蒙古国苏赫巴托省朝格图地区 金属元素富集分异特征

李 酽¹, 张道忠², 程华生³, 黄红星³, 陈 卫东³, 魏 平³ (1.中国民航大学理学院, 天津 300300; 2. 天津华北地质勘查总院, 天津 300181; 3.河北九华勘查测绘有限责任公司, 河北保定 071051)

摘 要: 文章简述了蒙古国朝格图地区地质概况和区域土壤岩石地球化学特征,分析了 W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As, Ni, Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag, Hg等多金属元素在本区地层、岩浆岩、土壤中的分布特征、浓集系数、变异系数,为进一步找矿提供线索。
关键词: 土壤地球化学;岩石地球化学;元素富集;元素分异;元素丰度;蒙古国
中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 100⊢1412(2009)04035405

0 引言

蒙古国朝格图地区位于苏赫巴托省西乌尔特市 西北方向约 20 km 处,区内为典型丘陵地貌,地形 平缓^[1],海拔高度1000~1188 m。1973~1974 年 进行过 1/5 万的地质测量及地球物理调查。1974 年底,在图木尔廷一敖包区首次发现了工业意义的 锌矿床。1977~1979年间,由蒙古和前民主德国联 合组成地质和地球物理综合勘探队对图木尔廷 一敖 包矿床及附近进行了勘查,编制了《蒙古国图木尔 廷一敖包锌矿详勘地质报告》。本次土壤、岩石地球 化学测量工作是基于在其周边寻找铅锌铁矿床以及 相关矿种的远景区。测区分为两处, [区在北东部, Ⅲ区在南部。通过地球化学测量及其综合分析, 完 成了 16.0 km^2 测区 1 : 1 万加密土壤地球化学测 量工作.通过数据分析处理.编绘了各类化探异常 图,深入分析了各金属元素之间的相关性、富集系 数、分异系数等,获得了很有参考价值的工作成果。

1 区域地质概况

普查区位于蒙古国苏赫巴托省内的蒙古弧形构 造的东翼,SWW-NEE 向中蒙古大断裂是区域性基 底构造,沿南北山麓的次一级 EW 向地堑式断层属 同沉积构造,构造复杂,褶皱、断裂发育,构成山间洼 地,两翼为中低山的地貌景观^[2]。普查区位于 SWW-NEE向展布的苏赫巴托山间洼地中段,南 北为中低山,整个地形呈西高东低、南北高中间低的 变化趋势。

本区西北部主要分布有大理岩、砂质泥灰岩、夕 卡岩、流纹岩和第四系砂砾层。其中砂质泥灰岩、钙 铁石榴石夕卡岩中锌、铁矿化明显,在该地段地表的 砂砾层中多含磁性较强的岩石矿物碎屑。个别部位 的捡块样分析锌品位 w (Zn) > 2%。流纹岩呈黄褐 色、褐红色,流纹状构造、板状构造、气孔构造,多数 气孔被碳酸盐充填。局部地段也能见到含矿化的流 纹质岩石。本区中部和东北部见 2 处规模不大的大 理岩,在其与花岗岩的接触部位也有规模不大的角 岩和夕卡岩,局部见少量的板岩。

2 地层及岩浆岩

2.1 地层

(1) 辉绿岩层钠长角岩:一般分布于朝格图 I 区 的北部以及 II 区的西部。角岩和钠长角岩多分布在 花岗岩与大理岩的接触带,厚度一般较大,下伏岩石

收稿日期: 2009-01-21; 改回日期: 2009-09-24

作者简介: 李酽(1968), 男,甘肃天水人, 教授, 博士, 研究方向: 资源及材料开发。通信地址: 天津市民航学院南院理学院; 邮政编码: 300300; E-mail: liyan199@163.com

为花岗岩^[3]。辉绿岩层岩石与石灰石岩层的上覆夕 卡岩岩石之间为渐变关系。

(2)石灰石岩层的砂卡岩和大理岩:分布于I区的 中部、以及II区的西部和中东部。砂卡岩的岩石学、矿 物学特征与夕卡岩化程度有关,一般都存在不同程度 的磁铁矿化、铅锌矿化。

