再论北票二道沟金矿床成矿物质来源

马　光, 刘继顺, 张洪培
(中南大学地学与环境工程学院)

摘要: 辽宁北票二道沟金矿床成矿物质, 来源于太古界片麻岩及燕山晚期岩浆岩。以前曾认为燕山晚期岩浆岩属于重熔型花岗质岩石, 但经过笔者对岩石和矿石的稀土元素、同位素及岩石地球化学指标等方面研究表明: 不是重熔型花岗质岩石, 而是同熔型花岗质岩石。这种新认识为研究二道沟金矿床成矿地质地球化学条件及成因探讨、加强二道沟矿床进一步深入工作及扩大找矿范围, 拓宽了思路。

关键词: 二道沟金矿床; 稀土元素; 岩石地球化学; 同熔型花岗质岩石
中图分类号: P618.51　　文献标识码: B　　文章编号: 1001-1277(2004)10-0011-05

1　区域及矿区地质特征

二道沟金矿床区域上位于华北地台北缘内蒙地轴上的努鲁儿虎隆起区, 是天山—阴山东西向复杂构造带与新华夏系大兴安岭隆皱区南端的斜接复合部位[1]。区内分布的地层主要有太古界建平群变质岩及中生界侏罗系火山岩等。其中建平群变质岩主要有斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩和角闪质岩及磁铁石英岩等(见图 1)。原岩恢复为一套富含铁镁质的中基性火山岩与火山碎屑岩, 经多次构造运动变质而成, 它们组成了内蒙地轴的结晶基底, 是二道沟矿区金矿脉的围岩。矿体主要受对面沟花岗闪长岩岩体接触带及 NW 向和近 EW 向断裂的控制。对面沟花岗闪长岩岩体的侵入不仅产生热液叠加, 活化了新的成矿物质, 更重要的是它侵位时形成的放射状、环状侵入穹窿构造为热液提供了理想的成矿场所。成矿物质主要来自于太古界片麻岩及燕山期片麻状二长花岗岩和斑状花岗闪长岩。近矿围岩蚀变主要为硅化和绢云母化。矿石主要由石英、黄铁矿、黄铜矿等组成, 其中石英与黄铁矿是主要载金矿物。

2　稀土元素特征

由于稀土元素化学性质稳定, 在各种地球化学作用过程中行为基本一致, 因而起到指示剂的作用。所以笔者将二道沟矿区主要岩石类型和 2 个金矿脉的稀土元素含量及其特征值列表(见表 1), 并由此做出矿区火山—侵入岩和矿石的稀土元素球粒陨石标准化分布图(见图 2)。由表 1 可看出:

(1) 岩石稀土元素的含量随岩石酸性程度的增高而增高, 与辽西早太古宙表壳岩稀土元素地球化学特征相一致。

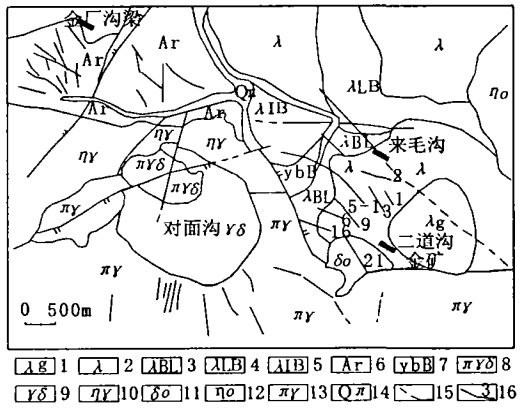


图 1　二道沟金矿地质图①

1—球粒流纹岩　2—流纹岩　3—流纹质角砾熔岩　4—流纹质熔岩角砾岩　5—流纹质熔结角砾岩　6—斜长角闪片麻岩　7—隐爆角砾岩　8—斑状花岗闪长岩　9—花岗闪长岩　10—片麻状二长花岗岩　11—石英闪长岩　12—石英二长岩　13—斑状花岗岩　14—石英斑岩　15—实测及推测断层　16—矿脉及编号

