

文章编号: 1000-4734(2007)03-0379-05

# 贵州威宁地区峨眉山玄武岩型 自然铜-辉铜矿矿床的成矿前景

张乾<sup>1</sup>, 朱笑青<sup>1</sup>, 张正伟<sup>1</sup>, 王大鹏<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 贵州威宁一带产于峨眉山玄武岩中的自然铜-辉铜矿矿床(点)经过几十年研究,但在找矿勘探方面一直难以突破。本文从矿床地质特征、成矿物质来源出发,讨论了与成矿规律和成矿远景,认为矿化受夹层和断裂双重控制,成矿以后热液改造作用为主。与基伟诺型矿床相比,玄武岩厚度不大及不连续分布、陆相地表喷发、埋藏深度不大、缺少成矿流体汇聚的构造条件是形成大矿的不利因素。在峨眉山玄武岩分布区内,玄武岩厚度巨大、构造应力集中的地区有可能找到中型规模以上的矿床。

**关键词:** 峨眉山玄武岩;自然铜-辉铜矿矿床(点);成矿规律;成矿远景;贵州威宁

**中图分类号:** P612; P618.41 **文献标识码:** A

**作者简介:** 张乾,男,1955年生,研究员,博士生导师,从事矿床地球化学研究。E-mail: zhqiangel@163.com

贵州威宁地区的玄武岩中存在大量自然铜-辉铜矿矿化,对这些矿化的研究由来已久。早在上世纪40年代,冯景兰<sup>[1]</sup>、Fong<sup>[2]</sup>、彭琪瑞<sup>[3]</sup>就对滇-黔相邻地区产于峨眉山玄武岩中的自然铜矿化进行了研究;郭文魁等<sup>[4]</sup>认为峨眉山玄武岩中的铜矿化具有找矿潜力。贵州省地质局<sup>[5]</sup>认为,峨眉山玄武岩中的自然铜矿化呈“鸡窝”状和不成层分布,不具备工业勘察价值。朱炳泉等<sup>[6-7]</sup>发现了层控型自然铜、黑铜矿矿化,将之称为似基伟诺(Keweenaw-like)型铜矿床;张正伟等<sup>[8]</sup>在峨眉山玄武岩上部发现了黄铜矿化,显示出很好的找矿前景;李厚民等<sup>[9]</sup>认为,玄武岩型自然铜矿床的成矿物质来源于上地壳,成矿与盆地流体的对流循环及从玄武岩中淬取成矿物质有关,矿床为后生成因。朱炳泉等<sup>[10]</sup>研究发现,该类矿床存在两期成矿作用,浊沸石的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar坪年龄和等时线年龄为226~228 Ma,代表第一次蚀变和成矿时代,片沸石的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar和矿石U-Th-Pb等时线年龄为134 Ma,代表第二次成矿作用。前者比玄武岩的形成时代(259~260 Ma<sup>[11-12]</sup>)晚约31~34 Ma,后者晚126 Ma。相对于玄武岩的喷发,无论哪一期成矿都是后来发生的,这也排除了火山热液直接成

矿的可能。经过数十年的研究和勘查,虽然取得了许多认识,但矿床勘查方面始终没有取得大的突破,区内十多个矿床(点)中,一般只达到小型规模。本文从成矿地质背景、矿床地球化学出发,对成矿规律及成矿前景问题提出一些看法。

## 1 威宁地区玄武岩型铜矿床(化)地质背景问题

威宁地区的自然铜-辉铜矿矿化都产于数个玄武岩喷发间歇期形成的凝灰岩、凝灰质熔岩、凝灰质沉积岩、碳-泥质-砂质沉积岩夹层中,与之相邻的气孔状熔岩也存在矿化。这些夹层中存在的大量碳质、硅化木、植物碎片、树杆残块等化石及很小的夹层厚度表明,夹层本身是在地表暴露于大气的环境中形成的。也就是说,每个夹层所代表的玄武岩都是直接喷出地表,其后生长出各种植物,下一次火山喷发又被掩埋。

