

华北地台中生代岩浆岩成因系列与内生金属矿床组合

姚金炎 吴明超 张光耀

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院)



地质·矿床

华北地台是我国夕卡岩铁矿和金矿的主要产地，它们都与一定的中生代岩浆岩有成因联系。

根据岩浆岩与地层的关系，同位素年龄资料，并参考华北地质研究所对华北若干地区中性岩浆岩期次划分

的意见和山东1/50万地质图等资料，可将本区中生代各岩体侵入期次划分如表1。

由表1可见，不同区域岩浆岩组合有明显差别，据此可分为三个岩浆岩区。东部主要发育为一套花岗岩系列，中部为辉长岩—闪长岩—正长岩系列，西部为一套二长岩、正长岩系列。

华北地台中生代（燕山期）侵入岩期次划分 表1

岩 浆 岩 区			东 部	中 部	西 部	
侵入期	同位素年龄值(亿年)	主要岩石类型	山 东 东 部	山 东 西 部	河北南部(豫北、晋东南)	山西中部、南部
晚 期	1.2~0.7	碱性钙碱性正长岩类		辉石正长岩(鹊山、马鞍山、虎伏山—象山)，南部蒙阴地区有金伯利岩(0.88亿年)	正长岩类(邯郸、安林)	正长岩类(塔儿山—二峰山、孤傲山、紫金山)
中 期	1.4~1.2	闪长岩—二长岩类		Fe 正长闪长岩、黑云母闪长岩(金岭、莱芜)	闪长岩—二长岩(邯郸、安林)	Fe 正长闪长岩— Cu 二长岩(塔儿山—二峰山、孤傲山)
早 期	2.00~1.4	辉长岩—闪长岩类、花岗岩类	石英二长岩、正长岩 ↑ 钾质花岗岩 Au ↑ 二长花岗岩(石英二长岩、花岗闪长岩) Pb Zn Cu ↑ 花岗岩(玲珑、郭家岭、青岛)	Fe 偏基性闪长岩 ↑ 橄榄辉长岩(苏长岩)(济南、莱芜、金岭)	Fe 角闪闪长岩 ↑ 橄榄角闪石岩(安林)、 橄榄角闪辉长岩(邯郸、西安里)	

侵入岩岩类和岩石组合基本可反映出侵入时期。燕山早期形成基性岩、偏基性的中性岩、酸性岩，燕山中中期形成闪长岩、二长岩，燕山晚期形成正长岩类。

华北地台东部燕山早期岩浆活动发育，中晚期岩浆活动不发育；中部燕山期活动从早到晚最完全；西部则主要发育燕山中晚期的岩浆侵入。

侵入体岩石化学与痕迹元素特征

本次搜集岩石化学全分析资料800多个,绝大部分是燕山期侵入岩。从华北地台侵入岩 $K_2O/(K_2O + Na_2O)$ 与 SiO_2 ,和 $Na_2O + K_2O$ 与 SiO_2 两个关系图(图1)可以看出,酸性岩类—中酸性岩类、基性岩类—中性岩类是两个不同的演化系列。酸性岩类—中酸性岩类与黎形值相比,碱值高,两者碱值连线缓,表示彼此碱含量变化极小。在 $K_2O/(K_2O + Na_2O)$ 与 SiO_2 关

系图中两者连线呈 40° ,反映钾、钠相对变化较大。在 $Na_2O + K_2O$ 与 SiO_2 关系图中,基性岩—中性岩类与黎形值相比,基性岩碱值低,中性近似黎形值,两者碱值连线呈 65° ,表示碱值变化很大; $K_2O/(K_2O + Na_2O)$ 比值两者连线很缓,说明虽碱值变化大,但钾、钠比值变化不大,且随 SiO_2 增高钠相对增长较快。这与酸性岩—中酸性岩类变化特征刚好相反。由此,可能反映华北地台主要有两种成因的岩浆系列。

