

以我国一些斑岩铜矿为例试论斑岩矿床成矿与地层(围岩)的关系

杜 琦

(黑龙江省地质科学研究所)

随着采矿技术的发展和金属矿产需要量的日益增长,规模巨大的斑岩矿床越来越引起人们的重视。

在斑岩矿床中,分布较广、经济意义较大、研究程度较高的首推斑岩铜矿床,其次是斑岩钼矿床。最近一、二十年来,有些地质人员又把产状上与斑岩铜矿类似的一些铅锌矿、锡矿、钨矿、金矿、铀矿和铁矿等都划入斑岩矿床范畴,于是斑岩矿床领域逐渐扩大,人们对斑岩矿床的研究和认识也在逐步深化。

何谓斑岩矿床?在这方面以前有不少人下过定义。尽管定义不尽相同,但多数人认为斑岩矿床应该是:①矿化在时间上、空间上和成因上往往与斑岩体有关;②矿体及其周围有特定的蚀变矿物分带;③矿化呈细脉浸染状。

作者就是在此前提下,以下面几个斑岩铜矿床为例,来探讨斑岩矿床成矿与地层(围岩)的关系。

一、斑岩铜矿的地球化学场特征

(一)多宝山铜矿

与多宝山铜矿有关的岩体为花岗闪长岩及花岗闪长斑岩,K-Ar年龄值分别是29z和283百万年,岩体出露面积为8平方公里。岩体的围岩为中奥陶统多宝山组安山岩及其凝灰岩。在多宝山组下部安山岩内,夹有数个凝灰沉积岩大透镜体,透镜体延长延深为数百米至数千米,厚数十米到数百米。

多宝山矿床几个大型矿体中、下部虽位于花岗闪长岩内,但其顶部都位于多宝山组下部凝灰沉积岩两侧的安山岩内。如果矿体顶部围岩不是多宝山组下部层位,最多只能形成一些条带状小矿体。

通过对多宝山各组原岩的分析,发现未蚀变的多宝山组含铜量一般为70—200ppm,平均为135ppm,其他组含铜量一般很少超过50ppm。矿化中心处>1000ppm,但离开矿带只几十米处,含铜量突然降到只有30—50ppm,再向外到弱青磐岩化带,含铜量一般为70ppm±,穿过弱青磐岩化带,至未蚀变岩石时,就恢复到正常场,平均为135ppm。假若铜的降低场的弱蚀变带能够向下延伸数公里,由于弱青磐岩化使多宝山组丢失的铜的数量约有3—5千万吨(图1)。

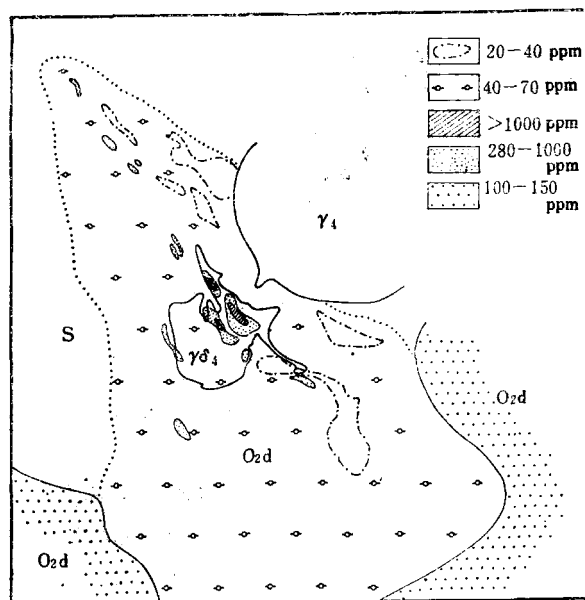


图 1 多宝山矿区铜量分布图

S—志留系；O_{2d}—中奥陶统多宝山组；γ₄—海西期花岗岩；
γδ₄—海西期花岗闪长岩

Fig. 1. Distribution of copper in the Duo-baoshan ore field.

S—Silurian sediments; O_{2d}—Middle Ordovician Duobaoshan zu; γ₄—Hercynian granite; γδ₄—Hercynian granodiorite.

