

邹平火山岩盆地铜多金属成矿 对构造-岩浆事件的响应

于林松, 刘洪波, 李世勇, 曹秀华, 吕其卫, 王宁

(山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

摘要:通过邹平火山岩盆地不同岩石类型岩石化学特征的对比分析,认为火山活动总的趋势是由弱到强,爆发指数为 38—68—92;火山岩 3 个亚组 SI 值均 <40 ,表明母岩浆可能是由幔源岩浆经分异演化或同化而形成的;侵入岩 σ 介于 2.39~4.99,属钙碱性-碱性岩系; DI 为 65.15~88.98,岩浆分异演化程度相对较高; A/NKC 为 0.96~1.02,岩石为弱过铝质。该区岩浆岩属壳幔型中性岩—壳幔型和铝质地壳过渡区中酸性岩—酸性岩的岩浆岩区。铜多金属对构造-岩浆事件的响应可描述为:长期继承性活动的区域性构造和振荡性的岩浆侵入活动,致使富碱质岩浆热液与已结晶的二长质岩石在地球化学界面发生交代蚀变,并进行了物质交换。

关键词:铜多金属成矿;构造-岩浆事件;联系;邹平火山岩盆地

中图分类号:P942

文献标识码:A

邹平火山岩盆地的地质找矿工作,是山东省地勘行业多年来勘查有色金属的重点靶区之一。前人已对邹平火山岩盆地铜多金属矿做了相关论述和报道^[1-4]。现已查明邹平火山岩盆地王家庄斑岩铜矿、碑楼铜矿及外围大临池热液充填型铜矿。但是对于火山岩及各阶段侵入岩成岩成矿时间的解释尚不能令人满意,特别是王家庄石英正长闪长岩,其年龄偏老,与目前的地质现象矛盾^①。该文在前人研究基础上,通过该区火山岩-岩体成岩成矿岩石化学特征,探讨了邹平火山岩盆地铜多金属成矿与构造岩浆事件的联系。

1 邹平火山岩盆地地质概况

邹平火山岩盆地位于山东省淄博市邹平县南部其中包括章丘县部分地区。大地构造位置处于华北板块东南部,沂沭断裂(郯庐断裂东段)西侧,苏鲁超高压榴辉岩带的北部。该区基本地质概况如图 1。区内南部出露地层为前寒武系、寒武-奥陶系、石炭-二叠系、侏罗系和白垩系,其中白垩系下统为陆相火山岩,北部多为第四系覆盖^②。区内构造发育,以褶

皱构造、断裂构造及火山构造为代表。褶皱构造以古生代末期至中生代轴向近南北的大型周村向斜为主体,两翼伴有相对较小的金岭背斜、桃花山背斜等。区域性断裂构造与褶皱没有直接的共生关系,主要有北部近 EW 向的齐河-广饶、东部近 SN 向的金山-姚家峪、西部 NNW 向文祖等断裂,以及次一级 NNE, NW 和 NEE 向等断裂。岩浆岩主要为燕山晚期中酸性—中基性侵入岩及晚期脉岩。

2 火山岩与成矿

邹平火山岩盆地根据其地层层序、火山岩相、岩浆演化、同位素年龄(93~138 Ma)^①以及火山构造演化阶段的综合分析,将火山岩系划分为 3 个喷发旋回,喷发厚度约 5 595 m(山东省地质局第二地质大队,1990)。3 个火山旋回分别相当于青山群八亩地组下段、上段及方戈庄组。火山活动总的趋势是由弱到强,爆发指数为 38—68—92,岩浆的演化是由基性—中性—中偏碱性,即由玄武岩—安山岩—粗安岩。岩浆期后的热液蚀变作用和矿化作用也是

* 收稿日期:2011-04-19;修订日期:2011-06-27;编辑:曹丽丽

作者简介:于林松(1980—),男,山东烟台人,助理工程师,主要从事矿床及环境地球化学工作;E-mail:sean_yls@yahoo.com.cn.