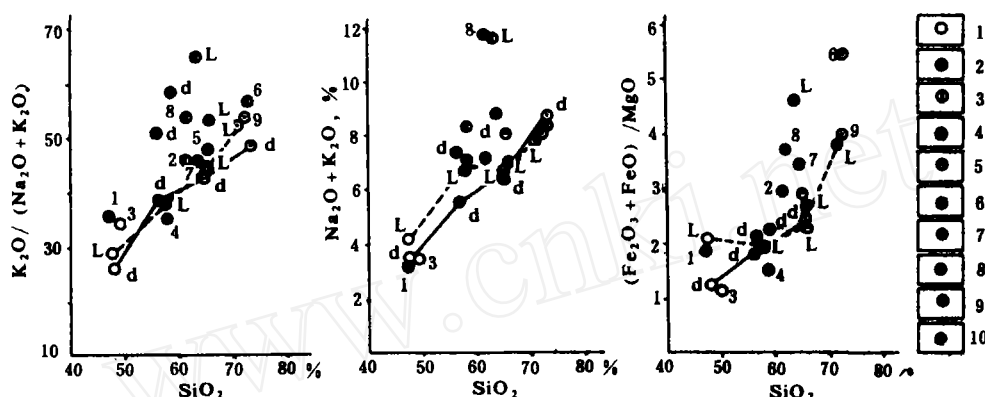


图1 华北地台各类侵入岩平均含量 $K_2O/(Na_2O + K_2O)$,
 $(Na_2O + K_2O) \%$, $(Fe_2O_3 + FeO)/MgO$ 与 SiO_2 关系图
(图中的数字为样品号)

1—燕山期辉长岩类 (基性—超基性岩类); 2—太古代基性 (或超基性) 岩类; 3—太古代闪长岩类;
4—燕山期闪长岩类; 5—燕山期花岗闪长岩类; 6—燕山期成矿的闪长岩类; 7—燕山期花岗岩类;
8—太古代花岗岩类; 9—二长岩类; 10—正长岩类; d—戴里值; L—黎形值

华北地台西区中性岩类、二长岩类和中酸性岩类明显富碱,且大部分以相对富 Na_2O 为特征;与铁矿相关的岩石更为突出,并富 $Fe_2O_3 + FeO$ 。

华北地台中区,从早期基性岩到晚期中酸性岩,碱性的侵入演化,突出地表现在碱值和 SiO_2 的变化上,其次是 Fe_2O_3 , FeO , MgO 值的变化上。早期基性岩类以贫碱、富 MgO 为特征;演化到中期中性岩,则大多以适度富碱,相对富 K_2O 为特征;特别是与铁矿相关的岩体尤为显著。晚期的中酸性岩类,则又以相对富碱,特别是相对富 K_2O 、富铁为特征。

华北地台东区,主要为酸性、中酸性岩类。与黎形值和戴里值相比, SiO_2 , Al_2O_3 , 碱值

略高,尤以相对富 K_2O 为特征。大部分为正常系列,部分为铅过饱和系列。

从侵入体痕迹元素演化的特征可以看出,山东省的莱芜地区、济南—金岭地区,河南省的辉县地区, Ni , Co , Cu 都有相似的演化特征。由早至晚,含量逐渐降低; Cu 变化曲线很缓,说明岩浆演化过程中铜的富集不显著 (表2, 3, 4和图2)。晋南的二峰山—塔儿山地区, Ni , Co , Cu 的含量到晚期正长岩时升高, Cu 升高得更明显,说明这个地区的岩浆演化过程与上述三个地区有所不同 (表5, 图3)。

计算表明,几个岩体的钾、钠比值以泰山花岗岩、闪长岩最低,都小于200,平均值分别为170和157;其次是香炉花岗闪长斑岩及中酸性、

莱芜各类岩石痕迹元素含量 (ppm) 表 2

岩 性	参加平均的样品数	Ni	Co	Cu	Zr	Ti
辉长闪长岩	126	82	30	112	70	4000
角闪闪长岩	18	115	40	80	70	5000
含石英闪长玢岩	38	47	<10	71	90	3000
正长闪长岩	19	36	<10	76	150	5000
斑状花岗闪长岩	7	30	<10	72	160	3000

