额尔古纳成矿带成矿元素地球化学场特征及其与成矿的关系

舒广龙^{1,2}, 刘继顺¹, 王力¹, 明晋祥³

(1. 中南大学资源环境与建筑工程学院, 长沙 410083; 2. 桂林工学院, 桂林 541004;
3. 黑龙江有色地质勘查局, 哈尔滨 150046)

[摘要]额尔古纳成矿带是我国东北部重要的有色金属、贵金属成矿带, 位于西伯利亚板块东南缘蒙古—兴安造山带内。区域上大面积出露中生代火山岩及沉积碎屑岩, 而元古宙和古生界则零星出露。岩浆活动较为强烈, 有海西期、燕山早期和晚期。研究表明, 前中生代地层中富含 Cu、Pb、Zn、Ag、Mo, 其中, 上元古界碳质板岩含 Ag 高达 27×10^{-6} 。这为燕山期成矿作用奠定了部分物质基础。燕山期构造—岩浆活动, 使这些成矿元素在一些岩石中进一步富集。燕山早期形成的超浅成斑岩富含 Cu、Mo, 是斑岩型 Cu、Mo 矿的成矿母岩, 其围岩主要是富含 Mo 的燕山早期黑云母花岗岩; 晚期形成的超浅成侵入岩富含 Ag、Pb、Zn, 是银铅锌矿的成矿母岩, 其围岩为富含 Ag、Zn 的南平组 (J_2) 或富含 Ag、Pb、Cu 的塔木兰沟组 (J_3)。

[关键词]成矿元素 地球化学场 额尔古纳成矿带

[中图分类号]P618.4 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2003)05-0018-04

额尔古纳成矿带处于西伯利亚板块东南缘蒙古—兴安造山带内(任继舜, 1989)^[1-2], 得尔布干深大断裂的西侧, 是一个贵金属、有色金属成矿密集区^[3]。成矿带呈北东向展布, 北至黑龙江省边陲漠河, 西到额尔古纳河, 南西部及南部为中、蒙国界。自北向南成矿带分为北、中、南3段。北段: 漠河—根河; 中段: 满洲里—莫尔道嘎; 南段: 满洲里—新巴尔虎右旗。中—南段出露岩石以中生代火山岩为主, 次为海西期花岗岩, 前中生代地层和燕山期侵入岩零星出露; 北段出露地层以前寒武系为主, 侵入岩以海西期花岗岩为主。

研究成矿元素在各类岩石中分布, 对解释金属矿产与其热液作用的内在联系有重要理论意义和现实意义。在地球化学找矿中常以岩石中某些成矿元素显著增高(或显著降低)以及某些元素含量或比值特征变化作为一种评价依据。

1 额尔古纳成矿带中—南段成矿元素地球化学场特征

本区成矿元素测试数据部分为半定量分析结

果, 基本上能反映这些元素的地球化学场特征。为便于描述岩石中某些元素含量的高低, 减小分析精度低所带来的影响, 这里采用衬度值来描述该区域成矿元素地球化学场特征。并从地层、侵入岩两个方面来探讨成矿元素的分布特点及规律。

1.1 地层中成矿元素地球化学场特征

本区中生代火山岩地层分布最广, 元古宙和古生界零星出露。不同时代主要地层成矿元素地球化学场特征, 用平均衬度值表示(某地层某元素平均含量/区域岩石某元素平均含量)(表1)。

表1 地层中成矿元素平均衬度值

地 层	代号	样品数	Cu	Ag	Pb	Zn	Mo
大磨拐河组	$K_1 d$	4	0.6	0.33	0.69	0.68	0.75
伊利克得组	$K_1 y$	7	0.55	0.6	0.75	0.97	0.86
上库力组	$K_1 s$	472	0.6	0.87	1.05	0.98	1.9
木瑞组	$K_1 m$	28	0.7	0.6	1.48	0.85	1.4
塔木兰沟组	$J_3 t$	55	1.02	1.27	1.3	0.95	0.98
南平组	$J_2 n$	76	0.95	1.42	0.99	1.07	0.53
额尔古纳河组	$\epsilon_1 er$	41	0.76	0.1	1.23	0.6	1.55
加挖瘩群	$Pt_3 jg$	45	1.91	0.5	0.82	1.15	0.63