在体顶部和接触的围岩内形成了较好的铜矿化。而在Z矿床，花岗闪长斑岩顶部接触的围岩是泥质千枚岩，顶部矿化则很弱，到岩株中、下部与沉凝灰岩接触时，铜矿化才增强。它说明了被侵入的围岩岩性上的不同对成矿是有差异的。

在上述两矿床中，其地球化学场的特点是：一方面是矿床小范围内成矿金属的明显增高，另一方面则是矿床周围广大范围内围岩成矿金属含量普遍降低。围岩内金属究竟迁到哪里去了？这是一个值得深思的问题。

二、与围岩有关的其他证据

(一) 斑岩铜矿床的时间和空间分布

从时间上看，斑岩铜矿床主要形成于中—新生代，年代最新者只有100万年；古生代者仅见于古亚洲地槽和北美阿帕拉契亚山；前古生代者则极为罕见，已知者有西非斑岩铜矿，铜矿化与前寒武纪比里敏期侵入体的破碎带有关，它和中、新生代斑岩铜矿不同之处就是没有钾长石化和缺乏钾质交代作用（钾交代作用为钠交代作用所代替）。

在空间上，斑岩铜矿床多分布于陆缘和岛弧，有时见于内陆拗陷的边缘，而从未见到出现在洋壳上。根据西南太平洋斑岩铜矿的统计资料，岛弧上的斑岩铜矿均位于地壳厚度的最

(二) 德兴铜矿

与铜矿化关系密切的岩体为燕山中期花岗闪长斑岩，其围岩为震旦亚界双桥山组。双桥山组主要由英安质晶屑、玻屑沉凝灰岩和绢云母千枚岩类互层组成。

根据赣东北大队区测分队对矿区一带及外围的原岩进行光谱分析的结果，同时代的浅变质岩系在矿床内含铜量大都大于500ppm；从矿床高异常区向外至5公里处为铜的低异常区，平均含铜量约50ppm；从低异常区再向外，双桥山组恢复为正常场，含铜约100ppm。在德兴铜矿蚀变和矿化过程中，双桥山组含铜量也发生了变化，一方面是矿床小范围内铜含量显著增加，而从矿床向外近5公里这样大的范围内，铜含量普遍降低，表明有数量很大的一部分铜从双桥山组中迁出。

德兴矿田由F、T、Z三个矿床组成。在F和T两矿床，花岗闪长斑岩顶部接触的围岩是中酸性沉凝灰岩，在岩

大部分。

通过研究斑岩矿床的蚀变作用可以看出,在蚀变和矿化过程中增加的物质组分有天水(或与岩浆平衡的天水-岩浆水)、还有钾(黑云母化、钾长石化、绢云母化)、硅(硅化)和铝等,而这些组分只在陆壳上较富集。所以在未形成陆壳之前或陆壳没有得到很好发育之前对于形成斑岩矿床大规模的典型蚀变带是不利的。据此基本可以说明,斑岩矿床的蚀变与矿化和陆壳的围岩成分是分不开的。

(二) 斑岩铜矿的两种类型

1. 石英闪长岩型:①多见于岛弧;②钾化弱(有黑云母化和微弱的钾长石化,常缺失绢云母化,有时有钠长石化);③磁铁矿常见,含金较高,含钼较低;④角砾岩筒少见。

2. 石英二长岩型:①多见于陆缘;②钾化强(具黑云母化、钾长石化和绢云母化);③磁铁矿少见,含钼较高,含金较低;角砾岩筒常见。

这两种类型的岩浆成分、蚀变和矿化不同的原因,很可能是斑岩岩浆源形成的环境有差异。前者在岩浆源发育过程中没有吸取大量陆壳围岩成分。而吸取少的原因多数情况可能是与陆壳厚度较小有关。因为石英闪长岩贯穿的岩层多是海相火山岩和洋壳。后者则是吸取了陆壳大量易熔组分和挥发组分形成的,这在多数情况下与所处的较厚的陆壳是分不开的。由此可知,斑岩矿床岩浆源所处的围岩环境(亦即围岩所起的作用)不仅影响岩浆的成分,也影响了岩浆后期蚀变矿物的成分和斑岩铜矿矿石的组分。

三、同位素和流体包裹体提供的启示

(一) 锶同位素

斑岩铜矿岩浆 $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 比值大都大于 0.703,这种岩浆一般认为是深部上来的 I 型岩浆与围岩掺混的结果。

S. 穆尔巴恩(1969)、J. D. 洛厄尔(1974)和 G. E. 赫奇(1974)等提出关于斑岩铜矿侵入岩体中 Rb-Sr 比值的资料,多数人认为形成斑岩铜矿的岩浆应当是地幔派生的岩浆(与地壳有某些明显的混染)。

(二) 硫同位素

斑岩矿床中硫同位素组成多数接近于陨石型。因而,不少人认为斑岩矿床的硫是来自上地幔。是否接近陨石型就可以断言硫来自上地幔呢?恐怕还不能这么说,因为:

1. 地壳中的硫在30亿年以前,硫同位素组成均接近于陨石硫(A. N. 图加林洛夫,1976),因此当下部这些古老的岩石发生熔融时,在成因上与这种熔融体有关的硫化物中,将有“地幔的”硫同位素组成。

2. 宇宙和地球上硫同位素组成既然趋近于陨石型,而地壳上的硫从古生代开始才发生强烈的分馏。由此可以设想,当深部岩浆源的规模相当大时,经过岩浆均态化后,多数情况下硫同位素组成很容易趋近于陨石型。

3. 由于地壳局部地段硫同位素比值不一致,有时一个大岩体内或一个矿区内硫同位素组成虽然比较稳定,但却与陨石硫有较大的差别。如北高加索的菲利兹哈依,卡塔赫和卡茨达格矿床差别就较大。

(三) 氢、氧同位素

根据某些斑岩铜矿床的氢、氧同位素分析资料,目前多数人认为,高温的黑云母、钾长石主要是由岩浆水形成的,而绢云母和粘土矿物主要是由天水形成的。但从许多矿区的实际材料来看,高温钾化期矿物 $\delta D-\delta O^{18}$ 图解的投影点与岩浆水的范围并不吻合。如比尤特矿床,其高温(300—600℃)硅酸盐矿物 δD 值在-110—-140‰之间,距岩浆水的下限-90‰还有一段距离;热液矿物 δO^{18} 值的波动范围约从-11‰到+8‰,而且随着温度的增高, δO^{18} 值越来越大,逐渐趋于岩浆水。根据比尤特矿床氢、氧同位素的分析资料,只能得出全部热液都是天水的结论,随着温度升高,热液中的 δO^{18} 与岩浆岩中的 δO^{18} 交换得越来越充分。

根据氢、氧同位素的资料,钾化期的水,起码有相当一部分(也有可能是绝大部分)应当是被岩浆改造的和与岩浆达到平衡的天水。

(四) 流体包裹体中金属含量说明什么?

通过近几年对斑岩铜矿床流体包裹体组分的研究,其中金属元素主要有Na、K,其次是Ca、Mg、Fe;非金属元素主要是Cl,其次是S、C;成矿金属元素Cu含量普遍很低,高者平均只有100ppm左右,我国玉龙铜矿与成矿有关的流体包裹体含铜量还不到70ppm。

如果把含铜高的包裹体中的流体看作是成矿热液,矿液含铜量按100ppm计算,在成矿时矿流中的全部铜都沉淀下来,则形成一个500万吨的大型斑岩铜矿所需要的矿液至少应有50立方公里。

根据氢、氧同位素的资料,象美国宾厄姆和西南太平洋的潘古纳这样一些产在黑云母化带内的斑岩铜矿,矿液应来自与斑岩体有关的下部岩浆源,这些矿液应当在高温时(>600℃与下部岩浆源达到平衡。

从流体包裹体的含铜量说明,形成一个大型斑岩铜矿所需要的矿液数量是相当大的,提供矿液的岩浆源规模也是相当大的。如果岩浆源不能使大规模流体发生迁移,形成大型矿床是不可能的。当然成矿流体的运移时间可能较长,可以延续到几十万年,或上百万年。大型斑岩矿床成矿的岩浆水即然数量很大,而从上地幔上来的基性和超基性岩浆的含水量又甚少,若把与成矿有关的岩浆水说成是由上地幔或地壳深处提供的,这显然是一件难以想象的事情。

至于由天水生成的蚀变带和矿化带,热液显然是来自围岩;金属或直接来自围岩或者是早期沉淀的金属再次发生迁移而沉淀下来。

(五) 不少斑岩矿床的成矿溶液都是高浓度卤水

通过斑岩铜矿、斑岩钼矿、斑岩锡矿和斑(玢)岩铁矿流体包裹体的分析结果,普遍认为,与成矿有关的热液大都是高浓度卤水。包裹体中NaCl+KCl一般为20—40%,高者可达60%,甚至可达70%。

为了说明高浓度卤水的来源,下面引用Michigan、Alberta和Illinois三个盆地作为例子。在深度2—3公里时,其含盐度分别为>40%、~30%、20%。盆地下部高浓度卤水与矿液含盐度基本相同。假定矿液来自盆地下部的卤水,多数成矿溶液应取自沉积盆地1—3公里的深度范围内。如果含盐卤水进入岩浆源时,还会发生浓缩作用。高盐度矿液除了可能来自含卤水的盆地之外,也有可能来自附近的膏盐层或含膏盐的层位。