水下喷发与地表喷发对于岩浆-火山热液直接成矿来说,是完全不同的两种环境。可以设想,直接喷出地表的火山气,多半会进入大气或暴露在空气中。在没有盖层(包括水体)的情况下,火山热液喷出地表也将迅速冷却,很难在地表长时间地保持还原状态。只有在近地表的火山口机构中,火山热液才有可能成矿。研究东南沿海陆相火山岩中的铅锌硫化物矿床发现,似层状、透镜状矿体,都夹持于连续喷发形成的火山岩的某个部

收稿日期: 2007-04-24

基金项目: 中国科学院重要方向项目(KZCX2-YW-111, KZCX3-SW-125)

位,矿体所在部位并不存在大的火山喷发停顿,而那些脉状矿体是由断裂构造控制的。

夹层控矿的另一种可能是,夹层形成后的下一次玄武岩喷发带来的成矿流体在该夹层内成矿。一般来说,火山气液的喷发在熔浆喷出之前就已开始。在这种情况下,喷出的含矿流体自然就与业已存在的夹层接触,被随后大规模喷出的熔岩所覆盖,有可能长时间地保持自然铜等矿物结晶的温压条件。朱炳泉等<sup>[10]</sup>得出鲁甸一带某些矿床早期成矿时代为226~228 Ma,这一年龄相当于中、晚三叠世的界限,比玄武岩年龄(259~260 Ma)晚约31~34 Ma,这种跨时代的成矿作用,很难与峨眉山玄武岩同期喷发的热液作用联系起来。暴露于地表的火山热液不可能在这么长的时间后还能保持300~400℃的温度。如果火山热液喷出后能被熔岩快速覆盖,这个年龄差是可能的,许多其它火山热液矿床的成矿年龄与主岩年龄也存在10~30 Ma的时差<sup>[13]</sup>。

然而,对于某个矿化夹层来说,成矿流体是否来自下一个火山喷发旋回还没有直接有效的方法来确定,一个火山喷发旋回可能会在几年、几十年甚至更长的时间内完成,而同位素年代学以百万年为单位。

另外一个问题是,每一个旋回的玄武岩喷发当时具体的地形也是很难精确恢复的。因为对地表火山喷发来说,地形能够控制火山热液甚至熔岩的流向和分布。根据间歇期形成的夹层中大量陆生植物的生长发育情况及有些沉积夹层在横向上延伸不远即被凝灰质夹层取代等特征判断,当时地形极有可能是凹凸不平的。火山热液甚至熔岩喷出地表后只能汇聚于低洼部位,这些低洼部位也是沉积夹层存在的地方。只有这些低洼部位才可能是火山热液汇聚成矿的有利部位,而像黑山坡那样植被发育的地方,火山-岩浆热液要保存30 Ma是很困难的。

从贵州境内许多矿床(点)的地质特征判断,矿化发生在玄武岩固结成岩之后,为后生矿床。

## 2 诸多地质、地球化学证据不支持同期火山热液成矿

在滇-黔相邻地区的鲁甸-威宁一带,一个小旋回形成的玄武岩厚度在几米至几十米,在这种情况下,冷却速度是很快的,即使有热液存在,300~400℃的温度也不可能保持30 Ma然后再成

矿。事实上,还有更多的证据表明自然铜-辉铜矿矿化主要是后期发生的。

(1)夹层和断裂共同控矿:鲁甸威宁一带的玄武岩型铜矿化表面上是受层位控制的,实际上断裂在成矿流体的运移中起着重要作用。在野外,经常可以看到蚀变沿断裂分布,这种存在蚀变的断裂可以穿过不同层位直接与矿化层相通。如图1所示,地表的矿化露头往两侧延伸不远,凝灰质层同样存在,但矿化消失,这种现象在一些已有钻孔验证的矿点是常见的。一种解释是,流体沿断裂上升,遇到疏松多孔、富有机质的夹层后向两侧渗透矿化。

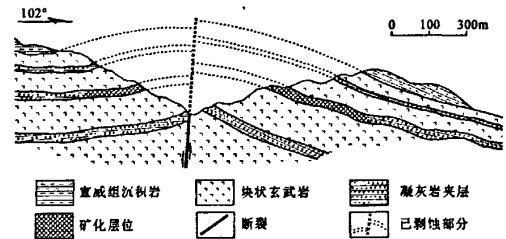


图1 矿化层位与断裂构造关系示意图  
Fig. 1. Sketch map showing the relationship between the mineralization beds and faults.