测试单位: 黑龙江有色地质勘查局测试中心。

[收稿日期]2002-06-24; **[修订日期]**2002-08-27; **[责任编辑]**余大良

[基金项目]国家“八五”科技攻关重点科研项目(编号:85-901)资助。

[第一作者简介]舒广龙(1961年-), 男, 2000年毕业于中南大学, 获硕士学位, 在读博士生, 高级工程师, 现主要从事地球化学与矿床学研究工作。

上元古界加疙瘩群(Pt_3jg):Cu、Zn含量较高,Cu含量为本区地层平均含量1.91倍,Zn含量为1.15倍,Ag、Pb、Mo低于本区地层平均值。

寒武系下统额尔古纳河组(ϵ_1er):Pb、Mo含量较高,Pb含量为本区地层平均值1.23倍,Mo含量为1.55倍,Ag、Cu、Zn低于本区地层平均值。

侏罗系:(1)中统南平组(J_2n),Ag、Zn含量大于本区地层平均值,Cu、Pb略低于本区地层平均值,Mo含量较低,为本区地层平均值之半。(2)上统塔木兰沟组(J_3t),Pb、Ag、Cu含量均高于本区地层平

均值。

白垩系下统:(1)木瑞组(K_1m),Pb、Mo含量分别为本区地层平均值的1.48和1.4倍。(2)上库力组(K_1s),Mo、Pb含量高于本区地层平均值。(3)伊利克得组(K_1y)和大磨拐河组(K_1d),Cu、Mo、Pb、Zn含量均低于本区地层平均值。

1.2 侵入岩成矿元素地球化学场特征

岩浆岩某些微量元素特征(表2),用平均衬度值来表示(某岩浆岩某元素平均含量/区域岩石某元素平均含量)。

表2 侵入岩成矿元素平均衬度值

成岩时代	岩石名称	样品数	Cu	Ag	Pb	Zn	Mo
燕山晚期	流纹斑岩	17	1.6	0.95	1.52	0.84	0.86
	花岗斑岩	257	0.89	1.15	1.56	1.21	1.2
	长石斑岩	15	1.0	3.38	1.36	0.97	0.61
	石英二长斑岩	13	0.5	0.33	0.38	0.76	0.57
	二长斑岩	15	0.5	0.58	0.72	0.85	1.0
	花岗闪长岩	16	1.0	0.44	1.21	0.97	0.57
燕山早期	花岗闪长斑岩	44	2.1	0.73	0.56	0.69	2.5
	蚀变黑云母花岗岩	125	1.38	2.73	0.36	1.55	5.9
	黑云母花岗岩	71	0.82	0.69	0.46	0.7	2.8
海西晚期	花岗岩	10	0.5	0.51	0.38	0.81	0.74

由表2可以看出,燕山早期黑云母花岗岩的Mo含量最高,衬度值为2.8。其蚀变岩石的Mo衬度值为5.9。花岗闪长斑岩中Cu、Mo含量高,衬度值分别为2.1和2.5。

燕山晚期侵入岩Ag、Pb、Zn含量高。其中,长石斑岩含Ag最高,衬度值为3.38,其次为花岗斑岩,衬度值为1.15。花岗斑岩Pb衬度值为1.56,流纹斑岩为1.52,长石斑岩为1.36。花岗斑岩中Zn衬度值最高,为1.21。甲乌拉银铅锌矿区次火山杂岩体Pb($41.4 \times 10^{-6} \sim 131.3 \times 10^{-6}$)、Zn($46.3 \times 10^{-6} \sim 1115 \times 10^{-6}$)、Ag($2.8 \times 10^{-6} \sim 11.3 \times 10^{-6}$)含量较高,尤其是Ag;而Cu($37.6 \times 10^{-6} \sim 55.4 \times 10^{-6}$)、Au($0.94 \times 10^{-9} \sim 2.8 \times 10^{-9}$)含量较低^[4]。

2 额尔古纳成矿带北段成矿元素地球化学场特征

本区出露地层以元古宇和寒武系为主,侵入岩以海西期花岗岩为主。其成矿元素地球化学场特征用丰度值和浓集克拉克值进行描述。

区内各类岩石Ag、Pb、Bi 3种元素丰度值均高于地壳丰度,Cu、Au元素丰度普遍低于地壳丰度

(表3)。

2.1 地层中成矿元素地球化学场特征

上元古界加疙瘩群:Ag、As、Sb、Bi、Pb、Zn(压碎流纹岩、片岩)丰度高于地壳丰度,而Mo、Cu、Au低于地壳丰度,浓集克拉克值依次分别为51、48、28、3.8、1、1.2、0.76、0.57、0.37。总之该岩组Ag、As、Sb为富集元素,Au、Cu、Mo为贫化元素;但该岩组中碳质板岩Au、Ag、Cu丰度最高,Au 4.7×10^{-9} 、Ag 27×10^{-6} 、Cu 67×10^{-6} ,其浓集克拉克值依次为1.1、385、1.4,Au丰度是本区地层平均值的2.7倍,碳质板岩是相对富Ag、Cu、Au、As、Sb的层位;云母石英片岩Cu、Mo含量分别达到 106×10^{-6} 和 $2.5 \times 10^{-6} \sim 5.59 \times 10^{-6}$ ^[5]。滨额尔古纳河东岸的滨额尔古纳河韧性剪切带和莫尔道嘎—加疙瘩一线有加疙瘩韧性剪切带中的岩石Au、Ag含量普遍较高^[6](表4)。

