

地质·矿床

内蒙古突泉县莲花山银铜矿床成矿地质背景探讨

肖丙建,王伟德,张 强,李宪栋,王真亮,刘 同,胡来龙

(山东省第七地质矿产勘查院,临沂 276006)

[摘 要] 文章通过对莲花山银铜矿床与成矿关系较密切的次火山岩的岩石化学、微量元素、稀土元素和同位素分析,对该矿床的成矿地质背景进行了探讨;认为莲花山银铜矿床是在太平洋板块向亚洲大陆板块俯冲下产生的弧后引张区,由来源于上地幔或下地壳的深源钙碱性岩浆多次上侵,在相对封闭的还原环境下形成的中高温热液矿床。

[关键词] 银铜矿床 次火山岩 成矿地质背景 内蒙古突泉县

[中图分类号] P618.52; P618.41 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2008)01-0026-05

0 引 言

莲花山银铜矿床位于大兴安岭新华夏系巨型隆起带中段东缘,东临松辽中生代盆地,嫩江大断裂西侧,属突泉—鲁北中生代火山凹陷带。矿床中心地理坐标为东经 121°52′32″,北纬 45°35′59″。莲花山银铜矿床是 1981 年发现的中型铜矿,由吉林省地质局第三地质调查所进行勘探^①。莲花山银铜矿床已探明矿体 30 多条,按空间分布关系划分为 3 个矿脉群,矿体总体走向 300°~310°,倾向北东,倾角 50°~70°,矿体长一般 300~500m,最长者可达 700m 以上;延深 150~300m,深者 400m;厚度一般 1.14~3.39m,最厚可达 10m;Cu 品位一般 0.7%~1.45%,伴生 Ag 品位一般 $44.87 \times 10^{-6} \sim 67.45 \times 10^{-6}$ 。矿床处于区域性东西向和南北向构造带交汇部位,经多次构造活动所形成的野马古生代隆起和万宝—牡丹江中生代断陷盆地的隆起交接带上,矿体的产出受东西向、南北向两组交切的复合构造控制,而其旁侧北西向构造断裂的次级裂隙带控制了矿体的生成和分布。矿区地层主要为古生界下二叠统大石寨组黑色、灰绿色变质凝灰岩和中生界侏罗系万宝组灰白色砂砾岩、黄褐色粉砂质板岩、斑点板岩,呼日格组灰白色英安质凝灰熔岩;其中大石寨组地层是形成矿体的直接围岩和赋矿层位。矿区内岩浆活动频繁,主要由中性偏基性闪长玢岩类、中酸性—酸性花岗闪长岩和斜长花岗斑岩以及中性—中酸

性次火山岩;矿床的形成是由于岩浆的多次侵入活动,尤其与次火山岩的闪长玢岩、斜长花岗斑岩侵入有密切的关系,详见图 1,矿床成因属中温热液型铜矿床^②。有的认为是与陈太屯斜长花岗斑岩有关的斑岩型铜矿^[1-2];有的认为是与中生代火山岩有关的火山角砾岩型铜矿^[3-4];还有的认为是与中生代闪长岩体有关的夕卡岩型铜矿^[5]。文章主要以与成矿关系较密切的岩浆岩和次火山岩为主要研究对象,从岩石化学、微量元素、稀土元素和同位素的角度探讨该矿床的成矿地质背景,对寻找类似的多金属矿床起到借鉴作用。

2 成矿地球化学特征

2.1 岩石化学特征

该区与成矿关系密切的岩石为火山岩和次火山岩,岩石的化学成分见表 1。从表中看出,与中国同类岩石相比,火山岩中安山岩、英安岩的 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 含量略高,FeO 偏高,Fe₂O₃ 偏低;闪长岩类中 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 、Fe₂O₃ 含量偏低,Al₂O₃、FeO、MgO、CaO 含量偏高;斜长花岗斑岩类中 SiO_2 略高, Na_2O 偏高, K_2O 、Fe₂O₃、FeO、CaO 偏低。通过计算,区内岩石的钙碱指数为 58,里特曼指数 σ 在 1.2~2.2 之间,说明该区的火山岩和次火山岩属钙碱性岩系列,是上地幔的橄榄岩在含水时因部分熔融而生成的安山质岩浆^[6]。从图 2 看出,岩石的 Fe、Mg、Al、Ca、Na、K 特征反映,岩浆岩从早期到晚期逐渐

