

大兴安岭东南缘中酸性浅成侵入体 地质地球化学特征与铜矿化

郝立波, 段国正, 李殿超, 吕志成

(吉林大学 地球探测与信息技术学院, 吉林 长春 130026)

摘 要: 大兴安岭东南缘(突泉—天山)是重要的多金属成矿带。该区铜矿化主要与中生代酸性浅成—超浅成侵入体有密切的成因联系。文章论述了与铜矿化有关的中酸性浅成—超浅成侵入体的岩石学、岩石化学、微量元素特征,并阐述了该类型铜矿化的基本特点。

关键词: 中酸性浅成侵入体; 岩石化学; 微量元素; 铜矿床; 大兴安岭

中图分类号: P618.41; P588.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2001)01-0019-05

大兴安岭东南缘(突泉—天山)是重要的铜多金属成矿带。目前已发现有布敦花中型铜矿床、莲花山中型铜矿床、闹牛山小型铜矿床和塔尔布勒吉等一系列的铜矿(化)点。大量的研究表明,该区此类铜矿化与中生代中酸性的浅成—超浅成侵入体有密切的成因联系。总结与铜成矿有关的中酸性浅成—超浅成侵入体的地质和地球化学特征,对该区,乃至整个内蒙古东南部进一步开展同类铜矿的找矿工作,都有一定的借鉴意义。

1 地质背景

研究区属西伯利亚板块与中朝板块之间的乌拉尔—蒙古—鄂霍茨克显生宙地槽褶皱区的一部分。晚古生代,两大板块沿二连浩特—贺根山一线碰撞拼合,形成本区晚华力西褶皱带。由于西伯利亚板块与中朝板块之间的许多微板块在碰撞造山中的缓冲作用,致使该区造山作用并不强烈,具有“软碰撞、弱造山”特点。本区出露的地层主要为二叠纪的火山—沉积岩系和中生代陆相火山岩、火山—沉积岩系。下二叠统主要为一套海相火山喷发—碎屑岩沉积,分布广泛,但沉积厚度变化较大。上二叠统为陆相湖泊沉积,分布较局限。二叠系总体呈 NE 向展布,构成了本区褶皱带的主体。

自晚古生代以来,该区构造带岩浆活动频繁,形成了一系列的花岗岩。华力西晚期花岗岩规模较大,主要呈岩基产出,主要受 EW 向构造控制,多呈 EW 向展布。大量的研究表明,华力西晚期花岗岩形成于挤压环境下。中生代本区处于幔隆的伸展构造背景之下^[1],幔壳相互作用十分活跃,是该区构造—岩浆活动的高峰,表现出强烈的深源火山活动和大规模的板块内非造山花岗岩的侵位,并伴随一系列的 Cu, Pb, Zn, Ag, Sn 等金属成矿作用。

2 岩石学特征

与铜矿化有关的浅成侵入体主要分布在大兴安岭东南缘(突泉—天山)铜多金属成矿带的东北部(图 1),区域上受嫩江深大断裂的控制。此类岩体以岩株、岩脉状产出,规模较小。主要的岩石类型有闪长玢岩、斜长花岗斑岩、花岗闪长(斑)斑岩、二长花岗斑岩等,构成一套中酸性浅成超浅成侵入岩系。其侵入先后次序大致为:闪长玢岩—斜长花岗岩、花岗闪长(斑)岩—二长花岗斑岩。其中布敦花岩体中的斜长花岗斑岩 Rb-Sr 等时线年龄为(166±2) Ma,闹牛山岩体中的闪长玢岩 Rb-Sr 等时线年龄为(161.84±10.6) Ma,莲花山岩体中的斜长花岗斑岩锆石 U-Pb 等时线年龄为 161.75 Ma,形成时代为燕