在关岭一带,矿化直接发生于下伏的茅口组与玄武岩之间的不整合面上,而在盘县地区,矿化直接产于裂隙、断裂中<sup>[14]</sup>。

(2)自然铜与不同来源的有机质共生:鲁甸-威宁一带的玄武岩型铜矿化层除有大量的碳质、硅化木、植物碎片等原地型有机质存在外,还存在大量沥青,热液成因方解石中的碳也是有机来源,沥青与方解石与自然铜等铜矿物都是共生关系。

沥青、原地植物-碳质-硅化木和方解石具有3种不同的碳同位素组成,其中方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-13.5~-22.7‰,碳质、硅化木的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-19.3~-22.8‰,沥青的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-23.9~-32.3‰(图2)。①三种状态的碳具有不同的碳同位素组成;②三种状态的碳都属于有机碳;③可以肯定3种碳具有不同来源,除碳质、硅化木、植物碎片的碳为原地植物碳外,推测沥青可能与古油藏有关,方解石中碳的来源既可以由流体直接带来,也可能来自沥青或碳质的分馏。那么,有机碳与自然铜等共生就无法用火山-岩浆热液来解释。

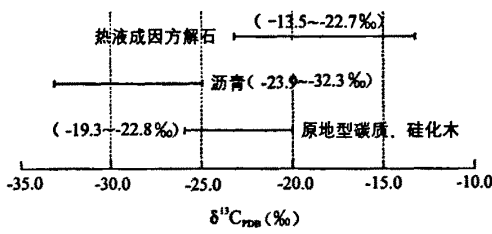


图 2 玄武岩型铜矿化的碳同位素组成  
Fig. 2. Carbon isotopic composition of the basalt-type copper mineralization.

(3) 辉铜矿、黄铁矿的硫为生物分解成因: 铜厂河、黑山坡、发财冲、大坡脚、闹鹰岩等矿床(点) 辉铜矿、黄铁矿的  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $-6.1\text{‰} \sim -35.1\text{‰}$ , 最大的可能是生物(有机质)分解造成的。根据该地区地质演化分析, 硫的这种有机分解作用最大的可能有 3 种: ①古油藏作用的结果; ②矿化层位的有机分解; ③区域煤层的有机分解。无论哪种可能, 都与火山-岩浆作用无关。

(4) 尽管一些矿化发生于  $300 \sim 350\text{ }^\circ\text{C}$  的高温条件, 但大多数矿化发生于低于  $200\text{ }^\circ\text{C}$  的低温条件, 并且明显含有大气降水成分。据 Zhu 等的资料<sup>[15]</sup>, 鲁甸一带自然铜-氧化铜组合的矿化最高温度达  $400\text{ }^\circ\text{C}$  左右, 而对威宁境内一些矿床(点) 热液成因矿物(石英、方解石)中流体包裹体均一温度的测定结果为  $151 \sim 201\text{ }^\circ\text{C}$ 。引起矿化的成矿流体的 H-O 同位素组成显示出大气降水的参与, 并且威宁一带的矿化比鲁甸一带的矿化, 大气降水的参与程度更高(图 3)。这似乎说明成矿流体并非直接来自火山-岩浆分异。

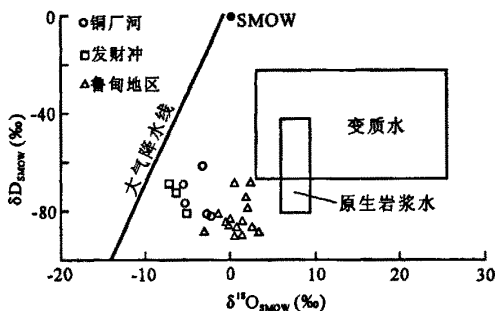


图 3 玄武岩型铜矿化的 H-O 同位素组成  
(据本文资料及李厚民等<sup>[9]</sup>)

Fig. 3. H-O isotopic compositions of the basalt-type copper mineralization.

