内蒙古东部闹牛山—巨里河铜多金属矿带岩浆活动与成矿的关系

康 明[1,2]，岑 况[1]，罗先熔[2]，陈 祥[1]

（1. 中国地质大学“岩石圈构造、深部过程及探测技术”教育部重点实验室，北京 100083；
2. 桂林工学院 资源与环境工程系，广西 桂林 541004）

摘要：内蒙古东部闹牛山—巨里河铜多金属矿带的岩浆活动主要属华力西晚期和燕山早期的两大构造旋回，矿带上已发现的铜多金属矿床的成矿时代绝大部分为燕山早期，成矿与燕山早期中酸性浅成—超浅成的岩浆侵入活动关系密切。区内火山—次火山岩的稀土总量低，$w(\sum Ce)/w(\sum Y)$比值高(2.7～14.1)，具微弱铕亏损，表明岩浆岩为上地幔—下地壳的混合来源，成矿岩体具有基性程度高、来源深的特点，属钙碱性岩石系列，富 Si、K 而贫 Fe、Mg。岩浆岩中 Bi、W、Sn、Ag、Pb、Cu 等成矿元素及伴生元素的丰度较高，为本区的成矿提供了物质来源。

关键词：侵入岩和火山岩；地球化学特征；铜多金属矿带；内蒙古东部

中图分类号：P588.1 **文献标识码**：A

文章编号：1000－8527(2004)02－0210－07

1 区带地质概况

内蒙古突泉县闹牛山—扎鲁特旗巨里河铜多金属矿带位于内蒙古中部地槽褶皱系苏尼特右旗华力西地槽褶皱带的哲斯—林西复向斜的东部，处于华北板块与爱力格庙—锡林浩特中间地块的缝合部位，中生代受太平洋板块的影响，形成北北东向的火山岩带。基底隆起与中生代火山岩盆地相间排列，形成隆坳相间的格局。本区处于亚洲大陆边缘的张陷带，是太平洋板块向亚洲大陆俯冲的弧后引张区[1]。

区内主要地层为二叠系海相火山碎屑岩、沉积碎屑岩以及侏罗系陆相火山岩及火山碎屑岩。断裂构造发育，两条深断裂（嫩江断裂和大兴安岭主脊断裂）分别从本区北东和南西侧通过，控制了火山—侵入岩浆活动及铜多金属成矿带的展布方向。北东向、北西向两大断裂将本区切割成菱形块体。岩浆活动分为华力西晚期和燕山早期两大构造旋回，燕山早期岩浆活动频繁，与成矿的关系密切。

2 岩浆活动特征

闹牛山—巨里河铜多金属矿带的岩浆活动频繁，主要形成华力西晚期和燕山早期侵入岩。华力西晚期的岩浆喷发活动形成海底喷发的酸—中性火山岩，它们与海相正常沉积物交互成层，构成区内下二叠统青风山组、大石寨组及吴家屯组地层。燕山早期岩浆活动剧烈，始于中侏罗世中晚期，于晚侏罗世早期达到高峰，至晚侏罗世中晚期出现第二次高峰，之后逐渐减弱，出露的侵入岩为一套中基性—酸性的火山浅成—超浅成次火山岩类。主要岩石类型为花岗闪长斑岩、闪长玢岩、安山玢岩、石英斑岩、隐爆角砾岩等，岩浆活动及其旋回见表 1。燕山早期岩浆喷溢产出的火山岩遍布全区，随后的侵入活动可划分为 3 次，其中第 3 次岩浆侵入活动又分为 4 个阶段。

3 岩浆岩的地球化学特征及其演化

对闹牛山—巨里河铜多金属成矿区带不同时代的花岗岩体，按其不同类型，对不同地点产出

收稿日期：2003－11－30；**改回日期**：2004－03－10；**责任编辑**：楼亚儿。

基金项目：有色金属国家重点找矿区带科技攻关项目（199405）。

作者简介：康明，男，工程师，博士研究生，1965 年出生，地球化学专业，主要从事勘查地球化学的研究工作。

表 1　闹牛山—巨里河铜多金属矿带的岩浆活动特征

Table 1　Characteristics of magmatic activities in the Naoniushan—Julihe copper polymetallic ore belt