收稿日期: 2000-09-22; 修订日期: 2001-02-22

基金项目: 国家教育部博士点基金项目(编号: 97018701)资助。

作者简介: 郝立波(1961-),男,吉林敦化人,教授,1982年毕业于长春地质学院地球化学与勘查专业,主要从事地球化学和勘查地球化学工作。

山早期早阶段。与铜矿化有关的岩体有布敦花岩体、莲花山岩体、闹牛山岩体、塔尔布勒吉岩体等。

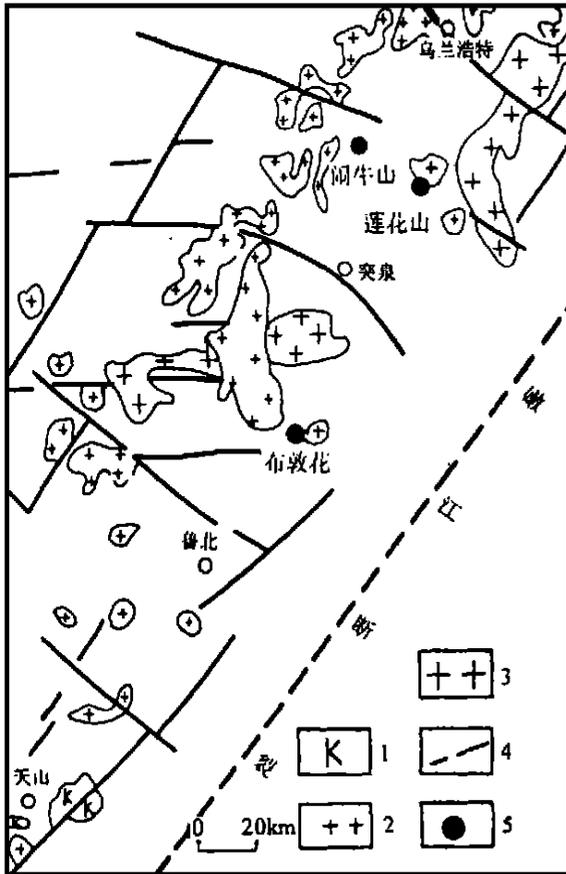


图1 大兴安岭东南缘侵入岩分布图

Fig. 1 Distribution of intrusive rocks in the southeast of the Da Xing'an Ling Mountains

1. 燕山晚期花岗岩
2. 燕山早期花岗岩
3. 华力西期花岗岩
4. 断裂
5. 铜矿床

闪长玢岩: 似斑状、多(聚)斑结构, 基质为微晶—细晶粒状结构。斑晶(20%~25%)主要为斜长石(20%~40%, $A_n = 30 \sim 63$)、普通角闪石(5%~25%)及少量辉石。基质(40%~80%)由微晶—细晶的斜长石($A_n = 28 \sim 49$)、普通角闪石及少量黑云母和石英组成。

斜长花岗斑岩: 斑状结构, 斑晶(15%~40%)为斜长石(10%~25%, $A_n = 11 \sim 25$)、条纹长石(0~5%)、石英(2%~10%)和黑云母(1%~5%)。基质为微晶—霏细结构, 主要由斜长石、钾长石、黑云母和石英等组成。

花岗闪长斑岩: 斑状结构, 斑晶(30%~40%)为

斜长石(10%~20%, $A_n = 17 \sim 34$)、条纹长石(5%~15%)、石英(5%~15%)、普通角闪石(0~5%)、黑云母(2%~5%)。基质(60%~70%)由微晶—细粒结构的斜长石、钾长石、黑云母和石英等组成。布敦花花岗闪长斑岩中发育有大量的闪长质包体, 多呈椭圆状, 规模在 $3 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \sim 8 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$ 。

二长花岗斑岩: 斑状结构, 交代结构, 斑晶(30%~45%)主要有斜长石(10%~15%, $A_n = 6 \sim 15$)、条纹长石(10%~15%)、石英(10~15%)及少量(2%~5%)的普通角闪石和黑云母组成。基质(55%~70%)由微晶状斜长石、钾长石、黑云母和石英等组成。

