

NUMERICAL MODELING OF EVOLUTION OF ORE-FORMING FLUID IN THE ZIJINSHAN COPPER-GOLD DEPOSIT, FUJIAN PROVINCE

Xu Wenyi, Ren Qijiang, Xu Zhaowen and Fang Changquan

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Guo Guozhang and Zhang Zhongze

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guangzhou 510640)

Key words: mixing, isoenthalpy boiling, numerical modeling, Zijinshan in Fujian Province

Abstract

Mixing and local depression-isoenthalpy boiling of ore-forming fluids at the main ore-forming stage of the Zijinshan copper-gold deposit have been modeled by program CHILLER. It was shown that the ore-forming fluids had low HS^- and Ca^{2+} concentration and was enriched in As. During mixing and boiling, the fugacity of oxygen and pH value of the ore-forming fluids decreased with the falling of temperature and pressure, as is an important characteristic of the Zijinshan copper-gold deposit. There was no dickite in the products of mixing and boiling, from which it is inferred that the dickite in the Zijinshan deposit was produced during the fluids-wallrock reaction characterized by very high Al activity. Boiling at 200°C seems to be more favorable for the deposition of gold.

金属成矿省地质历史演化与特大型矿床

裴荣富

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

金属成矿省的地质历史演化是成矿学中的重大研究问题,近百年来,特别是通过 28、29、30 届世界地质大会的专题讨论,有了新发展。发展的关键问题是变革了过去在成矿“空间”上看“时间”的分布,而现在是因“时间”的演化造就了“空间”成矿,即没有“时间”的推移,就没有现在的成矿“空间”。虽然这只是一个很小的概念上认识的不同,但对评价矿床的意义就大不相同了。这一概念对深化认识和评价特大型矿床具有十分重大的意义。

在 30 届世界地质大会的“金属成矿省地质历史演化与成矿年代学”讨论会上,作者以中国华北陆台北缘及其北侧成矿带的研究为实例,提出金属成矿省已由过去在大地构造背景上圈定不同类型矿床而划分成矿区带的静态方法,发展为从地质历史演化分析入手,深化研究(背)“景”、(成矿)“场”、(成矿)“相”和(矿)“床”,即“景”、“场”、“相”、“床”四个成矿等级体制耦合性规律的动态方法(裴荣富,1996)。另外, G C Amstutz (1996) 也提出金属成矿省演化是一切成矿因素的函数(Function)。这些研究方法和认识是对金属成矿省传统概念的新发展。下面分别对不同构造背景和一个断代地史,以及特大型矿床本身的成矿史分析如下:

(1)保存完整的古地块成矿的演化:以非洲古陆块的成矿演化为例。这里的前寒武纪地质主要是太古宙花岗绿岩地体发生的陆内旋回和非造山岩浆活动,以及其它造山旋回等,促使了非洲克拉通的演化(E C I Hammerbeck, 1996)。花岗绿岩地体是由原始基底的 TTG 岩系、斑状或混合岩状片麻岩和造山期后 K-花岗岩组成,并只能辨认两期火山沉积绿岩带有关矿化:早期($>3.0 \times 10^9$ a)为 Kaapvaal Au、Sb 矿和 Zimbabwean Cr 矿;晚期($3.0 \times 10^9 \sim 2.6 \times 10^9$ a)为 Zimbabwean Au、Ni 矿化;Tanzanian Au 矿、Kibalian Au 矿和 Chaillu 金矿;陆内盆地裂谷和伴生岩浆作用广泛分布在陆壳上,其主要成矿包括世界上最大金矿、锰矿以及主要的 SEDEX、VMS 矿床和其它有色金属矿床;稳定地质环境下形成 MVT Pb、Zn 矿床,休伦型 BIF 矿和煤田;非造山岩浆作用形成布什维尔 Cr、V、Ni 和碳酸岩有关矿床,以及 Phalaborwa Cu、P、蛭石矿床和碱性杂岩有关含金刚石金伯利岩,其年代可从古原古代到新生代。造山事件可组成碰撞、增生和陆内演化,其成矿性有各种重要金矿、有色金属、稀有金属伟晶岩矿床和工业矿物。

