内蒙古东部闹牛山铜矿成矿地质背景分析①

耿文辉[1,2]，姚金炎[2]
(1. 成都理工大学，四川 成都　610059；2. 桂林矿产地质研究院，广西 桂林　541004)

摘　要：通过对闹牛山铜矿区与成矿有关的次火山岩岩石化学分析，以及对矿区火山-次火山岩微量元素、稀土元素的分析，结合相关的铅同位素分析，综合分析了该矿床的成矿地质背景。认为：闹牛山铜矿床构造环境属于大陆边缘裂陷带的局部隆起区，成矿火山岩浆为钙碱性，其来源于地壳深部或上地幔，并有上部地壳物质混染。

关键词：铜矿床；成矿地质背景；次火山岩；内蒙古东部
中图分类号：P618.41　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-5663(2004)03-0240-04

闹牛山铜矿床是与内蒙古东部中生代陆相火山活动关系密切的一个次火山岩型矿床，在大兴安岭地区具有重要意义。它处于大兴安岭火山—侵入岩区的中段，嫩江—八里罕深大断裂的西侧，大兴安岭火山岩带的布哈特旗—多伦火山活动亚带中。矿床产于巨力—突泉火山地堑盆地的闹牛山隆起状火山机构中，形成“盆中窿”控矿特征。矿区出露最老地层为二叠系下统西乌珠穆沁旗组，为一套浅变质的变质砂岩、砂板岩、砾岩的浅海相碎屑沉积建造；中生界为火山岩盖层，上侏罗统玛尼吐组、白音高老组都为中基性—酸性火山碎屑岩。火山岩浆和侵入活动频繁，主要有闪长玢岩、花岗闪长玢岩、斜长石英斑岩、花岗斑岩。矿床与火山隐爆角砾岩有关，斜长石英斑岩被隐爆或震碎后成为矿体的直接围岩。本文以矿区产出的次火山岩及部分火山岩为主要研究目标，从岩石化学、微量元素、稀有元素、稀土元素及铅同位素角度探讨该矿床的成矿地质背景。

1　成矿地球化学特征

1.1　岩石化学成分

与该矿床成矿有关的次火山岩主要是中—酸性岩类，岩性为闪长玢岩、花岗闪长斑岩、斜长石英斑岩、花岗斑岩。表 1 列出了岩石化学分析结果。由表 1 看出：与中国同类岩石相比，中酸性—酸性岩类的 SiO_2 含量较高，而 Al_2O_3 则相对较低；除闪长玢岩含铁镁等矿物，使铁镁含量升高外，其他岩类全铁含量均较低；里特曼指数 σ 为 0.46～2.19，属钙碱性岩系。大多数岩类 K_2O/Na_2O 小于 1(仅花岗闪长斑岩大于 1)，相对富钠，反映岩浆是同源不同阶段演化的产物。将花岗斑岩、花岗闪长斑岩、斜长石英斑岩数据经过处理后投到 R_1—R_2 图解上，它们都落入地幔分离区，说明它们的岩浆来源于地壳深部或上地幔。同时由于斜长石英斑岩 $Na_2O > K_2O$，属富钠型次火山岩，与中国东部铜矿成矿岩浆母岩类似，是对铜多金属成矿有利的岩石类型。

1.2　微量元素特征

区内广泛发育中生代火山岩，特别是晚侏罗世火山岩系遍布矿区，表 2 列出了部分火山—次火山岩微量元素分析结果。从表 2 可看出，Cu、Ag 等成矿元素含量一般高于同类岩石的维氏值，说明闹牛山地区火山—次火山岩浆中含有较高的 Cu。并表明区内铜矿化与火山岩浆作用关系密切。随着早期火山喷发—次火山岩浆超浅成侵入(如玄武安山岩、闪长玢岩)，使 Cu 等元素在火山岩浆期后富集沉淀，除 Cr、Ti 外，其他幔源组分 Ni、Co、V 丰度值一般较高。但是，到了岩浆分异演化的晚期(如斜长石英斑岩)，幔源组分明显降低，说明成矿物质来源于上地幔或下地壳，这样，使得火山岩浆在上升侵位过程中，而混染了壳源物质。