从美洲西海岸许多中新世盆地含有许多硼矿,而且在这个带(科迪勒拉成矿带)上出

现大量含电气石的角砾岩筒,也可说明含硼热液(包括岩浆水)很可能来自就近围岩。

综上所述,如果岩浆水和其中的盐类基本上来自围岩,那么在岩浆源吸取围岩的卤水过程中,加热的卤水很可能把围岩中一部分金属带入成矿的岩浆源。

四、多宝山铜矿床矿物组合提供的几点证据

根据近一、二年对多宝山矿床蚀变矿物组合的研究,认为按蚀变矿物形成的新老次序,可以分出下列几个主要矿物组合。

(一)在矿床周围奥陶系的安山岩及其凝灰岩内形成一个规模较大的青磐岩化带,这个带基本上是一个含铜围岩的降低场,安山岩平均含铜量由135ppm降为60—70ppm。安山岩内的青磐岩化早于矿区内花岗闪长岩浆的侵入时间,在成因上有可能与该岩体形成之前的某些岩浆活动(有可能是喷发活动后期)有关。

(二)与花岗闪长岩有关的热液活动形成的矿物组合,有零星的黑云母化,微弱的钾、钠长石化和矽卡岩化、绢云母化等,分布面积广泛的还是青磐岩化。花岗闪长岩绝大部分发生了青磐岩化,有些地方还对早先的青磐岩化进行叠加和改造。

(三)与花岗闪长斑岩有关的热液蚀变有黑云母化、钾长石化、钠长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化等。与铜矿化关系密切的蚀变是黑云母化和绢云母化。

1. 黑云母化:黑云母化带基本上环绕着花岗闪长斑岩体分布,大都被绢云母化改造而分辨不清。经过镜下恢复后,分布面积约1.5平方公里。在残留的黑云母化带内,仍保留有百余米厚的铜矿体,但多数情况只有一些条带状小矿体和矿化,说明黑云母化期和稍后,确有大量铜矿液活动。产在黑云母化带内的铜矿化,基本上沿袭岩浆侵入的通道周围的微细裂隙系统发生。与青磐岩化带相比,黑云母化的规模只相当于它好几十分之一,且时间较短。

2. 绢云母化:环绕花岗闪长斑岩分布,基本上叠加和改造了原有的黑云母化带。这次热液活动增加了一些黄铁矿,铜似乎只是在矿化带内进行了短距离的迁移和改造,并使硫化物形成了较明显的分带。

(四)根据多宝山矿床几期主要蚀变矿物组合在空间上的分布和在时间上发生的先后次序,可以看出在青磐岩化、黑云母化和绢云母化三次蚀变中,铜都发生过较大规模的迁移,但迁移的环境不尽相同。

青磐岩化期主要是从围岩内将大量的铜带出,形成这个过程的能源(热源)规模很大,持续时间较长,流体的迁移是沿着规模巨大的微细裂隙系统发生的。

黑云母化期流体是来自与斑岩体同源的岩浆源,其伴生的铜矿化也应来自这个岩浆源,应相当于通常所谓的岩浆后期。

绢云母化期所处的地热系统温度已降到350℃以下,活动范围局限在片理化带内,相当于通常所谓的岩浆期后热液。

互、结 语

综上所述,可以得出以下几点结论:

(一) 在岩浆活动(包括喷发和侵入)全过程中, 岩浆活动中心附近, 有时会引起流体的活动, 而流体活动往往会溶解进去一些矿化剂和引起某些成矿金属迁移。在早期热液活动中, 围岩中的元素常有大量迁出现象, 迁出的数量往往与围岩的金属含量和弱蚀变带的范围和强度成正比。

根据矿液中的金属量的计算, 形成一个大型斑岩矿床必须要有一个岩浆源(或热源)能使大量的水溶液发生迁移。换句话说, 岩浆系统是否能发生大规模蚀变和矿化, 主要看岩浆源能否造成大规模流体的迁移。事实表明, 不是所有的岩浆源都可以使大量流体迁移的, 因而也绝不是所有的岩浆源都可以对围岩发生交代或成矿。