(2) 岩石与矿石的轻稀土总量(ΣLREE) 明显大于重稀土总量(ΣHREE), L/H 值变化在 6.82~17.59 之间, 呈现轻稀土元素富集程度明显高于重稀土元素的特征。

(3) 燕山早期岩石的重稀土含量(ΣHREE) 明显大于燕山晚期岩石及矿石的重稀土含量(ΣHREE)。

(4) 岩石和矿石的轻稀土元素含量差异性不明显。

收稿日期: 2004-04-14
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40072032)
作者简介: 马　光(1965-), 男, 在读博士生, 内蒙古赤峰人, 主要从事矿产普查与成矿作用研究; 中南大学地学与环境工程学院, 410083

①辽宁省北票市二道沟金矿典型矿床研究报告. 1988.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 二道沟矿区主要岩石类型的稀土元素分析结果及特征值

	岩(矿)石类型	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
燕山早期	流纹岩	45.000	72.000	10.000	34.000	5.916	0.880	4.408	0.684	3.710	0.156	1.740	0.406
	石英闪长岩	12.800	52.000	7.890	29.000	5.684	1.620	4.756	0.765	3.590	0.707	1.510	0.348
	闪长玢岩	18.600	37.000	5.200	17.200	3.828	0.920	3.596	0.580	3.360	0.661	1.540	0.336
燕山晚期	片麻状二长花岗岩	38.000	72.000	8.800	30.000	4.640	0.960	3.480	0.498	2.160	0.440	0.830	0.208
	中细粒花岗闪长岩	30.000	56.000	7.500	24.000	4.176	1.010	3.248	0.464	1.920	0.406	0.810	0.208
	斑状花岗闪长岩	23.000	47.000	6.400	20.000	3.828	0.800	2.784	0.464	1.770	0.406	0.800	0.208
	21 号脉矿石	25.000	48.700	5.500	17.400	3.100	0.730	2.700	0.380	1.390	0.310	0.770	0.160
	2- 1 号脉矿石	18.600	39.400	5.100	17.400	3.400	1.180	2.900	0.360	1.460	0.360	0.860	0.170

	岩(矿)石类型	Yb	Lu	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	L/H	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$	$(Ce/Yb)_N$	δEu
燕山早期	流纹岩	2.320	0.350	184.40	170.63	13.77	12.39	13.08	4.78	1.53	8.03	0.51
	石英闪长岩	1.720	0.460	124.82	110.96	13.86	8.01	5.02	1.42	2.23	7.82	0.93
	闪长玢岩	1.970	0.450	97.68	85.19	12.49	6.82	6.37	3.06	1.47	4.86	0.75
燕山晚期	片麻状二长花岗岩	1.000	0.230	164.45	155.60	8.85	17.59	25.62	5.15	2.81	18.62	0.70
	中细粒花岗闪长岩	1.060	0.230	131.94	123.60	8.35	14.81	19.08	4.52	2.47	13.67	0.81
	斑状花岗闪长岩	1.040	0.210	109.68	102.00	7.68	13.28	14.91	3.78	2.16	11.69	0.72
	21 号脉矿石	0.730	0.160	107.69	101.09	6.60	15.32	23.09	5.07	2.98	17.26	0.75
	2- 1 号脉矿石	0.770	0.210	92.45	85.36	7.09	12.04	16.29	3.44	3.04	13.24	1.12