岩浆活动旋回	表现形式	岩石代号	主要岩石类型	产状	代表性的地质体
晚侏罗世	侵入活动	$\eta\pi_5^{2-3(4)}$、$\gamma\pi_5^{2-3(4)}$	二长花岗斑岩、花岗斑岩	岩脉、岩枝	四方地岩体、西老头山岩体
	喷发活动	J_3ml	玄武岩、辉石玄武岩、安山岩	层状	梅勒图组地层
	侵入活动	$\gamma\delta_5^{2-3(4)}$、$\eta\pi_5^{2-3(3)}$、$\gamma\pi_5^{2-3(3)}$、$\gamma_5^{2-3(3)}$	花岗闪长岩、花岗斑岩、钾长花岗岩	岩脉、岩墙、岩株	达嘎音温各尔岩体
	喷发活动	J_3by	凝灰质砾岩、砂岩	层状	白音高老组地层
	侵入活动	$\gamma\delta_5^{2-3(2)}$、$\eta\pi_5^{2-3(2)}$	花岗闪长岩、二长花岗斑岩	岩基、岩株	巴尔哲岩体、乌兰哈德岩体
	喷发活动	J_3mn	安山质熔岩、火山碎屑岩	层状	玛妮吐组地层
	侵入活动	$\gamma\delta_5^{2-3(1)}$、$\delta_5^{2-3(1)}$	花岗闪长岩、闪长岩	岩基、岩脉	布敦花岩体、毛德布岩体
	喷发活动	J_3m	流纹质熔岩、火山碎屑岩	层状	满克头额博组地层
中侏罗世	侵入活动	λ	橄榄岩、蛇纹石化辉石岩	岩株、岩脉	夏音屯岩体
	喷发活动	J_2w、J_2x	火山碎屑岩	层状	万宝组、新民组地层

注：$\gamma\pi_5^{2-3(4)}$ 表示燕山早期第 4 次的第 2 至第 3 阶段的花岗斑岩。

的同一类型的花岗岩体分别采集 4 件样品（每件样品质量大于 2kg），进行化学成分分析，将各类岩石的平均化学成分列于表 2（部分样品的全部氧化物总量只有 95% 或 98%，这些误差与样品分析误差有关，这是热液蚀变作用所造成的）。总体而言，该区华力西晚期的岩石中 $w(Na_2O)+w(K_2O)$ 低于燕山早期的岩石，且燕山早期各类岩石组分的平均含量具有富 Si、富碱，而贫 FeO、MgO、CaO 的特征。

3.1　碱度的划分

从表 2 可以看出：研究区内岩石的 $w(SiO_2)$、$w(Na_2O)+w(K_2O)$、$w(Al_2O_3)$ 值较高，高于中国同类岩石的平均含量，$w(Na_2O)+w(K_2O)>7\%$，组合指数 σ 为 1.31～4.34，为硅铝型钙碱性岩石特征。

利用 J.B.Wright 1969 年提出的岩石碱度指数来确定本成矿区带火成岩的碱度（图 1），可以看出火成岩的样品点绝大多数落在钙碱性—碱性区域内。从以上分析可以得出本区岩石属钙碱性—碱性岩石系列。

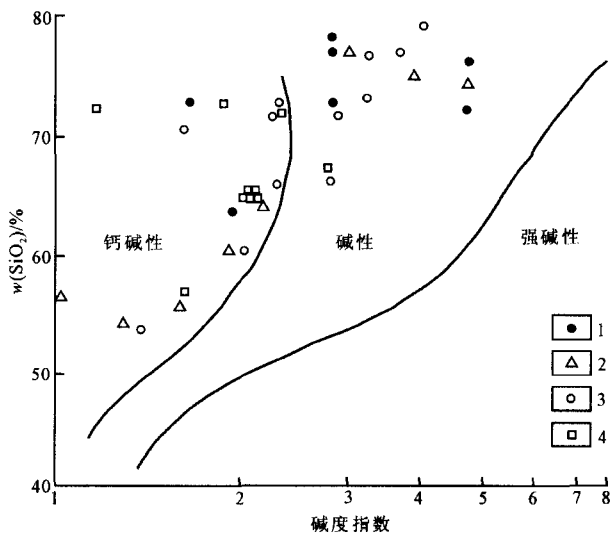

图 1　研究区岩浆岩的碱度指数与 $w(SiO_2)$ 的关系图

（原图据 Wright，1969）

Fig.1　Relation between alkalinity index and $w(SiO_2)$ of the magmatic rocks in the study area