寒武系额尔古纳河组As、Sb、Pb、Bi、Mo、Ag丰度高于地壳丰度,浓集克拉克值分别为29、9.2、4.9、2.8、2.6、1.4;Zn、Au、Cu低于地壳丰度,浓集克拉克值分别为0.6、0.44、0.34。该岩组As、Sb、Pb元素具有高浓集度,但低于加疙瘩群,Cu、Zn、Au在该岩组是贫化元素。与加疙瘩群相比Pb、Mo丰度较高。

表 3 成矿带北段各类岩石成矿元素丰度值

$\omega_B/10^{-6}$

序号	岩石名称	代号	样品数	Au*	Sb	As	Ag	Pb	Zn	Cu	Mo	Bi	采样区
1	压碎流纹岩	Pt _{3jg}	11	0.61	243.27	29.17	0.42	132.00	240.37	14.58	1.38	0.15	莫尔道嘎
2	大理岩	Pt _{3jg}	9	0.8	7.8	1.36	0.09	24.5	58.0	8.51	1.9	0.32	加疙瘩
3	阳起绿泥片岩	Pt _{3jg}	3	2.2	234.6	79.6	1.45	29.4	80.4	23.5	10.3	0.36	
4	变质砂岩	Pt _{3jg}	23	0.9	11.3	1.03	0.09	42	91.6	21.4	0.6	0.7	
5	变余粉砂岩	Pt _{3jg}	2	1.0	10.5	0.75	1.15	19.3	59.5	81.6	0.5	0.39	
6	绿泥片岩	Pt _{3jg}	19	0.7	14.0	2.5	1.45	75.0	93.0	59.0	0.4	0.4	
7	绢云绿泥片岩	Pt _{3jg}	5	1.8	12.4	1.9	0.58	52.1	193.6	23.5	1.1	2.3	
8	碳质板岩	Pt _{3jg}	4	4.7	199	10.0	27.0	41.0	63.0	67.0	0.6	1.2	
9	云母石英片岩	ϵ_1er	3	3.4	14.1	10.9	0.11	29.8	67.1	106.0	2.5	0.63	
10	片岩	ϵ_1er	29	1.94	30.52	1.38	0.034	107.38	55.83	23.32	5.59	0.69	莫尔道嘎
11	大理岩	ϵ_1er	9	0.42	104.8	1.42	0.16	96.0	26.77	7.22	0.99	0.11	
12	花岗岩	γ_4	19	0.5	38.0	1.5	1.0	32.0	92.0	11.0	0.1	1.0	加疙瘩
13	黑云母花岗岩	$\gamma\beta_5^2$	2	0.95	1.25	0.3	0.09	19.4	21.4	8.6	3.3	0.06	
14	粗斑状花岗岩	γ_5^2	12	1.73	37.0	2.0	0.19	83.66	55.75	17.3	2.86	0.33	莫尔道嘎
15	花岗岩	γ_5^2	52	0.63	40.48	1.43	0.17	99.75	55.62	11.34	1.26	0.29	
16	花岗闪长斑岩	$\gamma\delta_5^2$	10	0.34	18.19	0.22	0.023	127.87	81.79	8.28	1.05	0.23	
17	石英斑岩	$\lambda\pi_5^2$	4	1.05	28.14	0.19	0.078	512.70	13.12	5.27	3.89	1.78	
18	安山玢岩	$\alpha\mu_5^3$	10	0.42	24.35	0.37	0.045	433.12	60.00	17.51	3.42	.51	
19	流纹斑岩	$\lambda\pi_5^2$	1	0.3	332.8	13.2	0.11	39.0	42.6	18.2	5.4	0.51	加疙瘩
20	闪长岩	β_5^3	1	2.0	4.4	0.25	1.0	44.3	102.5	39.4	1.0	0.21	
21	安山玢岩	$\alpha\mu_5^3$	1	1.0	14.0	4.98	1.6	80.1	179.6	1.3	0.8	0.86	
22	石英脉	q	14	2.79	50.57	3.23	1.43	74.5	63.52	13.07	5.64	0.43	
地壳丰度(维氏值,1962)				4.3	0.5	1.7	0.07	16	83	47	1.1	0.009	