3 岩石化学

与铜矿有关岩体的岩石化学成分参数列于表1。闪长玢岩类 $w(\text{SiO}_2) = 50.09\% \sim 61.01\%$, 平均为 54.75% , $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 2.00\% \sim 7.98\%$, 平均为 4.89% , 且 $w(\text{Na}_2\text{O}) > w(\text{K}_2\text{O})$ 。莲花山与闹牛山闪长玢岩类岩石平均化学成分相近, 布敦花闪长玢岩类略偏酸性。花岗闪长岩类主要出现在布敦花杂岩体中, 其 $w(\text{SiO}_2) = 64.18\% \sim 69.84\%$, 平均为 67.41% ; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.54\% \sim 8.19\%$, 平均为 7.34% , $w(\text{Na}_2\text{O}) > w(\text{K}_2\text{O})$ 。斜长花岗斑岩主要分布在莲花山, $w(\text{SiO}_2) = 63.43\% \sim 70.69\%$, 平均为 67.92% ; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.54\% \sim 7.80\%$, 平均为 7.20% , $w(\text{Na}_2\text{O}) > w(\text{K}_2\text{O})$ 。花岗闪长斑岩类 $w(\text{SiO}_2) = 68.73\% \sim 72.15\%$, 平均为 70.17% ; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.69\% \sim 10.72\%$, 平均为 7.87% , 一般 $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$ 。莲花山和布敦花的花岗闪长斑岩类平均岩石化学成分相近, 闹牛山花岗闪长斑岩类略偏酸性。与中国同类岩石(黎彤等, 1962)相比, 具有富 SiO_2 , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 贫 FeO , MgO , CaO 的特点。二长花岗斑岩主要在莲花山和闹牛山杂岩体中, $w(\text{SiO}_2) = 67.62\% \sim 77.63\%$, 平均为 74.317% ; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 6.04\% \sim 9.14\%$, 平均为 7.85% , $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$ 。莲花山的二长花岗斑岩类明显比闹牛山更偏酸性。

岩石学和岩石化学特征表明, 与铜矿化有关的中酸性岩浆活动具有明显的涌动性, 并表现出强烈分异特征, 由早至晚向富 SiO_2 , K_2O , 贫 FeO , MgO , CaO 方向演化。

表 1 岩石化学成分及岩石化学参数表

Table 1 Petrochemical composition and parameters

 $w_B/\%$

岩体	莲花山				布敦花			闹牛山		
	闪长 玢岩	斜长花 岗斑岩	花岗闪 长斑岩	二长花 岗斑岩	闪长 玢岩	花岗 闪长岩	花岗闪 长斑岩	闪长 玢岩	花岗闪 长斑岩	二长花 岗斑岩
样品数	12	4	6	7	7	4	9	5	3	5
SiO ₂	53.02	67.92	70.23	76.31	57.46	67.41	69.77	53.13	71.23	71.49
TiO ₂	1.03	0.38	0.31	0.09	0.57	0.37	0.38	0.74	0.36	0.29
Al ₂ O ₃	17.18	15.92	15.23	12.03	16.55	14.58	14.01	15.48	14.69	14.77
Fe ₂ O ₃	2.07	1.01	0.56	0.64	2.46	2.47	1.93	2.09	1.67	0.77
FeO	6.34	2.30	1.32	1.14	4.24	2.30	1.72	6.70	1.38	1.16
MnO	0.14	0.06	0.05	0.04	0.15	0.07	0.08	0.16	0.04	0.04
MgO	4.78	1.12	0.84	0.19	2.81	1.23	1.19	5.89	0.66	0.55
CaO	7.69	2.32	1.76	0.80	5.03	3.15	2.37	9.03	1.74	1.11
Na ₂ O	3.52	5.07	4.82	3.38	4.20	3.89	3.75	2.66	3.70	3.17
K ₂ O	1.16	2.13	3.81	4.26	2.32	3.45	3.71	0.47	3.93	4.96
P ₂ O ₅	0.20	0.09	0.10	0.06	0.20	0.11	0.11	0.13	0.10	0.10
Na ₂ O+K ₂ O	4.68	7.20	8.62	7.64	6.52	7.34	7.45	3.14	7.63	8.13
Na ₂ O/K ₂ O	3.40	2.43	1.32	0.79	2.14	1.15	1.04	6.41	0.94	0.65
A/CNK	0.82	1.10	1.00	1.05	0.90	0.92	0.97	0.75	1.09	1.19
	2.26	2.14	2.76	1.77	2.99	2.23	2.09	0.89	2.07	2.38
AR	1.47	2.31	3.13	3.42	1.92	2.47	2.58	1.33	2.68	2.68
DI	40.24	74.96	84.16	89.98	57.79	72.33	76.87	34.26	80.11	84.67