(2)滨西北太平洋成矿带与两类花岗岩有关矿床的演化:滨西北太平洋成矿带与两类花岗岩有关矿床的成矿时代由侏罗纪到现代(S Ishihura, 1996),侏罗纪的岩浆作用大多是 S 型或 I 型的钛铁矿系列,伴生少量或无火山岩,有关矿物组合是 W(中国和韩国)和 Sn(俄罗斯远东),单个矿床中有 Sn 和 Ag 共存,有的是 Sn-Au 共存。白垩纪在陆缘形成火山-侵入岩带,花岗岩的演化为磁铁矿系列,但在俄罗斯远东仍为钛铁矿系列,除 W、Sn 外,并伴生有色金属和金矿床。大陆边缘白垩纪时岩浆作用大部分结束,但古新世在俄罗斯远东和韩国仍有区域的岩浆作用。另外,岛弧环境磁铁矿和钛铁矿系列花岗岩成双出现。钛铁矿系列主要是在白垩纪,而磁铁矿系列较钛铁矿系列大量在古新世和中新世,第四纪完全为磁铁矿系列。钛铁矿/磁铁矿系列的比例是随时间由老向新演化而增加。成矿的演化在陆缘环境主要是夕卡岩型-斑岩型-石英脉型矿床,在岛弧环境主要是黑矿型矿床。

(3)古亚洲造山带的成矿演化:从天山造山带构造成矿动力分析成矿史(R Jenchuraeva, 1996):首先是 R_5 -V 时代的裂谷导致 Pangea 大陆破裂而出现两类型矿化, Au、Fe、Mn 矿化和赤铁-磁铁矿矿化; V- C_1 时代,出现古亚洲洋和深海沉积物,伴有 U、V、Mo、P、Co、Th 矿化,以及拉斑玄武岩喷流,并伴有钛-磁铁矿和黄铁矿-多金属矿化; C_2 - O_1 时代,古亚洲洋开始封闭,出现洋壳消减和岛弧火山岩,伴有斑岩金钼矿床并以橄榄玄粗岩-安粗岩岩系和二长质杂岩为母岩; O_2 -S 时代,陆陆碰撞,广泛发生超复逆掩断层和大规模花岗质岩浆作用,引起北天山的加里东造山形成大量小型夕卡岩金矿、磁铁矿、钼-白钨矿和云英岩型稀有金属; O_2 - C_1 时代,古特提斯开张,形成扩张带和多种矿化体系,有橄榄岩-斜辉橄岩铬铁矿,超基性岩铜镍矿,辉长-异剥钙榴岩钛-磁铁矿、黄铁-多金属矿和铝土矿; D-C 时代, Furkhesten 古洋壳消减-陆缘活化和 Tarim 陆壳出现在北天山,形成斑岩铜、金、脉金、夕卡岩型金、金-锑和大量金-钨矿床; C_2 -P 时代,区内所有大陆都发生碰撞,控制形成大量 nappe 和褶皱,并造成锑-汞矿床,以及北天山板内岩浆作用形成多金属和稀土矿床。

(4)一个地质断代的成矿演化:主要是俄罗斯学者提出前寒武纪断代的地动力环境的排序与成矿问题(D Rundqvist, 1996)。他们根据大型-特大型矿床的成矿年代分析,指出其成矿周期都长达百至几百个百万年,包括了成矿准备期、形成期和期后历史期。在俄罗斯 80% 以上的这类矿床都长达 100×10^6 a 或 200×10^6 a。矿床的形成都取决于随时间迁移的地动力环境的演化,并有三个演化序列:第一序列是在一个板块构造演化期内,构造面的压挤-伸张-变位,这是圈定每一矿床的形成期;第二序列是均质的板块构造发展旋回演化期,该期有两个演化特征,一个从陆缘开始的短期演化,二是从裂谷至洋壳的长期演化。两者都是碰撞环境,前者以 Enisey Range 金矿为例,后者以花岗绿岩带含金矿矿床为例;第三序列是在陆壳内包括显生宙的构造-岩浆活动,它们是地动力的复合序列,具有以再生成矿特征为典型(板内岩浆作用、裂谷的热泉-岩浆作用、碰撞作用和大陆边缘活动),如俄罗斯 Aldan 金矿,中国胶东金矿是再生作用的结果。前寒武纪地动力和构造成矿带演化总趋势是建立在东欧和西伯利亚地台的晚元古代的再造,以及在增生的花岗绿岩带与 Svecofennian 后碰撞的变粒岩、片麻岩两者边界上发展的。