① 收稿日期：2004-05-11　作者简介：耿文辉(1956-)，男，教授级高级工程师，长期从事地质找矿与矿体地质科研工作。
基金项目：科技部社会公益研究专项资助项目。项目编号：2001DIB10054。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　闹牛山次火山岩岩石化学主要成分分析结果

Table 1　Result of major rock chemistry composition analyse of the subvoclanic rock in Naoniushan

$w_B/10^{-2}$

岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	K_2O/Na_2O	σ	资料来源
花岗斑岩	72.52	0.2	13.49	0.53	2.36	0.53	1.53	3.78	2.54	0.67	1.36	本次研究
斜长石英斑岩	79.180	0.03	13.09	0.30	0.63	0.60	1.05	3.40	0.66	0.19	0.46	
花岗闪长斑岩	71.27	0.28	13.95	1.37	1.42	0.83	1.23	3.43	4.42	1.29	2.19	
闪长斑岩	51.06	0.95	15.18	3.47	7.02	5.32	11.21	2.73	0.65	0.24	1.41	
中国闪长岩	57.39	0.89	16.42	3.10	4.15	3.77	5.58	4.26	2.57			黎彤
中国花岗闪长岩	64.98	0.52	16.33	1.89	2.49	1.94	3.70	3.67	2.05			
中国石英斑岩	72.88	0.32	14.15	0.84	1.43	0.69	1.66	3.70	2.61			

注: 本次研究数据由桂林矿产地质研究院测试中心测试(1996)。

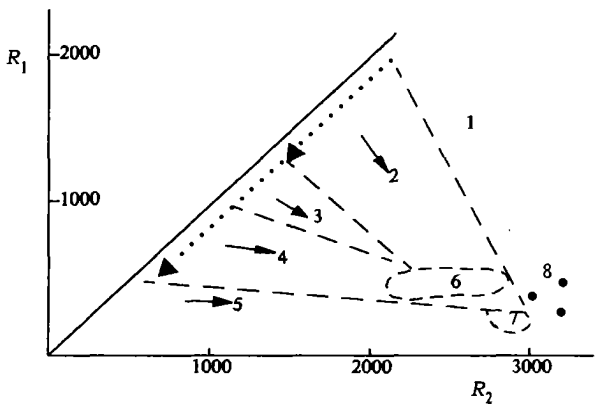


图 1　R_1—R_2 图解(R. A. Batchelor 等)

Fig. 1　R_1—R_2 diagram

1- 幔源花岗岩　2- 板块碰撞前消减地区花岗岩　3- 板块碰撞后隆起期花岗岩　4- 造山晚期花岗岩　5- 非造山期花岗岩　6- 同碰撞期花岗岩　7- 造山期后花岗岩

Perace 利用 Rb- (Yb+ Ta) 图解判别火山岩的构造环境。将闹牛山地区火山岩—次火山岩的 Rb、Ta+ Yb 投影在 Rb- (Yb+ Ta) 图上(图 2), 反映该区火山—次火山岩形成于板内环境。由大兴安岭所处大地构造位置, 可知该区为活动大陆边缘。对活动大陆边缘环境来说, 钙碱性系列火山岩中 Rb、Sr 浓度是大陆厚度的可靠记录。图 3 表明, 安山岩投影位于 20km～30km 线之间, 用日本与爪哇的大陆壳厚度与距毕乌夫带关系图估算, 得出大兴安岭的地壳厚度所反映的岩浆来源深度约为 150km。

1.3　稀土元素特征

区内火山—次火山岩的稀土元素分析结果列于表 3; 不同岩类稀土元素特征参数综合于表 4; 稀土元素配分模式见图 4。可归纳出如下特征:

(1) 不同类型岩石稀土总量变化较大, 斜长石英斑岩稀土总量最低, $w(\Sigma REE) = 56.04\times10^{-6}$, 花岗闪长斑岩最高, $w(\Sigma REE) = 130.12\times10^{-6}$。稀土总量

表 2　闹牛山矿区火山—次火山岩微量元素分析结果

Table 2　Result of trace element analyse of the volcanic-subvolcain rocks in the Naoniushan ore field

$w_B/10^{-6}$

岩石名称	Cu	Pb	Zn	Au[1)]	Ag	Co	Ni	Cr	Ti	Sr	V	文献来源
玄武安山岩	50.2	21	90	2.34	0.312	31.6	73.4	33.8	5177	376.7	326.2	本次研究
玄武安山岩	176.4	12	113	2.14	0.335	39.4	75.3	26.6	4274	402.9	290.9	
闪长玢岩	212.0	8	77	3.36	0.350	40.2	194.9	308.1	5030	243.6	277.7	
闪长玢岩	58.7	29	70	3.76	0.428	19.7	42.2	35.3	4216	220.5	305.1	
花岗闪长斑岩	41.2	19	43	0.6	0.285	< 3.5	18.3	7.6	1477	275.5	24.2	
花岗闪长斑岩	28.5	17	58	4.41	0.520	< 3.5	15.8	5.8	1489	219.3	16	
斜长石英斑岩	23.7	< 7.5	11	0.90	0.125	< 3.5	13.0	15	139	21.8	< 15	
斜长石英斑岩	86.8	< 7.5	18	1.33	0.970	< 3.5	15.6	7.8	104	38.4	< 15	
酸性岩	20	20	60	4.5	0.05	5	8	25	2300	300	40	维氏值
中性岩	35	15	72	-	0.07	10	55	50	8000	800	100	

注: 1 本次研究数据由桂林矿产地质研究院测试中心测试(1996)。1)w (Au) 单位为$\times10^{-9}$。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

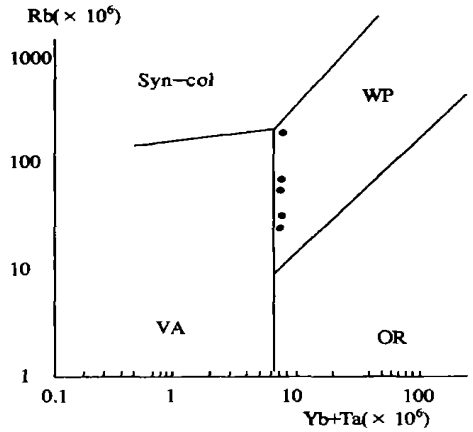


图 2 Rb —(Yb+ Ta)相关图(J. A. Pearce)

Fig. 2 Rb —(Yb+ Ta)Correlation diagram

WP- 板内 VA- 火山弧 Syn- Col- 同碰撞

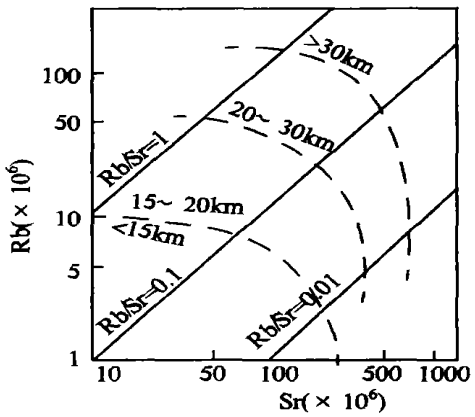


图 3 Rb- Sr 浓度与大陆地壳厚度关系图(Condie)

Fig. 3 Relationship diagram of Rb-Sr content with continent crust thickness

表 3 闹牛山火山岩—次火山岩稀土元素含量分析结果

Table 3 REE value of the volcanic-subvolcanic rock in Naoniushan $w_B \times 10^{-6}$

岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
玄武安山岩	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
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
花岗闪长斑岩	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
次斜长石英斑岩	8.19	16.34	1.95	7.88	1.85	0.13	1.65	0.30	2.09	0.39	1.17	0.20	1.26	0.19	12.46
流纹岩	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

资料来源: 本次研究数据由湖北省地质实验研究所测试(1995)。

表 4 闹牛山火山岩—次火山岩稀土元素特征参数

Table 4 Parameter of REE of the volcanic-subvolcanic rock in Naoniushan

岩石名称	ΣREE($\times 10^{-6}$)	ΣCe	ΣY	ΣCe/ΣY	δEu	δCe
玄武安山岩	69.41	42.52	26.89	1.58	0.91	1.04
闪长玢岩	75.54	40.71	34.63	1.17	0.82	1.01
花岗闪长斑岩	130.12	104.21	25.92	4.02	0.56	0.97
次斜长石英斑岩	56.04	36.34	19.70	1.84	0.22	1.02
流纹岩	85.12	51.95	33.17	1.57	0.17	0.82

总体反映两个系列: ①由玄武安山岩→闪长玢岩→花岗闪长斑岩组成的中基性—中酸性系列, 稀土总量显示逐渐增高趋势; ②由斜长石英斑岩→流纹岩组成的酸性岩类, 稀土总量也有增高的趋势。说明稀土元素演化较完整。

(2) 各类岩石轻稀土富集, ΣCe/ΣY 一般为 1～4。Eu 负异常以中酸性岩类较明显, 但达不到典型的 V 字型(部分重熔岩浆)现象。ΔCe 为 0.82～1.19, Ce 异常不明显。

(3) 从早到晚, 即从闪长玢岩→花岗闪长斑岩→次斜长石英斑岩, δEu 逐渐降低, δEu 分别为 0.82、0.56、0.22, 说明岩浆源来源于地壳深部以下。随着岩浆分异演化, 壳源物质逐渐加入, 到岩浆演化晚期, 受到壳源物质的强烈混染, 表现为较明显的 Eu 负异常。火山岩也具有相似稀土配分模式特征。

因此, 火山—次火山岩稀土元素地球化学特征表明, 本区岩浆来源于地壳深部或地幔, 是同一岩浆源不同阶段不同程度岩浆同化混染壳层物质分异演

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

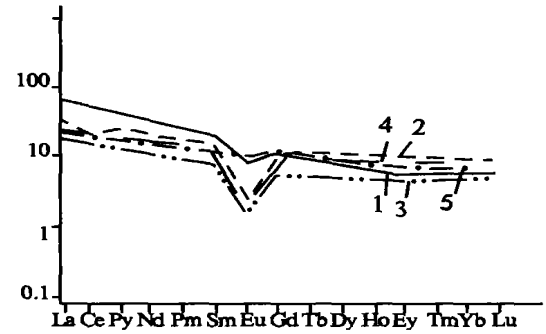


图 4　闹牛山矿区火山岩稀土元素配分模式图

Fig. 4　REE partitioning pattern diagram of the volcanic rock in Naoniushan

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

化的结果。

1.4　铅同位素特征

闹牛山火山岩、次火山岩铅同位素组成列于表 6。岩石铅同位素组成变化不大，$^{206}Pb/^{204}Pb$ 在 15.259～18.510 之间，$^{207}Pb/^{204}Pb$ 在 15.521～15.646 之间，$^{208}Pb/^{204}Pb$ 在 38.083～38.431 之间；源区特征值较低，而且分布较集中，μ 为 9.30～9.54，Th/U 为 3.59～3.69，具正常铅的特征。在 Doe and Zartman 铅构造模式图上(图 5)，数据点基本落在造山带铅演化曲线附近，但随着酸度的演化，有地幔→造山带→上地壳演化的趋势。说明本区金属成矿元素来源与板块活动有关，在造山带可以使深达地幔的物质上侵到地表浅处造成火山喷发。成矿元素通过火山作用从深部被带到地表浅部。这与岩石化学、微量元素、稀土元素特征基本一致。Doe 模式年龄集中在