1. 满克头额博组；2. 玛妮吐组；3. 白音高老组；4. 梅勒图组

3.2　岩浆岩的来源

根据该区岩浆岩的岩石化学成分分析得出：$w(Na_2O)/w(K_2O)$ 值多数小于 1，从中性岩—中酸性岩—酸性岩，$w(Fe_2O_3)/w(FeO)$、$w(SiO_2)/w(MgO)$ 值逐渐增大，$w(CaO)$ 逐渐减少，说明该区岩石在岩浆演化过程中 FeO、MgO、CaO 含量呈减少趋势，SiO_2 含量逐渐增多，为硅铝质地壳型岩石系列。

为了确定该成矿区带岩浆岩的来源，将研究区内花岗岩—花岗斑岩—二长花岗斑岩、花岗闪长岩、闪长岩—闪长玢岩—石英闪长岩这 3 组酸性—中酸性—中性花岗岩类的 $w(K_2O)$、$w(Na_2O)$ 数值在 $w(K_2O)-w(Na_2O)$ 坐标图中投影（图 2）。可以看出：绝大多数样点分布在 V 区和Ⅳ区，为硅铝质地壳型和地幔型岩石，说明岩浆来源于上地幔或下地壳。

为了进一步说明岩浆岩的来源，对该成矿区带的典型矿床——闹牛山铜矿进行了稀土元素地球化学特征的研究，结果表明[8]：火山—次火山

表 2 闹牛山—巨里河铜多金属矿带侵入岩的岩石化学成分及其特征(w_B/%)

Table 2 Chemical composition and characteristics of intrusive rocks in the Naoniushan—Julihe copper polymetallic ore belt(w_B/%)

时代	代号	岩石名称	样品数	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	总量	$w(K_2O)+w(Na_2O)$	$w(Na_2O)/w(K_2O)$	σ	$w(Fe_2O_3)/w(FeO)$	$w(SiO_2)/(w(CaO)+w(MgO))$	碱度指数
燕山早期	$\gamma\delta_5^{2-3(4)}$	花岗闪长岩	4	69.13	15.54	0.33	1.84	1.09	0.47	1.68	0.05	3.99	4.47	0.25	98.86	8.46	1.12	2.74	1.68	32.15	1.49
		花岗岩	4	75.57	12.46	0.17	2.38	0.18	0.04	0.12	0.03	4.16	4.06	0.27	99.45	8.22	0.98	2.07	13.22	472.31	1.65
	$\gamma_5^{2-3(3)}$	花岗岩	4	74.12	13.40	0.33	1.09	0.64	0.38	0.70	0.03	3.89	3.58	0.09	98.22	7.47	0.92	1.79	1.70	68.63	1.53
		花岗岩	4	75.62	12.30	0.10	1.15	0.56	0.21	0.54	0.04	4.74	3.70	0.05	99.01	8.44	0.78	2.18	2.05	100.83	1.66
	$\gamma\pi_5^{2-3(3)}$	花岗斑岩	4	70.29	15.14	0.53	2.08	0.30	0.49	0.57	0.06	4.31	4.66	0.06	98.49	8.97	1.08	2.95	6.93	66.31	1.57
		花岗斑岩	4	70.30	15.95	0.39	2.01	0.33	0.51	0.52	0.06	4.58	4.54	0.04	99.23	9.12	0.99	3.05	6.09	68.25	1.55
	$\eta\pi_5^{2-3(3)}$	黑云母石英二长斑岩	4	64.93	16.44	0.57	3.41	1.23	0.68	2.72	0.08	3.92	4.16	0.19	98.35	8.08	1.06	2.98	2.77	19.10	1.42
		二长花岗斑岩	4	74.07	13.44	0.19	1.25	0.21	0.19	0.31	0.03	4.65	3.68	0.15	98.15	8.33	0.79	2.23	5.95	148.14	1.61
	$\eta\pi_5^{2-3(2)}$	二长花岗斑岩	4	71.93	14.14	0.25	1.95	0.37	0.23	0.38	0.04	4.43	4.20	0.38	98.28	8.63	0.95	2.57	5.27	117.92	1.59
	$\delta_5^{2-3(1)}$	石英闪长岩	4	58.72	17.79	1.24	4.80	1.83	1.90	4.90	0.08	3.36	4.07	0.52	99.30	7.43	1.21	3.51	2.62	8.64	1.33
		闪长岩	4	52.86	19.06	0.40	4.99	3.97	4.21	7.75	0.15	0.64	2.96	0.13	97.11	3.60	4.62	1.31	1.26	4.42	1.13
	δ_5^{2-2}	石英闪长玢岩	4	62.19	16.65	0.93	2.55	2.23	1.37	1.84	0.07	4.23	4.89	0.29	97.16	9.12	1.16	4.34	1.14	19.37	1.49
		闪长岩	4	62.47	17.02	0.51	1.69	2.99	1.45	4.08	0.10	3.00	4.46	0.20	97.96	7.46	1.49	2.86	0.56	11.30	1.35
华力西期	γ_4^{3-1}	花岗岩	4	74.13	13.56	0.20	1.17	0.40	0.26	0.39	0.03	5.57	2.45	0.09	98.23	8.02	0.44	2.06	2.93	114.05	1.58
	λ	橄榄辉长岩	4	48.83	16.40	0.56	6.72	5.69	5.94	9.33	0.20	0.47	1.35	0.13	95.65	1.82	2.87	0.57	1.18	3.20	1.07
中国花岗岩的平均含量*				71.27	14.25	0.25	1.24	1.62	0.80	1.62	0.08	4.03	3.79	0.16	99.11						
中国花岗闪长岩的平均含量*				64.98	16.33	0.52	1.89	2.49	1.94	3.70	0.09	2.95	3.67	0.32	98.88						
中国石英闪长岩的平均含量*				60.51	16.70	0.73	2.84	3.49	2.54	4.63	0.14	2.65	3.68	0.46	98.37						
中国闪长岩的平均含量*				57.39	16.42	0.89	3.10	4.15	3.77	5.58	0.18	2.57	4.26	0.37	98.68						

