

内蒙古狼山后山地区海相火山岩特征及找矿前景

刘玉堂¹, 金 岩¹, 徐九华²

(1. 内蒙古自治区有色地质勘查局地质研究所, 呼和浩特 010010; 2. 北京科技大学资源工程系, 北京 100083)

[摘 要] 内蒙古狼山后山地区为一转换拉伸盆地, 其演化过程及伴随的火山活动可划分出4个阶段, 分别为拉伸盆地初始演化阶段、盆地强烈拉伸阶段、裂谷晚期双峰式海相火山岩形成阶段和裂谷闭合岩浆侵入活动阶段。那仁宝力格~查干楚鲁海相火山岩的原岩分异较好, 产出构造环境为大陆-大洋过渡的岛弧环境。海相火山岩的常量元素和微量元素特征表明, 霍各乞地区矿床的物质来源与火山岩(绿片岩及角闪岩)关系密切, 该海相火山岩系具有一定的成矿潜力。

[关键词] 狼山 海相火山岩 成矿

[中图分类号] P588.14; P612 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2005)03-0038-07

内蒙古狼山地区位于华北地台北缘西段狼山—白云鄂博台缘拗陷狼山—渣尔泰褶断束内, 其北部(区域上近东西向)为高家窑—乌后旗—赤峰深大断裂; 西界为北东向宝音图西深断裂(F_2 为银昆断裂北延部分); 南部为巴音乌拉山—狼山—色尔腾山南缘深断裂(F_1)^[1]。该区是内蒙古重要的多金属成矿区带之一, 产出霍各乞、东升庙、甲生盘等大型—超大型的 SEDEX 型矿床^[2~5], 某些矿床又具有一些 VMS 型矿床的特点^[6]。本文就狼山后山地区绿片岩的原岩特征和找矿前景进行了探讨。

1 区域地质简况

本区出露地层主要为中元古界狼山群, 局部出露基底地层为上太古界乌拉山群, 狼山群地层呈北东、或近东西向狭长带状分布, 为一套中元古界浅变质岩系(图1)。该套地层北部被42°线深大断裂所截与地槽相邻, 南隔山前断裂(F_1)与河套平原相接, 因特定的古地理特征, 存在着南北分区即南部(前山)沉积区与北部(后山)沉积区, 中间为一古隆起, 大致相当于浩日格山花岗岩侵入部位。

狼山地区总体构造形迹是在太古宙基底隆起的基础上受控于早元古代末开始的狼山—渣尔泰裂谷带(系狼山—白云鄂博裂谷系的一个分支)而发展的。晚太古代末的五台运动, 华北大部分地区形成了统一的原始古陆, 早元古代末的吕梁运动形成了

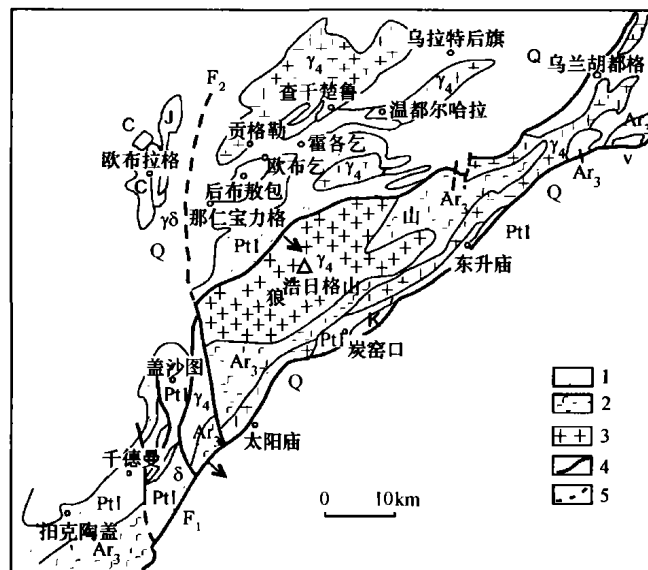


图1 狼山地区地质略图

Q—第四系; K—白垩系; J—侏罗系; C—石炭系; $\gamma\delta$ —花岗闪长岩; δ —闪长岩; ν —辉长岩; l—中元古界狼山群(Pt); 2—上太古界乌拉山群(Ar_3); 3—花岗岩; 4—断层; 5—推测断层

大陆地壳的大部分, 然而本区地处华北地台北缘, 其地壳加厚, 刚性增强, 地幔活动已经具有现代板块构造体制的特点, 开始出现类似于现代板块机制的构造变动, 异常地幔的活动破坏了晚太古代原始大陆相对稳定的平衡状态, 继承晚太古代裂陷槽, 产生线型破裂并且横向延伸, 从而形成华北地台北缘西段古裂谷系。由于裂谷系内发展的不平衡及横向断裂