(3) 中泥盆统: 分布于 I 区的东北部及东部地区 和 II 区的西南部, 岩性主要为变质砂岩、板岩、砂岩、 粘土岩, 其中 I 区以板岩夹砂岩为主, II 区以变质砂 岩为主。

(4) 第四系: 主要为残坡积、山沟冲洪积物, 分布 在沟谷等地。

2.2 岩浆岩

岩浆岩主要为华力西晚期的花岗岩。岩石呈肉 红色,具中细粒结构、中粗粒结构,块状构造,主要成 分为钾长石、斜长石及石英,少量黑云母。花岗岩局 部富含磁铁矿。与泥盆系岩石形成明显的不整合。 在边缘相花岗岩中,局部可见沉积岩的残块。测区 内靠近断裂或大理岩接触带附近的花岗岩往往表面 有烘烤和染色现象,花岗岩表面呈灰黑色,经岩石化 学分析表明,这类花岗岩中铅锌含量大大高于围岩, 是含矿热流体沿裂隙向上渗透形成。此外在 I 区的 东南角及 II 区的中南部零星出露小面积的流纹斑 岩,属浅成-超浅成侵入岩。区内岩脉主要为小规 模的石英脉,它们可能与本区的金异常有密切的联 系。

3 地球化学特征

3.1 元素的丰度及分异特征

(1) 元素的丰度特征。从表 1 和图 1 看出,相对 于地壳克拉克值,岩石中元素质量分数偏高的有 As, Pb, Zn, Sn, W, Ag;质量分数偏低的包括 Bi, Cr, Co, Au, Cu 等。可见高的 As, Pb, Zn, Sn, W, Ag 岩 石背景值为本区夕卡岩型铅锌银成矿提供了必要的 物质条件。

本区土壤地球化学测量(表 2 和图 2)(包括 I 区、II区)显示,区内土壤中具高背景质量分数的元 素是 As, Pb, W, Sn, Ag;其他元素则分布较均匀或 贫化。说明本区岩石与土壤中元素丰度分布特征基 本一致,土壤化学元素浓集基本上对应于岩石中各 元素的浓集态势。

通过计算土壤元素均值/岩石元素均值(表 3) 以反映调查区各元素次生富集的趋势。

通过对比(表3,图3)可以发现,调查区内具一 定次生富集趋势的元素依次是Bi,Cr,Co等。







factor in soil



Fig. 1 Odering diagram of elements enrichment

factor in rock



T 11 1	01	c	1 .	1 1	1	•	1
Table 1	Characteristics	ot	element	abund	lances	ın	rock

项目	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	\mathbf{Sb}	Нg	Co	Cr	Ni
极大值	14.4	1. 051	93.6	305.6	4317.6	9.78	8. 2	22	7.64	50.4	2. 7	80.5	17.9	68.8	172.3
均值	1.15	0.10	33.71	43.39	318.48	1.65	3. 52	1. 29	0. 24	11.10	0.47	15.81	5. 23	10.09	74.92
标准偏差	2.04	0.10	22.10	28.23	640.63	1.26	1. 74	2.09	0. 63	11.82	0.46	11.78	3. 49	9.80	55.10
变异系数	1.77	1.05	0.66	0.65	2.01	0.76	0.49	1. 62	2.66	1.06	0.97	0.75	0.67	0.97	0. 74
地壳丰度	4	0.08	63	12	94	1.1	1. 7	1. 3	4	2. 21	0.59	80	25	1 10	89
浓集系数	0.29	1.19	0.54	3.62	3.39	1.50	2.07	0. 99	0.06	5. 02	0.80	0. 20	0. 21	0. 09	0.84