注：$\gamma_5^{2-3(3)}$ 表示燕山早期第 3 次的第 2 至第 3 阶段的岩浆岩；* 据黎彤、饶纪龙，1962；测试单位为桂林矿产地质研究院测试分析中心；表 3、表 4 中数据的测试单位与表 2 相同。

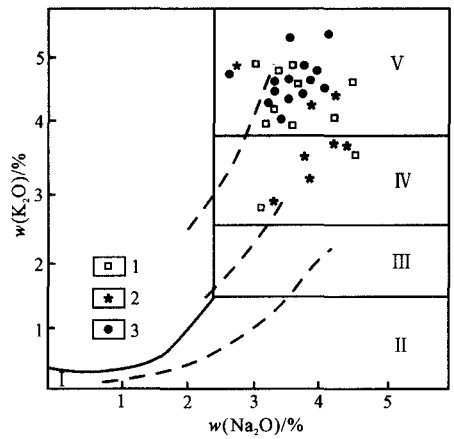

图 2　研究区岩浆岩的 $w(K_2O)-w(Na_2O)$ 图

Fig.2　Diagram of content of K_2O and Na_2O of the magmatic rocks in the study area

1. 花岗闪长岩；2. 闪长岩、闪长玢岩、石英闪长岩；3. 花岗岩、花岗斑岩、二长斑岩；Ⅰ区．地球原始物质和基性岩区；Ⅱ区．基性岩区（地幔型）；Ⅲ区．中性岩区（地幔型）；Ⅳ区．中性—酸性岩过渡区（地幔型和硅铝质地壳过渡区）；Ⅴ区．酸性岩区（硅铝质地壳型）

岩的稀土总量较低，$w(\sum REE)$ 为 56.04×10^{-6} ~130.12×10^{-6}。各类岩石中轻稀土含量高于重稀土含量。从稀土配分模式（图 3）看出：闹牛山铜矿床火山岩类的稀土元素配分曲线为轻稀土富集型的右倾曲线，玄武安山岩类有微弱的铕异常，中酸性—酸性岩类具有较强的铕亏损，说明中基性与中酸性—酸性岩类岩浆的来源、演化和生成环境相同。玄武安山岩—闪长玢岩类的稀土元素配分曲线具有较明显的幔源特征，曲线较光滑，向右倾斜；而斜长石英斑岩与花岗闪长斑岩的稀土配分曲线特征与大兴安岭燕山期火山活动带的中亚带兴安岩区的稀土配分特征相似，显示出具有壳源物质的部分混熔特征，这与岩石化学所得出的结论一致。因此，稀土元素地球化学特征说明该矿床的火山岩浆来源于上地幔或下地壳，其酸性岩浆为同化混染壳层物质分异演化而成[8]。