[收稿日期] 2006-02-14; [修订日期] 2007-02-12。

①吉林省地质局第三地质调查所. 内蒙古自治区突泉县莲花山矿区铜银矿初步勘探报告, 1981。

②山东省第七地质矿产勘查院. 内蒙古自治区突泉县莲花山矿区铜银矿资源潜力调查报告, 2005。

[第一作者简介] 肖丙建 (1970 年—),男,1991 年毕业于山东科技大学,获学士学位,工程师,现主要从事区域地质调查和矿产地质勘查工作。

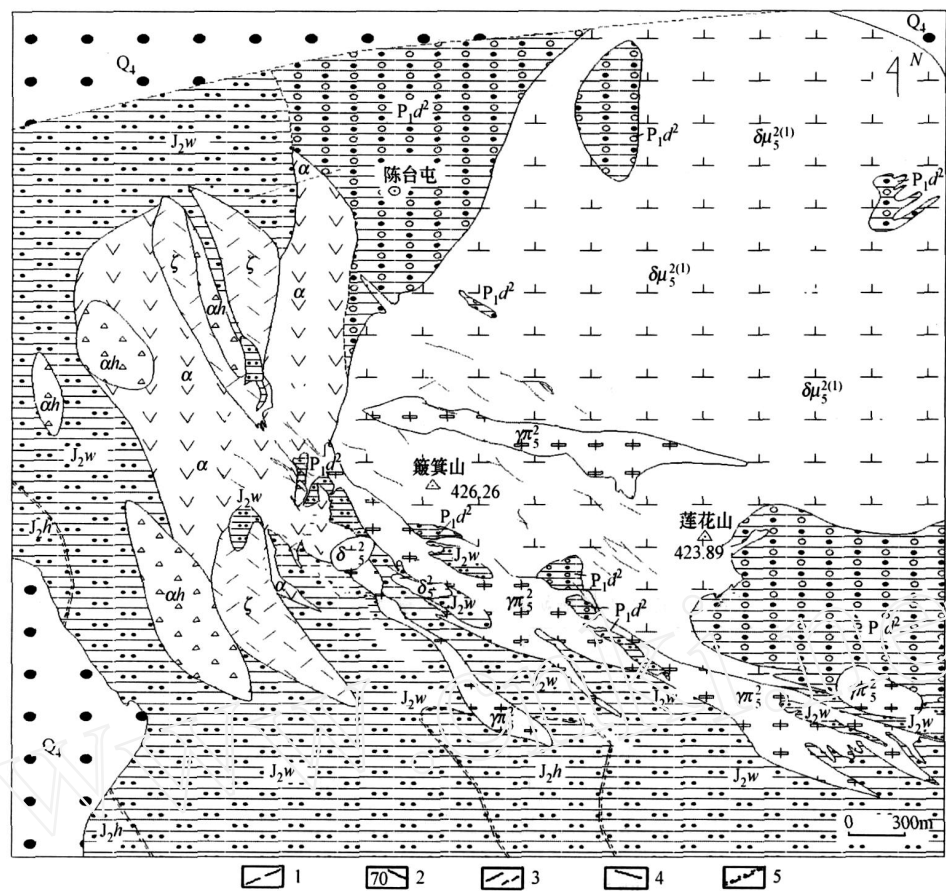


图 1 内蒙古自治区突泉县莲花山铜银矿区地质图

Q₄—第四系; P₁d²—二叠系大石寨组; δμ₅²⁽¹⁾—闪长玢岩; αh—角砾安山岩、安山质熔岩; J₂h—侏罗系呼日格组; γπ₅²—花岗斑岩; δμ—闪长玢岩脉; ζ—英安岩、英安角砾熔岩; J₂w—侏罗系万宝组; δ₅—闪长岩; α—安山岩; 1—矿体; 2—推测断层; 3—实测推测地质界线; 4—推测平行不整合接触界线; 5—产状