①山东省地质矿产局,区域地质调查报告(邹平县等 4 幅),1988 年。

②山东省物化探勘查院,曹秀华、吕其卫,山东省邹平县碑楼矿区铜矿普查报告,2005 年。

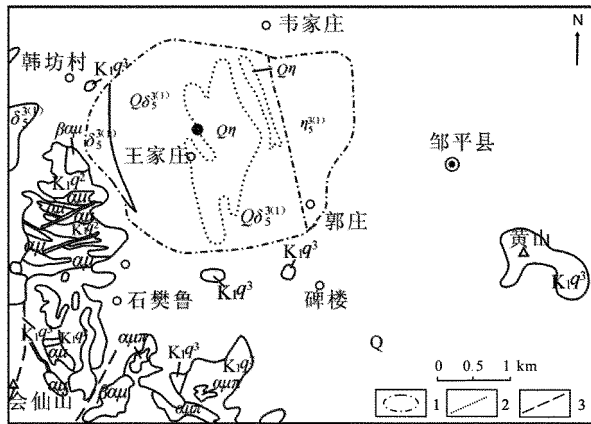


图 1 邹平火山岩盆地地质简图

Q—第四系; K_1q^3 —青山组上亚组; K_1q^2 —青山组中亚组;
 K_1q^1 —青山组下亚组; Qn —石英二长岩; $\eta_3^{(1)}$ —二长岩;
 $\delta_3^{(1)}$ —闪长岩; $\alpha\mu$ —粗安玢岩; $\alpha\mu\pi$ —粗斑粗安玢岩; $\beta\alpha\mu$ —玄武
 安山玢岩; ●—王家庄铜矿; 1—隐伏岩体; 2—侵入岩相变界
 线; 3—断层

由弱到强。重要的成矿作用集中于第二旋回的晚期和第三旋回阶段。而从青山组 3 个亚组火山岩的 SI 指数来看,由上到下分别为青山组下亚组为 6.78~30.00, 平均为 22.61;青山组中亚组为 16.99~24.06, 平均为 20.81;青山组上亚组为 10.60~33.43, 平均为 15.48。3 个亚组 SI 指数均 <40 , 表明母岩浆可能是由幔源岩浆经分异演化或同化而形成的。

板块构造研究认为,岩浆岩地球化学的变化,是板块俯冲带深度地壳厚度的函数,并把这种特性称为地球化学积极性。据 Condie 的经验公式: SZ (俯冲带深度) = $89.3 \times (K_2O)^2 - 14.3$ km; C (地壳厚度) = $18.2 \times (K_2O) + 0.45$ km。用以上公式计算求得邹平火山岩盆地青山组^①下、中、上 3 个亚组来源深度分别为 267 km, 223 km, 367 km, 3 个亚组形成时地壳厚度分别为 58 km, 49 km, 75 km;王家庄含矿岩体(石英二长岩)相应值为 214~226 km 和 47~49 km^②;碑楼铜矿(闪长玢岩)为 191 km 和 42 km^③。以上成岩成矿数据表明了邹平火山岩盆地代表的地壳深部或上地幔特征,这与王家庄铜矿(主要矿石矿物 $\delta^{34}S$ 介于 $-8.80 \times 10^{-3} \sim -2.2 \times 10^{-3}$ 之间,均值为 -6.33×10^{-3})及该区火山岩硫同位素分析结果相一致^[5],表明邹平地区燕山期大规模的岩浆活动可能是王家庄铜矿床深源硫占优势的主要原因之一^[4]。

3 侵入岩及与成矿

邹平地区侵入岩按侵入先后顺序大致可划分为 3 个阶段,辉长岩阶段、二长岩阶段、闪长岩阶段,构成一

套由基性—中性—中偏碱性相互叠加的侵入杂岩体,空间上受火山构造的控制,平面上有向火山岩区中心收缩之势,活动时代为燕山晚期。长期继承性活动的区域性构造和振荡性的岩浆侵入活动,为该区成矿流体的运移和富集提供了良好的构造条件和物理化学条件。其总体的规律是以晚期火山通道为中心,由里及外,矿化蚀变程度由强到弱,规模相应由大变小。比如,通道相的王家庄岩体中的斑岩型铜矿蚀变普遍,且具有一定的工业规模;而破火山口周边及盆地边缘呈辐射状分布的矿化蚀变和环状二长岩墙、闪长玢岩中的矿脉规模较小,目前发现具工业价值的仅有碑楼铜矿。野外地质工作表明,目前勘查的大临池一带与构造有关的热液充填交代型铜矿化主要沿侵入体和围岩的构造裂隙充填交代,产状多为陡倾状,并有矿脉相互平行成群出现的特点,构造控矿特征明显,证明了深部成矿物质的存在。

