485	304	241	71.2
样品号	BT2041	BT2042-1	BT2020	BT2021	BT4098	BT4099	BT2019	BT2035	BT2036	BT2019-1	BT2014	BT2023
岩性	变质粉砂岩				云母石英片岩				变质岩屑石英砂岩			
Nd	29.3	27.5	30.4	31.5	28.1	25.4	28.2	28.7	31.9	33.9	29.4	31.2
Zr	183	117	180	190	96	159	163	156	205	169	140	149
Hf	5.28	3.22	4.88	5.30	2.51	4.08	4.67	4.50	5.61	4.80	3.89	4.16
Sm	5.46	5.51	5.25	5.91	5.59	5.11	5.19	5.39	6.07	5.61	5.17	6.01
Tl	0.74	0.80	0.81	0.48	0.71	0.69	0.38	0.99	0.69	0.47	0.52	0.96
Y	31.8	32.9	29.6	31.1	25.8	25.1	22.7	27.4	31.2	29.8	23.7	31.4
Yb	3.89	3.67	3.86	3.89	2.79	3.29	3.03	3.69	4.04	3.73	2.96	3.61
Lu	0.51	0.49	0.50	0.55	0.37	0.43	0.41	0.47	0.53	0.50	0.38	0.47
ΣREE	160.30	142.94	171.45	173.23	147.70	137.16	151.55	156.81	172.39	173.57	158.25	165.45
LREE/HREE	6.8	5.8	7.5	7.3	7.2	6.5	8.2	7.3	6.9	7.6	8.3	6.9
δEu	0.68	0.86	0.76	0.57	0.73	0.77	0.65	0.61	0.66	0.65	0.66	0.58
δCe	0.84	0.86	0.9	0.86	0.89	0.9	0.87	0.87	0.86	0.83	0.87	0.88
La _N /Yb _N	6	5.07	6.38	6.5	7.18	5.57	7.28	6.14	6.02	6.76	7.88	6.31
La/Yb	8.89	7.52	9.46	9.64	10.65	8.27	10.79	9.11	8.94	10.03	11.69	9.36
La/Y	1.09	0.84	1.23	1.21	1.15	1.08	1.44	1.23	1.16	1.26	1.46	1.08
Sr/Ba	0.691	0.409	1.127	0.265	0.137	0.177	0.250	0.447	1.366	0.824	0.695	0.175
Ti/Zr	22.95	35.38	23.33	23.68	63.75	38.87	23.56	20.38	23.71	22.72	23.14	29.40
La/Sc	1.97	1.69	2.58	2.02	1.91	1.65	2.62	3.26	2.37	2.70	3.01	1.83

0.85 (上地壳平均值0.97)^[17];Cr/Zr值均小于1(变化范围为0.35~2.10,平均值为0.78);研究区样品均略低于上地壳值,反映其主要来源于长英质岩石^[18]。在Ni-TiO₂图解上(图5a),样品主要位于长英质附近,部分为成熟沉积物。大离子亲石元素K和Rb可以反映碎屑沉积岩源岩属性^[19],Rb-K₂O图解(图5b)投点集中在中酸性成分,与长英质岩石相对应。说明赋矿变沉积岩源岩为来自于上地壳长英质岩石^[20]。

稀土元素(REE)被认为是非迁移元素,在沉积和成岩过程中变化较小^[21],沉积成岩作用对沉积物中REE含量影响较小,源岩丰度以及源区风化条件是影响REE含量的主要因素^[22]。沉积岩REE元素是判别源区岩石的重要标志^[22-24],样品REE配分模式曲线

一致(图6a),表现为右倾斜REE配分模式,轻稀土较重稀土富集,LREE/HREE=5.75~8.34,平均7.18,(La/Yb)_N=5.39~8.38,平均6.83,样品稀土元素特征与酸性花岗岩类似。研究表明,Eu正异常(1.01< δ Eu<2.33),母岩为中性斜长岩;Eu负异常(δ Eu<0.90),则母岩多为酸性火山岩和花岗岩;若Eu无异常(0.90< δ Eu<1.0),则母岩为基性火山岩^[25],样品铕负异常明显, δ Eu值平均值为0.7,表明其母岩可能为酸性火山岩或花岗岩。根据La/Yb- Σ REE图解(图6b)进一步说明源岩为花岗岩。

