

东蒙地区燕山期三类成矿岩体 地质地球化学特征

高进路¹, 肖成东¹, 阎国翰²

(1. 天津华北地质勘查局, 天津 300181; 2. 北京大学 地质学系, 北京 100871)

摘 要: 根据东蒙地区广泛发育的中生代燕山期岩体的成矿特征, 将其成矿岩体分成三种类型。它们分别是铜成矿岩体、铅锌成矿岩体和锡成矿岩体。通过对三种成矿岩体的岩石学、稀土元素和微量元素的分析研究, 认为铜成矿岩体具有明显的幔源和壳源双重特征, 为燕山早期岩浆演化的结果; 锡成矿岩体为燕山晚期岩浆演化的产物, 具有壳源特点; 铅锌成矿岩体的地质特征处于铜成矿岩体和锡成矿岩体的过渡。

关键词: 成矿岩体; 地质地球化学; 稀土元素; 微量元素; 东蒙地区

中图分类号: P584; P618. 4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)03-0152-09

位于赤峰市北部、锡盟南东部和哲盟南西部的东蒙地区为我国北方重要的锡多金属成矿带, 其成矿岩体多为燕山期花岗岩。对本区成矿岩体的研究工作始于 20 世纪 80 年代初, 特别是“七五”和“八五”期间的科技攻关项目和许多基金项目的完成, 对区域上的三种岩体(铅锌成矿岩体、锡成矿岩体和非成矿岩体)的岩石学及其地球化学特征进行了研究(王关玉等, 1990)。另外, 在“八五”期间又对铜成矿岩体作了补充研究。作者在前人工作的基础上, 通过区域岩浆演化和各种成矿岩体的分析研究, 认为本区的三种成矿岩体是不同构造环境下岩浆演化不同阶段的产物。

1 三类成矿岩体的划分

大量的研究成果表明, 判定成矿岩体的标准主要有如下三个方面。首先, 岩体与矿床有成因上的联系或时间空间上的亲缘关系, 如形成夕卡岩矿床的浩布高岩体和黄岗梁矿区 204 岩体; 其次, 含有较高的成矿元素或直接富集成矿元素的重砂副矿物的岩体, 如马鞍山岩体和黄岗梁矿区的 204 岩体等都含有很高的锡元素(王关玉等, 1990)。第三, 岩体含有较高的挥发分, 如 F, Cl, H₂O, B 等; 并且有后期水岩

反应的特征, 即热液蚀变。

研究表明, 本区的成矿种类主要有 Cu(Au), Pb-Zn(Ag), Sn-Fe(W) 三种, 根据区域成矿类型和区域岩体地质地球化学特征, 作者把本区的成矿岩体分成三个类型, 它们分别是铜成矿岩体、铅锌成矿岩体和锡成矿岩体。各类成矿岩体的地质特征见表 1。

2 成矿岩体地质特征

2.1 铜成矿岩体

本区近年来已经发现了许多有工业价值的铜矿床和一批铜多金属矿点。它们多分布于区域东北部。如东部敖尔盖-好来宝铜金成矿带; 向东北方向有天山-布敦花火山断陷带及其金铜成矿带。它们受 EW 向的西拉木伦深断裂、巴尔汰(新林镇-天山)大断裂和东侧嫩江深大断裂的影响, 沿以上大断裂的次级断裂形成一系列 NE 向雁行排列的铜多金属成矿带, 如太平沟-好来宝铜金成矿带。区域上成矿岩体同位素定年统计结果表明, 铜成矿岩体有两期, 一期为燕山早期早阶段花岗岩, 出露较少, 区域上沿嫩江断裂、西拉木伦河断裂和新林镇-天山等深大断裂带附近, 在成矿带东北部分布, 一般规模较小, 多呈岩株、岩脉产出。典型岩体有布敦花岩体、

表 1 燕山期三类成矿岩体的基本地质特征

Table 1 The general geological characteristics of the three types of Yanshanian plutons

岩体类型	代表岩体	规模(km ²)	岩石类型	成岩年龄(Ma)	矿化类型	矿床规模
铜成矿岩体	台布呆	0.5	二长花岗斑岩-花岗闪长斑岩	177	Cu, 斑岩	小型
	好来宝	隐伏	闪长玢岩-花岗斑岩	145*	Cu, 斑岩、夕卡岩	小型
	扁扁山	小岩株	安山玢岩-英安斑岩	109*	Cu, 斑岩	小型
	敖尔盖	12	闪长玢岩-花岗斑岩	104~160*	Cu, 热液	小型
	大井脉岩	岩脉群	玄武玢岩-安山玢岩-英安斑岩-霏细岩	133~177*	Cu-Sn-Ag-Pb-Zn, 潜火山热液	大型
铅锌成矿岩体	浩布高	岩株	二长斑岩-闪长玢岩	139.4	Pb-Zn, 夕卡岩	中型
	白音诺	岩脉-岩株	石英二长斑岩-石英二长闪长斑岩-花岗闪长斑岩-二长花岗斑岩	148~171	Pb-Zn-Ag, 夕卡岩	大型
	胡都格哨冷	68	钾长花岗岩-碱长花岗岩-二长花岗岩	131.4*	Pb-Zn	矿点
	海力苏沟	13	石英二长岩-二长花岗岩-钾长花岗岩	135.7	Pb-Zn	矿点
	小井子	110	二长-钾长花岗岩	141.3*	Pb-Zn	矿点
锡成矿岩体	204	8	碱长花岗岩-钾长花岗岩	142±7	Sn-Fe 夕卡岩	大型
	平顶林子	57	碱长花岗岩-钾长花岗岩	131.2*	Sn-W	小型
	东山湾	0.2	碱长花岗岩	134.7±3.1	Sn-W	矿点
	马鞍山	100	碱长花岗岩-钾长花岗岩	155.4±2.0	Sn(?)	大型
	浩布高	15	石英正长岩-钾长花岗岩	105~158	Sn, 云英岩	中型