表 1 莲花山银铜矿床岩浆岩岩石化学成分分析结果表

岩石名称	ω _B /%											σ	
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O + K ₂ O		
石英闪长岩	56.78	0.70	17.96	2.71	5.90	0.18	4.18	5.31	3.00	0.64	3.64	1.54	5.98
中细粒闪长岩	55.17	0.89	17.31	1.94	5.85	0.10	3.35	6.27	3.54	1.80	5.35	1.30	5.74
闪长玢岩	55.44	0.90	16.58	1.16	6.17	0.12	4.57	6.72	3.46	0.86	4.32	1.26	4.91
斜长花岗斑岩	70.68	0.28	14.50	0.22	2.05	0.06	0.80	1.86	4.48	3.90	8.38	2.15	26.6
蚀变斜长花岗斑岩	69.83	0.40	15.49	0.29	1.39	0.04	1.13	2.19	5.36	2.72	8.08	2.20	21.0
安山岩	57.09	1.08	15.63	2.06	9.06	0.15	3.06	2.42	3.77	0.83	4.60	1.31	10.4
角砾英安岩	70.15	0.32	14.05	0.66	2.88	0.06	0.95	1.19	3.39	4.34	7.73	2.18	11.5
中国闪长岩	57.39	0.89	16.42	3.10	4.15	0.18	3.77	5.58	4.26	2.57	6.83	黎彤	
中国花岗闪长岩	64.98	0.52	16.33	1.89	2.49	0.09	1.94	3.70	3.67	2.95	6.62		

注:吉林省地质局实验室·内蒙古自治区突泉县莲花山铜银矿区初步勘探报告,1981,表 2~6同。

向富 SiO₂、Na₂O、K₂O 的方向演化,铁镁质逐渐降低。从图 3 看出,矿区岩浆作用晚期向两个方向演化,一个向富钾的方向,一个向富钠的方向。这说明岩浆在深部以安山质岩浆为主,在侵入到地壳中时,由于壳源物质的加入,使岩浆向两个不同的方向演化。

1.2 微量元素特征

区内中生代侵入岩和晚侏罗世火山岩、次火山岩十分发育,分布于整个矿区,不同岩石类型微量元

素的平均含量见表 2。从表中可看出,主要成矿元素 Cu、Ag、Pb、Zn 等普遍高于维氏值,其中 Cu 高出 3.9~5.2 倍,Ag 高出 11.4~54.3 倍,其他主要成矿元素含量均增高数倍。表明莲花山地区次火山岩浆中 Cu、Ag 等成矿元素的含量较高,与矿床的形成有密切的关系。图 4、图 5 显示,成矿元素随着岩浆的演化递增,而 Sr/Ba 比值的变化在中性岩中较高,反映岩浆同源演化的特点。从化学成分和演化特点分