注: 分析数据来源同图 1, 笔者进行球粒陨石标准化; $w_B/10^{-6}$

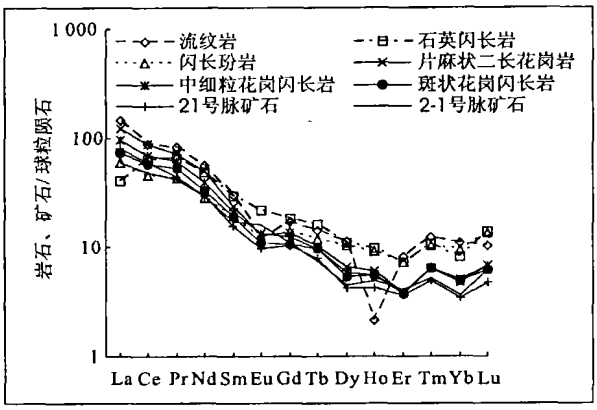


图 2 火山一侵入岩和矿石稀土元素球粒陨石标准化图

(5) 21 号矿石的稀土元素总量(ΣREE) 和轻稀土总量(ΣLREE) 都明显高于 2- 1 号矿石稀土总量(ΣREE) 和轻稀土总量(ΣLREE)。

由图 2 可看出, 各种岩石和矿石稀土元素曲线形态非常相似, 均是较为平缓的右倾型。一般 Eu 有微弱的负异常(只是流纹岩有弱的负异常 δEu 为 0.51 和 2- 1 号矿石有微弱的正异常 δEu 为 1.12)。但在重稀土方面, 曲线又明显分成两组: 流纹岩、石英闪长岩和闪长玢岩为一组, 片麻状二长花岗岩、斑状花岗闪长岩和矿石为另一组, 说明 21 号和 2- 1 号两矿脉与片麻状二长花岗岩、斑状花岗闪长岩有成因上的联系。

从表 1 稀土元素特征值可见:

(1) $(La/Yb)_N$ 比值, 岩石主要分成 5.02~ 13.08 和 14.91~ 25.62 两组。$(Ce/Yb)_N$ 比值, 岩石也分成 4.86~ 8.03 和 11.69~ 18.62 两组。由于 $(La/Yb)_N$ 和 $(Ce/Yb)_N$ 都反映岩石稀土元素分馏程度, 所以两参数表明片麻状二长花岗岩、花岗闪长岩和矿石中稀土元素分馏程度明显高于流纹岩、石英闪长岩和闪长玢岩。

(2) 片麻状二长花岗岩的 $(La/Yb)_N$ (25.62)、$(Ce/Yb)_N$ (18.62) 分别与 21 号矿脉的 $(La/Yb)_N$ (23.09)、$(Ce/Yb)_N$ (17.26) 接近, 说明片麻状二长花岗岩和 21 号矿脉稀土元素分馏程度相近。

(3) $(La/Sm)_N$ 比值, 21 号矿脉(5.07) 接近片麻状二长花岗岩(5.15), 而 2- 1 号矿脉(3.44) 更接近斑状花岗闪长岩(3.78)。

(4) 21 号矿脉为弱负 Eu 异常(δEu 为 0.75), 而 2- 1 号矿脉具弱的正 Eu 异常(δEu 为 1.12), 表明 2 条矿脉成矿条件不同: 21 号矿脉是较深部还原条件下的产物, 而 2- 1 号是较浅部氧化条件下形成的[2]。

以上特征说明: 21 号矿脉与片麻状二长花岗岩有关, 2- 1 号矿脉与斑状花岗闪长岩关系密切。

3 讨 论

下面着重研究与成矿作用有关的二道沟岩浆岩的岩石地球化学、同位素及稀土元素等特征。

(1) 将本区岩浆岩的元素地球化学指标, 与徐克勤"华南三个成因系列花岗岩鉴别标志"相比较后发现: 与徐克勤的过渡性壳幔同熔型花岗岩相符合(见表 2)。在岩石化学方面: $w(SiO_2)$ 为 66.10% ~ 71.38%, $A/(C+N+K) < 1.0$, 也完全符合壳幔源同熔型的地球化学指标, 即: $w(SiO_2)$ 为 64.0% ~ 72.0%, $A/(C+N+K) < 1.0$, 并且 K_2O-SiO_2 呈线性正相关关系[5]。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(2) 同位素特征值是公认的解决岩石成因最有效的手段之一, 由于它的示踪意义, 近年来受到国内外许多矿床学家的重视[3~8]。辽西地区中生代火山岩的锶同位素初始比值($^{87}Sr/^{86}Sr$) 变化范围较大(玄武岩为 0. 704 74~ 0. 708 75, 安山岩为 0. 704 96~ 0. 705 95, 粗安岩为 0. 704 96~ 0. 705 95, 英安岩为 0. 707 6, 流纹岩为 0. 708 1~ 0. 719 9) (王来春, 1985) ; 而对面沟岩体的锶同位素初始比值介于 0. 704~ 0. 708之间(刘刚) , 表明花岗质岩浆来自上地幔且受到了地壳硅铝层的混染[9]。($^{87}Sr/^{86}Sr$) 为 0. 704~ 0. 708, $\delta^{18}O$为- 5. 18‰~ 4. 08‰, 均符合壳幔源锶同位素($^{87}Sr/^{86}Sr$) < 0. 710 特征和壳幔源 $\delta^{18}O$< 10‰特征[10, 11]。

