

与危机矿山接替资源勘查有关的成矿找矿模式*

Some metallogenic and ore-prospecting models related to continuous resources exploration in crisis mines

吕志成^{1,2}

(1 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100083; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

LÜ ZhiCheng^{1,2}

(1 Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

2 Institute of Mineral Resources, CGAS, Beijing 100037, China)

摘要 简要叙述了与危机矿山接替资源勘查工作有关的一些成矿找矿模式, 包括: 绿岩带金矿新模式, 斑岩铜矿模式, 微细浸染型金矿深部找矿模式, 铜镍硫化物深部找矿模式, 金和铅锌矿共生模式等, 以期为危机矿山深部和外围找矿勘查工作提供思路。

关键词 危机矿山; 接替资源找矿; 成矿找矿模式

危机矿山接替资源找矿工作是国家组织开展的政策性扶持的商业性地质工作。其主要目标是在有资源潜力和市场需求的矿山周边或深部, 新发现并查明一批储量, 延长矿山服务年限。危机矿山找矿工作自2004年实施以来, 随着矿山深部和外围找矿工作的实施, 老矿山深部和边部一些新的成矿现象被揭示, 一些深部成矿理论和典型矿床的成矿模式得到进一步的补充、修改和完善, 本文以现代成矿理论为指导, 结合老矿山深部找矿工作的新进展, 简要叙述了与危机矿山接替资源勘查工作有关的一些成矿找矿模式, 以期为危机矿山深部和外围找矿勘查工作提供思路。

1 绿岩带金矿新模式

长期以来, 人们对太古宙绿岩带金矿的研究主要集中在绿片岩相和低角闪岩相变质岩中的中温热液金矿(250~400℃)。20世纪80年代后期以来, 相继在津巴布韦、澳大利亚等太古宙麻粒岩相岩石中发现了若干高温(>700℃)热液脉型金矿床。这些发现大大改变了人们对以往的认识, 修正了人们的一些传统观念。澳大利亚格罗夫斯等人在总结前人工作的基础上, 提出了“太古宙脉状金矿床的地壳连续成矿模式”。该模式认为从绿片岩相到麻粒岩相的变质岩中都有脉状金矿床产出, 至少在15 km以上的地壳中。产在不同变质岩中的金矿床属于一组连续的同成因的矿床组合。

“太古宙脉状金矿床地壳连续成矿模式”的提出, 打破了以往认为金矿不能在麻粒岩相中形成的认识, 丰富了金在变质岩地区的成矿理论, 这个模式在世界上具有普遍意义, 为前寒武纪深变质岩区金矿找矿勘查提供了新的思路(戴自希等, 2004)。

2 斑岩成矿模式

由斑岩热液成矿体系的剖面图(图1)可知, 完整的斑岩热液体系的成矿包括3部分, 它们分别为斑岩体本身的成矿作用、高硫化成矿作用和低硫化成矿作用。在火山岩区许多斑岩铜矿系统高部位多发育有浅成热液贵金属矿脉, 这是斑岩系统上部火山岩段的一个组成部分。贵金属矿脉与下面的斑岩铜矿呈套叠状产出。

斑岩铜矿床中成矿物质来源于岩浆。最新的研究结果显示, 钼可能不是来源于侵位到浅部的小体积富钼硅酸盐熔体, 而是由深处岩浆房出溶的挥发份流体形成的(Ulrich et al., 1999)。

斑岩铜矿上部逐渐过渡到高硫化(HS)浅成热液矿床和更远离岩体的低硫化浅成热液矿床(图1)。高硫化物矿床成矿流体主要为酸性, 通常这种流体的pH值小于2。高硫化矿床成矿早期以岩浆热液为主, 晚期以低盐度的岩浆热液与大气降水的混合流体为主。成矿元素主要为Cu、Au。

低硫化矿床的成矿流体主要为低盐度近中性pH值、还原性(硫化物占优势)流体, 这种流体限制了对Cu的有效搬运, 因而, 一般没有Cu矿化, 主要以Au、Ag、Pb、Zn等元素的矿化为主。

斑岩成矿模式在垂向空间结构上显示了4个不同的矿床类型, 即自浅部到深部, 依次出现低硫化矿床、高硫化矿床、斑岩铜矿床和斑岩钼矿床。这四种矿床在时、空结构和成因上的密切联系, 为我们寻找深部隐伏的斑岩铜、钼矿提供了重要的思路。

3 微细浸染型金矿深部找矿模式

美国卡林金矿带是世界著名的微细浸染型金矿集中区, 矿带长约65 km, 宽8 km, 已圈定金储量超过2 000 t。1987年以前勘查深度多在100~300 m以内, 已发现金矿床20多个, 多为低品位金矿床(<10 g/t)。1987年初美国矿业公司根据物