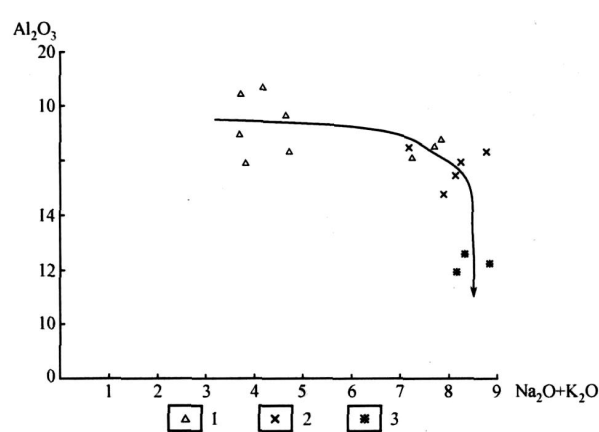


图 2 矿区岩浆岩 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 变异图解

1—次火山岩、闪长玢岩及花岗闪长岩；2—脉状斜长花岗斑岩；3—陈台屯斜长花岗斑岩

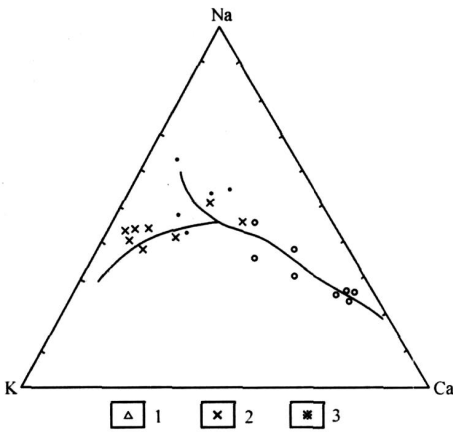


图 3 矿区岩浆岩 $\text{Ca}-\text{Na}-\text{K}$ 图解

1—脉状斜长花岗斑岩；2—陈台屯花岗斑岩体；3—闪长玢岩

表 2 莲花山银铜矿床岩浆岩微量元素分析结果表

岩石名称	Cu	Pb	Zn	Ag	Mo	As	Au	Ti	Mn	Cr	Ni	Co
闪长玢岩	104.4	14.4	52.2	3.6	33.3	133.3	0.012	4000	400	30	20	20
斜长花岗斑岩	81.7	46.7	206.7	3.8	36.7	116	0.16	6000	300	30	30	40
安山岩	77.3	15.4	93.3	0.80	3.15	110	0.013	5000	260	33.8	73.4	31.6
酸性岩	20	20	60	0.05	1	1.5	0.0015	8000	600	25	8	5
中性岩	35	15	72	0.07	0.9	2.4	-	9000	1200	50	55	10

析,早期火山喷发活动 - 次火山岩侵入,使岩浆热液中 Cu、Ag 等成矿元素进一步活化富集,在岩浆期后的有利空间沉淀。岩石中 Ni、Co 等幔源组分含量较高,表明成矿物质来源于上地幔或下地壳。后期由于火山岩 - 次火山岩在上侵过程中混染围岩中物质,使成矿元素含量降低,Fe、Mg、Ca 等非成矿元素的增加,使矿石品位明显变低,在陈台屯斜长花岗斑岩中较明显^[7-8]。