注: 浓集系数= 均值/地壳丰度; 变异系数= 标准偏差/均值。量的单位: w_B/10-6, 其中 w(Au)/10-9。

2009年

表 2 土壤元素丰度特征表 Table 2 Characteristics of element abundances in soil

项目	M o	Bi	As	Sb	Нg	Co	Cr	Ni	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn
极大值	19.38	247	75.2	17.2	45.1	80.3	103.2	68.1	200	2.816	114.3	805.2	1135.5	40.86	26.6
均值	1.07	0.44	4.86	0.35	8.63	5.63	12.78	7.50	0.82	0. 08	11.20	20.68	41.94	1. 41	2.07
标准偏差	0.87	4.28	5.80	0.61	4.43	3.44	16.16	8. 83	5. 78	0. 11	7.17	25.54	48.86	1. 19	1.06
变异系数	0.82	9.79	1.19	1.71	0.51	0.61	1. 26	1. 18	7.03	1. 27	0.64	1. 24	1.17	0.84	0.51
地壳丰度	1.3	4	2.21	0.59	80	25	110	89	4	0. 08	63	12	94	1.1	1.7
浓集系数	0.82	0.11	2.20	0.60	0.11	0.23	0.12	0. 08	0. 21	1.05	0.18	1. 72	0.45	1. 28	1. 22

量的单位: wB/10-6, 其中 w(Au)/10-9。

表3 土壤均值/岩石均值

Table 3 The average of the soil element abundances/the average of the rock element abundances

项目	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	As	\mathbf{Sb}	Нg	Co	Cr	Ni
土壤均值	0.82	0.08	11.20	20.68	41.94	1.41	2.07	1.07	0.44	4.86	0.35	8.63	5.63	12.78	7.50
岩石均值	1.15	0.10	33.71	43.39	318.48	1.65	3. 52	1. 29	0. 24	11.10	0.47	15.81	5. 23	10.09	74.92
比值	0.71	0.89	0.33	0.48	0.13	0.85	0.59	0. 83	1. 83	0.44	0.75	0.55	1.08	1. 27	0. 10

量的单位: w_B/10⁻⁶, 其中 w(Au)/10⁻⁹。



图 3 元素土壤均值/岩石均值之比排序

Fig. 3 Odering diagram for average value of elements in soil and in rock

结合表 3 和图 4 可以看出, 区内岩石中变异系 数较大、分异能力较强的元素依次为 Bi, Zn, Au, Mo 等, 其他元素分异能力较弱。Zn 元素不仅具有高的 背景值、浓集系数, 而且变异系数也较高, 表明 Zn 在局部地段具有高异常特征, 成为锌矿找矿的重要



图 4 普查区岩石元素变异系数排序



线索。Bi, Au, Mo等在土壤和岩石中的浓集系数很小, 变异系数也不大, 由此分析, 这几种元素的局部 富集可能性小。但是, 在本区土壤地球化学分析结 果中, 在面上零星分布有 Au 的高值异常, 最高达 0.2×10⁻⁶。由于岩石中 Au 的浓集系数很低, 推测 土壤中 Au 的次生富集来源可能为石英脉等。

由图 5 可知,本区土壤地球化学具极强分异能 力的元素是 Bi, Au;强分异能力的是 Sb, Ag, Cr, Pb;具一定分异能力的是 As, Ni, Zn;其他元素分异 能力弱。因此,通过土壤地球化学测量,发现 Au, Pb, Ag 等元素具有一定的次生富集趋势。

3.2 元素在各地质单元的分布特征

根据已有资料及地质填图结果,将本区划分为 7个地质单元。应用全区土壤地球化学测量成果, 将各地质单元数据几何平均值与全区背景值之比值 作为各单元的元素富集系数,表征元素在不同地质 单元中的分散与富集规律(表 4,表 5)。



Fig. 5 Odering diagram of variation coefficient of

表 4 普查区各地质单元元素富集系数表 T able 4 The elements enrichment factor of various geological unit in the prospecting area