(5) 通过大区域内各种地质单元的铅同位素组成对比(图 4), 完全可以排除三叠系、下二叠统、石炭系、寒武系及前寒武系岩石为自然铜矿化提供铅的可能, 矿石与玄武岩铅同位素组成的一致性表明矿石铅来自玄武岩的淋滤。玄武岩贫铅、铀、钍是淋滤而来的铅同位素组成与全岩能够保持一致的原因。而玄武岩富铜是大量铜被淋出的物质基础, 铜的淋出很可能与富含有机质的流体有关。

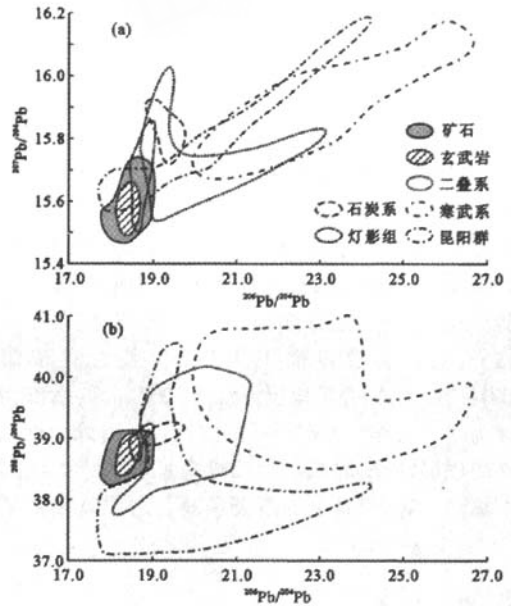


图 4 玄武岩型铜矿床的铅同位素组成  
Fig. 4. Lead isotopic composition of the basalt-type copper deposits.

总起来看, 此类自然铜组合的矿床(点)的地质地球化学特征, 更多地支持后期热液改造成矿的观点。朱炳泉等<sup>[10]</sup>得出的两种成矿年龄中, 最晚的年龄为  $134\text{ Ma}$ , 无疑是后期成矿的有力证据。

### 3 对成矿前景的一些认识

有学者将峨眉山玄武岩型自然铜成矿的地质背景及矿化特点与美国基伟诺(Keweenaw)玄武岩中的自然铜矿床相比, 两者存在很多相似之处<sup>[15-16]</sup>。基伟诺型矿床自然铜的总量超过  $50\text{Mt}$ <sup>[17]</sup>, 而到目前为止, 滇-黔相邻地区数十个峨眉山玄武岩型自然铜-辉铜矿矿床(点)中, 绝大多数都还只具有小型规模或只是矿化现象。

在将峨眉山玄武岩型自然铜矿化与基伟诺型矿床相比时,更多地强调了二者的相似之处。实际上,二者之间存在的某些差别是巨大的,甚至对成矿起决定性作用。

(1)基伟诺玄武岩系厚度达28 km<sup>[18-19]</sup>,而滇黔相邻地区玄武岩厚度一般都在300~400 m之间,贵州境内只有200~300 m,有些地方只有几十米甚至几米并且不连续,这种不连续很可能是喷发当时的地形所造成。虽然峨眉山玄武岩富含铜( $100 \times 10^{-6} \sim 210 \times 10^{-6}$ ),但有限的岩石厚度对铜的淋出总量的影响是显而易见的。

(2)虽然都是陆相玄武岩,但基伟诺玄武岩喷发于裂谷水下环境,喷发的同时形成沉降盆地,主玄武岩之上与玄武岩互层的沉积岩夹层达30多层,总厚达9000 m,单层平均30~40 m<sup>[20-21]</sup>,巨厚火山-沉积岩系的快速堆积可以将大量的盆地水封存于玄武岩内,有利于将成矿元素汇聚起来。而滇黔相邻地区的玄武岩直接喷出地表,其中的凝灰质-沉积夹层最多6~7层,单层厚度仅5~15 m,沉积盖层厚度不大(晚二叠世宣威组160~270 m,三叠系地层厚度<2000 m,其后以剥蚀为主<sup>[5]</sup>),作为铜矿源层的玄武岩一直处于近地表的浅层,析出的成矿物质没有足够的应力使其汇聚到一起,而是见到断裂和凝灰岩层就发生矿