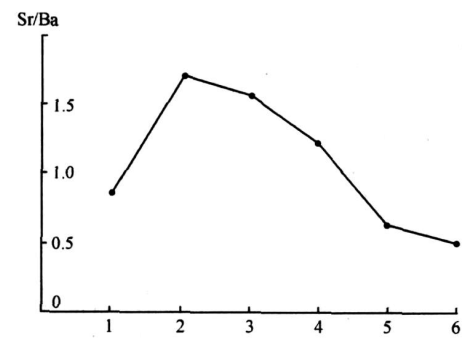


图 4 矿区不同岩石 Sr/Ba 比值变化曲线

1—次火山岩；2—闪长玢岩；3—闪长岩；4—陈台屯花岗斑岩；5—脉状斜长花岗斑岩；6—陈台屯斜长花岗斑岩

1.3 稀土元素特征

区内火山岩和次火山岩稀土元素含量和参数特征见表 3、表 4。表中反映出不同岩石类型的岩石稀

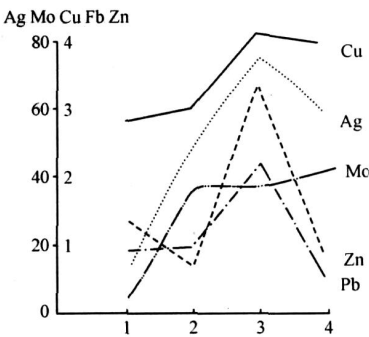


图 5 不同岩石中成矿元素与克拉克值比值曲线图

1—次火山岩；2—闪长玢岩；3—脉状斜长花岗斑岩；4—陈台屯花岗斑岩

土总量明显不同,闪长玢岩和火山岩稀土总量比较接近,而斜长花岗斑岩的稀土总量最高。这反映岩石演化明显不同,可分为两个系列:①由玄武安山岩 - 安山岩 - 闪长岩 - 闪长玢岩组成的中基性 - 中性岩;②斜长花岗斑岩 - 英安岩 - 流纹岩组成的中酸性 - 酸性岩。

岩石中轻稀土元素明显富集, ΣCe 为 $40.71 \times 10^{-6} \sim 104.21 \times 10^{-6}$, $\Sigma \text{Ce} / \Sigma \text{Y}$ 为 $1.17 \sim 4.02$ 。Eu 负异常以中酸性岩较明显 (图 6)。 δCe 为 $0.82 \sim 1.04$, Ce 异常不明显。岩石的稀土元素配分曲线为轻稀土富集的右倾曲线,演化趋势基本相近,中基

性的安山岩类和闪长岩类具轻微的铕负异常,中酸性-酸性岩类具较强的铕负异常,说明各类岩浆的来源、演化和生成环境相同。安山岩类和闪长岩类稀土元素配分曲线光滑平直,轻微向右倾斜,具较明显的幔源特征;英安岩和斜长花岗斑岩稀土元素配

分曲线 V 型特征明显,显示壳幔混溶特征。总体上看,稀土元素化学特征说明岩浆来源于上地幔或下地壳,是同一岩浆源不同阶段不同程度岩浆同化混染壳源物质分异演化的结果^[9]。

表 3 莲花山银铜矿床岩浆岩稀土元素分析结果表

$\omega_B/10^{-6}$

岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
闪长玢岩	7.01	16.69	2.42	10.90	2.88	0.81	3.23	0.57	3.85	0.76	2.21	0.34	2.16	0.32	21.39
斜长花岗斑岩	25.44	46.70	5.07	22.28	4.04	0.70	3.27	0.45	2.70	0.51	1.37	0.21	1.31	0.20	15.89
安山岩	7.89	18.17	2.22	10.78	2.64	0.82	2.87	0.44	2.93	0.59	1.72	0.27	1.65	0.25	16.17
英安岩	11.58	19.88	3.36	13.50	3.47	0.18	3.07	0.53	3.45	0.86	1.93	0.33	2.24	0.34	20.62

表 4 莲花山银铜矿床岩浆岩稀土元素特征参数表

岩石名称	$\Sigma\text{REE}/10^{-6}$	ΣCe	ΣY	$\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$	δEu	δCe
闪长玢岩	75.54	40.71	34.63	1.17	0.82	1.01
斜长花岗斑岩	130.12	104.21	25.92	4.02	0.56	0.97
安山岩	69.41	42.52	26.89	1.58	0.91	1.04
英安岩	85.12	51.95	33.17	1.57	0.17	0.82

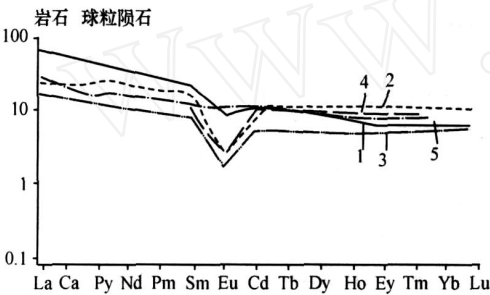


图 6 矿区火山岩稀土元素配分模式图
1—花岗闪长斑岩;2—闪长玢岩;3—斜长石英斑岩;4—流纹岩;5—玄武安山岩

1.4 同位素特征

莲花山银铜矿床次火山岩铅同位素见表 5。岩石铅同位素组成变化不大,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 在 18.259~18.505 之间,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 在 15.542~15.638 之间,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 在 38.083~38.431 之间,源区特征值较低,且分布其中; μ 为 9.34~9.52, Th/U 为 3.60~3.69,具正常铅的特征。Doe 模式年龄 128Ma~184Ma,属燕山早期至晚期不同阶段形成的侵入岩,与稀土元素特征得出的结论基本一致。