		-						0	0			- I	,		
岩石名称	M o	Bi	As	Sb	Нg	Co	Cr	Ni	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn
第四系(960)	1.03	0.98	1.00	0.99	0.26	1.07	1. 03	1.00	1.16	0. 92	0. 98	0.97	0.95	1. 22	1. 03
流纹岩(22)	1.37	2.66	0.91	1.30	1.14	1.17	1. 13	1. 30	1. 02	1.65	1. 28	1.42	1.49	1. 28	0. 99
砂板岩(341)	1.35	1.78	3.26	1.57	1.11	1.70	4.06	4. 02	1. 37	1.42	1.55	1.56	2. 33	1. 38	1.41
角岩(268)	1.14	2.60	3.33	3.16	0.35	1.43	3.86	3. 87	1.47	1. 20	1. 75	1. 43	2.19	1.40	1.40
大理岩(275)	1.31	1.12	2.19	1.81	1.17	0.92	0. 81	1.00	0.90	1. 12	1. 31	0.97	1.07	0.89	0.95
夕卡岩(17)	2.73	39.46	4.46	2.61	1.23	1.73	3. 41	3. 58	7.65	3. 07	3. 62	4.60	3. 12	2.46	1.45
花岗岩(2244)	0.94	0.91	0.65	0.81	0.48	0.87	0.66	0.67	0. 95	1. 02	0.86	1. 02	0.85	0. 92	0. 93

注: 括号中的数字为样品数量。

表 5 普查区各地质单元元素富集程度表

Table 5 The elements enrichment degree of various geological unit in the prospecting area

岩石名称	较富集(KK ≥1.2)	富集 (<i>KK</i> =1~1.2)	贫化(<i>KK</i> ≤1)			
笠田 () ()	W 7		As, Ni, Sb, Cu, Bi,			
第四系(900)	W	Au, Co, Mo, Sn, Cr	Pb, Zn, Ag, Hg			
法位出(22)	Bi, Ag, Zn, Pb,	C. H. C. A.	S., A.,			
派织石 (22)	Mo, Ni, Sb, W, Cu	Co, fig, Cr, Au	Sn, As			
	W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As,	П.,				
砂拟石(541)	Ni, Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag	нg				
缶 亗(269)	W, Au, Co, Sn, Cr, As, Ni,	М.	Hg			
用石(208)	Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag	M O				
大理岩(275)	As, Sb, Mo, Cu	Hg, Ag, Bi, Zn	Ni, Pb, Sn, Co, Au, W, Cr			
	W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As, Ni,					
タ卞宕(17)	Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag; Hg					
花岗岩(2244)		Ph A a	W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As, Ni,			
11. NJ 在(2244)		гb, Ag	Sb, Cu, Bi, Zn, Hg			

注: 括号中的数字为样品数量。

第四系: 分布于普查 I 区中西部、北部和 II区中 部一带。在砂砾石中, 相对于全区背景, W 元素较 富集, Au, Co, Mo, Sn, Cr 元素富集, 而 As, Ni, Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag, Hg 元素贫化。反映本区的 W, Au 等元素具有次生富集趋势。

流纹岩: 仅在 2 个区的东南角略有出露。该单 元中 Bi, Ag, Zn, Pb, Mo, Ni, Sb, W, Cu 等元素较富 集, Co, Hg, Cr, Au 元素富集, 而 Sn 和 As 贫化。

中泥盆统变质砂岩、板岩:分布于I区的东部、 中北部一带,II区的西部及东部。相对于全区背景, 该地层中元素质量分数普遍偏高,W,Au,Co,Mo, Sn,Cr,As,Ni,Sb,Cu,Bi,Pb,Zn,Ag元素较富集, Hg元素富集。

上泥盆统角岩:分布于I区的中部和北部,II区 的东部及西部。相对于全区背景,该地层中元素的 质量分数普遍偏高,仅Hg元素相对贫化。

下泥盆统大理岩: 分布于 I 区的中部和 II 区的 中西部。大理岩中的 A s, Sb, M o, Cu 元素较富集, H g, A g, Bi, Zn 元素富集, 而 Ni, Pb, Sn, Co, Au, W, Cr 贫化。

夕卡岩:仅在I区的东南部有少量露头。相对 于全区背景,该岩体中元素的质量分数普遍偏高,尤 其是 Bi, Au 和 Pb 元素,反映出大理岩与岩浆期后 高温热液接触交代时 Bi, Au, Pb 等元素发生了富集 作用。