化,所以造成了矿化点随处可见的现象,这对形成大矿是不利的。

Zhang<sup>[22]</sup>的研究表明,玄武岩型自然铜矿床的形成与玄武岩的类型无关,高钛和低钛玄武岩中都能够形成矿床,比如滇西丽江一带同类型矿床(点)很多,有些具有较大的找矿潜力,宁蒗铜厂河矿床有可能成为中型以上规模的自然铜-辉铜矿矿床;四川境内的玄武岩中也分布有很多自然铜矿化。对玄武岩的后期改造成矿来说,选择玄武岩厚度巨大、构造应力集中、深部存在隐伏岩浆侵入活动三位一体的地区作为找矿的重点,有可能取得大的突破。

## 4 结 论

(1)贵州威宁一带的玄武岩型自然铜-辉铜矿矿床(点)表面上受岩浆喷发间歇期形成的凝灰质-沉积夹层控制,实际上受夹层与断裂的双重控制。

(2)矿化主要发生于玄武岩冷凝成岩之后,铜可能是富有机质的流体从玄武岩中淋滤而来,成矿以后期热液改造为主体。

(3)玄武岩厚度不大及不连续分布、陆相地表喷发、埋藏深度不大、缺少成矿流体汇聚的构造条件是形成大矿的不利因素。

## 参 考 文 献:

- [1] 冯景兰. 西康东南之铜矿[J]. 地质论评, 1940, 5(1-2): 149.
- [2] Fong K L. Field evidences of supergene enrichment of the copper deposits of Szechuan, Sikang and Yunnan [J]. *Bulletin of the Geological Society of China*, 1947, 27: 347-358.
- [3] 彭琪瑞. 中国西南之二叠纪基性岩流及其与铜矿之关系[J]. 地质论评, 1940, 5(1-2): 149.
- [4] 郭文魁, 常印佛, 黄崇柯. 我国主要类型铜矿成矿和分布的某些问题[J]. 地质学报, 1978, 52(3): 169-181.
- [5] 贵州省地质局. 贵州省地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1987, 1-630.
- [6] 朱炳泉, 张正伟, 胡耀国. 滇东北发现具工业价值的火山凝灰角砾岩层控型铜矿床[J]. 地质通报, 2002, 21(8-9): 21.
- [7] 朱炳泉, 常向阳, 胡耀国, 张正伟. 滇黔边界鲁甸沿河铜矿床的发现与峨眉山大火山岩省找矿新思路[J]. 地球科学进展, 2002, 17(6): 912-917.
- [8] 张正伟, 朱炳泉, 常向阳, 胡耀国. 黔西上二叠统玄武岩组上部发现黄铜矿化[J]. 矿物学报, 2003, 23(2): 102.
- [9] 李厚民, 毛景文, 张长青, 许虹, 陈毓川, 王登红. 滇黔交界地区玄武岩铜矿同位素地球化学特征[J]. 矿床地质, 2004, 23(2): 232-240.
- [10] 朱炳泉, 戴檀谟, 胡耀国, 张正伟, 陈广浩, 彭建华, 涂湘林, 刘德汉, 常向阳. 滇东北峨眉山玄武岩中两阶段自然铜矿化的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar与U-Th-Pb年龄证据[J]. 地球化学, 2005, 34(3): 235-247.
- [11] Xu Y, Chung S, Jahn B, Wu G. Petrologic and geochemical constraints on the petrogenesis of Permian-Triassic Emeishan flood basalts in southern China [J]. *Lithos*, 2001, 58: 145-168.
- [12] Zhou M-F, Yan D-P, Kennedy A K, Li Q-I, Ding J. Shrimp zircon geochronological and geochemical evidence for Neo-Proterozoic arc-related magmatism along the western of the Yangtze Block, South China [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 2002, 196: 51-67.
- [13] 李长江, 徐步台, 蒋叙良, 胡永和. 中国东南部某些热液矿床的成岩成矿时差序列及有关问题讨论[J]. 矿床地质, 1992, 11(2): 106-112.