* 钾-氩法年龄数据, 仅作参考。

莲花山岩体、闹牛山岩体、塔尔布勒吉岩体、板山吐岩体等。岩石类型主要为斜长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩、花岗(斑)岩等。二期为燕山晚期的花岗岩体, 这期岩浆活动主要集中在巴尔汰断裂附近, 主要呈小岩株、岩脉产出, 有中部的大井脉岩群, 向东为敖尔盖岩体、扁扁山、代铜山-园旦山和好来宝岩体等。敖尔盖岩体主要岩石类型为斜长花岗斑岩, 主要由斜长石(中长石, $A_n=40$)(60%)、石英(27%)、和角闪石、黑云母等暗色矿物(10%)组成。

2.2 铅锌成矿岩体

铅锌成矿岩体以白音诺岩体为代表, 另外还有浩布高矿区隐伏二长斑岩-闪长玢岩、胡都格哨冷钾长花岗岩-碱长花岗岩-二长花岗岩、小井子二长-碱长花岗岩-钾长花岗岩、海力苏沟石英二长岩-二长花岗岩-钾长花岗岩等。这类成矿岩体多位于黄岗梁-甘珠尔庙成矿带的北东段。向北东还有孟恩陶勒盖铅(银)矿区的杜尔基黑云母斜长花岗岩岩体等。同位素定年结果, 它们在 135~171 Ma 之间, 而成矿多为岩浆演化晚期的浅成-超浅成的小侵入体。

白音诺脉状岩体的岩石组合为石英二长岩-石英二长闪长岩-花岗闪长岩, 最主要的岩石类型为黑云母二长斑岩、角闪黑云母石英二长斑岩和花岗闪长斑岩; 次要的有黑云母二长花岗斑岩。岩石由石英(15%~25%)、钾长石(25%~40%)、斜长石(30%~45%)、黑云母(5%~10%)和角闪石(4%~8%)组成。钾长石含量小于斜长石; 斜长石为更长石($A_n=25\sim30$)。黑云母为镁质黑云母。另外有普通角闪石的出现。

2.3 锡成矿岩体

锡成矿岩体以黄岗梁 204、平顶林子和马鞍山岩体等为代表。其形成时代主要为晚侏罗世。铷锶同位素等时线年龄为 135~158 Ma, 多属于燕山早期晚阶段岩浆活动的产物。在空间上, 沿黄岗梁-甘珠尔庙成矿带分布, 而且主要位于区域的西南部锡林浩特-林西一带, 向东北方向则只有零星分布, 如浩布高岩体和东山湾岩体等。郝立波(1999)在分析本区燕山早期晚阶段岩浆岩在空间上的分布特征时, 也注意到了岩体由南西向北东方向, 其 $w(Fe_2O_3)/w(FeO)$ 值由小到大的变化趋势。

含矿岩体往往为复式岩体, 而且矿化主要与杂岩体演化晚期的侵入体有关。岩石类型主要为黑云母钾长花岗岩、碱长花岗岩。岩体分异良好, 一般主体为钾长花岗岩、碱长花岗岩, 边部则以黑云母钾长花岗岩为主。岩石的矿物成分为微斜条纹长石 44%~60%, 石英 35%~40%, 斜长石($A_n=4\sim20$)约为 7%~18%, 暗色矿物黑云母为 1%~4%, 而且是含镁较低的铁黑云母和铁叶云母(阎国翰, 1990)。在岩石学上以高含量的碱长石(条纹长石)、石英, 低含量的斜长石(钠更长石)和暗色矿物为其特征。

总之, 以上三类成矿岩体的岩石学特征分析可以看出, 区域成矿岩体具有明显的时空演化与分带现象, 而区域上由北东向南西, 岩浆岩的成矿类型也有由铜→铅锌银→锡(钨)的分带现象。成矿岩体的岩性有由斜长花岗岩→二长花岗岩→钾长花岗岩的变化趋势, 这些特征反映了本区以锡林浩特微板块为中心的板块增生构造格架。

3 岩石化学特征

3.1 铜成矿岩体

多为燕山早期和燕山晚期的产物。前者主要集中在区域的北东部, 22 个典型岩体的 68 件样品岩石化学成分及有关岩石化学参数统计结果表明, 该期花岗岩岩石化学成分变化较大, $w(\text{SiO}_2)$ 平均为 69.43%, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 8.05\%$ 。应该引起注意的是成矿带西南部该期岩体明显较东北部岩体更偏酸性, 东北部该期次花岗岩平均 $w(\text{SiO}_2) = 66.89\%$, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 7.91\%$, 而且大多以 $w(\text{Na}_2\text{O}) > w(\text{K}_2\text{O})$ 为特点, 西南部该期次花岗岩平均 $w(\text{SiO}_2) = 71.73\%$, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 7.94\%$, 而且大多为 $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$ 。燕山晚期的成矿岩体多分布于区域的东部沿敖尔盖—天山铜多金属成矿带分布, 对该带的 4 个成矿岩体(好来宝、扁扁山、敖尔盖、大井的脉岩群) 41 件样品的全岩硅酸盐成分统计, 其平均 $w(\text{SiO}_2) = 66.59\%$; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) = 5.53\%$, 而且 $w(\text{Na}_2\text{O}) > w(\text{K}_2\text{O})$ 。

3.2 铅锌成矿岩体

区域上 4 个主要矿区(浩布高、白音诺、胡都格哨冷、小井子) 铅锌银成矿岩体的 47 件样品的全岩化学成分分析结果, 其平均 $w(\text{SiO}_2) = 71.45\%$; $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) = 9.18\%$, 而且大多为 $w(\text{K}_2\text{O}) > w(\text{Na}_2\text{O})$ 。

3.3 锡成矿岩体

区域上 14 个锡成矿岩体的 137 件岩石化学成分统计结果表明, 这种燕山早期晚阶段为主的成矿岩体, 其化学成分比较稳定, 其平均 $w(\text{SiO}_2) = 75.10\%$, $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) = 8.23\%$; 以 $w(\text{K}_2\text{O}) > w$