* 引自山东地质局第一地质队资料。Cu, Ni 为原子吸收光谱定量, 其余为光谱半定量。

济南—金岭各类岩石痕迹元素含量 (ppm) 表 3

岩体	岩性	参加平均的样品数	Ni	Co	Ti	Cu
济南岩体	辉长岩类		427	80	1255	31
金岭岩体	辉石闪长岩 (辉长闪长岩)	4	125	50	1150	57
金岭岩体	黑云母闪长岩	4	137	72	1500	50
金岭岩体	闪长岩	3	30	46	4000	22

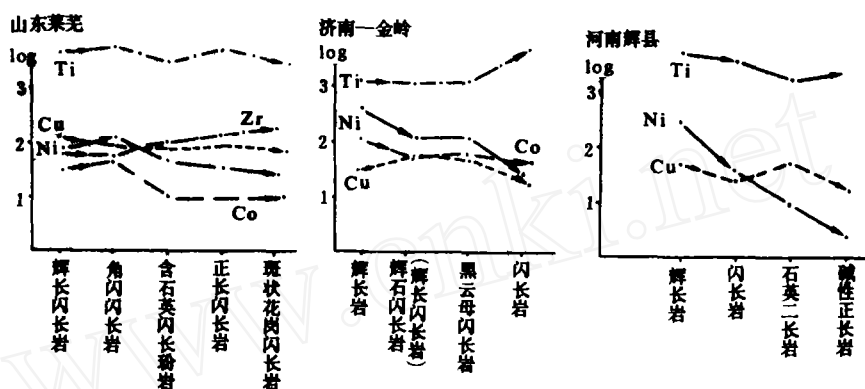


图 2 莱芜、济南—金岭、辉县各类岩石痕迹元素变化曲线

辉县各类岩石痕迹元素含量 (ppm) 表 4

岩 性	参加平均的样品数	Ni	Cu	Ti
微煌角闪辉长岩 (中心相包体)	3	300	40	5000
闪长岩	77	40	35	5800
石英二长岩		10	60	1800
碱性正长岩	18	3	20	2300

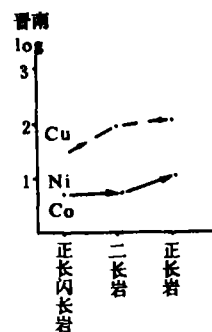


图 3 济南各类岩石痕迹元素含量变化曲线

晋南二峰山—塔儿山 各类岩石痕迹元素含量 (ppm) 表 5

岩 性	参加平均的样品数	Ni	Co	Cu
正长闪长岩	105	<10	<10	30
二长岩	27	<10	<10	90
正长岩	30	10	10	137

酸性火山岩, 钾、铷平均比值分别为236和270。塔儿山—二峰山正长闪长岩、二长岩和正长岩钾、铷变化范围由宽变窄。济南辉长岩及莱芜各岩体, 反映了岩体基性度不同的钾、铷比值变化范围, 平均值也有明显差异 (图 4)。

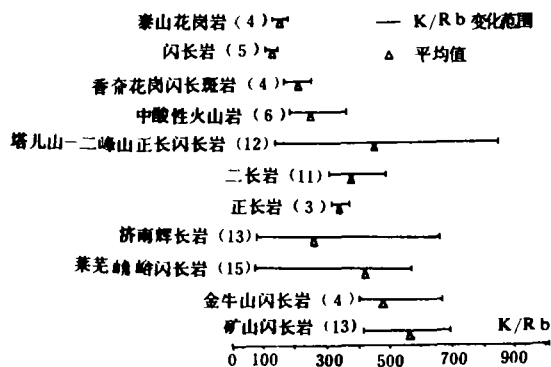


图4 各岩体钾、铷比值特征

中生代岩浆岩成因讨论

由上所述,反映了三个岩浆区岩浆成因的差异。

东部鲁东地区,以花岗岩—花岗闪长岩建造为主,边缘相有时出现少量闪长岩;未发现同时代的基性、超基性岩岩体。花岗岩中基性成分的

微量元素含量极低,以亲石元素钨高为特征。后期侵入的花岗岩及花岗闪长岩基性成分的微量元素含量稍高。这表明是原始重熔的基性物质不同所致。香炉岗区岩体钾、铷平均比值可与华南硅铝层重熔再生岩浆之钾、铷比值(250)类比。这说明,本区花岗岩—花岗闪长岩岩浆系列的形成,是属于地壳浅部不同深度交代重熔岩浆成因。