测试单位:黑龙江有色地质勘查局测试中心; *: $\omega(Au)/10^{-9}$ 。

表 4 韧性剪切带中加疙瘩群主要岩石类型

Au、Ag 含量 $\omega_B/10^{-9}$

岩石类型	Au		Ag	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值
云母片岩(16)	0.4~117	39.6	43~5009	843.3
浅粒岩(5)	0.3~312	72.5	28~5632	1207.8
变粒岩(6)	0.3~1.2	0.57	62~94	79.3

注:()内为样品数,资料来源于^[6]。

2.2 侵入岩成矿元素地球化学场特征

本区各类侵入岩中 As、Pb、Ag、Sb、Bi、Mo 为富集元素;Zn、Cu、Au 为贫化元素,与本区前中生代地层成矿元素特点具有一致性。以上 9 种元素按平均浓集克拉克值排序,依次为 31.5、8.8、4.3、4.3、3.3、2.4、0.84、0.32、0.24。流纹斑岩 As 和石英斑岩 Pb 丰度值最高,浓集克拉克值分别为 196 和 32;石英脉 Ag、Mo、Au 具有相对高丰度值,浓集克拉克值依次为 20.4、5.1、0.69。

3 地球化学场与成矿的关系探讨

额尔古纳成矿带岩石中成矿元素的分布与矿床、矿点、化探异常的分布在时空上有着密切的关

系,这种时空关系是由该区构造演化所形成的。

额尔古纳成矿带元古宇加疙瘩群和寒武系额尔古纳河组某些岩层中的 Cu、Pb、Zn、Ag、Mo 含量高,炭质板岩中(相对)富集 Au、Ag、Cu,韧性剪切带中岩石含 Au、Ag 较高。这与北段(包括中段部分地区)前中生代地层分布地区有大面积的 Cu、Pb、Zn、Au、Ag 化探异常和相应的矿点分布相一致。从这些地区的成矿条件和近年来的找矿成果来看,前中生代地层分布地区具备了形成与韧性剪切构造有关矿床的成矿地质条件,如双尖山—于里亚河金多金属矿化带、滨额尔古纳河的亚拉斯维尔沟—小伊诺盖沟金矿化带的矿化主要赋存于前中生代地层中。前中生代富含成矿元素的地层可能也是该区燕山期成矿作用的矿源岩^[5-6],虽然已知矿床的同位素资料没有直接证明这一点,但也不能否定这种可能性,因为成矿物质是经海西期、燕山期构造—岩浆活动多次活化、迁移富集成矿的。

燕山期的构造—岩浆—成矿作用形成次火山岩—斑岩型热液型矿床^[4,8],是本区主要成矿类型。燕山早期中深成花岗岩含 Mo 高,是斑岩型铜钼矿

床的有利围岩,燕山早期超浅成斑岩体含 Cu、Mo 高,是斑岩型铜钼矿的成矿母岩。乌奴格吐山铜钼矿床的成矿岩体为燕山早期花岗闪长斑岩,其围岩为燕山早期中深成黑云母花岗岩。铜矿质和部分钼矿质来自于成矿岩浆热液,而另一部分钼矿质则来自于黑云母花岗岩^[2,7]。

侏罗系南平组(J₂)和塔木兰沟组(J₃)富含 Ag、Pb、Zn,是本区银铅锌矿的主要赋矿地层,甲乌拉和查干布拉根大型银铅锌矿床赋存于南平组中,额仁陶勒盖银矿床,得耳布尔铅锌矿赋存于塔木兰沟组中。这些银铅锌矿的成矿母岩均为燕山晚期超浅成侵入岩。成矿物质部分来自于岩浆,部分来自于围岩地层^[7]。

3 结论与讨论

本区成矿作用是多期复杂地质作用的综合结果,至少经历了三期复杂地质作用^[5],其复杂性主要体现在本区构造环境的多次改变。第一期是在晚元古代至早古生代,本区经历了洋壳消减和挤压造山作用,使俯冲带上盘的岩石产生了加热、部分熔融和变质作用等综合效应,导致成矿元素活化,并向有利构造部位运移、聚集。第二期是在海西期,海西早期本区为岛弧环境,海西中晚期受到碰撞造山作用的强烈改造,使成矿元素在那些有利构造部位再一次富集。这两期地质作用为后期矿床形成作了充分物质准备。第三期是在燕山期,本区为拉张环境,强烈构造岩浆活动,使成矿元素最终富集成矿(王之田等,1988,1994)^[9]。