(下转第 180 页)

siliceous rocks in the Feng-Tai orefield indicate a submarine exhalation origin. $\delta^{30}\text{Si}$ values of the ore quartz veins are the same as those of ore-bearing siliceous rocks, suggesting that the ore quartz veins were formed as a result of remobilization and recrystallization of siliceous rocks. $\delta^{30}\text{Si}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of the ore-bearing siliceous rocks in the Zha-Shan orefield range from -0.2‰ to 0.1‰ and from 19.0‰ to 19.6‰ respectively. The authors consider that the ore deposits in the Zha-Shan ore field were also formed by submarine exhalation, with however higher ore-forming temperature and deposition speed than those in the Feng-Tai orefield. $\delta^{34}\text{S}$ values of the principal orebodies are mostly $10\text{‰} \sim 30\text{‰}$; $\delta^{34}\text{S}$ values of barite in the ore deposit are even higher, ranging $22.3\text{‰} \sim 33.7\text{‰}$. Nevertheless, some small lead orebodies above the principal orebodies have relatively low $\delta^{34}\text{S}$ values ($-3.5\text{‰} \sim 4.0\text{‰}$, 0.6‰ on the average). It is pointed out in the paper that sulfur in the ore deposits was exclusively derived from sulfates in sea water, and that the Zha-Shan basin was turned from an enclosed basin at the early (principal) ore-forming stage into an open basin at the late ore-forming stage. $\delta^{34}\text{S}$ values of ore deposits in the Feng-Tai orefield are somewhat lower ($4.9\text{‰} \sim 11.3\text{‰}$), implying a semi-open to semi-closed basin.

(上接第 170 页)

(5) 单独的超大型矿床的成矿演化: 这里仅以岩浆 Ni-Cu 硫化物矿床为例 (A J Naldrett, 1991)。这类矿床是从基性岩分泌而富集成矿的。矿床几乎全部产在岩体底部, 这就意味着在成矿初期, 有过量硫化物, 另外大量玄武岩浆的高 PGE 含量 ($1 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 的 Pt, Pd), 意味着硫化物不饱和, 所以岩浆成矿作用早期必须从大量岩浆中富集硫化物在局部空间。如西澳的 Kambalda 等矿床都是由侵蚀岩体底垫沉积物和玄武岩带来的硫化物而饱和的, 1.85×10^9 a 成矿的 Sudbury 矿床硫化物饱和是从幔壳混合获得的。 1.51×10^9 a 成矿的金川矿床和 1.30×10^9 a 成矿的 Voisey Bay 矿床, 其演化还不很清楚, 但这两者是和辉长质-橄长岩侵入体的补给系统有关, 可以认为是与大量岩浆流的局部硫化物富集作用造成的。这类矿床的时空演化应以硫化物从早期到晚期和局部空间的富集为主。

从上述的克拉通、造山带、大陆边缘和一个断代, 以及特大型矿床本身都具有随时间迁移的不同成矿演化历史来看, 脱离成矿史分析是难于正确认识成矿区带的成矿对比和矿床评价的。这是因为矿床, 尤其是特大型矿床是反映一定地质历史阶段和一定地质事件的特殊标志, 这和地层中的古生物标定一定地质史的一定地质环境是一致的 (裴荣富, 1992)。所以金属成矿省演化是成矿学研究的重要发展趋向, 也是深化研究特大型矿床成矿的重要课题。

参考文献省略

(本文由陶景连编辑)