3.3　构造环境

以区内火山熔岩的岩石化学组分的含量值计算里特曼指数 δ 及戈蒂里指数 τ（表 3），取对数后，投影于 $\lg\delta-\lg\tau$ 图（图 4）。可以看出：样品点分布在 B 区及日本岛弧火山岩与 C 区的界线之间，很显然，该区属于造山带环境，但它既不同于东非的典型裂谷，也不同于岛弧，而属于大陆边缘裂陷带，或称类裂谷带。结合该成矿区带所处的大地构造位置，认为该区的构造环境是太平

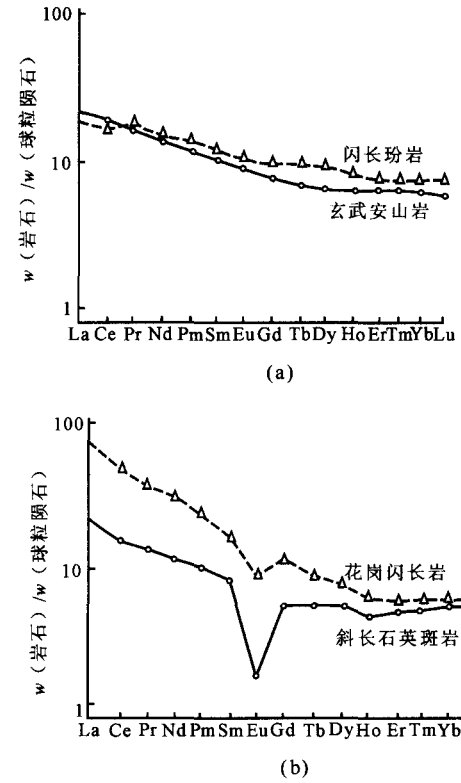

图 3　闹牛山铜矿床的火山岩类的稀土元素配分模式

Fig.3　Chondrite-normalized REE distribution pattern of the volcanic rocks from Naoniushan copper ore deposits

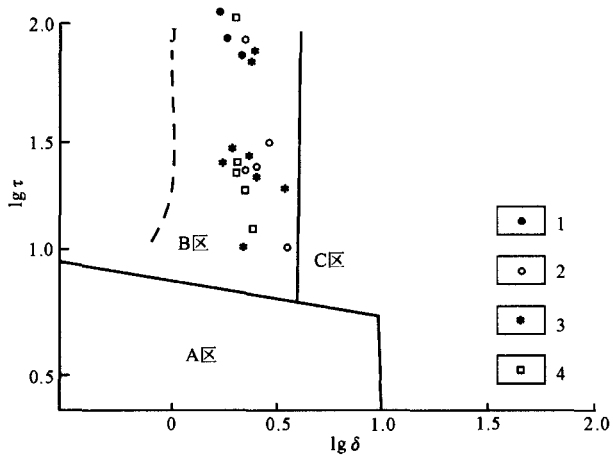

图 4　研究区火山岩的 $\lg\delta-\lg\tau$ 图解

Fig.4　Diagram of $\lg\delta-\lg\tau$ of the volcanic rocks in the study area

1. 满克头鄂博组；2. 玛尼吐组；3. 白音高老组；4. 梅勒图组；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 区演化的碱性火山岩；J．日本岛弧火山岩的分布范围

表 3 闹牛山—巨里河铜多金属矿带侏罗系火山岩的岩石化学成分及其特征（w_B/%）

Table 3 Chemical composition and characteristics of volcanic rocks of Jurassic system in the Naoniushan—Julihe copper polymetallic ore belt（w_B/%）

岩石	地层	样品数	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	烧失量	σ	τ	碱度指数	$w(FeO)/w(Fe_2O_3)$
火	J_3ml	4	72.88	13.89	1.19	3.30	0.31	0.45	1.48	0.06	3.90	2.49	0.07	2.00	1.36	9.63	1.96	0.09
山	J_3by	4	71.02	15.43	0.24	2.36	0.43	0.49	1.47	0.05	3.70	3.42	0.09	1.13	1.81	50.44	2.36	0.18
熔	J_3mn	4	55.87	17.39	0.74	2.90	3.72	2.98	6.04	0.13	3.16	2.93	0.29	3.70	2.88	19.54	1.67	1.28
岩	J_3m	4	71.09	14.60	0.25	1.77	0.98	0.40	0.65	0.05	4.26	3.88	0.14	1.76	2.36	42.89	3.07	0.56

注：J_3ml. 梅勒图组；J_3by. 白音高老组；J_3mn. 玛妮吐组；J_3m. 满克头额博组。

表 4 闹牛山—巨里河铜多金属矿带岩浆岩中微量元素的地球化学特征

Table 4 Classification of trace elements in the magmatic rocks in the Naoniushan—Julihe copper polymetallic ore belt