4.3 构造环境

构造环境和物源特征影响碎屑沉积岩元素地球化学行为^[27-28],不同构造环境对应不同的碎屑沉积岩

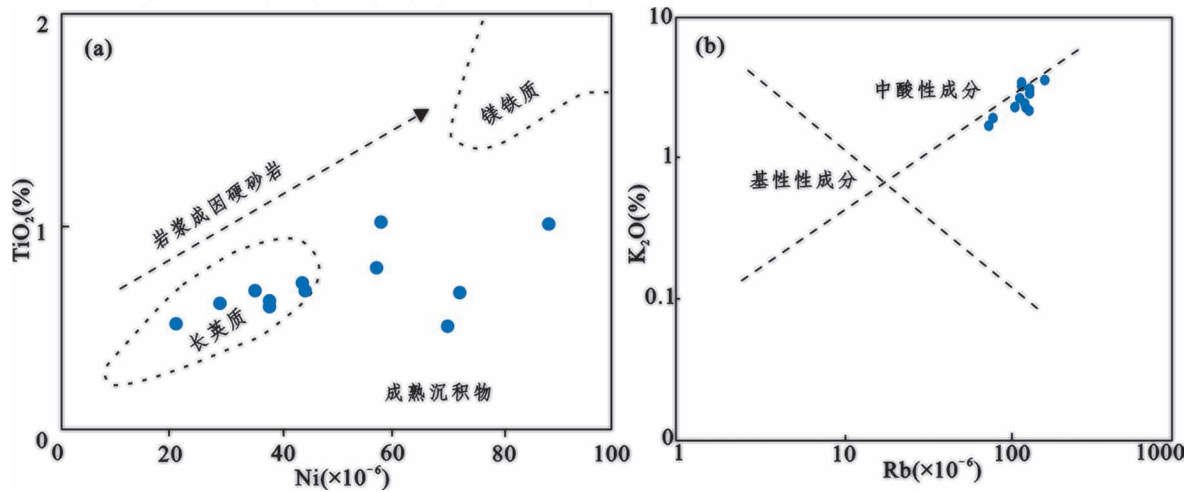


图5 特拜赋矿变沉积岩Ni-TiO₂图解(a);Rb-K₂O图解(b)

Fig.5 Ni-TiO₂ graphic(a) and Rb-K₂O graphic (b) of the Ore bearing metasedimentary rocks in Tebai

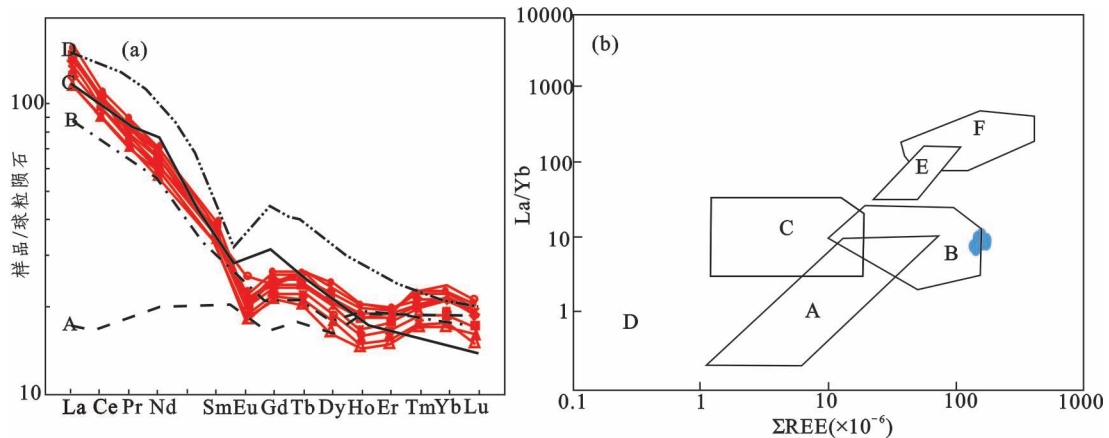


图6 特拜赋矿变沉积岩稀土元素配分模式曲线(球粒陨石数据参考文献[17])(a); Σ REE-La/Yb图解(据参考文献[26])(b)