华力西晚期花岗岩: 在 I 区的中西部、西北角及 II区的大部地区展布。相对于全区背景, 花岗岩中 元素的质量分数不高, 仅 Pb 和 Ag 元素有一定程度 的富集, 其他元素均属贫化。尽管元素在花岗岩中 的质量分数偏低, 而在其他地质单元中, W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As, Ni, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag 等元素均有 不同程度的富集。结合前面的元素分异特征分析, 本区地层中的成矿元素 Au, Zn, Pb, Ag 等在岩浆热 液作用下, 于岩体的内外接触带附近可能发生了局 部的富集。

4 结论

通过本区的岩石和土壤地球化学分析表明,

Zn, Pb 元素不仅具有高的背景值、浓集系数、而且变 异系数也较高, 表明 Zn 在局部地段具有高异常特 征, 成为锌矿找矿的重要线索。W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As, Ni, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag 等元素有不同程度的 富集。其中, 具极强分异能力的是 Bi, Au, 强分异能 力的是 Sb, Ag, Cr, Pb。地层中的成矿有用组分在 后期热液作用下, Au, Pb, Ag 等元素在接触带及其 附近发生局部富集。因此, 本区具有夕卡岩型铅锌 矿和热液型金矿的找矿远景。

参考文献:

- [1] 折书群,白聚波,张海秋.蒙古国苏赫巴托洼地地下水系统分析[J].河南理工大学学报,2005,24(6):434438.
- [2] 付艳丽,刘新山.蒙古国图木尔铁矿地质特征[J].中国科技论 坛,2005,(10):119.
- [3] 王中明,赵纯禄,尚衍波.蒙古国图木尔廷一敖包锌矿选矿试 验研究[J].国外金属矿选矿,2005,(10):29-39.

METAL ELEMENT ENRICHMENT AND DIFFERENTIATION PATTERN IN CHAOGETU DISTRICT, SUHBAATAR PROVINCE, MONGONLIA

LI Yan¹, ZHANG Dao zhong², CHENG Hua sheng³, HUANG Hong xing³, CHEN Wei dong³, WEI Ping³

(1. Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

Tianjin North China Geological Exploration General Institue, Tianjin 300181, China;
 He Bei Jiuhua Geological Exploration and Survey Limited Corporation, Baoding 071051, Hebei, China)

Abstract: The paper introduces the regional geology of Chaogetu region, Suhbaatar province, Mongonlia. The typical soil and rocks in this region have been geochemically surveyed and distribution, enrichment and differentiation coefficients of W, Au, Co, Mo, Sn, Cr, As, Ni, Sb, Cu, Bi, Pb, Zn, Ag, Hg in the soil, sedimentary and magmatic rocks will be the useful reference to further ore exploration in the region. **Key Words:** soil and rock geochemistry; elementary enrichment; elementary differentiation; elementary abundance; Mongonlia

(上接第 334 页)

A SUMMARY OF METALLOGENIC, GEOCHEMICAL STUDY ON THE SKARN DEPOSITS

CHENG Jia long, ZHAO Yong xin, LIU Feng hua

(China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China)

Abstract: Recent study shows that the skarn deposit not only occurs in the contact between the interme diate-acidic intrusion and carbonate rocks but also in the contact of the basic intrusion or in the distal strata; not only hosted by the carbonate rocks but also by the active volcanic sedimentary rocks, such as the volcanic sedimentary tuff. The vast majority of skarn deposits are related to magmatic arcs in the subduetion zone beneath the continental crust with the mesothermal to epithermal ore forming temperature and the shallow to medium ore forming depth. The abyssal environment is not favorable for the formation of skarn. Ore materials of the skarn deposit mainly come from deep source with partial crust materials involved. The ore fluid shows certain difference for different evolution stages. The early stage is with magma water preference and the later stage with meteoric water preference.

Key Words: skarn deposit; metallogeny; stable isotope; rare earth elements