(Na_2O) 为特点。岩石属铝过饱和系列。与中国花岗岩平均成分(黎彤, 1962) 相比, 这种花岗岩以富硅(SiO_2)、碱($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$), 铝过饱和, 而贫镁钙为其特征, 与华南改造型花岗岩的平均成分相近。根据 CIPW 方法计算的岩石标准矿物成分投到 Q-A-P 图中, 本区主要的含锡花岗岩体大多数落入钾长花岗岩和碱长花岗岩区。

由以上三类成矿岩体的岩石化学特征可以看出, 它们是燕山期构造岩浆演化不同阶段的产物。燕山期的两个大的岩浆旋回的早期多形成铜成矿岩体, 岩石化学特点为 SiO_2 和 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 都较低, 而且多表现为 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$; 燕山早期晚阶段多形成锡钨成矿岩体, 其岩石化学表现为富硅(SiO_2)、碱($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$), $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, 铝过饱和, 而贫镁钙为其特征; 与铅锌成矿有关的岩体, 多为岩浆演化晚期的小岩株等, 以明显的高硅、富碱为特征。

4 稀土元素特征

区域三类成矿岩体的稀土元素总量有很大的差别。由表 2 和图 1—图 4 可知, 成矿岩体的稀土总量变化较大($w(\sum\text{REE}) = 34 \times 10^{-6} \sim 312.06 \times 10^{-6}$), 其中锡成矿岩体中的稀土总量最高($w(\sum\text{REE}) = 207.08 \times 10^{-6} \sim 306.83 \times 10^{-6}$), 其次是铅锌成矿岩体($w(\sum\text{REE}) = 155.83 \times 10^{-6} \sim 199.29 \times 10^{-6}$), 而铜成矿岩体中的稀土总量最小($w(\sum\text{REE}) = 34.06 \times 10^{-6} \sim 195.65 \times 10^{-6}$); 轻稀土元素的总量与总稀土呈同消长, 而重稀土元素的总量则变化不大, 表明三类成矿岩体的稀土总量的差别主要是轻稀土引起的(图 4)。

表 2 东蒙地区部分成矿岩体稀土元素特征值

Table 2 Characteristic value of some ore-forming plutons' REE in the east Inner Mongolia								$w_B/10^{-6}$
岩体类型	矿 区	岩石名称	$\sum\text{REE}$	LREE	HREE	LR/HR	Eu/Eu ⁺	Sm/Nd
铜 成 矿 岩 体	好来宝	正长花岗岩	195.65	169.04	26.61	6.35	0.31	0.22
	扁扁山	安山玢岩	34.06	26.36	7.70	3.42	0.61	0.25
		玄武玢岩	55.00	42.64	12.36	3.45	0.80	0.26
	大	安山玢岩	129.46	113.04	16.42	6.88	0.76	0.23
	井	英安斑岩	100.39	90.64	9.75	9.29	0.71	0.19
		霏细斑岩	123.02	108.62	14.40	7.54	0.83	0.21
铅锌成矿 岩体	小井子	碱长花岗岩	199.29	172.42	26.87	6.42	0.21	0.21
	浩布高	花岗岩	155.83	132.36	23.47	5.64	0.10	0.22
		石英长石斑岩	191.62	169.98	21.64	7.85	0.39	0.20
	白音诺	花岗闪长斑岩	176.66	156.07	20.59	7.58	0.59	0.20
锡成矿 岩体	黄岗梁	黄岗梁 矿	306.83	278.16	28.67	9.70	0.04	0.19
		黄岗梁 矿	312.06	275.83	36.23	7.61	0.02	0.20
	大井	钾长-碱长花岗岩	282.95	242.10	40.85	5.93	0.18	0.20
	平顶林子*	钾长-碱长花岗岩	207.08	188.10	18.98	9.91	0.08	0.20

* 据孙国梁硕士论文(1990)