表 5 莲花山银铜矿床岩石铅同位素测定结果表

岩石名称	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	Doe 模式 年龄 /Ma	μ	Th/U
闪长玢岩	18.505	15.638	38.431	146	9.52	3.69
斜长花岗斑岩	18.259	15.581	38.083	128	9.34	3.60
安山岩	18.287	15.542	38.083	184	9.36	3.63

1.5 成矿地质背景分析

1.5.1 成矿物质来源

根据矿石中单矿物硫同位素测定结果(表 6),硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 的值为 +1.0‰~+1.9‰,变化范围较小,接近陨石硫,属深部硫源。岩石中主要成矿元素 Cu、Ag、Pb、Zn 等高出背景值数倍, Ni、Co 等幔源组分含量较高,均反映成矿物质来源于上地幔或下地壳。Fe、Mg、Ca 等物质的含量与地壳丰度值接近,或略低。成矿实验证明,大量的 Fe、Mg、Ca 等物质带入到含矿热液中,对 Cu^{2+} 的迁移不利,因而原始含矿热液中不可能含有大量的 Fe、Mg、Ca 等物质与 Cu^{2+} 一起运移,而是在原始岩浆上侵过程中从围岩中捕获。因此,来源于上地幔或下地壳的深源含有大量的成矿物质的原始岩浆热液的多次上侵是形成矿床的物质基础^[4]。

表 6 莲花山银铜矿床矿石单矿物硫同位素测定结果表

样品编号	矿物名称	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	$^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$
Yd ₂ W2-单 1	黄铜矿	+1.9	22.134
Yd ₂ W3-单 2	黄铜矿	+1.6	22.140
Yd ₂ W4-单 1	闪锌矿	+1.1	22.151
Yd ₂ W5-单 2	闪锌矿	+1.0	22.154
Yd ₂ W6-单 1	黄铁矿	+1.4	22.145
Yd ₂ W7-单 1	辉钼矿	+1.5	22.143

1.5.2 成矿环境分析

据单矿物包体测温结果,金属矿物的形成温度在 200℃~350℃之间,而黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿主要形成温度在 240℃~320℃之间,毒砂的形成温度略高,为 320℃~355℃,属于中高温环境;矿床中矿石矿物主要以硫化物为主,反映出贫氧富硫相对较封闭的还原环境。从火山岩的 lgσ~lgτ 图(图 7)判断,区内中性的闪长岩类岩石投影到 A 区,即稳定的非活动带火山岩区,但靠近 B 区;中酸性-酸性的英安岩类和花岗岩类岩石投影到 B 区,即造山带

火山岩区,属岛弧及活动大带边缘区。结合区域成矿特点看,该区的构造环境是在太平洋板块向亚洲大陆板块下俯冲产生的弧后引张区,是在相对封闭的还原环境下形成的中高温热液矿床^[10]。

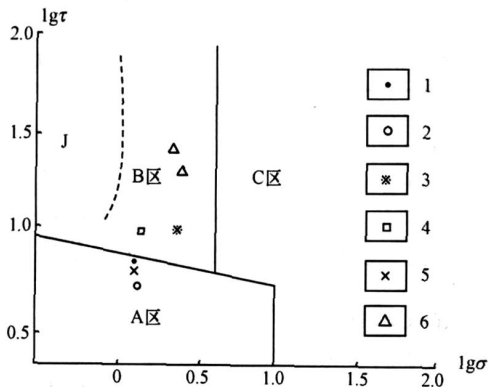


图 7 研究区火山岩的 $\lg\sigma$ - $\lg\tau$ 图解

1—石英闪长岩; 2—闪长玢岩; 3—角砾英安岩; 4—安山岩;
5—闪长岩; 6—斜长花岗斑岩; A区—非活动带(稳定区)火山岩;
B区—造山带(岛弧及活动大带边缘区)火山岩; C区—A区及B区液化的碱性石灰岩; J—日本岛弧火山岩的分布范围