表 2　二道沟花岗岩与华南地区花岗岩对比表

	华南地区			二道沟
	幔源型	过渡性壳幔同熔型	陆壳改造型	过渡性壳幔同熔型
K_2O-SiO_2		呈线性相关关系	不呈线性相关关系	呈线性相关关系
A/(C•N•K)	< 1. 0	< 1. 0	> 1. 0	基本小于 1. 0, 0. 95~ 1. 02
Na_2O/K_2O	2. 17~ 2. 24	0. 78~ 1. 25	0. 4~ 1. 27	0. 83~ 1. 24
过渡族元素	富 Cr(84~ 216) × 10^{-6}	Cr 平均 15× 10^{-6}	Cr 平均 2× 10^{-6}	Cr 平均 55× 10^{-6}
	富 Ni(26~ 48) × 10^{-6}	Ni 平均 13× 10^{-6}	Ni 平均 1× 10^{-6}	Ni 平均 16× 10^{-6}
Rb/ Sr	0. 702 0	< 1. 0, 平均 0. 52	> 1. 0, 平均 5. 77	< 1. 0, 0. 11~ 0. 22
$^{87}Sr/^{86}Sr$	< 0. 705	0. 705~ 0. 710	> 0. 710	0. 704~ 0. 708
$\delta^{18}O$/ ‰		+ 7. 0~ + 11. 5	+ 9. 5~ + 13. 5	
稀土元素	稀土配分曲线呈平滑右倾型(A 式), 一般无 Eu 异常或微弱异常, δEu= 0. 81~ 1. 1		稀土配分曲线为右倾 V 型(B 式)	稀土配分曲线呈平滑右倾型(A 式), δEu 异常不明显, δEu= 0. 51~ 0. 93

注: 资料来源同图 1, 略修改; A/(C• N• K) 为 Ai_2O_3 与 CaO+ Na_2O+ K_2O 的克分子量比

(3) 在主要蚀变与矿化岩石铅同位素$^{206}Pb/^{204}Pb-^{207}Pb/^{204}Pb$ 图解(见图 3) 可看出: 铅同位素样品投点多落在地幔和上部地壳线宽广范围内, 反映成矿流体中的铅具有以壳源为主的壳幔混合来源的同熔型岩浆岩特征[12, 13]。

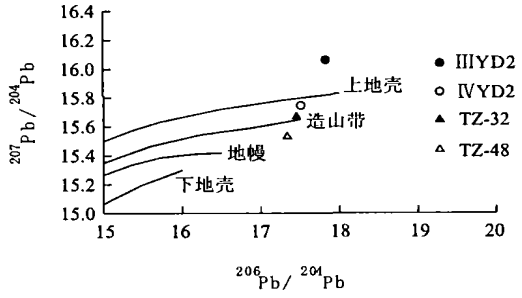


图 3　主要蚀变与矿化岩石铅同位素 $^{206}Pb/^{204}Pb-^{207}Pb/^{204}Pb$ 图解

(4) 在稀土元素方面, 壳幔型花岗质岩石中的稀土元素分布模式为右倾的平滑曲线, 以轻稀土富集、Eu 异常不明显而与壳型花岗岩相区别。扬超群(1996) 提出: L/ H> 2. 0、δEu> 0. 5、曲线为右倾平滑、δEu 负异常不明显等为典型同熔型花岗岩的稀土元素特征[10]; 王中刚等(1989) 也指出同熔型花岗岩的稀土元素分布型式为富轻稀土平滑右倾斜型, L/H 约为 5~ 10, δEu 不明显, 约为 0. 7~ 1. 12[12]。从表 1 可见, 本区的花岗质岩石的稀土元素特征参数与同熔型花岗岩判别标志一致, 所以本区与成矿有关的花岗质岩石为同熔成因花岗质岩石。