前中生代的一些地层中富含 Cu、Pb、Zn、Ag、

Mo,是形成与韧性剪切构造有关矿床的有利层位。燕山早期^[10]中—深成黑云母花岗岩富含 Mo,是该区斑岩型铜钼矿的有利围岩。燕山早期形成的超浅成斑岩富含 Cu、Mo,是斑岩型铜钼矿的成矿母岩。燕山晚期形成的次火山岩富含 Ag、Pb、Zn,是银铅锌矿的成矿母岩,侏罗系富含 Ag、Zn 的南平组或富含 Ag、Pb、Cu 的塔木兰沟组是浅成热液银多金属矿床的有利围岩。成矿物质一部分来自岩浆,一部分来自围岩。

[参考文献]

- [1] 任纪舜. 中国各部及邻区大地构造演化的新见解[J]. 中国区域地质, 1989, (31)4: 289 ~ 300.
- [2] Qin K Z, Wang Z T, Pan L J. Magmatism and Metallogenic systematics of the southern Erguna Mo, Cu, Pb, Zn and Ag belt, Inner Mongolia, China. In S Ishihara G K Czamanske eds [J]. Resource Geology Special Issue, 1995, (18): 159 ~ 169.
- [3] 潘龙驹, 孙恩守. 内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征[J]. 矿床地质, 1992, 11(1): 45 ~ 53.
- [4] 耿文辉, 王滋平, 姚金炎. 中国东部中生代陆相次火山岩型铜银矿床成矿地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2000, (36)1: 10 ~ 13.
- [5] 徐贵忠, 边千韬, 王艺芬. 额尔古纳造山带构造演化与成矿作用[J]. 地质科学, 1998, 33(1): 84 ~ 92.
- [6] 郝立波, 李殿超, 吕志成等. 内蒙古额尔古纳河韧性剪切带与金矿化[J]. 黄金, 2001, 22(3): 7 ~ 10.
- [7] 韩丽, 李广慧. 内蒙额尔古纳成矿带中生代火山岩浆活动与金属成矿的关系[J]. 岩石矿物学杂志, 17(1): 9 ~ 16.
- [8] 冯建忠, 王京彬, 梅友松. 论中国火山次火山—斑岩金银矿成矿系列[J]. 地质与勘探, 2000, (36)3: 1 ~ 4.
- [9] 王之田, 秦克章. 乌奴格吐山下壳源斑岩铜钼矿床地质地球化学特征与成矿物质来源[J]. 矿床地质, 1988, 7(4): 3 ~ 15.
- [10] 顾巧根, 季绍新. 得尔布干成矿带的火山—侵入杂岩及成矿作用[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1996.

CHARACTERISTICS OF TRACE ELEMENT GEOCHEMISTRY FIELD AND THEIR RELATIONS TO MINERALIZATION IN THE EERGUNA METALLOGENIC BELT

SHU Guang-long^{1,2}, LIU Ji-shun¹, WANG Li¹, MING Jin-xiang³

(1. Central South University, Changsha 410083; 2. Guilin Institute of Technology, Guilin 541004;

3. Heilongjiang Institute of Geology for Nonferrous Mineral, Harbin 150046)

Abstract: The Eerguna metallogenic belt is an important nonferrous metal metallogenic belt in the Northeast China. It lies on the Xing'an - Mongolia orogenic belt, which is on the south - east border of Siberia Plate. Mesozoic volcanic rocks and sedimentary detrital rocks outcrop on large area in the region, and Proterozoic and Paleozoic groups distribute sporadically. Magma activities are intensive, and can be divided into Hercynian, early Yanshanian and late Yanshanian periods. The study shows that Cu, Pb, Zn, Ag and Mo are fixed in pre - Mesozoic group, in which Ag content reaches 27×10^{-6} in upper Proterozoic carbonaceous slate. It has laid the mass foundation for the Yanshanian mineralization. Yanshanian tectono - magmatic activities further enriched mineralizing elements in some rocks. Early Yanshanian (Cu, Mo) - rich hyper - hypabyssal porphyries are mineralizing parent rocks of porphyry Cu - Mo deposits and the surrounding rocks of them are early Yanshanian Mo - rich granite. Late Yanshanian (Ag, Pb, Zn) - rich hyper - hypabyssal intrusives are mineralizing parent rocks of Ag - Pb - Zn deposits, and the wall rocks of them are (Ag, Zn) - rich Nanping group (J₂) or (Ag, Pb, Cu) - rich Tamulangou group (J₃).

Key words: trace element, geochemistry field, Eerguna metallogenic belt