由侵入岩的岩石化学特征参数结果(表 1)可知,里特曼指数(σ)介于 2.39~4.99 之间,属钙碱性—碱性岩系,含矿岩石均值 4.27,为钠质碱性岩;分异指数(DI)多在 65.15~88.98 之间变动,岩浆分异演化程度相对较高。相比而言,含矿岩石 DI 值较大,显示了岩浆向碱性花岗岩分异演化;固结指数(SI)总体上由早期基性岩到含矿岩石有降低的趋势,与 M/F 值有一定相关性,表明在成矿演化过程中 Mg 相对较活跃,反映了矿化过程中花岗岩相对富铁贫镁的特征,且岩浆分异程度较高; A/NKC 介于 0.96~1.02,说明岩石为弱过铝质。再者,对岩浆岩岩石—矿石常量元素标准化图解的对比发现(图 2),侵入岩随着阶段期次的不同,岩石化学成分有所变化。第一阶段→第二阶段→第三阶段, MgO , FeO , CaO , MnO 以正异常为主,含量呈波动趋势,即降低转而略升, K_2O , Na_2O 为负异常,含量呈升高特点,说明在矿化蚀变的过程中 MgO , FeO , CaO , MnO 可能在物理化学界面经历了复杂的带入带出过程, K_2O , Na_2O 则表现为带入组分;由 $Na_2O - K_2O$ 关系图解(图 3)可知,该区岩浆岩属壳幔型中性岩—壳幔型和铝质地壳过渡区中酸性岩—酸性岩的

① 山东省地质矿产局,区域地质调查报告(邹平等 4 幅),1988 年。
 ② 南京大学,李海勇、张军,邹平王家庄铜矿床成因机制研究(专题报告),2007 年。
 ③ 山东省物化探勘察院,曹秀华、吕其卫,山东省邹平县碑楼矿区铜矿普查报告,2005 年。

岩浆岩区,表明其总体应属中深成相侵入体。

表 1 邹平地区岩浆岩岩石化学特征参数

阶段	次	岩性	σ	DI	SI	A.R	M/F	Na ₂ O/K ₂ O	A/NKC	备注
1	1	(苏长)辉长岩	2.39	65.15	39.83	1.59	1.89	1.68	0.96	数据来源 ^①
	2	辉长岩	3.52	69.31	25.74	1.68	1.12	1.79	1.02	
	3	辉石闪长岩	2.80	69.04	26.19	1.71	1.09	1.58	1.04	
2	1	二长岩	4.89	85.25	9.10	2.62	0.67	2.80	0.97	数据来源 ^①
	2	石英正长岩	4.99	88.98	6.65	3.99	0.43	1.18	0.98	
3	1	辉石闪长岩	4.62	79.16	16.24	2.39	0.85	1.24	1.02	数据来源 ^①
	2	石英正长岩	4.15	86.24	11.01	2.99	0.78	1.11	1.05	
王家庄含矿岩体 (石英二长岩)			4.56	84.26	5.31	2.67	0.39	1.14	1.02	数据来源 ^⑥
			4.53	86.21	10.88	3.05	0.87	1.25	1.02	
			3.94	87.85	10.86	3.05	0.75	1.19	0.98	
			4.09	87.98	10.42	3.13	0.75	1.22	0.96	
			4.29	88.99	10.14	3.15	0.85	1.25	0.99	
			4.33	88.39	10.44	3.26	0.76	1.18	0.98	