- [14] 刘远辉,李进,邓克勇. 贵州盘县地区峨眉山玄武岩铜矿的成矿地质条件[J]. 地质通报, 2003, 22(9):713-717.
- [15] Zhu Bing-quan, Hu Yao-guo, Zhang Zheng-wei, Chang Xiang-yang. Discovery of the copper deposit with features of the Keweenaw type in the border area of Yunnan and Guizhou Province [J]. *Science in China (D)*, 2003, 46(sup.):60-72.
- [16] 王祝耕, 王尚彦. 峨眉山大火成岩省与玄武岩铜矿——以贵州二叠纪玄武岩分布区为例[J]. 贵州地质, 2003, 20(1):5-10.
- [17] Cannon W F, Suzanne W N. *Geology and Mineral Deposits of the Keweenaw Peninsula, Michigan, U. S.* [R]. Geological Survey Open-File Report, 1999, 99-149.
- [18] Cannon W F, Peterman Z E, Sims P K. Crustal scale thrusting and origin of the Montreal River monocline-A 5-km-thick cross section of the Midcontinent rift in northern Michigan and Wisconsin [J]. *Tectonics*, 1993, 12: 728-744.
- [19] Hamilton S K. Copper mineralization in the upper part of the Copper Harbor conglomerate at White Pine, Michigan [J]. *Econ Geol*, 1967, 62: 885-904.
- [20] Virth K R, Vervoort J D, Naiman Z J. The Chengwatana volcanics, Wisconsin and Minnesota: Petrogenesis of the southernmost volcanic rocks exposed in the Midcontinent rift [J]. *Can J Earth Sci*, 1997, 34: 536-548.
- [21] Vervoort J D, Green J C. Origin of evolved magmas in the Midcontinent Rift System, NE Minnesota: Nd isotope evidence for melting of Archean crust [J]. *Can Jour Earth Science*, 1997, 34: 521-535.
- [22] Zhang Qian, Zhu Xiao-qing, Zhang Zheng-wei. Lead isotopic composition and lead source of the Tongchanghe basalt-type nativecopper-chalcocite deposit in Ninglang, western Yunnan, China [J]. *Chinese Journal of Geochemistry*, 2006, 25(2): 112-121.

## DISCUSSION ON THE ORE-FORMING PROSPECTING OF THE EMEISHAN BASALT-TYPE NATIVE COPPER-CHALCOCITE DEPOSITS IN THE WEINING DISTRICT OF GUIZHOU PROVINCE, CHINA

ZHANG Qian<sup>1</sup>, ZHU Xiao-qing<sup>1</sup>, ZHANG Zheng-wei<sup>1</sup>, WANG Da-peng<sup>1,2</sup>

(1. *The State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;*

*2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)*

**Abstract:** Some important progress in the mineralization theory of the Emeishan basalt-type native copper-chalcocite deposits (ore occurrences) in the Weining district of Guizhou Province has been made in the past several decades of years. However, it is difficult to make a break through in prospecting-exploration. In this paper, some geological and geochemical questions concerning the mineralization rule and mineralization prospect were addressed. The copper mineralization is controlled by both the tuffaceous-sedimentary intercalation and fault. Many geological and geochemical characteristics do not support the volcano-magmatic hydrothermal mineralization origin, and the deposits were of epithermal origin. As compared with the Keweenaw-type copper deposits in U. S. A., factors such as the limited basalt volume and land surface eruption of the basalt in the Weining area of Guizhou Province are disadvantageous for the formation of the large deposit. The focus of prospecting for this type of ore deposits should be put on western Yunnan and Sichuan, where there are widely spread basalts and cover strata of great thickness, with concentrative tectonic stress and magmatic intrusion at depth.

**Key words:** Emeishan basalt; nativecopper-chalcocite deposit (ore occurrence); ore-forming regularity; ore-forming prospect; Weining district of Guizhou Province