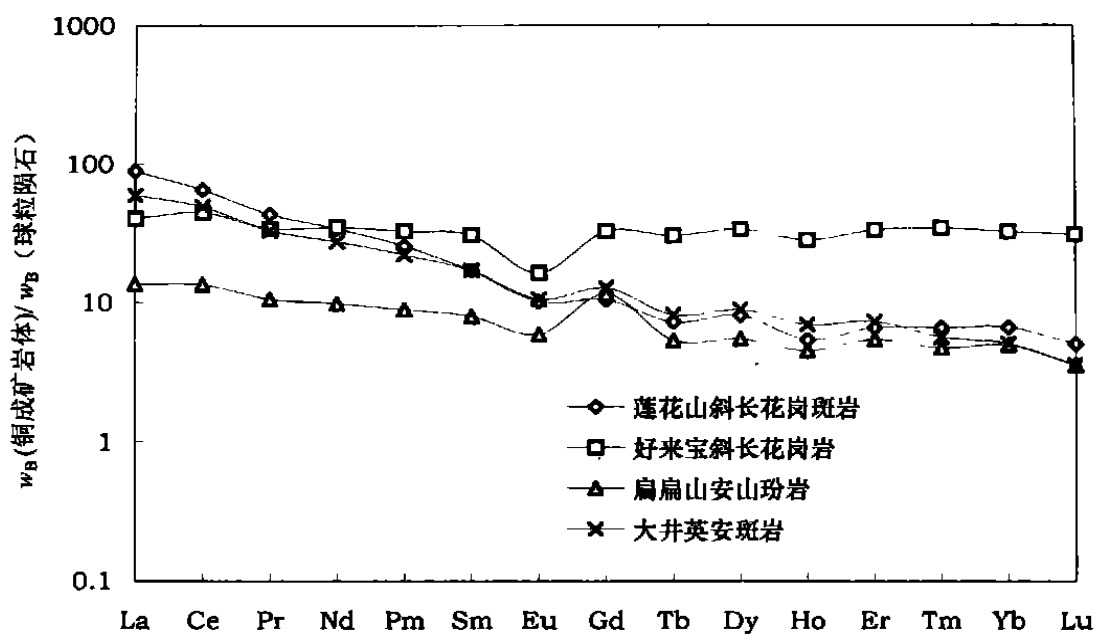


图 1 铜成矿岩体稀土元素配分图

Fig. 1 REE patterns of copper ore-forming plutons

稀土元素总量很低, 轻重稀土元素分馏不明显, 稍有 Eu 亏损等为铜成矿岩体的标志

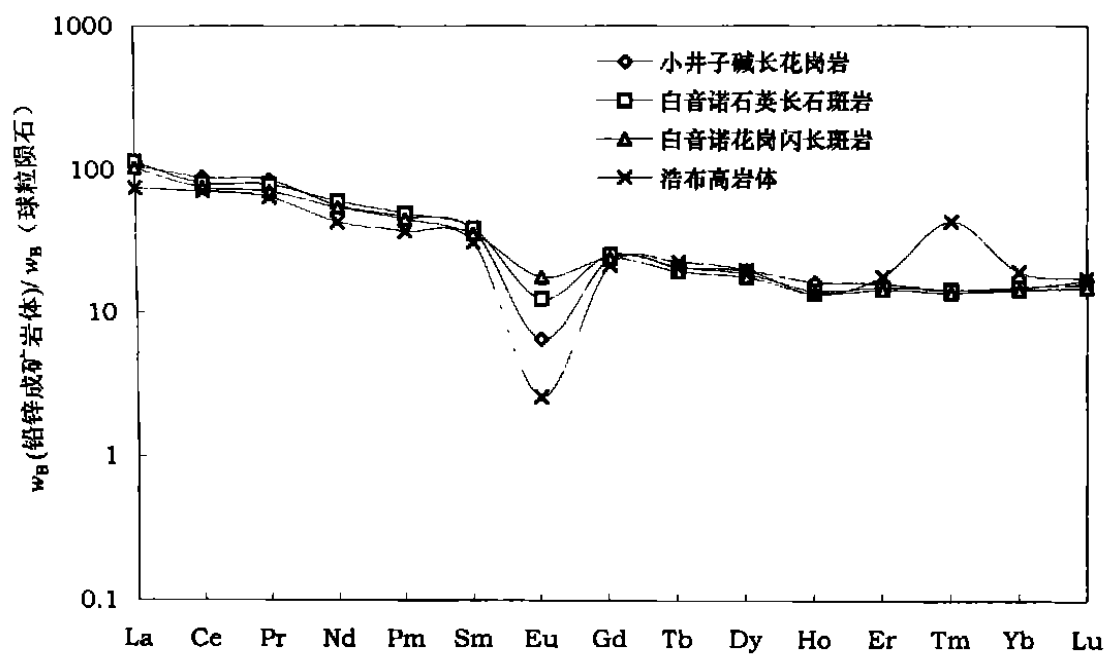


图 2 铅锌成矿岩体稀土元素配分图

Fig. 2 REE patterns of Pb, Zn ore-forming plutons

介于锡成矿岩体和铜成矿岩体之间的稀土元素特征

轻重稀土的比值和 $w(\text{Eu})/w(\text{Eu}^*)$ 也有明显的不同。其中锡成矿岩体的轻重稀土比值和铕亏损最大(表 2), 其稀土配分模式为一个高大的右倾“V”字形(图 3)。铜成矿岩体轻重稀土比值变化较大, 高者与锡成矿岩体相近(9.29), 低者达 3.42, 明显低于区域岩浆岩的平均值, 铕亏损明显低于锡成矿岩体, 但

有较大的变化(图 1)。铅锌成矿岩体处于锡成矿岩体和铜成矿岩体之间(图 2)。因此, 铅锌成矿岩体形成一个较为平缓的“V”字形, 而铜成矿岩体的配分曲线则呈现为较高的、稍有铕亏损的曲线和较低矮的、铕亏损不明显的曲线共存的特征, 说明燕山期可能存在两期铜成矿岩体。值得注意的是以上三类成矿岩

体的 $w(\text{Sm})/w(\text{Nd})$ 比值则具有相似的规律性的变化 (变化于 0.19 ~ 0.26 之间, 主要集中于 0.2 (表 2), 与锡成矿岩体相比, 铜成矿岩体变化较大(0.19 ~ 0.26), 铅锌成矿岩体位于前两者之间, 说明它们物质来源既有相似性, 又有一定的差异。铜成矿岩体具有深源和浅源的双重特征。

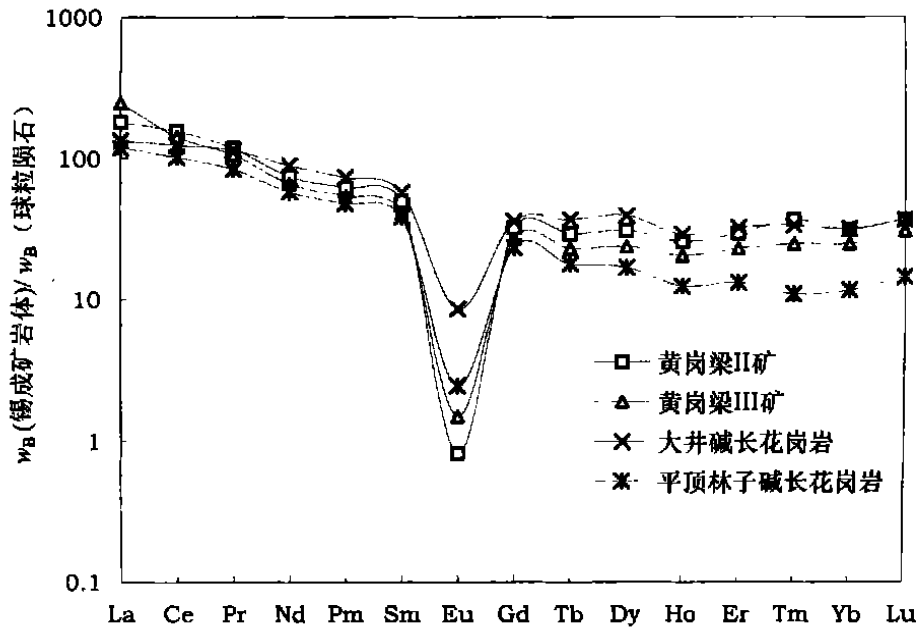


图3 锡成矿岩体稀土元素配分总值图

Fig. 3 REE pattern of tin ore-forming plutons
高含量的稀土元素总量, 明显的轻重稀土分馏, 异常大的 Eu 亏损等为锡成矿岩体的显著特征