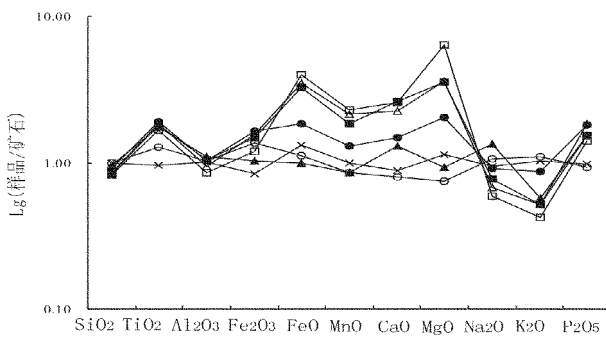


图 2 岩浆岩常量元素对数图解

□—第一阶段第一次辉长岩; ■—第一阶段第二次辉长岩;
 △—第一阶段第三次辉石闪长岩; ▲—第二阶段第一次二长岩;
 ○—第二阶段第二次石英正长岩; ●—第三阶段第一次石英闪长岩;
 ×—第三阶段第二次石英正长岩; Lg(样品/矿石)
 —6 个含矿岩石样品均值^⑥

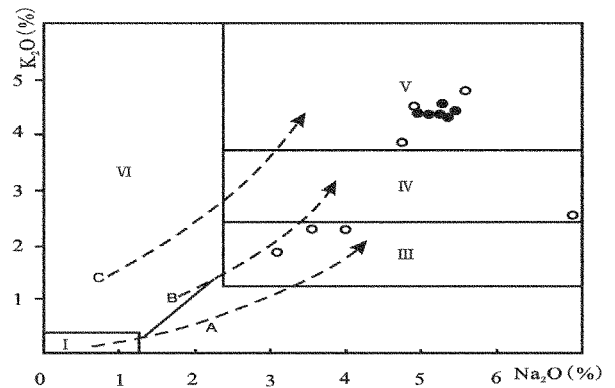


图 3 岩浆岩 Na₂O-K₂O 关系图

(底图据徐克勤,1987)

I—地球原始物质和基性岩区; II—地幔型基性岩区; III—壳幔型中性岩区; IV—壳幔型和硅铝质地壳过渡区中酸性岩区; V—酸性岩区,即硅铝质壳型花岗岩区; VI—沉积岩区; A—钠质系列演化线; B—钾质系列演化线; C—过渡性岩石演化线;

○—邹平铜矿含矿岩体^②; ●—邹平铜矿含矿岩体^④

系^[5,6]。该区的构造-岩浆演化框架及成矿模式可以理解为:自中生代晚期以来,受古太平洋板块向欧亚大陆高速俯冲的应力场控制^[7],华北板块构造体制由碰撞期挤压转变为后碰撞期拉张,增厚的岩石圈和下地壳因密度大而发生拆沉作用,地幔减压发生部分熔融,产生的地幔岩浆上升到壳幔边界附近和下地壳中,发生底侵作用,改变地壳的热状态,导致新生地壳的部分熔融^[6];与此同时,大约在燕山中期,华北板块东南缘的邹平地区经历了 3 次连续且相对独立的火山作用和间

以上侵入阶段划分与岩石化学分析可以理解为,在壳幔源侵入成岩成矿过程中,显示了岩浆向钠碱性花岗岩分异演化,由于构造释压和持续(振荡性)侵入作用,导致成矿物质在富碱质岩浆热液与已结晶的二长质岩石的物理化学界面产生复杂变化。

4 构造-岩浆演化框架及成矿模式

包括邹平地区在内的鲁西构造-岩浆活动及其与之有关的铜多金属矿床成因,学者们多认为与陆陆碰撞、太平洋板块向西俯冲、壳幔作用等存在某种联

① ①山东省地质矿产局,区域地质调查报告(邹平等 4 幅),1988 年。
 ② ②南京大学,李海勇、张军,邹平王家庄铜矿床成因机制研究(专题报告),2007 年。
 ③ ③山东省地质矿产局,区域地质调查报告(邹平等 4 幅),1988 年。

歇性岩浆侵入^[8],构成了一套基性—中性—中偏碱性的侵入杂岩体;之后,伴有二长岩质岩浆侵入,形成了富碱、准铝质含石英二长岩—石英二长斑岩^[4],富碱质岩浆热液与已结晶的二长质岩石在地球化学界面发生了交代和蚀变并进行了物质间交换,形成了早期含铜的成矿流体。当构造释压和大气降水混入时,热源驱动成矿流体发生沸腾作用,导致了成矿物质在蚀变带(物理化学界面)内沉淀,形成了王家庄早期矿化较弱的岩浆岩晚期热液交代作用的板岩型铜矿。岩浆结晶成岩成矿后,残留在岩浆管道内,剩余含铜岩浆热液在内外压和地质构造作用下发生构造隐爆角砾作用,形成了王家庄隐爆角砾岩型铜矿。之后,伴随该区盆地演化周缘持续性(后期)构造,导致了周缘早期辉长岩或闪长岩类在振荡性岩浆作用下成矿物质发生萃取或贫化或在较新地层中羽状构造的充填成矿作用。