中部地区,以辉长岩—闪长岩(二长岩)—正长岩系列为主。本区没有大片花岗岩出露,仅鲁南见少量花岗斑岩。基性岩体普遍可见,均呈独立岩体或在其他岩类中呈包体出现。辉长岩和闪长岩类有类似的痕迹元素,且高于同类岩石的平均含量;Ti, Zr含量普遍较低,是本区基性、中性岩区域地球化学的重要特征。本区钾、铷比值,从基性岩到中性岩递增,反映了它们之间的密切成生联系。由鲁西(图5)及河北(图6)莫霍面等深线图可以看出,本区中生代岩浆岩都展布在由上地幔凹陷区到隆起区的变异带内,地

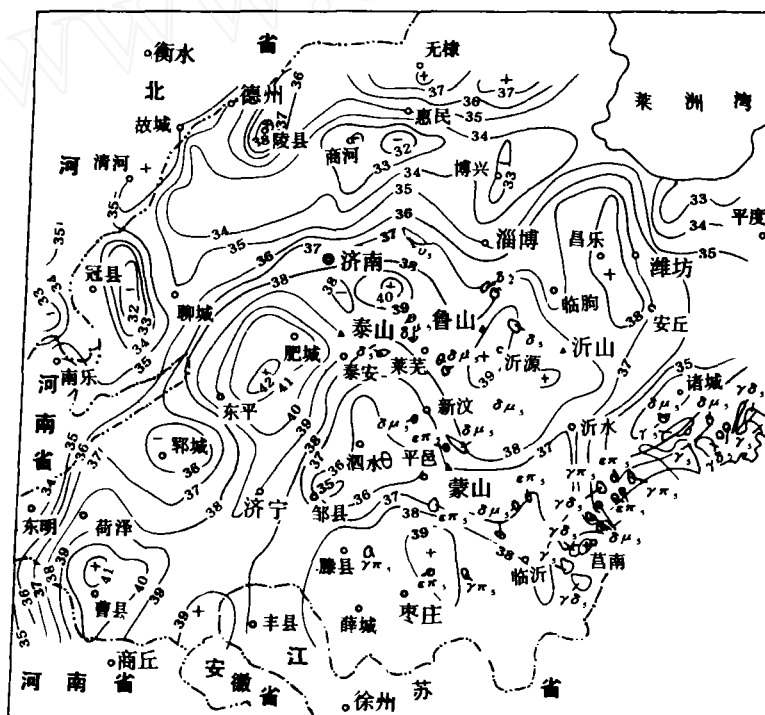


图5 鲁西莫霍面等深线图

ν_3 —辉长石; δ_3 —闪长石; $\delta\mu_3$ —闪长玢岩; γ_3 —花岗岩;
 $\gamma\pi_3$ —花岗闪长斑岩; $\gamma\delta_3$ —花岗闪长岩; $\epsilon\pi_3$ —正长斑岩;