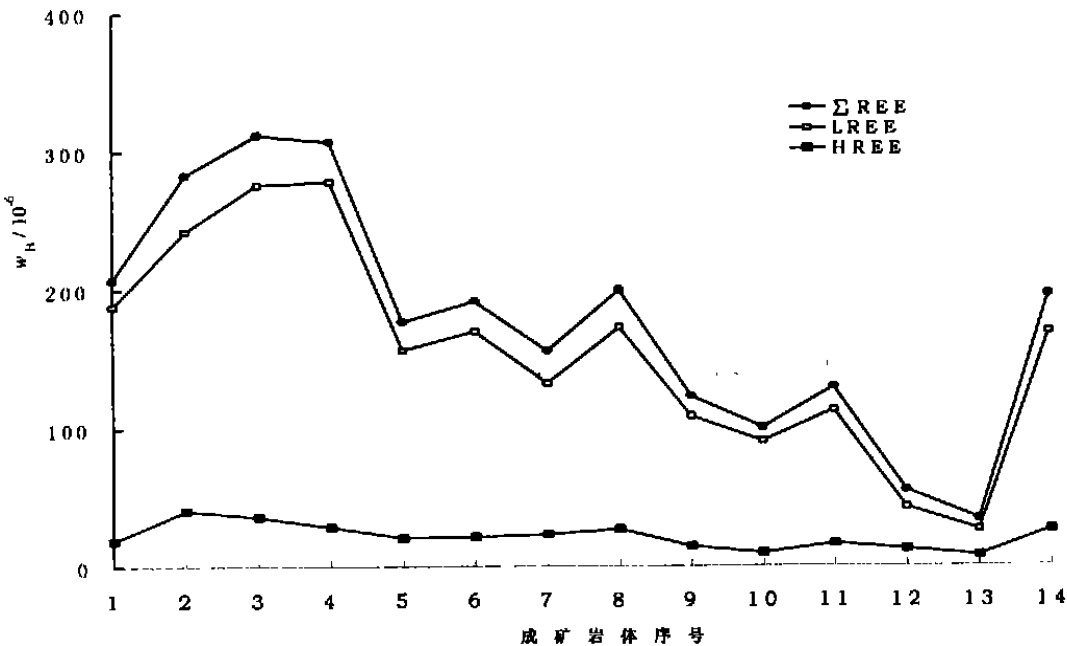


图4 成矿岩体稀土元素总量、分量变异图

Fig. 4 Variation diagram of total REE and partial REE of ore-forming plutons
锡成矿岩体(1~4): 1. 钾长-碱长花岗岩(平顶林子) 2. 钾长-碱长花岗岩(马鞍山岩体) 3. 黄岗梁 矿 4. 黄岗梁 矿
铅锌成矿岩体(5~8): 5. 花岗闪长斑岩(白音诺) 6. 石英长石斑岩(白音诺) 7. 花岗斑岩(浩布高) 8. 碱长花岗岩(小井子矿区)
铜成矿岩体(9~14): 9. 霏细斑岩(大井) 10. 英安斑岩(大井) 11. 安山玢岩(大井) 12. 玄武玢岩(大井) 13. 安山玢岩(大井) 14. 正长花岗岩(好来宝矿区)

5 微量元素

表 3 列出了东蒙地区部分花岗岩体微量元素的质量分数平均值。由表可知, 区域花岗岩的成矿元素 Sn, Cu, Pb, Zn 中, 只有锡成矿岩体中的 Sn 元素明显高出花岗岩维氏值, 其质量分数基本上大于 $10 \times$

10^{-6} , 说明本区西南部的黄冈梁地区是一个 Sn 元素的高异常区, 而且锡成矿岩体中锡的质量分数明显高于其他类型的花岗岩, 一般大于 20×10^{-6} (图 5); 其他成矿元素 Cu, Pb, Zn 基本接近花岗岩的平均值 (东山湾岩体的 Zn 较高), 特别是 Cu 元素在区域各类花岗岩中都普遍低于维氏值, 说明了区域燕山期岩浆岩贫亲硫元素。

表 3 成矿岩体微量元素平均值及元素比值													
Table 3 The average and ratios of ore-forming plutons' micro-elements													$w_B / 10^{-6}$
类型	岩体名称	岩石类型	Pb	Sr	Sn	Cu	Pb	Zn	F	Cl	K/Rb	Rb/Sr	F/Cl
锡*	204	碱-钾长花岗岩	395	21	24	22.8	32	55	3237	257	93	19	12.6
	平顶林子	碱-钾长花岗岩	364	25	22	12.8	30	96	3153	278	108	14	11.3
	东山湾	碱长花岗岩	247	13	21		31	142	1460	101	155	19	14.4
	马鞍山	钾-碱长花岗岩	368	37	25	15.1	34	64	2243	197	104	10	11.4
	乌兰楚鲁特	碱长花岗岩	250	14	6	20.0	27	31	784	80	129	18	9.8
铅锌	浩布高	钾长花岗岩	200	69	13	18.8	27	57	1470	173	182	2.9	8.5
	白音诺	石英二长岩	82	424	5	16.1	31	71	354	203	289	0.2	1.7
铜	好来宝	英云闪长岩	82	52	1.6	8.8	33	19	320	190	378	1.6	1.7
	扁扁山	英安斑岩	80	36	3	5.0	28	57	650	130	496	2.3	5
	大井脉岩	英安斑岩	152	124	3.1	20.8	18.5	39.7	480	200			2.4
花岗岩平均值(维氏值)			200	285	3	20.0	20	60	800	240	165	0.7	3.3