[收稿日期] 2004-11-15; [修订日期] 2005-01-26; [责任编辑] 余大良。

[基金项目] 内蒙古自治区地质勘查重大科技项目(编号: 200415003)资助。

[第一作者简介] 刘玉堂(1963年-), 男, 1985年毕业于成都地质学院, 获学士学位, 高级工程师, 现主要从事地质找矿、地质科研工作。

作用使本区产生一系列地堑、地垒,在此后的地质历史中继承了这些原始构造形态,而形成了构造线与裂谷方向相一致的断裂、褶皱。

该区火成活动也较发育,各时期岩浆岩均有不同程度的分布。晚太古代—中元古代由于裂谷的发展演化,本区主要为基性侵入岩,常与基性喷发岩相伴随,主要分布在狼山主峰和霍各乞矿区。对成矿较为重要的是狼山群一岩组上部二岩组底部的闪长岩。华力西期岩浆岩广泛分布于狼山主峰及南北两侧,主要为花岗岩、花岗闪长岩及少量石英二长岩。

2 狼山后山地区构造演化特征

狼山地区处于早元古代狼山—白云鄂博裂谷系内,由于裂谷发展的不平衡,故中元古代时期浩日格山一带表现为隆起,从而将南北分为两个沉积区,后山地区其构造演化随裂谷的发展经历了几个过程,形成了独特的成矿规律。

2.1 裂谷的演化及海相火山岩的形成

本区在早元古代末期存在一次较为强裂的构造—热事件,使晚太古代绿岩带下部的热流值增高,大量地幔物质涌向地壳并使其隆起,在绿岩带隆起的背景上沿构造薄弱带继承基底的构造线方向产生近东西向延伸的线型破裂,形成地堑—地垒式凹陷和隆起,并堆积了巨厚的以碎屑岩为主,碳酸盐岩次之夹有中基性、碱性火山岩的狼山群。

裂谷发展早期阶段,在太古宙稳定地块隆起的基础上出现地壳拉伸变薄,产生一系列张性正断层,构成裂谷带雏形,进一步发展便形成地堑式断陷盆地,大量陆源碎屑物迅速堆积并伴有裂隙式火山喷发。喷发物主要为拉斑玄武岩,形成西起那仁宝力格东到查干楚鲁的长十几 km 宽 1~2 km 的钠长绿片岩带,即狼山群第一岩组。随着裂谷的发展,海陆分野产生陆表海。来源于陆缘碎屑物和海洋水体内的内源沉积物同时沉积,形成碳酸盐岩—细碎屑岩相组合。同时由于切割较深,伴随岩浆活动产生中基性岩的侵入与喷发,在火山活动间歇发生喷气作用,此阶段形成霍各乞型海底火山喷气沉积型铜多金属矿床。该套地层沉积环境岩相变化较大,是狼山群目前较为重要的含矿岩组,即第二岩组。

随着海域进一步扩展,沉积中心发生迁移,该区又沉积了巨厚的成熟度相对较高的陆缘碎屑岩即第三岩组,最后裂谷逐渐夭折盆地抬升,形成封闭、半封闭泻湖盆地,又沉积了泥质岩粘土沉积,局部地段出现蒸发白云岩,随着海域的缩小、盆地的抬升,出

现海退序列,来源于陆源的碎屑搬运距离缩短,成熟度逐渐降低,裂谷作用进入回返阶段。

按板块构造观点,经历了4个阶段。(1)裂谷阶段:中元古代初,兴蒙洋板块对华北板块由北向南推挤,在华北板块边缘带的剖面上形成了大型“x”剪断裂,狼山地块是x型剪断裂上方的一个“夹块”,相反倾向的x型剪裂分别构成了狼山南北两带的断陷谷,导致了基性岩浆沿裂谷的喷发。(2)水下岛弧阶段:狼山北带极薄的洋板块在南北挤压应力场中断裂并俯冲到板块之下,开始了水下初始岛弧阶段。由于俯冲剪切,北带岩壳破碎强烈,地幔基性岩浆上侵是北带的一次重大构造改革。(3)造山阶段:中元古代末,南北对压加剧,北带继续俯冲剪切,南带南部的华北板块也开始沿先前形成的x型断裂向北俯冲,亦即此时华北陆板块与兴蒙洋板块对狼山断块相对俯冲(对冲),共同将狼山断块抬起而伴随中元古界褶皱造山。南北两带的褶皱轴面皆倾向狼山主峰断块,即对倾,说明了这种对冲机制的存在。(4)封闭阶段:北带于造山运动末期闪长岩的侵入标志弧后裂谷的终结。

2.2 后山地区成矿规律

后山地区为一转换拉伸盆地,依据裂谷及盆地的演化过程及伴随的火山活动在后山地区可划分出四个阶段,伴随相应的成矿演化。

1) 拉伸盆地初始演化阶段,即裂谷早期裂隙式的拉斑玄武岩喷发为主的阶段。表现为西起那仁宝力格,东到查干楚鲁,长十几 km 宽 1~2 km 的钠长绿片岩带。该带上分布有原生晕异常4处,等间距分布,规模和强度都较大。其中Ag异常3处,具有一定的规模和强度,Pb在东段和西段出现低缓异常,规模较大。由于长期以来仅着重于海底沉积喷流型层控铜多金属矿床类型的研究,对海相火山岩的岩性、岩石建造、岩石系列,时空分布及铜多金属矿化特征研究很少,至今尚未发现矿床。但从裂谷构造演化及对铜多金属矿床类型的控制作用分析,本区存在有寻找海相火山岩型铜矿床的地质背景,可与扬子地台西缘川滇中晚元古代被动大陆边缘裂谷系发展初期阶段的河口群变钠质火山建造进行对比,该区有大型大红山—拉拉厂式海相火山岩型铜(铁)矿床。