Fig.6 REE patterns(chondrite-normalized values after[17]) (a)and Σ REE-La/Yb graphic(after[26]) (b)

of the Ore bearing metasedimentary rocks in Tebai

7a-A. 大洋岛弧;B. 大陆岛弧;C. 活动大陆边缘;D. 被动大陆边缘;

7b-A. 玄武岩区;B. 花岗岩区;C. 钙质泥岩区;D. 球粒陨石区;E. 金伯利岩区;F. 碳酸盐岩区

地球化学特征^[29],分析地球化学特征可以有效恢复源岩构造背景^[30]。由于La、Y、Co、Zr、Th、Ti等微量元素较稳定,因此,碎屑岩中常用这些微量元素判别沉积盆地的构造环境。研究表明,元素La/Sc、Sc/Cr、Ti/Zr、La/Y、La/Th等比值可以很好地反应物源区的构造背景。被动大陆边缘的源区砂岩La/Sc=3~9,Sc/Cr<0.2,Ti/Zr<10;活动大陆边缘的源区砂岩,La/Sc=3~6,Sc/Cr<0.6,La/Y=1~1.5;大陆岛弧的源区砂岩,La/Sc=1~3,Sc/Cr=0.2~0.4,Ti/Zr=10~35,La/Y=0.5~1.0;大洋岛弧的物源区砂岩La/Sc<1,Sc/Cr小于0.6,Ti/Zr>40,La/Y<0.5,La/Th=4.2±1.2^[16];特拜赋矿变沉积岩La/Sc=1.65~3.26,平均值为2.3,La/Y=0.84~1.46,平均值为1.19,Ti/Zr=20.38~63.75,主体在10~35范围内,符合大陆岛弧源区的特征。

样品在La-Th-Sc图解(图7a)、Th-Sc-Zr/10图解(图7b)、Th-Hf-Co图解(图7c)和La/Sc-Ti/Zr图解中

(图7d)主要落入大陆岛弧区,少部分落入被动大陆边缘区等。由稀土配分曲线可知,样品与大陆岛弧标准较为相似(图6a)。综上所述表明,特拜赋矿变沉积岩的地球化学特征均指向大陆岛弧的构造环境。

5 结论

(1)特拜矿区赋矿变沉积岩由变质粉砂岩、云母石英片岩和变质岩屑石英砂岩等组成。岩石颜色为灰黑色,变质程度较弱,其中云母石英片岩变质程度相对较强,表现为背斜两翼向背斜核部变质程度逐渐变强。