*本文得到国家自然科学基金(40473010)和云南省省院省校合作项目(2002ZBBEA058004)的联合资助
第一作者简介 吕志成, 男, 1966年生, 博士, 研究员, 主要从事矿床学及地球化学等方面的研究工作。

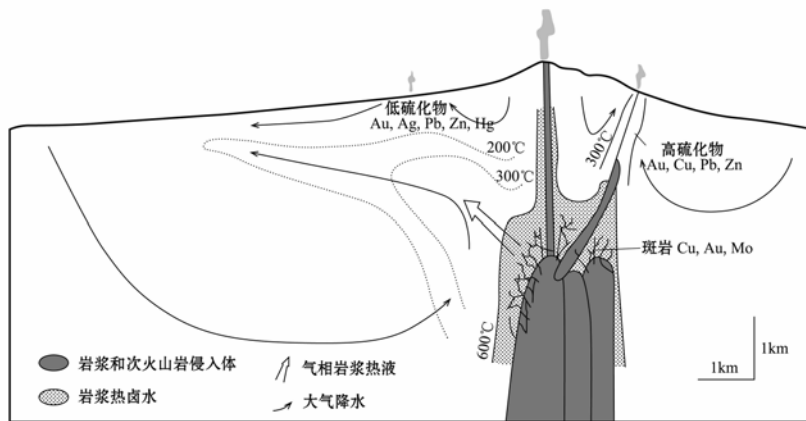


图1 斑岩热液成矿体系剖面图 (Yang, 1998)

近年来, 据有关资料介绍, 贵州烂泥沟金矿经补充勘查后, 目前探明资源总储量达 110 t, 进一步证实了该类型金矿的深部资源潜力。

4 铜镍硫化物矿床的深部找矿潜力

加拿大肖德伯里铜镍矿区是世界上规模最大的铜、镍产地。已知大型矿床 10 余个, 中、小型矿床 30 余个。在开采了 90 年之后, 肖德伯里矿区于 20 世纪 90 年代又发现了几个大的深部铜镍矿, 包括盆地东缘的维克多深部矿、铜环深部矿、盆地北缘的新麦克里达矿床等。肖德伯里矿区深部矿的发现表明铜、镍硫化物矿床的深部还是有很大找矿潜力的。

5 喷气沉积型 (Sedex 型) 铅锌矿床与网脉状铜矿在空间上的互存现象

Sedex 型铅锌矿床是世界上最重要的铅锌矿床类型, 这类矿床占世界铅锌储量 1/3 以上。这类铅锌矿床往往与脉状、网脉状铜矿床在空间上相伴产出。古巴西部就有侏罗纪喷气沉积型铅锌矿床, 在区域内既有层状的 Sedex 型铅锌矿床, 又有网脉状的铜矿, 有的矿床上有 Sedex 型铅锌矿床, 下有网脉状铜矿。这种矿床类型之间的相互联系, 为我们在区域找矿中提供了有益的思路。

6 金矿和铅锌矿的共 (伴) 生关系

金的地球化学性质决定了它同硫化物之间的密切内在联系。因此, 在自然界中金与铜、铅、锌硫化物相伴产出的现象并不鲜见。金与铜的紧密共生关系是十分明显的, 对于这一规律, 矿床学界几乎不存在太多争议。然而有关金与铅锌矿化之间的关系目前还缺乏统一的认识。近几十年来, 随着金矿找矿勘查工作所取得的进展, 人们在铅锌矿的外围相继发现了一大批金矿床。尽管目前对这些金矿与铅锌矿的成因关系存在着不同的看法, 但它们之间密切出现的事实决非巧合。从辽宁青城子、南京栖霞山、湖南水口山仙人岩等金矿和铅锌矿的产出特征来看, 金矿化和铅锌矿化可能确实存在着某种成因上的关系, 应视为统一的成矿系统 (吕志成等, 2004)。

金矿化和铅锌矿化的这种密切共生关系为我们在铅锌矿床外围和深部寻找金矿提供了有益的思路。

7 W、Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、Bi 成矿模式

位于澳大利亚的Mole花岗岩是这一成矿系统的典型代表 (Heinrich et al., 1992; Autetat et al., 2000a; Ulrich, 2003; Autetat et al., 2000b; Rankin et al., 1992)。在Mole花岗岩区, 分布有1 200个矿床。成矿元素除主要为W、Sn、Bi外, 还伴随有Cu、Pb、Zn、Ag等金属元素的矿化。所有矿化发生在距花岗岩顶部100~200 m的垂直空间范围内。Mole花岗岩体的大部分没有矿化。在岩体内部主要为石英脉型和云英岩化型矿化, 在岩体外部, 主要为伟晶岩型、构造破碎带型及剪切带型矿化。