等深线单位为1公里

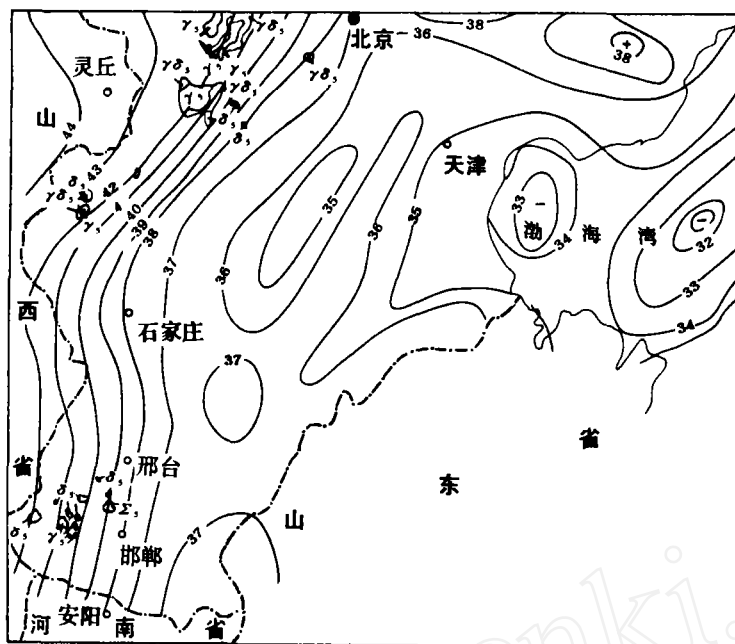


图6 河北省莫霍面等深线图

γ , 一花岗岩; $\gamma\delta$, 一花岗闪长岩; δ , 一闪长岩; Σ , 一正长岩;

等深线单位: 公里

都不同, 按 SiO_2 含量分类, 属花岗闪长岩; 根据莫霍面深度, 该区基本属上地幔凹陷区, 深度约41~43公里。综上所述, 认为本区杂岩体原始岩浆可能为前古生代老花岗岩再熔的二长岩—花岗闪长岩岩浆, 经深部分异上侵构成的杂岩体。

中生代岩浆岩成因系列

与内生金属矿床组合的关系

东部岩浆岩区是我国重要的金矿产地, 是山东多金属矿(如香奂)分布区。从该区大量的岩石分析资料和野外地质工作得出: ①胶东群中含金高的主要是一套斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩, 平均含金0.07g/t左右, 为其他不含金岩石的十几倍; ②无蚀变和弱蚀变的玲珑花岗岩62个样品平均含金量仅0.0034g/t, 和地壳岩石平均丰度值近似; 无蚀变和弱蚀变的郭家岭花岗岩14个样品平均含金0.04428g/t; ③玲珑花岗岩交代的原岩以黑云母变粒岩及二云母片岩为主, 郭家岭花岗岩交代重熔的原岩以斜长角闪岩为主; ④郭家岭花岗岩

壳基性度为0.46~0.47。这种变异带的分布, 也反映了深断裂格局的展布, 说明本区中性杂岩与玄武岩浆有亲缘关系。

西部地区发育闪长岩、二长岩—正长岩系列岩石。区内既无同时期大片花岗岩出露, 亦无基性岩出露。岩石中微量元素及钾、铷比值演化规律与中部地区岩浆岩相反, 表明与基性岩无成因关系。正长闪长岩、二长岩、正长岩三类岩石的化学成分中, SiO_2 含量相近, 约为63%, 区别在于 K_2O , Na_2O 的相对含量。值得注意的是, 本区正长闪长岩与其他岩浆岩区闪长岩及中国闪长岩(石英闪长岩)平均值

中部分岩石内普通角闪石含量可达20~40%以上, 超过了岩浆岩的正常含量。由上可知, 郭家岭花岗岩交代的原始围岩为含金丰度高的变质岩, 因此其岩体含金量高于玲珑花岗岩一个数量级, 并约有40%的金从围岩转移到晚期的成矿溶液。故鲁东金矿可能主要与燕山早期第二次侵入的花岗岩类有关, 受北东和北东东两组断裂交叉控制。第三次花岗岩—花岗闪长岩主要是多金属矿化, 代表的例子有香奂多金属矿, 矿床与中生代中酸性火山杂岩花岗闪长斑岩(次火山岩)有关。 δS^{34} 变化范围小, 从-1.1~4.2‰, δS^{34} 平均值为0.9‰, 证明岩浆均一化程度更高。

中部岩浆岩区, 岩浆建造显示了由基性→中性→碱性的演化规律, 是华北地台主要夕卡岩铁矿分布区, 其中普遍伴生钴。

由图7可见: ①本区第一期辉长岩—偏基性闪长岩的全铁(以原子数计算)都在中国辉长岩左面, 表示本区基性岩全铁比平均值低。中性岩则有两类, 表示本区中性岩全铁含量一类比平均