(2)通过对特拜矿区赋矿变沉积岩稳定微量元素、稀土元素特征分析,认为其源岩可能来自于花岗岩,结合古水流特征、碎屑锆石年龄等推断其物源主要来自北大山古生代花岗岩。

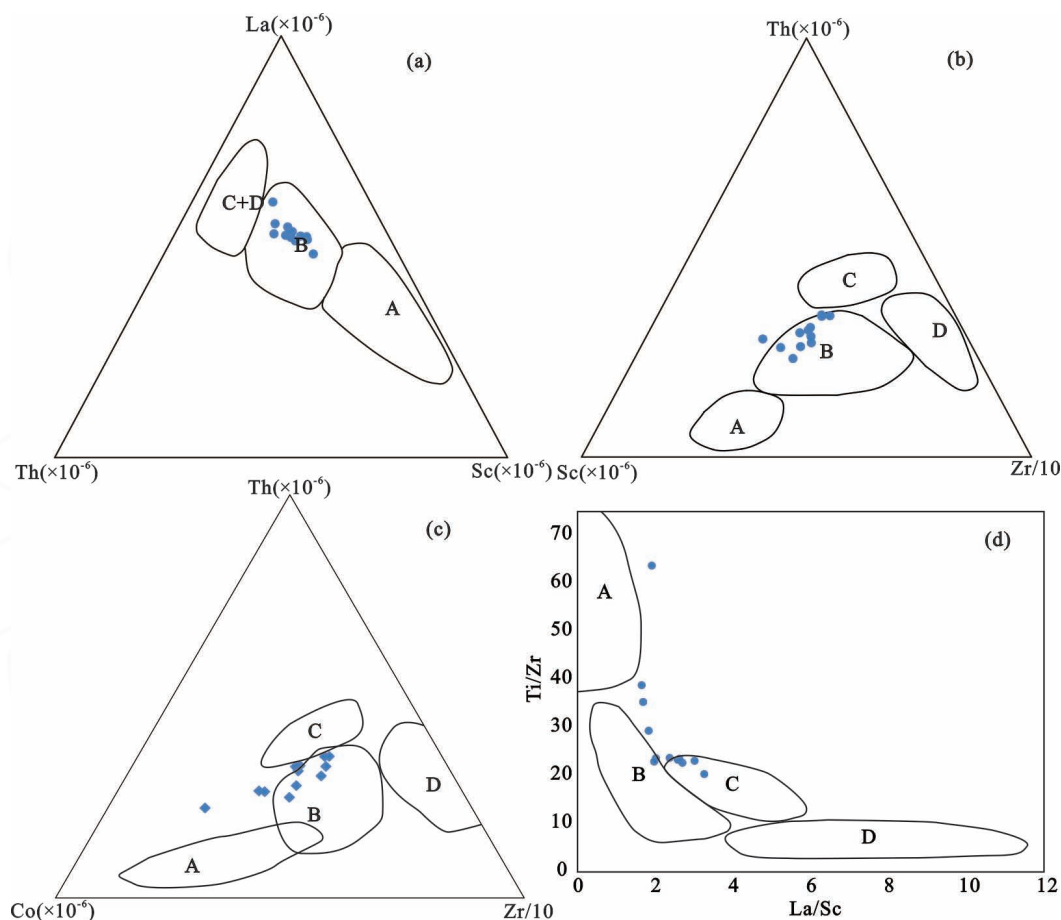


图7 特拜赋矿变沉积岩La-Th-Sc图解(据[22])(a);Th-Sc-Zr/10图解(据[22])(b);
Th-Co-Zr/10图解(据[22])(c);La/Sc-Ti/Zr图解(据[22])(d)

Fig.7 Tectonic setting discrimination of the the Ore bearing metasedimentary rocks in Tebai based on La-Th-Sc (a); Th-Sc-Zr/10 (b);Th-Hf-Co (c);La/Sc-Ti/Zr (d)

A. 大洋岛弧;B. 大陆岛弧;C. 活动大陆边缘;D. 被动大陆边缘

(3)特拜赋矿变沉积岩物源具有大陆岛弧构造环境特征。

参考文献:

- [1] 张建新, 宫江华. 阿拉善地块性质和归属的再认识[J]. 岩石学报, 2018, 34(4): 940-962.
- [2] 程先钰, 李以科, 董满华, 等. 阿拉善右旗特拜金矿赋矿地层时代厘定及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2019, 49(6): 1565-1577.
- [3] 杨轩, 李以科, 姜高珍, 等. 内蒙古阿拉善盟特拜金矿地质特征与矿床成因初探[J]. 矿床地质, 2014, 33(增刊): 977-978.
- [4] 杨轩, 李以科, 姜高珍. 内蒙古特拜金矿流体包裹体特征与成矿作用[J]. 地质与勘探, 2018, 54(5): 877-889.
- [5] 许磊, 刘永团. 内蒙古阿拉善右旗特拜金矿矿床成因及找矿标志[J]. 中国矿业, 2017, 26(增刊): 227-230.
- [6] 周良仁. 阿拉善陆块中的北大山裂谷带[J]. 西北地质, 1996, 17(4): 1-11.
- [7] LIU Q, ZHAO G C, SUN M, et al. Early Paleozoic Subduction Processes of the Paleo-Asian Ocean: Insights from Geochronology and Geochemistry of Paleozoic Plutons in the Alxa Terrane[J]. Lithos, 2016, 262: 546-560.
- [8] 宫江华, 张建新, 于胜尧. 阿拉善地块南缘龙首山岩群及相关岩石的起源和归属——来自 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄的制约[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(5): 795-818.
- [9] 张北航. 阿拉善地块南缘古生代构造属性: 来自碎屑锆石年龄和变形的限定[D]. 中国地质科学院, 2019.
- [10] 卜文瑞, 王廷印. 内蒙古阿拉善南部地区富 Cr、Ni 斜长花岗岩体的发现及其地质意义[J]. 地质论评, 2001, 21(1): 108.
- [11] 宫江华, 张建新, 于胜尧, 等. 西阿拉善地块~2.5 Ga TTG 岩石及地质意义[J]. 科学通报, 2012, 57(28/29): 2715-2728.
- [12] DAN W, LI XH, WANG Q, et al. Neoproterozoic S-type Granites in the Alxa Block, Westernmost North China and Tectonic Implications: in Situ Zircon U-Pb-Hf-O Isotopic and Geochemical Constraints[J]. American Journal of Science, 2014, 314(1): 110-153.
- [13] ZHOU X C, ZHANG H F, LUO B J, et al. Origin of High Sr/Y-type Granitic Magmatism in the Southwestern of the Alxa Block, Northwest China[J]. Lithos, 2016, (256 - 257): 211-227.
- [14] 史兴俊, 张磊, 王涛, 等. 阿拉善北部宗乃山地区片麻岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其构造归属探讨[J]. 岩石学报, 2016, 32(11): 3518-3536.
- [15] BHATIA M R. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstones[J]. The Journal of Geology, 1983, 91(6): 611-627.
- [16] BHATIA M R, CROOK K A W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1986, 92(2): 181-193.
- [17] TAYLOR S R, MCLENNAN S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution[J]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1985, 312.
- [18] WRONKIEWICZ D J, CONDIE K C. Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: Source-area weathering and provenance[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51(9): 2401-2416.
- [19] FLOYD P A, WINCHESTER J A, PARK R G. Geochemistry and tectonic setting of Lewisian clastic metasediments from the Early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland[J]. Precambrian Research, 1989, 45(1-3): 203-214.
- [20] 沈渭洲, 舒良树, 向磊, 等. 江西井冈山地区早古生代沉积岩的地球化学特征及其对沉积环境的制约[J]. 岩石学报, 2009, 25(10): 2442-2458.
- [21] BHATIA M R. Morphological structure of bismuth-doped n-type amorphous germanium sulphide semiconductors [J]. Journal of Materials Geology, 1986, 5: 1281-1284.
- [22] 顾雪祥, 刘建明, Schulz O, 等. 江南造山带雪峰隆起区元古宙浊积岩沉积构造背景的地球化学制约[J]. 地球化学, 2003, 32(5): 406-421.
- [23] 李双应, 李任伟, 岳书仓, 等. 安徽肥西中生代碎屑岩地球化学特征及其对物源制约[J]. 岩石学报, 2004, 20(3): 667-676.
- [24] 包汉勇, 杨凤丽, 王丹萍, 等. 苏南地区中、古生界沉积岩地球化学特征以圣科1井为例[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41(1): 29-38.
- [25] ALLAGRE C J. Quantitative models of trace plant[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1978, 38(1): 1-25.
- [26] ROSER B P, KORSCH R J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using content and ratio [J]. The Journal of Geology, 1986, 94(5): 635-650.
- [27] 和政军, 李锦轶, 莫申国, 等. 漠河前陆盆地砂岩岩石地球化学的构造背景和物源区分析[J]. 中国科学, 1988, 33(12): 1219-1226.
- [28] 张建军, 牟传龙, 周恩恩, 等. 滇西户撒盆地芒棒组砂岩地球化学特征及物源区和构造背景分析[J]. 地质学报, 2017, 91(5): 1083-1096.
- [29] 王丛山, 陈文西, 单福龙. 西藏雄巴地区中新世雄巴组砂岩地球化学特征及对物源区、构造背景的指示[J]. 地质学报, 2016, 90(6): 1195-1207.
- [30] M. M. BUSLOV, I. YU. SAPHONOVA, T. WATANABE, et al. Evolution of the Paleo-Asian Ocean (Altai-Sayan Region, Central Asia) and collision of possible Gondwana-derived terranes with the southern marginal part of the Siberian continent[J]. Geosciences Journal, 2001, 5(3): 203-224.