Mole花岗岩的成矿表现出明显的分带性, 即在花岗岩岩体内部主要以Sn矿化为主, 在花岗岩边部出现W矿化, 而贱金属 (As、Pb、Zn、Cu、Sb、Ag) 矿化主要出现在花岗岩的围岩沉积岩中。

根据流体包裹体的详细研究, Audetat等 (2003) 建立了该成矿系统岩浆流体的演化过程: 出溶的岩浆热液与加热的地下水热液混合形成W、Sn矿床, 由于地下水热液温度较高, 因而不利于贱金属元素的成矿。当含贱金属元素的残余成矿热液继续沿构造裂隙上升并进入沉积岩围岩时, 当它们冷却到一定的程度时, 形成贱金属元素的沉淀。在热液演化的后期阶段, 岩浆热液的气液分馏作用形成富含Cu、Bi、Li、As、(±S、Ag、La) 的挥发份, 当这些气相挥发份在岩体上部的沉积地层中浓缩后, 可形成Cu-Au-As矿床。近年来, 在中国南岭香花岭等钨、锡矿床外围的大调查项目和个旧锡矿深部接替资源找矿工作中, 均发现了与W、Sn矿床密切相关的Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Bi等多金属矿体, 反映了W、Sn矿化与Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Bi等多金属矿化密切相关的事实。W、Sn矿床与Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Bi等矿床密切共 (伴) 生的成矿模式为我们在W、Sn矿床的外围寻找Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Bi等矿床提供了思路。

探异常在卡林矿带 300 m 以下深度进行勘查钻进, 获得了重大突破, 在 550 m 处发现了高品位、大吨位的深部波斯特-贝茨 (Deep Post-Betze) 硫化物金矿床 (金储量 311 t, 平均品位 6~12 g/t, 最高品位可达 32 g/t)。之后又相继发现了米克尔、南米克尔、北贝茨、西贝茨等深部金矿。另外, 在卡林金矿带附近的格彻尔金矿带深部也发现有特阔伊斯里奇等深部金矿 (戴自希等, 2004)。

一系列深部金矿的发现, 说明卡林金矿带深部具有找矿潜力, 甚至有人提出是否是卡林的新金矿带 (指深部金矿带)。不管怎样, 事实上这已为微细浸染型金矿床分布区寻找深部隐伏矿提供了新思路。

8 矽卡岩矿床与热液矿床的共（伴）生模式

南岭地区燕山期酸性、中酸性花岗岩类为主的钨、锡-铅、锌、铜、银-金（锑）矿床成矿系列模式图（图2）反映了矽卡岩中钨、铜、钼、钨矿体与矽卡岩中铅、锌、银矿体和硅化岩中金、铅锌银矿体的密切时空和成因关系。矽卡岩矿床与热液矿床的共（伴）生模式为我们在矽卡岩矿床周边寻找其他热液矿床提供了思路。

9 钨矿的深部找矿问题

20世纪60年代，中国地质工作者在寻找隐伏和半隐伏钨矿的找矿过程中，总结出钨矿的“五层楼”成矿规律，应用这些规律进行找矿取得了良好的效果。“五层楼”成矿规律的特点是对钨矿脉从上部沉积岩到下部花岗岩的变化情况进行了详尽的描述，然而，由于受当时探采深度的限制，对稀疏大脉带以下花岗岩体内部的矿化情况变化未尽涉及。近年来，随着瑶岗仙钨矿深部找矿工作的开展，在深部找矿工作中发现了高品位的钨矿体，出现了钨、钼矿体的共生情况，预示深部矿化的连续性和变化性，甚至部分专家预测，在花岗岩体的内部可能存在矿化的“地下室”。

因此，在钨矿老矿山的深部找矿过程中，应特别注意大脉带以下及花岗岩体内部的矿化，注意寻找钼、铌、钽、锂等矿床。

10 矽卡岩矿床的深部找矿模式

大冶铁矿深部找矿的突破证明了矽卡岩矿床的深部找矿潜力。大冶铁矿以往的找矿工作大多局限在-600 m标高以上（特别是-200 m标高以上）的侵入体南缘接触带南侧。通过对矿区资料的综合研究和分析，中南冶勘局推测尖林山—象鼻山地段-600~-800 m出现接触带向北作大幅度“S”形转折，有可能形成大型矿体；此后又认为铁山深部膝状成矿接触构造可能在-600~-800 m形成第三成矿台阶，并提出8个深部找矿预测地段。通过对已有资料的综合研究，结合地面、航空物探工作，详细地研究了接触带形态、产状的变化特征和成矿规律，在此基础上，通过钻探验证，发现了第三成矿台阶的深部矿体（图3）。