注: A/CNK = Al₂O₃ / (CaO + Na₂O + K₂O) (分子数)

表 2 微量元素平均含量表

Table 2 Average contents of trace elements

 $w_B/10^{-6}$

岩体	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Ag	Sn	Rb	Sr	Ba
莲花山(10)	1388.5	21.4	11.8	457.5	2.1	4.6	62.1	53.9	20.2	0.28	4.4	78.5	234.7	524.2
布敦花(11)	2288.0	44.3	18.2	643.6	5.2	5.5	29.8	109.2	38.1	0.42	9.7	132.4	185.0	397.7
闹牛山(4)	1695.0	20.3	12.6	352.9	2.6	3.9	199.0	52.5	29.9	0.52	4.7	97.4	397.4	629.0
平均值	1833.3	31.3	14.8	522.6	3.5	4.9	69.8	78.0	29.6	0.38	6.8	105.2	238.8	485.3
C _v	0.38	0.50	0.42	0.53	0.73	0.46	1.42	0.98	0.77	0.71	0.75	0.35	0.61	0.46
中国花岗闪长岩*	2900	67	44	560	12	19	18.5	60	18	0.057	1.4	95	405	850

() 内数字为样品数, C_v 为变异系数, 等于标准差与平均值之比, * 引自据鄯明才等(1997)^[2]。

分析单位: 长春科技大学测试中心

4 微量元素特征

在各典型杂岩体中, 与铜成矿关系密切的花岗斑岩类(表 2)中的过渡元素 Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni 的质量分数均较低, 不同岩体平均质量分数有所差别, 布敦花杂岩中的花岗闪长斑岩类明显高于莲花山和闹牛山杂岩中花岗闪长斑岩类, 但均低于中国花岗闪长岩的平均值。Ti, V, Cr, Ni 的平均质量分数也明显低于花岗岩的平均值(维诺格拉多夫, 1962)。大阳离子元素 w (Rb) 与中国花岗闪长岩的平均值相当,

但明显低于维氏值, w (Sr) 和 w (Ba) 较低, 特别是 w (Ba) 明显偏低, 这是大兴安岭中生代花岗岩的普遍特点^[3]。

花岗闪长斑岩类中成矿元素 Cu, Zn, Pb 质量分数变化较大, 其变异系数分别为 1.42, 0.98 和 0.77, 这是判断岩体成矿的重要标志之一。花岗闪长斑岩类中成矿元素 Cu, Ag, Sn 质量分数普遍较高, 特别是 w (Ag), w (Sn) 平均值分别是中国花岗闪长岩平均值的 6.7 倍和 4.9 倍。

各主要岩石类型稀土元素地球化学特征参数统计(表 3)表明: 闪长玢岩类稀土元素总量较低, w (REE) 一般为 $71.5 \times 10^{-6} \sim 119.2 \times 10^{-6}$, w