Review on geological characteristics and mineralization of the Karoo Supergroup, Tanzania

GONG Peng-hui^{1,2}, LIU Xiao-yang^{1,2}, SUN Kai^{1,2}, WU Xing-yuan^{1,2},

HE Sheng-fei^{1,2}, XU Kang-kang^{1,2}, HE Fu-qing^{1,2}

(1. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;

2. North China Center for Geoscience Innovation, Tianjin 300170, China)

Abstract: The Karoo Supergroup in Tanzania represent the earliest Phanerozoic deposition. The stratum is generally continuous, mainly formed in a series of half graben-graben basins that caused by rifting. Based on the comprehensive study of the regional geological distribution, lithologic composition, sedimentary environment analysis and the pollen biological characteristics, the sedimentary sequence, sedimentary facies and the age of sedimentation of each group, section of the Karoo supergroup are systematically studied. The ore-bearing characteristics of this stratum is summarized. According to the study, the lithology of the Karoo Supergroup in Tanzania is generally represented by a suite of sandstone-shale. The deposition time span is from the Late Permian to the Early Cretaceous, and the sedimentary environment from bottom upward is the glacial facies, lake facies and river facies. It is comparable to the typical Karoo Supergroup in South Africa. It also shows good mineralization potential of coal mines and sandstone-type uranium deposits; meanwhile, there are many oil and gas resources, graphite prospecting clues.

Key words: Karoo Supergroup; sedimentary environment; mineralization; Tanzania

Geochemical characteristics, source area properties and tectonic significance of Ore bearing metasedimentary rocks from Tebai gold deposit in Alxa right banner area

CHENG Xian-yu^{1,2}, TIAN Jian^{1,2}, LI Yi-ke³, DONG Man-hua⁴, CAO Kan⁴, ZHANG Tian-fu^{1,2}

(1. China Geological Survey Tianjin Geological Survey Center, Tianjin 300170, China; 2. North China Center of Geoscience Innovation, Tianjin 300170, China; 3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

4. Inner Mongolia Geology Limited Company, Hohhot 010010, China)

Abstract: In this paper, geochemical analysis of the ore bearing metasedimentary rocks of the Tebai gold deposit in Alxa Right Banner is carried out, The main lithology is mica quartz schist, metamorphic siltstone, metamorphic lithic quartz sandstone, etc; The average content of SiO_2 is 62.39%, the average content of Al_2O_3 is 15.40%, the average content of Fe_2O_3 is 6.57%, the average content of MgO is 3.84%, the average content of CaO is 2.31%, the average content of K_2O is 2.65%, the average content of Na_2O is 2.09%. The REE patterns of curves are consistent, $\text{LREE/HREE}=5.75\sim 8.34$, the average value is 7.18, $(\text{La/Yb})_N=5.39\sim 8.38$, the average value is 6.83, Eu negative anomaly is obvious, LREE are obviously enriched relative to HREE; Rb- K_2O diagram, Ni-TiO₂ diagram and La/Yb- ΣREE diagram show that the parent rocks may originate from granites; Combined with paleocurrent characteristics and detrital zircon age evidence, it is speculated that the provenance may come from granite in Beidashan area. Combined with the rock assemblage characteristics, tectonic combined characteristics and Geochemical characteristics of Ore bearing metasedimentary rocks in Tebai, it is considered that the source rocks were formed in a tectonic environment of continental island-arc.

Key words: Alxa block; Tebai gold deposit; ore-hosting strata; Metasedimentary rock; geochemistry; continental island-arc