2) 霍各乞盆地强烈拉伸阶段,裂谷继续发展,表现为斜长角闪岩席状侵入,四级盆地强烈下降,伴随火山活动间歇的火山喷气作用,形成以霍各乞“海底沉积喷流型层控铜多金属矿床”。成矿物质

来源于上地幔,并有壳层物质的混入,具大陆玄武岩性质斜长角闪岩的侵入,属基性岩层状侵入,有关矿产有 Cu、Fe、Ti、V、Co 等。因此加强对斜长角闪岩的研究对拓宽本区找矿思路十分必要。按一般规律层状基性岩侵入体从下至上为底部超基性岩、中部苏长岩、顶部辉长岩,其中苏长岩与 Cu、Ni 硫化物矿化关系十分密切,所以研究“火成堆积”类型及次生变化、成因分类及成矿的专属性很重要,因为在霍各乞地区斜长角闪岩有一定规模,很值得研究探讨。

3) 裂谷晚期双峰式海相火山岩形成阶段,即霍各乞盆地由右旋运动转为左旋运动情况下,发生玄武岩~流纹岩的喷发,形成第四岩组的火山岩经变质表现为一套双峰式绿片岩-海相火山岩系。这套火山岩规模较大,其上分布有 $\Delta T1$ 异常及 1:5 万分散流异常,典型代表为明路地段 Cu 分散流异常,所以该套绿片岩可确认为一个重要找矿层位。根据一些矿床类比,它的储矿部位主要在基性和酸性岩接触部位的酸性、中酸性岩类中及细碧角斑岩中。由于基础地质工作较低,目前仍未发现矿床。但地质环境表明找矿前景很大,可与扬子地台西缘川滇中晚元古代被动陆缘裂谷系会理群双峰式火山-沉积建造中的菱铁矿 Cu-Ag 矿床对比。

4) 裂谷焊接闭合岩浆侵入活动阶段,随着裂谷逐渐衰亡,发生造山运动伴随岩浆侵入使裂谷焊接闭合即华力西期造山运动中岩浆岩侵入狼山群地层中,可形成一些小型热液交代矿床,如贡格勒矿点等。

3 那仁宝力格—查干楚鲁海相火山岩带特征

那仁宝力格—查干楚鲁海相火山岩带,长约 18km,宽 1~2km,沿那仁宝力格—欧布乞—居里格台敖包—查干楚鲁断裂大体呈北东、南西向展布,延续稳定,局部地段变薄或被后期构造所错(图 2)。

3.1 地层及岩性特征

该海相火山绿片岩属狼山群第一岩组上部,典型剖面从底到顶描述如下:

未见底。

第一层:居里格台敖包灰色石英岩,厚层块状。

第二层:绢云石英片岩,炭质千枚岩、绿泥石英片岩、绿泥片岩互层。

第三层:绢云绿泥片岩夹透镜状石英岩,有闪长岩脉顺层侵入。

第四层:铅灰色千枚岩、炭质千枚岩夹绢云(二云)石英片岩,透镜状石英岩,顶部见一层透镜状泥

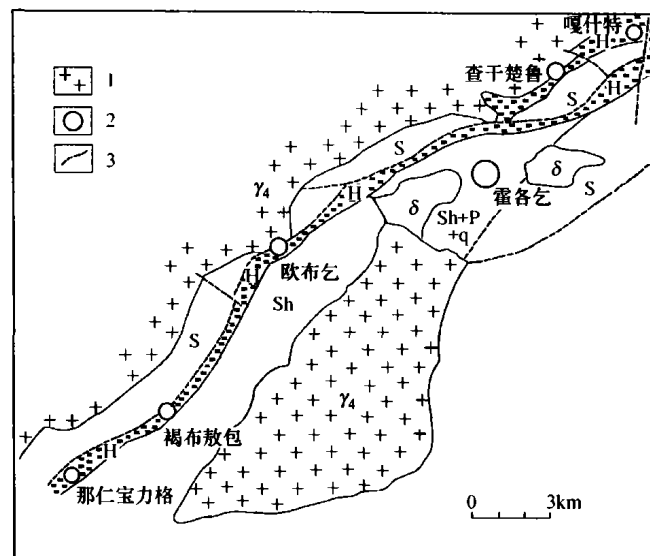


图 2 狼山后山地区海相火山岩分布图

H—海相火山岩;S—石英岩;Sh—黑色石英岩;Sh+P+q—黑色石英岩、片岩、千枚岩; δ —闪长岩;1—花岗岩;2—铜、多金属矿点(矿床);3—断层

灰岩(局部为铁质白云岩)。

绿片岩带中主要岩性为绢云钠长绿泥片岩、钠长绿泥片岩及角闪片岩,岩性特征为:

钠长绿泥片岩:绿灰色、片状构造,在长达十几千米范围内似层状断续分布。东部嘎什特一带最厚至西有减薄趋势,和围岩整合接触。主要矿物成份为钠长石(35~45%)、绿泥石(45%)、绿帘石(5%)、石英(5~10%)和黑云母(5%),可见少量黝帘石、方解石等。薄片可见杏仁状构造,杏仁 0.4~0.06mm,原气孔被后期石英或方解石充填。由自形的钠长石和杏仁构造可初步判定其原岩为基性喷发岩。

绢云钠长绿泥片岩:绿灰色,片状构造,产于钠长绿泥片岩中较上部层位,主要矿物成份绢云母(40~10%)、钠长石(15%)、绿泥石(20%)和石英(20%)。

角闪石岩(角闪片岩):灰绿—黑绿色,角闪岩主体顺层侵入,局部斜切层理,延伸最长达 3km,宽 20m~100m。角闪石 5~2cm,电子探针分析为钙镁闪石,占 70~90%。其它矿物有中长石($An=32\%$)(10~15%)、石英(5%)和黑云母(1~2%)。

3.2 原岩特征研究

1) 该套绿片岩 SiO_2 平均 49.29%,介于 45%~57%, Na_2O 平均 1.96%, K_2O 平均 1.96%, CaO 平均 7.7%^①。 $\delta \approx 2.67 < 3.3$ 属钠质碱性岩, $Al < 1$ 为偏铝质, $Na/K=1.11$ (原子数比),部分样品达 7.16,

均大于0,说明岩浆来源深。固结指数 $SI = 2.87$ 较大,说明岩浆为快速堆积。总体来看,成份除 Na_2O 偏低、 K_2O 偏高外,其它均与细碧—玄武岩类吻合, Na 值偏低与区域变质中的绢云母化使 Na^+ 带出有关。

2)本次工作中沿查干楚鲁—那仁宝力格火山岩带不连续地采取了15个岩石化学样品(表1),经尼格里四面体恢复,其石英岩类、千枚岩类落入粘

土沉积区,钙质绿泥片岩绢云钠长绿泥片岩、角闪片岩落入基性火山岩区。绿片岩在 $[Na_2O + K_2O] - SiO_2$ 图解中落入细碧岩、角斑岩区, $[al - alk] - [(al - alk) - c]$ 图解中落入二长安山质凝灰岩、细碧岩—玄武岩、酸性凝灰岩区^[7]。说明该海相火山绿片岩原岩分异较好,基性、中性、酸性岩均有(图3、图4)。

表1 实测剖面岩石化学分析表

地区	编号	岩性	$\omega_B/\%$									
			SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
霍各乞北 剖面 96-1	yh ₁	绿泥黑云石英片岩	53.64	0.72	14.42	3.08	11.49	0.140	7.25	1.25	0.22	1.09
	yh ₂	绢云石英片岩	61.48	0.73	19.82	2.09	5.09	0.045	1.60	0.66	0.94	3.93
	yh ₃	炭质千枚岩	84.12	0.18	6.47	0.64	2.80	0.017	0.54	0.66	0.075	1.63
	yh ₄	石英角闪片岩	57.34	0.63	10.66	2.94	6.83	0.150	4.10	12.09	1.55	0.65
	yh ₅	绢云石英片岩	79.12	0.60	5.82	3.05	3.10	0.062	0.71	0.41	0.57	1.28
	yh ₆	炭质绢云石英片岩	58.84	0.75	16.94	4.18	3.48	0.068	2.51	4.41	1.28	2.99
那仁宝力格	yh ₇	黑云绿泥石英片岩	70.66	0.63	13.14	3.88	3.62	0.160	0.76	0.48	0.11	3.07
	yh ₈	钙质绿泥片岩	44.06	4.50	13.41	5.10	10.75	0.200	4.66	5.81	1.72	1.11
嘎什特 剖面 96-2	yh ₉	黑云石英片岩	65.62	0.78	15.02	3.58	2.81	0.032	1.89	0.90	1.79	4.23
	yh ₁₀	绢云石英片岩	58.68	0.91	21.30	3.96	3.24	0.032	2.19	0.48	0.43	4.96
	yh ₁₁	绢云石英片岩	81.81	0.55	5.50	1.28	3.30	0.054	0.91	1.89	0.35	1.56
	yh ₁₂	含炭质绿泥石英片岩	74.58	0.60	8.98	1.85	2.74	0.062	2.04	1.27	1.75	3.04
	yh ₁₃	绢云绿泥石英片岩	70.08	0.67	11.85	3.23	4.34	0.150	1.64	1.37	0.98	1.63
	yh ₁₄	角闪片岩	51.26	0.98	15.30	2.00	8.55	0.100	7.74	5.01	1.55	0.88
	yh ₁₅	钙质绿泥绢云石英片岩	46.35	1.50	16.66	3.52	7.23	0.130	7.12	8.95	2.24	0.38
地区	编号	岩性	H_2O	P_2O_5	al	alk	fm	c	k	Mg	c/mg	
霍各乞北 剖面 96-1	yh ₁	绿泥黑云石英片岩	6.50	0.069	25.2	2.9	68	3.9	0.75	0.47	0.05	
	yh ₂	绢云石英片岩	2.14	0.073	48.5	14.0	34.5	3	0.73	0.28	0.08	
	yh ₃	炭质千枚岩	1.38	0.260	41.0	12.2	39.1	7.7	0.89	0.21	0.19	
	yh ₄	石英角闪片岩	2.44	0.270	17.9	5.4	40	36.7	0.21	0.43	0.91	
	yh ₅	绢云石英片岩	6.36	0.100	30.6	12.4	53.2	3.8	0.60	0.17	0.07	
	yh ₆	炭质绢云石英片岩	3.48	0.220	36.1	11.3	35.4	17.2	0.61	0.38	0.48	
那仁宝力格	yh ₇	黑云绿泥石英片岩	3.20	0.073	44.1	12.1	41	2.8	0.94	0.15	0.06	
	yh ₈	钙质绿泥片岩	5.80	2.290	21.4	6.5	55.2	16.9	0.30	0.34	0.30	
嘎什特 剖面 96-2	yh ₉	黑云石英片岩	2.66	0.280	39.5	19.9	36.3	4.3	0.60	0.36	0.11	
	yh ₁₀	绢云石英片岩	4.12	0.046	48.8	14.0	35.3	1.9	0.88	0.36	0.05	
	yh ₁₁	绢云石英片岩	1.54	0.170	28.1	12.0	44.3	15.6	0.73	0.25	0.35	
	yh ₁₂	含炭质绿泥石英片岩	1.78	0.550	31.0	21.1	40.1	7.7	0.53	0.44	0.19	
	yh ₁₃	绢云绿泥石英片岩	3.48	0.080	36.7	10.3	44.8	8.2	0.51	0.28	0.18	
	yh ₁₄	角闪片岩	5.40	0.150	27.4	6.4	61.4	14.8	0.28	0.57	0.07	
	yh ₁₅	钙质绿泥绢云石英片岩	5.28	0.280	23.8	5.8	47.1	23.3	0.10	0.54	0.49	