其中* 引自王关玉、阎国翰(1990), 其余为本工作成果, 方法是 ICAP; 测试单位: 中国地质科学院测试中心。

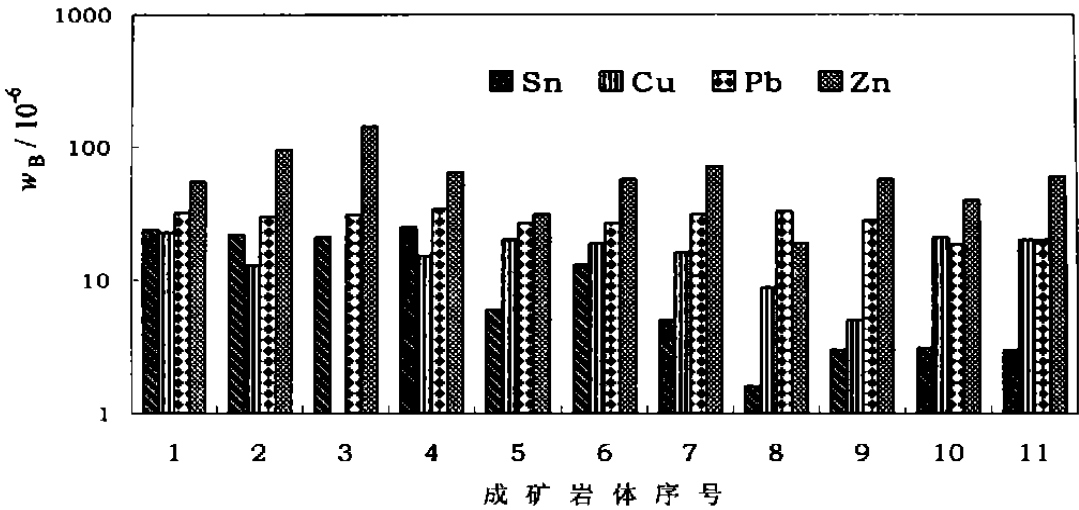


图 5 成矿岩体成矿元素质量分数分布图

Fig. 5 Distribution diagram of ore elements' mass percentage of ore-forming plutons

锡成矿岩体(1~4): 1. 204 岩体 2. 平顶林子岩体 3. 东山湾 4. 马鞍山

铅锌成矿岩体(5~7): 5. 乌兰楚鲁特岩体 6. 浩布高岩体 7. 白音诺岩体

铜成矿岩体(8~11): 8. 好来宝 9. 扁扁山英安斑岩体 10. 大井脉岩 11. 花岗岩平均值

岩浆岩的 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ 和 $w(\text{K})/w(\text{Rb})$ 比值能够很好地反映岩浆岩的分异程度, 分异程度越高, 其 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ 比值越大, 而 $w(\text{K})/w(\text{Rb})$ 比值则正好相反。区域三类成矿岩体的 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ 与 $w(\text{K})/w(\text{Rb})$ 比值有明显的差异, 含锡花岗岩的 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ 比值明显高于其余两者, 一般大于 10; $w(\text{K})/w(\text{Rb})$ 比值与 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ 呈反消长。这些差异明显地反映了三类岩体分异程度的不同。

三类岩体其 F, Cl 的质量分数也具有明显的差异。位于西南部的锡成矿花岗岩有明显高 F 的特点, 高出花岗岩的维氏值一个数量级, 向北东部的铅锌成矿岩体和东部铜成矿岩体有降低的趋势; 而 Cl 的质量分数则基本上都接近或略低于维氏值, 因此其 $w(\text{F})/w(\text{Cl})$ 比值均大于 1, 其中含锡花岗岩又明显大于含铅锌花岗岩和铜成矿岩体, $w(\text{F})/w(\text{Cl})$ 比值与 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$ 比值呈正相关(见图 6, 图 7)。

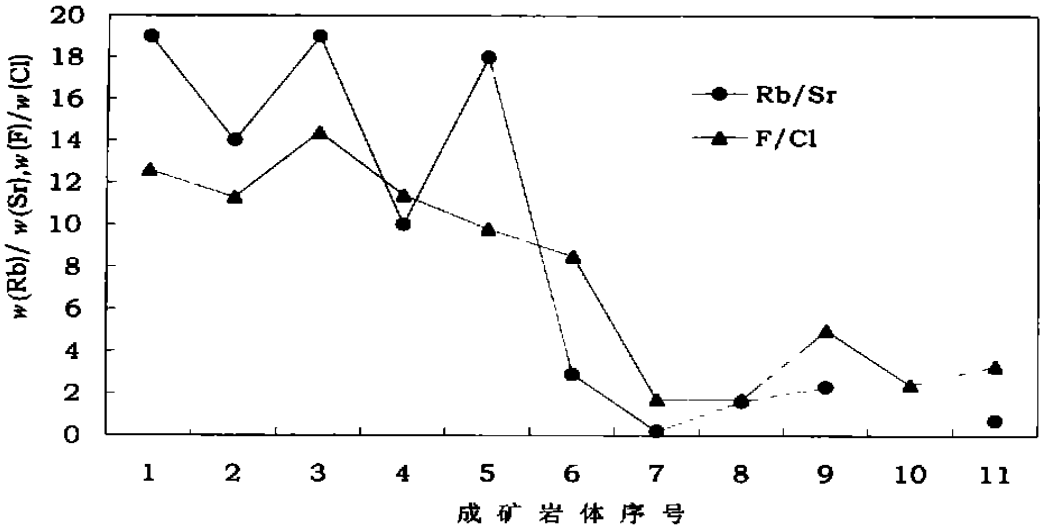


图 6 三类成矿岩体 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$, $w(\text{F})/w(\text{Cl})$ 比值分布图

Fig. 6 $w(\text{Rb})/w(\text{Sr})$, $w(\text{F})/w(\text{Cl})$ distribution diagram of the three types of ore-forming plutons
成矿岩体序号同图 5