(5) 在$(La/Yb)_N-\delta Eu$ 判别图解上(见图 4) , 片麻状二长花岗岩、中细粒花岗闪长岩均落在壳幔源区域(21 号和 2- 1 号矿脉样品也落在壳幔源区, 说明成矿物质来源为壳幔源) , 只有斑状花岗闪长岩落在靠近判别线的壳源区内, 可能的原因有: ①岩浆的地壳混染程度的差异; ②岩浆源区上地幔物质的差异[14]。

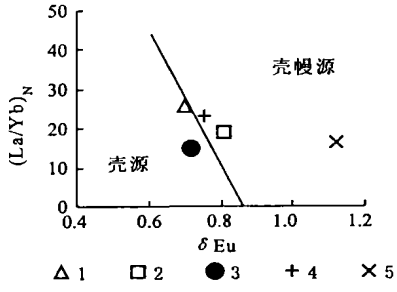


图 4　$(La/Yb)_N-\delta Eu$ 判别图

1—片麻状二长花岗岩　2—中细粒花岗闪长岩　3—斑状花岗闪长岩　4—21 号矿脉　5—2- 1 号矿脉

(6) 岩浆生成方式主要分为分离结晶作用和部分熔融作用。可用 Treuil 和 Jolon(1975) 提出的利用分配系数做的$(La/Sm)_N-La$ 相关图解加以区分[15, 16]: 即当岩系一批样品沿斜线分布时, 说明该批样品所代

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表的岩石是由部分熔融产生的; 若投影点沿水平直线分布, 则说明样品所代表的岩石是分离结晶作用形成的。将本区与成矿有关的岩石样品的$(La/Sm)_N$、La 值投影到$(La/Sm)_N$- La 图解(见图 5) 中, 可见样品点呈斜线分布。据陈德潜(1990) 等研究, 由此可判断与成矿有关的花岗质岩石为部分熔融作用产生的。