测试单位:内蒙古有色地质勘查局综合普查队化验分析室,1996。

3)从ACF图解(略)可看出火山岩为拉斑玄武岩,其演化过程是Fe、Mg质逐渐减少,碱性增强,显示了富K、Na的特点(细碧岩化),这对形成Cu矿是较为有利的。

4)绿片岩的稀土元素分析表明, ΣREE 平均90.73, La/Yb 为1.42~3.28,平均2.87, Gd/Yb 平

均1.05, Gd/Sm 平均2.1(表2)。配分曲线向右倾,为轻稀土富集型。 δEu 为0.8~1.01,平均0.853,稍呈负异常; δCe 为0.98~1.38,平均1.1,基本无异常,说明产出构造环境具有大陆—大洋过渡的性质(岛弧),即大陆边缘裂谷系环境(图5)。

① 中国地质大学,1992,科研报告。

表 2 稀土元素含量及参数

岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
钠长绿泥片岩	7.20	15.20	0.10	9.80	1.45	0.53	2.20	0.34	2.03	0.36	1.20	0.22	1.30
钠长绿泥片岩	10.40	24.40	2.40	16.00	3.00	0.80	3.10	0.56	3.10	0.53	1.47	0.26	1.60
钙质绿泥片岩	6.07	17.20	1.89	10.50	3.53	0.81	4.48	0.57	4.79	0.91	2.71	0.39	2.53
钙质绿泥片岩	25.70	89.40	9.25	31.30	7.39	1.77	7.67	1.40	7.50	2.00	5.39	1.00	5.12

岩石名称	Lu	Y	LREE	HREE	ΣREE	L/H	La/Yb	La/Sm	δEu	δCe
钠长绿泥片岩	0.48	12.80	34.28	7.65	41.93	4.48	3.28	3.10	1.01	1.38
钠长绿泥片岩	0.22	17.00	57.00	10.84	67.84	5.25	3.85	2.16	0.90	0.98
钙质绿泥片岩	0.65	24.40	39.98	17.39	57.37	2.29	1.42	1.07	0.70	1.05
钙质绿泥片岩	0.86	68.00	164.82	30.94	195.76	5.32	2.98	2.17	0.80	1.20

资料来源:中国地质大学,1991,科研报告。

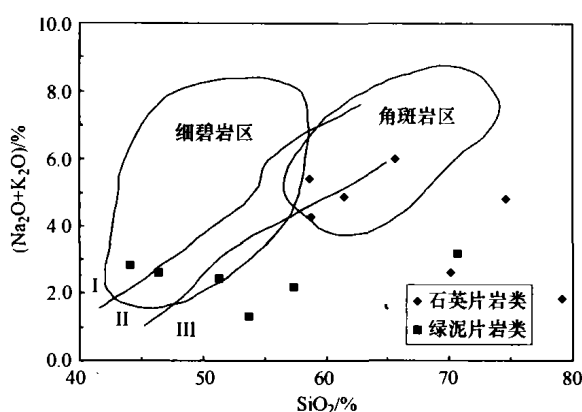
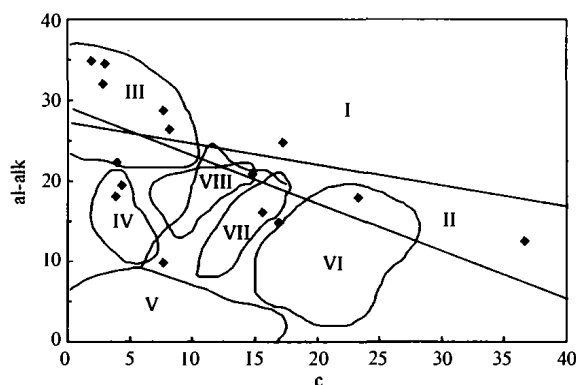
图 3 后山地区变质岩 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ 图解