(LREE) w (HREE) = 4.5 ~ 9.3, 钕亏损不明显。斜长花岗斑岩类 w (REE) 一般为 $71.7 \times 10^{-6} \sim 94.3 \times 10^{-6}$, w (LREE) w (HREE) 值较高, 变化在 9.5 ~ 15.5, 属轻稀土强烈富集型, 具有微弱的钕亏损。花岗闪长岩类 w (REE) 较高, w (LREE) w (HREE) 较

低, 具有较明显的钕亏损和微弱的铈亏损。花岗闪长斑岩类稀土元素总量较高, 且变化大, w (REE) = $124.4 \times 10^{-6} \sim 193.9 \times 10^{-6}$, 钕亏损明显, (Eu) = 0.34 ~ 0.75。二长花岗斑岩稀土元素总量低, 具有强烈的钕亏损。

表3 稀土元素地球化学参数表

Table 3 Geochemical parameters of rare earth elements

岩石类型	闪长玢岩	斜长花岗斑岩	花岗闪长岩	花岗闪长斑岩	二长花岗斑岩
样品数	7	4	2	11	1
w (REE) / 10^{-6}	97.90	81.48	135.70	144.40	87.46
w (LREE) / w (HREE)	6.21	13.33	8.61	8.92	8.41
(Eu)	0.90	0.83	0.52	0.51	0.26
(Ce)	1.03	0.92	0.91	0.96	1.03
w (La) / w (Yb _(N))	6.21	22.25	8.58	9.25	8.22
w (La) / w (Sm _(N))	2.58	4.01	3.44	3.73	4.25
w (Sm) / w (Nd)	0.22	0.18	0.19	0.20	0.19

注: 稀土总量中未计 Y, (N) 为球粒陨石标准化值

5 矿化特征

在 3 个典型矿区和一些矿化点中, 铜矿化均与闪长玢岩-斜长花岗斑岩-花岗闪长(斑)岩-二长花岗斑岩杂岩体有关。特别是与斜长花岗斑岩、花岗闪长(斑)岩和二长花岗斑岩关系最为密切。在布敦花矿区的金鸡岭矿段, 铜矿化主要产于花岗闪长斑岩与下二叠统大石寨组的外接触带和斑岩体内部, 铜矿体受斑岩体顶界面形态的控制, 矿体呈似层状、透镜状, 与斑岩矿体顶界面大致平行, 矿化以网脉浸染状、浸染状和细脉状为主。在孔雀山矿段则表现为脉状矿化, 矿体产于花岗闪长岩-花岗闪长斑岩杂岩体外接触带的下二叠统大石寨组浅变质的砂板岩中, 矿化以细脉状为主。

在莲花山矿田的陈台, 铜矿化主要发育在花岗闪长斑岩-斜长花岗斑岩体穹起顶部的内外接触带中, 矿化以细脉浸染状为主。莲花山矿区铜矿化主要受 3 条走向 NW 的断裂带控制, 北部矿脉群位于北部斜长花岗斑岩脉外接触带的闪长玢岩内, 中部矿脉群位于两条斜长花岗斑岩脉之间, 南部矿脉群产于中部斜长花岗斑岩脉南侧的中侏罗统万宝组的砂砾岩和安山-英安质火山岩中。矿脉展布方向与斜长花岗斑岩脉一致, 以脉状矿化为主。闹牛山铜矿化主要发育在花岗闪长斑岩体附近的围岩中, 在岩体内

也见矿化蚀变, 赋矿围岩主要为安山玢岩、安山质角砾凝灰岩、闪长玢岩等。总之, 铜矿化与斜长花岗斑岩、花岗闪长(斑)岩和二长花岗斑岩有密切的时空关系, 铜矿体既有以细脉浸染状形式产于岩体内的, 也有产于岩体内外接触带的网脉状铜矿体以及产于外接触带的脉状铜矿体, 形成斑岩型和热液脉状铜矿床。形成的矿床类型主要取决于侵位深度、构造条件和围岩性质等。