5 结语

(1)火山活动总的趋势是由弱到强,爆发指数由 38—68—92,岩浆的演化是由基性—中性—中偏碱性,火山岩 3 个亚组 *SI* 指数均 < 40,表明母岩浆可能是由幔源岩浆经分异演化或同化而形成的。

(2)侵入岩的岩石化学对比分析表明,该区岩浆岩属钙碱性—碱性岩系,岩浆分异演化程度相对较高,岩石为弱过铝质。

(3)岩浆岩的分布基本反映了该区铜多金属的

分布格局:王家庄铜矿为隐爆角砾岩型成矿阶段;碑楼铜矿为隐伏次火山岩型成矿阶段;大临池一带为后期受构造影响热液充填型铜矿。

(4)邹平火山岩盆地岩浆岩属壳幔型中性岩—壳幔型和铝质地壳过渡区中酸性岩—酸性岩的岩浆岩区,总体应属中深成相侵入体。铜多金属对构造—岩浆事件的响应可描述为:长期继承性活动的区域性构造和振荡性的岩浆侵入活动,致使富碱质岩浆热液与已结晶的二长质岩石在地球化学界面发生交代、蚀变,并进行了物质交换,形成早期含铜流体。

参考文献:

- [1] 袁叔容,黎秉符. 山东邹平王家庄斑岩铜矿的蚀变特征[J]. 地质论评, 1988, 34(1): 5—11.
- [2] 汤立成. 山东邹平火山岩盆地伟晶状含金铜矿地质简介[J]. 地质论评, 1990, 36(1): 85—87.
- [3] 吕其伟,陈磊. 大功率激电在邹铜矿隐伏区的应用[J]. 山东国土资源, 2007, 23(9): 5—7.
- [4] 张军,徐兆文,李海勇,等. 邹平王家庄铜矿床成矿地球化学及成因探讨[J]. 地质论评, 2008, 54(4): 145—156.
- [5] 李海勇,徐兆文,陆现彩,等. 鲁西邹平盆地中生代火山岩的演化[J]. 岩石学报, 2008, 24(11): 2537—2547.
- [6] 邱检生,徐夕生,蒋少涌. 地壳深俯冲与富钾火山岩成因[J]. 地学前缘, 2003, 10(3): 191—200.
- [7] 丁汝鑫,周祖翼. 大别—苏鲁造山带、华南晚中生代花岗岩时空分布及应力场对比[J]. 地学前缘, 2011, 18(1): 9—14.
- [8] 袁叔容,黎秉符. 山东邹平盆地火山构造的基本特征[J]. 地质论评, 1987, 33(1): 5—11.

The Response of Copper Polymetallic Deposit to Tectonic – magmatic Event of Zouping Volcanic Basin in Shandong Province

YU Linsong, LIU Hongbo, LI Shiyong, CAO Xiuhua, LV Qiwei, WANG Ning

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Through comparing petrochemistry characteristics of Zouping volcanic basin, it is regarded that general trend of volcanic activity is from weak to strong, and explosive index is 38—68—92. *SI* values of volcanic rocks in three sub-formation are less than 40, which indicate that mother magma originated from the mantle might experience a process of magmatic differentiation or magmatic assimilation. σ values of intrusive rocks are from 2.39 to 4.99, which belong to calc—alkaline series. *DI* values are 65.15~88.98. It indicates that magmatic differentiation is high. *A/NKC* values are 65.15~88.98. It demonstrates inferior aluminous. Response of copper polymetallic deposit and tectonic—magmatic event can be described that inherited tectonic movement and multiple magma intrusion make alkaline magmatic—hydrothermal and crystallized monzonite occur metasomatism and alteration, and make ore—forming material interchanges near their geochemical interface.

Key words: Copper polymetallic deposit; tectonic—magmatic event; Zouping volcanic basin