表 5　闹牛山岩石铅同位素组成

Table 5　Values of lead isotope of rocks in Naoniushan

测定岩石	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	Doe 模式年龄(Ma)	μ	Th/U	资料来源
安山岩	18.287	15.542	38.083	184	9.36	3.63	本次研究
安山岩	18.296	15.548	38.123	185	9.37	3.65	本次研究
闪长玢岩	18.411	15.521	38.114	65	9.30	3.59	本次研究
安山岩	18.329	15.537	38.248	147	9.34	3.68	本次研究
花岗闪长斑岩	18.505	15.638	38.431	146	9.52	3.69	本次研究
花岗闪长斑岩	18.510	15.646	38.417	152	9.54	3.68	本次研究
斜长石英斑岩	18.259	15.581	38.083	128	9.34	3.60	本次研究

注：桂林矿产地质研究院重点实验室测试(1995)。

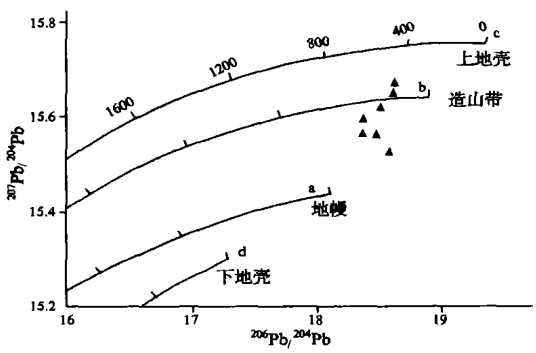


图 5　闹牛山岩石铅同位素构造模式图

Fig. 5　Model of lead isotope of rocks in Naoniushan

a- 地幔铅演化曲线　b- 造山带铅演化曲线　c- 上部地壳铅演化曲线　d- 部地壳铅演化曲线

(Doe and Zartman)

90Ma～150Ma 左右，为燕山晚期产物，基本代表火山—次火山岩成岩年龄。

2　成矿地质背景

中生代时期，大兴安岭—燕山火山活动带处于亚洲大陆边缘裂陷带，是太平洋板块向亚洲大陆俯冲产生的弧后引张区，自中侏罗世晚期以后，本区构造活动增强，区域性深大断裂控制火山岩活动，岩浆房向上移动，岩浆向酸性方向演化，产生钙碱性系列为主的安山岩—英安岩—流纹岩组合，中酸性次火山岩体多侵位在断陷盆地中或断陷地边缘。矿床与次火山岩产出位置相同。从以上结果讨论，认为本区成矿地质背景为：构造环境属于大陆边缘裂陷带的局部隆起区，成矿火山岩浆来源于地壳深部或上地幔，并有上部地壳物质混染。

参考文献：

[1]　李忠军．闹牛山铜矿床次火山岩及成矿的关系[J]．矿产与地质 1995, 9(3).

[2]　姚金炎．我国东部一种重要的矿床类型—次火山岩型矿床[J]．矿产与地质 1994, 8(4).

[3]　赵一鸣．内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式[J]．

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

地震出版社, 1994.
[4] Batchelor, R.A 等, 利用多阳离子参数对花岗岩系作成因解释[J]. 基础地质译丛, 1986, (4).
[5] Pearce, J.A. Trice element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of grantic rocks. Journal of petrology. 1984, 25(4).