2 结 论

通过以上对莲花山银铜矿床中次火山岩的岩石化学、微量元素、稀土元素和同位素特征的分析,得出以下结论:

- 1) 矿床的物质来源于上地幔或下地壳,是同一岩浆源不同阶段不同程度多次侵入形成的。
- 2) 次火山岩中主要成矿元素 Cu、Ag、Pb、Zn 等

的丰度值较高,高出背景值数倍,是形成矿床的物质基础。

3) 燕山早期,由于太平洋板块向亚洲大陆板块下俯冲,该区构造活动频繁,引发上地幔岩浆沿北西向构造活动带侵入,形成该区中基性—中性—中酸性—酸性的岩石组合。该矿床就是在多期岩浆侵入活动过程中形成的中高温热液矿床。

[参考文献]

- [1] 王京彬,王玉往,王莉娟. 大兴安岭中南段铜矿成矿背景及找矿潜力[J]. 地质与勘探, 2000, 36(5): 1 - 4.
- [2] 冯建忠,王京彬,梅友松. 论中国火山次火山岩—斑岩型金银成矿系列[J]. 地质与勘探, 2000, 36(3): 1 - 4.
- [3] 高友库,孙家枢,等. 大兴安岭东坡闹牛山—居里河一带铜多金属成矿规律[J]. 内蒙古科技与经济, 2005, 5: 19 - 23.
- [4] 孙家枢,高友库,等. 大兴安岭东坡闹牛山—居里河一带火山构造体系及其控矿特征[J]. 内蒙古科技与经济, 2005, 13: 14 - 17.
- [5] 罗周全,戴兴国. 内蒙古闹牛山—居里河铜多金属矿带化探异常的构造控制分析[J]. 地质与勘探, 2001, 37(4): 19 - 24.
- [6] 卫管一,张长俊. 岩石学简明教程[M]. 北京:地质出版社, 1995: 73 - 75.
- [7] 刘光海,白大明. 莲花山银铜矿床综合找矿模式[J]. 矿床地质, 1994, 13(2): 163 - 170.
- [8] 康明,岑况,等. 内蒙古东部闹牛山—巨里河铜多金属矿带岩浆活动与成矿关系[J]. 现代地质, 2004, 18(2): 210 - 216.
- [9] 张百胜. 闹牛山铜矿床火山机构控矿特征及次火山岩系列演化[J]. 矿产与地质, 2000, 14(5): 299 - 302.
- [10] 康明,戴兴国,罗周全. 内蒙古闹牛山—巨里河铜多金属矿带化探异常的构造控制分析[J]. 地质与勘探, 2001, 37(4): 53 - 55.

GEOLOGY BACKGROUND OF LIANHUA SHAN Ag - Cu DEPOSIT IN TUQUAN COUNTY, INNER MONGOLIA

XIAO Bing - jian, WANG Wei - de, ZHANG Qiang, LI Xian - dong, WANG Zheng - lang, LIU Tong, HU Lai - long
(No. 7 Institute of Geology and Mineral Resources of Shandong Province, Linyi 276006)

Abstract: Based on analyses of petrochemistry, rare elements, rare earth elements and isotope elements, geology background of Lianhuashan Ag - Cu deposit is discussed. The deposit is located in a stretch region of back arc produced by subduction of Pacific Ocean plate to Asia plate. It is considered that Lianhuashan Ag - Cu deposit is a middle - high temperature hydrothermal deposit formed in a relative close and reduction environment, and by repeated calc - alkaline intrusive coming from upper mantle and lower crust.

Key words: Ag - Cu deposit, volcanic rock, geology background, Tuquan County, Inner Mongolia