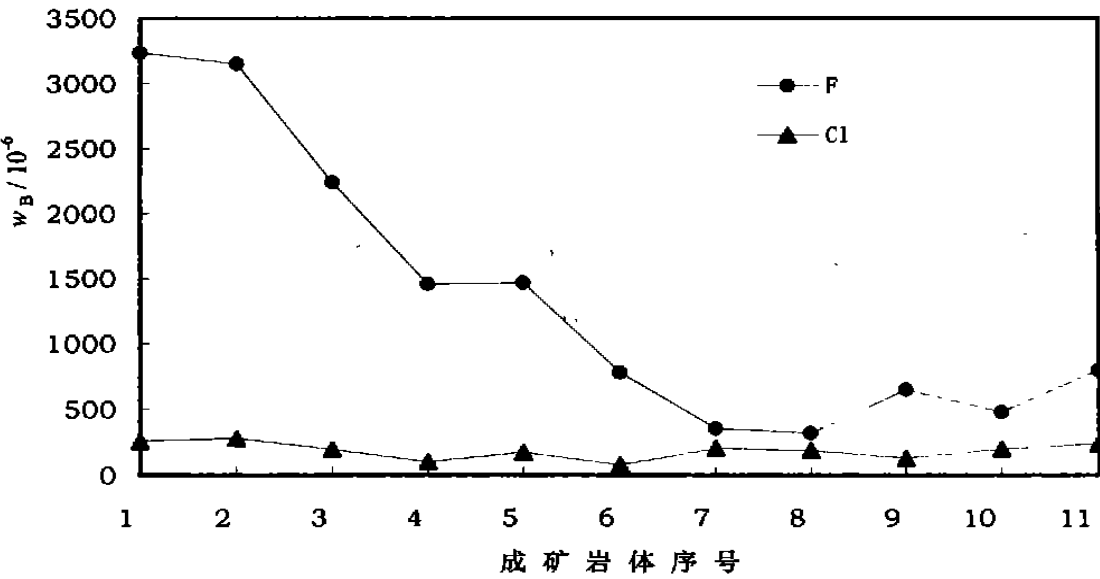


图 7 区域三类成矿岩体 F, Cl 质量分数变异图

Fig. 7 Variation diagram of F, Cl contents of the three types of ore-forming plutons
成矿岩体序号同图 5

6 小结

通过成矿岩体的时间-空间的分布、岩石矿物学、岩石化学和微量元素特征分析, 由铜成矿岩体—铅锌成矿岩体—锡成矿岩体, 呈现规律性的演变趋势。其主要的演化特征列于表 4。总体可概括为如下几个特征。

(1) 三类成矿岩体的空间分布受区域构造的控制。铜成矿岩体多分布于深大断裂及其交汇处, 特别是区域的东部—东北部; 铅锌成矿岩体多位于岩浆

隆起带的中部; 锡成矿岩体则大都位于本区岩浆隆起带的东南部的黄岗梁—林西—安乐一带。

(2) 铜成矿岩体多形成于每个岩浆旋回的早期, 而中晚期的岩浆活动形成铅锌成矿岩体, 锡成矿岩体则形成于燕山早期晚阶段。因此, 本区铜成矿岩体有两期, 即燕山早期和燕山晚期。

(3) 三类成矿岩体的岩性呈现规律性的变化。锡成矿岩体的酸度最高, $w(K_2O + Na_2O)$ 较高, $w(K_2O) > w(Na_2O)$; 铅锌成矿岩体的碱度最高, 一般 $w(K_2O) > w(Na_2O)$; 铜成矿岩体的酸度和碱度都较低, 而且多为 $w(Na_2O) > w(K_2O)$ 。

表 4 东蒙地区成矿岩体地质特征
Table 4 Geological characteristics of ore-forming plutons in east Inner Mongolia

岩体类型	铜成矿岩体	铅锌成矿岩体	锡成矿岩体
形成时代	燕山早期早阶段、燕山晚期	燕山早期	燕山早期晚阶段
空间展布	区域的东部及深大断裂	区域岩浆隆起带的中部	岩浆隆起带的东南部黄岗梁—林西—安乐一带
岩石学特征	二长岩-闪长岩-斜长花岗岩, 岩石中常见角闪石、黑云母等, 而且富镁质	石英二长岩-二长花岗岩-碱长花岗岩; 岩石中常见角闪石、黑云母等暗色矿物。黑云母为镁质	碱长花岗岩-钾长花岗岩。岩石中无角闪石, 少见黑云母等, 含镁低, 一般为铁云母或者铁叶云母等
岩石化学	$w(SiO_2)$ (68) 变化大, 平均为 69.43%; $w(K_2O + Na_2O) = 8.05\%$ 而且由东北部向西南部呈现有规律的变化, $w(SiO_2)$ 增加, $w(K_2O)/w(Na_2O)$ 比值增加, 由 $w(K_2O) < w(Na_2O)$ 变为 $w(K_2O) > w(Na_2O)$	$w(SiO_2)$ (47) 平均为 71.45%, $w(K_2O + Na_2O) = 9.18\%$	$w(SiO_2)$ (137) 平均为 75.10%; $w(K_2O + Na_2O) = 8.23\%$, $w(K_2O) > w(Na_2O)$
微量元素	高 $w(K)/w(Rb)$, 低 $w(Rb)/w(Sr)$ 和 $w(F)/w(Cl)$ 比值, 成矿元素 Sn、低于酸性岩的平均值	$w(K)/w(Rb)$ 、 $w(Rb)/w(Sr)$ 、 $w(F)/w(Cl)$ 都为中等, 介于铜成矿岩体与锡成矿岩体之间, 锡元素稍高于酸性岩, Cu、Pb、Zn 基本接近酸性岩的平均值	低 $w(K)/w(Rb)$, 高 $w(Rb)/w(Sr)$ 和 $w(F)/w(Cl)$, 与铜成矿岩体相反。Sn 和 Zn 元素明显高于酸性岩的平均值
稀土元素	总稀土低($w(\Sigma REE) 34.06 \times 10^{-6} \sim 195.65 \times 10^{-6}$), $w(LREE)/w(HREE)$ 较小(3.42~9.29), 稍有 Eu 亏损	总稀土中等($w(\Sigma REE) 155.83 \times 10^{-6} \sim 199.29 \times 10^{-6}$); 中等, Eu 亏损较大($w(Eu)/w(Eu^*) = 0.59 \sim 0.1$)	总稀土高($w(\Sigma REE) 207.18 \times 10^{-6} \sim 302.06 \times 10^{-6}$), $w(LREE)/w(HREE)$ 最大(5.93~9.91); Eu 亏损异常大($w(Eu)/w(Eu^*) = 0.18 \sim 0.02$)