图 4 后山地区变质岩 al-alk-c 图解

凝灰岩及细碧角斑岩区; II—白云质泥灰岩区; III—黏土岩区; IV—富钾中酸性凝灰岩区; V—酸性凝灰岩区; VI—玄武岩区; VII—二长安山质凝灰岩区; VIII—安山质凝灰岩区

3.3 地球化学特征

3.3.1 常量元素地球化学特征

欧阳宗圻曾对国内外多个海相火山岩矿床的研究总结得出^[8],与矿床直接伴生的火山岩,具有低 Na、Ca,富 Mg、Fe (Mn、Zn) 的特点。加拿大 Noranda 地区,对穿过流纹岩的七条剖面进行取样分析,作出的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 MgO/CaO 平均值及频率分布图,在含矿剖面的频率峰值处这些比值都较大。据

本次工作中沿查干楚鲁—那仁宝力格火山岩带的实测剖面(见前述表 1),通过化学成分进行原岩恢复,其中 7 个样属于火山岩样。据这 7 个样品的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 和 MgO/CaO 平均值及频率分布图(略),与加拿大 Norand 地区频率分布图对比。该火山岩带 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 、 MgO/CaO 和加拿大 Norand 地区太古代块状硫化物矿床相比,无论是平均值还是总体分布,都较高。

3.3.2 微量元素地球化学特征

1) 微量元素在查干楚鲁—那仁宝力格火山岩带的分布特征。

本次工作在霍各乞矿区北面的一条剖面进行较系统地采集样品,点距基本按 25m 进行,在巨厚石英岩地段按 50m 采集,局部铁帽地段适当加密。通过硅酸盐岩石化学成分的原岩恢复,对查干楚鲁—那仁宝力格火山岩带有研究意义的 2 个绿片岩样品、2 个绢云石英片岩样品(原岩恢复为凝灰岩)和 3 个角闪岩样品(原岩恢复为玄武岩)进行了微量元素研究(表 3),并收集前人研究有关资料^[9,10],一并列于表中。

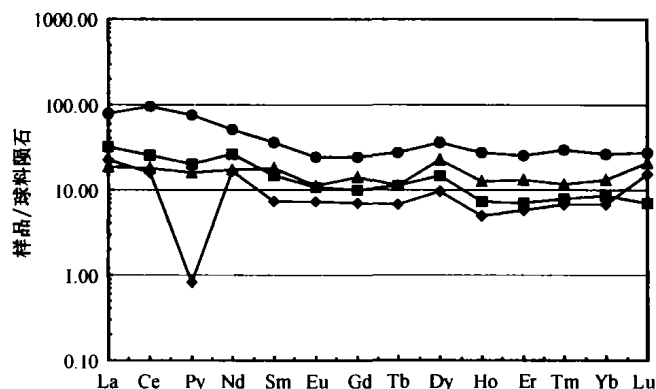


图 5 绿片岩稀土元素配分模式图(据表 2 数据作图)

从表中可看出,霍各乞矿区外围绿片岩中 Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Ti 均高于后山狼山群和其第二岩组

的背景含量,矿区绿片岩上述元素又高于外围绿片岩。本次工作采集的矿区外围绿片岩样品中,Cu、Zn、Mn、Ba、Ag 含量分别为后山狼山群背景含量的 7.18 倍、2.44 倍、11.96 倍、3.15 倍和 15.38 倍;为后山狼山群第二岩组的 6.9 倍、2.25 倍、9.73 倍、4.49 倍和 16.67 倍。As、Bi 含量分别为地壳克拉克值

的 22.35 倍和 3.25 倍。绢云石英片岩中,Cu、Zn、Mn、Ba、Ag 含量分别为后山狼山群背景含量的 10.07 倍、2.0 倍、2.72 倍、2.13 和 294.6 倍;为后山狼山群第二岩组的 8.9 倍、1.85 倍、2.21 倍、3.03 倍和 319.2 倍。As、Bi 含量分别为地壳克拉克值的 78.53 倍和 30.75 倍。