(二) 如果岩浆水不是来自上地幔和地壳深处, 就必须来自围岩。岩浆水中很大一部分(也可能接近全部)有可能是天水在高温下进入到岩浆源, 与岩浆发生同位素交换形成的。既然围岩的热液发生活动, 就必然对围岩的某些金属进行搬运。如果大量的岩浆水原来是由围岩进入, 其中的盐类和成矿金属也应与水一起进入岩浆源。

(三) 如果岩浆热液矿床矿液中的成矿元素来自围岩, 则可以根据地球化学场的特点进行找矿。成矿的首要前提, 是要有一个大范围(数十到数百平方公里)的地球化学异常场(围岩含某种金属较高); 第二, 其中要有一个降低场(弱蚀变带部分); 第三, 要有一个特高场(矿床部分)。

(四) 通过近几年来矿床资料总结, 人们对地表水、地下水、热液, 以至于岩浆水的作用所形成的各种矿床, 认识上在逐步加深。金属的迁移似乎并不限于某些模式, 好象在围岩中只要能造成流体的迁移, 流体中含有矿化剂, 能够把流经地带的金属带走, 并能在适当的地点达到过饱和而又把金属沉淀下来, 使金属富集, 就可以成矿或形成矿床。而斑岩矿床成矿机制, 则是通过岩浆源“先吸进去, 后排出来”的岩浆作用蚀变成矿的。

参 考 文 献

- [1] 沈保丰等 1977 某区磁铁矿床中钠质交代作用的特征及其找矿意义 地质科学 第三期
- [2] 杜琦 1980 多宝山斑岩铜矿床蚀变与矿化特征 地质学报 第四期
- [3] 李克俭、吴学汉 1981 成矿热液中水的来源及其与找矿的关系 中国地质科学院院报矿床地质研究所分刊 第二卷 第一号
- [4] Barnes, H. L., (editor), 1979, Geochemistry of hydrothermal ore deposits. second edition.
- [5] Eastoe, C. J., 1978, A fluid inclusion study of the Panguna porphyry copper deposits, Bougainville New Guinea. Econ. Geol., Vol. 73(5), pp. 721—748.
- [6] Guilbert, J. M. and Lowell, J. D., 1974, Variation in zoning patterns in porphyry copper deposits. Can. Metall. Bull., Vol. 67(742), pp. 99—109.
- [7] Hollister, V. F., Potter, R. R. and Barker, A. L., 1974, Porphyry-type deposits of the Appalachian orogen. Econ. Geol., Vol. 69(5), pp. 618—630.
- [8] Sheppard, S. M. F. and Taylor, H. P., 1974, Hydrogen and oxygen isotope evidence for the origin of water in the Boulder batholith and the Butte ore deposits, Montana. Econ. Geol., Vol. 69(6), pp. 926—946.
- [9] Tsui, T. F. and Holland, H. D., 1979, The analysis of fluid inclusion by laser microprobe. Econ. Geol., Vol. 74(7), pp. 1647—1652.

THE RELATIONSHIP BETWEEN MINERALIZATION PROCESSES OF PORPHYRY ORE DEPOSITS AND COUNTRY ROCKS AS EXAMPLIFIED BY TWO PORPHYRY COPPER DEPOSITS IN CHINA

Du Oi

(Institute of Geology, Geological Bureau of Heilongjiang Province)

Abstract

An examination of the geochemical fields of two porphyry copper deposits reveals that the country rocks surrounding the ore deposits are enriched in copper and in contrast, the weak-alteration zones have wide copper-depletion fields. The amount of copper transferred from these fields is estimated to have been so large that a small portion of it would be enough to form these ore deposits.

The time and spatial relationships, alteration assemblages, Sr,S,O,H isotope determinations and data of liquid inclusions and brine or porphyry deposits all demonstrate that, in addition to large amounts of metals, waters and mineralizers might also have been directly or indirectly derived from the country rocks.

In order to illustrate the alteration and mineralization processes, three major stages of copper mineralization in Duobaoshan are discussed. They are the widespread early propylitization stage, the biotitization stage of late magmatic process and the sericitization stage of post magmatic period.

Magmatic water and meteoric water seem to have been both involved in the alteration and mineralization of porphyry deposits. However, the oxygen and hydrogen isotopic data suggest that magmatic water was actually a kind of meteoric water which had entered the magmatic chamber and isotopically reached an equilibrium with magma.

During the evolution of porphyry copper system, meteoric water must have carried large amounts of mineralizers and ore metals when it entered the magmatic chamber. The mineralization mechanism of porphyry deposits, therefore, was probably one of "absorption followed by excretion under the action of magma".