METALLOGENIC BACKGROUND OF THE NAONIUSHAN COPPER DEPOSIT, EAST INNER MONGOLIA

GEN Wen-hui[1,2], YAO Jin-yan[2]
(*Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, Guangxi*, 541004, *China*)

Abstract: Metallogenic background of the Naoniushan copper deposit comprehensively analysed through the rock chemistry analysis of the associated subvolcanic rock with mineralization, trace element and REE analysis of the volcanic-subvolcanic rocks in the ore field, combined with the related lead isotope analysis. It is considered that the tectonic environment of the Naoniushan copper deposit was attributed to the local rising area in continent margin depression zone and the metallogenic volcanic magma was calc-alkaline originated in deep crust or mantle and hybridized with upper crust matter.

Key Words: copper deposit; metallogenic background; subvolcanic rock; east inner mongolia

(上接第 239 页)

(3) 与金矿化有关的蚀变有黄铁绢英岩化、黄铁矿化、绿帘石化、绿泥石化、磁铁矿化、绢云母化、硅化、电气石化、阳起石化、镜铁矿化等。其中黄铁绢英岩化、黄铁矿化、绢云母化、硅化、镜铁矿化与金矿化关系最为密切。

(4) 由于金矿化与黄铁绢英岩化、黄铁矿化、磁铁矿、镜铁矿化关系密切, 因而沿接触带有较明显的磁异常显示, 异常形态规整。磁异常△Z> 500NT 的地段, 均有不同程度的金矿化。

(5) 赋矿层位为三叠系上统高山寨组(T_3g)砂岩、板岩及砂板岩。流纹斑岩 Au 背景值为 0.98×10^{-9}, 也是很好的矿源层。

(6) 根据化探异常, 地表出现规模较大的远程元素 As、Ag 异常, 反映出成矿具一定深度, 存在半隐伏矿体的可能。

(7) 区内成矿具多期、多来源的特点。第一次发生青-藏-滇次板块与扬子板块的拼贴, 致使岩浆侵位, 地壳重融, 成矿元素活化、运移, 并形成了哀牢山深大断裂, 为成矿提供了运移通道; 第二次为流纹斑岩的喷出, 带来了一定的金矿化。第三次形成了哀牢山、绿春-黄草岭构造剪切带, 发生动力变质作用, 受其影响, 金得到了进一步迁移、富集, 局部形成了矿(化)体。区域上的多个 Au 化探异常主体可能是由该次成矿作用形成。第四次是岩甲岩体的侵位, 在岩浆热液的作用下, Au(Cu、Fe)聚集在含硫的热液中。热液充填于控矿断裂、节理、裂隙和岩体接触带, 产生交代、蚀变, 吸取了更多的 Au, 随温度的下降, 含金热液在有利空间固结、定位, 形成金矿体。

综上所述, 岩甲地区虽然地质工作程度低, 尚未发现可供开发的金矿体, 但岩甲正长斑岩岩体接触带具备形成金矿体的良好条件, 是找金的优选靶区。

参考文献:

[1] 李朝阳, 等. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
[2] 金志升, 黄智龙, 朱成明. 云南三江地区富碱侵入岩与煌斑岩的同源性[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(4): 222-224.
[3] 温汉捷, 裘愉卓, 胡耀国, 等. 滇西乏乡滇西北斑岩型金矿成矿地质特征及控矿条件研究[J]. 地质与勘探, 2000, 39(3): 14-19.

GOLD METALLOGENETIC GEOLOGILCAL CONDITION IN THE CONTACT ZONE OF ORTHOPYRE IN YANJIA

RONG Hui-feng, LIL iang-yun, ZHOU Shi-ping, LIL iang
(*Yunnan Institute for Nonferrous Geological Survey, Kunming* 661052, *China*)

Abstract: Porphyry gold deposits are one of the important type of gold depostits in Yunnan. The metallogenetic geologilcal condition of the orthophyre contact zone in YanJia during the Ximalaya period is analysed in this paper. It has summarized that the orthopyre contact zone and its side structural fractures provide good condition to form gold deposit in YanJia.

Key Words: gold depesit; the metallogenetic geologilcal condition; orthophyre; YanJia

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net