表3 霍各乞地区火成岩中微量元素含量表

表 3 霍各乞地区火成岩中微量元素含量表																				$\omega_B/10^{-6}$							
资料来源	地段	岩性	Cu			Mo			Pb			Zn			Mn			Ba									
			x	k ₁	k ₂	x	k ₁	k ₂	x	k ₁	k ₂	x	k ₁	k ₂	x	k ₁	k ₂	x	k ₁	k ₂							
收集李惠	矿区外围	绿片岩	23.9	1.74	1.54	20.9	2.82	2.03	57.4	1.74	1.3	89.9	1.52	1.4	1062	4.2	3.41	201	0.75	1.07							
等人资料	矿区	绿片岩	29	2.12	1.87	23.8	3.22	2.31	56	1.7	1.27	106	1.79	1.66	1144	4.52	3.68	194	0.73	1.04							
	矿区	斜长角闪岩	60.5		0.61	20.7		14.79	103		12.88	112		0.86	781		0.39	211		0.07							
本次工作	矿区外围	绢云石英片岩	138	10.1	8.9	2.25	0.3	0.22	64	1.94	1.45	118.5	2	1.85	687.5	2.72	2.21	567.5	2.13	3.03							
		绿片岩	107	7.8	6.9	1.9	0.26	0.18	55.5	1.68	1.26	144	2.44	2.25	3025	11.96	9.73	840	3.15	4.49							
		角闪岩	101.3		1.01	3.07		2.19	299		37.38	329.7		2.54	2517		1.26	620		0.21							
收集李惠	后山背景	狼山群	13.7			7.4			33			59.1			253			267									
等人资料	后山背景	狼山群第二岩组	15.5			10.3			44.2			64			311			187									
	维氏值	克拉克值	47			1.1			16			83			1000			650									
	维氏值	基性岩	100			1.4			8			130			2000			3000									
资料来源	Ag			As			Bi			Co			Ni			Cr			V			Ti			Ga		
	x	k ₁	k ₂	x	k	X	K	X	K ₁	K ₂	X	K ₁	K ₂	X	K ₁	K ₂	X	K ₁	K ₂	X	K ₁	K ₂	X	K ₁	K ₂		
收集李惠	0.01	0.77	0.83					34.4	3.66	3.13	67.8	5.18	3.48	272	3.4	2.69	135	3.03	2.21	5010	4.08	4.27	13.5	2	2.37		
等人资料								41.4	4.4	3.76	60.3	4.6	3.09							4564	3.72	3.89					
	0.018	0.18						36.1	0.8	72.1	0.45	108	0.54	72.3	0.36	5703	0.63	24.6	1.37								
本次工作	294.6	319.2	133.5	78.53	6.15	30.75	22.5	2.39	2.05																		
	15.48	16.67	38	22.35	0.65	3.25	19	2.02	1.73																		
	0.88	8.8	172.7	0.78	111.4	50	1.11																				
收集李惠	0.013					9.4		13.1			80.1		44.5		1228		6.8										
等人资料	0.012					11		19.5			101		61		1172		5.7										
维氏值	0.07		1.7		0.2	18		58			83		90		4500		19										
维氏值	0.1		2		0.007	45		160			200		200		9000		18										

注:x—背景平均值;k₁—x/狼山群(x);k₂—x/狼山群第二岩组(x);k—x/克拉克值。

前人资料表明,斜长角闪岩中 Mo、Pb 含量分别高于基性岩(维氏)的 14.79 倍和 12.88 倍。从本次工作采集的角闪岩样品化验分析结果看,角闪岩中 Mo、Pb、Zn、Ag、As、Bi 含量分别高于基性岩的 2.19 倍、37.38 倍、2.54 倍、8.8 倍、86.35 倍和 111.4 倍。Cu、Pb、Zn、Ag 含量高于绿片岩,也高于含矿层狼山群第二岩组。

综合起来,可以得出:如果以 $K_1 < 0.5$ 为贫化元素, $0.5 < K_1 < 1.5$ 为正常含量, $1.5 < K_1 < 3$ 为相对富集元素, $K_1 > 3$ 为明显富集元素,霍各乞地区这套变质火山岩(绿片岩和部分绢云石英片岩)相对富集的元素为 Cu、Zn、Mn、Ba、Ag、As、Bi、Co、Ni、Cr、V、Ti、Ga。明显富集的元素为 Ag、As、Bi、Cu、Mn、Co、Ni、Cr、V、Ti。基性火山岩(角闪岩类)相对富集的元素为 Mo、Pb、Zn、Ag、As、Bi。明显富集的元素为 Bi、As、Pb、Mo、Ag。

根据 As 在各地质体中的分布分配(从陨石—地壳)特点,沉积岩丰度为地壳 2~10 倍,估计其物质来源可能直接来自火山喷发。As 在这套变质火山岩的含量为地壳丰度的 22.35~78.53 倍,所以估计其物质来源可能直接来自火山喷发。

2) 原生晕剖面特征

据霍各乞矿区北的一条剖面图(图略),这套海相火山岩的微量元素比正常沉积岩中含量高。其中角闪岩、角闪石英片中 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Bi、Co、Mo、Mn 含量较高,连续性较好,绢云石英片岩(原岩恢复为凝灰岩部分)中 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Bi、Co、Mo 含量较高,绿片岩中 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Mn 含量较高,而在绢云石英片岩(原岩恢复为粘土岩部分)及石英岩中含量相对较低。