(4) 三类成矿岩体稀土元素和微量元素的变化特征同样反映了由铜成矿岩体→铅锌成矿岩体→锡成矿岩体, 其成熟度依次升高, 铜成矿岩体具有深源和浅源的双重特征。

参考文献:

[1] Pitcher W S. The Nature and Origin of Granite (Second Printing) [M]. Bounbary Row, London, 1997. 2-6.

[2] Yang Zhida, Xiao Chengdong. analysis of geological constraint factor on copper polymetal metallogenic zone in noth region of Chifeng[J]. Transactions of Nfsoc. 1996, 6 (suppl. 1): 181-184.

[3] Chappell B W, White A J K. Two contrasting granite types [J]. Pacific Geol. 1974, 8: 173-174.

[4] Eskola P. On the origin of granite magmas [J]. Mineral. Petrol. 1932, 42: 455-481.

[5] Flynn R T, Burnham C W. An experimental determination of rare earth partition coefficients between a chloride containing vapor phase and silicate melts[J]. Geochem. Cosmochem. Acta. 1987, 42: 685-701.

[6] 郝立波, 段国政, 李殿超, 等. 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, 1999, 18(2), 66-72.

[7] 邵济安, 唐克东. 中国东北地体与东北亚大陆边缘演化[M]. 北京: 地震出版社, 1995. 1-185.

[8] 邵济安. 中国板块北缘中段地壳演化[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991.

[9] 邵济安, 韩庆军, 张履桥, 等. 内蒙古东部早中生代堆积杂岩捕

虏体的发现[J]. 科学通报, 1999, 44(5): 478-485.

[10] 邵济安, 张履桥, 牟保磊. 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 339-346.

[11] 盛继福, 付先政. 大兴安岭中段成矿环境与铜多金属矿床地质特征[M]. 北京: 地震出版社, 1999. 132-139.

[12] 肖成东, 付国立, 赵利青. 内蒙古锡盟—赤峰北部板块构造演化与金矿床[J]. 黄金地质, 2000, 6(2): 17-20.

[13] 肖成东, 杨志达. 内蒙赤峰北部两个重要成矿带及其成矿特征[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(4): 197-201.

[14] 杨伦. 论双模式岩浆活动对内蒙东部锡矿成矿的控制[J]. 有色

金属矿产与勘查, 1991, (6): 8-13.

[15] 杨伦. 内蒙东部大兴安岭南段岩浆岩的稀土元素特征及其找矿意义[J]. 有色金属矿产与勘查, 1990, (5): 26-34.

[16] 张德全. 大兴安岭南段不同构造环境中的两类花岗岩[J]. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(1): 1-11.

[17] 赵一鸣, 王大畏, 张德全, 等. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式[M]. 北京: 地震出版社, 1994. 55-85.

[18] 徐志刚. 内蒙古东南部铜多金属矿床成矿构造背景[A]. 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. 20-41.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF
 THREE TYPES OF YANSHANIAN METALLOGENETIC
 PLUTONS IN EASTERN INNER MONGOLIA

GAO Jin-lu¹, XIAO heng-dong¹, YAN Guo-han²

(1. North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300181, China;

2. Geological Dept. Beijing University, Beijing 100871, China)

Abstract: The ore-bearing plutons are divided into three types according to their metallogenic characteristics, i. e. Cu, Pb-Zn and Sn plutons. Petrological, REE and micro-element data of Cu plutons are typical of mantle & crust source and formation in Early Yanshanian period; Sn plutons typical of crust source and formation of Late Yanshanian period; and Pb-Zn pluton typical of transition from Cu pluton to Sn pluton.

Key words: ore-forming pluton; geology and geochemistry; REE; micro-element; Inner Mongolia

欢迎订阅 2003 年度《中国非金属矿工业导刊》

邮发代号: 82-319

全国性非金属矿行业期刊, 双月刊, 逢双月 25 日出版
 国内外公开发行, 国际标准刊号: ISSN 1007-9386; 国内统一刊号: CN 11-3924/TD, 全国各地邮局订阅, 邮发代号: 82-319. 订户可通过邮局订阅或直接向本刊编辑部订阅
 大 16 开, 每期 48 页, 约 10 万字, 平装胶订. 每期定价 8 元, 全年 48 元
 本刊兼营广告业务, 广告经营许可证: 京东工商广字第 0016 号

主办单位: 中国非金属矿工业(集团)总公司、中国建筑材料工业地质勘查中心、中国非金属矿工业协会
 主要内容: 主要报道我国非金属矿行业产业政策、行业发展及动态、非金属矿产应用与开发、矿产品加工与利用、矿产资源、选矿工艺与技术、加工设备、测试技术、环境保护与评价、市场信息及动态、企业管理与企业介绍等内容. 本刊融政策、技术、信息于一体, 内容丰富、信息量大.
 读者对象: 从事建材、非金属矿及其相关的生产、科研、设计、设备制造单位、管理部门及大专院校的科研人员、生产技术人员、管理人员等.

欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎刊登广告!

地址: 北京市西直门内北顺城街 11 号

电话: 010- 62259367 传真: 010- 62243610

http://LGFK@chinajournal.net.cn

邮编: 100035

广告联系: 13901215508

E-mail: LGFK@chinajournal.net.cn