时代	岩石类型	$K>5$	$1.5<K<5$	$K<0.5$
燕	花岗岩	Bi	As、Ag、W、Sn、Ni	Au、Sr、Ba
山	斑岩类	Bi	W、Sn、Ag、Pb、As、Sb、Co	Au、Sr
早	花岗闪长岩	Bi、Ag	As、Co、Pb	
期	闪长岩类	Bi、Pb	Sb、Co、W	Ni
华力	花岗岩	Bi、Ag、W、Sn	As、Pb、Zn、Co、Ni、Cr	Au、Mn、Sr、Ba、V
西期	橄榄辉长岩	Bi、Pb	W、As、Cu、V、Au、Ag	

注：K 为浓集系数（元素的平均含量/维氏值）。

洋板块向亚洲大陆俯冲产生的弧后引张区，也是地幔上隆区。

3.4 微量元素的地球化学特征

对闹牛山—巨里河多金属成矿区带的不同时代、不同产状的岩体，按其侵入期次和岩石类型在野外采用剖面法随机取样 60 件，分别统计了各岩体不同岩类的金属元素的平均含量，并将这些资料与维诺格拉多夫 1962 年提出的世界同类岩石中元素丰度进行对比，以浓集系数 K 为依据，分为 4 种类型：$K<0.5$ 为元素相对贫化；$0.5<K<1.5$ 为元素含量正常；$1.5<K<5$ 为元素富集；$K>5$ 为元素强烈富集（表 4 中只列主要的 3 类）。

3.4.1 华力西期侵入岩的微量元素地球化学特征

华力西期的橄榄辉长岩以富集 Bi、Pb、W、As、Cu、V、Au、Ag 为特征（$K>1.5$），其中 Bi、Pb 达到强烈富集（$K>5$）；花岗岩以富集 Bi、Ag、W、Sn、As、Pb、Zn、Co、Ni、Cr 为特征，其中 Bi、Ag、W、Sn 已达到强烈富集，Au、Mn、Sr、Ba、V 为相对贫化元素（$K<0.5$）。

3.4.2 燕山早期侵入岩的微量元素地球化学特征

燕山早期的闪长岩类以富集 Bi、Pb、Sb、Co、W 为特征，Bi、Pb 为强烈富集元素，Ni 为相对贫化元素；花岗闪长岩以富集 Bi、Ag、As、Co、Pb 为特征，Bi、Ag 达到强烈富集；斑岩类以富集 Bi、W、Sn、Ag、Pb、As、Sb、Co 为特征，其中 Bi 为强烈富集元素，Au、Sr 为相对贫化元素；花岗岩以富集 Bi、As、Ag、W、Sn、Ni 为特征，其中 Bi 为强烈富集元素，Au、Sr、Ba 相对贫化。

综上所述，本区带岩浆岩中微量元素普遍富集 Bi、W、Sn、Ag、Pb、As、Sb、Co、Ni，其中 Bi、W、Sn、Ag、Pb 元素组合及 Co、Ni 基性元素组合的出现说明原始岩浆中富含 Bi、W、Sn、Ag、Pb，表明本区岩浆岩为成矿提供了物质来源。Cu、Au 在橄榄辉长岩中为富集元素，其中 Au 的平均含量为 7.24×10^{-9}，最高值达 14.2×10^{-9}（4 件样品）。而 Au 在地层中的初始本底含量均较低，说明地层也较难为成矿提供物质来源，因而认为本区乌兰哈德一带的 Cu、Au 矿化及 Cu、Au 异常与本区岩浆岩关系密切；岩浆岩在从基性→中性→中酸性→酸性演化的过程中，Cu、Au 浓集系数逐渐变小，甚至达到贫化程度。强烈富集元素组合为从 Pb、Ag、Bi、Pb→Bi、Pb→Bi、Ag→Bi，说明成矿元素 Cu、Au、Pb、Ag 在岩浆演化过程中被析出，在构造有利部位富集成矿。

4 岩浆岩与矿产的关系

内蒙古闹牛山—巨里河多金属成矿带已发现大型、中型、小型矿床和铜多金属矿（化）点100多

表 5　闹牛山 — 巨里河铜多金属矿带成矿与岩体的关系

Table 5　Relation between metallogenesis and magamatic rocks in the Naoniushan—Julihe copper polymettallic ore belt