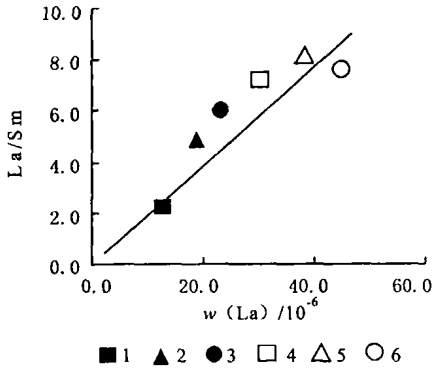


图 5 $(La/Sm)_N$- La 判别图

1—石英闪长岩 2—闪长玢岩 3—斑状花岗闪长岩
4—片麻状二长花岗岩 5—中细粒花岗闪长岩 6—流纹岩

(7) 在 δEu- Sr 投点图上(见图 6), 该区岩浆岩所投点落在壳幔源区内及附近, 而远离壳源区。这表明岩浆岩为壳幔源的同熔型岩浆岩。

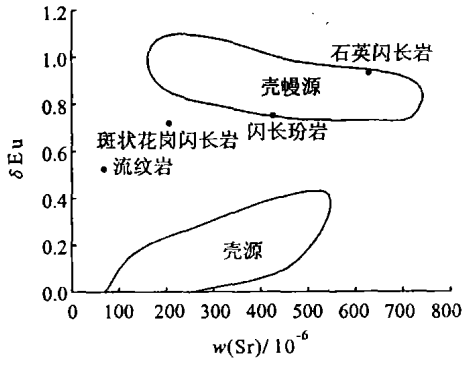


图 6 岩浆岩 δEu- Sr 值投点图

4 结 论

通过对本区与成矿有关的花岗质岩石的稀土元素及其特征值、同位素特征值及元素地球化学特征等方面研究表明: 与成矿密切相关的中酸性侵入岩为壳幔源同熔型花岗质岩石, 而非人们一直认为的重熔型花岗岩[17]。矿床与来自深源同熔型中酸性岩体有密切成因联系, 矿石的稀土元素继承了相关原岩的特征, 富含 Au、Ag、Cu、Mo、Pb、Zn、S 等元素的深源岩浆, 沿深大断裂上升, 途中同熔萃取了太古代富含铁镁质的片麻岩中 Au、Cu、Mo 等元素及碱质组分, 经深部不完全分异演化, 并与先期存在于溶液中的成矿元素一起向上迁移, 通过复杂的地质作用, 活化了地层中各类岩石的富集元素, 使之转入热液矿质水中, 在适当的容矿空间、适宜的地球化学环境, 成矿元素按其本身的性质有规律的迁移、定位, 形成了以对面沟花岗闪长岩岩株为中心, 细脉浸染状铜钼矿化在内、脉状金矿化在外的环状矿化(体)。所以, 太古代富含铁镁质的片麻岩、片麻状二长花岗岩与斑状花岗闪长岩是矿石的"母岩", 它们是成矿物质的主要来源。燕山晚期的岩浆岩岩体, 为成矿提供一定的成矿物质, 是成矿物质运移的载体, 岩浆期后热液是成矿流体重要的组成部分, 促使成矿流体的形成和金的活化、转移。这种新认识对研究二道沟金矿成矿地质地球化学条件及成因探讨, 为加强二道沟金矿床进一步深入工作及扩大找矿范围, 提高矿山储量及经济效益, 提供了新线索, 拓宽了思路。

[参考文献]

[1] 王建平, 刘永山, 董发先, 等. 内蒙古金厂沟梁金矿构造分析[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
[2] 宋昌锦. 北票二道沟金矿床岩石稀土元素特征及岩石岩源[J]. 辽宁地质, 1990(3): 193~ 198.
[3] 刘继顺, 吴延之, 段嘉瑞. 东川铜矿田喷流沉积成矿机制[J]. 中南工业大学学报, 1996, 27(1): 8~ 12.
[4] 苏欣栋, 刘陶梅. 同位素地质在鄂东南铜铁矿床研究中的应用[J]. 地质与勘探, 1994, 30(1): 27~ 32.
[5] 范建国, 倪培, 田京辉. 成矿流体的流体包裹体同位素示踪探讨[J]. 地质找矿论丛, 2000, 15(3): 275~ 281.
[6] 何琼, 李向阳. 铅同位素地球化学示踪进展[J]. 大自然探索, 1998, 17(65): 74~ 76.
[7] 刘玉平, 李朝阳, 谷团, 等. 都龙锡锌多金属矿床成矿物质来源的同位素示踪[J]. 地质地球化学, 2000, 28(4): 75~ 82.
[8] Faure G. Principles of isotope geology[M]. Jhon willy and Sons. 1986. 120~ 121.
[9] 李绪俊, 姚凤良. 辽西对面沟火山一侵入杂岩区金矿床及成矿系列[J]. 贵金属地质, 1992, 2~ 3: 89~ 93.
[10] 扬超群. 花岗岩类的地质环境—成因分类[J]. 广东地质, 1996, 11(2): 1~ 12.
[11] 孟良义. 花岗岩与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
[12] 倪培, 徐克勤. 辽吉东部前寒武纪结晶基底中金矿床的成因探讨[J]. 地质学报, 1999, 73(3): 231~ 242.
[13] 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
[14] 王中刚, 于学元, 赵振华, 等. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
[15] 陈德潜, 陈刚. 实用稀土元素地球化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990.
[16] 沈保丰, 等. 辽北一吉南太古宙地质及成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
[17] 刘宗秀, 魏存弟, 赵春光, 等. 金厂沟梁二道沟金矿田地质地球化学特征及成因探讨[J]. 世界地质, 2002, 21(1): 13~ 17.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