值高，一类比平均值低。②随全铁含量降低，氧化程度增高。③中国辉长岩右侧为著名的四川大型岩浆型钒钛磁铁矿床的辉长岩体，从图看出，其含铁量大大超过平均值。综上所述，铁矿床的原始岩浆辉长岩含铁量在极富的情况下， $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 为16.44~19.89， (M/F) 在0.66~1.40之间，往往形成岩浆矿床，原始岩浆辉长岩含铁丰度不高，在 $M/F > 1.7$ 的情况下，当岩浆分异到大规模中性岩侵入后，特别是出现偏碱性的正长闪长岩，全铁含量急剧降低，在 $M/F 0.5 \sim 1.4$ 间，碱金属相对较高，则出现重要的岩浆期后铁矿床。

根据西安里、邯邢、莱芜、济南—金岭四个地区的第一期辉长岩与主要成矿期闪长岩中含铁量的差值和铁的富集率* 的统计，邯邢、莱芜、济南三个地区岩体含铁量差值分别为6.94, 5.75, 5.47，西安里仅2.07。差值愈大，反映残余岩浆中铁的浓度愈高，后期形成矿床规模亦愈大，反之，形成的矿床规模亦小。同时Na, K含量的增加, Mg含量的迅速降低，使得一部分铁呈磁铁矿产出，大部分呈络合物残留于含矿溶液中，从而形成富铁的残余熔体。

西部岩浆岩区，矿产以中小型夕卡岩铁矿为

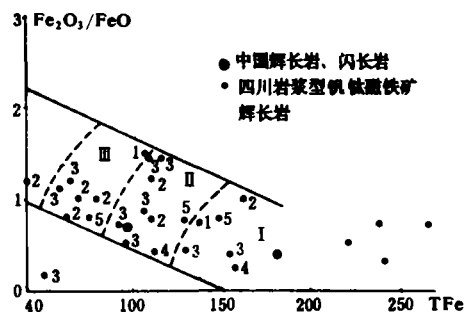


图7 基性岩—闪长岩系列 $T\text{Fe}/(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO})$ 比值的演化关系图
(以原子数计算作图)

- 1—西安里；2—邯邢；3—莱芜；4—济南；
5—金岭；I—燕山早期基性—偏基性中性岩；
II—燕山早—中期基性岩体边缘相或中期中心相闪长岩；III—燕山期边缘相闪长岩或正长岩

主，局部有铜矿床，如四家湾铁铜矿，铁矿床中不伴生钴。矿床都与正长闪长岩、二长岩侵入有关。从正长闪长岩及二长岩化学成分看，与中国同类岩石比较，全铁一般较富， $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量大大高于同类岩石平均值，一般为8~10%。它的成矿机理可能由于岩浆熔体中富碱金属，因此部分铁质富集于残余熔体中，在晚期形成中小型铁矿床。

宁镇地区的推覆构造及其对金属矿床的控制

胡成荫

(华东有色地质801队)

近年来，随着找矿勘探工作的不断深入，使我们逐步发现，认识了宁镇地区的推覆构造。这种构造型式不仅十分发育，而且对金属矿床有着重要的控制作用。

推覆构造的产出特征

宁镇地区处于下扬子台褶带^①。由“三背两

$$\text{铁的富集率} = \frac{\text{辉长岩中全铁} - \text{主要成矿岩体中全铁}}{\text{辉长岩中全铁}} \%$$

①黄汲清等：中国大地构造及其演化，1980年。

向”组成近东西向的宁镇复式褶皱，即龙（潭）仓（头）背斜，范家塘向斜，宝（华山）巢（凤山）石（头岗）背斜，华（墅）亭（子）向斜，汤（山）仑（山）背斜。句容—上党火山岩拗陷盆地和长江断裂分别为褶皱带的南、北边界（图1）。区内地层自震旦系至白垩系均出露齐全，各地质时代的沉积建造特征、生物群落等，均已为历年地质学家研究得甚为清楚。印支运动造成的不整合，将地层分为上、下两个构造层：下构造层自震旦系至中三迭统，经造山运动，形成前述之“三背两向”紧闭褶皱；上构造层自上三迭统