矿床	矿床类型	成矿元素	与成矿有关的岩体			资料来源
			岩石类型	产状	时代	
莲花山矿床	热液—斑岩型	Cu（Ag）	闪长玢岩—英云闪长斑岩—花岗闪长斑岩	岩株、岩脉	燕山早期早阶段，161Ma（U－Pb法）	段国正等，1992
布敦化矿床	斑岩—热液型	Cu（Au）	花岗闪长岩—英云闪长斑岩	岩株	燕山早期早阶段，166Ma（Rb－Sr法）	盛继福等，1992
孟恩陶勒盖矿床、长春岭矿床	热液脉型	Ag、Pb、Zn	花岗岩—黑云母斜长花岗岩	复式岩株、岩脉	燕山早期—华力西期，184.29～183Ma	赵一鸣、张德全等，1997
好来宝矿床	斑岩型	Cu（Mo）	花岗闪长斑岩—英云闪长斑岩	岩株	燕山早期早阶段，125～113Ma（K－Ar法）	张德全等，1992
毛登矿床	热液型	Sn、Cu	花岗斑岩	小岩株	燕山早期晚阶段，149Ma（Rb－Sr法）	赵一鸣、张德全等，1997
大井矿床	潜火山热液型	Cu、Sn、Ag、Pb、Zn	玄武玢岩—安山玢岩—英安斑岩—霏细斑岩	岩株(岩墙)群	燕山早期晚阶段，169～120Ma（K－Ar法）	赵一鸣、张德全等，1997
浩布高矿床	夕卡岩型	Pb、Zn、Sn、Cu	石英二长岩—正长花岗岩	复式岩株	燕山早期晚阶段—燕山晚期早阶段，131Ma(Rb－Sr法，正长花岗岩)	张德全等，1990；张德全，1993
白音诺矿床	夕卡岩型	Cu、Pb、Zn	花岗闪长斑岩—石英正长斑岩	岩墙(岩脉)群	燕山早期晚阶段，171Ma(Rb－Sr法，花岗闪长斑岩)；148Ma(U－Pb法，石英正长斑岩)	张德全等，1990；张德全，1993
黄岗矿床	夕卡岩型	Sn、Fe	正长花岗岩	岩株	燕山早期晚阶段，140Ma（Rb－Sr法）	沈逸民、李鹤年等，1984

处，其成因类型主要为次火山岩热液铜多金属矿床及银铅锌矿床。区带矿床（点）的产出与燕山早期晚阶段侵入岩有密切关系（表 5）。

燕山期以来，该区进入滨太平洋大陆边缘活动带。强烈的区域挤压使嫩江深断裂带及其次一级断裂多次活动。沿深大断裂旁侧分布着一系列燕山早期早阶段（161～173Ma）的花岗岩类侵入体。与这些花岗岩类侵入体相关的一套铜多金属矿床组成与燕山期中酸性超浅层—浅层岩浆侵入活动有关的铜多金属矿床成矿系列。属于这个矿床成矿系列的矿床主要有莲花山 Cu－Ag 矿床、长春岭 Pb－Zn－Ag 矿床、闹牛山 Cu 矿床、布敦化 Cu 矿床、孟恩陶勒盖 Ag－Pb－Zn 矿床、好来宝 Cu－Mo 矿床等。

研究区与成矿有关的岩浆岩主要为闪长玢岩—花岗闪长斑岩—斜长花岗斑岩组合和花岗闪长岩—花岗斑岩—斜长花岗斑岩组合，属于前者岩石组合系列的矿床有莲花山 Cu－Ag 矿床、布敦化 Cu 矿床、闹牛山 Cu 矿床；属于后者岩石组合系列的矿床有布敦化 Cu 矿床。与燕山期其他成矿系列的成矿岩体相比，该成矿系列的成矿岩体具有基性程度高、来源深的特点。其证据是这类岩体的锶同位素初始比为 0.704～0.705，角闪石富镁（$w(MgO)=14.25\%\sim18.20\%$），黑云母以镁质黑云母为主（镁铁指数 $=0.57\sim0.64$），$w(SiO_2)$ 相对较低（一般在 66%～69%之间），$w(TiO_2)$ 较高（0.32%～1.10%），$w(Na_2O)<w(K_2O)$，$w(Na_2O)/w(K_2O)$ 变化于 0.91～3.42 之间，稀土总量低，$w(\Sigma Ce)/w(\Sigma Y)$ 高（2.7～14.1），铕亏损轻微（$\delta(Eu)=0.51\sim0.94$）。这表明含矿岩体是起源于下地壳—上地幔岩浆的衍生物，混染上地壳物质较少。这些含铜岩体的时代以燕山早期晚阶段为主[9]，这一认识与其他研究者得出的结论一致[10,11]。