华熊地块熊耳山地区金矿床特征及控矿因素研究

马桂霞[1], 朱 海[2]
(1. 长春工程学院; 2. 肇庆市水利水电勘测设计院)

摘要: 结合野外工作和前人资料, 对华熊地块熊耳山地区金矿床进行了分析, 认为该区金矿床从控矿构造和围岩蚀变特征上可划分为两类, 矿床的流体包裹体、成矿温度以及盐度特征, 说明了它们的形成均与中生代富钾质、富含挥发组分的花岗质岩体(100~ 140Ma)有关, 主要形成于挤压向拉张环境中。该区金矿床属于与侵入岩有关的金矿系统中的浅成低温热液矿床, 可与近年来在环太平洋带发现的斑岩型金矿对比。

关键词: 华熊地块; 金矿床; 浅成低温热液型; 控制因素
中图分类号: P618. 51 文献标识码: B 文章编号: 1001- 1277(2004) 10- 0015- 04

1 引 言

华熊地块位于华北陆台的南缘, 地处华北板块和扬子板块之间的拼贴带。以太华群深变质岩系和中元古熊耳群玄武安山岩、英安岩、流纹岩出露为特征。区内岩浆活动频繁, 广泛发育有色金属和贵金属成矿作用, 是中国著名的钼、(钨)、金多金属和贵金属成矿带。区内金矿床(点)众多, 如小秦岭地区的文峪等含金石英脉型金矿床, 崤山地区半宽金矿床, 熊耳山地区的祁雨沟爆破角砾岩型金矿床, 上宫、康山细脉浸染状金矿床, 外方山地区的店房爆破角砾岩型金矿床, 前河等细脉浸染状和多金属硫化物型金矿床[1~6], 与花岗岩类有关的斑岩型矿床(如金锥城、石家湾钼矿, 八宝山的铜矿, 雷门沟钼金矿床[7]) 和热液型铅银矿床(如白土铅银矿床、铁炉坪银铅矿床等[8])。

关于华熊地块矿床成因, 前人在成矿时代、成矿作用、成矿规律上取得了一些重要共识, 如该地区最重要的类型矿床是构造岩浆活动的产物, 矿床集中在燕山期或印支—燕山期以及成矿物质来源于地壳的深部[2,7], 并与花岗岩同源[9]。近 10 年来, 环太平洋带一些大型、超大型的斑岩型铜金矿床和浅成低温热液型金矿[10~12]的发现和认识值得借鉴。本文试图通过总结熊耳山金矿床的特征和分析典型矿床, 从构造岩浆作用的角度对本区金矿床的成因进行探讨, 以便能对本区的找矿和评价工作有所裨益。

收稿日期: 2004- 05- 18
作者简介: 马桂霞(1965-), 女, 吉林梨树人, 助理研究员, 主要从事成矿理论研究; 长春市宽平大路 395 号, 130012

New idea on the origin of ore-forming materials of Erdaogou gold deposit in Beipiao, Liaoning Province

Ma Guang, Liu Jishun, Zhang Hongpei
(College of Geology and Environmental Engineering, Central South University)

Abstract: The ore-forming materials of Erdaogou gold deposit in Beipiao, Liaoning Province originating from Archean gneiss and late Yanshan magmatite. Previous research holds that the late Yanshan magmatite is anatectic granite rock. However, the research conducted by the authors on rare-earth elements and isotopic elements in rock and ores, and geochemical properties of rock shows that the magmatite is not anatectic granite rock, but syntectic granite rock. The new idea lays a foundation for further studying on geochemical conditions and origin of metallogeny in Erdaogou gold deposit and widening ore-finding range.

Keywords: Erdaogou gold deposit; rare-earth element; rock geochemistry; syntectic granite rock (编辑: 宿晓静)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net