大冶铁矿深部勘查实例表明，矽卡岩矿床的接触带在深部存在着多次的折曲和变化，存在着多个成矿台阶。这一启示对中国，特别是长江中下游地区矽卡岩矿床的深部找矿具有重要的意义。

11 金矿床与锑、汞矿床的共（伴）生模式

20世纪70~80年代，国外在锑、汞矿床的外围相继发现了一批金矿床，认识到了在低温成矿环境中金矿床与锑、汞矿床密切共（伴）生关系。中国地质工作者成功地将这一模式应用到锑、汞矿床外围金矿的找矿工作中，实现了锑、汞矿床外围金矿的找矿突破。

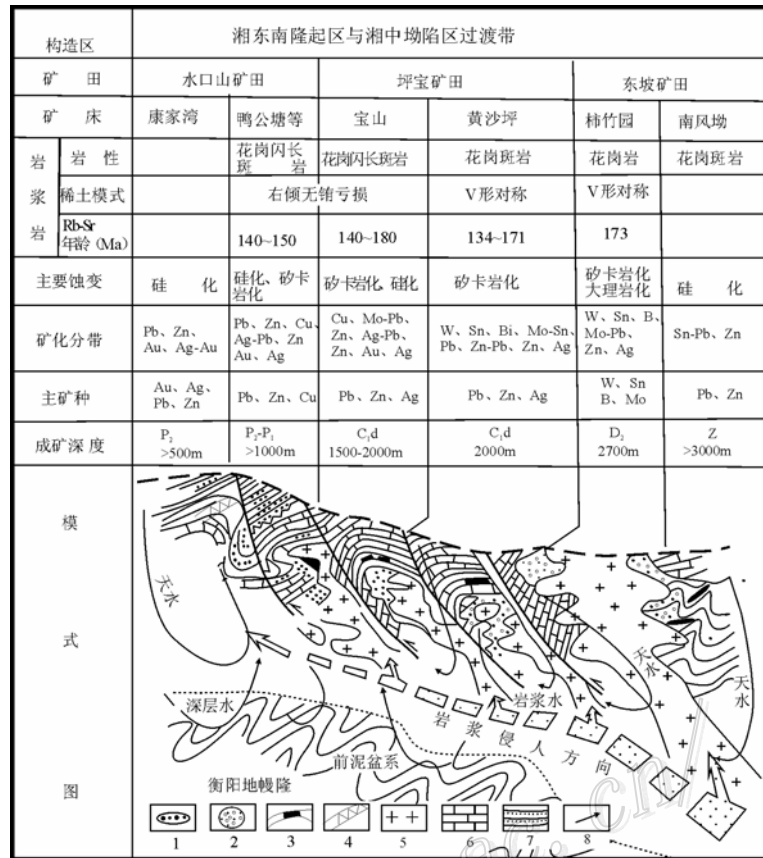


图2 与燕山期中酸性花岗岩类有关的钨、锡-铅、锌、铜、银-金（锑）矿床成矿系列模式图（转引自吕志成等，2004）

- 1—矽卡岩中钨、锡、钼、钨矿体 (Sb, Sn, Bi, Mo ore bodies in SK);
- 2—矽卡岩中铜、钼矿体 (Cu, Mo ore bodies in SK);
- 3—结晶灰岩中铅、锌、银矿体 ((Pb, Zn, Ag ore bodies in crystallized limestone);
- 4—硅化岩中金、铅锌银矿体 (Au, Ag ore bodies in siliceous rocks);
- 5—中酸性、酸性花岗岩 (intermediate-acid granites);
- 6—碳酸盐岩 (Carbonate);
- 7—砂页岩 (sandstone and shale);
- 8—流体运移方向 (orientation of fluid migration)