5　结　论

通过对内蒙古闹牛山—巨里河成矿区带岩浆岩主元素和微量元素地球化学特征的研究，并根据矿床(点)的分布特点，得出如下结论。

(1) 本区带在构造环境上处于太平洋板块向亚洲大陆俯冲产生的弧后引张区，也是地幔上隆区。岩浆活动受构造的控制，华力西晚期岩体受

东西向断裂构造的控制，燕山早期岩体受北东及北西向断裂构造的控制。

(2) 本区带岩浆岩为上地幔—下地壳的深源岩浆活动的产物，由基性→中性→中酸性→酸性呈一个完整的正向演化系列，且向富 Si、富碱的方向演化，这为成矿提供了充分的物质条件和有利的成矿环境。

(3) 本区带岩浆岩中 Bi、W、Sn、Ag、Pb、Cu 等成矿元素及伴生元素的丰度值较高，说明岩浆可提供成矿物质来源。

(4) 本区带的矿产与燕山早期第 3 次侵入的岩浆岩关系密切，尤其是浅成—超浅成的中、酸性岩体与成矿密切相关，而且矿产的分布受火山构造的控制[6]。

参考文献：

[1] 内蒙古地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志 [M]. 北京：地质出版社，1991.

[2] 邱家骧. 岩浆岩岩石学 [M]. 北京：地质出版社，1985. 207—222.

[3] 南京大学地质系. 华南不同时代花岗岩类及其与成矿的关系 [M]. 北京：科学出版社，1981. 328—332.

[4] 邱家骧. 应用岩浆岩岩石学 [M]. 武汉：中国地质大学出版社，1991. 155—190.

[5] 南京大学地质系矿物岩石教研室. 火成岩岩石学 [M]. 北京：地质出版社，1980. 266—277.

[6] 康明. 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.

[7] 耿文辉，汪劲草. 内蒙古东部闹牛山—巨里河铜多金属矿带矿床空间分布的分维特征 [J]. 有色金属矿产与勘查，1995，4 (5)：295—298.

[8] 李忠军. 闹牛山铜矿床次火山岩及与成矿的关系 [J]. 矿产与地质，1995，9 (3)：153—159.

[9] 赵一鸣，张德全，盛继福，等. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价 [M]. 北京：地震出版社，1997. 192—238.

[10] 陈文明. 论斑岩铜矿的成因 [J]. 现代地质，2002，16 (1)：1—8.

[11] 赵彦庆，叶得金，李永琴，等. 西秦岭大水金矿的花岗岩成矿作用特征 [J]. 现代地质，2003，17 (2)：151—156.

RELATIONSHIP BETWEEN METALLOGENESIS AND MAGMATIC ACTIVITIES IN THE NAONIUSHAN—JULIHE COPPER POLYMETALLIC ORE BELT, EASTERN INNER MONGOLIA

KNAG Ming[1,2], CEN Kuang[1], LUO Xian-rong[2], CHEN Xiang[1]

(1. *China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 2. *Guilin Institute of Technology, Guilin, Guangxi* 541004, *China*)

Abstract: Magmatic activities in the Naoniushan—Julihe copper polymetallic ore belt are mainly composed of two structural cycles, i.e. structural cycle in late Variscan period and early Yanshanian period. The ore-forming ages of the discovered copper polymetallic deposits are dominantly early Yanshanian period, and metallogenesis are related to intrusive rocks in early Yanshanian period, especially to hypabyssal – supper hypabyssal intermediate – acidic and acidic rocks. Total content of rare earth elements in volcanic – subvolcanic rocks in the area is low, and the ratio of ΣCe to ΣY is high(2.7 to 14.1), and Eu anomaly is little. These rocks, which originated from upper mantle to lower crust, belong to calcic – alkalic rock series that are rich in Si, K and poor in Fe, Mg. Ore-forming elements and associated elements, such as Bi, W, Sn, Ag, Pb, Cu are characterized by high abundance value, which provide ore-forming material sources for the copper polymetallic ore belt.

Key words: intrusive and volcanic rock; geochemical characteristic; copper polymetallic ore belt; eastern Inner Mongolia