总之,霍各乞地区这套海相火山岩的常量元素和微量元素特征表明,霍各乞矿床的物质来源与这套火山岩(绿片岩及角闪岩)关系密切,这套海相火山岩具有一定的成矿潜力。

3.3.3 铁帽评价

将霍各乞矿区北侧本次工作的铁帽样品(元素平均值取自然对数换算)代入李惠等(1981)确定的六类铁帽判别方程, $y = C_0 + C_1 Cu = C_2 Mo + C_3 Pb + C_4 Zn + C_5 Ag + C_6 Mn + C_7 Ba + C_8 Ni + C_9 Cr + C_{10} V + C_{11} Ga + C_{12} Cd + C_{13} Be + C_{14} Ti$ (据本次分析项目,只取前 9 项)。依据贝叶斯准则,进行定量评价,该铁帽属 Cu-S 型,其元素组合(大于 3 倍狼山群背景

含量)为 Cu、Zn、Ag、Ni、Mo、Co、As、Sb、Bi, 其标型元素为 Cu(207.8)、Zn(895.5)、Ag(0.42)、Ni(362.5)、As(95.3)。但 $Cu/Zn = 0.23$, 与已知的 Cu-S 型铁帽($Cu/Zn > 1$)差异较大。建议进行槽探揭露, 对原生矿进行评价。

4 结 论

1) 狼山后山地区为一转换拉伸盆地, 按裂谷及盆地演化过程及伴随的火山活动, 可划分出 4 个演化阶段, 即拉伸盆地初始演化阶段, 霍各乞盆地强烈拉伸阶段, 裂谷晚期双峰式海相火山岩形成阶段和裂谷闭合岩浆侵入活动阶段, 伴随相应的成矿活动。

2) 那仁宝力格—查干楚鲁海相火山岩的原岩特征研究表明, 绿片岩原岩分异较好, 产出构造环境为大陆—大洋过渡的岛弧环境(即大陆边缘裂谷系环境)。

3 微量元素地球化学研究表明, 霍各乞地区变质火山岩(绿片岩和部分绢云石英片岩)明显富集的元素为 Ag、As、Bi、Cu、Mn、Co、Ni、Cr、V、Ti; 基性火山岩(角闪岩类)明显富集的元素为 Bi、As、Pb、Mo、Ag。表明成矿物质来源与这套火山岩有关。

[参考文献]

[1] 内蒙古地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

- [2] 彭润民, 翟裕生, 王志刚. 内蒙古东升庙、甲生盘中元古代 SEDEX 矿床同生断裂活动及其控矿特征[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25(4): 404~410.
- [3] 张明华, 王春增. 内蒙古狼山霍各乞矿田控矿构造特征[J]. 桂林工学院学报, 2001, 21(1): 62~67.
- [4] 孙宝忠, 徐贵忠, 边千韬. 内蒙狼山霍各乞矿床条带状含铜石英岩成因的讨论[J]. 岩石学报, 1997, 13(2): 226~232.
- [5] 曹秀兰. 华北陆块北缘西段中元古代与裂谷作用有关的铁、稀土、多金属矿床特征及成因[J]. 前寒武纪研究进展, 2002, 25(3~4): 246~255.
- [6] 彭润民, 翟裕生. 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, 2004, 11(1): 257~268.
- [7] 贺同兴, 卢良兆, 李树勋, 等. 变质岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980, 164~176.
- [8] 欧阳宗圻, 李 惠, 刘汉忠. 典型有色金属矿床地球化学异常模式[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [9] 李 惠, 康涌琦, 秦国佩, 等. 狼山有色金属成矿带层控矿床的地球化学异常模型[A]: 第二届全国勘查地球化学学术讨论会论文选编[C]. 中国地质学会勘查地球化学专业委员会, 1984, 39~50.
- [10] 李 惠. 金矿床地球化学异常模式研究新进展[J]. 地质与勘探, 1997, 33(2): 43~47.
- [11] 徐九华, 谢玉玲, 钱大益. 内蒙古大青山地区主要金矿床矿化特征及成因[J]. 地质与勘探, 1998, 34(6): 14~20.
- [12] 刘慷怀, 刘玉堂. 内蒙古霍各乞铜矿的稀土元素地球化学[J]. 桂林工学院学报, 1996, 16(2): 119~128.
- [13] 刘玉堂. 内蒙古霍各乞铜多金属矿床含矿建造及矿床成因[J]. 桂林工学院学报 2004, 24(3): 261~268.

CHARACTERISTICS OF OCEANIC VOLCANIC ROCKS IN HOUSHAN AREA OF LANGSHAN MOUNTAINS, INNERMONGOLIA

LIU Yu-tang¹, JIN Yan¹, XU Jiu-hua²

(1. Institute of Geology, Inner Mongolia Bureau of Nonferrous Geology and Exploration, Hohhot 010010;

2. Department of Resource Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract: Houshan area of Langshan Mountains, Inner Mongolia, was a convergent tension basin. The basin was developed from original extension stage, basin strong tension stage, bimodal oceanic volcanic eruption in late rift valley, and magmatic intrusion during closing of rift valley. The initial rocks of Narenbaolige—chaganchulu oceanic volcanic rocks were well differentiated, occurring in island arc environment. The invariable elements and minor elements of oceanic volcanic rocks reflect the close relationship between greenstones and ore-forming materials in the Huogeqi area. The oceanic volcanic rock formation has mineralizing potential for prospecting.

Key words: Langshan, oceanic volcanic rock, mineralization