由于围岩性质、成矿条件等差异, 围岩蚀变特点有所不同。布敦花的金鸡岭和莲花山的陈台发育一套高温到中低温的斑岩型铜矿化蚀变, 莲花山围岩蚀变主要为电气石化、阳起石化、绿帘石化、绿泥石化、硅化和碳酸岩化等。闹牛山主要为钾长石化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、硅化和碳酸岩化等。布敦花孔雀山矿段主要为黑云母化、钠长石化、绢云母化、绿泥石化、硅化和碳酸岩化等。主要的金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿等, 在陈台和闹牛山还见辉钼矿, 在莲花山发现有深红银矿、硫锑铜银矿、银黝铜矿, 在布敦花的金鸡岭矿段发现有锑银矿, 孔雀山矿段矿石中银的质量分数也较高, 但未发现独立银矿物。此类矿床中银含量较高, 与花岗闪长斑岩类含银普遍较高相吻合。

布敦花矿床成矿温度主要在 470 ~ 140 , 莲花山矿床成矿温度主要在 320 ~ 240 。此类矿床中硫同位素 (^{34}S) 变化范围较窄, 一般在 $-4.5 \times 10^{-3} \sim 3.0 \times 10^{-3}$, 具有典型岩浆热液的硫同位素特征。氢

氧同位素研究表明, 其成矿流体以岩浆热液为主, 并有少量的大气降水参与^[4]。

6 认识与结论

(1) 本区中生代处于幔隆的伸展构造背景之下, 幔壳相互作用活跃, 强烈的深源岩浆活动为铜成矿提供了良好的条件, 是寻找铜矿床的最佳地区之一。

(2) 该区与铜矿化有关的岩体是一套中酸性浅成—超浅成杂岩体, 岩石类型较复杂, 主要有闪长玢岩、斜长花岗(斑)岩、花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩等。与成矿关系密切的花岗闪长(斑)岩、斜长花岗斑岩和二长花岗斑岩规模较小, 主要呈岩脉、岩株产出。岩石化学成分具有强烈分异特征。岩浆活动与深大断裂活动关系密切, 可能来源于下地壳或上地幔, 与铜成矿流体属于同一深源岩浆不同演化阶段的产

物。

(3) 与铜矿化关系密切的花岗闪长斑岩类中成矿元素 Cu, Zn, Pb 的质量分数变化较大, Ag, Sn 质量分数普遍较高, 这也是找矿的重要参考标志之一。

参考文献:

- [1] 邵济安, 张履桥. 大兴安岭中南段中生代的构造热演化[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(3): 193-200.
- [2] 鄢明才, 迟清华. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 73-75.
- [3] 郝立波, 段国正. 大兴安岭锡多金属成矿带花岗岩地球化学特征[J]. 世界地质, 1998, 18(2): 66-72.
- [4] 盛继福, 李岩, 王湘元, 等. 内蒙布敦花铜矿床地质特征及成矿作用[A]. 张德全, 赵一鸣. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集[C]. 北京: 地震出版社, 1993. 116-125.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF INTERMEDIATE-ACIDIC HYPABYSSAL INTRUSIVE ROCKS AND THEIR RELATIONS TO COPPER METALLOGENESIS IN THE SOUTHEAST OF THE DA XING'AN LING MOUNTAINS

HAO Li-bo, DUAN Guo-zheng, LI Dian-chao, LU Zhi-cheng

(College of GeoExploration and Information Technology, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The southeast of the Da Xing'an Ling Mountains is an important copper-polymetal metallogenic belt in which the close relationship between copper mineralization and intermediate-acidic hypabyssal intrusive rocks is recognized. The characteristics of these rocks in petrology, petrochemistry, trace element geochemistry and their mineralization are introduced in this paper.

Key words: Intermediate acidic hypabyssal intrusive rocks; petrochemistry; trace element geochemistry, copper deposits; Da Xing'an Ling Mountains