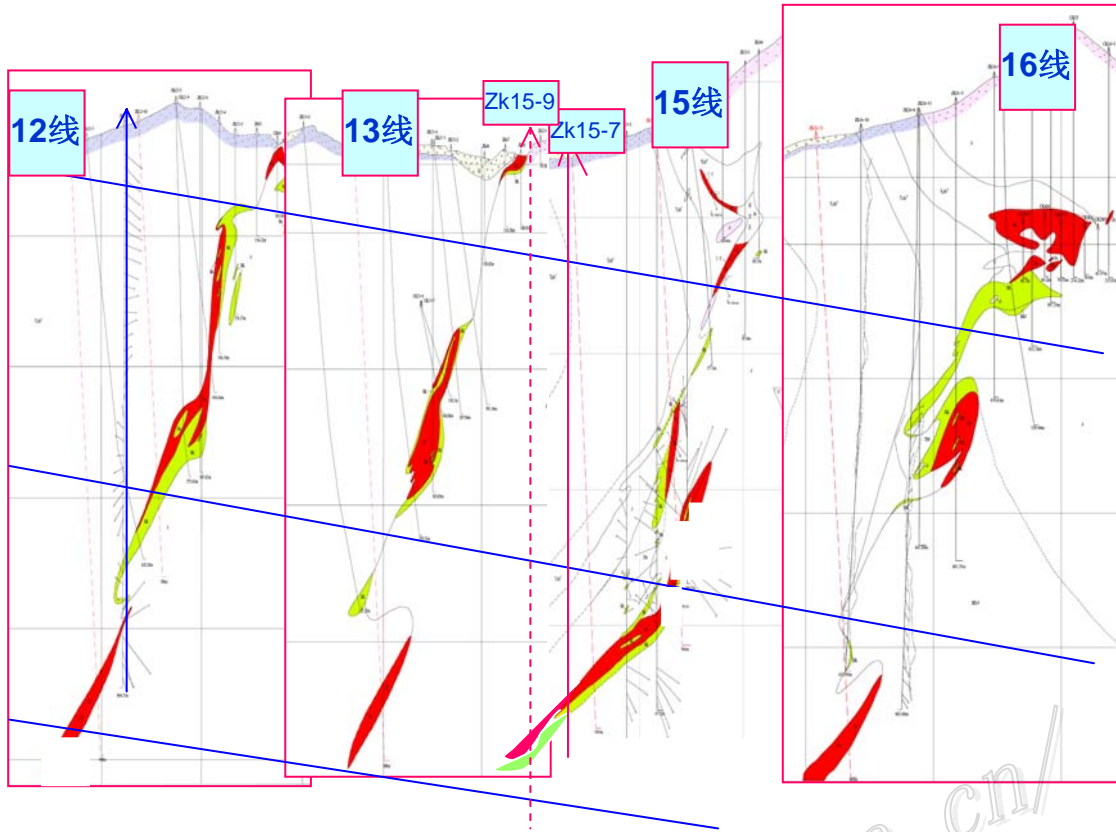


图3 大冶铁矿矿体分布联合剖面图

参 考 文 献

- 戴自希, 王家枢. 2004. 矿产勘查百年. 北京: 地震出版社. 1~234.
- 吕志成, 戴自希, 芮宗瑶, 等. 2004. 国内外铅锌矿床成矿理论与找矿方法. 北京: 中国地质调查局发展研究中心. 477.
- 吕志成, 戴自希, 蒯志永, 等. 2004. 危机矿山接替资源找矿勘查相关成矿理论与技术方法. 矿物岩石地球化学通报, 23(增刊): 132~133.
- Autetat A, Gunther D and Heinrich C A. 2000a. Magmatic-hydrothermal evolution in a fractionation granite: A microchemical study of Sn-W-F-mineralized Mole granite(Austrian). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64(19): 3373~3393.
- Autetat A, Gunther D and Heinrich C A. 2000b. Causes for large-scale metal zonation around mineralized plutons: Fluid inclusion La-ICP-MS evidence from the Mole granite, Australia. *Econ. Geol.*, 95(8): 1563~1581.
- Heinrich C, Ran C G, Mernaga T P, et al. 1992. Segregation of ore metal between magmatic brine and vapor: A fluid inclusion study using PIXE microanalysis. *Econ. Geol.*, 87: 1566~1583.
- Rankin A H, Ramsey M H, Coles B, et al. 1992. The composition of hyperalkaline, iron-rich granitic fluids based on Laser-ICP and synchrotron-XRF microprobe analysis of individual fluid inclusions in topaz, Mole granite, eastern Australia. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56: 67~79.
- Ulrich L, Gunther D and Heinrich C A. 1999. Gold concentration of magma brine and metal budget of porphyry copper deposits. *Nature*, 399: 676~679.
- Ulrich T. 2003. Applications of quantitative single fluid inclusion analysis using laser ablation ICPMS. *Earth Science Frontiers*, 10(2): 379~393.
- Yang K H. 1998. Magmatic fluid and mineralization. *Earth Science Frontiers*, 5(3): 7~36.